



Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство чугуна и стали"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 декабря 2023 года № 1199.

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан Правительство Республики Казахстан **ПОСТАНОВЛЯЕТ**:

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство чугуна и стали".

2. Настоящее постановление вводится в действие со дня его подписания.

*Премьер-Министр
Республики Казахстан*

А. Смаилов

Утвержден
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от 27 декабря 2023 года № 1199

Справочник

по наилучшим доступным техникам

"Производство чугуна и стали"

Оглавление

- Оглавление
- Список рисунков
- Список таблиц
- Глоссарий
- Предисловие
- Область применения
- Принципы применения
- 1. Общая информация
 - 1.1. Структура отрасли по производству чугуна и стали, технико-экономические показатели
 - 1.2. Ресурсы и материалы
 - 1.3. Производство продукции
 - 1.4. Энергоэффективность
 - 1.5. Основные экологические проблемы отрасли
 - 1.5.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
 - 1.5.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

- 1.5.3. Отходы производства
- 1.5.4. Воздействие на земельные ресурсы, почвенный покров, подземные воды
- 1.5.5. Факторы физического воздействия
- 1.5.6. Введение комплексного подхода к защите окружающей среды
- 1.6. Перспективы развития отрасли
- 2. Методология определения наилучших доступных техник
 - 2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ
 - 2.2. Критерии отнесения техник к НДТ
 - 2.3. Экономические аспекты применения НДТ
 - 2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ
 - 2.3.2. Способы экономической оценки НДТ
 - 2.4. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия
 - 2.5. Прирост себестоимости на единицу продукции
 - 2.6. Соотношение затрат и экологического результата
 - 2.6.1. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду
 - 2.6.2. Расчет на установке
- 3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
 - 3.1. Процессы производства чугуна и стали
 - 3.1.1. Агломерация
 - 3.1.2. Коксохимическое производство
 - 3.1.3. Производство карбида кальция
 - 3.1.4. Производство чугуна
 - 3.1.5. Производство стали в кислородных конвертерах
 - 3.1.6. Производство стали в электродуговых печах
 - 3.1.7. Производство стали в индукционных печах
- 4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов
 - 4.1. НДТ Повышение интеграции производственных процессов
 - 4.2. НДТ Система экологического менеджмента
 - 4.3. НДТ Внедрение системы энергетического менеджмента
 - 4.4. НДТ Снижение потребления тепловой и электрической энергии
 - 4.5. НДТ Мониторинг эмиссий
 - 4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ
 - 4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты
 - 4.6. НДТ Управление технологическим процессом
 - 4.7. НДТ при неорганизованных выбросах при хранении, погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке материалов
 - 4.8. НДТ Управление водными ресурсами
 - 4.9. НДТ Управление отходами

4.10. НДТ Снижение физических воздействий

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

5.1. НДТ при производстве агломерата

5.1.1. Технические решения при процессах агломерации. Энергосбережение, ресурсосбережение

5.1.2. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.1.3. Технические решения, направленные на предотвращение и сокращение образования сточных вод

5.1.4. Технические решения, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.2. НДТ при производстве кокса

5.2.1. Технические решения в коксохимическом процессе

5.2.2. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при обжиге

5.2.3. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при иных процессах производства кокса

5.2.4. Технические решения по очистке сточных вод

5.3. НДТ при производстве карбида кальция

5.3.1. Полный сбор печного газа

5.3.2. Система сухого обеспыливания для очистки печного газа

5.3.3. Система гидрообеспыливания для очистки печного газа

5.3.4. Обработка отработанной воды (для процесса гидрообеспыливания)

5.3.5. Использование печного газа

5.3.6. Сбор и обработка отходящих дымовых газов при выпуске плавки

5.4. НДТ при производстве чугуна

5.4.1. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в доменных цехах

5.4.2. Технические решения по снижению сбросов загрязняющих веществ

5.4.3. Технические решения по управлению отходами

5.4.4. Технические решения по энергоэффективности в доменном процессе

5.5. НДТ при производстве конвертерной стали

5.5.1. Технические решения по снижению воздействия на атмосферный воздух

5.5.2. Технические решения по снижению сбросов загрязняющих веществ

5.5.3. Технические решения по управлению отходами

5.5.4. Технические решения по энергоэффективности в процессе ККП

5.6. НДТ при производстве стали в электродуговых печах (ЭДП)

5.6.1. Технические решения в процессе производства стали в ЭДП

5.6.2. Технические решения по снижению воздействия на атмосферный воздух

- 5.6.3. Технические решения по снижению сбросов загрязняющих веществ
- 5.6.4. Технические решения по управлению отходами
- 5.6.5. Технические решения по энергоэффективности
- 5.6.6. Методы предотвращения шумовых выбросов
- 5.7. НДТ при производстве стали в индукционных печах
- 5.7.1. Технические решения в процессе производства стали в индукционных печах
- 6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам
- 6.1. Заключение по общим НДТ
- 6.1.1. Система экологического менеджмента
- 6.1.2. Управление энергопотреблением, энергоэффективность
- 6.1.3. Мониторинг эмиссий
- 6.1.4. Управление технологическим процессом
- 6.1.5. Управление неорганизованными выбросами при хранении, погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке материалов
- 6.1.6. Управление водными ресурсами
- 6.1.7. Управление отходами
- 6.1.8. Шум
- 6.1.9. Запах
- 6.2. Заключение по НДТ процесса агломерации
- 6.2.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение
- 6.2.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников
- 6.2.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников
- 6.2.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод
- 6.2.5. Управление отходами
- 6.3. Заключение по НДТ коксохимического процесса
- 6.3.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение
- 6.3.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников
- 6.3.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников
- 6.3.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод
- 6.3.5. Управление отходами
- 6.4. Заключение по НДТ при производстве карбида кальция
- 6.5. Заключение по НДТ процесса производства чугуна
- 6.5.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение
- 6.5.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников
- 6.5.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников
- 6.5.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод
- 6.5.5. Управление отходами
- 6.6. Заключение по НДТ при производстве конвертерной стали
- 6.6.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

6.6.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников

6.6.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

6.6.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод 6.6.5.

Управление отходами

6.7. Заключение по НДТ при производстве стали в электродуговых, индукционных и других печах, не включенных в раздел 6.6.

6.7.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

6.7.2. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

6.7.3. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

6.7.4. Управление отходами

6.7.5. Физические воздействия

6.8. Требования по ремедиации

7. Перспективные техники

7.1. Прямое восстановление железа

7.2. Перспективные техники в агломерации

7.2.1. Спекание верхнего слоя

7.2.2. Применение технологии газовой агломерации

7.2.3. Применение активной извести

7.2.4. Подготовка агломерационной шихты к спеканию: дозирование, смешивание, окомкование

7.2.5. Онлайн-мониторинг химического состава агломерата (в том числе FeO в агломерате)

7.2.6. Автоматическое дозирование флюсов в аглошихте

7.2.7. Применение полимерных (и минеральных) связующих для окомкования

7.2.8. Применение современных зажигательных горнов

7.2.9. Использование тепла воздуха после охладителей агломерата

7.2.10. Установка горнов подогрева (перед зажигательным горном) и температурной выдержки (после зажигательного горна)

7.2.11. Применение экспертных систем для оптимизации спекания агломерата.

7.3. Перспективные техники при производстве кокса

7.3.1. Технология частичного брикетирования шихты

7.3.2. Технология выдачи и косвенного тушения кокса Kress / KIDC

7.3.3. Технология улавливания и очистки выбросов при обработке дверей печных камер

7.4. Перспективные техники при производстве карбида кальция

7.4.1. Технология производства карбида кальция, виды печей и оборудования

7.4.2. Использование отходов угледобычи при производстве карбида кальция

7.4.3. Использование отходов пластмасс при производстве карбида кальция

7.5. Перспективные техники при производстве чугуна

7.5.1. Доменная плавка с высоким расходом кислорода и природного газа ("кислородная плавка")

7.5.2. Десиликонизация чугуна в желобе ДП или чугуновозном ковше

7.5.3. Применение на доменных печах АСУ-ТП, повышающих эффективность доменной плавки путем непрерывного автоматического контроля состояния печи и измерения технологических параметров с их анализом и рекомендациями по оптимизации и прогнозированию теплового состояния печи

7.6. Перспективные техники при производстве стали в конвертерах

7.6.1. Новая (контактная оптоволоконная) система контроля температуры жидкой стали (в конвертере и на установках "ковш-печь")

7.6.2. Утилизация тепла горячих слябов

7.7. Перспективные техники при производстве стали в электродуговых печах

7.7.1. Повышение мощности печных трансформаторов

7.7.2. Технологии нагрева лома

7.8. НДТ при производстве стали в индукционных печах

7.8.1. Шахтные электросталеплавильные печи

7.8.2. Двухкорпусные печи

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

9. Библиография

Список рисунков

Рисунок 1.1.	Производство в стоимостном выражении. Черная металлургия (январь-ноябрь 2019), млрд тг
Рисунок 1.2.	Черная металлургия (январь-июнь 2020 года), тысяч тонн
Рисунок 1.3.	Экспорт товаров металлургической промышленности из Казахстана, млрд долларов
Рисунок 1.4.	Валовые выбросы загрязняющих веществ за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.5.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве кокса за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.6.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве агломерата за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.7.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве чугуна за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.8.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве стали за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.9.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве стали за 2020 – 2021 гг.
Рисунок 1.10.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве стали за 2020 – 2021 гг.
Рисунок 1.11.	Выбросы загрязняющих веществ при производстве карбида кальция за 2016 – 2020 гг.

Рисунок 1.12.	Водопотребление и водоотведение за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.13.	Валовые показатели сбросов сточных вод и производственной мощности 2016 – 2020 гг.
Рисунок 1.14.	Динамика образования и переработка отходов за 2015 – 2019 гг.
Рисунок 1.15.	Объемы образования отходов и их переработки за 2020 – 2021 гг.
Рисунок 1.16.	Отходы при производстве карбида кальция (аспирационная пыль)-
Рисунок 3.1.	Основные металлургические процессы и их взаимосвязи
Рисунок 3.2.	Технологическая схема производства агломерата
Рисунок 3.3.	Агломерационная лента
Рисунок 3.4.	Охладитель агломерата
Рисунок 3.5.	Технологическая схема агломерационного процесса с указанием материальных потоков и мест выделения эмиссий
Рисунок 3.6.	Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ агломерационного производства
Рисунок 3.7.	Схема производства кокса
Рисунок 3.8.	Динамика выбросов коксохимического производства за период 2015 – 2019 гг. (Предприятие1)
Рисунок 3.9.	Динамика выбросов коксохимического производства за период 2015 – 2019 гг. (Предприятие 4)
Рисунок 3.10.	Фактические показатели выбросов пыли при коксохимическом производстве (Предприятие 1)
Рисунок 3.11.	Концентрация пыли в отходящих газах при производстве карбида кальция
Рисунок 3.12.	Коэффициент выбросов пыли г/т продукции при производстве карбида кальция
Рисунок 3.13.	Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ
Рисунок 3.14.	Технологическая схема производства чугуна в доменной печи, видов и мест выделения эмиссий
Рисунок 3.15.	Выход слябов из МНЛЗ
Рисунок 3.16.	Показатели удельных выбросов загрязняющих веществ
Рисунок 3.17.	Технологический процесс производства стали в ДСП, заготовок и слитков
Рисунок 3.18.	Удельные показатели выбросов ЗВ
Рисунок 3.19.	Схема индукционной электропечи
Рисунок 3.20.	Упрощенная электрическая схема индукционной печи
Рисунок 5.1.	Конструкция циклона
Рисунок 5.2.	Принцип действия электрофильтра

Список таблиц

Таблица 1.1.	Выпуск продукции (чугун и сталь)
Таблица 1.2.	Основные месторождения железных руд и перечень эксплуатирующих их предприятий
Таблица 1.3.	Действующие крупнейшие объекты по обогащению руды и производству окатышей, сроку эксплуатации, по производственным мощностям в Республике Казахстан
Таблица 1.4.	Динамика производства продукции черной металлургии предприятия 1
Таблица 1.5.	Динамика производства продукции черной металлургии предприятия 2 и 3
Таблица 1.6.	Потребление основных ТЭР сторонних источников.
Таблица 1.7.	Объем энергоресурсов собственного производства
Таблица 1.8.	Удельные расходы ТЭР предприятия 1
Таблица 1.9.	Удельные расходы ТЭР предприятия 2
Таблица 1.10.	Удельные расходы ТЭР предприятия 3
Таблица 1.11.	Удельные расходы ТЭР предприятия 4
Таблица 1.12.	Удельные расходы ТЭР предприятия 5
Таблица 1.13.	Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции
Таблица 1.14.	Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, прошедшим КТА по загрязняющим веществам (т/г)
Таблица 1.15.	Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, прошедшим КТА в разрезе технологических процессов (т/г)
Таблица 1.16.	Методы обращения с производственными отходами
Таблица 2.1.	Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [56]
Таблица 2.2.	Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества
Таблица 3.1.	Маркерные вещества и их концентрация
Таблица 3.2.	Водопотребление, повторное использование при производстве агломерата
Таблица 3.3.	Состав прямого и обратного коксового газа
Таблица 3.4.	Производство кокса и расход материалов на производство кокса
Таблица 3.5.	Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции
Таблица 3.6.	Водопотребление, повторное использование при производстве кокса

Таблица 3.7.	Влияние примесей на расход углеродистых материалов и электроэнергии
Таблица 3.8.	Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции
Таблица 3.9.	Производство чугуна и расход материалов на производство чугуна
Таблица 3.10.	Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции
Таблица 3.11.	Водопотребление, повторное использование при производстве чугуна
Таблица 3.12.	Производство стали и удельный расход материалов на производство стали в конверторах
Таблица 3.13.	Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции
Таблица 3.14.	Водопотребление, повторное использование при производстве конвертерной стали (Предприятие 1)
Таблица 3.15.	Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции
Таблица 4.1.	Расход коксового газа
Таблица 4.2.	Рекомендации по проведению мониторинга
Таблица 5.1.	Распространенные ткани, используемые в рукавных фильтрах
Таблица 5.2.	Сравнение различных систем рукавных фильтров
Таблица 5.3.	Меры предотвращения и/или сокращения объема сточных вод
Таблица 5.4.	Методы осаждения металлов и их соединений
Таблица 5.5.	Показатели эффективности при разных процессах
Таблица 5.6.	Показатели очистки различными устройствами
Таблица 5.7.	Инвестиционные затраты и потребляемая мощность для рукавного фильтра в индукционных печах с различными конечными уровнями выбросов пыли, данные по Португалии за 2003 г.
Таблица 6.1.	Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ
Таблица 6.2.	Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с выгрузкой, дроблением, охлаждением, сортировкой, конвейерной транспортировкой при производстве агломерата:
Таблица 6.3.	Технологические показатели выбросов пыли в процессе агломерации:
Таблица 6.4.	Технологические показатели выбросов диоксида серы (SO ₂) в процессе агломерации:
Таблица 6.5.	Технологические показатели выбросов NO _x в процессе агломерации:
Таблица 6.6.	Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:
	Технологические показатели выбросов пыли в процессах по измельчению угля (подготовка угля,

Таблица 6.7.	включая дробление, классификацию (грохочение) и просеивание при производстве кокса:
Таблица 6.8.	Технологические показатели выбросов пыли при процессах хранения угля и сортировки кокса при производстве кокса:
Таблица 6.9.	Технологические показатели выбросов пыли при загрузке угля при производстве кокса:
Таблица 6.10.	Технологические показатели выбросов пыли в процессе отжига в коксовой печи
Таблица 6.11.	Технологические показатели выбросов пыли для процесса выдачи кокса:
Таблица 6.12.	Технологические показатели выбросов пыли для процесса тушения кокса:
Таблица 6.13.	Технологические показатели выбросов диоксида серы (SO ₂) для коксовых печей с нижним подводом газа:
Таблица 6.14.	Технологические показатели диоксид серы (SO ₂), связанные с НДТ, при рекуперации серы, содержащейся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов
Таблица 6.15.	Технологические показатели выбросов NO _x для коксовых печей с нижним подводом газа:
Таблица 6.16.	Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:
Таблица 6.17.	Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с подготовкой, выплавкой и упаковкой при производстве карбида кальция:
Таблица 6.18.	Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:
Таблица 6.19.	Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с подготовкой, транспортировкой шихты, загрузки из бункеров-накопителей установок дувания угольной пыли при производстве чугуна:
Таблица 6.20.	Технологические показатели выбросов пыли для литейного двора (летки, желоба, пункты загрузки торпедных ковшей, скиммеры), связанные с применением НДТ:
Таблица 6.21.	Технологические показатели пыли в процессах, связанных с очисткой доменного газа при производстве чугуна:
Таблица 6.22.	Технологические показатели выбросов пыли для доменных воздухонагревателей при производстве чугуна:
Таблица 6.23.	Технологические показатели выбросов диоксида серы (SO ₂) и диоксидов азота (NO _x) для доменных воздухонагревателей при производстве чугуна:
Таблица 6.24.	Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

Таблица 6.25.	Технологические показатели выбросов пыли при утилизации газа кислородного конвертера при производстве конвертерной стали:
Таблица 6.26.	Технологические показатели выбросов пыли для вторичного обеспыливания в процессах предварительной обработки жидкого чугуна:
Таблица 6.27.	Технологические показатели выбросов пыли при переработке шлака на месте:
Таблица 6.28.	Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:
Таблица 6.29.	Технологические показатели выбросов пыли при производстве стали:
Таблица 6.30.	Технологические показатели выбросов пыли при переработке шлака на месте:
Таблица 6.31.	Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в данном документе. Определения терминов в этом глоссарии не являются юридическими определениями (даже если некоторые из них могут совпадать с определениями, приведенными в НПА РК).

Глоссарий представлен следующими разделами:

термины и определения

аббревиатуры и определения

химические элементы

химические формулы

единицы измерения.

Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

агломерат	—	продукт агломерации - сырье для черной и цветной металлургии при получении металлов (сплавов) из руд;
		термический способ окускования мелких материалов, чаще всего рудной шихты (рудной мелочи и концентратов, пылевидных руд, колошниковой пыли), для улучшения их металлургических свойств. Нагрев осуществляется обычно за счет сжигания мелкого топлива в самом обрабатываемом материале при непрерывном подсосе воздуха. В

агломерация	—	<p>агломерационную шихту часто вводят флюсы (известняк). Окускование при агломерации происходит главным образом в результате связывания отдельных зерен легкоплавкой жидкостью, образовавшейся при нагреве, и формирования кусков при охлаждении. Агломерацию осуществляют преимущественно на агломерационных машинах ленточного типа, представляющих собой непрерывную цепь тележек с решетчатым дном. Продукт агломерации - агломерат.</p>
вращающаяся печь	—	<p>трубчатая или барабанная печь цилиндрической формы с вращательным движением корпуса вокруг продольной оси, предназначенная для термической обработки помещенных в печь материалов с целью осуществления различных физико-химических процессов;</p>
первичное производство	—	<p>производство металлов с использованием руд и концентратов;</p>
нейтрализация	—	<p>реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабо диссоциирующего вещества;</p>
высокопрочный чугун	—	<p>чугун с повышенными показателями прочности. Получают главным образом модифицированием структуры чугуна присадками магния, иттрия, церия и других элементов.</p>
валковая дробилка	—	<p>тип вторичной дробилки, состоящей из тяжелой рамы, на которой установлены два вала. Они приводятся в действие так, что вращаются друг к другу. Порода, подаваемая сверху, сжимается между движущимися валками, измельчается и выгружается снизу.</p>
брикет	—	<p>часть окускованного материала (руды, восстановителя и т. п. в смеси со связующим веществом), полученная в результате брикетирования, с целью уменьшения потерь при дальнейшем его использовании.</p>

		По сравнению с исходным материалом обычно обладает большей крупностью, что важно для некоторых металлургических процессов.
брикетирование	—	переработка мелких материалов в куски правильной формы равной массы (брикеты) прессованием в ленточных, вальцевых, штемпельных и кольцевых прессах. Для упрочнения брикетов используют связующие, цементирующие, клеящие (кек, битум, жидкое стекло и т.д.) добавки.
вакуум-ковш	—	ковш для перелива металлических расплавов из плавильных печей (ванн). Вакуум-ковш плотно закрывается крышкой, через которую пропущена труба; свободный конец трубы погружается в расплавленный металл печи (ванны). В вакуум-ковше создается разрежение, и металл по трубе засасывается внутрь ковша.
ванна	—	открытая емкость для жидкой среды;
гарнисаж	—	слой застывшего металла или шлака на стенках тигля, оставшийся после того, как металл был вылит; нерасплавленный остаток расходуемого сварочного присадочного металла;
дуговая печь	—	промышленная электрическая печь, в которой тепло дуги используется для нагрева и расплавления металлов;
доменный воздухонагреватель	—	аппарат для нагрева воздуха перед подачей его в доменную печь;
доменный газ	—	также, колошниковый газ – отходящий газ доменной печи, представляющий собой продукт неполного сгорания углерода;
доменная печь	—	домна - шахтная печь для выплавки чугуна из железной руды. В горне доменной печи имеются чугунные и шлаковые летки, а также фурмы для вдувания в печь дутья (нагретого воздуха). Расстояние от уровня чугунных леток до верха

наилучшие доступные техники	—	<p>колошника называется полезной высотой доменной печи. Важнейшая характеристика доменной печи - ее полезный объем.</p>
классификация	—	<p>наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду;</p> <p>разделение сыпучего продукта, неоднородного по размеру частиц, на две или более фракции частиц определенного размера с помощью просеивающего устройства;</p>
индукционная печь	—	<p>электрическая плавильная печь, в которой металл помещается в переменное электромагнитное поле, в результате чего в металле индуцируется нагревающий его электрический ток (вихревой). Достоинства: получение чистого продукта, высокая скорость нагрева, легкость регулирования температуры, малый угар металла, возможность использования вакуума или защитной газовой среды.</p> <p>образование в жидкости полости, заполненной газом или паром, за счет локального понижения давления (в отличие от кипения, когда образование газовых пузырьков происходит при повышении температуры). Источниками кавитации может служить разгон жидкости в локальном объеме (гидродинамическая кавитация), воздействие на жидкость акустическими источниками (акустическая кавитация),</p>

кавитация	—	<p>статическое растяжение жидкости. Развитие кавитационных полостей обычно сопровождается такими эффектами, как кавитационный шум, свечение, схлопывание. При схлопывании кавитационных пузырьков возникают сильные ударные волны, давления, разрушающие самые твердые материалы - камень, сталь (кавитационная эрозия). Поскольку возникновение кавитации приводит к образованию в жидкости дополнительных поверхностей раздела, то положительные эффекты кавитации связаны с интенсификацией процессов рафинирования, т. е. очищения жидкости от инородных включений, растворенных газов и т. д. Поэтому кавитация может быть использована в металлургии для рафинирования металлов и повышения их качеств.</p>
катод	—	<p>электрод, на котором происходят реакции восстановления;</p>
комплексный технологический аудит (КТА)	—	<p>процесс экспертной оценки применяемых на предприятиях техник (технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений), направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе путем сбора соответствующих сведений и (или) посещений объектов, подпадающих под области применения наилучших доступных техник;</p>
кокс	—	<p>твердый углеродистый остаток, образующийся при нагревании различных топлив (каменного угля, торфа и др. органических веществ) до 950 – 1050 °С без доступа воздуха. В черной металлургии наиболее распространен каменноугольный кокс, применяемый в качестве топлива в доменных печах и вагранках.</p>

коксовый газ	—	<p>горючий газ, получаемый при коксовании каменного угля. Применяется в качестве топлива промышленных печей, для бытового газоснабжения и в качестве исходного сырья химической промышленности.</p> <p>химическая переработка топлива нагреванием до 950 - 1050 °С без доступа воздуха для получения кокса (70 – 80 %), коксового газа (15 – 25 %) и жидких побочных продуктов (около 3 %), являющихся ценным химическим сырьем;</p>
коксование	—	<p>продукт обогащения полезных ископаемых, в котором содержание ценных минералов выше, чем в исходном сырье. В черной металлургии – 70 % и выше, и цветной металлургии - порядка десятков процентов;</p>
концентрат	—	<p>нижняя часть шахтной печи, где происходит накапливание расплавленных металлов и шлака;</p>
горн	—	<p>обессеривание - физико-химические процессы, способствующие удалению серы из расплавленного металла (например, чугуна, стали). Сера связывается в прочные сульфиды (например, в сульфид кальция) и переходит в шлак.</p>
десульфурация	—	<p>сырьё в виде лома или металлических отходов производства, предназначенный для переплавки;</p>
вторичный металл	—	<p>производство металлов с использованием остатков и / или отходов, включая переплавку и легирование;</p>
вторичное производство	—	<p>полупродукт металлургического производства, представляющий собой стальную заготовку прямоугольного сечения. Сляб получают из слитков прокаткой на обжимных станах (слябингах и блюмингах) или непосредственно из жидкого металла на установках непрерывного литья.</p>
сляб	—	<p>Предназначены слябы для прокатки листовой стали.</p>

опасные вещества	—	<p>вещества или группы веществ, которые обладают одним или несколькими опасными свойствами, такими как токсичность, стойкость и биоаккумулятивность, или классифицируются как опасные для человека или окружающей среды;</p>
действующая установка	—	<p>стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятие) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (или) модернизированные установки после введения в действия настоящего справочника по НДТ;</p>
воздействие на окружающую среду	—	<p>любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов объекта;</p>
отливка (заготовка)	—	<p>общий термин, используемый для изделий в их (почти) готовой обработке, сформированных путем затвердевания металла или сплава в форме;</p>
кислая сталь	—	<p>сталь, выплавленная в печи с кислой футеровкой под шлаком, содержащим избыток кислотной составляющей типа кремнезема;</p>
кислая футеровка	—	<p>внутренняя футеровка в печи, состоящая из материалов в виде песка, кремне-содержащей горной породы или кирпичей на основе кремнезема, которые дают кислотную реакцию при рабочей температуре;</p>
загрязняющее вещество	—	<p>любые вещества в твердом, жидком, газообразном или парообразном состоянии, которые при их поступлении в окружающую среду в силу своих качественных или количественных характеристик нарушают естественное равновесие природной среды, ухудшают качество компонентов природной</p>

легированная сталь	—	<p>среды, способны причинить экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека;</p> <p>сталь, которая помимо обычных компонентов и примесей (углерод (C), кремний (Si), марганец (Mn), сера (S), фосфор (P)) содержит и другие (легирующие) элементы, либо кремний или марганец в повышенном против обычного количестве. Легирующие элементы, как правило, вводят в расплавленную сталь в виде ферросплавов или лигатур. При суммарном содержании легирующих элементов до 2,5 % сталь считается низколегированной, от 2,5 % до 10 % - среднелегированной и более 10 % - высоколегированной. В качестве легирующих элементов наибольшее применение получили хром (Cr), никель (Ni), молибден (Mo), вольфрам (W), ванадий (V), марганец (Mn), титан (Ti). Сталь может быть легирована одним, двумя, тремя элементами и т. д. Соответственно легированная сталь называется хромистой, хромоникелевой, хромоникельмолибденовой, хромоникелевольфрамовой и т. д.</p>
легирование	—	<p>введение в состав металлических сплавов легирующих элементов для изменения структуры сплавов, придания им определенных физических, химических, механических или эксплуатационных свойств. Легирующие добавки вводят в шихту или в расплавленный металл.</p>
измельчение	—	<p>уменьшение твердых материалов от одного среднего размера частиц до меньшего среднего размера частиц путем дробления, измельчения, резки, вибрации или других процессов;</p> <p>наиболее значимые для эмиссий конкретного вида производства или технологического процесса загрязняющие вещества, которые выбираются из группы</p>

маркерные вещества	загрязняющие	—	<p>характерных для такого производства или технологического процесса загрязняющих веществ и с помощью которых возможно оценить значения эмиссий всех загрязняющих веществ, входящих в группу;</p>
металлизированные окатыши		—	<p>окускованное сырье, в котором проведено предварительное прямое восстановление железа из руды;</p>
колошниковая пыль		—	<p>пыль, выносимая вместе с доменным (колошниковым) газом из доменной печи, состоящая в основном из железорудных материалов, а также топлива (кокса) и флюса (известняка). Колошниковую пыль улавливают и используют в доменной плавке обычно в виде добавки в агломерационную шихту.</p>
перспективные техники		—	<p>техники с потенциалом улучшения экологической эффективности, но которые еще не были коммерчески применены или которые все еще находятся на стадии исследований и разработок ;</p>
печь		—	<p>агрегат, внутри которого металлосодержащие материалы подвергаются при помощи тепловой энергии требуемым физико-химическим превращениям для того, чтобы извлекать, рафинировать и обрабатывать металлы;</p>
колошник		—	<p>верхняя часть плавильных шахтных печей (например, доменных), куда загружают порциями (колошами) сырые материалы: агломерат, окатыши, руду, флюсы, топливо;</p> <p>качественная сталь превосходит обычную по однородности строения, по чистоте (меньше серы (S) и фосфора (P), неметаллических включений, газов), по общему уровню механических свойств. Кроме качественной стали и стали обыкновенного качества, стандарты различают</p>

качественная сталь	—	<p>высококачественную и особо высококачественную стали, к которым предъявляются еще более жесткие требования по чистоте (главным образом по содержанию серы (S) и фосфора (P)). Стали обыкновенного качества применяются для строительных конструкций и неответственных деталей машин. Качественную сталь используют для мостовых конструкций и деталей, подвергающихся большим нагрузкам.</p>
сточные воды	—	<p>воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека или на загрязненной территории;</p>
скруббер	—	<p>аппараты различной конструкции для промывки жидкостями газов с целью их очистки и для извлечения одного или нескольких компонентов, а также барабанные машины для промывки полезных ископаемых, в том числе пылеулавливающая установка;</p>
поковка	—	<p>металлическое изделие, изготовленное ковкой или штамповкой;</p>
фильтрование	—	<p>процесс разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции;</p>
жидкофазное восстановление	—	<p>восстановление металлов из расплавленных оксидов и оксидных систем;</p>
отбор проб	—	<p>процесс, посредством которого часть вещества, материала или продукта удаляется, чтобы сформировать репрезентативный выборку целого, с целью изучения рассматриваемого вещества, материала или продукта. План отбора проб, выборка и аналитические соображения всегда должны учитываться одновременно.</p>
рафинирование	—	<p>очистка металлов от примесей;</p> <p>величина, отражающая функциональные, геометрические,</p>
техническая характеристика	—	

технологические показатели	—	<p>деформационные, прочностные свойства сооружения, конструкции и/или материалов;</p> <p>уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/нм³, мг/дм³) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;</p>
эффективность	—	<p>достижение каких-либо определенных результатов с минимально возможными издержками или получение максимально возможного объема продукции из данного количества ресурсов;</p>
прямые измерения	—	<p>конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;</p>
горелка-дожигатель	—	<p>специально разработанная дополнительная установка для сжигания с системой обжига (не обязательно используемая все время), которая обеспечивает время, температуру и перемешивание с достаточным количеством кислорода для окисления органических соединений до оксида углерода (CO₂). Установки могут быть спроектированы таким образом, чтобы использовать энергоемкость необработанного газа для обеспечения большей части требуемой тепловой</p>

дожигание	—	<p>мощности и большей энергоэффективности;</p> <p>метод очистки выбросов от газообразных примесей; основан на высокотемпературном сжигании вредных примесей, содержащихся в технологических, вентиляционных и других выбросах. Термическое дожигание применяют главным образом при высокой концентрации примесей (превышающей пределы воспламенения) и значительном содержании в газах кислорода.</p>
камера дожигания	—	<p>зона, предназначенная для дожигания несгоревшего в основной камере топлива и дополнительного улавливания шлака, представляет собой вертикальную шахту;</p>
дымовой газ	—	<p>смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящего из камеры сгорания и направленного вверх по выхлопной трубе, и которая должна быть выпущена;</p>
дробление	—	<p>достигается путем обсадки руды по жестким поверхностям или ударного воздействия по поверхностям в неподвижном направлении принудительного движения;</p>
непрерывные измерения	—	<p>круглосуточные измерения, допускающие перерывы для проведения ремонтных работ, устранения дефектов, пуско-наладочных, поверочных, калибровочных работ;</p>
фурменный газ	—	<p>газ, образующийся в фурменной зоне печи;</p>
цапфа	—	<p>часть вала или оси (обычно шлифованная), соприкасающаяся с подшипником и непосредственно воспринимающая нагрузку, передаваемую последним;</p>
шихта	—	<p>сырьевая смесь исходных материалов для получения металлов, состоящая из руды, концентратов, флюсов, восстановителей и т. п.;</p> <p>печь шахтного типа непрерывного действия для выплавки чугуна из</p>

вагранка	—	металлической шихты (доменный чугун, чугунный и стальной лом, брикеты стружки, ферросплавы) в литейных цехах;
отходящий газ	—	общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы);
операции пуска и остановки	—	эксплуатация оборудования, элемента оборудования или резервуара во время введения или выведения из эксплуатации либо выходит или приходит в нерабочее состояние. Регулярно колеблющиеся фазы активности не следует рассматривать как запуски или остановки.
энергетический аудит (энергоаудит)	(—	сбор, обработка и анализ данных об использовании энергетических ресурсов в целях оценки возможности и потенциала энергосбережения и подготовки заключения по энергосбережению и повышению энергоэффективности;
энергетическая эффективность (далее – энергоэффективность)	(—	количественное отношение объема предоставленных услуг, работ, выпущенной продукции (товаров) или произведенных энергетических ресурсов к затраченным на это исходным энергетическим ресурсам;
энергосбережение	—	реализация организационных, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов.

Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатура		Расшифровка
АО	—	Акционерное общество
АСМ	—	Автоматизированная система мониторинга
АСУТП	—	Автоматизированная система управления технологическим процессом
БТ	—	Боковой токоподвод
БХУ	—	Биохимическая установка

ГВС	—	Газовоздушная смесь
МНЛЗ	—	Машина непрерывного литья заготовок
НДТ	—	Наилучшие доступные техники
ЕС	—	Европейский союз
ЗСУ	—	Закрытый склад угля
ВНК	—	Высокореакционный нефтяной кокс
ВТ	—	Верхний токоподвод
УПЦ	—	Углеподготовительный цех
БЗУ	—	Бесконусное загрузочное устройстве
КТА	—	Комплексный технологический аудит
ПУТ	—	Пылеугольное топливо
УО	—	Участок обжига
КЭР	—	Комплексное экологические разрешение
РК	—	Республика Казахстан
БПК	—	Биохимическое потребление кислорода
ХПК	—	Химическое потребление кислорода
ТЭР	—	Топливо-энергетические ресурсы
ПЭК	—	Производственный экологический контроль
КПД	—	Коэффициент полезного действия
ПХДД	—	Полихлорированные дибензодиоксины
ПХДФ	—	Полихлорированные дибензофураны
ЦОС	—	Цех очистных сооружений
ПДК	—	Предельно-допустимая концентрация
СЭМ	—	Система экологического менеджмента
СЭнМ	—	Система энергетического менеджмента

Химические элементы

Символ	Название	Символ	Название
Ag	серебро	Mg	магний
Al	алюминий	Mn	марганец
As	мышьяк	Mo	молибден

Au	золото	N	азот
B	бор	Na	натрий
Ba	барий	Nb	ниобий
Be	бериллий	Ni	никель
Bi	висмут	O	кислород
C	углерод	Os	осмий
Ca	кальций	P	фосфор
Cd	кадмий	Pb	свинец
Cl	хлор	Pd	палладий
Co	кобальт	Pt	платина
Cr	хром	Re	рений
Cs	цезий	Rh	родий
Cu	медь	Ru	рутений
F	фтор	S	сера
Fe	железо	Sb	сурьма
Ga	галлий	Se	селен
Ge	германий	Si	кремний
H	водород	Sn	олово
He	гелий	Ta	тантал
Hg	ртуть	Te	теллур
I	йод	Ti	титан
In	индий	Tl	таллий
Ir	иридий	V	ванадий
K	калий	W	вольфрам
Li	литий	Zn	цинк

Химические формулы

Химическая формула	Название (описание)
Al_2O_3	оксид алюминия
CH_4	метан
C_6H_6	бензол
$C_6H_5CH_3$	толуол
CO	оксид углерода
CO ₂	диоксид углерода
CS ₂	сероуглерод
CaO	оксид кальция, гидроксид кальция
FeO	оксид железа
Fe ₂ O ₃	оксид железа трехвалентный
H ₂ O ₂	перекись водорода

H ₂ S	сероводород
H ₂ SO ₄	серная кислота
HCl	хлористоводородная кислота
HF	фтороводородная кислота
HNO ₃	азотная кислота
K ₂ O	оксид калия
MgO	оксид магния, магнезия
MnO	оксид марганца
NaOH	гидроокись натрия
NaCl	хлорид натрия
CaC ₂	карибид кальция
CaCl ₂	хлорид калия
Na ₂ CO ₃	карбонат натрия
Na ₂ SO ₄	сульфат натрия
NO ₂	двуокись азота
NO _x	смесь оксида азота (NO) и диоксида азота (NO ₂), выраженная в виде NO ₂ , окислы азота
SiO ₂	двуокись кремния, оксид кремния
SO ₂	двуокись серы
SO ₃	трехокись серы
SO _x	оксиды серы - диоксид серы (SO ₂) и SO ₃
ZnO	оксид цинка

Единицы измерения

Символ единицы измерения	Название единиц измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
бар	бар	Давление (Д)	1.013 бар = 100 кПа = 1 атм
°C	градус Цельсия	Температура (Т) Разница температур (РТ)	
г	грамм	Вес	
ч	час	Время	
К	Кельвин	Температура (Т) Разница температур (АТ)	0 °C = 273.15 К
кг	килограмм	Вес	
кДж	килоджоуль	Энергия	
кПа	килопаскаль	Давление	
кВт ч	киловатт-час	Энергия	1 кВт ч = 3 600 кДж
л	литр	Объем	

м	метр	Длина	
м ²	квадратный метр	Площадь	
м ³	кубический метр	Объем	
мг	миллиграмм	Вес	1 мг = 10 ⁻³ г
мм	миллиметр		1 мм = 10 ⁻³ м
МВт	мегаватт тепловой мощности	Тепловая мощность Теплоэнергия	
Нм ³	нормальный кубический метр	Объем	при 101.325 кПа, 273.15 К
Па	паскаль		1 Па = 1 Н/м ²
част/млр. (ppb)	частей на миллиард	Состав смесей	1 част/млрд = 10 ⁻⁹
част/млн (ppm)	частей на миллион	Состав смесей	1 част/млн = 10 ⁻⁶
об/мин	число оборотов в минуту	Скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	Вес	1 т = 1 000 кг или 10 ⁶ г
т/сут	тонн в сутки	Массовый расход Расход материала	
т/год	тонн в год	Массовый расход Расход материала	
т.у.т.	тонн условного топлива	Единица учета органического топлива	1 т.у.т. = Q _{ут} = Q _{нт} × К
об%	процентное соотношение по объему	Состав смесей	
кг-%	процентное соотношение по весу	Состав смесей	
Вт	ватт	Мощность	1 Вт = 1 Дж/с
В	вольт	Напряжение	1 В = 1 Вт/1 А (А - Ампер, сила тока)

Предисловие

Краткое описание содержания справочника по НДТ: взаимосвязь с международными аналогами.

Справочник по НДТ "Производство чугуна и стали" (далее – справочник по НДТ) разработан в целях реализации Экологического кодекса РК (далее – Кодекс).

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с порядком определения технологии в качестве НДТ, разработки, актуализации и опубликования справочников по НДТ, а также согласно правилам разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденных постановлением Правительства РК от 28 октября 2021 года № 775 (далее – Правила).

Перечень областей применения НДТ утвержден приложением 3 к Кодексу.

Настоящий справочник по НДТ содержит описание применяемых технологических процессов при производстве чугуна и стали, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить эмиссии в окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, обеспечить экономию ресурсов на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ. Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к НДТ, а также установлены технологические показатели, связанные с применением НДТ.

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий производства чугуна и стали составляет более 200 000 тонн в год. Готовность отрасли к переходу на принципы НДТ составляет порядка 40 % при несоответствии уровням эмиссий, установленных в сопоставимых справочных документах ЕС.

При переходе на принципы НДТ прогнозное сокращение эмиссий в окружающую среду составит 40 % или снижение от 21 000 тонн в год.

Предполагаемый объем инвестиций 96,5 млрд тенге согласно отчету об экспертной оценке черной металлургии на соответствие принципам НДТ. Внедрение НДТ предусматривает индивидуальный подход к выбору НДТ с учетом экономики конкретного предприятия и готовности предприятия к переходу на принципы НДТ, выбора страны производителя НДТ, мощностных показателей, габаритов НДТ и степени локализации НДТ.

Модернизация производственных мощностей с применением современных и эффективных техник будет способствовать ресурсосбережению и оздоровлению окружающей среды до соответствующих уровней отвечающих эмиссиям стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

При разработке справочника был учтен международный опыт в данной сфере, в том числе использовались аналогичные и сопоставимые справочники, официально применяемые в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, ЕС, Российской Федерации, других стран и организаций с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям РК, обуславливающие техническую и экономическую доступность НДТ в конкретных областях их применения:

1. Директива 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроле загрязнений);
2. Best Available Techniques Reference Document for Iron And Steel Production, 2013 г. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям по производству чугуна и стали [5];

3. Best Available Techniques Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry, 2022 г., Справочный документ по наилучшим доступным технологиям для предприятий по обработке черных металлов [6];

4. Best Available Techniques Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry, 2007 г. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям по крупнотоннажным неорганическим химическим веществам – твердым веществам и другим отраслям промышленности [7];

5. Best Available Techniques Reference Document on Economics and Cross-Media Effects, 2006 г. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям по экономике и кросс-медийным эффектам [8];

6. Best Available Techniques Reference Document for Waste Treatment, 2018 г. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям по обращению с отходами [9];

7. Best Available Techniques Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009г. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М.: Эколайн, 2012 г. [10];

8. Отчет Проекта ОЭСР по НДТ - Этап 4 - Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ, 2020 г.;

9. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 26-2021 "Производство чугуна, стали и ферросплавов";

10. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

Информация о сборе данных

В справочнике по НДТ использованы фактические данные по технико-экономическим показателям, выбросам загрязняющих веществ в воздух и сбросам в водную среду предприятий осуществляющих производство чугуна и стали в РК за 2015 – 2021 годы, полученные по результатам КТА и анкетирования, проведенного подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по НДТ.

Перечень объектов для КТА утвержден технической рабочей группой по разработке справочника по НДТ "Производство чугуна и стали".

В справочнике по НДТ использованы данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам РК (БНС АСПР РК), компаний осуществляющих производство технологических систем и оборудования для производства чугуна и стали.

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была собрана в процессе разработки справочника по НДТ в соответствии с Правилами.

Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Кодекса и имеет связь с:

Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
Утилизация и обезвреживание отходов	Обращение с отходами
Очистка сточных вод при производстве продукции	Процессы очистки сточных вод
Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
Утилизация и удаление отходов путем сжигания	Вовлечение отходящих газов в качестве топливного компонента
Добыча и обогащения железных руд (включая прочие руды черных металлов)	Материально-сырьевые ресурсы, процессы подготовки сырья
Производство изделий дальнейшего передела черных металлов	Материально-сырьевые ресурсы
Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий
Производство неорганических химических веществ	Процессы производства химических веществ

Область применения

В соответствии с приложением 3 Кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие виды деятельности:

производство чугуна и стали.

Справочник по НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или уровень загрязнения окружающей среды:

погрузка, разгрузка и обработка сыпучих материалов;

подготовка сырья;

спекание и гранулирование железной руды;

производство кокса из коксующегося угля;

производство чугуна доменным способом, включая переработку шлака;

производство и рафинирование стали с использованием основного кислородного процесса, включая ковшовую десульфурацию на входе, ковшовую металлургию на выходе и переработку шлака;

производство стали в электродуговых печах, включая ковшовую металлургию и переработку шлака;

непрерывное литье;
производство карбида кальция;
методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов.

Справочник по НДТ не распространяется на процессы добычи, обогащения руды и получение концентратов, производство извести в печах, охватываемых предприятиями по производству цемента, извести и MnO; обработка пыли для извлечения цветных металлов (например, пыли электродуговых печей); заводы по производству серной кислоты в коксовых печах; производство изделий дальнейшего передела черных металлов, вспомогательные процессы необходимые для бесперебойной эксплуатации производства, а также на внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами и вопросы, касающиеся обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Аспекты управления отходами на производстве в настоящем справочнике по НДТ рассматриваются только в отношении отходов, образующихся в ходе основного технологического процесса. Система управления отходами вспомогательных технологических процессов рассматривается в соответствующих справочниках по НДТ

Принципы применения

Статус документа

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов, и общественности о НДТ и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по НДТ с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и НДТ.

Определение НДТ осуществляется для отраслей (областей применения НДТ) на основе ряда международных принятых критериев:

- применение малоотходных технологических процессов;
- высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;
- рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

- предотвращение загрязнения, отказ от использования (или минимизация применения) особо опасных веществ;

- организация повторного использования веществ и энергии (там, где это возможно);

- экономическая целесообразность (с учетом инвестиционных циклов, характерных для отраслей применения НДТ).

Положения, обязательные к применению

Положения раздела "6. Заключение, содержащие выводы по НДТ" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по НДТ.

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по НДТ определяется операторами объектов самостоятельно, исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень НДТ, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании заключения по НДТ, операторами объектов разрабатывается программа повышения экологической эффективности, направленная на достижение уровня технологических показателей, утвержденных в заключениях по НДТ.

Рекомендательные положения

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ и к анализу при пересмотре справочника по НДТ:

Раздел 1: представлена общая информация о производстве чугуна и стали, о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях по производству чугуна и стали.

Раздел 2: описана методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ, экономическая составляющая.

Раздел 3: описаны основные этапы производства чугуна и стали, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Раздел 5: представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

Раздел 8: приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

Раздел 9: библиография.

1. Общая информация

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание отрасли по производству чугуна и стали в РК, а также описание основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребления энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

1.1. Структура отрасли по производству чугуна и стали, технико-экономические показатели

Черная металлургия - отрасль тяжелой промышленности, объединяющая технологически и организационно предприятия по добыче и обогащению рудного и нерудного сырья, по производству огнеупоров, продуктов коксохимической промышленности, чугуна, стали, проката, ферросплавов, стальных и чугунных труб, а также изделий дальнейшего передела (сортового проката, листового проката, белой жести, оцинкованного железа), металлических порошков черных металлов.

Чугун — сплав железа (Fe) с углеродом (C) и другими элементами, в котором содержание углерода (C) — не менее 2,14 % (точка предельной растворимости углерода (C) в аустените на диаграмме состояний), а сплавы с содержанием углерода (C) менее 2,14 % называются сталью. Углерод (C) придает сплавам железа твердость, снижая пластичность и вязкость. Углерод (C) в чугуне может содержаться в виде цементита и графита. В зависимости от формы графита и количества цементита выделяют белый, серый, ковкий и высокопрочный чугуны. Чугуны содержат постоянные примеси кремния, марганца, серы и фосфора (Si, Mn, S и P), а в некоторых случаях — также легирующие элементы: хром, никель, ванадий, алюминий (Cr, Ni, V, Al) и другие. Как правило, чугун хрупок. Плотность чугуна – 7,874 г/см³.

Выплавляется чугун, как правило, в доменных печах. Температура плавления чугуна — от 1147 до 1200 °С, то есть примерно на 300 °С ниже, чем у чистого железа.

Сталь - сплав железа (Fe) с углеродом (C) и другими элементами содержащий не менее 45 % железа (Fe) и в котором содержание углерода (C) находится в диапазоне от 0,02 до 2,14 %, причём содержание углерода от 0,6 % до 2,14 % соответствует высокоуглеродистой стали. Стали с очень высокими упругими свойствами находят широкое применение в машино- и приборостроении.

Глобальное производство чугуна по итогам 2022 года сократилось на 3 % по сравнению с 2021 годом – до 1,389 млрд тонн. Мировое производство чугуна доменным способом за год составило 1,279 млрд тонн, а методом прямого восстановления железа – 110,52 млн тонн.

Крупнейшими странами – производителями чугуна по итогам 2022 года являются:

Китай – 863,83 млн тонн (-0,8 % г./г.);

Индия – 121,86 млн тонн (+4,4 % г./г.);

Япония – 64,15 млн тонн (-8,8 % г./г.).

По данным международной металлургической ассоциации World Steel Association объем производства "сырого" стального сырья в 64 странах превысил 140,7 млн тонн на конец 2022 года, что на 10,8 % ниже прошлогоднего значения.

Наибольшее падение производства в конце 2022 года продемонстрировали страны ЕС, выплавившие 9,2 млн тонн стали, что на 16,7 % меньше, чем в декабре 2021 года. Россия и другие страны СНГ и Украина произвели 6,2 млн тонн, что на 28,4 % меньше.

Китай является лидирующей страной в сегменте черной металлургии. Об этом свидетельствует и первая строчка в мировом рейтинге, которую занимает китайская компания Baowu Group. Китай произвел 77,9 млн тонн в декабре 2022 года, что на 9,8 % меньше, чем в декабре 2021 года. Индия произвела 10,6 млн тонн, что на 0,8 % больше. Япония произвела 6,9 млн тонн, снизив выплавку на 13,1 %.

США произвели 6,5 млн тонн, что на 8,3 % меньше, чем годом ранее. По оценкам ассоциации, Россия произвела 5,5 млн тонн стали, что на 11,3 % меньше, чем в декабре 2021 года.

Южная Корея произвела 5,2 млн тонн, что на 11,6 % меньше. Германия произвела 2,7 млн тонн, что на 14,6 % меньше.

Турция произвела 2,7 млн тонн стали, что на 20 % меньше. Бразилия произвела 2,5 млн тонн, что на 5,2 % меньше.

Иран в декабре 2022 года произвел 2,7 млн тонн, что на 3,3 % больше, чем в декабре 2021 года.

Общее мировое производство нерафинированной стали в 2022 году составило 1878,5 млн тонн, что на 4,2 % меньше, чем в 2021 году.

Согласно данным ассоциации WorldSteel, РК заняла 36-е место в глобальном рейтинге производителей стали.

Современные производители мировой металлургии делают основной упор на "зеленое производство стали". Это позволяет решать экологические проблемы и при этом удовлетворять растущий спрос на высококачественные марки сплавов. Модернизация промышленного оборудования и поиск новых методов выплавки металла — вот на чем поставлен акцент.

Наиболее актуальным на сегодняшний день является кислородно-конвертерное производство стали. Уровень выброса пыли в данном случае составляет всего 0,87 – 1,03 кг/т (в то время как при иных методах выплавки металла этот параметр составляет от 0,81 до 7,1 кг/т). Используется конвертерное производство стали как на отечественных предприятиях, так и на заводах Китая, США, стран Европы.

Получить сырье высокого качества помогает электросталеплавильный метод переработки руды и лома. Основной принцип заключается в использовании электрической энергии для нагрева металла. Процесс осуществляется в специальных печах. Причем он напрямую связан с выработкой шлаков при плавлении материала. Производство стали в электропечах популярно в Соединенных Штатах Америки, Турции, Германии, Чехии, Финляндии и в других странах.

Для выпуска особо чистой стали производители прибегают к методу выплавки в вакуумных печах. Они весьма востребованы в Китае и США. Такой способ позволяет получать и жаропрочные сплавы. Но он применим не столько в черной металлургии, сколько в атомной энергетике и других важных производственно-научных областях.

Доля ГМК в ВВП республики составляет 8,5 %. В 2022 году в отрасли реализовано 19 новых инвестиционных проектов на 232 млрд тенге.

Объём добычи металлических руд за январь–декабрь 2022 года составил 3,42 трлн. тенге в стоимостном выражении, против 3,28 трлн. тенге годом ранее, а выпуск в металлургии — уже более 9 трлн. тенге, против 7,68 трлн. тенге в 2021 году. Добыча металлических руд обеспечила порядка 14 % всего объёма выпуска горнодобывающего сектора в стоимостном выражении, а вес металлургии в обрабатывающей промышленности и вовсе составил почти 44 %. В целом ГМК обеспечил около 26 % всего объёма промышленного производства в стране, то есть более четверти всей промышленности республики держится на секторе добычи и переработки металлов.

В структуре добычи металлических руд на железную руду пришлось 684,3 млрд тенге. В структуре металлургического производства на чёрную металлургию пришлось 3,17 трлн. тенге.

Территориально предприятия чёрной металлургии размещены в четырёх областях Республики (Костанайской, Карагандинской, Актюбинской и Павлодарской), где имеются месторождения полезных ископаемых и водно-энергетические ресурсы.

Чёрная металлургия представлена предприятиями полного и неполного цикла производства. Они производят чугун, сталь, изделия проката и ферросплавы. Крупнейшее предприятие чёрной металлургии республики АО "АрселорМиттал Темиртау" расположено в г. Темиртау Карагандинской области. Комбинат выпускает чугун, сталь, трубы, горячекатанный и холоднокатанный прокат, оцинкованный прокат, прокат с полимерным покрытием, белую жёсть, сортовой прокат. Сталеплавильные предприятия ПФ ТОО "KSP Steel" и ПФ ТОО "Кастинг" расположены в г. Павлодар. Основным видом деятельности является сбор, хранение и переработка металлолома, переплавка металлолома и производство непрерывнолитых заготовок и т.д.

Производство в сфере чёрной металлургии за год сократилось на 7,4 % и за январь-ноябрь 2019 года составило 1,5 трлн. тенге. При этом индекс промышленного производства составил 97,2 % к аналогичному периоду 2018 года. Заметим, сокращение выпуска в соответствующем периоде наблюдается впервые с 2013 года. Такие данные приводит energyrom.kz.



Рисунок 1.1. Производство в стоимостном выражении. Черная металлургия (январь-ноябрь 2019), млрд тг

Среди регионов РК 87 % всего производства в сфере черной металлургии приходится на три области — Карагандинскую (531,9 млрд тенге), Павлодарскую (470,6 млрд тенге) и Актюбинскую (312 млрд тенге).



Рисунок 1.2. Черная металлургия (январь-июнь 2020 года), тысяч тонн

В натуральном выражении в 2022 году в черной металлургии отмечен рост в производстве ферросплавов (на 2,6 %, до 2,1 млн тонн), однако выпуск стали сократился на 8 %, до 4,1 млн тонн, а чугуна — на 10,3 %, до 3,2 млн тонн.

Таблица 1.1. Выпуск продукции (чугун и сталь)

Черная металлургия. Январь-ноябрь 2019, млн тонн (источник: КС МНЭ РК)

№ п/п	Продукция	2019/11	2018/11	Рост за год
1	2	3	4	5
1	Сталь нерафинированная	3,9	4,2	-6,8 %
2	Чугун (передельный , литейный или зеркальный в чушках, болванках или в виде форм первичных прочих)	3,1	-	-

Что касается экспортных поставок, на металлы и изделия из них по итогам 11 месяцев 2022 года пришлось более 14 % всего экспорта страны (11 млрд долл. США) и порядка 21 % экспорта в страны СНГ (3,8 млрд долл. США). Для сравнения: это почти на 1 млрд долл. США больше, чем экспорт продукции пищевого, химического, легкого и деревообрабатывающего, вместе взятых.

На внешних рынках в 2022 году стоимость продаж казахстанских металлов составила рекордные 14,9 млрд долл. США, что на 18 % больше, чем годом ранее. При этом в физическом выражении рост составил всего 0,8 % - до 6,5 млн тонн, и это не самый большой объем экспорта: в 2017 году объемы доходили до 7 млн тонн. Следовательно, рост экспортной выручки от продажи металлов обусловлен только ростом цен на них.

Основными экспортируемыми металлами являются ферросплавы (3,2 млрд долл. США), металлопрокат (1,6 млрд долл. США). На эти позиции приходится 80 % вывозимых из РК металлов.

Рассматриваемый объем не учитывает экспорт металлических руд, поставки которых в 2022 году составили порядка 4,2 млрд долл. США.

При этом Казахстан заработал от продаж изделий из металлов (трубы, цистерны, металлоконструкции и пр.) всего 399 млн долл. США, что в 37 раз меньше, чем от экспорта металлов и в 11 раз меньше экспорта металлических руд.

Данное соотношение практически не менялось за все время. В то время как в 2022 году Казахстан импортировал изделий из металлов на 3,2 млрд долл. США, что такжекратно больше экспорта.

Таким образом, показатели диверсификации структуры и увеличения несырьевого экспорта напрямую зависят от мировых цен на металлы.

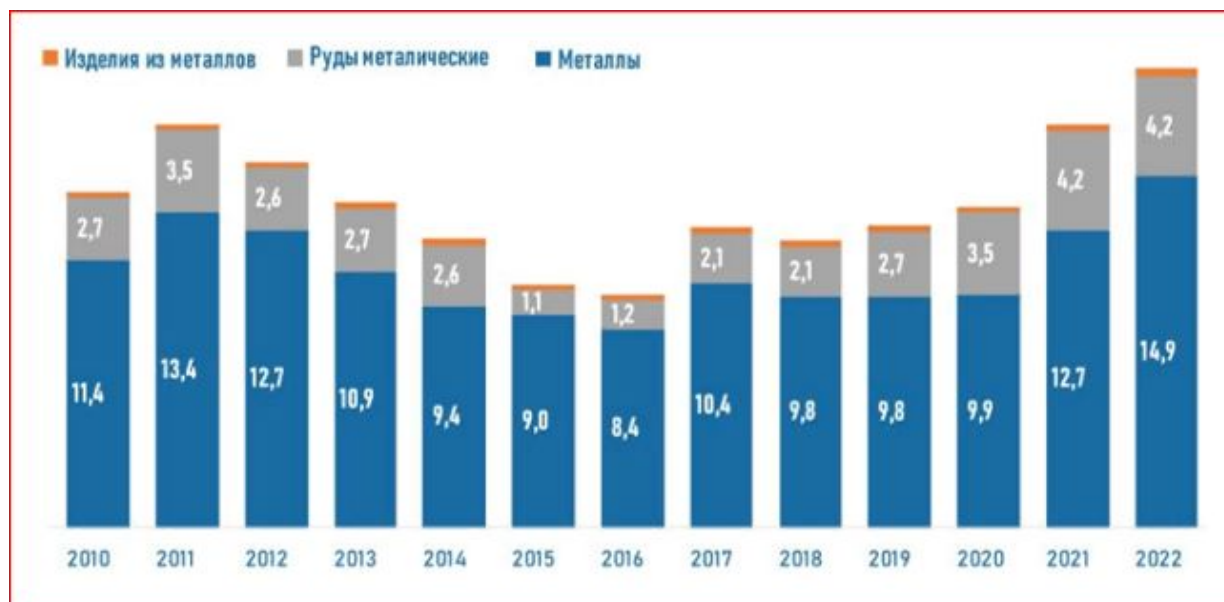


Рисунок 1.3. Экспорт товаров металлургической промышленности из Казахстана, млрд долларов

1.2 Ресурсы и материалы

Основным исходным сырьем для получения черных металлов являются железная руда, коксующиеся угли и руды легирующих металлов.

Для переработки руды и производства первичного металла (чугуна) требуются большое количество кокса, рудного сырья и электроэнергии. Сырье и топливо составляют более 90 % общих затрат на производство черного металла. Необходимость в транспортировке огромных масс рудного и топливного сырья диктует необходимость решать задачи рационального размещения предприятия.

Сырьевая база является основой металлургического производства. В зависимости от типа металлургического предприятия источники сырья могут быть разные. В частности, черная металлургия может делиться на такие отрасли:

- предприятия полного цикла: обогащение руд, производство кокса, выплавка и прокат металла сосредоточены на одном объекте;

- передельные металлургические предприятия: одна из стадий, а это, в основном, производство сталей и сплавов, выделена в отдельную отрасль;

- малая черная металлургия: цеха по производству металла входят в состав машиностроительных предприятий.

Добыча руды, ее обогащение, выплавка характеризуют предприятия полного цикла. Для черной металлургии характерно использование сырья с высоким процентным содержанием металла при больших объемах переработки.

В состав металлургической отрасли полного цикла по выплавке и переработке черных металлов входят предприятия, которые выполняют следующие задачи:

- добыча металлических руд, их обогащение;

добыча, подготовка вспомогательного нерудного сырья – огнеупорной глины, известняковых флюсов;

коксохимическая промышленность, в т.ч. выработка коксового газа;

выплавка черного металла, чугуна, отливки, углеродистой стали, проката;

вторичная переработка черного металлического лома и отходов производства.

Основу металлургического производства полного цикла составляет доменное производство чугуна. Сама технология восстановления железа из руды при использовании доменного процесса подразумевает насыщение железа большим количеством углерода (С), в результате чего получается чугун. Сталь характеризуется меньшим содержанием углерода (С), включением в состав легирующих добавок, что требует дополнительных стадий переработки в мартеновских, электродуговых печах или кислородных конвертерах. Таким образом, для получения стали требуется длительный и энергозатратный процесс.

Оборудование и технология бездоменного производства стали (используется прямое восстановление железа из обогащенного сырья) позволяют уменьшить энергозатратность производства, сократив операции технологического процесса, к тому же, сталь получается более чистой, без вредных примесей серы (S) и фосфора (P), как при традиционном производстве.

В черной металлургии наиболее топливеемкими производствами отрасли являются доменное производство (до 41 % топлива отрасли), прокатное и трубное (10 %), агломерационное (7 %), мартеновское (7 %), коксохимическое (6 %).

К электроемким производствам относятся ферросплавное (до 17 % расхода электроэнергии отрасли), горнорудное (добыча и обогащение руды, 14,6 %), прокатное (12 %), производство кислорода (7 %), электроплавильное (4,4 %).

Наибольшее количество тепловой энергии используют производства: коксохимическое (18,4 %), прокатное (7,6 %) и доменное (4,4 %).

Железорудное сырье. Сырьевая база черной металлургии располагает достаточными запасами, разработка которых способна обеспечить эффективную работу металлургических предприятий республики и осуществлять поставку их продукции на экспорт.

По подтвержденным запасам железных руд РК занимает 5, а по их качеству - 3 место в мире. Балансовые запасы железных руд составляют около 20 млрд тонн, из них 79 % сосредоточено в Торгайском железорудном районе (Костанайская область). Среднее содержание железа в рудах составляет 39,1 %.

Таблица 1.2. Основные месторождения железных руд и перечень эксплуатирующих их предприятий

№ п/п	Предприятие, структурное подразделение /		Общие утвержденные запасы месторождений	Среднее содержание	
-------	--	--	---	--------------------	--

	месторождение	Основной тип руды	Способ обработки	ия A+B+C ₁ , млн т	железо/хром в руде, %	Добыча в 2019г., тысяч т
1	2	3	4	5	6	7
1	Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение (АО "ССГПО")					
1.1	Соколовский карьер/ "Соколовское"	Магнетитовые	Открытый	1008,6	40,9	5991,8
1.2	Качарский карьер/ "Качарское"	Магнетитовые	Открытый	2168,6	38,2	12985
1.3	Куржункульский карьер/ "Куржункульское"	Магнетитовые	Открытый	109,6	44,4	3281
1.4	Сарбайский карьер/ "Сарбайское"	Магнетитовые	Открытый	865,5	40,4	7400,4
1.5	Шахта "Соколовская"/ "Соколовское"	Магнетитовые	Подземный	224,1*	40,9	1861,9
2	ТОО "Оркен", железорудный департамент АО "АрселорМиттал Темиртау"					
2.1	Лисаковский филиал/ "Лисаковское"	Бурые железняки, оолитовые	Открытый	1728,2	35,4	2344,5
2.2	"Оркен-Кентобе"/ "Кентобе"	Магнетитовые	Открытый	136,8	47,7	530,9
2.3	"Оркен-Атансор"/ "Атансор"	Магнетит-мартиновые	Открытый	45,5	40,0	1738,9
2.4	"Оркен-Атасу"/ "Западный Каражал"	Магнетит-гематитовые	Подземный	311,6	51,2	985,2
3	ТОО "Металлтерминалсервис"					
3.1	"Шойынтас"	Гематит-магнетитовые и гематит-мартиновые	Открытый	2,0	48 – 50	Нет данных
4	ТОО "Bary Mining"					
4.1	Рудник "Бапы"/ "Бапы"	Магнетит-серпентиновые	Открытый	43,8	28,3	3000
5	АО Горнорудная компания "Бенкала"					
5.1	Рудник "Бенкала"/	Магнетитовые	Открытый	27,7		-

	Бенкалинское "				57,6	
--	-------------------	--	--	--	------	--

Агломерат. Агломерация – это термический процесс, который формирует кусковый материал из дисперсных железорудного концентрата или руды и обеспечивает удаление некоторых вредных примесей серы (S), разложение карбонатов. Среднее содержание железа в агломерате – 53 – 58 %.

Окатыши – твердые шарообразные тела, полученные путем окомкования тонкоизмельченных рудных материалов с добавкой связующих веществ с флюсами или без них с последующим упрочнением способами обжига, цементации (с автоклавированием или без него). Фабрики производства окатышей входят в структуру обогатительных фабрик, что позволяет применять для подачи концентрата конвейерный транспорт.

Таблица 1.3. Действующие крупнейшие объекты по обогащению руды и производству окатышей, сроку эксплуатации, по производственным мощностям в РК.

№ п/п	Предприятие	Наименование объекта	Метод обогащения	Год введения	Проектная мощность, т/год	Объем годового производства	Продукция
1	2	3	4	5	6	7	8
1	АО ССППО"	Фабрика рудоподготовки и обогащения (ФРПО)	Магнитный способ (сухой и мокрой)	1963 г.	19 368 784	13 599 077	железорудный концентрат
		Фабрика по производству окатышей (ФПО)		-	5 379 160	3 341 197	железорудные окатыши
2	ТОО Оркен"	Лисаковский филиал ТОО Оркен"	гравитационно-магнитное обогащение	1972	940 602	651 123	концентрат железной руды
		Представительство Оркен-Кентобе"	сухая магнитная сепарация	-	1 000 000	290 000	концентрат железной руды
		Представительство Оркен-Атасу"	сухая магнитная сепарация	-	2 400 000	2 265 143	концентрат
		ТОО Оркен-Атансор"	сухая магнитная сепарация	2011	668 763	301 229	концентрат железной руды
		Дробильно-обогатительная фабрика № 1	гравитационные	1973	788 500	397 300	хромовый концентрат

3	АО "ТНК Казхром" Донской горно-обогатительный комбинат	Фабрика обогатения и окомкования руды	1984	975 619	556 700	хромовый концентрат (обогащение руды 10 – 160 мм)
				840 800	636 200	хромовый концентрат (обогащение руды 0 – 10 мм)
				982 900	743 500	окатыши хромовые

Горячебрикетированное железо (ГБЖ/ПВЖ) – один из продуктов восстановительного внедоменного передела железа – используется для производства высококачественной стали (с малым количеством вредных примесей) как заменитель чугуна, металлолома. Гарантированными качественными характеристиками ГБЖ является суммарное содержание железа, которое составляет не менее 90 % (при содержании железа металлического не менее 83 %) и степень металлизации соответствует уровню не менее 92 %. Неоспоримыми преимуществами ГБЖ являются стабильность химического состава, низкое содержание вредных примесей, таких как фосфор (P) и сера (S); отсутствие вредных элементов – медь (Cu), никель (Ni), неметаллических субстанций; типовой размер брикетов; высокая удельная насыпная плотность.

Коксующиеся угли и металлургический кокс. Кокс каменноугольный - твердый пористый продукт серого цвета, получаемый путем коксования каменного угля при температурах 950 – 1100 °С без доступа кислорода. Кокс каменноугольный применяют для выплавки чугуна (доменный кокс) как высококачественное бездымное топливо, восстановитель железной руды, разрыхлитель шихтовых материалов.

Кокс каменноугольный используют также, как ваграночное топливо в литейном производстве (литейный кокс), для бытовых целей (бытовой кокс), в химической и ферросплавной отраслях промышленности (специальные виды кокса).

Доменный кокс должен иметь размеры кусков не менее 25 – 40 мм при ограниченном содержании кусков менее 25 мм (не более 3 %) и более 80 мм. Литейный кокс по размерам кусков крупнее доменного; наиболее пригодный продукт, в котором присутствуют куски менее 60 – 80 мм. Главное отличие литейного кокса от доменного - малое содержание серы (S), которое не должно превышать 1 % (в доменном коксе до 2 %).

Коксующиеся угли, в отличие от других каменных углей, при нагревании без доступа воздуха переходят в пластическое состояние и спекаются.

Коксующиеся угли в необогащенном виде или в концентратах характеризуются зольностью менее 10 % и низким содержанием серы (S) (менее 3,5 %), выход летучих веществ 15 – 37 %.

Основной продукцией коксохимического производства является кокс для доменного и литейного производств. Кроме того, кокс используется в производстве ферросплавов, производстве электродов в цветной металлургии, химической промышленности.

Продукт второго передела, спецкокс – это углеродистый восстановитель. Потребность Казахстана в спецкоксе, по оценке Республиканской ассоциации горнодобывающих и горно-металлургических предприятий, превышает 1 млн тонн в год. В 2020 году было произведено в Казахстане 214,4 тысяч тонн кокса и импортировано еще 992,7 тысяч тонн.

Большую часть спецкокса в Казахстан завозят из России. В 2020 году объем поставок составил 927,7 тысяч тонн, это более 90 % от всего ввезенного спецкокса. Импорт из Китая – 47,1 тысяч тонн, из Польши – 17,9 тысяч тонн.

Сейчас спецкокс в РК фактически производит только компания, входящая в состав Eurasian Resources Group (ERG).

Известь является продуктом обжига широко встречающихся в природе известняков, мела, ракушечника или доломитового известняка, доломита и относится к общераспространенным не балансовым полезным ископаемым. По информации Комитета геологии Министерства промышленности и строительства РК в Казахстане разведано 122 месторождения известняков, пригодных для производства извести, и запасы этих месторождений являются весьма обширными.

По данным бизнес регистров официальной статистики в РК зарегистрировано 26 производителей извести. В числе крупных производителей негашеной извести выделяются АО "Темиртауский электрометаллургический комбинат" (далее - АО "ТЭМК"), ТОО "САС - ТобеТехнолоджис", ТОО "Майкаинский известковый завод", ТОО "НЕОХИМ", а в сегменте гидратной извести функционируют ТОО "КАЗХИМТЕХСНАБ" и ТОО "SH Work".

1.3 Производство продукции

Предприятия черной металлургии основную массу готовой продукции выпускают в виде литейного и переделного чугуна, конвертерной стали и электростали, а также готового проката, стальных и чугунных труб. Переделный чугун в дальнейшем подвергается плавке и обезуглероживанию для получения сталей с различным содержанием углерода (С). Большая часть стали производится в виде слитков, которые, в дальнейшем, подвергают ковке и прокатке.

Стальной профиль сортового проката используют непосредственно в конструкциях (мосты, перекрытия зданий, железнодорожные рельсы). Наиболее распространен

сортовой прокат для непосредственного использования: тавр; двутавр; швеллер; уголок

Одним из крупнейших предприятий в Казахстане и СНГ на рынке железорудного сырья является Соколовско-Сарбайское горно-обогащительное производственное объединение, входящее в состав ERG. Выпускаемая продукция - офлюсованные железорудные окатыши и железорудный концентрат. Наиболее крупными потребителями продукции являются: предприятия Казахстана АО "АрселорМиттал Темиртау" (далее – АО "АМТ"), России (Магнитогорский и Челябинский металлургические комбинаты) и Китая.

В стальной подотрасли АО "АМТ" - единственное в республике сталеплавильное предприятие с полным металлургическим циклом.

Основные виды продукции АО "АМТ": передельный и литейный чугун; слябы; горячекатаный плоский прокат; холоднокатаный плоский прокат; средний лист; плоский прокат с покрытием; электротехнический плоский прокат, жесть; гнутые профили.

Основные виды продукции ПФ ТОО "KSP Steel" и ТОО "Кастинг": литейный чугун; блюмы (литые заготовки круглого и квадратного сечения); бесшовные нефтепроводные, насосно-компрессорные, обсадные трубы, трубы для нефтегазовой отрасли и трубы общего назначения; горячекатаный сортовой прокат - стержни и шары мелющие; прокат арматурный гладкого и периодического профиля; шары катаные мелющие.

В таблице 1.4., 1.5. представлена информация о производстве продукции.

Таблица 1.4. Динамика производства продукции черной металлургии предприятия 1

№ п/п	Виды продукции, тысяч тонн	Фактический объем производства продукции, тысяч тонн				
		2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7
1	Агломерат	4711,8	5270,1	5151,4	4741,4	5304,1
2	Кокс	2426,9	2596,6	2676,0	2514,6	2203,1
3	Чугун	3233,7	3595,1	3766,3	3153,6	3165,1
4	Сталь	3513,4	3913,9	4099,2	3360,8	3426,8

Таблица 1.5. Динамика производства продукции черной металлургии предприятия 2 и 3

№ п/п	Наименование предприятия	Фактический объем производства продукции, тысяч тонн, по годам			
		Предприятие 2		Предприятие 3	
		2020	2021	2020	2021
1	2	3	4	5	6
1	Сталь	213,0449	228,5423	89,050	47,312
2	Ферросплавы	10,225	10,573		
3	Трубы	175,556	162,952		

4	Прокат в том числе:				
4.1	Стержни, мелющие стальные мелющие			76,168	51,148
4.2	Прокат арматурный гладкого и периодического профиля			9,219	8,517
4.3	Шары катаные мелющие	30,618	28,394	35,272	21,636
5	Литье в литейные формы				
5.1	Чугун литейный	0,212	0,123		
5.2	Сталь	0,267	0,249		
6	Кузнечное производство				
6.1	Шары кованые	2,861	0,988		
6.2	Поковки	0,176	0,217		

Побочным продуктом является:

в доменном производстве – доменный газ, шлак, шламы, пыль колошниковая и от установок аспирации;

в сталеплавильном производстве – шлак, шламы, пыль от установок аспирации, лом футеровок, отсев известняка и доломита, отсев извести;

в прокатном производстве – обрезь металлопродукции, окалина, шламы, пыль от установок аспирации, лом футеровок.

Большинство образующихся побочных продуктов может возвращаться в технологический процесс через агломерационное, доменное и сталеплавильное производства, при этом доля утилизации вторичных ресурсов может достигать 95 – 98 %, что позволяет обеспечить экономию первородного сырья и топлива и улучшить экологическую обстановку вокруг металлургических предприятий. Часть побочной продукции имеет определенные свойства и поставляется на рынок по нормативным документам по стандартизации.

Из всех видов карбидов карбид кальция является наиболее важным для промышленных целей. Он по-прежнему служит базой для промышленности по производству ацетиленовых сварочных газов в мире. Карбид кальция (CaC_2) используется для десульфурации чугуна и стали, а также в литейной технологии, где он смешивается с другими добавками для обработки металлов [45].

Карбид кальция производится на нескольких предприятиях, в том числе на химико-металлургическом заводе АО "ТЭМК", расположенном в г. Темиртау Карагандинской области.

1.4 Энергоэффективность

РК является страной с высокой энергоемкостью экономики. Энергоемкость ВВП РК за 2021 год составила 0,32 т.н.э./тысяч долл. США, что более чем в 3 раза превышает средний уровень стран Организации экономического сотрудничества и развития 0,10 т.н.э./тысяч долл. США.

Концепцией по переходу к "зеленой экономике" определены цели по снижению энергоемкости валового внутреннего продукта (далее – ВВП) от уровня 2008 года на 50 % к 2050 году.

Черная металлургия является одной из наиболее энергоемких отраслей промышленности. Наиболее крупными потребителями энергоресурсов являются доменные, коксохимические и прокатные производства.

Для технологических и хозяйственных нужд предприятиями по производству чугуна и стали потребляется следующие виды энергетических ресурсов: электрическая энергия (получаемая извне), твердое топливо (уголь), природный газ, мазут, дизельное топливо.

В таблице 1.6. представлен перечень первичных ТЭР предприятий по производству чугуна и стали с 2015 по 2021 год.

Таблица 1.6. Потребление основных ТЭР сторонних источников

№ п/п	Энергоресурс	Ед. изм.	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Предприятие 1								
1.1	Электрoэнергия	т у.т.	204 696	249 975	233 517	242 503	187 338	-	-
1.2	Бензин моторный	т у.т.	2 622	5 930	6 417	5 219	4 678	-	-
1.3	Керосин	т у.т.	207	584	581	649	375	-	-
1.4	Дизельное топливо (газойли)	т у.т.	26 434	42 507	43 033	42 542	42 013	-	-
1.5	Газ сжиженный	т у.т.	26 821	26 979	23 437	22 495	23 848	-	-
1.6	Уголь каменный	т у.т.	361 876	669 351	765 200	992 151	771 831	-	-
1.7	Мазут топочный	т у.т.	382 621	427 352	494 415	470 540	478 903	-	-

2	Предприятие 2								
2.1	Электроэнергия	т.у.т.	-	-	-	-	-	1 4 444,991	1 5 871,496
3	Предприятие 3								
3.1	Электроэнергия	т.у.т.	-	-	-	-	-	10 577,69	7 666,85
3.2	Теплоэнергия	т.у.т.	-	-	-	-	-	522,665	536,536
3.3	Газ сжиженный	т.у.т.	-	-	-	-	-	3 757,01	2 722,38
3.4	Моторное топливо (бензин)	т.у.т.	-	-	-	-	-	139,11	275,03
3.5	Моторное топливо (диз. топливо)	т.у.т.	-	-	-	-	-	50 444,32	34 193,79
4	Предприятие 4								
4.1	Электроэнергия	т.у.т.	-	-	-	-	-	908,678	1052,406
4.2	Уголь каменный	т.у.т.	-	-	-	-	-	2 4 4 888,070	2 6 7 251,294
5	Предприятие 5								
5.1	Электроэнергия	т.у.т.	-	11997,80 7	11352,30 1	10952,49 2	13134,16 3	9950,786	-

Также на предприятиях используются энергоресурсы собственного производства получаемым в результате технологических процессов: коксовый газ, доменный газ.

В РК допускается сжигание конвертерного газа на предприятиях, в факелах при отсутствии технологических решений по его использованию.

В таблице 1.7. представлен объем энергоресурсов собственного производства, произведенных предприятиями, в т у.т.

Таблица 1.7. Объем энергоресурсов собственного производства

№ п/п	Энергоресурс	Единица измерения	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8
Предприятие 1							
1	Газ коксовый	т у.т.	515	548	567	540	443
2	Газ доменный	т у.т.	705	828	925	800	774

Основными потребляемыми энергоресурсами являются электроэнергия, уголь и мазут.

Электрическая энергия на предприятиях расходуется по следующим направлениям:

3.1	Электроэнергия	кВт·ч/ ед.прод.	59,42	60,08	54,62	52,23	57,96
3.2	Газ сжиженный	тонн/ ед.прод.	0,0009	0,0011	0,0008	0,0008	0,0015
3.3	Газ коксовый	м³/ед.прод.	0,009	0,010	0,012	0,012	0,016
3.4	Кокс	тонн/ ед.прод.	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
4		Производство чугуна					
4.1	Кокс	тонн/ ед.прод.	0,587	0,577	0,594	0,605	0,601
4.2	Пар	Гкал/ ед.прод.	0,060	0,062	0,055	0,046	0,063
4.3	Электроэнергия	кВт·ч/ ед.прод.	19,8	19,5	19,4	19,5	18,3
4.4	Газ доменный	м³/ед.прод.	437,8	506,2	590,7	583,3	598,4
4.5	Мазут топочный	тонн/ ед.прод.	0,039	0,042	0,046	0,044	0,040
4.6	Техническая вода	м³/ед.прод.	46,3	37,3	27,7	34,9	31,4

Таблица 1.9. Удельные расходы ТЭР предприятия 2

№ п/п	Ресурс	Единица измерения	2020 год	2021 год
1	2	3	4	5
Производство стали.				
1	Электроэнергия	кВт ч/ед.прод.	551,2	564,6

Таблица 1.10. Удельные расходы ТЭР предприятия 3

№ п/п	Ресурс	Единица измерения	2020 год	2021 год
1	2	3	4	5
Производство стали				
1	Электроэнергия	кВтч/ед.прод.	965,72	1317,48
2	Техническая вода	Тыс м³/ед.прод.	363,47	609,10
3	Теплоэнергия	Гкал/ ед.прод.	0,41	0,24
4	Пропан- бутановая смесь	тонн/ед.прод.	0,026	0,037
5	Моторное топливо (бензин)	л/ед.прод.	0,0014	0,00527
6	Моторное топливо (диз. топливо)	л/ед.прод.	0,449	0,573

Таблица 1.11. Удельные расходы ТЭР предприятия 4

№ п/п	Ресурс	Единица измерения	2020 год	2021 год
1	2	3	4	5
Производство кокса.				
1	Электроэнергия	кВтч/ед.прод.	39,82	41,16
2	Уголь каменный	тонн/ед.прод.	1,94	2,11
3	Вода	м³/ед.прод.	0,12	0,2

Таблица 1.12. Удельные расходы ТЭР предприятия 5

№ п/п	Ресурс	Единица измерения	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6	7	8
Производство карбида кальция							
1	Электроэнергия	кВт·ч/ед.прод.	3 726	4 078	3 877	3 899	3 959
2	Промышленная вода	м³/ед.прод.	55,93	59,80	60,85	60,60	81,9

Показателем энергетической эффективности крупных технологических установок и производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

В рамках проведения КТА выполнен анализ показателей энергетической эффективности на основании данных отчетов по потреблению ТЭР основных технологических производств предприятия.

Согласно приказу Министра по инвестициям и развитию РК №394 от 31 марта 2015 г. "Об утверждении нормативов энергопотребления", установлен нормативный расход электрической энергии на производство чугуна и стали. [70]. Сравнение фактического и нормативного расхода электрической энергии на выпуск продукции приведено в таблице 1.13.:

Таблица 1.13. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

№ п/п	Производство / предприятие	Расход электроэнергии на единицу продукции		
		Единица измерения	Норматив	КТА
1	2	3	4	5
Производство кокса				
1	Предприятие 1	кВт·ч/т	17,0	2,8 - 16,4
2	Предприятие 4	кВт·ч/т	17,0	37,43 - 45,93
Производство чугуна				
1	Предприятие 1	кВт·ч/т	14,0	18,3 - 19,8
Производство стали в конвертерах				
1	Предприятие 1	кВт·ч/т	30,0	52,23 - 60,08
Производство стали в электродуговых печах				
1	Предприятие 2	кВт·ч/т	620	551,2 - 564,6
2	Предприятие 3	кВт·ч/т	620	965,72 - 1317,48
Производство карбида кальция				
1	Предприятие 5	кВт·ч/т	не нормируется	3726 - 4078

1.4 Основные экологические проблемы отрасли

Приоритетность внедрения интегрированных природоохранных технологий определяется тоннажностью и токсичностью образующихся загрязнений с учетом эффективности действия существующих на сегодняшний день очистных сооружений.

Построение таких технологий должно осуществляться одновременно по следующим направлениям:

1) создание эффективных методов и установок очистки промышленных выбросов и сбросов;

2) совершенствование существующих и разработка новых технологий, позволяющих сократить или исключить технологические стадии, на которых образуется основное количество отходов;

3) разработка рациональных методов утилизации отходов.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Черная металлургия по общему объему валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников занимает одно из лидирующих мест в соответствующем рейтинге отраслей промышленности.

Основными загрязняющими веществами в выбросах предприятий черной металлургии являются: оксид углерода (оксид углерода (CO)) (67,5 % суммарного выброса в атмосферу), твердые вещества (15,5 %), диоксид серы (диоксид серы (SO₂)) (10,8 %), окислы азота (окислы азота (NO_x)) (5,4 %).

На рисунке 1.4. представлены валовые выбросы загрязняющих веществ для интегрированного производства предприятия 1 (полного цикла).



Рисунок 1.4. Валовые выбросы загрязняющих веществ за 2015 – 2019 гг.

Как видно из рисунка, наибольший вклад в общие валовые выбросы загрязняющих веществ вносит процесс производства агломерата.

Ниже представлены выбросы загрязняющих веществ с разбивкой по производственным процессам, ингредиентам, а также данных производственных мощностей за период с 2015 по 2019 года для предприятия 1 (рисунок 1.5. – 1.8.), за 2020 – 2021 гг. для предприятий 2 (рисунок 1.9.) и 3 (рисунок 1.10.).

Выбросы представлены с разбивкой по основным технологическим линиям, в которых преобладают выбросы:

коксхимическое производство (оксид углерода (оксид углерода (CO)), окислы азота (NO_x) и диоксид серы (SO₂), пыль);



Рисунок 1.5. Выбросы загрязняющих веществ при производстве кокса за 2015 – 2019 гг.

агломерационное производство (оксид углерода (CO), окислы азота (NO_x) и диоксид серы (SO₂), пыль) до 50 % от общего объема выбросов пыли на интегрированном металлургическом заводе;



Рисунок 1.6. Выбросы загрязняющих веществ при производстве агломерата за 2015 - 2019 гг.

доменное (оксид углерода (CO) и диоксид серы (SO₂), сероводород (H₂S), азот (N₂), колошниковая пыль, содержащая окислы различных металлов);



Рисунок 1.7. Выбросы загрязняющих веществ при производстве чугуна за 2015 – 2019 гг.

сталеплавильное (оксид углерода (CO), окислы азота (NO_x) и диоксид серы (SO₂), ПЫЛЬ.).



Рисунок 1.8. Выбросы загрязняющих веществ при производстве стали за 2015 – 2019 гг.

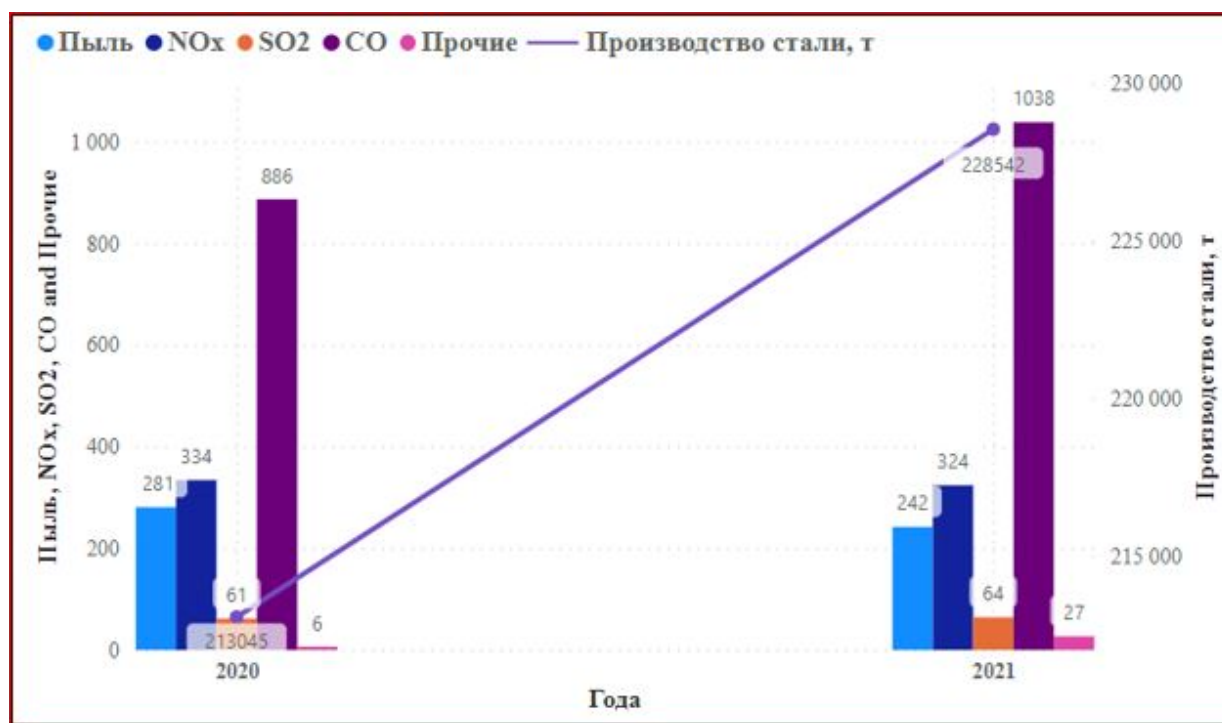


Рисунок 1.9. Выбросы загрязняющих веществ при производстве стали за 2020 – 2021 гг.

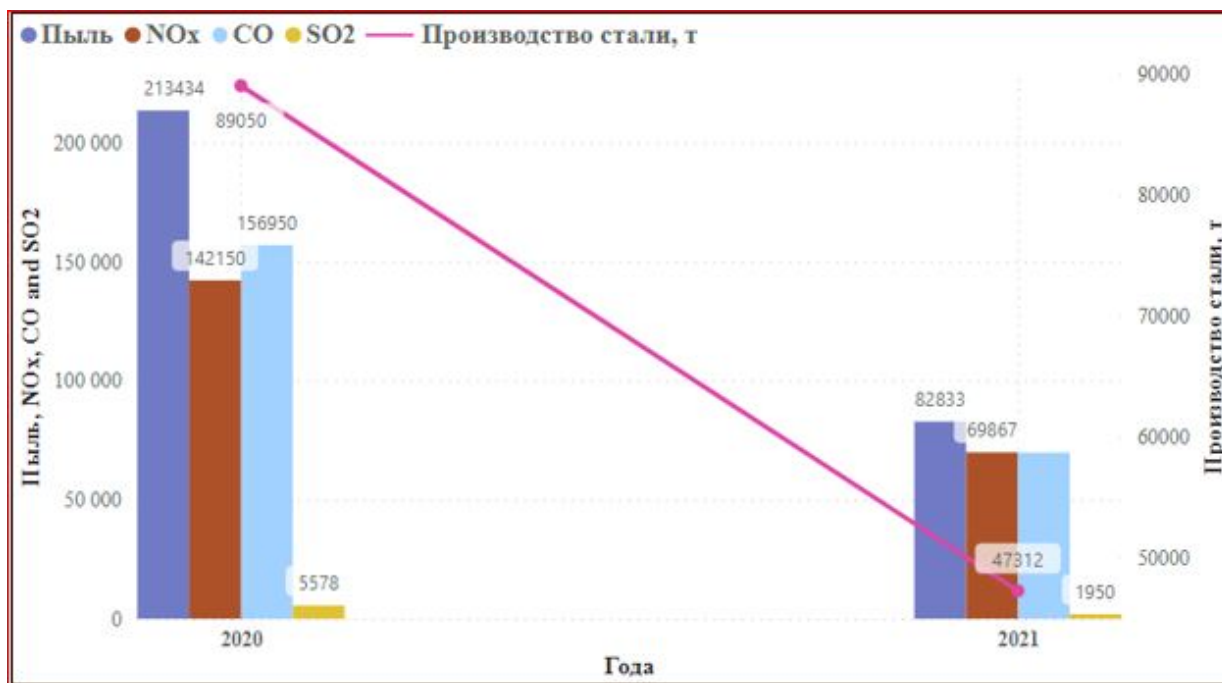


Рисунок 1.10. Выбросы загрязняющих веществ при производстве стали за 2020 – 2021 гг.

Подробные данные по источникам выбросов загрязняющих веществ в разрезе отдельных технологических процессов представлены в разделе 3.

В части производства карбида кальция (CaC_2) основным загрязняющим веществом является пыль неорганическая. На рисунке 1.11. проставлены показатели выбросов за 2016 – 2022 гг. для предприятия 5.



Рисунок 1.11. Выбросы загрязняющих веществ при производстве карбида кальция за 2016 - 2020 гг.

Пыль (твердые частицы). Источниками выбросов пыли на металлургических площадках являются плавильные печи (ДП, КП, ЭДП), нагревательные печи (в зависимости от вида используемого топлива), погрузка/разгрузка материалов (сырья, добавок), а также механические операции (например, зачистка и шлифование)

Дополнительными источниками выбросов являются: складирование, передача по конвейеру, загрузка, коксование и выдача угля, а также тушение кокса. Твердые частицы могут образовываться практически на каждом этапе технологического процесса.

Выбросы взвешенных частиц в атмосферу могут возникать в результате тепловых процессов, включая коксование, спекание, окатывание и прямое восстановление.

Установки с коксовыми печами служат дополнительным источником выброса в атмосферу значительных объемов пыли. Непрерывный выброс в атмосферу твердых частиц может стать результатом процесса обогрева с нижним подводом газа через трубу горения. Периодические и неорганизованные выбросы могут происходить из многих источников, включая заслонки печи и поддувала, задвижки и загрузочные люки. Выбросы могут также происходить при выдаче, тушении и сортировке кокса (периодические выбросы) и при переработке коксового газа.

К крупным источникам выбросов пыли в окружающую среду, также можно отнести агломерационные установки, выбросы которых напрямую связаны операциями погрузки/разгрузки материалов, с реакцией горения.

При окатывании железной руды (вместо агломерации) выбросы пыли образуются при дроблении сырья, из зоны обжига на ленте отвердевания, а также при процессах погрузки/разгрузки, сортировки.

Выбросы пыли из доменной печи (ДП) включают выбросы из литейного двора и с очистки доменных газов, выходящих из колошника печи. Для предотвращения и снижения выбросов используют различные системы пылеудаления до вторичного использования отходящего газа.

При прямом восстановлении железа образование пыли носит такой же характер, но ее получается меньше, чем при эксплуатации доменной печи.

Выброс в атмосферу твердых частиц при производстве конвертерной стали связан с предварительной обработкой чугуна (включая его транспортировку, сероочистку и удаление шлака), операциями загрузки (залливки), продувкой кислородом для снижения содержания С и окисления примесей и операциями вскрытия летки.

При производстве стали с использованием электродуговых печей (ЭДП), выбросы пыли образуются в процессе плавки, продувки кислородом и обезуглероживания (

выбросы в атмосферу первичных отходящих газов), а также загрузки и вскрытия летки (выбросы в атмосферу вторичных отходящих газов).

На разливочных участках (литье слитков и непрерывное литье) твердые частицы и металлы образуются при заливке расплава стали в форму и при резке продукта на заданную длину с помощью кислороднотопливных горелок при непрерывной разливке. Используемое очистное оборудование должно быть снабжено вытяжкой, особенно при литье и прокатке, а также в отделочном цехе, если это требуется.

Основные промышленные методы борьбы с выбросами достаточно эффективны в отношении твердых частиц. Для мелкодисперсных частиц (размером PM_{10} и менее) эффективность улавливания гораздо меньше.

В настоящее время экологическим законодательством РК не регулируется обязательный учет выбросов мелкодисперсных частиц, ввиду отсутствия методических подходов к оценке и данных по эффективности улавливания их существующими пылегазоулавливающим установками. Оценка выбросов пыли осуществляется в целом, без разделения по фракциям.

Окислы азота (NO_x). Образование окислов азота (NO_x) вызвано высокой температурой печи и окислением азота. Выбросы в атмосферу окислов азота (NO_x) связаны, помимо прочего, с операциями агломерации; работой установок окатывания; сгоранием топлива в коксовой печи, включая сгорание вторичного коксового газа; работой воздухонагревателей для подогрева дутья в процессе ДП; использованием отработанных газов или высокой температуры воздуха для сжигания в печах повторного нагрева и отжига; а также с травлением смесью кислот.

Диоксид серы (SO_2). Выбросы в атмосферу диоксида серы (SO_2) связаны главным образом со сжиганием соединений серы, содержащихся в сырье агломерации, и в первую очередь в коксовой мелочи. Выбросы в атмосферу диоксида серы (SO_2) могут также возникать в процессе затвердения при окатывании и при обогреве коксовой печи. Уровень выбросов в атмосферу диоксида серы (SO_2) в отходящих газах от печей подогрева и отпуска зависит от содержания серы в используемом топливе.

Оксид углерода (CO). Оксид углерода (CO) образуется при окислении кокса в процессах плавки и восстановления, и при окислении графитовых электродов, а также в ванне металла на стадиях плавки и рафинирования в кислородном конвертере и ЭДП. К источникам оксида углерода (CO) относятся отработанные газы с ленты агломерации, коксовой печи, КП, ДП и ЭДП.

ЛОС и органические ПАУ. Летучие органические соединения (ЛОС) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) могут выбрасываться в атмосферу на разных стадиях производства чугуна и стали, в том числе в составе отходящих газов процессов агломерации и окатывания в связи с попаданием масла в

сырье для агломерации или окатышей (главным образом за счет добавления вторичной окалины); из коксовых печей, установок тушения и цехов улавливания химических продуктов, а также из ЭДП, особенно при добавлении угля. ПАУ могут также присутствовать в подаваемом в ЭДП металлоломе, но могут образовываться и при работе ЭДП.

Диоксины и фураны. ПХДД/Ф могут образовываться, когда в металлургическом процессе одновременно присутствуют хлоридные ионы, хлорированные соединения, органический углерод, катализаторы, кислород при определенном уровне температуры. Кроме того, высокое содержание масла во вторичной окалине может увеличивать выбросы ПХДД/Ф в атмосферу.

Выбросов ПХДД/Ф также могут присутствовать в отходящих газах ЭДП. Возможное присутствие полихлорированных бифенилов (ПХБ), поливинилхлорида и других органических веществ в подаваемом металлоломе (дробленый металлолом, полученный в основном из старого оборудования) может стать источником выбросов в связи с высокой вероятностью образования ПХДД/Ф.

Металлы. В парах отходящих газов термических процессов могут присутствовать тяжелые металлы. Количество выбрасываемых в атмосферу металлов зависит от конкретного типа процесса и от состава сырья (железная руда и металлолом). Частицы с агломерационной установки, ДП, КП и ЭДП могут содержать цинк (Zn) (который обладает самым высоким коэффициентом выбросов при работе ЭДП, особенно при использовании металлолома из оцинкованной стали). Таблица 1.14. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, прошедшим КТА по загрязняющим веществам (тонн/год)

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Предприятие 1		Предприятие 2		Предприятие 3		Предприятие 4		Предприятие 5	
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Пыль неорганическая	26401,9	27993,8	358,62	335,54	224,16	87,83	611,701	611,701	455,64	356,38
2	Оксид углерода	117800,5	126599,9	1990,939	2166,46	174,07	101,72	279,203	279,203	1011,29	776,01
3	Оксиды азота	12820,9	13861,4	439,74	433,185	145,88	76,83	120,761	120,761	22,21	17,04
4	Диоксид серы	49730,9	46066,6	226,923	214,68	5,66	2,085	1721,017	1721,017	20,19	15,48
5	Прочие	671,2	587,1	100,003	92,825	3,57	2,051	-	-	-	-

Таблица 1.15. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям, прошедшим КТА в разрезе технологических процессов (тонн/год)

№ п/п	Наименование технологического процесса	Предприятие 1		Предприятие 2		Предприятие 3		Предприятие 4		Предприятие 5	
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Агломерация	119243,6	125605,9	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Коксование	11468,8	12154,2	-	-	-	-	2732,682	2732,682	-	-
3	Производство чугуна	6228,9	5917,6	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Производство стали	24759,9	22518,4	1568,668	1694,4889	518,112	224,44	-	-	-	-
5	Производство карбида кальция	-	-	-	-	-	-	-	-	1509	1165
6	ИТОГО	161701,2	166196,1	1568,668	1694,4889	518,112	224,44	2732,682	2732,682	1509	1165

Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Рациональное водопотребление и водоотведение также является немаловажным аспектом формирования экологической политики каждого предприятия металлургической отрасли.

Наибольшее количество воды требуется в прокатном, доменном и сталеплавильном производствах.

Вода, используемая металлургическими предприятиями, должна иметь определенные качественные характеристики: температуру, содержание взвешенных частиц, содержание масел и смол, водородный показатель pH.

На агломерационных установках вода используется для увлажнения шихты в смесительных барабанах, охлаждения возврата, гидрообеспыливания, охлаждения оборудования, гидросмыва пыли из газоочистных аппаратов и вентиляционных систем, гидроуборки помещения и промывки шламопроводов и др. Сточные воды аглофабрики содержат взвешенные вещества, включая взвесь железа (Fe), окись кальция (CaO), углерода (C).

В процессе очистки коксового газа от сероводорода (H_2S) мышьяково-содовым методом, образуются сточные воды, в которых содержатся фенолы (C_6H_6O), аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), цианиды, бензолы, смолы.

В доменном производстве сточные воды образуются при очистке доменного газа, гидравлической уборке осевшей пыли и просыпей, а также от установок грануляции доменного шлака и разливочных машин. В этих стоках содержатся частицы руды, кокса, известняка, сульфаты, хлориды, осколки застывшего чугуна, окалины, графита, недогашенной извести.

В сталеплавильном производстве вода расходуется в основном на охлаждение металлургических агрегатов. При условии применения кислородного дутья и в качестве топлива природного газа расход может увеличиваться. Водоснабжение газоочистных установок также оборотное с очисткой загрязненной отработавшей воды в отстойниках. До 75 % объема водопотребления расходуется на охлаждение металлургических печей, в результате чего вода только нагревается и считается условно чистой. Еще до 20 % воды используется на охлаждение прокатных станков и удаление примесей, причем в последнем процессе вода не только нагревается, но и загрязняется металлическими взвешьями и растворенными веществами.

В основном используемые системы водоснабжения — оборотные, с градирнями для охлаждающей воды, отстойниками для очистки загрязненных вод от подбункерных помещений, разливочных машин и очистки газа. Осадки обезвоживаются и используются или удаляются в накопитель.

Все сточные воды производства черной металлургии загрязнены взвешенными частицами, образующимися при очистке от пыли, золы и других твердых материалов. Большое количество потребляемой воды металлургическими производствами требует создания на предприятиях эффективных систем водоочистки. Они содержат механические примеси органического и минерального происхождения. Примерный качественный состав сточных вод одинаков, а концентрация загрязняющих веществ изменяется широко в зависимости от технологического процесса.

При сбросе загрязненных сточных вод металлургических заводов в водоеме повышается количество взвешенных частиц, значительная часть которых осаждается вблизи места спуска, повышается температура воды, ухудшается кислородный режим, образуется маслянистая пленка на поверхности воды. Если в поступающих стоках содержатся кислоты, то повышается и кислотность воды, нарушается ход биологических процессов. Все это может привести к гибели водных организмов и нарушению естественных процессов самоочищения водоемов.

Поэтому если оборотные системы не используются, то сточные воды перед попаданием в водные объекты должны быть очищены до нормативов установленных законодательством РК.

Для очистки промышленных стоков используют механический способ и реагентную химическую очистку. Также разрабатываются и внедряются безреагентные способы: электрохимический, электроионитовый, применение ионнообменных смол, озонирование.

На предприятии 1 сточные воды подразделяются на нормативно-чистые, допустимые к сбросу без очистки, и сточные воды, требующие очистки.

К нормативно-чистым относят следующие категории вод:

сточные воды, образующиеся в результате использования для охлаждения оборудования воды, как свежей технической, так и повторно-используемой из пруда-охладителя и после насосных станций;

промливневые нормативно чистые стоки, в основном, имеют только тепловое загрязнение, при этом сброс данных вод производится по отводящим канавам через секцию нефтеулавливания;

ливневые стоки с территории города сбрасываются в акваторию отделяемого пруда-охладителя. Для предотвращения загрязнения пруда- охладителя песком, ливневые стоки перехватываются и направляются для предварительного отстаивания.

Приемником этих сточных вод является пруд-охладитель. Вода из пруда-охладителя повторно используется на технологические нужды предприятия, избыток воды из пруда-охладителя поступает в водный объект.

Загрязненные сточные воды и ливневые стоки направляются в ЦОС. Кроме того, в ЦОС поступают хозяйственно-бытовые сточные воды всех цехов предприятия, хозяйственные сточные воды города и загрязненные сточные воды городских промышленных предприятий. После прохождения очистки, очищенные сточные воды сбрасываются в водный объект. Объемы водопотребления и водоотведения за период с 2015 по 2019 года по предприятию 1 представлены на рисунке 1.12.

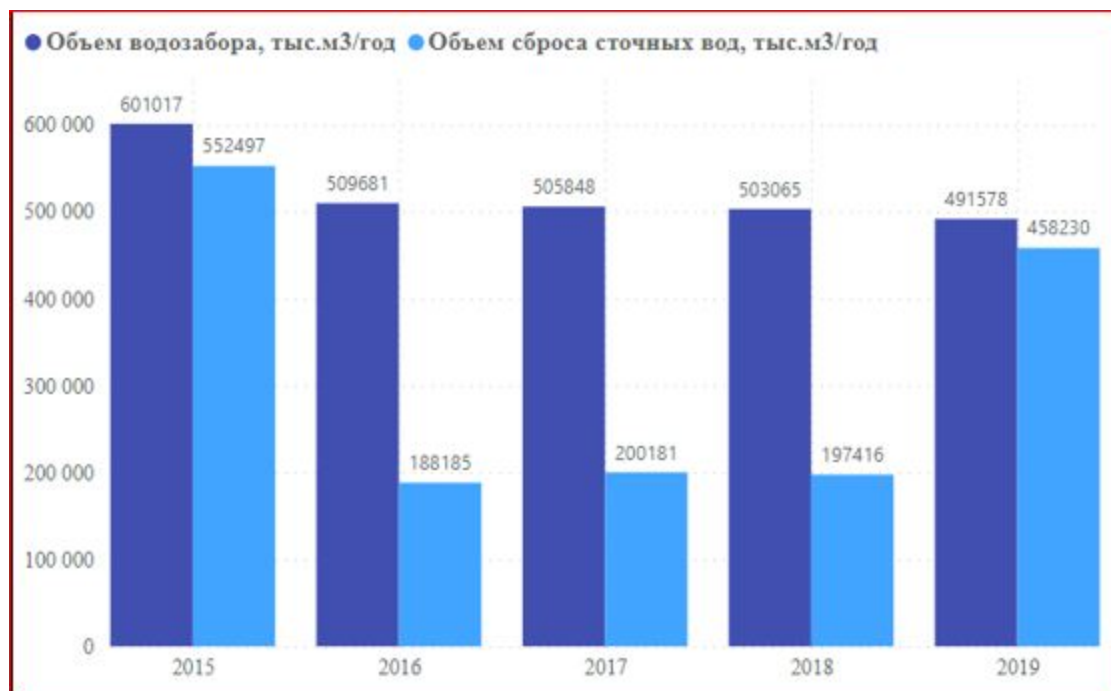


Рисунок 1.12. Водопотребление и водоотведение за 2015 – 2019 гг.

В водный объект сбрасываются условно чистые воды, имеющие в основном тепловое загрязнение, 87 % всей воды используется в оборотном цикле.

При производстве карбида кальция вода используется для охлаждения технологических машин и агрегатов и подпитки оборотного цикла для восполнения безвозвратных потерь, образующихся на градирнях в результате испарения и капельного уноса. На предприятии 5 забор воды из водных объектов составляет 5,27 млн м³ в год (проектные данные), из них более 85 % возвращается обратно (4,5314 млн м³). Оставшиеся 14 % составляют безвозвратные потери, к которым можно отнести технологические нужды для поддержания производственного процесса.

На рисунке 1.13. представлены показатели сбросов сточных вод при производстве карбида кальция для предприятия 5.

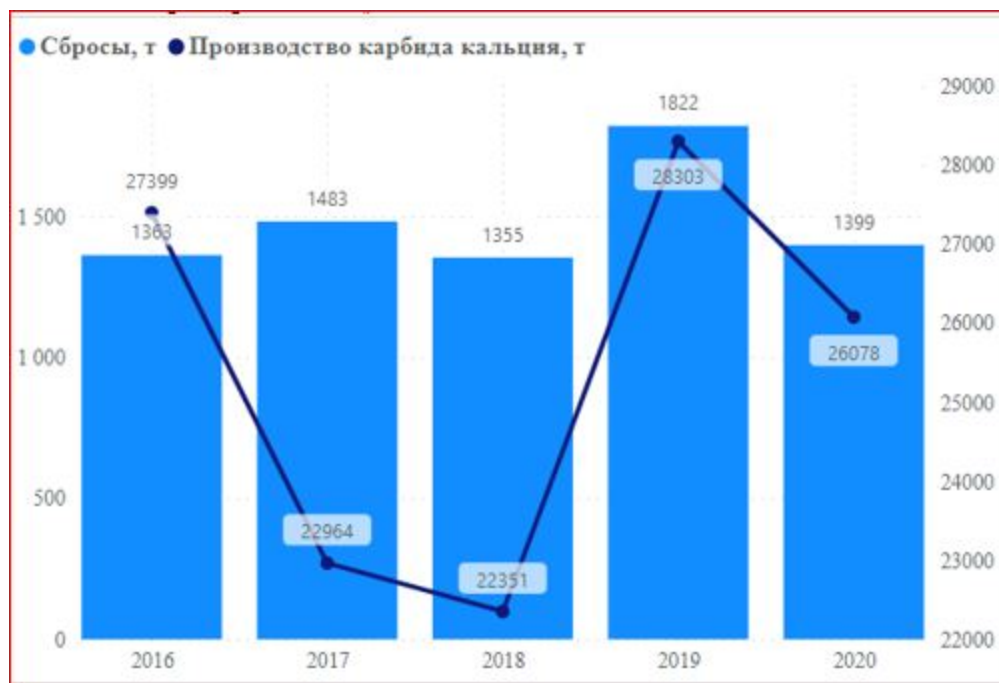


Рисунок 1.13. Валовые показатели сбросов сточных вод и производственной мощности 2016 – 2020 гг.

Основными факторами, влияющими на формирование и состав отработанных сточных вод, являются технологические особенности выплавки стали, состав шихты, удельный расход воды на очистку газа и др.

Отходы производства

Отходы образуются на всех стадиях производства черной металлургии: агломерационном, доменном, сталеплавильном. Основную массу отходов составляют доменные и сталеплавильные шлаки. Шлаки содержат большое количество соединений кремния и оксидов ряда металлов (железа (Fe) и др.). Состав их разнообразен и тесно связан как с видом сырья, так и с принятой на металлургическом предприятии технологией выплавки металла. Это обстоятельство заметно влияет на свойства шлаков и технологию их переработки.

Главным признаком классификации является химический состав отхода. Шлаки делят на основные (преобладают оксиды щелочных металлов: кальций (Ca) и магний (Mg)), кислые (преобладают оксиды кремния (Si) и алюминия (Al)) и нейтральные (амфотерные), в которых соотношение различных типов оксидов примерно одинаково.

Сталеплавильные шлаки содержат заметное количество железа (в металлическом виде до 20 % и в виде оксидов до 24 %), а также различные оксиды и сульфиды. Масса ежегодно образуемых сталеплавильных шлаков примерно вдвое меньше, чем доменных

В результате процессов производства чугуна и стали образуются следующие виды отходов:

отсев кокса – при дозировании шихтовых материалов

кислая смолка - при очистке коксового газа;
кек, фусы - при переработке каменноугольной смолы;
порода обогащения – при подготовке рядовых коксующихся углей к обогащению;
шлам коксовый – при коксовании угольной шихты;
аглоотсев, аглошлам – при дроблении шихтовых материалов;
шлак сталеплавильный - при выплавке стали

доменные шлаки, песок спаянный кварцевый – при производстве чугуна, а также уловленная в сухом пылеуловителе пыль, шламы системы мокрой очистки доменного газа, а также отходы образующиеся в процессе эксплуатации технологического оборудования.

Часть отходов возвращается в технологический процесс, часть отходов направляется на переработку, оставшаяся часть направляется в накопители отходов.

На рисунке 1.14. представлены данные по образованию и переработке отходов на предприятии 1.

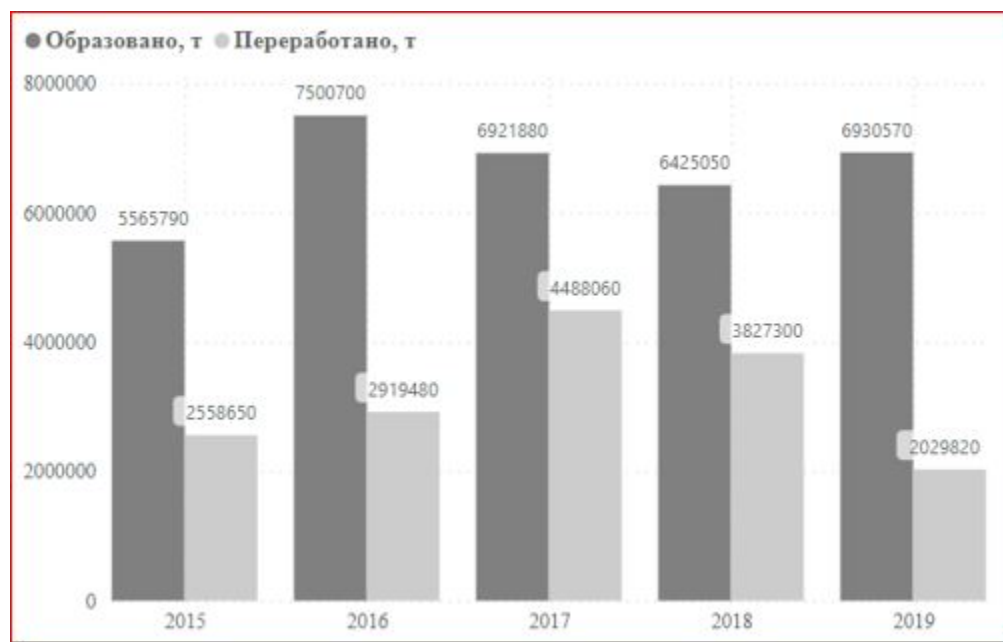


Рисунок 1.14. Динамика образования и переработка отходов за 2015 – 2019 гг.

Как видно из рисунка, значительная часть отходов на предприятии 1 перерабатывается, при этом доля переработанных отходов колеблется от 29 до 64 %.

На рисунке 1.15. представлены объемы образования отходов за 2020 – 2021 гг. по предприятию 2, на котором представлены объемы отходов, переданных на переработку, и использованных на собственном предприятии.



Рисунок 1.15. Объемы образования отходов и их переработки за 2020 – 2021 гг.

Как видно из рисунка на предприятии 2, из образованных в 2020 году производственных отходов, 83 % было передано сторонним организациям на переработку, чуть более 2 % - переработано на собственном предприятии, оставшиеся 14 % были размещены на специализированной площадке. Из них 84 % приходится на шлак сырьевой сталеплавильный, 15 % - шлак сталеразливочный.

На предприятии 3 в 2020 – 2021 годах около 80 % отходов производства размещено на собственной специализированной площадке, менее 2 % использовано повторно на производственные нужды, 18 % отходов были переданы на переработку третьим лицам.

На предприятии 4 основным видом отхода является золошлак и отходы резинотехнических изделий.

Основными видами образующихся отходов на предприятии 5 является пыль, уловленная в процессе производства, а также карбидный шлам. Пыль частично возвращается в производственный процесс, шлам направляется в накопитель отходов.

На рисунке 1.16. показаны объемы образования и повторного использования аспирационной пыли при производстве карбида кальция (CaC_2) для предприятия 5. Как видно, только часть уловленной в ППУ возвращается в производственный цикл, другая часть размещается на площадке хранения вторичного сырья.

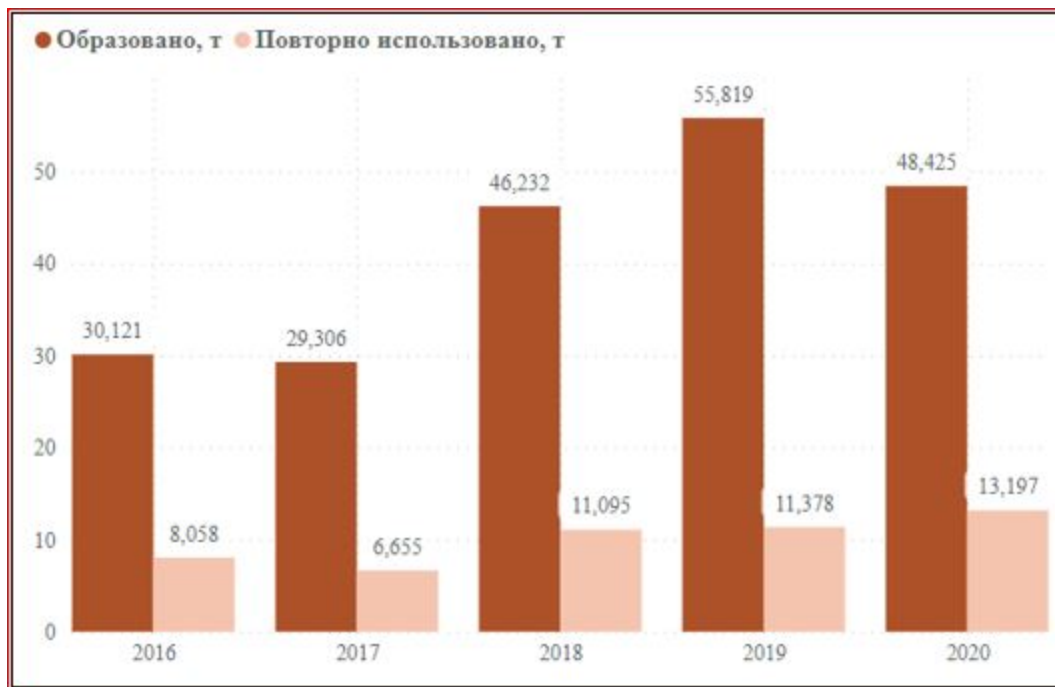


Рисунок 1.16. Отходы при производстве карбида кальция (аспирационная пыль)

В настоящее время большое внимание уделяется комплексному использованию сырьевых ресурсов, мобилизации и использованию вторичных ресурсов. За счет вторичных материальных ресурсов растут объемы переработки шлаков черной металлургии.

В таблице 1.16. показаны продукты, получаемые из отходов металлургического производства.

Таблица 1.16. Методы обращения с производственными отходами

№ п/п	Производство	Вид отходов	Использование отходов
1	2	3	4
1	Добыча руды	Вскрышные породы	Заполнение карьеров строительный материал
2	Коксохимическое	Пыль	Использование в аглошихте
		Газы	Топливо
3	Агломерационное	Пыль	Использование в аглошихте, Производство окатышей для доменного производства
		Шламы	Производство цветного силикатного кирпича, Производство цветного портландцемента; Производство удобрений; Добавка к аглошихте;

4	Доменное	Скрап	Оксиды железа для порошковой металлургии ; Производство железокосса;
		Шлак, пыль	Производство удобрений, шлаковаты; Производство бетона; Производство цемента; Строительство дорог
		Графитосодержащие отходы	Чугунный лом; Доменный присад; Шлаковый щебень
5	Сталеплавильное	Шлак	Регенерация для извлечения железа и пыли производство цемента;
		Шлам	Использование вместо богатой кусковой руды;
		Пыль	Производство удобрений

1.5.4. Воздействие на земельные ресурсы, почвенный покров, подземные воды

Металлургические предприятия с большим количеством цехов и вспомогательных служб занимают площади более тысячи гектаров. Предприятие 1 занимает площадь более 5 тысяч гектаров.

В черной металлургии образуется большое количество твердых отходов при технологических процессах. Под твердыми промышленными отходами понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции или при выполнении работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства.

Отходы складываются на больших площадях, которые занимают тысячи гектаров полезных земель. Шлакоотвалы в большинстве случаев оказывают пагубное воздействие на окружающую среду. Из-за ветров происходит постоянное пыление отвалов, что приводит к загрязнению воздушного бассейна. Осадки (дожди, снег) выщелачивают из отвалов элементы и соединения, что приводит к заражению почвы.

В итоге, даже освобожденные из-под отвалов земли становятся непригодными для сельскохозяйственного использования, образуются так называемые "индустриальные пустыни". После завершения эксплуатации предприятий требуются мероприятия по ликвидации последствий и рекультивации ранее занятых площадей. В Казахстане хранение производственных отходов согласно Кодексу, производится в специально оборудованных местах, для каждого вида отходов установлен период хранения. По прекращению эксплуатации полигона каждый собственник отходов обязан их утилизировать, переработать или окончательно захоронить.

При определении возможных направлений рекультивации нарушенных земель необходим учет следующих факторов:

основные виды воздействия на окружающую среду нарушенными землями и возможные направления рекультивации;

устойчивые показатели природных условий, которые могут ослаблять или усиливать неблагоприятное воздействие нарушенных земель и влиять на вид использования восстанавливаемых ландшафтов;

потребность в расширении площадей различного назначения с учетом социальных и природоохранных требований общества;

оценка санитарно-гигиенических, рекреационных и эстетических эффектов различных направлений рекультивации.

В соответствии с национальными стандартами возможны различные направления рекультивации:

Выбор направления рекультивации земель осуществляется с учетом следующих факторов:

природных условий района (климат, почвы, геологические и гидрогеологические условия, растительность, рельеф, определяющие геосистемы или ландшафтные комплексы);

агрохимические и агрофизические свойства угольного шлама и отходов углефабрики;

хозяйственных, социально-экономических и санитарно-гигиенических условий в районе размещения нарушенных земель;

срока существования рекультивационных земель и возможности их повторных нарушений;

технологии рекультивационных работ;

требований по охране окружающей среды;

планов перспективного развития территории.

Предприятие 1 имеет два отвала химических отходов (каждый представляет собой два специальных резервуара из сборных железобетонных конструкций, выполненных с гидроизоляционной и химической защитой), один из которых действовал до 1990 года, второй – до 1 января 2013 года. Общее накопление на двух отвалах – порядка 100 тысяч тонн химических отходов коксохимпроизводства: фусов и кислой смолки. На предприятии с целью соблюдения экологического законодательства на коксохимическом производстве введены в эксплуатацию установки по утилизации фусов и кислой смолки.

С 2012 года предприятием 1 ведутся работы по извлечению из отвала № 1 химических отходов с целью их дальнейшей переработки и полную рекультивацию отвала по окончании работ. С 2012 года по 2015 годы включительно поднято и направлено на переработку свыше 12 тысяч тонн отходов. С 2014 года ведутся работы

по рекультивации нарушенных земель отвала. Согласно проектной документации, принимается что жидкая фаза кислой смолки из отвала будет извлечена до начала работ по рекультивации. Основной целью рекультивационных работ проводимых предприятием 1 является обезвреживание отходов химических отходов адсорбирующими материалами. В качестве адсорбентов используются известь и граншлак, которые при контакте с водой цементируются, и создают непроницаемую подушку, что позволяет исключить возможность механического попадания смолосодержащих веществ в талые воды. Завершающим этапом рекультивации отходов химического отвала является биологический этап рекультивации, который основан на биологическом восстановлении земель для создания растительных сообществ декоративного и озеленительного назначения. Биологический этап начинается после окончания технического этапа и проводится с целью создания на подготовленной в ходе проведения технического этапа поверхности корнеобитаемого слоя. Данный слой предотвращает эрозию почв, снос мелкозема с восстановленной поверхности. Выполнение биологического этапа рекультивации позволяет снизить выбросы пыли в атмосферу и улучшить микроклимат района, что является одной из важных составных частей природоохранных мероприятий.

1.5.5. Факторы физического воздействия

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами, связанными с металлургической отраслью, а их источники встречаются практически во всех стадиях технологического процесса. Производственный шум, излучаемый установкой в окружающую среду, является фактором негативного воздействия, имеющим медицинские, социальные и экономические аспекты.

Самыми значительными источниками шума и вибрации являются транспортировка и обработка сырья и продуктов производства; производственные процессы, связанные с пирометаллургическими операциями и измельчением материалов; использование насосов и вентиляторов; сброс пара; а также срабатывание автоматических систем сигнализации. Шум и вибрация могут быть измерены несколькими способами, но, как правило, они являются специфическими для каждого технологического процесса, при этом необходимо учитывать частоту звука и местоположение населенных пунктов от производственной площадки.

Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования, например вентиляторов и насосов. К общим методам снижения шума можно отнести: использование насыпей для экранирования источника шума; использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум; использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования; тщательная настройка установок, издающих шум; изменение частоты звука. Максимально допустимый уровень звука на рабочих местах производственных и вспомогательных зданиях составляет 95 дБА.

1.5.6. Введение комплексного подхода к защите окружающей среды

Комплексный подход к защите окружающей среды подразумевает под собой систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия производственной деятельности предприятий (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и обращение с отходами) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрения и применения НДТ с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия должны уделять особое внимание вопросам охраны окружающей среды, что выражается в:

обязательном учете сырья и вспомогательных материалов, энергии, потребляемых или производимых объектом;

документировании всех источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющихся на объекте, их характера и объема, а также выявлении случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

использовании технологических решений и иных методов по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов, и внедрению НДТ по сокращению использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

разработке эффективных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведению сертификации производства в СЭМ;

выполнении ПЭК и мониторинга компонентов окружающей среды;

получение КЭР;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований экологического законодательства и пр.

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от загрязняющих веществ с процессом утилизации уловленных веществ. "В чистом виде" очистка вредных выбросов малоэффективна, так как с ее помощью далеко не всегда удастся полностью прекратить поступление вредных веществ в окружающую среду, т.к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого.

Устранение самих причин загрязнения требует внедрения малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для окружающей среды веществ.

1.6. Перспективы развития отрасли

В целом ГМК в Казахстане - экспортоориентированный сегмент экономики, практически все производимые в Казахстане металлы и металлопродукция экспортируются. Такие тенденции развития металлургической отрасли Казахстана привели к тому, что предприятия металлургического комплекса экспортируют 80 % своей продукции. Доля металлургического комплекса в общем объеме экспорта страны составляет 35 %[46].

Дальнейшее развитие отрасли может вестись по нескольким направлениям, включая повышение комплексности переработки сырья с получением новых видов экспортной продукции, создание производств по увеличению числа конечных переделов, направленных на выпуск металлопродукции и изделий из них для нужд внутреннего рынка с последующей ориентацией на внешние рынки [46, 47], увеличении казахстанского содержания товаров, работ, услуг недропользователями, предусматривающие использование отечественными предприятиями ГМК материалов, оборудования, продукции высоких переделов металлургии при условии их соответствия международным стандартам качества и т.д.

Казахстан занимает лидирующие позиции в мире по запасам полезных ископаемых. В этой связи для повышения конкурентоспособности ГМК в ближайшие годы будут приняты меры по восполнению минерально-сырьевой базы, упрощению и автоматизации бизнес-процессов на единой платформе недропользователей, углублению переработки базовых металлов до готовой продукции и т.д.

Перспектива предприятий по объему выпускаемой продукции и т.п.

В ближайшие 5 лет и далее, в секторе планируется вводить новые мощности и предприятия. Так, на территории промзоны Сарань в Карагандинской области планируется построить три металлургических предприятия: завод по производству оцинкованной стали, трубный завод и завод горячего цинкования. Объем инвестиций ожидается на уровне 478 млн долл. США.

В Актюбинской области QazSpetsSteel планирует построить сталеплавильный завод по производству рельсов, железнодорожных колес, строительной и конструкционной арматуры. Инвестиции в проект предполагаются на уровне 587 млн долл. США. Мощность завода составит 800 тысяч тонн продукции в год.

Расширяются и уже работающие предприятия. Так, Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение (ССГПО), входящее в группу ERG, произвело пробную партию ВФ-окатышей с повышенным содержанием железа. Получен международный сертификат, подтверждающий характеристики нового продукта. На предприятии началась работа по модернизации технологической схемы производства концентрата. В первом квартале 2023 года на промышленный комплекс поставят основное технологическое оборудование. Вместе со строительными работами инвестиции будут составлять порядка 2,8 млрд тг. Модернизация производства и получение новой продукции — крайне актуальный в

сложившейся геополитической ситуации момент: это позволит ССПГО выйти на новые рынки сбыта, в том числе в Европу, что нивелирует негативное влияние санкций, под которые попали российские партнеры группы и которые повлияли на спад производства в секторе.

Что касается капитальных инвестиций в секторе, за 12 месяцев 2022 года они составили 606,3 млрд тг в сфере металлургии и 689,2 млрд тг в сфере добычи металлических руд. Совокупная доля ГК от всего объема инвестиций в основной капитал в промсекторе по республике достигла значительных 18 %.

Планируемое перевооружение, планируемые природоохранные мероприятия.

Отсутствие достаточной переработки в металлургической отрасли - основной сдерживающий фактор для развития высокотехнологичных и наукоемких секторов национальной экономики, таких как машиностроение, транспортная и строительная отрасли. Между тем слабое развитие машиностроения и транспортной отрасли негативно сказывается на конкурентоспособности других отраслей, таких как нефтеперерабатывающая, химическая, деревообрабатывающая, строительная и сельское хозяйство.

В качестве основных мер можно отметить следующие:

активное проведение промышленной и технологической модернизации производства;

внедрение современных технологий, энерго- и ресурсосбережения;

обеспечение технической и экологической безопасности;

внедрение цифровых технологий;

эффективное использование сырья и материалов;

возмещение затрат по продвижению товаров на внешние рынки.

При этом нельзя не учесть следующие риски в отрасли:

1) сырьевая направленность. В случае сокращения мирового спроса на металлы Казахстан не сможет использовать технологические преимущества, позволяющие экспортировать товары высокого передела;

2) высокая зависимость от мировых цен на металлы. В случае сокращения мировых цен на металлы отечественная металлургическая отрасль получает меньший доход от реализации продукции;

3) сохранение низкого технологического уровня. Металлургическая отрасль Казахстана остается одной из самых трудо- и энергозатратных по сравнению с зарубежными аналогами.

Для снижения экологической напряженности в регионах необходима разработка эффективных технологий и специальных стандартов на использование большинства твердых отходов (доменные шлаки, шламы, золы и т.д.) в промышленном, гражданском и дорожном строительстве.

2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения НДТ для области применения настоящего справочника по НДТ организована Международным центром зеленых технологий и инвестиционных проектов в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Производство чугуна и стали" в соответствии с положениями Правил.

В рамках данной процедуры учтена международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ.

2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

Определение НДТ основываются на принципах и критериях в соответствии с требованиями Кодекса, а также на соблюдении последовательности действий технической рабочей группы по вопросам разработки справочника по НДТ:

1) определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий;

Для каждого технологического процесса производства чугуна и стали определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенного КТА предприятий в области применения настоящего справочника по НДТ.

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, для каждого технологического процесса в отдельности был определен перечень маркерных веществ при условии их соответствия следующим характеристикам:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса (вещества, обоснованные в проектной и технологической документации);

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду и (или) здоровье населения, в том числе, обладающее высокой токсичностью, доказанными канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, кумулятивным эффектом, а также вещества, относящиеся к стойким органическим загрязняющим веществам.

2) определение и описание техник-кандидатов, направленных на комплексное решение экологических проблем отрасли;

При формировании перечня техник-кандидатов рассматривались технологии, способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, которые направлены на комплексное решение экологических проблем области применения настоящего

справочника по НДТ, из числа имеющихся в РК (выявленных в результате КТА) и в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень из техник-кандидатов, представленный в разделе 5.

Для каждой техники-кандидата приведено технологическое описание и соображения касательно технической применимости техник-кандидатов; экологические показатели и потенциальные выгоды от внедрения техники-кандидата; экономические показатели, потенциальные кросс-медиа (межсредовые) эффекты и другие условия;

3) анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической эффективности;

В отношении рассматриваемых в качестве НДТ техник-кандидатов была проведена оценка в следующей последовательности:

1. Оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости;
2. Оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

Был проведен анализ экологического эффекта от внедрения техник-кандидатов, выраженный в количественном значении (единица измерения или % сокращения/увеличения), в отношении следующих показателей:

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

почва, недра, подземные воды: предотвращение и (или) сокращение влияния на компоненты природной среды;

отходы: предотвращение и (или) сокращение образования/накопления производственных отходов и/или их вторичное использование, восстановление отходов и энергетическая утилизация отходов;

потребление сырья: сокращение уровня потребления, замещение альтернативными материалами и (или) отходами производства и потребления;

энергопотребление: сокращение уровня потребления энергетических и топливных ресурсов; использование альтернативных источников энергии; возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации тепла; сокращение потребления электро- и теплоэнергии на собственные нужды;

шум, вибрация, электромагнитные и тепловые воздействия: снижение уровня физического воздействия;

Также учитывалось отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

Соответствие или несоответствие техники-кандидата каждому из вышеперечисленных показателей основывалось на сведениях, полученных в результате КТА.

Следует отметить, что техники-кандидаты из перечня НДТ, представленные в утвержденных аналогичных справочниках по НДТ, официально применяемых в

государствах, являющихся членами ОЭСР, на предмет экологической результативности не оценивались.

1. Оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности техники-кандидата не является обязательной, однако, по решению большинства членов технической рабочей группы, экономическая оценка НДТ проводилась членами технической рабочей группы-представителями промышленных предприятий в отношении некоторых техник, имеющих внедрение и эксплуатируемых на хорошо функционирующих промышленных установках/заводах.

Факт промышленного внедрения устанавливался в результате анализа сведений, выявленных в результате КТА;

2. Определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

Определение уровней эмиссий и иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в большинстве случаев применено в отношении техник, обеспечивающих снижение негативного антропогенного воздействия и контроль загрязнения на конечной стадии производственного процесса.

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с п. 3 ст. 113 Кодекса критериями определения НДТ являются:

использование малоотходной технологии;

использование менее опасных веществ;

способствование восстановлению и рециклингу веществ, образующихся и используемых в технологическом процессе, а также отходов, насколько это применимо ;

сопоставимость процессов, устройств и операционных методов, успешно испытанных на промышленном уровне;

технологические прорывы и изменения в научных знаниях;

природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;

даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;

продолжительность сроков, необходимых для внедрения НДТ;

уровень потребления и свойства сырья и ресурсов (включая воду), используемых в процессах, и энергоэффективность;

необходимость предотвращения или сокращения до минимума общего уровня негативного воздействия эмиссий на окружающую среду и рисков для окружающей среды;

необходимость предотвращения аварий и сведения до минимума негативных последствий для окружающей среды;

информация, опубликованная международными организациями;

промышленное внедрение на двух и более объектах в РК или за ее пределами.

2.3. Экономические аспекты применения НДТ

2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ

НДТ, как правило, широко известны во всем мире, а экономическая оценка является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ. НДТ также считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов еѸ успешной промышленной эксплуатации. Так, странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Следует понимать, что НДТ не всегда приносят экономический эффект и их применимость определяется инвестиционной обоснованностью использования тех или иных технологических процессов, установок/агрегатов/оборудования, стоимости реагентов и компонентов, соотношения затрат и выгод, стоимости капитала, сроков реализации внедрения НДТ и многих других факторов. Общая экономическая эффективность НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия и планово-экономические финансовые службы предприятия проводят самостоятельное технико-экономическое обоснование осуществимости НДТ.

В соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами, экономическая оценка эффективности внедрения НДТ может осуществляться различными способами:

- по инвестиционной обоснованности затрат;

- по анализу затрат и выгод;

- по отношению затрат к ряду ключевых показателей предприятия: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость и др. (при доступности соответствующих финансовых данных);

- по затратам к достигаемому экологическому результату и др.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты финансово-экономической деятельности предприятия и может служить источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет к экономической оценке НДТ наиболее приемлемый для него, с учѸтом отраслевой и производственной специфики, способ оценки или их сочетание.

По результатам общей экономической оценки НДТ могут быть ранжированы, как:

- экономически эффективные, когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость продукции;

- экономически эффективные при определенных условиях, когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

экономически неэффективные, когда техника приводит к увеличению затрат, а дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоразмерны полученным экологическим выгодам.

При выборе между несколькими альтернативными НДТ проводится сравнение соответствующих показателей экономической эффективности для определения наименее затратных.

В целом, переход на принципы НДТ должен быть экономически выгоден предприятию и не должен снижать его экономическую эффективность и ухудшать финансовое состояние в долгосрочной перспективе.

При экономической оценке НДТ должны быть также приняты во внимание вопросы возможности реализации проектов НДТ в целом по отрасли с учетом сохранения текущего уровня эффективности и рентабельности производства в долго-, средне- и краткосрочной перспективе.

НДТ может быть признана экономически приемлемой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации, с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод, подтверждается в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих существенных инвестиционных капитальных вложений, должен быть определен разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и инвестиционными возможностями оператора объекта. При этом ответственность за доказательство условий, по которым к процессу внедрения НДТ должен быть применен особый режим, несет оператор объекта.

2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

С точки зрения прибыльности и экономичности инвестиции в НДТ оцениваются, как:

прибыльные – в случае получения дополнительных доходов от их реализации или экономии средств;

неприбыльные в доходной части, но допустимые с точки зрения текущего или будущего финансового состояния компании;

неприбыльные и недопустимые по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

2.4. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды может быть проанализировано соотношение расходов на НДТ и ряда ключевых экономических результатов деятельности предприятия: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и др. (при доступности данных).

При данном анализе возможно применение шкалы справочных значений, полученных по данным анкетирования предприятий ЕС [48], ранжирующих такие соотношения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиции относительно малы по сравнению с ключевыми показателями и можно считать их приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда затруднительно или невозможно дать четкую оценку целесообразности инвестиций;

неприемлемые затраты – если инвестиции чрезмерны по отношению к ключевым результатам деятельности предприятия.

Шкала значений определена Центром по НДТ Фламандского института технологических исследований в ходе разработки модели, по экономической оценке, НДТ. Данные для модели получены из специальной литературы, дополнены сведениями по конкретным компаниям и поставщикам. Проведено усреднение годовых отчетов по репрезентативной выборке компаний, бухгалтерский баланс такой "усредненной" компании использован для расчета необходимых экономических показателей и финансовых коэффициентов. Модель успешно использована в более чем в 10 отраслевых исследованиях НДТ, особенно в отраслях с однородной структурой и со значительным количеством компаний, где возможно определение "средней" компании, включая крупные/глобальные предприятия горно-металлургической и химической промышленности с длительным инвестиционным циклом.

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [56]

№ п/п	Соотношение затрат к ключевым показателям	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
1	2	3	4	5
1	Годовые затраты/оборот	<0,5 %	0,5 – 5 %	> 5 %
2	Годовые затраты/операционная прибыль	<10 %	10 – 100 %	> 100 %
3	Годовые затраты/добавленная стоимость	<2 %	2 – 50 %	> 50 %
4	Годовые затраты/общие инвестиционные расходы на НДТ	<10 %	10 – 100 %	> 100 %
5	Годовые затраты/годовой доход	<10 %	10 – 100 %	> 100 %

Шкала справочных значений позволяет быстро исключить технологии с явно высокими затратами или определить техники, затраты на внедрение которых можно считать осуществимыми без какого-либо дополнительного анализа.

Вместе с тем, ввиду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые", значительная часть осуществляемых природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их слишком неопределенными для однозначного вывода об обоснованности инвестиций.

В этом случае целесообразность вложений должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких, как период реализации проекта по внедрению НДТ, общий уровень инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и др.

В целом, шкала справочных затрат может рассматриваться как оценочный ориентир, применимый в некоторых случаях оценки НДТ, и использоваться для построения предприятием собственной шкалы значений с учетом своего финансово-экономического состояния, которые могут применяться при рассмотрении вопросов внедрения НДТ.

Также, при наличии данных о годовом объеме производства и доходах от реализации товарной продукции могут быть определены такие важные показатели экономической эффективности, как затраты предприятия на внедрение НДТ по отношению к единице произведенной продукции, то есть объем денежных средств, которые предприятие расходует на внедрение НДТ при производстве единицы продукции, а также прирост себестоимости на единицу продукции.

2.5. Прирост себестоимости на единицу продукции

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются дополнительные затраты, которые несет предприятие при еѰ внедрении в текущий производственный процесс. Это увеличивает себестоимость продукции и снижает потенциал НДТ с точки зрения еѰ экономической эффективности.

Себестоимость производства единицы продукции определяется как отношение общих годовых денежных затрат на производство продукции к годовому физическому объему производства. Процентное соотношение общих годовых затрат на внедрение НДТ и производственной себестоимости выражает прирост затрат на производство с учетом дополнительных расходов предприятия на природоохранные мероприятия.

Например, при использовании ультрадисперсионной системы пылеподавления на участках дробления и грохочения угольного разреза, прирост себестоимости добычи 1 тонны угля в размере 5 405 тенге составит 12,44 тенге или 0,23 %, что представляется приемлемым с точки зрения эффективности инвестиций. При этом маржа по операциям с углем, предназначенным на коммунальные нужды и составляющим более трети (34,8 %) всего объема добычи, снизится на 0,18 % и немного меньше снизится по операциям с углем, поставляемым на внутренние нужды промышленности (13 %). Причем,

маржинальность экспортных операций по углю (52,2 % всего объема добычи), ввиду кратного превышения мировых цен на уголь по сравнению с внутренними, практически не изменится и не повлияет на прибыльность компании.

2.6. Соотношение затрат и экологического результата

Для настоящего справочника основным способом экономической оценки НДТ определен анализ расходования денежных средств предприятия на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от еѸ внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения отходов. Соотношение данных величин определяет эффективность вложенных средств на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества и/или отходов в годовом исчислении.

Эффективность затрат =	Общие годовые затраты
	Годовое сокращение эмиссии

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат (расходов) в годовом исчислении и операционных (эксплуатационных) расходов, распределенных по всему сроку службы рассматриваемой техники.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \text{ОС}$$

где:

I_0 - общие инвестиционные расходы в год приобретения,

ОС - годовые чистые операционные расходы,

r - ставка дисконтирования,

n - ожидаемый срок службы.

Годовые затраты отражают объем инвестиций на проект внедрения НДТ с учетом временной стоимости капитала и сроком службы соответствующего оборудования.

Для правильного определения годовых затрат на НДТ должна быть применена согласованная ставка дисконтирования с учетом срока службы средозащитного оборудования, а также обеспечена достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение по элементам эксплуатационных затрат.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств оператора НДТ в годовом исчислении, который расходуется на уменьшение эмиссии загрязняющего вещества на одну единицу массы/объема.

Сравнение полученных показателей соотношения затрат к достигнутому экологическому результату по различным техникам-кандидатам позволяет сделать

вывод насколько экономически эффективна, с точки зрения денежных затрат предприятия на НДТ, та или иная техника-кандидат и, соответственно, принять решение об еѸ использовании или отказа от данной НДТ.

Как правило, перед внедрением НДТ планово-экономические/финансовые службы предприятия проводят технико-экономическое обоснование еѸ осуществимости. При этом применение НДТ может быть связано с большими затратами и не всегда приносит экономический эффект.

В качестве ориентировочных может быть приведен приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике голландских предприятий, в которых пересчет в годовом исчислении производится с коэффициентом годового пересчета, как функции срока службы оборудования и ставки дисконтирования.

Таблица 2.2. Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества

№ п/п	Загрязняющее вещество	Затраты, евро/1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ
1	2	3
1	ЛОС	5
2	Пыль	2,5
3	Окислы азота (NO _x)	5
4	Диоксид серы (SO ₂)	2,5

2.6.1. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

При экономической оценке НДТ может оказаться полезным расчет платежей, подлежащих к выплате за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с налоговым законодательством РК и экологических штрафов, установленных Административным кодексом РК.

В настоящее время на государственном уровне приняты меры по стимулированию внедрения НДТ, в частности для предприятий, внедряющих НДТ, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, уплачиваемых за негативное воздействие на окружающую среду, и достигаемая экономия средств может стать решающим фактором для принятия решения о внедрении НДТ. Кроме того, с 2025 г., в целях активной реализации мер по защите окружающей среды и применения НДТ, к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду предприятиями I категории [49] будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028г. – коэффициент 4 и с 2031г. – коэффициент 8.

Кроме ставок платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местные представительные органы (маслихаты) также имеют право повышать установленные ставки платы, за исключением выбросов загрязняющих

веществ от сжигания попутного и/или природного газа в факелах, но не более, чем в 2 раза.

Порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на основании соответствующего экологического разрешения регулируются налоговым законодательством РК [50].

Осуществление эмиссий без экологического разрешения на действующий объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, влечет штраф в размере десяти тысяч процентов от соответствующей ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в отношении превышенного количества загрязняющих веществ [51].

2.6.2. Расчет на установке

Процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства.

Для исключения влияния других инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе своей обычной производственной деятельности или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах на первичные и вторичные мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которую предприятие расходует на НДТ.

В таких условиях, для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта осуществляет в ходе реализации таких мероприятий, объективными данными, используемыми для определения НДТ, являются данные о расходах на природоохранное мероприятие на установке, то есть направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду на данном технологическом этапе или средозащитной установке.

В расчетах на установке в общую сумму затрат включается:

стоимость основной технологии/установки/оборудования и других необходимых компонентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ;

стоимость дополнительных и вспомогательных пред/после очистных технологий/установок/оборудования и сооружений;

стоимость необходимых расходных материалов, сырья и реагентов, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет на установке исключает фактор неопределенности при классификации общих расходов оператора объекта по статьям затрат, а также позволяет сравнить затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям. Такой же принцип используется при расчете выгод НДТ.

Конкретные примеры расчетов по экономической оценке НДТ для каждой отрасли просчитываются в рамках технико-экономического обоснования (ТЭО).

3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время

3.1. Процессы производства чугуна и стали

Общая схема производства чугуна и стали включает коксохимическое производство, агломерационное производство, производство чугуна, производство стали и состоит из следующих основных технологических процессов и этапов:

1) производство офлюсованного доменного агломерата:

подготовка шихтовых материалов к агломерации;

дробление шихтовых материалов;

дозирование шихты, спекание агломерата;

охлаждение и обработка спека;

2) коксохимическое производство:

подготовка рядовых коксующихся углей к обогащению;

обогащение рядовых коксующихся углей;

коксование угольной шихты;

очистка коксового газа;

переработка каменноугольной смолы;

3) производство чугуна:

приемка сырья и топлива на доменные печи;

дозирование шихтовых материалов;

производство чугуна;

производство чушкового чугуна;

4) производство стали в конвертерах:

прием и подготовка материалов к плавке;

выплавка стали;

внепечная обработка стали;

разливка стали на МНЛЗ;

5) производство стали в электродуговых печах:

прием и подготовка материалов к плавке;

выплавка стали;

внепечная обработка стали;

разливка стали на МНЛЗ;

6) производство стали в индукционных печах:

прием и подготовка материалов к плавке;

расплавление шихты;

рафинирование;

выпуск плавки.

Производство карбида кальция включает процессы приема и подготовки шихты, выплавку карбида кальция и упаковку продукции.

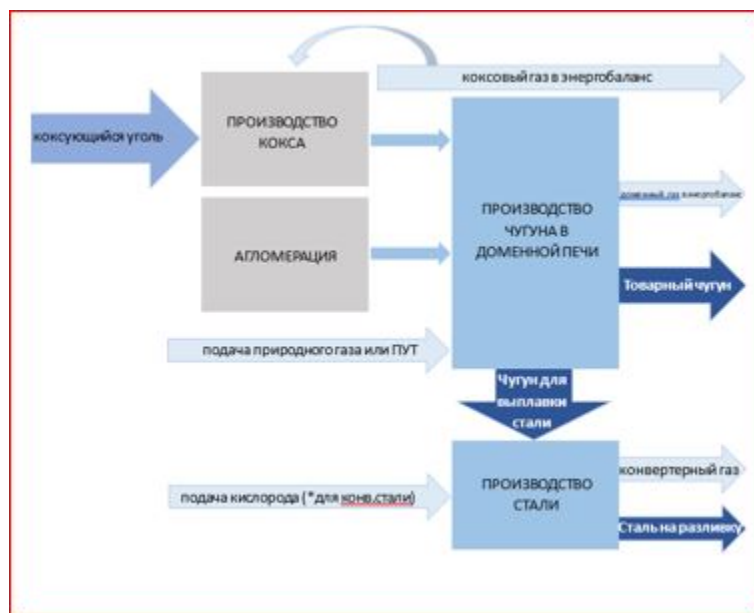


Рисунок 3.1. Основные металлургические процессы и их взаимосвязи

Агломерационное и коксохимическое производства являются производителями основных компонентов для доменного производства – агломерата и кокса. Доменное производство специализируется на выпуске чугуна, который является полуфабрикатом для сталеплавильного производства и товарной продукцией первого передела. Сталь, получаемая в сталеплавильном производстве при продувке жидкого чугуна и металлолома технически чистым кислородом, разливается в непрерывнолитые слябы и слитки, которые в дальнейшем используются для производства проката, а также являются товарной продукцией второго передела.

3.1.1. Агломерация

Агломерация — это один из методов окучкования, то есть превращение мелких руд и концентратов в кусковой материал — агломерат, применение которого улучшает ход металлургических процессов при производстве различных металлов из руд. Агломерация железорудного сырья используется для металлургического производства чугуна.

Продукт спекания (агломерации) - агломерат - представляет собой кусковой, пористый продукт черного цвета; упрощенно можно характеризовать его как спеченную руду или спеченный рудный концентрат.

Агломерат производят методом спекания железорудной шихты на ленточных машинах непрерывного действия – агломашинах. При агломерации удаляются некоторые вредные примеси (сера (S)), разлагаются карбонаты и получается кусковой пористый, к тому же офлюсованный материал. В зависимости от требований доменной

плавки производят различные виды агломерата: нефлюсованный с естественной основностью, офлюсованный с основностью 1,0 – 1,2 по CaO/SiO_2 , высокоофлюсованный с основностью 1,4 – 1,8, железофлюс с основностью 3,0 – 5,0, промывочный агломерат с основностью 0,4 – 0,7, марганцевый агломерат.

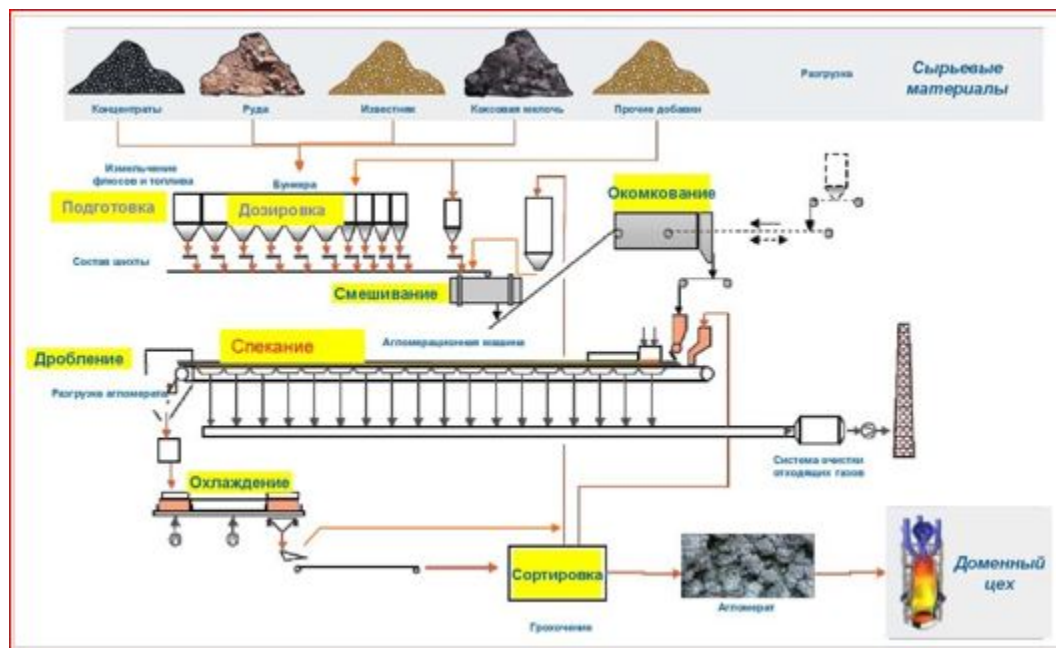


Рисунок 3.2. Технологическая схема производства агломерата

Агломерация железных руд методом просасывания заключается в спекании агломерационной шихты, состоящей из смешанных мелких руд железосодержащего концентрата, железосодержащих добавок, дробленого известняка и измельченного твердого топлива, которые предварительно смешивают, увлажняют и окомковывают до образования гранулированной зернистой структуры. Полученную гранулированную (окомкованную) шихту загружают на колосниковую решетку спекательных тележек-паллет агломерационной машины ленточного типа. Под паллетами создают разрежение 700 – 1100 мм вод. ст. для просасывания через окомкованную газопроницаемую шихту наружного воздуха. Сразу после загрузки шихты паллеты поступают под зажигательный горн, где под воздействием интенсивного горения газового топлива в горелках поверхность шихты нагревается до температуры 1100 – 1200 °С, твердое топливо воспламеняется и горит в атмосфере просасываемого воздуха. По мере выгорания твердого топлива зона горения высотой около 20 мм продвигается от поверхности шихты вниз до колосниковой решетки со скоростью 20 – 30 мм/мин. В зависимости от расхода твердого топлива и состава компонентов аглошихты температура в зоне горения топлива достигает 1250 – 1450 °С. По высоте слоя спекаемой шихты образуются характерные зоны – готового агломерата, горения, подготовки, сушки и переувлажнения.

В ходе процесса, образовавшиеся зоны перемещаются вниз к колосникам паллеты. Спекание длится 8 – 12 мин и заканчивается при достижении зоны готового агломерата колосников паллеты. При спекании агломерационной шихты сначала происходит термическое разложение гидратных соединений оксидов, карбонатных соединений рудной части и флюсов, затем происходит оплавление частиц шихты в зоне горения топлива. В высокотемпературной зоне происходит окисление сернистых соединений шихтовых материалов с их удалением в газовую фазу в виде SO_x (диоксид серы (SO_2) – 80 % и SO_3 – 20 %). С отходящими газами также удаляются образующиеся в процессе горения твердого топлива оксиды углерода и азота в виде CO , CO_2 и NO_x (NO , NO_2). Формирование готового агломерата происходит при охлаждении и кристаллизации образовавшегося из легкоплавких соединений расплава в пористую массу – агломерат.

Кроме рудного сырья, в агломерационную шихту добавляют оборотный возврат агломерата фракции менее 5 мм, различные добавки: окалину прокатных цехов, колошниковую пыль доменных печей, уловленную в циклонах или электрофилтрах сухую пыль, обезвоженные и высушенные шламы мокрой газоочистки и пр. Приход вредных веществ в аглошихту, например, оксид фосфора (P_2O_5), оксид цинка (ZnO) и R_2O , контролируют (где R – щелочные металлы: натрий (Na), калий (K)). При производстве офлюсованного агломерата необходимым компонентом являются флюсы – известняк и доломит – для обеспечения необходимого химического состава шлака в доменной печи. Основным видом твердого топлива при спекании агломерационной шихты служит коксовая мелочь. Возможно применение заменителей – антрацита и тощих углей с небольшим количеством летучих веществ.

Мелкие руды, тонкоизмельченные концентраты, железосодержащие отходы производства поступают на накопительный или усреднительный склад агломерационного производства. Кусковые флюсы, известняк и доломит измельчают, как правило, в молотковых или роторных дробилках, иногда в стержневых мельницах до крупности 0 – 3 мм. Твердое топливо дробят в четырехвалковых дробилках также до крупности 0 – 3 мм. Все шихтовые компоненты поступают в бункеры шихтового отделения, где их в нужном соотношении весодозаторами дозируют на сборный ленточный конвейер. Далее шихта направляется в смеситель барабанного типа для первичного смешивания, куда также подают горячий возврат для подогрева шихты, если работают по схеме с его выделением. Для устранения зоны переувлажнения при спекании шихту в барабане-окомкователе нагревают острым паром или сжиганием газа до температуры 55 – 65 °С. После окомкования (грануляции) шихты ее укладывают на спекательные тележки-паллеты слоем высотой от 200 до 650 мм в зависимости от качества окомкования, конструкции машины и состояния оборудования – газоотводящего тракта и эксгаустера. Полученный пирог спеченного агломерата дробят

, охлаждают, отсевают от него фракцию менее 5 мм. Для постели выделяют фракцию 8 – 15 мм. При работе с горячим возвратом фракцию с частицами неспекшейся шихты и кусочками агломерата менее 5 мм выделяют на грохотах после валковой дробилки горячего агломерата перед охладителем. Годный агломерат крупностью более 5 мм отправляют в доменный цех. Основными требованиями к качеству агломерата являются: - прочность на удар и истирание; - минимальное количество фракции менее 5 мм; - стабильность гранулометрического состава; - стабильность химического состава, в том числе по содержанию оксидов железа. Содержание железа и основность агломерата по CaO/SiO_2 или по $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ на предприятиях регламентируют в зависимости от химического состава, поступающего сырья на агломерационное производство, а также от состава всех компонентов доменной шихты. Основность агломерата устанавливают такой, чтобы основности первичного и конечного доменного шлаков обеспечивали удовлетворительную его жидкотекучесть в течение доменной плавки и при выпуске продуктов плавки из печи, а также требуемое содержание серы в чугуне.

3.1.1.1. Подготовка шихтовых материалов к агломерации

На современных агломерационных производствах каждый вид поступающего сырья складировать в отдельный штабель.

Флюсы и твердое топливо вводят в шихтовом отделении аглофабрики при дозировании компонентов на сборный ленточный конвейер. От качества усреднения шихты на усреднительном складе и точности дозирования отдельных компонентов в шихтовом отделении зависит стабильность качества агломерата по химическому составу, прочности и восстановимости. Стабильность показателей качества агломерата существенно влияет на ровность хода доменных печей, удельный расход кокса и производительность.

На металлургических предприятиях существуют различные схемы и технологии приема и складирования компонентов шихты. Выгрузка сырья из вагонов осуществляется посредством роторных или передвижных вагоноопрокидывателей. При поступлении в зимнее время смерзшихся грузов вагоны перед выгрузкой предварительно нагревают в специальных гаражах размораживания. Открытые штабели формируют рудно-грейферными перегружателями или саморазгружающейся тележкой-конвейером всей длине штабеля. Для усреднения поступающих партий сырья его забор производят грейферным краном или экскаватором с одного торца вразрез штабеля.

К примеру, на предприятии 1 вагоны с шихтовыми материалами (рудами, концентратами, окатышами и флюсами) разгружаются на трех стационарных роторных

вагоноопрокидывателях на склады дробильно-сортировочной фабрики. Со склада шихтовые материалы (руды и флюсы) подаются ленточными конвейерами в бункера корпусов дробления руды и корпуса дробления известняка

На современных агломерационных производствах для формирования штабелей на усреднительных складах применяют одно- или двухконсольные штабелеукладчики, роторные заборно-усреднительные машины, обеспечивающие высокое качество усреднения сырья.

Усреднительная установка при движении с торца штабеля зубьями разрыхлителя (реклемера) срезает слой материала, который ссыпается вниз и подбирается ковшами роторов. Процессы укладки сырья в штабели и отгрузки управляются с помощью АСУ, все механизмы работают в автоматизированном режиме. Использование закрытых складов сырья предпочтительно по условиям охраны окружающей среды от тонкодисперсной пыли. С усреднительного склада материал через бункера погружается на ленточный конвейер для транспортировки в шихтовое отделение аглофабрики.

3.1.1.2. Дробление шихтовых материалов

Для повышения качества агломерата агломерационная шихта не должна содержать рудных частиц крупностью > 8 мм и известняка > 3 мм, так как частицы более 8 мм за время прохождения зоны высоких температур высотой 20 – 30 мм не успевают усвоиться расплавом.

При производстве офлюсованного агломерата в качестве флюса используют известняк и доломит. Подготовка флюсов заключается в измельчении известняка до крупности менее 3 мм. Такой размер частиц флюса позволяет им в процессе спекания полностью декарбонизироваться и усвоиться расплавом. По техническим условиям большинства агломерационных производств содержание фракции 0 – 3 мм должно составлять не менее 95 %. Измельчение известняка производят в основном молотковыми дробилками. Иногда применяют дробилки роторного типа или стержневые мельницы. Для отсева из дробленого известняка фракции более 3 мм используют вибрационные грохоты. Крупную фракцию направляют на повторное измельчение. Для интенсификации агломерационного процесса и улучшения качества агломерата на некоторых аглофабриках используют известь. Предпочтительно известь вводить в железорудный концентрат при его поступлении на приемно-усреднительный склад. Это препятствует смерзанию влажного концентрата зимой и обеспечивает лучшее окомкование аглошихты.

При наличии в шихтовом отделении печи кипящего слоя или конвейерной машины небольшой площади для обжига извести возможна подача свежееобожженной извести поверх агломерационной шихты на сборном ленточном конвейере. Далее агломерационная шихта со свежееобожженной известью поступает в первичный смесительный барабан, затем в барабан-окомкователь. Свежееобожженная известь, поданная в аглошихту, значительно улучшает окомкование и газопроницаемость

шихты, что позволяет повысить высоту спекаемого слоя, улучшить качество агломерата и повысить производительность агломашины.

Твердое топливо, используемое для спекания агломерационной шихты, должно иметь содержание фракции 0 – 3 мм не менее 95 %. В качестве твердого топлива используют коксовую мелочь. Ее получают дроблением отсева мелкой фракции от крупного кокса в доменном и коксохимическом цехах. При недостатке коксовой мелочи дополнительно используют антрацит или тощие угли с низким содержанием летучих веществ.

Все подготовленные компоненты агломерационной шихты – аглоруда, железорудные концентраты, окалина, колошниковая пыль, железосодержащие добавки, флюсы, твердое топливо – загружают в бункеры шихтового отделения аглофабрики. В шихтовом отделении имеются две технологические линии с одинаковыми бункерами и всеми компонентами агломерационной шихты. Бункеры оборудованы ленточными весовыми дозаторами, с помощью которых компоненты шихты дозируют в нужном соотношении на сборный ленточный конвейер. Управление дозированием компонентов агломерационной шихты и работой всех ленточных конвейеров производят из диспетчерского пункта, оборудованного необходимыми информационными системами о работе всего основного оборудования аглофабрики. Для обеспечения стабильности химического состава аглошихты на конвейере в шихтовом отделении до дозировки флюсов применяют оборудование для онлайн контроля в потоке на конвейере содержания диоксида кремния (SiO_2), оксида кальция (CaO), железа (Fe) и др. элементов; полученная информация передается в АСУТП шихтового отделения и автоматически регулируется дозировка смеси флюсов. Смешивание и окомкование (гранулирование) компонентов аглошихты производят во вращающихся барабанах, как правило, в две стадии. На первой стадии весь поток сдозированной аглошихты поступает в барабан-смеситель, где смешивается с подаваемым в него горячим возвратом (если работают с его выделением), и частично увлажняется. После этого аглошихта поступает в спекательное отделение в приемный бункер агломашины. Из приемного бункера агломашины смешанную с возвратом шихту подают в барабан-окомкователь для ее озернения в виде небольших гранул полидисперсного состава. Смесительные барабаны установлены на специальных металлических или резиновых катках под углом к горизонту $1,2 - 2,2^\circ$, с частотой вращения $5 - 9,5$ об/мин, что обеспечивает перемешивание и перемещение шихты от загрузочного конца к разгрузочному. В барабане-окомкователе на пересыпающуюся шихту подают воду для образования гранулированной структуры шихты. Вода обеспечивает сцепление тонкодисперсных минеральных частиц с образованием при перекачивании шихты гранулированной структуры полидисперсного состава. Капиллярные силы удерживают образовавшиеся комочки шихты от разрушения. Оптимальная влажность

окомкованной шихты зависит от удельной поверхности шихтовых материалов и свойств поверхности частиц компонентов шихты. Для различного состава шихт оптимальная влажность может изменяться от 5,5 % до 9,5 %. Чем лучше окомкована шихта, тем выше газопроницаемость слоя шихты после ее укладки на паллеты агломашины, тем лучше идет спекание агломерата методом просасывания. На газопроницаемость слоя шихты при спекании агломерата оказывает влияние температура шихты, так как при температуре шихты 50 – 65 °С при просасывании газов в процессе спекания уменьшается явление конденсации влаги в нижележащих слоях, что устраняет разрушение гранул при их переувлажнении. Подогрев шихты осуществляется различными приемами:

- вводом горячего возврата на стадии первичного смешивания;
- подачей пара в барабан-окомкователь;
- факелом при сжигании газа.

Таким образом, на первой стадии смешивания получают более однородный химический состав шихты в отдельных разовых пробах шихты, а на второй – получают окомкованную (гранулированную) газопроницаемую шихту для спекания на аглоленте.

К примеру, дробление рудной смеси на предприятии 1 осуществляется в корпусе дробления руды ДСФ, которая имеет три технологических корпуса (первый и второй приемы дробления руды и корпус сортировки). После дробления готовая рудная смесь по конвейерам подается в бункера шихтового отделения агломерационного цеха. Дробление комбинированного флюса производится на дробилках, работающих в замкнутом цикле с грохотами с ячейкой сита 4×4 мм. После дробления флюсы по конвейерам подаются в бункера шихтового отделения агломерационного цеха.

Предварительное дробление топлива до фракции менее 20 мм на дробилках КМДТ-1750; отсев годного (фракция менее 3 мм) перед загрузкой твердого топлива в бункера корпуса измельчения топлива; измельчение твердого топлива на четырехвалковых дробилках типа ДЧ 900×700 до фракции менее 3 мм. После дробления топливо по конвейерам подается в бункера шихтового отделения агломерационного цеха.

3.1.1.3. Дозирование шихты, спекание агломерата

Из барабана-окомкователя шихта поступает в загрузочное устройство, состоящее из загрузочной воронки, барабанного питателя с шибером и загрузочного лотка. Для равномерного распределения шихты применяют челноковый ленточный распределитель.

На предприятии 1 шихтовое отделение агломерационного цеха включает в себя три ряда бункеров, по 21 в каждом ряду (цепочке). Назначение дозировки - составление в соответствии с расчетом агломерационной шихты, обеспечивающей производительную работу агломашин и получение постоянного по химическому составу и свойствам агломерата, соответствующего требованиям технических условий. Качество дозировки оценивается по стабильности химического состава агломерата. Для этого ИВЦ АСУ ТП

определяет СКО химического состава агломерата по контролируемым компонентам от их заданного (базового значения) и обобщенный показатель качества, который учитывает ровность агломерата по основности и содержанию желез. Основной операцией дозировки является заданная, с наименьшей ошибкой, весовая выдача материалов из бункеров на сборный конвейер. Выдача материалов из бункеров производится весовыми дозаторами с контролем дозируемой массы весоизмерителем. Работа весодозирующих средств осуществляется системой АСУ ТП дозирования.

Шихту укладывают на колосниковую решетку паллет конвейерной ленточной агломерационной машины. На колосниковую решетку сначала укладывают так называемую защитную "постель", состоящую из возврата крупностью 8 – 15 мм высотой слоя 30 – 50 мм. Это предотвращает припекание пирога готового агломерата к колосникам, уменьшает разгар колосников с увеличением живого сечения колосниковой решетки, а также уменьшает просыпание и вынос мелких частиц шихты. Постель выделяют из готового агломерата. На аглофабриках, где нет выделения постели, защитный слой создают из наиболее крупных комочков шихты за счет естественной сегрегации при поступлении шихты из барабанного питателя на наклонный загрузочный лоток. Загрузочный лоток регулирует высоту слоя по ширине аглоленты. Высота слоя спекаемой шихты может быть от 200 до 650 мм.

Спекание шихты в агломерат на конвейерной ленточной агломерационной машине (рисунок 3.3.) состоит из трех этапов:

- зажигание под зажигательным горном верхнего слоя уложенной шихты;
- спекание аглошихты в пористый пирог в зоне горения твердого топлива;
- охлаждение готового агломерата просасываемым воздухом по мере перемещения зоны горения топлива к колосникам паллет.



Рисунок 3.3. Агломерационная лента

3.1.1.4. Охлаждение и обработка спека

Сошедший с паллет агломерат разрушают одновалковой или щековой дробилкой на куски размером менее 80 – 100 мм. От общей массы готового агломерата на вибрационном грохоте отсеивают возврат крупностью менее 5 мм, который горячим сразу идет в аглошихту для ее подогрева или на предварительное охлаждение перед подачей в шихту. Технология агломерации с охлаждением возврата обеспечивает меньшую запыленность и лучшие условия труда. Горячий агломерат поступает на охлаждение в специальные охладители.

После охлаждения агломерат рассеивают на фракции. Фракция 0 – 5 мм поступает в возврат. Часть фракции 8 – 15 мм направляется для создания постели на паллетах перед укладкой окомкованной шихты. Годный агломерат крупностью более 5 мм отправляют по конвейерам или в агловозах в доменный цех.

На предприятии 1 охлаждение до температуры 100 °С осуществляется на прямолинейных охладителях ОП5-315 путем продува воздуха через слой агломерата, подаваемого шестью вентиляторами типа ВДН-24П (каждый производительностью 260 000 м³/ч.), равномерно по длине и ширине охладителя (рисунок 3.4.).



Рисунок 3.4. Охладитель агломерата

После охлаждения агломерат подвергается грохочению на самобалансовом грохоте ГСТ-81 с размером щели на решетках 12 (15) мм. Каждая машина оборудована двумя грохотами, из которых один находится в работе, другой - в резерве. Годный кондиционный агломерат фракцией более 5 мм по конвейерам подается в бункера доменного цеха. После охлаждения и сортировки агломерата, образовавшийся продукт крупностью менее 12 мм вместе с просыпью из-под охладителя конвейерным трактом подается в корпус выделения постели (КВП), в котором имеется четыре бункера емкостью 180 т каждый. На самобалансных грохотах (производительность по исходному продукту - 200 т/ч) происходит разделение материала на возврат и постель. Далее конвейерными трактами оба продукта подаются в бункера соответственно

возврата шихтового отделения и постели аглокорпуса. При транспортировке возврата в шихтовое отделение на его нагрузку поступает, просыпь с пластинчатого конвейера и пыль, уловленная в пылевых камерах коллекторов агломашин.

Горячие газы, получающиеся при спекании агломерата, отсасываются нагнетателем (экспаустером) через вакуум-камеры, газовый коллектор, систему пылеочистки и выбрасываются в дымовую трубу.

3.1.1.5. Энергоэффективность, факторы воздействия на окружающую среду

Агломерационное производство металлургических предприятий располагает потенциалом вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) в виде тепла воздуха после охлаждения агломерата, и отходящих агломерационных газов.

Удельная выработка ВЭР при использовании тепла воздуха, охлаждающего агломерат, составляет по достигнутым за рубежом данным [71] 460 МДж, а при использовании отходящих агломерационных газов – примерно 146 Мдж/т агломерата.

Системы утилизации тепла с выработкой пара и электроэнергии нашли применение в Японии и ряде других стран. Выполненный проект утилизации тепла воздуха охладителей агломерата для условий Западно-Сибирского металлургического комбината показал, что его внедрение позволит полностью обеспечить теплоснабжение бытовых помещений и, кроме того, вырабатывать не менее 5 – 8 МВт электроэнергии.

Воздействие на атмосферу

По всей технологической цепочке производства агломерата в местах выгрузки сырья, складирования, подготовки компонентов шихты на различном оборудовании, спекании агломерата, транспортировки отходов производства и готовой продукции имеют место организованные и неорганизованные выбросы (эмиссии) загрязняющих веществ в виде пыли, газов, образование отходов, образование сточных вод.

На рисунке 3.5 представлена технологическая схема агломерационного процесса с указанием материальных потоков и мест выделения эмиссий, образования отходов.

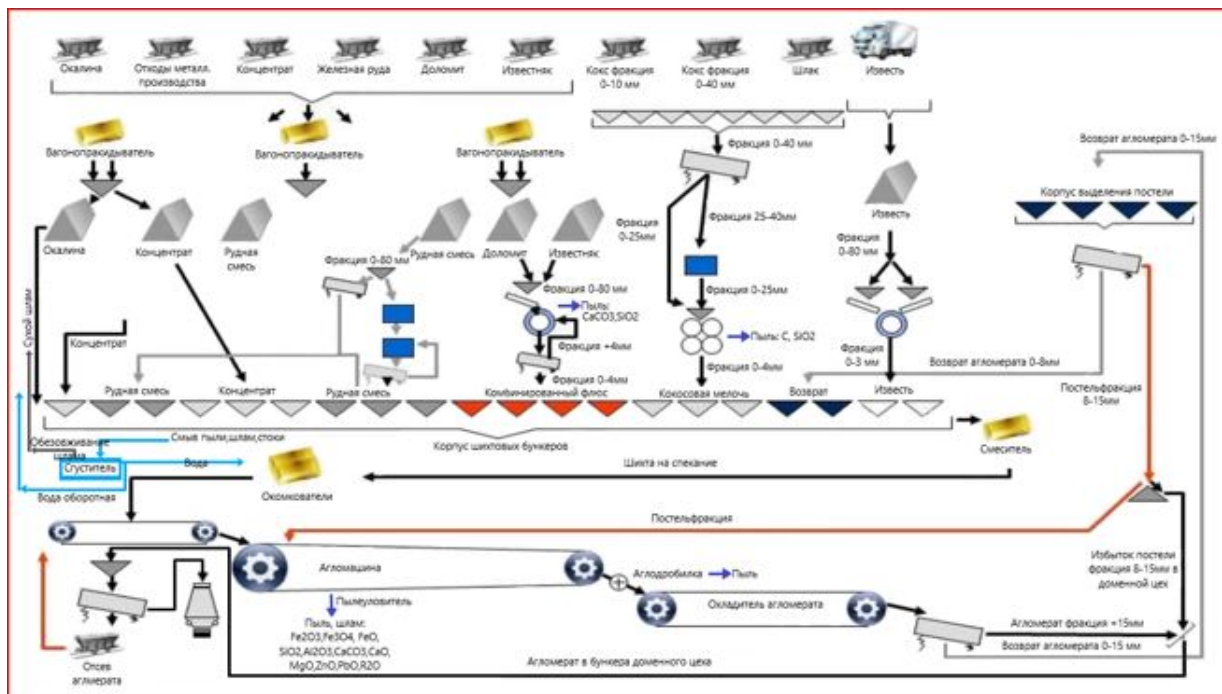


Рисунок 3.5. Технологическая схема агломерационного процесса с указанием материальных потоков и мест выделения эмиссий

При производстве агломерата имеют место неорганизованные и организованные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ с твердыми – углерод (С), оксиды железа (Fe_2O_3 , FeO), кремния (SiO_2), кальция (CaO), магния (MgO), алюминия (Al_2O_3), марганца (MnO), бенз(а)пирен; и газообразными компонентами: окислы азота (NO_2 , NO), диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2).

На рисунке 3.6. представлены показатели удельных выбросов маркерных загрязняющих веществ на 1 тонну агломерата за 2015 – 2019 гг. по предприятию 1.

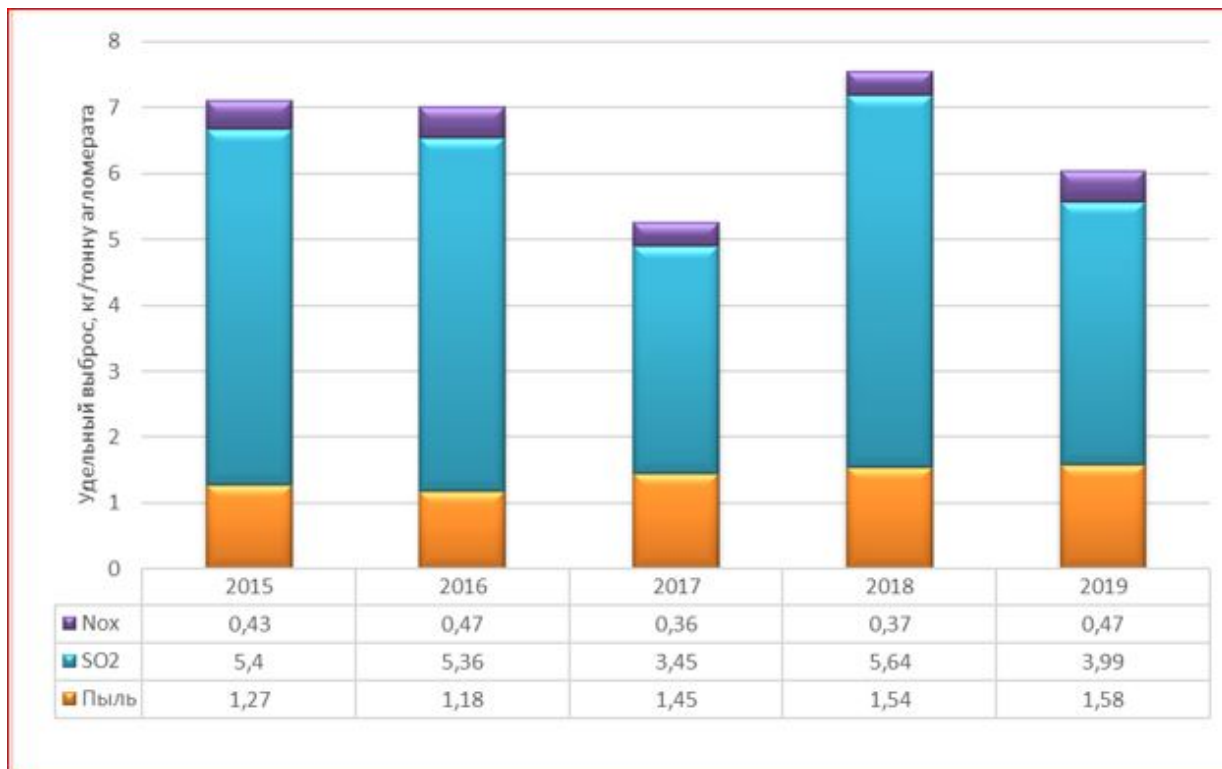


Рисунок 3.6. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ агломерационного производства

Основной причиной изменения выбросов является состав поступающих сырьевых материалов.

В таблице 3.1. приведены значения концентраций маркерных загрязняющих веществ при производстве агломерата (предприятие 1).

Таблица 3.1. Маркерные вещества и их концентрация

№ п/п	Наименование ЗВ	Концентрация, мг/м ³
1	2	3
1	Пыль	165
2	Диоксид серы (SO ₂)	2271
3	NO _x	272

На казахстанских предприятиях применяются следующие меры по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу с агломерационных установок:

обеспечение частичной или полной рециркуляции отходящих газов агломерационной установки в соответствии с качеством и производительностью системы агломерации;

использование импульсных систем электростатических пылеуловителей отдельно или в комплексе с рукавными фильтрами или обеспечение предварительного пылеудаления (с помощью циклонов) в дополнение к мокрым скрубберам высокого

давления для очистки отработанных газов от пыли. Присутствие тонкой пыли, состоящей преимущественно из хлоридов щелочных металлов и свинца, может снизить эффективность электрофильтров;

обеспечение стабильного состав поставляемых компонентов шихты, для сведения к минимуму компонентов, которые могут увеличить концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах (например, сведение к минимуму содержания серы в топливе поможет значительно сократить выбросы диоксид серы (SO_2));

добавление поглотителей, таких как гидроксид кальция ($Ca(OH)_2$), оксид кальция (CaO) или летучая зола с высоким содержанием оксида кальция (CaO), впрыскиваемых на выходе отработанных газов перед фильтрованием;

установка систем мокрых скрубберов для очистки газа в специальных системах сбора и удаления пыли.

Водопотребление, водоотведение и воздействие на поверхностные и подземные воды

Водоснабжение аглоцехов осуществляется повторно посредством оборотного водоснабжения. Повторно используемая вода обеспечивает охлаждение агломашин, маслоохладителей эксгаустеров, гидроуплотнение оборудования. Сброс сточных вод осуществляется в пруды-охладители. Обратная осветленная вода используется на всех участках аглопроизводства: в корпусах дробления, дозировки и усреднения шихты на аспирацию запыленного воздуха и гидротранспорт уловленной пыли, и при гидроуборке. Все образующиеся шламовые воды направляются на участки переработки шламов. Обезвоженный шлам передается на приемные бункеры шихты с последующей утилизацией в агломерационном производстве.

В агломерационном цехе имеются значительные потери и безвозвратное потребление воды, связанные с увлажнением шихты, гидрообеспыливанием, гидросмывом ленточных конвейеров и т.д. В таблице 3.2. представлены показатели водопотребления для предприятия 1 при производстве агломерата 5561,8 тысяч тонн.

Таблица 3.2. Водопотребление, повторное использование при производстве агломерата

№ п/п	Наименование	Показатели
1	2	3
1	Безвозвратное потребление, тысяч m^3 в год, из них	580,4
1.1	- техническая вода	480,42
1.2	- хозяйственная вода	97,98
3	Возврат в оборотный цикл, тысяч m^3 в год	15 152,48
4	Безвозвратные потери, тысяч m^3 в год, из них:	37,54

4.1	- техническая вода	-
4.2	- хозяйственная вода	37,54
5	Водоотведение, тысяч м ³ в год	1 341,41

Предприятия РК поддерживают замкнутые циклы в агломерационном производстве. Водозабор осуществляется только в случаях значительных безвозвратных потерь.

Агломерационное производство располагается на специально оборудованных площадках, сам процесс непосредственно располагается в специальных цехах и зданиях, территория вокруг чаще всего имеет асфальтированное или бетонное покрытие, непосредственного воздействия с почвенным покровом нет, все смывы с поверхности имеют организованный сбор.

Сброс сточных вод на рельеф или почвенный покров, в подземные пространства не производится, все пруды-охладители имеют техническое обустройство для предотвращения взаимодействия с окружающей средой.

Образование отходов аглопроизводства

В процессе производства агломерата образуются отходы: просыпь шихтовых материалов, пыль и шламы газоочисток с различных участков, отходы футеровок при ремонтах зажигательных горнов, резиновые транспортёрные ленты, отходы строительных материалов, стекла, отходы кабельной продукции и резинотехнических изделий.

Аглоотсев — это не кондиционный агломерат (фракции - 5 мм) полученный после технологической операции дробления и вторичного грохочения. Возвращается, дозируется и смешивается с шихтой на сборном конвейере, перед загрузкой в доменную печь. После чего агломерат подвергается вторичному грохочению и разделяется на три класса по крупности: фракции - 5мм - отправляется на возврат. Максимальный объем образования по предприятию 1 составляет 664 294 тонн – 100 % возвращено в производственный цикл.

Аглошлам, образуется в результате очистки агломерационных газов и с аспирационных установок аглопроизводства. Уловленная пыль после газоочисток зон спекания и охлаждения, системой гидросмыва направляется на участок переработки шламов в отстойники. После обезвоживания шлам по конвейерам возвращается в производство, а обратная вода поступает в оборотный цикл для очистки агломерационных газов и на аспирационные установки. При уборке конвейеров аглошлам накапливается на 4 огороженных бетонными блоками площадках, по мере накопления аглошлам от уборки конвейеров возвращается в производство. Максимальный объем образования по предприятию 1 составляет 56 541,874 тонн – 100 % использовано повторно.

Отходы резины образуются в результате износа конвейерной транспортной ленты, по мере накопления отходы частично могут использоваться повторно на собственные

нужды предприятия (в качестве уплотнителей и др.), неиспользуемые вывозятся на специализированные площадки.

Отходы футеровки, образуются при периодических ремонтах и обслуживании зажигательных горнов, и представлены ломом огнеупорных материалов, состоящих из кремнезема, магнезита и окиси железа. По мере образования отходы футеровки накапливаются на специально отведенных участках внутри цеха. По мере накопления вывозятся на отвал сталеплавильных шлаков.

Физические воздействия

При производстве агломерата вредными производственными факторами являются: повышенное напряжение в электрической цепи свыше 50 В;

движущиеся машины и механизмы;

подвижные части производственного оборудования;

повышенная температура поверхности оборудования и материалов;

расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли;

повышенный уровень инфракрасного излучения свыше 140 Вт/м^2 ;

повышенный уровень производственного шума на рабочем месте свыше 80 дБ;

повышенная загазованность и запыленность неорганической пылью (ПДК оксида углерода (СО) – 20 мг/м^3 , неорганической пыли – 6 мг/м^3).

3.1.2. Коксохимическое производство

Кокс представляет собой спекшуюся углеродную массу, содержание углерода (С) 82 – 89 %, зольность 10 – 12 %. Кокс является основным восстановительным агентом, опорным материалом и фильтрующей матрицей в доменной печи, применяется в производстве ферросплавов, производстве электродов в цветной металлургии, химической промышленности.

Кокс получают в процессе пиролиза угля, который заключается в нагреве угля до высоких температур без доступа воздуха. В отопительных простенках коксовой батареи между печными камерами сгорает газовое топливо. Температура дымовых газов составляет 1150 – 1350 °С, что обеспечивает не прямой нагрев угля до температуры 1000 – 1100 °С. В течение 14 – 24 ч в результате нагрева получают кокс, а сам процесс называют коксованием (карбонизацией). Образующийся при работе печей коксовый газ подвергают охлаждению и очистке от смолистых веществ и бензольных углеводородов. Эти процессы сопровождаются улавливанием и получением ценных химических продуктов. Традиционный способ производства кокса - в камерных печах, объединенных в коксовые батареи.

Только некоторые типы углей, обладающие необходимыми пластическими свойствами, пригодны для производства кокса. Сырьевой базой для коксохимического

производства являются угли различных угольных бассейнов, обогащенные на фабриках или сортированные с шахт и разрезов.

3.1.2.1. Подготовка рядовых коксующихся углей к обогащению

Подготовка угольной шихты проводится в УПЦ. УПЦ предназначен для приема, хранения, усреднения и измельчения углей, дозирования компонентов угольной шихты и обеспечения готовой шихтой заданного качества коксовых цехов.

Технологическая схема подготовки углей к коксованию включает:

гаражи размораживания углей;

вагоноопрокидыватели;

открытый или ЗСУ;

отделение предварительного дробления;

дозировочное отделение;

отделение окончательного дробления;

оборудование и сооружения для транспортировки угля и шихты (перегрузочные станции с ленточными конвейерами);

угольные башни коксовых батарей.

На предприятии 1 поступающие вагоны с угольным сырьем разгружаются на трех стационарных роторных вагоноопрокидывателях в углеприемные ямы, из которых уголь подается транспортерами на ЗСУ через отделение предварительного дробления (ОПД), угольный концентрат подается в дозировочное отделение или на открытый склад. Производительность каждого вагоноопрокидывателя при выгрузке вагонов в зависимости от условий выгрузки и времени года составляет от 6 до 15 вагонов в час.

В зимнее время производится разогрев вагонов с угольным сырьем. Теплоносителем для разогрева угольного сырья в железнодорожных вагонах в камерах гаража размораживания служат дымовые газы, получаемые от сжигания коксового газа в топках печей. Продукты горения нагнетаются в камеры гаража через патрубки распределительных металлических боровов, проходящих вдоль стен гаража. По всасывающим трубопроводам 80% газов из гаража размораживания возвращаются обратно на рециркуляцию в смесительные камеры топок, где, смешиваясь с продуктами горения газа, вновь подаются дымососами в камеры разогрева гаража. Остальная часть отводится в атмосферу через вытяжные трубы, расположенные на крыше камер гаража.

Хранение угля осуществляется в ЗСУ. В закрытом складе совмещаются функции хранения, усреднения и дозирования углей в одном сооружении. Хранение концентрата осуществляется в дозировочном отделении и на открытом складе. В дозировочном отделении совмещаются функции хранения, усреднения и дозирования концентрата в одном сооружении. Открытый склад представляет собой открытую площадку, на котором концентрат усредняется путем послойной укладки их в штабеля и забора на производство вразрез уложенным слоям с помощью бульдозера.

Предварительное дробление углей производится барабанными дробилками в отделении предварительного дробления, в которых уголь измельчается до размеров кусков 80 – 100 мм и удаляются посторонние крупногабаритные предметы и куски породы. Отходы угля из барабанных дробилок складированы в приемные бункера, откуда по мере накопления выгружаются и вывозятся автотранспортом. После предварительного дробления уголь по системе конвейеров подается в силоса закрытого склада угля и распределяется по силосам в зависимости от марки угля. Концентрат с открытого склада по системе конвейеров подается в дозировочное отделение. Подготовка шихты на коксование заданного состава происходит путем дозирования концентрата разных марок из бункеров дозировочного отделения на ленточные питатели, подачи его на сборные конвейеры, по которым шихта подается на измельчение и смешивание в молотковые дробилки отделения окончательного дробления и затем распределяется на угольные башни коксовых батарей.

3.1.2.2. Обогащение рядовых коксующихся углей

Обогащение коксующего угля класса 2,0 – 100 мм осуществляется при помощи гравитации с применением технической воды и воздуха в отсадочных машинах с площадью отсадки 18 мм² (ОМ-18), обогащение коксующего угля класса 0 – 2,0 мм - при помощи гравитации с применением технической воды, обогащение коксующего угля класса 0 – 0,5 мм - при помощи воздуха и реагентов (нефтепродуктов) в механических флотационных машинах с камерами вместимостью 6,3 м² (ФМУ6,3).

3.1.2.3. Коксование угольной шихты

Процесс производства кокса включает в себя следующие технологические операции : загрузка камер коксования угольной шихтой; нагрев угольной шихты без доступа воздуха до заданных температур за установленный период времени в коксовых печах; отвод и охлаждения прямого коксового газа из камер коксования; выдача готового кокса из печей; тушение кокса; сортировка кокса на фракции; транспортировка коксовой продукции в доменный цех или отгрузка кокса потребителям.

Выдача кокса и загрузка печей ведется по цикличному графику. Промежуток времени от загрузки печи до выдачи кокса называют периодом коксования. Период коксования с прибавкой времени на операции по загрузке шихты и выдаче кокса называют временем оборота печей или оборотом печей. В состав коксовых цехов входят коксовые батареи со вспомогательными и обслуживающими устройствами и сооружениями, обычно объединенные в блоки из двух батарей; угольные башни; коксовые машины; тушильные башни для мокрого тушения кокса с насосами и отстойниками; коксовые рампы с транспортерами для подачи кокса на сортировку; коксортировка с устройствами для рассева кокса, подачи его в доменный цех или в железнодорожные вагоны с бункерами для промежуточного накопления.

Печь (камера коксования) является рабочим пространством, в котором происходит процесс коксования. С машинной и коксовой сторон камера коксования закрывается дверьми с огнеупорной футеровкой. В перекрытии камеры имеются отверстия для загрузки ее угольной шихтой и отверстия для выхода коксового газа. В настоящее время печи, объединенные в батареи, имеют длину 12 – 17 м, высоту 4 – 7 м и ширину 0,3 – 0,6 м. Между печами размещаются отопительные простенки – стены камеры с вертикальными обогревательными каналами, в которых происходит сжигание отопительного газа. Подаваемый в отопительные простенки воздух подогревается в регенераторах с помощью горячих отходящих газов; утилизация вторичного тепла дает возможность повышения температуры в печи. Батареи могут включать до 77 печей, каждая печь в батарее вмещает до 30 – 40 т угля.

Обогрев батарей осуществляется коксовым газом или смесью коксового (вариант – природного) и доменного газов. Дымовые газы отводятся в борова и затем через дымовую трубу батареи выбрасываются в атмосферу. При нагревании угля выделяется коксовый газ, создавая в печи повышенное давление. Для предотвращения газовыделения (газования) в период коксования и обеспечения необходимой герметичности камер производится уплотнение дверей, крышек загрузочных люков и стояков. Для предотвращения выбросов через неплотности дверей камер применяются уплотнения, в основном "железо по железу". Крышки загрузочных люков уплотняются специальным раствором для предотвращения выделений загрязняющих веществ (продукты пиролиза угля) через неплотности. Крышки стояков оборудуются гидравлическими или пневматическими уплотнениями. Повышенное давление газа в печных камерах может привести к перетоку (прососам) коксового газа в отопительные простенки через неплотности кладки печей. При наличии прососов органические вещества, содержащиеся в сыром коксовом газе, при недостатке кислорода возгоняются с образованием сажевых частиц. Проведение регулярных ремонтов огнеупорной кладки позволяет предотвратить прососы и снизить выбросы сажи из дымовых труб коксовых батарей. Летучие продукты коксования (прямой коксовый газ) отводятся из камеры через газовые люки, на которых установлены стояки, в газосборники и далее по трубопроводу на переработку в цеха улавливания. В газосборниках газ охлаждается путем орошения его надсмольной водой, подаваемой через специальные форсунки. По мере охлаждения газа в газопроводах и охлаждающей аппаратуре образуется газовый конденсат. В местах его скопления устанавливаются конденсатоотводчики, через которые конденсат непрерывно вытекает в соответствующие сборники, из которых после отстаивания направляется в фенольную канализацию.

На предприятии 2 используются квадратные печи типа SJ сухой перегонки при низкой температуре производительностью 50 тысяч тонн в год со следующими

параметрами: емкость камеры пиролиза: 105 м^3 ; время пиролиза (сухой перегонки) при низкой температуре: время нахождения кускового угля в камере находится в прямой зависимости от скорости выгрузки спецкокса; срок службы огнеупорной футеровки печи - 10 лет.

Химизм процесса пиролиза угля в коксовых печах включает следующие стадии:

при температуре до $200 \text{ }^\circ\text{C}$ происходит выделение паров воды;

в интервале температур с 350 до $600 - 750 \text{ }^\circ\text{C}$ происходит выделение летучих веществ (водорода (H_2), метана (CH_4), оксида углерода (CO), аммиака (NH_3), ароматических углеводородов, химически связанной воды);

температурный интервал $700 - 750 \text{ }^\circ\text{C}$ обеспечивает получение кокса среднетемпературного с заданным содержанием летучих веществ.

Кокс среднетемпературный во время технологического процесса непрерывно выпускается качающимся коксовыталькивателем в ванну с водой, из которой охлажденный до температуры $80 \text{ }^\circ\text{C}$ с помощью скребкового конвейера подается на скребковый конвейер сушильной камеры.

3.1.2.4. Очистка коксового газа

Коксовый газ образуется при коксовании угля в результате термического разложения последнего при повышении температуры до $1000 - 1150 \text{ }^\circ\text{C}$ и является побочным продуктом при производстве кокса. Он представляет собой смесь различных газов и паров: метана (CH_4), водорода (H), оксида углерода (CO), аммиака (NH_3), паров каменноугольной смолы и других веществ. Коксовый газ после очистки используется для обогрева коксовых батарей, а также как энергетическое топливо для объектов металлургического и энергетического производств. В результате осреднения выход коксового газа из батареи, состоящей из $60 - 70$ печей, получается практически равномерным в пределах $400 - 450 \text{ м}^3/\text{т}$ получаемого кокса. Этот газ называют прямым. Для обеспечения надлежащих экологических показателей при последующем использовании коксового газа для энергетических нужд прямой коксовый газ проходит обязательную обработку, в процессе которой из него удаляются пары смолы и воды, а также улавливаются аммиак (NH_3) и бензолные углеводороды. После такой обработки газ называется обратным и его используют в основном для сжигания в качестве топлива как самостоятельно ($Q_{\text{рн}} \sim 16 \text{ мДж}/\text{м}^3$), так и в смеси с доменным.

Таблица 3.3. Состав прямого и обратного коксового газа

№ п/п	Компонент	Содержание, %	
		Прямой газ	Обратный газ
1	2	3	4
1	Углерод оксид (CO)	2 – 5	2 – 7
2	Кислород (O_2)	0,8 – 1	0,6 – 1,5

3	Диоксид углерода (CO ₂)	2 – 7	2,4 – 3
4	Водород (H ₂)	50 – 57	27 – 60
5	Метан (CH ₄)	20 – 25	22 – 25
6	Углеводороды (C _n H _m)	2 – 2,5	1,7 – 2
7	Аммиак (NH ₃)	7 – 9	–
8	Бензол (C ₆ H ₆)	22 – 27	–
9	Цианиды (HCN)	1,7 – 2,5	–
10	Толуол (C ₁₀ H ₈)	0,6 – 1,3	–
11	Сероводород (H ₂ S)	1,7 – 4,5	2 – 3,5 г/Нм ³

Очистка и обработка коксового газа с извлечением попутных химических продуктов коксования осуществляется в комплексе технологических процессов (химических производств).

Первичное охлаждение и очистка коксового газа от аммиака. Основная очистка коксового газа производится в цехе улавливания, где происходит охлаждение летучих парогазовых продуктов, выходящих из камеры коксования с температурой 700 – 800 °С, до 30 – 40 °С, конденсация с очисткой их от смолы, нафталина, аммиака и бензола. Каменноугольная смола – сложная смесь большого числа индивидуальных соединений, основные из них – углеводороды ароматического ряда. Смола является сырьем для получения пека, нафталина, каменноугольных масел и других ценных продуктов. Основные технологические процессы:

- первичное охлаждение коксового газа и выделение из него смолы и водяных паров;
- извлечение из коксового газа и надсмольной воды аммиака (с получением сульфата аммония или с термическим уничтожением аммиака);
- конечное охлаждение коксового газа (с улавливанием нафталина);
- очистка коксового газа от бензольных углеводородов;
- подача очищенного коксового газа на обогрев коксовых батарей и другим потребителям.

Очистка коксового газа от аммиака. Улавливание аммиака из коксового газа на большинстве предприятий производят путем контакта газа с серной кислотой в сатураторах барботажного типа с получением сульфата аммония. В ряде случаев вместо сатураторов применяют более интенсивное оборудование – форсуночные скрубберы-абсорберы, где при помощи промывки серной кислотой из газа улавливается аммиак. По воздействию на загрязнение окружающей среды бессатураторный способ практически не отличается от сатураторного. В последнее время получает распространение технология очистки коксового газа от аммиака круговым фосфатным способом (КФС) с улавливанием аммиака и последующей утилизацией пароаммиачной смеси с выработкой пара. Реализация этой технологии позволяет исключить из оборота концентрированную серную кислоту и предотвратить

образование кислой смолки, а также снизить выбросы в атмосферу некоторых загрязняющих веществ II–IV классов опасности.

Конечное охлаждение и очистка коксового газа от бензольных углеводородов. Очищенный от аммиака газ с температурой 50 – 60 °С поступает в конечный газовый холодильник (КГХ), где охлаждается оборотной водой до температуры 20 °С (зимой) или 30 °С (летом). Одновременно с охлаждением газа и конденсацией содержащихся в нем водяных паров в КГХ происходит вымывание нафталина.

Из конечного газового холодильника коксовый газ поступает в бензольные скрубберы, орошаемые поглотительным маслом, при контакте с которым газ очищается от бензольных углеводородов. Очищенный коксовый газ (обратный) направляется на отопление коксовых батарей, а также в металлургическое производство в качестве энергетического топлива.

На предприятии 1 коксовый газ, выделяющийся из печей с температурой 80 – 150 °С, подвергается 5-ти стадийной очистке и охлаждению (в горизонтальных холодильниках прямого действия, сепараторе, холодильниках вертикальных прямого действия со вставками, холодильниках косвенного действия, электрофильтрах). Первоначально коксовый газ поступает на горизонтальные холодильники прямого действия на каждой печи, где орошается циркулирующей горячей водой, очищается от легких фракций смолистых веществ и охлаждается до температуры 65 – 70 °С. Смесь горячей воды со смолой подается по всасывающему газовому коллектору в сепаратор, где коксовый газ отделяется от воды, которая поступает в бассейн горячей воды, для отстаивания и охлаждения. После сепаратора коксовый газ поступает в два холодильника вертикальных прямого действия со вставками, где происходит его дальнейшая очистка от смолистых веществ и охлаждение до температуры 40 – 45 °С орошаемой оборотной водой с температурой до 47 °С из бассейна холодной воды. Смесь холодной воды со смолой отводится в бассейн холодной воды для отстаивания и охлаждения. Далее газ поступает в два холодильника косвенного действия, где по трубкам циркулирует холодная вода из бассейна технической воды (вода охлаждается в градирне), а в контакте с горизонтальными трубками проходит газ, который охлаждается путем забора с него тепла холодной технической водой. После этого газ, охлажденный до температуры 18 – 30 °С поступает в два электрофильтра, где происходит тонкая очистка газа от смолы и влаги до 0,2 г/м³ и 20 – 25 г/м³, соответственно. После электрофильтра газ при температуре 40 – 45 °С поступает на роторные газодувки, затем часть газа поступает обратно в печи для поддержания температуры пиролиза, часть на модульную котельную установку для выработки пара, часть на установку по сжиганию оборотной воды.

Образовавшиеся в результате пиролиза угля смола с плотностью 1000 - 1100 кг/м³ и масло с плотностью 830 – 1000 кг/м³ накапливаются в бассейнах холодной и горячей воды, где происходит расслоение:

верхний слой – масло угольное среднетемпературное;

нижний слой - смола угольная среднетемпературная;

средний слой – вода с еще не выпавшими в осадок частичками смолы и масла.

Отстоявшееся в верхнем слое масло угольное среднетемпературное по каскадам поступает в отсеки бассейнов горячего и холодного водоснабжения и насосами откачивается в емкость объемом 1 м³. Содержания влаги не более 1,5 – 4,0 % (согласно СТ).

Откачка смолы со дна бассейнов горячей и холодной воды производится с помощью передвижного насоса в промежуточную емкость объемом 1 м³. Емкостные аппараты и бассейн смолы снабжены паровыми регистрами для прогрева смолы до температуры 60 – 70 С. Из бассейна смола перекачивается в емкостные аппараты и оттуда при содержании влаги не более 4 % (согласно СТ) перекачивается в ж/д цистерны или автоцистерны. Отделившаяся влага из бассейнов смолы и емкостных аппаратов промежуточного склада смолы перекачивается обратно в бассейн холодной воды.

3.1.2.5. Переработка каменноугольной смолы

Высокотемпературная каменноугольная смола, являясь продуктом глубокого термического превращения первичных продуктов пиролиза топлива, состоит из термодинамически наиболее стабильных соединений. Поэтому высокотемпературные смолы содержат лишь незначительные количества парафиновых и циклоалкановых углеводородов, а также ароматических углеводородов с длинными боковыми цепями. Невелико в высокотемпературных каменноугольных смолах и содержание соединений с функциональными группами, в частности фенолов. Выход смолы составляет примерно 3,5 % от продуктов коксования угля.

На предприятии 1 в процессе переработки каменноугольной смолы получают среднетемпературный и электродные пеки, прессованный и плавленный нафталин, антраценовую фракцию, пековые дистилляты, поглотительное масло, легкое масло. Среднетемпературный пек используется для получения электродного пека (может отгружаться в жидком или твердом гранулированном виде), а также для приготовления препарированных смол и дорожного дегтя.

3.1.2.6. Энергоэффективность, факторы воздействия на окружающую среду

Сведения о производстве кокса (Предприятие 1) с 2015 по 2019 годы и расход материалов на производство кокса приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Производство кокса и расход материалов на производство кокса

				Расход материалов на единицу продукции (тонну)			

№ п/п	Наименование сырья, материалов на производство	Единица измерения	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Производство кокса	т	2426981	2596621	2676013	2514582	2203058
2	Доменный газ	м ³	452,928	430,791	468,393	464,722	475,424
3	Коксовый газ	м ³	94,928	101,549	101,878	109,835	118,339
4	Рядовой уголь	т	1,699	1,541	1,441	1,422	1,286
5	Угольный концентрат	т	1,185	1,184	1,186	1,23	1,197
6	Электроэнергия	кВт*ч	2,83	2,82	16,4	16,3	16,34

Производство кокса за эти годы изменялось от 2,42 до 2,67 млн тонн, а в 2019 г. составило 2,20 млн тонн кокса в год. Это главным образом, обусловлено состоянием печного фонда коксовых батарей. Содержание летучих веществ в угольной шихте составляет 23,5 %, выход металлургического кокса 93,5 %, зола кокса 13,5 % (высокое содержание золы в исходных углях). Коэффициент шихты (безводной) на кокс (безводный) 1,276 т/т.

Таблица 3.5. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

№ п/п	Ресурс	Расход электроэнергии на единицу продукции			
		Единица измерения	ИТС	BREF	КТА
1	2	3	4	5	6
Производство кокса					
Предприятие 1					
1	Электроэнергия	кВт*ч/т	30 – 70	не нормируется	2,8 – 16,4
Предприятие 4					
2	Электроэнергия	кВт*ч/т	30 – 70	не нормируется	37,43 – 45,93

Основным энергетическим ресурсом в коксохимическом производстве является коксовый газ – высококалорийное топливо, которое может использоваться для различных теплотребностей металлургического предприятия.

Выход коксового газа составляет 400 – 450 м³/т кокса.

Коксовый газ может применяться на металлургическом комбинате в нескольких целях:

для повышения теплотворной способности других технологических газов, предназначенных для применения в воздухонагревателях дутья и нагревательных печах станов горячей прокатки, а также в других процессах, где требуется высокая температура;

для отопления коксовых печей;

в доменной печи в качестве альтернативного восстанавливающего агента (при наличии подобной технологии);

в качестве основного топлива на электростанциях;

в других отопительных системах отдельно или в смеси с низкокалорийными газами.

Источником энергии на коксохимическом предприятии с сухим тушением кокса является водяной пар, получаемый при тушении кокса на УСТК (паропроизводительность 0,4 – 0,5 т пара/т кокса). Параметры пара не позволяют использовать его в целях производства электроэнергии, поэтому он используется на технологические нужды предприятия.

Производство кокса по всей технологической цепочке сопровождается воздействием на атмосферу, воздух рабочей зоны, поверхностные и подземные воды, связано с образованием отходов производства.

Воздействие на атмосферу

При производстве кокса происходят выбросы в атмосферу вредных веществ: в виде газообразных компонентов - окислы азота (NO_x), диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), цианиды (HCN), бензол (C_6H_6), толуол (C_{10}H_8), пиридин ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$), фенол ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), сероуглерод (CS_2), этилбензол (C_8H_{10}), метанол ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) и твердых компонентов - сажа, коксовая и угольная пыли, бенз(а)пирен.

Основными источниками выбросов в коксохимическом производстве являются выбросы при приеме и подготовке угля, коксовании, выдаче кокса, тушении кокса, сортировке кокса. На рисунке 3.7. представлена принципиальная схема производства кокса.

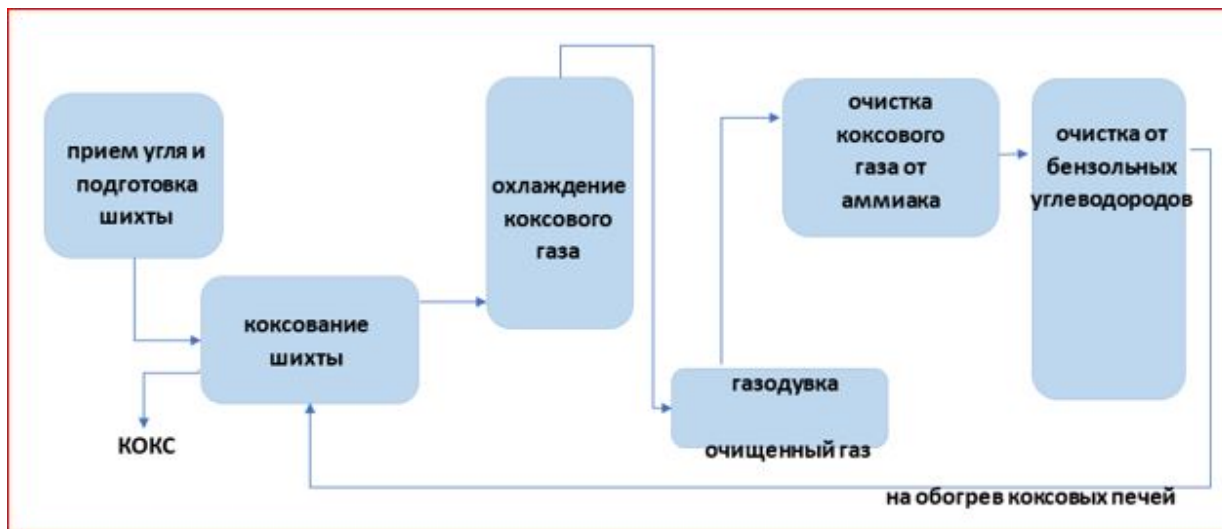


Рисунок 3.7. Схема производства кокса

На рисунке 3.8. и 3.9. представлены текущие выбросы коксохимического производства по основным маркерным веществам за период 2015 – 2019 гг. предприятия 1 и предприятия 4.



Рисунок 3.8. Динамика выбросов коксохимического производства за период 2015 - 2019 гг. (Предприятие1)

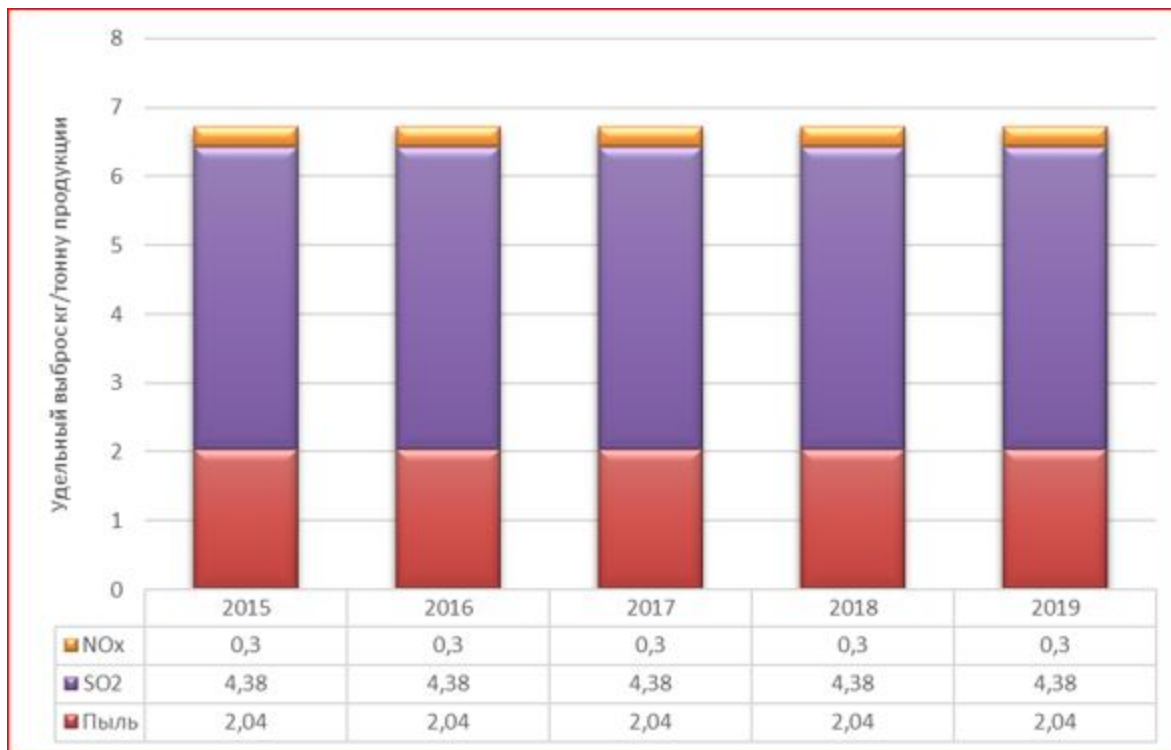


Рисунок 3.9. Динамика выбросов коксохимического производства за период 2015 – 2019 гг. (Предприятие 4)

На рисунке 3.10. представлены данные по концентрации (максимально-разовая) пыли в отходящих газах при производстве кокса по предприятию 1 с разбивкой по основным технологическим процессам.

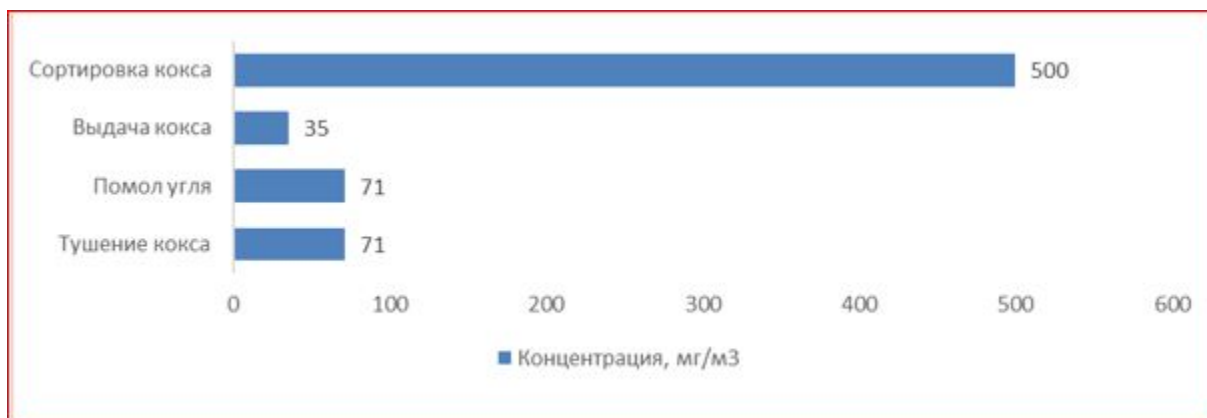


Рисунок 3.10. Фактические показатели выбросов пыли при коксохимическом производстве (Предприятие 1)

При анализе учитывались фактические максимально разовые значения выбросов, полученные в результате инструментальных замеров на источниках выбросов. Данные по предприятию 4 отсутствуют.

Меры по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу при производстве кокса включают следующее:

установка вытяжных зонтов на коксовые батареи;

ремонт и очистка всех источников неорганизованных выбросов, связанных с коксовой печью (например, топки печи, заслонок печи, поддувала печи, задвижек и загрузочных люков, а также стояков уплотнения опоки), совершенно необходимы для обеспечения безвредной и безопасной эксплуатации;

надлежащее операционное управление для обеспечения стабильности операций, чтобы избежать, например, сырого выбивания;

принятие мер для обеспечения "бездымной" загрузки;

введение системы сухого тушения кокса;

использование систем распыления воды для снижения пылевыведения от неорганизованных источников пыли при хранении угля (например, в штабеле);

использование рукавных фильтров и другого оборудования для удаления частиц каменноугольной пыли, образующихся в процессе операций измельчения и грохочения ;

установка на тепловых сушилках центробежных пылесборников (циклонов) с последующими высокоэффективными водными скрубберами Вентури;

установка на пневматическом оборудовании очистки угля центробежных пылесборников (циклонов) с последующими рукавными фильтрами;

рационализация системы транспортировки для сведения к минимуму образования и перемещения пыли на площадке.

Воздействие на поверхностные и подземные воды

В процессе производственной деятельности коксохимического производства образуются следующие сточные воды:

фенольные – за счет влаги шихты, пирогенетической влаги и конденсата пара, выделяются в процессах коксования шихты и переработки продуктов коксования;

шламовые – в процессах мокрой очистки газа и воздуха аспирационных и вентиляционных систем;

производственные стоки, к которым относятся продувочные воды чистых и грязных оборотных циклов – при выведении из оборотных циклов части оборотной воды с целью уменьшения концентрации загрязнений в оборотной воде за счет подачи в цикл свежей воды (подпитки), а также сточные воды химводоподготовки, продувочные воды котлов и др.;

ливневые и поливомоечные воды – за счет сбора и отведения с территории промышленных площадок ливневых, талых и поливомоечных вод.

Для канализования сточных вод обычно имеются фенольная, ливневая, шламовая и хозфекальная канализации (название системы канализования совпадает с названием вод, отводимых по ней). Для очистки фенолсодержащих сточных вод (технологических и загрязненных поверхностных) сооружается БХУ. БХУ предназначена для очистки сточных вод от органических и неорганических соединений, а именно: от смол и масел,

фенолов, роданидов, цианидов, аммонийного азота и его окисленных форм до норм, обеспечивающих возможность их использования на нужды предприятия взамен технической воды (мокрое тушение кокса).

Отделение биохимической очистки сточных вод обычно состоит из двух ступеней: механической очистки от смолы и масел и биохимической очистки от фенолов и роданидов.

После очистки на второй ступени сточные воды поступают во вторичный отстойник, из которого сгущенный ил возвращают в аэротенки второй ступени, а очищенные стоки подают в сборник, откуда их направляют на тушение кокса либо на очистные сооружения для доочистки с хозяйственными водами.

На предприятии 1 источниками образования сточных вод являются влага шихты и пирогенетическая вода, выделяющиеся в процессе коксования угля, а также техническая вода и водяной пар, соприкасающиеся в технологических процессах с химическими продуктами коксования. В процессе производства эта вода загрязняется различными примесями — фенолами, аммиаком, сероводородом, цианидами, роданидами, каменноугольной смолой, маслами и др.

Система водоснабжения производства включает в себя 7 локальных оборотных циклов, в т.ч. водоснабжения углеобогадательной фабрики и УПЦ через хвостохранилище, оборотные циклы первичного и конечного охлаждения коксового газа и оборотные циклы тушения кокса. Повторно используемая вода подается на подпитку радиальных сгустителей шлама углеобогадательной фабрики, на аспирационные установки УПЦ, охлаждение оборудования цехов химблока, систему дотушивания кокса на коксовой рампе и подпитку оборотных циклов первичного и конечного охлаждения коксового газа.

Оборотная вода хвостохранилища используется на технологические цели, аспирационные установки и охлаждение оборудования на углеобогадательной фабрике

Технологические сточные воды коксохимпроизводства, загрязненные химическими продуктами коксования, по системе фенольной канализации коксохимического производства отводятся на установку биохимической очистки. Часть очищенных стоков подается на пополнение циклов тушения кокса, оставшийся объем стоков совместно с фекальными и ливневыми сточными водами поступает в систему хозяйственной канализации и направляется на сооружения полной биологической очистки в цеха очистных сооружений.

В коксохимическом производстве имеет место безвозвратное потребление и потери воды: в производстве при тушении кокса и дотушивание его на коксовой рампе, потери воды с продуктами обогащения на углеобогадательной фабрике, потери воды в

оборотных системах водоснабжения (испарение и каплеунос ветром на градирнях и продувках оборотных систем). В таблице 3.6. представлены показатели водопотребления для предприятия 1 при производстве кокса 2332,2 тысяч тонн.

Таблица 3.6. Водопотребление, повторное использование при производстве кокса

№ п/п	Наименование	Показатели
1	2	3
1	Безвозвратное потребление, тысяч м ³ в год, из них	455,93
1.1	- техническая вода	0
1.2	- хозяйственная вода	455,93
3	Возврат в оборотный цикл, тысяч м ³ в год	86411,67
4	Безвозвратные потери, тысяч м ³ в год, из них:	4569,26
4.1	- техническая вода	4500,62
4.2	- хозяйственная вода	68,64
5	Водоотведение, тысяч м ³ в год	6665,06

На предприятии 4 источники загрязнения поверхностных и подземных вод отсутствуют. Сброс канализационных сточных вод в открытые водоемы и на рельеф местности не производится.

Образование отходов производства и потребления.

В процессе производства образуются отходы производства (фусы каменноугольные, кислая смола, пыль коксовая и угольная, шламы, масла, полимеры и др.) и потребления. Особую опасность представляют фусы, представляющие собой смесь угля, графитовых и частично пиролизированных угольных частиц с каменноугольной смолой и водой.

Фусы каменноугольные, выделяются путем отстоя в механических осветлителях в барельетном цикле и накапливаются в бункерах. Перерабатываются на установке по утилизации химических отходов коксохимпроизводства (фусов). Максимальный объем образования по предприятию 1 составляет 882 тонн.

Кислая смола образуется при процессе полимеризации, который происходит при контакте серной кислоты со смолой. В процессе коксования в коксовых печах образуется кокс, коксовый газ, каменноугольная смола. Коксовый газ из коксовых печей поступает в цех очистки, где сначала охлаждается. При охлаждении из коксового газа конденсируются пары воды и смолы. Охлажденный коксовый газ поступает в сульфатное отделение, где в сатураторе при улавливании раствором серной кислоты аммиака, содержащегося в газе, образуется сульфат аммония. Вместе с аммиаком (NH₃) улавливаются и пары смолы, несконденсированные при охлаждении.

Кислая смолка накапливается на поверхности поглотительного раствора в сборниках маточного раствора, откуда по мере накопления выгружается в контейнер и автотранспортом вывозится для утилизации на установку по утилизации химических отходов коксохимпроизводства (кислой смолки), тем самым достигнут экологический эффект – прекращено складирование данного вида отходов.

Пек с цеха химулавливания образуется в результате очистки оборудования - пекоотстойника при извлечении из коксового газа аммиака (NH_3) с получением сульфата аммония ($(\text{NH})\text{SO}$). Сбор, накопление производится в специальных контейнерах, по мере заполнения которых отходы вывозятся специализированным автотранспортом в смолперерабатывающий цех на переработку. Максимальный объем образования по предприятию 1 составляет 55,5 тонн, из них 100 % перерабатывается на собственном предприятии.

Порода обогащения (угля), образуется на углеобогатительной фабрике при подготовке угля. На углеобогатительную фабрику поступает рядовой уголь, крупная фракция которого обогащается гравитационным методом (методом отсадки). Угольная пыль и шламы обогащаются методом флотации. В процессе обогащения методом отсадки, основанном на разности удельных весов породы и угля, образуется концентрат, промпродукт и порода обогащения угля. Концентрат используется для получения шихты для коксования, промпродукт сжигается на электростанциях. Порода обогащения угля конвейерным транспортом подается в бункера породы, из которых автотранспортом вывозится на породный отвал для размещения. Максимальный объем образования по предприятию 1 составляет 1620954 тонн, из них 100 % размещается на собственных специализированных площадках.

Шлам коксовый образуется в результате тушения кокса с коксовых печей. С оборотной водой подается в отстойники для отстаивания с последующей очисткой отстойника, затем шлам чистят грейферным краном и размещают для временного хранения в шламонакопители. В дальнейшем из шламонакопителей передается для агломерации железных руд. Максимальный объем образования по предприятию 1 составляет 25277 тонн, из них 100 % повторно используется на собственном предприятии.

При производстве кокса вредными производственными факторами являются: повышенное напряжение в электрической цепи; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; повышенный уровень инфракрасной радиации; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхности оборудования, материалов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли; повышенная запыленность и загазованность рабочей зон.

3.1.3. Производство карбида кальция

3.1.3.1. Прием и подготовка шихты

Сырье для производства карбида кальция поставляется железнодорожным транспортом и разгружается в специальные хранилища, откуда отгружаются мостовыми кранами в вагоны и подают в бункеры.

Кокс из бункера через секторные питатели ленточными транспортерами и люлочными конвейерами загружается в промежуточные бункеры, вместимостью 30 м³. Из бункеров лотковыми питателями кокс подается на работающие попарно валковые дробилки. После дробления кокс через крестообразную течку поступает в люлочные (Z-образные) конвейера, которыми поднимается и распределяется по силосам. При поступлении кокса требуемой фракции не дробится.

Дробление кокса конусной дробилкой производится по следующей схеме: из промежуточного бункера, по наклонной течке кокс поступает на ленточный транспортер, над которым установлены железоотделитель для предотвращения попадания металлических предметов в конусную дробилку. Далее по наклонной течке с ленты кокс поступает в конусную дробилку. После дробления кокс по ленте поступает в люлочные Z-образные конвейера, которыми поднимается и распределяется по силосам.

Кокс в люльки шихтового конвейера поступает с силоса по течке, а с силоса через дозатор и наполнительные машины.

Известь по ленточному транспортеру подается в бункера извести шихтового отделения, а из бункеров извести через дозатор и наполнительную машину поступает в люльки конвейера, куда предварительно также через дозатор поступает кокс. Корректировочная известь через течку и наполнительную машину поступает в люльки шихтового конвейера. Конвейером шихта и корректировочная известь подается в бункера над карбидной печью.

3.1.3.2. Выплавка карбида кальция

Шихтовые бункера карбидных печей имеют отсеки для шихты и корректировочной извести. Подача шихты на колошник производится из шихтовых бункеров через секторные затворы, неподвижные и подвижные течки. Карбидная печь состоит из ванны прямоугольной формы, электрододержателей и самоспекающихся электродов непрерывного действия, расположенных в ряд.

Под действием высокой температуры (1800 – 2000 °С), создаваемой электрической дугой, известь восстанавливается коксом, образуя расплав карбида и побочный продукт – оксид углерода (СО) по реакции:



На электроды печи ток подается от печного трансформатора по короткой сети через контактные плиты. Контактные плиты прижимаются пружинно-винтовым устройством

. На каждом электроде по восемь контактных плит, по четыре с каждой стороны. Уровень электродной массы в кожухах электродов поддерживается путем периодической загрузки еУ из кубеля краном. Объём загружаемой массы определяется величиной перепуска электродов. Положение зоны коксования электродов регулируется расходом и температурой воздуха, подаваемого вентиляторами на обдув в пространство между кожухом электрода и электрододержателем, а также изменением режима перепуска электродов.

Отсос дымовых газов из-под зонта и от летки карбидной печи осуществляется дымососами с выбросом в дымовую трубу. Перепуск электродов по длине за один приУм (5 – 10) см, но не более 40 см за смену с интервалом времени между перепусками (2 – 4) часа.

Трансформатор имеет 27 ступеней напряжения. Мощность трансформатора 60 МВА . Регулировка нагрузки производится переключением ступеней напряжения. Напряжение с низкой стороны зависит от ступени и от схемы соединения обмоток трансформатора: на схеме треугольник/звезда от 290 до 130 В, на схеме звезда/звезда от 167,4 до 75,0 В.

Сила тока с высокой стороны: на схеме треугольник/звезда не более 315,0 А; на схеме звезда/звезда не более (182 – 82) А. Сила тока с низкой стороны – не более 119,450 кА. Разница напряжения фаз при регулировании нагрузки допускается в 100 В, что соответствует 17 ступеням напряжения.

Управление работой карбидной печи осуществляется с щита управления.

На щите управления установлены приборы, регистрирующие электрические параметры печи, положение и перепуск электродов; содержание кислорода, водорода, углекислого газа в реакционных газах, температуру дымовых газов, воздуха для обдувки электродов, стенок и подины ванны печи, режим сливов, температуру воды на охлаждение газоворонок и газодувок.

Перепуск электродов производится с площадки перепуска. Слив карбида кальция производится периодически. Интервал времени между сливами зависит от нагрузки печи и управления процессом. Для слива карбида кальция на печи установлен аппарат прожига летки. Напряжение на аппарат прожига подается от трансформатора прожига или от III фазы печного трансформатора при работе печи на мощности более 25 МВт. Интенсивный слив карбида кальция обеспечивается шуровочной машиной. Забивается летка карбидной печи мелочью забивочной машиной или глиняной пробкой с помощью забойки.

Дробление карбида кальция. Карбид кальция из печи сливается по лотку во вращающийся охлаждающий барабан, в котором происходит его дробление и охлаждение. Охлаждающий барабан орошается водой. Выгрузка карбида кальция из барабана происходит через выгрузочное устройство в ковшевые элеваторы отделения хранения и сортировки.

3.1.3.3. Упаковка продукции

Из охлаждающих барабанов карбид кальция поступает в ковшевые элеваторы, затем через промежуточные бункеры в грохот, где рассеивается на две фракции (2/25, 25/80) и поступает в бункера хранения. Из бункеров хранения карбид кальция по пластинчатому транспортеру поступает на элеваторы. Из элеваторов карбид кальция идет в бункера. Из бункеров карбид насыпается в металлические барабаны, установленные на вибростолах. Барабаны, загруженные карбидом, по рольгангу подаются на склад, где после взвешивания на товарных весах закрываются крышками и электропогрузчиком развозятся по складу.

Из бункеров хранения карбид кальция фр. 2/25 по пластинчатому транспортеру передается в промежуточный бункер. Для предупреждения образования взрывоопасных концентраций ацетилена с воздухом, дробление, хранение и транспортирование карбида проводят под постоянным потоком азота в оборудовании.

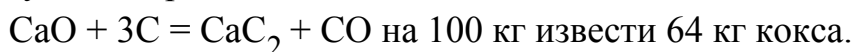
3.1.3.4. Энергоэффективность, факторы воздействия на окружающую среду

Факторы, отрицательные стороны, влияющие на технологию производства и приводящие к ухудшению экологических показателей.

Наличие мелкой фракции в извести, которое неизбежно возникает при долгом взаимодействии извести с влагой воздуха при транспортировке и хранении. Мелкая фракция должна выделяться отдельно и использоваться в качестве корректировочной. Шихтовая известь – это известь, в которой должна отсутствовать фракция 0 – 6 мм.

Кристаллическая структура извести. Известь для производства карбида кальция должна обладать еще и другими свойствами, в частности, мелкокристаллической структурой. В случае применения извести крупнокристаллической структуры происходит растрескивание извести при его попадании в горячую зону печи (более 1000°С) и рассыпанием в мелочь, влекущей дополнительное вынос еҮ с дымовыми газами.

Рациональный расход сырья. Теоретически для получения карбида кальция требуется по реакции:



Шихта согласно нормам ТР предприятия составляется в пропорции на 100 кг извести 70/78 кг кокса, т. е. шихту составляют с избытком кокса на 6 – 14 кг (9 – 22 % от теоретической потребности), которую компенсируют добавлением в дальнейшем корректировочной извести.

Сушка кокса перед применением. Кокс является очень гигроскопичным материалом, способным за счҮт поглощения влаги увеличивать свою массу до 20 %. Наличие влаги способствует дополнительному расходу электроэнергии. Кокс транспортируется по железной дороге в вагонах-хопперах, в полувагонах. Поэтому есть большая вероятность поступления кокса повышенной влажности в период осадков.

В таблице 3.7. показано влияние примесей на расход углеродистых материалов и электроэнергии.

Таблица 3.7. Влияние примесей на расход углеродистых материалов и электроэнергии

№ п/п	Примесь	Дополнительный расход на 1 кг примесей в шихте	
		кокса, кг/т	электроэнергии, кВт*ч/т
1	2	2	4
1	Оксид магния (MgO)	0,4	12
2	Оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	0,5	8
3	Диоксид кремния (SiO ₂)	0,5	7
4	Диоксид железа (Fe ₂ O ₃)	0,3	2
5	Диоксид углерода (CO ₂)	0,27	1,5
6	Вода (H ₂ O)	0,5	1,0
7	Зола	-	11

Показана зависимость увеличения расхода кокса и электроэнергии при наличии влаги и иных примесей в извести и коксе.

В процессе производства карбида кальция используются следующие ТЭР и сырьё: электроэнергия; тепловая энергия; топливо (бензин, дизельное топливо); кокс и полукокс из угля; известь.

Основная доля потребления электроэнергии приходится на этап выплавки карбида кальция.

Таблица 3.8. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

№ п/п	Ресурс	Расход электроэнергии на единицу продукции			
		Единица измерения	ИТС	BREF	КТА
1	2	3	4	5	6
Производство карбида кальция					
1	Предприятие 5	кВт·ч/т	не нормируется	3000 – 3300	3726 - 4078

Расход электроэнергии на выплавку карбида кальция Предприятием 5 в период с 2016 г. по 2020 г. увеличился с 75158 тысяч кВтч до 100179 тысяч кВтч. При этом удельный расход электроэнергии на выплавку 1 тонны продукции также увеличился с 3 581 кВт*ч/т до 3 803 кВт*ч/т соответственно.

Это объясняется тем, что в настоящее время печь №4 работает с более низкими показателями коэффициента использования мощности, около 0,375. При этом согласно таблице 1 ГОСТ 27698-88 нормы удельного расхода электроэнергии печью определяются при работе печей с коэффициентом использования мощности от 0,6 до 1.

Особенностью производства является наличие большого количества транспортных систем, пересыпных пунктов, дозаторов и другого оборудования эксплуатация которого связана с образованием пыли.

Воздействие на атмосферу

Выбросы загрязняющих веществ происходят на всех технологических этапах производства карбида кальция. В качестве загрязняющих веществ идентифицируются: пыль (карбид кальция (CaC_2), оксид кальция (CaO), пыль неорганическая с содержанием SiO_2 до 20 %), оксид углерода (CO), окислы азота (NO_2 , NO), диоксид серы (SO_2). Газообразные выбросы образуются только на этапе выплавки карбида кальция.

Источниками выделения загрязняющих веществ являются:

на этапе подготовки сырья – транспортУры (привода элеватора дробилки питателя), конвейеры наполнительной машины, лотковые питатели, питатели дробилок, подающий бункер карбидной печи;

на этапе выплавки карбида кальция – дымососы карбидной печи;

на этапе упаковки – элеваторы, конусная дробилка, загрузка в барабан.

В процессе получения карбида кальция в печи образуются реакционные газы, представленные в основном оксид углерода (CO).

Особенностью производства предприятия 5 является наличие большого количества транспортных систем, пересыпных пунктов, дозаторов и другого оборудования эксплуатация которого связана с образованием пыли. На рисунке 3.11. представлены показатели выбросов пыли при производстве карбида кальция с разбивкой на технологические этапы (предприятие 5)

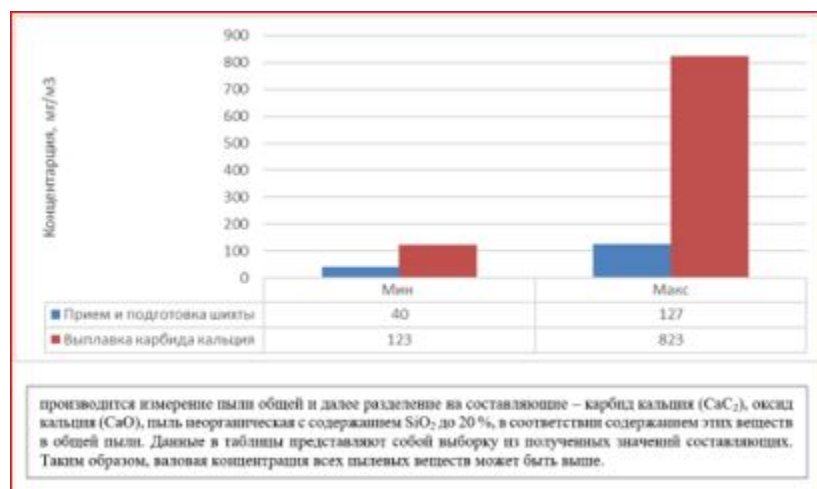


Рисунок 3.11. Концентрация пыли в отходящих газах при производстве карбида кальция

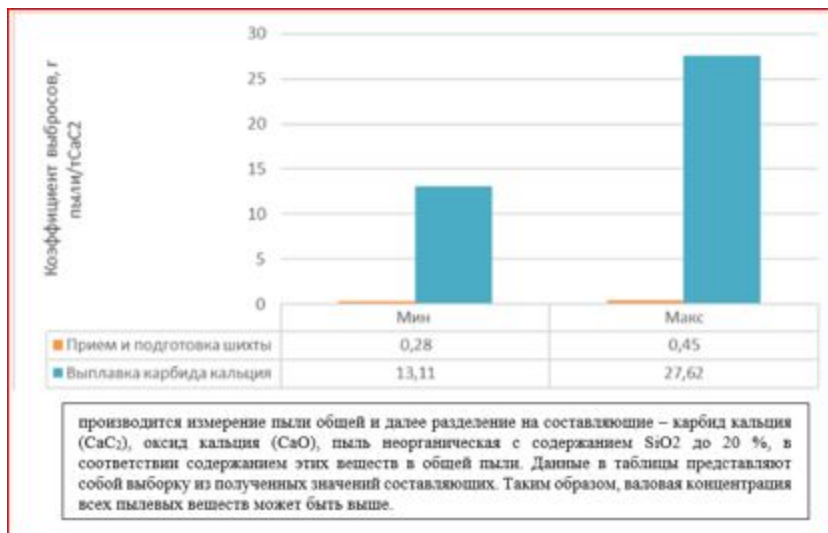


Рисунок 3.12. Коэффициент выбросов пыли г/т продукции при производстве карбида кальция

Твердые частицы, выбрасываемые из технологического источника, такого как электрическая печь, направляется по воздуховоду к устройству контроля твердых частиц, обычно рукавному фильтру или мокрому скрубберу (комплексная очистка).

Оксид углерода (CO) является побочным продуктом при производстве кальция карбида кальция в электропечи. Выбросы оксида углерода (CO) в атмосферу обычно незначительны. Концентрация оксида углерода (CO) при выплавке карбида кальция (CaC₂) составляет от 177 до 717 мг/м³ (предприятие 5).

Воздействие на подземные и поверхностные воды

Свежая промышленная вода используется для:

- охлаждения технологических машин и агрегатов (85 %);
- подпитки оборотного цикла для восполнения безвозвратных потерь, образующихся на градирнях в результате испарения и капельного уноса (14 %);
- хозяйственно-бытовых нужд завода (1 %).

Для очистки образующихся сточных вод используются биологические очистные сооружения (БОС).

Образование отходов производства и потребления

При производстве карбида кальция основными образующимися отходами является: карбидный ил (шлам) - образуется в шламонакопителе в результате отстаивания шламовой воды от процесса мокрой очистки газов производства карбида кальция в случаях работы карбидной печи при нагрузках свыше 20 МВт. Размещение отхода производится в шламонакопителе. Частично передается на специализированное предприятие по договору;

пыль, уловленная в ПУУ при передаче извести - образуется в пылеулавливающих установках в процессе очистки выбросов от источников передаче извести.

Накапливается в бункерах пылеулавливающих установок. По мере накопления частично размещается на специализированной площадке, частично возвращается в производственный цикл;

ферросилиций (шлак) – образуется при производстве карбида кальция в физико-химическом процессе восстановления окиси кальция углеродом и является побочным продуктом. В полном объеме используется в качестве добавки в производстве ферросплавов;

пыль, уловленная в ПУУ при производстве карбида кальция - образуется в пылеулавливающих установках в процессе очистки выбросов от источников производства карбида кальция. Уловленная пыль карбида кальция частично возвращается в производственный цикл и часть размещается на специализированной площадке.

3.1.4. Производство чугуна

Чугун, предназначенный для передела в сталь или для переплавки в чугунолитейных цехах для производства различных отливок, выплавляют в доменных печах.

Технологический процесс производства чугуна в доменной печи осуществляется в комплексе агрегатов и оборудования, который включает:

- рудный двор с кранами-перегрузчиками для разгрузки и усреднения сырья;
- шихтовое отделение с бункерами для загружаемых в печь материалов;
- воздухонагреватели для нагрева дутья до 1000 – 1200 °С (до 1400 °С на ВНК);
- доменную печь с механизмами загрузки сырья и выдачи продуктов плавки;
- системы газоочистки;

- установки обработки шлака (придоменную грануляцию шлака или находящееся в отдалении от доменного цеха отделение по переработке шлака для получения щебня, граншлака или другой продукции);

- разливочные машины для разливки товарного чугуна.

Доменная печь представляет собой печь шахтного типа, предназначенную для получения металла из железосодержащей шихты и кокса. По принципу работы доменная печь – это противоточный реактор. Движущей силой в доменной печи является горячее дутье, сжигающее кокс перед воздушными фурмами, образуя фурменный газ. Столб шихты в печи состоит из чередующихся слоев кокса и железорудных материалов, которые загружаются через верх (колошник) доменной печи с температурой окружающего воздуха и с определенной влажностью. Поднимаясь вверх, фурменный газ проходит через шихту и нагревает ее.

По высоте доменная печь разделена на несколько частей:

- на колошнике доменной печи специальным загрузочным устройством железорудное сырьё, флюсы и кокс распределяются определенным образом по окружности и радиусу печи;

в шахте происходит нагрев шихтовых материалов и начинается восстановление оксидов металлов;

в распаре и заплечиках практически заканчивается восстановление оксидов железа и образуются жидкие продукты плавки, которые стекают в горн доменной печи;

в горне (металлоприемнике) доменной печи происходит разделение чугуна и шлака по их удельному весу, а также завершаются процессы восстановления оксидов металлов из жидкого шлака углеродом кокса, заполняющего горн печи.

Доменный процесс начинается с момента вдувания в воздушные фурмы горячего дутья (температура до 1250 °С и выше), которое сжигает перед фурмами кокс и вдуваемое через фурмы топливо. Температура в фурменном очаге достигает 1900 – 2300 °С.

Образующийся в процессе горения кокса и вдуваемого углеводородного топлива горячий газ, содержащий восстановители оксид углерода (СО) и водород (Н₂), а также азот (N₂), поднимается вверх, нагревает и расплавляет опускающиеся железорудные материалы, восстанавливает из рудной части оксиды железа до металла, охлаждается и удаляется из печи. Температура колошникового газа составляет 110 – 300 °С.

Образующиеся жидкие металл и шлак стекают в горн печи. В горне печи при температуре 1500 – 1600 °С оксиды шлака: оксиды железа (FeO), марганца (MnO), кремния (SiO₂), фосфора (P₂O₅) и другие восстанавливаются углеродом кокса. Накопленные в горне чугун и шлак периодически удаляют через чугунную летку во время выпусков по установленному графику. На место выгорающего у фурм кокса и опускающихся в горн жидких расплавов поступают новые порции рудного сырья и кокса, непрерывно загружаемых загрузочным устройством на колошнике печи.

Передельный чугун с содержанием кремния 0,3 – 1,2 % используют для выплавки стали, а литейный с кремнием свыше 1,2 % поставляют на машиностроительные предприятия. При выплавке ванадийсодержащего чугуна на титаномагнетитовой шихте содержание кремния стараются держать около 0,2 – 0,3 % для ограничения восстановления титана в чугун. Вредными примесями в чугуне считаются фосфор (Р) и сера (S), причем при доменной восстановительной плавке удалить Р из чугуна невозможно.

Основными источниками поступления серы в доменной печи является загружаемое и вдуваемое топливо, т. е. кокс, пылеугольное топливо и мазут, с которыми приходит в печь 80 – 90 % серы, 10 – 20 % с шихтовыми материалами. В топливе часть серы (60 – 80 %) органическая и остальная часть – минеральная, а в шихтовых материалах – минеральная в виде сульфидов и сульфатов. При сгорании кокса и вдуваемого топлива вся сера окисляется и переходит в фурменный газ (в виде оксидов серы (SO₂ и SO). Основная часть газообразных соединений серы во время движения вверх через слой

шихты реагирует с оксидами кальция, магния, железа и марганца (CaO, MgO, FeO и MnO) шихтовых материалов и свежевосстановленным железом с образованием сульфидов кальция, магния, железа и марганца (CaS, MgS, FeS, MnS). С шихтовыми материалами, железом и затем с чугуном сера (S) в виде сульфидов опускается в горн. Более половины серы (S) при контакте чугуна и шлака переходит в шлак. Серу (S) удаляют созданием условий, обеспечивающих образование в конечных шлаках сульфидов (кальция (Ca), магния (Mg) и марганца (Mn)) и оптимальных свойств шлака, обеспечивающих его выход из печи. Один из известных способов удаления серы повышение основности конечного шлака. Способствует удалению серы (S) повышение содержания кремния (Si) в чугуне.

Шлак используют для производства строительных материалов и шлакопортландцемента. Побочная продукция – колошниковый газ подается в газовую сеть предприятия и применяется, в том числе для нагрева дутья и сушки желобов.

3.1.4.1. Приемка сырья и топлива на доменные печи

Поступающее в доменный цех железорудное сырье – руда, окатыши и агломерат при отсутствии бункерной эстакады разгружают из вагонов на рудном дворе в траншеи, на эстакаде или вагоноопрокидывателем. При наличии бункерной эстакады в доменном цехе материалы разгружаются в бункера, обеспечивающие, в том числе необходимый кратковременный запас шихтовых материалов. На рудном дворе доменного цеха также хранят стратегический запас рудного сырья на случай возможных задержек поставок.

Рудным краном-перегрузчиком формируют штабели для усреднения поступивших отдельных партий сырья. Руду усредняют грейферным краном, укладывая ее тонкими слоями вдоль штабеля. Окатыши и агломерат на рудном складе не усредняют.

Рудное сырье кран выгружает в трансферкар, который перевозит его в нужные бункеры доменных печей. Трансферкар (перегрузочный вагон) необходим для ускорения загрузки бункеров доменных печей, чтобы не перемещать рудный кран-перегрузчик вдоль фронта бункеров нескольких доменных печей.

На современных металлургических комбинатах агломерат, с аглофабрики, может подаваться в доменный цех конвейерами. При загрузке доменных печей с бункерной эстакады набор компонентов шихты и их подача в загрузочный скип осуществляется системой дозаторов и транспортеров. Перед подачей в доменную печь из рудного сырья и кокса в процессе набора дозы в весовую воронку на электровибрационных грохотах отсеивают мелочь. От агломерата и окатышей отсеивают фракцию менее 5 мм, а от кокса – менее 25 (35) мм, могут выделяться мелкие фракции кокса 10 – 25 (35) мм для отдельной загрузки в доменную печь. На колошник шихта подается скипами, а на современных печах – конвейерами. В подбункерных помещениях доменной печи в процессе транспортировки, отсева мелочи и дозирования компонентов шихты в весовые воронки образуется много тонкодисперсной пыли. Для удаления пыли из

рабочего пространства подбункерные помещения оборудуются аспирационными установками с очисткой воздуха от пыли и последующей эвакуации пыли.

3.1.4.2. Дозирование шихтовых материалов

Специальные загрузочные устройства (или засыпные аппараты) используются для загрузки печи таким образом, чтобы рудные материалы и кокс располагались на колошнике доменной печи в нужных зонах и равномерно по окружности. Рудная часть и кокс располагаются в печи слоями с некоторой большей долей кокса в центре и на периферии. Это обеспечивает равномерный газовый поток по сечению печи по всей ее высоте с активностью в центре и на периферии.

Доменные печи в основном оснащены БЗУ Пауль Вюрт с лотковой загрузкой. Особенностью данной конструкции БЗУ является возможность вращающегося лотка менять угол наклона для изменения траектории ссыпания шихтовых материалов одной порции. Это обеспечивается работой сложного редуктора, находящегося в колошниковой зоне печи при высоких температурах. Для охлаждения редуктора в него непрерывно подают азот. По сравнению с применением двухконусного засыпного аппарата БЗУ с однолотковой загрузкой вызывает меньший сдвиг шихты по радиусу печи, но приводит к большей неравномерности распределения шихты по окружности печи, так как невозможно точно регулировать или определить место начала и окончания ссыпания шихтовых материалов. Применение БЗУ с двойным распределительным лотком не устранило указанный недостаток лоткового БЗУ. Загрузочное устройство с вращающимся лотковым распределителем шихты требует принятия специальных мер по устранению окружной неравномерности распределения материалов на колошнике. Для предотвращения подстоев шихты при работе с лотковым БЗУ рекомендуется режим работы с достаточно сильно раскрытым газовым потоком в центре печи, при котором в осевую зону дают увеличенное количество кокса, что приводит к повышению температуры в осевой части до 400 – 500°С. Это дополнительно осложняет условия работы редуктора в этой зоне колошника.

Бесконусное загрузочное устройство с роторным принципом распределения шихты реализует принципиально новую технологию загрузки шихтовых материалов на поверхность засыпи, которое заключается в подаче их пятью плоскими веерообразными потоками, сходящими с лепестков вращающегося ротора. При этом материал, падая на поверхность засыпи, не деформирует ее и остается на месте падения. Регулирование распределения материалов по радиусу осуществляется изменением скорости вращения ротора. Достоинством БЗУ является то, что привод ротора для вращения загрузочных лепестков находится снаружи печи и не подвергается сильному нагреву.

3.1.4.3. Производство чугуна

Подготовка дутья. Нагрев дутья, подаваемого в доменную печь, имеет большое значение в экономии энергоресурсов при выплавке чугуна. Повышение температуры

дутья на 100 °С в интервале температур 800 – 1000 °С снижает расход кокса на 3,9 %, а в интервале 1000 – 1200 °С – на 2,2 %. В доменном производстве используются регенеративные воздухонагреватели с внутренней камерой горения, обеспечивающие нагрев дутья до 1200 °С.

Однако воздухонагреватели с внутренней камерой горения, расположенной в одном кожухе с регенеративной огнеупорной насадкой, при длительной эксплуатации выявили ряд недостатков, а именно изгиб воздухонагревателя, короткое замыкание, пульсации, крип, неравномерность распределения потоков по насадке. Эти недостатки требуют ремонтов и ограничивают температуру эксплуатации до 1200 °С. Основные недостатки, связанные с внутренней камерой горения, были устранены в воздухонагревателях с выносной камерой горения.

Также, широкое распространение получили воздухонагреватели без высокой камеры горения конструкции Я.П. Калугина (ВНК), которые обеспечивают нагрев дутья до 1350 °С и низкое содержание в дымовых газах оксиды углерода (СО) и азота (NO_x).

Отличительной особенностью ВНК является то, что температура горячего дутья 1250 – 1300 °С обеспечивается доменным газом с низкой теплотой сгорания и без добавок высококалорийного газа. Установка теплообменников для утилизации низкопотенциального тепла отходящих дымовых газов со средней температурой 280 – 330 °С для нагрева доменного газа и воздуха для отопления воздухонагревателей позволила снизить температуру дыма до 120 °С и увеличить температуру дутья без добавок высококалорийного газа. Существенным элементом этой конструкции является струйно-вихревая горелка, расположенная вверху купола по оси воздухонагревателя, имеющая форкамеру. Горелка обеспечивает концентрацию оксида углерода (СО) в отходящем дыме не более 50 мг/м³, что в два раза ниже европейских норм. Концентрация оксидов азота (NO_x) составляет не более 100 мг/м³.

Комбинированное дутье. В качестве одного из приемов регулирования теплового состояния печи применяют увлажнение дутья подачей пара. Подача пара повышает содержание водорода в восстановительных газах и ускоряет процессы восстановления в печи. Для сохранения теплового состояния печи на каждый 1 г воды в 1 м³ дутья повышают температуру дутья на 9 °С.

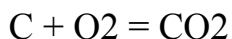
Существенным шагом в развитии технологии доменной плавки стало обогащение дутья кислородом, которое вызвало некоторые изменения параметров плавки, а именно :

- повысилась теоретическая температура горения в фурменном очаге;
- повысилось содержание оксида углерода (СО) в горновых газах;
- уменьшился расход дутья на единицу сжигаемого у фурм углерода;
- увеличилась производительность печи.

Новый этап в повышении содержания кислорода в дутье доменных печей наступил с началом вдувания природного газа и других добавок к дутью, так как простая подача природного газа с дутьем приводит к охлаждению горна и не экономит кокс. Обогащение дутья кислородом обеспечивает вдувание в доменные печи ПУТ (пылеугольного топлива) до 250 кг/т чугуна. Несмотря на одновременное вдувание в горн доменной печи природного газа и кислорода, коэффициент замены кокса природным газом не превышает 0,8. Чрезмерный расход природного газа без соответствующей компенсации кислородом приводит к разложению метана (CH_4) не в фурменном очаге, а в восстановительной атмосфере шахты доменной печи, при этом образуется водород (H_2) и сажистый углерод, затрудняющий работу печи. Повышение эффективности использования природного газа в доменной плавке для замены кокса можно достигнуть предварительной его конверсией перед вдуванием, например, путем использования мощных плазмотронов.

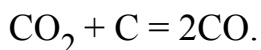
Выплавка чугуна. Выплавляемые в доменной печи чугуны кроме железа (Fe) и углерода (C) содержат кремний, магний, фосфор, серу (SiO, Mg, P, S) и другие элементы, количество которых зависит от состава шихты и температурных условий плавки. Восстановителями являются оксид углерода (CO), водород (H_2) и твердый углерод, которые, как восстановители, ведут себя по-разному при различных температурах по высоте печи.

Источником газообразных восстановителей является углерод кокса, сгорающий в струе горячего дутья в фурменном очаге, по реакции:

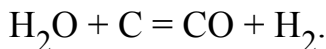


Образующийся диоксид углерода (CO_2) при температуре в горне печи 1600 – 2300 °

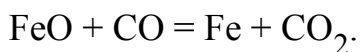
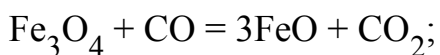
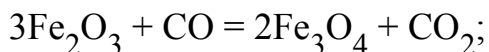
C взаимодействует с углеродом кокса по реакции:



При наличии влаги в дутье вода также взаимодействует с углеродом по реакции:



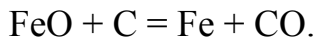
Таким образом, в горне печи присутствуют три вида восстановителя (углерод (C), оксид углерода (CO) и водород (H_2)) по отношению к оксидам шихты. Восстановление оксида железа происходит по реакциям:



Аналогично эти реакции описываются с участием водорода.

В доменной печи только 50 – 80 % всех оксидов железа в опускающихся полурасплавленных массах восстанавливается оксид углерода (CO) и водород (H_2).

Остальная часть восстанавливается в горне печи из жидкого шлака твердым углеродом по реакции:



В горне печи температура продуктов плавки равна 1500 – 1600 °С. При этой температуре практически завершаются процессы восстановления оксидов шлака с участием углерода кокса. Также завершается образование карбидов железа. В чистом от примесей чугуна содержание углерода (С) составляет 4,3 – 4,4 %. Магний (Mg) и хром (Cr) образуют устойчивые карбиды и повышают содержание углерода (С) в чугуна. По мере опускания рудной части в горн печи и последовательного восстановления оксидов железа до металла, в зоне первичного шлакообразования в средней части шахты печи происходит постепенное разделение материалов на металл и шлаковую часть. При науглероживании свежевосстановленного металлического железа до 2,0 % температура его плавления снижается с 1535 °С до 1330 °С и этот сплав чугуна стекает в горн, где содержание углерода (С) при контакте чугуна с коксом увеличивается до 4,3 – 4,6 %, а температура плавления понижается до 1150 °С. Аналогично меняются состав и свойства первичного шлака по мере опускания его в горн печи, где в его состав войдет зола кокса и ПУТ. Доменная шихта рассчитывается таким образом, чтобы вязкость (жидкотекучесть) конечного шлака, состоящего в основном из оксидов кремния, алюминия, кальция, магния (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO), была достаточной для свободного выхода его из печи во время выпуска чугуна. В большинстве случаев это достигается при основности шлака по CaO/SiO_2 , равной 0,8 – 1,0. Разная удельная плотность металла и шлака обуславливает их разделение в горне печи на два слоя. При накоплении в горне достаточного количества жидких продуктов плавки производят их выпуск через чугунную летку. Число выпусков чугуна в сутки на доменной печи составляет от 6 до 12. При совместном выходе чугуна и шлака их разделение происходит в скиммерном устройстве главного горнового желоба. Чугун сливают в чугуновозный ковш и отправляют в сталеплавильный цех, а шлак – в шлаковую чашу для переработки или сразу гранулируют на припечной гранустановке. Температура чугуна при выпуске его из печи примерно 1420 – 1480 °С, а шлака – 1510 – 1530 °С. Для снижения выброса газов на литейный двор во время выпусков продуктов плавки транспортные желоба оборудуют укрытиями и системами улавливания и очистки аспирационных газов от пыли. Выплавленный жидкий чугун поставляется в кислородно-конвертерный цех в чугуновозных ковшах вместимостью 70 – 100 тонн чугуна или в ковшах миксерного типа вместимостью до 500 тонн чугуна.

Из одной чугунной летки за один выпуск в миксерный чугуновозный ковш наливают до 400 – 500 тонн чугуна. Стойкость футеровки и число наливов чугуна в ковшах миксерного типа больше, чем в ковшах вместимостью 70 – 100 тонн.

На предприятии 1 работа по переработки чугуна идет прямым переливом в чугунозаливочные ковши. После перелива чугун поставляют на участок выплавки стали. За сутки количество переработанного чугуна составляет от 5 000 до 12 500 тонн жидкого передельного чугуна.

Обработка доменного шлака. Конечный доменный шлак имеет примерный химический состав: диоксид кремния (SiO_2) – 37,5 %; триоксид алюминия (Al_2O_3) – 12,3 %; оксид кальция (CaO) – 36,3 %; оксид магния (MgO) – 9,9 %; оксид марганца (MnO) – 0,4 %; оксид железа (FeO) – 0,3 %; оксид титана (TiO_2) – 1,2 %; оксид натрия (Na_2O) – 1 %; оксид калия (K_2O) – 1 %. Основность шлака CaO/SiO_2 – 0,95 – 1,2. Шлак охлаждается водой на припечных грануляционных установках или на отдельно стоящих установках, либо в специальных шлаковых ямах. Наиболее распространенной техникой переработки доменного шлака остается переработка шлака в щебень, являющийся широко востребованным продуктом в дорожном строительстве. Большая часть гранулированного доменного шлака используется при производстве цемента.

При грануляции шлака на припечной гранустановке выходящий во время выпуска шлак стекает по желобу на поток воды гранулятора, дробится и, попадая в бункер-охладитель, охлаждается. Затем полученный гранулированный шлак перекачивается и обезвоживается в специальных секциях, высушивается продувкой воздухом и отгружается. Образующийся при грануляции пар удаляется в атмосферу. Недостатком грануляции доменного шлака является повышенная его влажность, затрудняющая его отгрузку и транспортировку потребителям в зимнее время. Лучшим способом грануляции доменного шлака по ходу его выпуска из печи является полусухая грануляция во вращающемся сетчатом барабане. При таком способе шлак меньше смерзается и не требуется ввод антислеживающих добавок.

3.1.4.4. Производство чушкового чугуна

Жидкий чугун в чугуновозных ковшах отправляется на переработку в конвертерный цех. Кроме этого, в доменном цеху имеются разливочные машины для разливки чугуна в чушки. Поставка жидкого чугуна к разливочным машинам производится в чугуновозных ковшах. Каждый ковш с жидким чугуном устанавливается точно против станков. Наклон ковша с жидким чугуном производится плавно, без рывков. Ленты включаются после того, как в приемной ванне накопится чугун, и его струя сможет достаточно полно заливать мутьды. Чугун, налитый в мутьды, охлаждается водой через брызгала. Количество подаваемой воды должно обеспечивать полное затвердевание чушек в мутьдах при напоре, исключающем разрыв застывшей корки.

Окончательное охлаждение чугуна производится душирующими установками в чугуновозках. Скорость наклона ковша согласовывается со скоростью движения лент разливочной машины так, чтобы весь чугун, наливаемый из ковша, равномерно

наполнял мульды на обеих лентах, получая чушки весом: передельного - не более 55 кг, литейного - не более 45 кг. Обрызгивание мульд известковым раствором производится во время разливки чугуна и после окончания разливки на горячие мульды, чтобы обеспечить быстрое высыхание огнеупорного покрытия с целью предохранения внутренней поверхности мульд от разгара и обеспечения свободного выхода чушек из мульд.

Отправка чугуна на склад холодного чугуна производится после окончательного его охлаждения.

При остановке конвертерного цеха на плановый ремонт образуется избыток жидкого чугуна, который является самостоятельной товарной продукцией. Товарный чугун разливают на двухручьеваой разливочной машине.

Чугун разливается в мульды. Существует технология разливки чугуна в гранулы, подобно получению гранулированного шлака. Такой чугун успешно транспортируется в железнодорожных вагонах и легко дозируется на плавку. Затраты на разливку чугуна в гранулы значительно меньше, чем на обслуживание и поддержание разливочной машины в рабочем состоянии.

3.1.4.5. Энергоэффективность, факторы воздействия на окружающую среду

При производстве чугуна вредными производственными факторами являются:

- высокотемпературные расплавы чугуна и шлака;
- повышенное напряжение в электрической цепи свыше 50 В;
- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура поверхности оборудования и материалов;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли;
- повышенный уровень инфракрасного излучения свыше 140 Вт/м²;
- повышенный уровень производственного шума на рабочем месте свыше 80 дБ;
- повышенная загазованность и запыленность неорганической пылью (ПДК окисью углерода (СО) – 20 мг/м³, неорганической пылью – 6 мг/м³).

Производство чугуна и расход материалов на предприятии 1 за 2015 - 2019 годы приведены в таблице 3.9. Производство чугуна за этот период работы изменялось от 3,16 до 3,76 млн т/год.

Увеличенное количество чугуна необходимо для обеспечения потребностей конвертерного цеха, в котором из-за дефицита металлолома увеличена доля чугуна в металлошихте до 920 кг/т стали. Расход доменного агломерата увеличился с 1,202 т/т (2017 г.) до 1,447 т/т чугуна в 2019 г.

Расход кокса большой (от 577 до 605 кг/т) по сравнению с другими зарубежными заводами, что обусловлено использованием собственного сырья с низким содержанием железа (Fe), высоким содержанием фосфора (P), глинозема и щелочей.

Таблица 3.9. Производство чугуна и расход материалов на производство чугуна

№ п/п	Наименование сырья, материалов на производство	Единица измерения	Расход материалов на единицу продукции (тонна)				
			2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Производство чугуна	т	3233671	3595089	3766322	3153569	3165135
2	агломерат	т	1,311	1,282	1,202	1,292	1,447
3	азот	м³	13,284	24,029	22,039	30,449	28,527
4	вода техническая	м³	46,255	37,338	27,702	34,9	31,435
5	доменное дутье	м³	2053,931	2051,467	2135,016	2252,912	2203,065
6	доменный газ	м³	437,831	506,175	590,677	583,284	598,442
7	кислород	м³	83,639	76,042	82,422	81,939	54,267
8	кокс	т	0,587	0,577	0,594	0,605	0,601
9	мазут	т	0,039	0,042	0,046	0,044	0,04
10	металлодобавки	т	0,044	0,077	0,079	0,04	0,044
11	Окатыши Михайловский ГОК	т	0,	0,027	0,075	0,016	0,031
12	Окатыши Соколовско - Сарбайского ГОК	т	0,377	0,381	0,357	0,385	0,239
13	пар	Гкалл	0,06	0,062	0,055	0,046	0,063
14	Руда Атасуйская	т	0,085	0,052	0,074	0,093	0,097
15	сжатый воздух	м³	73,916	72,375	75,32	75,533	74,902
16	электроэнергия	кВт*ч	19,849	19,489	19,379	19,474	18,302

Таблица 3.10. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

№ п/п	Ресурс	Расход электроэнергии на единицу продукции			
		Единица измерения	ИТС	BREF	КТА

1	2	3	4	5	6
Производство чугуна					
Предприятие 1					
1	Кокс	тонн/т	0,433 – 0,486		0,577 – 0,605
2	Электроэнергия	кВт·ч/т	4,9 – 27,4		18,3 – 19,8
3	Техническая вода	м ³ /т	18,4 – 40,3		27,7 – 46,3

Производство чугуна за эти годы изменялось от 3,15 до 3,76 млн тонн. Удельный расход электроэнергии на выпуск продукции последовательно снижался с 19,849 кВтч/т до 18,302 кВтч/т. Это объясняется последовательным увеличением попутно использованного доменного газа с 437,831 м³/т до 598,442 м³/т.

По всей технологической цепочке производства чугуна в местах выгрузки сырья, складирования, хранения пылящих материалов на открытых площадках, дозирования компонентов шихты на различном оборудовании, работе уравнивающих клапанов при загрузке печи, выпуске чугуна и шлака, транспортировки отходов производства и готовой продукции имеются организованные и неорганизованные выбросы (эмиссии) загрязняющих веществ в виде пыли, газов, образования отходов, образования сточных вод.

Основными процессами, в результате которых происходит загрязнение окружающей среды, являются: приемка, складирование, усреднение сырья, дозирование компонентов шихты, выпуск чугуна, шлака, оборотный цикл водоснабжения.

Воздействие на атмосферу

При производстве чугуна происходят неорганизованные и организованные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ с твердыми компонентами – углерод (С), оксиды железа (Fe₂O₃, FeO), кремния (SiO₂), магния (MgO), алюминия (Al₂O₃), марганца (MnO), кальция (CaO); газообразными компонентами – окислы азота (NO₂, NO), диоксид серы (SO₂), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO₂), сероводород (H₂S), бенз(а)пирен.

Основными источниками выбросов вредных веществ являются бункерные эстакады, над- и подбункерные помещения, загрузочные устройства и литейные двory доменных печей, воздухонагреватели, разгрузка пылеуловителей доменных печей, свечи для сжигания избытков доменного газа.

На рисунке 3.13. представлены удельные показатели выбросы основных маркерных загрязняющих веществ по предприятию 1 за 2015 – 2019 гг.



Рисунок 3.13. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ

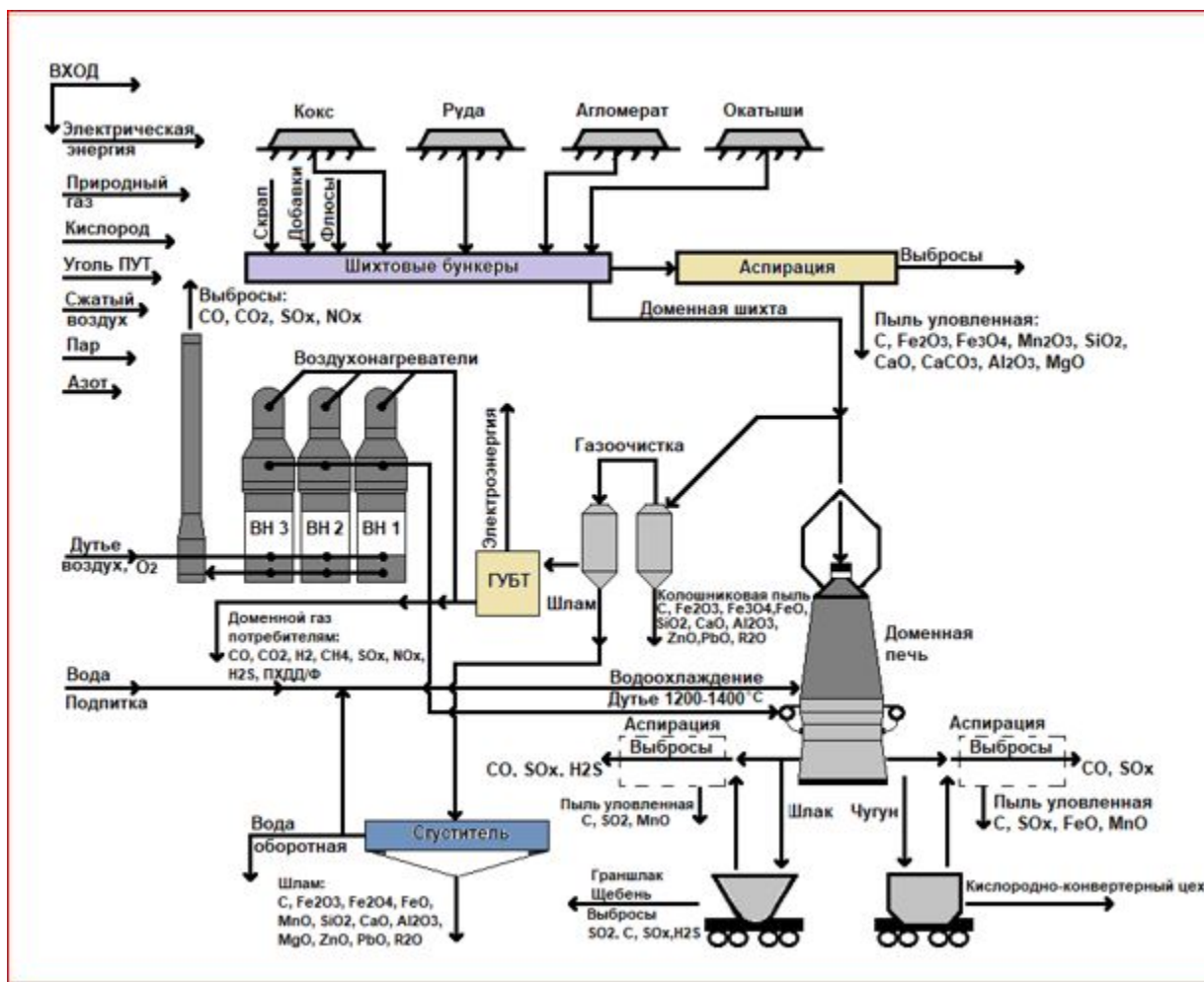


Рисунок 3.14. Технологическая схема производства чугуна в доменной печи, видов и мест выделения эмиссий

Доменные печи предприятия 1, а также (над и под бункерные помещения) оборудованы системой электрофильтров с эффективностью очистки 95 – 99 %. Литейные дворы оборудованы системой очистки – рукавных фильтров, эффективность очистки 98,74 % и системой электрофильтров с КПД очистки до 99 %. Фактические концентрации выбросов пыли от литейного двора составляют 32 мг/м³ (рукавный фильтр) и 92 мг/м³ (электрофильтр).

Доменный газ после двухступенчатой очистки от пыли используется в качестве топлива в цехах комбината. При транспортировке доменного газа к потребителям не допускается утечки доменного газа. Избытки доменного газа, при необходимости, дожигаются на свечах дожигания (относятся к газовому цеху), что позволяет снизить выбросы оксида углерода (СО) на 95 %.

Водопотребление, водоотведение и воздействие на поверхностные и подземные воды

Источником водоснабжения процесса выплавки чугуна является оборотная вода из прудов-охладителей. Назначение - водоохлаждение оборудования, приборов и элементов доменных печей, приготовление известкового молока (безвозвратное потребление), душирования мульд и чушек, охлаждения конвейера, при грануляции доменного шлака (безвозвратные потери - испарение), на участке приготовления леточной массы (безвозвратное потребление – увлажнение желобной массы).

Предприятия РК поддерживают замкнутые циклы в производстве чугуна. Водозабор осуществляется только в случаях значительных безвозвратных потерь.

В связи с использованием оборотной, замкнутой системы, сброс сточных вод в поверхностные природные водные объекты отсутствует.

Производство располагается на специально оборудованных площадках, сам процесс непосредственно располагается в специальных цехах и зданиях, территория вокруг чаще всего имеет асфальтированное или бетонное покрытие, непосредственного воздействия с почвенным покровом нет, все смывы с поверхности имеют организованный сбор, в связи с чем воздействия на подземные воды не происходит. Сброс сточных вод на рельеф или почвенный покров, в подземные пространства не производится, все пруды-охладители имеют техническое обустройство для предотвращения взаимодействия с окружающей средой.

На предприятии 1 отработанные сточные воды сбрасываются в промливневую канализацию с последующим отведением в пруд-охладитель. В таблице 3.11. представлены показатели водопотребления для предприятия 1 при производстве чугуна 3184,8 тысяч тонн.

Таблица 3.11. Водопотребление, повторное использование при производстве чугуна

№ п/п	Наименование	Показатели
1	2	3

1	Безвозвратное потребление, тысяч м ³ в год, из них	29,86
1.1	- техническая вода	29,86
1.2	- хозяйственная вода	-
2	Возврат в оборотный цикл, тысяч м ³ в год	4279,02
3	Безвозвратные потери, тысяч м ³ в год, из них:	9,25
3.1	- техническая вода	9,25
3.2	- хозяйственная вода	-
4	Водоотведение, тысяч м ³ в год	191414,73

Образование отходов производства и потребления

Отходами производства являются скрап литейного двора, уловленная в сухом пылеуловителе колошниковая пыль, шламы системы мокрой очистки доменного газа. Пыль, уловленная в системе мокрой газоочистки, подается в виде шлама в специальные бассейны-отстойники, где шлам сгущается и откачивается со дна сгустителя, очищенная вода поступает в оборотный цикл водоснабжения. Шламы системы мокрой газоочистки доменного процесса содержат повышенное количество цинка и щелочей, поэтому могут иметь ограниченное применение в рециклинге. Как правило, этот шлам выводится из оборота и размещается либо в прудах-отстойниках, либо в шламохранилищах.

Максимальный объем образования доменного шлама на предприятии 1 составляет 35,8 тысяч тонн, из них 100 % размещается на собственных специализированных площадках.

Очищенный доменный газ поступает в общезаводскую сеть и используется в качестве топлива в прокатных цехах и в паросиловом цехе, на электростанции.

В процессе отсева образуется аспирационная пыль, коксовая мелочь (отсев кокса) и твердые бытовые отходы. Отсев кокса образуется в результате грохочения кокса перед загрузкой в доменную печь, по мере накопления отправляется на аглопроизводство для повторной переработки. ТвУрдо-бытовые отходы собираются в контейнерах, затем вывозятся автотранспортом на полигон ПБО. Максимальный объем образования коксовой мелочи составляет 210792 тонн, которые в полном объеме перерабатываются на собственном предприятии.

В процессе выпуска расплавленного чугуна по желобам, обсыпанным кварцевым песком, образуется песок спаянный кварцевый (максимальное количество образования - 3900,692 тонн), который по мере накопления вывозится железнодорожным транспортом на отвал сталеплавильных шлаков.

3.1.5. Производство стали в кислородных конвертерах

Конвертерное производство – получение стали в сталеплавильных агрегатах-конвертерах путем продувки кислородом составляющих шихты плавки (жидкий чугун и металлолом). Основные цели:

снижение содержания углерода (С) до требуемого уровня (с 4,0 – 4,5 % в чугуне до 0,01 – 0,4 % в расплаве металла в зависимости от планируемой к производству марки стали);

окисление кислородом содержащихся в чугуне примесей: фосфор, кремний, марганец, сера (P, Si, Mn, S) и др., с последующим их удалением из расплава в шлак.

В состав конвертерного цеха, как правило, входят следующие основные производственные отделения: приема жидкого чугуна (миксерное отделение; отделение перелива жидкого чугуна); приема и подготовки металлолома и шлакообразующих материалов (шихтовое отделение); десульфурации чугуна; приема и подготовки ферросплавов; выплавки стали; внепечной обработки стали; подготовки сталеразливочных и промежуточных ковшей; разливки стали на МНЛЗ и/или в изложницы (слитки); переработки шлаков; обработки непрерывнолитых заготовок; обработки слитков; отгрузки готовой продукции.

Прием и подготовка материалов к плавке заключается в следующих процессах: прием жидкого чугуна, усреднение химического состава жидкого чугуна в стационарном миксере, перелив из чугуновозных ковшей или чугуновозных ковшей миксерного типа в чугунозаливочные ковши.

Из доменного цеха (производства) жидкий чугун поступает в сталеплавильный цех (производство) в чугуновозных ковшах или в чугуновозных ковшах миксерного типа. При наличии в сталеплавильном производстве миксерного отделения чугун из чугуновозных ковшей сливают в стационарный миксер для усреднения чугуна по составу и температуре. Затем осуществляется перелив жидкого чугуна из миксера в чугунозаливочные ковши и передача их в загрузочный пролет конвертерного отделения. При отсутствии миксерного отделения чугун из чугуновозных ковшей или из чугуновозных ковшей миксерного типа в отделении перелива чугуна напрямую переливают в чугунозаливочные ковши. После наполнения чугунозаливочного ковша производят взвешивание и измерение температуры чугуна, отбор пробы для определения химического состава. При необходимости по результатам измерения температуры корректируют расход чугуна на плавку.

Подготовка твердой металлической шихты и шлакообразующих материалов. Металлолом, используемый в конвертерной плавке, проверяется и обезвреживается от взрывоопасных и легковоспламеняющихся предметов. Металлолом доставляется к конвертерам в совках (лотках). Для наводки шлака применяется свежеебожженная известь с установленным фракционным составом, содержанием оксидов кальция,

магния $\text{CaO} + \text{MgO}$ и нормируемыми потерями при прокаливании. В качестве шлакообразующих материалов применяются также флюсы, содержащие оксид магния (MgO).

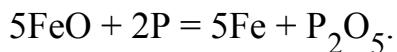
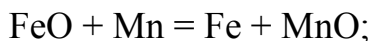
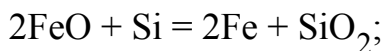
Десульфурация чугуна. При необходимости снижения серы чугун направляют на установки десульфурации чугуна. В качестве десульфураторов используют порошкообразную известь, соду, карбид кальция, гранулированный магний или смеси нескольких реагентов. Снижение содержания серы (S) в чугуне осуществляют на установках десульфурации чугуна методом вдувания порошкообразных материалов (десульфураторов) в расплавленный чугун.

Прием и подготовка ферросплавов. Требования к химическому составу стали задаются диапазонами содержания элементов, а получение химического состава стали в заданных диапазонах достигается с помощью введения ферросплавов в расплав. При необходимости ферросплавы прокаливают.

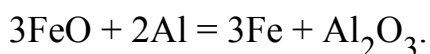
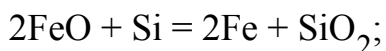
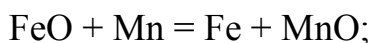
Выплавка стали. После выпуска очередной плавки производится осмотр футеровки конвертера и сталевыпускного отверстия. При удовлетворительном состоянии футеровки конвертера после выпуска плавки осуществляется подготовка шлака для нанесения шлакового гарнисажа. При неудовлетворительном состоянии футеровки конвертера производится локальный или капитальный ремонт футеровки. Для подготовки шлака для нанесения шлакового гарнисажа на футеровку конвертера используется сырой, обожженный, офлюсованный доломит, бой шибберных плит, известь и каменный уголь (антрацит, кокс). Расход материалов зависит от количества и состояния шлака предыдущей плавки. Шихта плавки конвертера состоит из жидкого чугуна и твердой металлической части шихты в определенном соотношении. Загрузка шихты в конвертер начинается с завалки металлолома. Во избежание разрушения футеровки конвертера сначала загружается совок (лоток) с легковесным ломом, а затем с тяжеловесным. После завалки металлолома, при необходимости, производится его прогрев. Затем осуществляется заливка жидкого чугуна.

При недостаточном теплосодержании чугуна, необходимого для ведения плавки, может применяться технология предварительного подогрева металлической части шихты за счет сжигания теплоносителя (коксика, антрацита) в струе кислорода. При необходимости переработки избыточного количества чугуна в качестве охладителей применяют железорудные окатыши, известняк и сырой доломит. После заливки чугуна конвертер устанавливается в вертикальное положение, опускается фурма и начинается продувка плавки технологическими газами, преимущественно кислородом (основной газ). При продувке кислородом в реакционной зоне развиваются температуры до 2200 – 2500 °С, что превращает реакционную зону в очаг разогрева всей ванны. Вдуваемый

кислород прежде всего взаимодействует с железом. Образующийся оксид железа частично переходит в шлак, частично растворяется в металле и окисляет примеси, содержащиеся в чугуне:



Эти химические реакции проходят с выделением большого количества тепла. С понижением содержания в металле кремния и марганца повышается температура и возрастает скорость окисления углерода (С) как за счет взаимодействия с оксидами железа, так и за счет прямого воздействия газообразного кислорода. Регулируя интенсивность продувки, обеспечивают низкое содержание углерода (С) в полупродукте (менее 0,04 %) без переокисления металла и шлака, после чего осуществляется выпуск металла в ковш. Окислительный характер плавки приводит к высокой концентрации кислорода в виде оксидов железа в металле, в связи с чем проводят его удаление раскислением металла марганцем, кремнием и алюминием по реакции:



Конвертер представляет собой поворачивающийся на цапфах сосуд грушевидной формы, футерованный изнутри огнеупорами и снабженный леткой для выпуска стали и отверстием сверху (горловиной) для ввода в полость конвертера кислородной фурмы, отвода газов, заливки чугуна, загрузки лома и шлакообразующих и слива шлака. Конвертера по емкости могут вмещать от 135 – 370 тонн расплавленного металла. Конструктивно конвертера емкостью от 135 – 160 тонн могут изготавливаться глухонными или со вставным днищем. Конвертеры большой емкости изготавливаются преимущественно глухонными. Образующийся в процессе продувки отходящий газ называется конвертерным газом и содержит в основном оксид углерода (СО).

По способу отвода конвертерного газа в атмосферу газовые тракты конвертеров делятся на три группы:

системы, работающие с подсосом воздуха через зазор между конвертером и котлом-утилизатором и полным дожиганием выделяющегося оксида углерода (СО), т. е. с коэффициентом расхода воздуха $a > 1$;

системы, работающие без доступа воздуха в газовый тракт и без дожигания оксида углерода (СО);

системы, работающие с частичным дожиганием оксида углерода (СО) в котле-утилизаторе, т. е. при $1 > a > 0$.

Работа системы с полным дожиганием позволяет в полной мере утилизировать физическое и химическое тепло конвертерного газа. Регламент работы в режиме с частичным дожиганием отходящих газов должен включать контроль:

- расхода отходящих дымовых газов;
- расхода кислорода;
- объемной доли окиси углерода (CO) в отходящих газах.

По этой технологии отходящие газы дожигаются в небольшом объеме в котле-утилизаторе, и основная их часть сжигается на свече. Работа газоотводящего тракта в режиме без дожигания применяется в основном в случае, когда реализуется сбор конвертерного газа в газгольдер с последующим использованием его в качестве энергетического ресурса. Во всех иных случаях работа системы осуществляется в режиме с частичным дожиганием.

Количество необходимого кислорода, расходуемого на плавку, обуславливается содержанием углерода (C), кремния оксида (SiO), фосфора (P) в исходной шихте. Окончание конвертерной плавки осуществляют по пробе металла. Отбор проб металла осуществляется после расчетного окончания продувки металла кислородом с наклоном конвертера при скачивании части шлака или с применением специального зонда без наклона конвертера.

Продувку плавки осуществляют в соответствии с технологическими схемами продувки с контролем следующих параметров:

- массы, химического состава и температуры заливаемого в конвертер чугуна;
- массы и вида (сорта) загружаемого в конвертер металлического лома;
- массы и вида загруженных в конвертер до начала продувки шлакообразующих материалов, теплоносителя и т. п.;
- вида, массы охладителей и шлакообразующих материалов, которые планируется присаживать в конвертер во время продувки, расходы которых (в том числе извести, доломита, магнезиальных флюсов) определяются в зависимости от химического состава исходных материалов, условий технологии и заданным химическим составом готовой стали.

Продолжительность первого периода продувки (период шлакообразования) устанавливают в зависимости от стойкости футеровки конвертера, состава твердой металлической шихты, результатов обработки чугуна на установке десульфурации и вида перерабатываемого жидкого чугуна в соответствии с требованиями нормативных документов. В период интенсивного обезуглероживания поддерживают в отходящих газах объемную долю оксида углерода (CO) в пределах 30 – 60 %. Период продувки заканчивают при достижении объемных долей оксида углерода (CO) менее 1 %. После окончания продувки производят наклон конвертера для измерения температуры расплава и отбора проб металла и шлака с целью определения химического состава. При получении заданной температуры перед выпуском при необходимости измеряют

окисленность металла. В шлаке определяют массовые доли оксидов кальция и кремния (CaO , SiO_2), железа общего ($\text{Fe}_{\text{общ}}$), оксида магния (MgO), серы (S), оксида фосфора (P_2O_5) и его основность (отношение суммы массовых долей оксидов кальция и магния (CaO и MgO) к массовой доле диоксида кремния (SiO_2))

Выпуск расплава из конвертера в сталеразливочный ковш, присадка ферросплавов, раскислителей и других добавок. Выпуск расплава из конвертера в сталеразливочный ковш производят при готовности машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) или разливочного состава с изложницами при разливе в слиток, с учетом продолжительности внепечной обработки, времени транспортировки ковша для обеспечения необходимой температуры разливаемой жидкой стали. Ферросплавы, раскислители (алюминий вторичный фракционированный или его сплавы) и добавки (например, карбид кальция) следует вводить в ковш во время выпуска расплава из конвертера строго по расчету. Расплав раскисляют в соответствии с технологической схемой раскисления. Ферросплавы при необходимости подогревают для ускорения их проплавления. Во время выпуска расплава необходимо перемещать сталеvoz с ковшом так, чтобы ферросплавы и другие присаживаемые материалы (твердые шлаковые смеси, известь) попадали под струю для лучшего распределения их по объему ковша. Выпуск металла производится через сталевыпускное отверстие. Обработку расплава синтетическими шлаками осуществляют во время выпуска расплава из конвертера, одновременно подавая струю жидкого шлака на струю жидкой стали. Синтетический шлак предварительно выплавляют и нагревают до температуры ~ 1600 °C в электродуговой печи и перед обработкой расплава выпускают в специально подготовленный шлаковый ковш. При выпуске расплава из конвертера производят отсечку конвертерного шлака. После выпуска расплава оставшаяся в конвертере часть шлака наносится на футеровку конвертера в виде гарнисажа. Остальной шлак сливают через горловину конвертера в шлаковую чашу.

Внепечная обработка расплава. После выпуска расплава из конвертера для доведения его химического состава и температуры до требуемого уровня сталеразливочный ковш с расплавом направляют на внепечную обработку. Внепечная обработка является ключевым звеном современных процессов получения качественной стали. Наиболее широко внепечная обработка используется при производстве высокопрочных конструкционных марок стали для машиностроения, судостроения, газонефтяного комплекса (особенно для изделий, работающих в условиях низких температур), автомобильной промышленности, электротехники.

Главные цели технологии внепечной обработки:

перемешивание и усреднение (гомогенизация);

корректировка и доведение химического состава до заданных значений;

обеспечение требуемой температуры металла перед началом процесса разлива;

дегазация (удаление нежелательных газов, таких как водород и азот);

обеспечение чистоты металла по неметаллическим включениям за счет интенсификации перемешивания.

Эти операции выполняются в ковше на установке доводки металла, в агрегате "ковш-печь", в вакууматоре (циркуляционного, порционного или объемного рафинирования). Выбор способа внепечной обработки определяется технологической схемой производства стали.

Продувку стали инертным газом могут осуществлять отдельно в сталеразливочном ковше на установках доводки металла или применяют как операцию, сопутствующую другим процессам. В качестве инертного газа используют в основном аргон, реже азот. Продувку инертным газом используют также для регулирования температуры металла в ковше.

Наиболее эффективным приемом внепечной обработки стали является комплексная обработка расплава в сталеразливочном ковше на агрегатах "ковш-печь", обеспечивающих нагрев и перемешивание стали в ковше, ее усреднение и корректировку химического состава. Агрегат "ковш-печь" представляет собой установку, состоящую из крышки для ковша с отверстиями, через которые установлены три электрода. Под крышку помещается сталеразливочный ковш с металлом после выпуска из конвертера для проведения внепечной обработки стали. Кроме того, в состав установки "ковш-печь" обычно также входят средства для перемешивания металла инертным газом, система подачи ферросплавов и материалов для усреднения стали в ковше.

Вакуумирование металла осуществляют главным образом на сталях специального назначения с повышенными требованиями по содержаниям газов и неметаллическим включениям. После интенсивной дегазации в металл сверху из помещенного в вакуумной камере бункера вводят раскислители, ферросплавы и другие добавки. После окончания внепечной обработки стали плавку передают на разливку.

Подготовка сталеразливочных и промежуточных ковшей. Для обеспечения бесперебойной и безопасной работы конвертерного цеха (производства) осуществляют регламентные работы по подготовке сталеразливочных и промежуточных ковшей.

Сталеразливочный ковш представляет собой цилиндрическую емкость, изготовленную из металла, с цапфами для подъема и транспортировки мостовыми кранами, футерованную изнутри огнеупорами. Подготовку и регламентный ремонт сталеразливочных ковшей организуют и выполняют на специализированных стендах.

После окончания разливки металла из сталеразливочного ковша сливают шлак в шлаковую чашу, затем ковш транспортируют в отделение подготовки ковшей. Ковш устанавливают на стенд, оборудованный охлаждающим устройством. После охлаждения футеровки ковш устанавливают на стенд, оборудованный манипулятором для снятия и установки шибберных затворов и устройством для выдавливания стаканов.

После снятия шиберного затвора и выдавливания стакана сталеразливочный ковш устанавливают на поворотный стенд, где осматривают футеровку и удаляют скрап и остатки шлака. Далее ковш возвращают на стенд, где устанавливают новый шиберный затвор и проверяют его работу. Затем в ковш опускают кессон, с помощью которого устанавливают стакан и уплотняют гнездо, после чего ковш переносят на стенд, оборудованный устройством для сушки и разогрева ковша. Разогретый сталеразливочный ковш транспортируют к конвертеру.

Подготовка промежуточных ковшей к разливке: перед началом разливки стали производят сушку и предварительный разогрев промежуточных ковшей на специальном стенде участка подготовки промковшей. Окончательный разогрев и поддержание рабочей температуры футеровки промежуточных ковшей производят на стендах разогрева, расположенных на рабочей площадке МНЛЗ. Производится подключение горелок для разогрева футеровки ковша.

Канал стакана промежуточного ковша прогревается как специально установленными горелками снизу, так и при помощи верхних горелок. Для обеспечения стабильной и непрерывной работы МНЛЗ разливку стали начинают при наличии на рабочей площадке двух разогретых промежуточных ковшей.

Разливка стали на МНЛЗ или в изложницы (слитки). Сталь после выпечной обработки направляется на разливку. Разливку стали осуществляют на МНЛЗ или в изложницы (слитки).

Разливка стали на МНЛЗ производится методом "плавка на плавку" без прерывания разливки одной плавки. После наполнения промежуточного ковша не менее чем на одну треть его высоты, начинается заполнение кристаллизатора сталью. По мере выхода сформировавшегося слитка из кристаллизатора подают воду на вторичное охлаждение. Режим вторичного охлаждения выбирают исходя из типа разливаемой стали и сечения заготовок.

Вода, используемая для охлаждения стали и оборудования МНЛЗ, предварительно проходит реагентную обработку. Массовая концентрация взвесей и нефтепродуктов в воде не должна превышать установленные нормативами требования. Рабочую скорость разливки выбирают в зависимости от типа стали и сечения заготовок.

В течение разливки каждой плавки измеряют температуру стали в промежуточном ковше. После окончания разливки производят закрытие шиберного затвора. Снижают скорость разливки, перемещением стенда производят замену сталеразливочных ковшей

После прекращения подачи стали в кристаллизатор подают воду в таком количестве, чтобы происходило ее полное испарение. В зависимости от конструкции кристаллизатора выделяют следующие типы МНЛЗ:

- криволинейного типа;
- радиального типа;

вертикального типа.

По виду разливаемой заготовки: сортовые; слябовые.

Разливка стали в изложницы (слитки). На ряде металлургических заводов для получения слитков сталь разливают в изложницы (слитки). Изложницы изготавливают из чугуна, реже – из стали. Форма поперечного сечения изложниц может быть квадратной (для получения слитков, прокатываемых на сортовой прокат), прямоугольной (для слитков, прокатываемых на лист), круглой (для прокатки труб) и многогранной (для изготовления крупных поковок). Перед разливкой стали в изложницы (слитки) их тщательно очищают от остатков стали предыдущего выпуска, затем подогревают до 80 – 120 °С и покрывают специальными обмазками.

Применяют следующие способы разливки стали в изложницы (слитки):

в изложницы сверху (применяют при получении крупных слитков);

в изложницы сифоном (сталью заполняются одновременно от 2 до 60 изложниц, установленных на поддоне, через центровой литник, каналы и каналы в поддоне, т. е. эта разливка основана на принципе сообщающихся сосудов).

Слитки в изложницах поступают из разливочного отделения в отделение раздевания слитков или стрипперное отделение для подготовки к последующей посадке слитков в нагревательные колодцы (печи) блюминга или слябинга.

Обработка непрерывнолитых заготовок и слитков. Непрерывнолитые заготовки и слитки перед отгрузкой на следующий передел проходят обработку с целью контроля и удаления дефектов.

Обработка непрерывнолитых заготовок. Непрерывнолитые заготовки подают на специальные площадки, где производят визуальный осмотр поверхности и при необходимости осуществляют огневое осветление поверхности заготовок, удаление дефектов. Выявленные дефекты (трещины, шлаковые включения, завороты, наплывы, механические повреждения и др.), связанные с производством, транспортировкой и охлаждением заготовок и имеющие недопустимую степень развития, удаляют огневой зачисткой, для сталей с более высоким содержанием С и высоколегированных применяют абразивную зачистку во избежание образования трещин.

Обработка слитков. Слитки, разлитые в изложницы, передают на дальнейшую обработку с целью удаления дефектов. При выборе способа удаления поверхностных дефектов со слитков учитывают степень пораженности слитка поверхностными дефектами (имеется в виду площадь распространения дефектов и глубина их залегания), характер дефектов, физические свойства зачищаемой стали, назначение в дальнейшем готового проката и его размеры. При удалении отдельно залегающих на поверхности металла дефектов применяют местную зачистку. Сплошную зачистку применяют при наличии большого числа дефектов, расположенных по всей поверхности слитка. Для сталей с более высоким содержанием С и высоколегированных применяют абразивную зачистку во избежание образования трещин. Иногда применяют комбинированный

способ зачистки, при котором отдельные, глубоко залегающие дефекты, удаляют пневматической вырубкой, а мелкие дефекты, распространенные на большой площади, – абразивной зачисткой.

К примеру, на предприятии 1 технологический процесс производства стали состоит из следующих этапов:

шихтовка стали: легковесный, тяжеловесный стальной лом, чугунный лом, жидкий чугун;

продувка плавки кислородом: давление не менее 14 атм., чистота кислорода 99,5 %, интенсивность 700 м³/мин, ср. продолжительность 25 мин.;

шлакообразование: шлакообразующие - известь, мягкообожженный доломит;

скачивание шлака;

додувка: при необходимости корректировки плавки на углерод, фосфор, серу (С, Р, S); температуру, средней продолжительностью 0,3 мин.;

выпуск плавки;

раскисление стали в ковше. Раскислители: FeMn, FeSi, SiMn, Al;

обработка на установке доводки металла (УДМ): корректировка на окисленность алюминиевой проволокой с помощью трайб-аппарата. усреднительная продувка (аргоном, азотом) 2 – 3 мин.



Рисунок 3.15. Выход слябов из МНЛЗ

Переработка и утилизация шлаков сталеплавильного производства являются обязательными элементами безотходной технологии. В настоящее время разрабатываются технологии получения из шлаков абразивных материалов; отрабатываются методы сухой и мокрой грануляции жидких сталеплавильных шлаков. Особенно перспективна организация сухой грануляции, при которой одновременно можно решить две задачи: сокращение потребления воды и повышение энергоэффективности за счет использования выделяемого тепла. Извлечение скрапа из шлака в основном ведется с помощью дробильно-сортировочных установок.

15	электроэнергия	кВт*ч	59,421	60,082	54,615	52,23	57,961
16	чугун передельный	т	1,092	0,905	0,911	0,920	0,917
17	азот	м ³	44,726	44,92	35,968	51,182	68,245
18	аргон	м ³	0,454	0,467	0,472	0,506	0,476

Таблица 3.13. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

№ п/п	Ресурс	Расход электроэнергии на единицу продукции			
		Единица измерения	ИТС	BREF	КТА
1	2	3	4	5	6
Производство стали в конвертерах					
Предприятие 1					
1	Электроэнергия	кВт*ч/т	19 – 72,4		52,23 – 60,08

Производство стали за рассматриваемый период изменялось с 3,30 до 4,04 млн т/год. С пуском МНЛЗ уменьшилось количество оборотного лома (обрезы слябов), поступающих из обжимного цеха, в результате чего в составе металлошихты увеличена доля жидкого чугуна с 816,8 до 905 - 1092 кг/т стали. При переработке чугуна, содержащего более 0,350 % фосфора (P) получение качественной стали возможно при ведении конвертерного процесса со скачиванием промежуточного шлака.

Ведение конвертерного процесса со скачиванием промежуточного шлака увеличивает продолжительность плавки с 50,0 до 56,4 мин. за счет повышения продолжительности продувки на 2,65 мин., скачивания шлака на 4,5 мин.

Расходы материальных и топливных ресурсов при производстве стали на предприятии 1 выше по сравнению с другими аналогичными металлургическими комбинатами. Это обусловлено использованием собственного сырья с низким содержанием железа, высоким содержанием фосфора, глинозема и щелочей.

Для обеспечения минимально возможных выбросов в атмосферу интенсивность подачи кислорода во время продувки металла ограничивается 700 м³/мин. Превышение ограничивающей величины на 15 % значительно увеличивает выбросы пыли и оксид углерода (CO) в атмосферу.

Производство стали в конвертерном цехе (производстве) по всей технологической цепочке сопровождается воздействием на атмосферу, воздух рабочей зоны, поверхностные и подземные воды, образованием отходов производства и потребления.

Воздействие на атмосферу

При производстве конвертерной стали происходят выбросы в атмосферу вредных веществ: пыль, оксиды алюминия, железа, кальция, магния, марганца, цинка, азота (Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, CaO, MgO, MnO, ZnO, NO₂, N₂O), диоксид серы (SO₂), оксид

углерода (CO), диоксид углерода (CO₂), сажа, бенз(а)пирен. Приоритетными веществами в выбросах конвертерного производства являются оксид углерода (CO) и пыль неорганическая (взвешенные вещества). Также воздействие оказывают тепловое излучение, шум, вибрация и электромагнитное излучение.

В дымовых газах, отходящих от конвертеров, кроме оксида углерода (CO) и пыли, содержатся окислы азота (NO_x), диоксид серы (SO₂). Конвертерный процесс выплавки стали заключается в окислении и удалении с отходящими газами и со шлаком из металлошихты примесей: углерод (C), оксид кремния (SiO), сера (S). Это происходит в результате взаимодействия между собой двух фаз: жидкой (металл, шлак) и газообразной (кислород дутья). При работе топливопотребляющих агрегатов и устройств (сушка и нагрев футеровки ковшей и т.д.) в качестве топлива в цехе используется коксовый газ, при сжигании которого в атмосферу поступают оксид углерода (CO), оксиды серы (SO_x) и окислы азота (NO_x).

Основные источники выбросов – конвертеры (завалка, заливка, слив металла), аспирационные установки мест пересыпки, обмывки ковшей.

На рисунке 3.16. представлены удельные показатели выбросов загрязняющих веществ при производстве конвертерной стали за 2015 – 2019 гг. (предприятие 1).



Рисунок 3.16. Показатели удельных выбросов загрязняющих веществ

Фактическая концентрация выбросов пыли при производстве стали в конвертерах оставляет не более 70 мг/м³.

Для снижения эмиссий на предприятии 1 за конвертерами установлена система двухступенчатой очистки. Система состоит из следующих основных элементов: система охлаждения отходящих газов, система гидравлики, скруббер предварительной очистки, скруббер с кольцевым зазором и каплеуловители, эксгаустер и факельная система. Для улавливания неорганизованных выбросов, возникающих во время технологического процесса кислородной выплавки стали используется система вторичной газоочистки. Выбросы, собранные во время загрузки, выпуска конвертера, собираются в газовом коллекторе, смонтированном выше конвертов и ковшей и напрямую идущие через соединяющий газопровод к фильтру системы пылеулавливания. Аспирационные установки трактов подачи сыпучих материалов в конвертере оборудованы аспирационными установками с сухой очисткой воздуха в циклонах.

Водопотребление, водоотведение и воздействие на поверхностные и подземные воды

Водоснабжение потребителей конвертерного производства технической водой осуществляется по водооборотным системам:

- система водоснабжения шихтоподготовительного отделения;
- система водоснабжения технологических агрегатов конвертерного отделения;
- система водоснабжения технологических агрегатов участка разлива стали;
- система водоснабжения газоочисток конвертерного газа;
- система водоснабжения химически очищенной водой котлов-утилизаторов.

Водоснабжение конвертерного цеха осуществляется повторно используемой водой. Вода используется, в основном, для охлаждения элементов конструкций кислородных конвертеров, кислородных продувочных фурм, "юбок" конвертеров и т.д.

Система водоснабжения газоочисток конвертерного цеха организована по оборотной схеме.

Вода в газоочистках используется для охлаждения конвертерного газа до температуры 60 – 70 °С, для очистки газов от твердых частиц и гидротранспорта уловленных частиц.

Потери воды при очистке горячих газов определяются величиной испарения и капельного уноса в очистных аппаратах и на градирнях оборотного цикла, расходом шламовой пульпы из радиальных отстойников в ЗШН. Подпитка оборотного цикла производится дренажными водами конвертерного цеха.

Водоснабжение МНЛЗ осуществляется оборотной водой через участок водоподготовки, который имеет в своем составе чистый и грязный оборотные циклы. Чистый оборотный цикл обеспечивает технической водой теплообменники для охлаждения обессоленной охлаждающей воды кристаллизатора и установки "печь-ковш". Цикл имеет в своем составе насосы, градирню с бассейном. Часть воды (

около 25 %) из бассейна отводится на фильтр для осветления, после чего вода возвращается в бассейн.

Грязный оборотный цикл обеспечивает осветленной водой для охлаждения разбрызгиванием МНЛЗ. Очистка оборотной воды осуществляется на 1-ой ступени очистки, в горизонтальных отстойниках и (около 50 %) в механических фильтрах. Осветленная в фильтрах вода охлаждается на 4-х секционной градирне. Подпитка и восполнение продувки оборотных циклов осуществляется водой после охлаждения фурм. Продувочные воды отводятся в ливневый коллектор.

В таблице 3.14. представлены показатели водопотребления для предприятия 1 при выплаке стали 3535,6 тысяч тонн.

Таблица 3.14. Водопотребление, повторное использование при производстве конвертерной стали (Предприятие 1)

№ п/п	Наименование	Показатели
1	2	3
1	Безвозвратное потребление, тысяч м ³ в год, из них	280,87
1.1	- техническая вода	280,87
1.2	- хозяйственная вода	-
3	Возврат в оборотный цикл, тысяч м ³ в год	15095,27
4	Безвозвратные потери, тысяч м ³ в год, из них:	292,93
4.1	- техническая вода	292,93
4.2	- хозяйственная вода	-
5	Водоотведение в пруд-охладитель, тысяч м ³ в год	10890,1

Предприятия РК поддерживают замкнутые циклы в производстве стали. Водозабор осуществляется только в случаях значительных безвозвратных потерь.

В связи с использованием оборотной, замкнутой системы, сброс сточных вод в поверхностные природные водные объекты отсутствует.

Производство располагается на специально оборудованных площадках, сам процесс непосредственно располагается в специальных цехах и зданиях, территория вокруг чаще всего имеет асфальтированное или бетонное покрытие, непосредственного воздействия с почвенным покровом нет, все смывы с поверхности имеют организованный сбор, в связи с чем воздействия на подземные воды не происходит.

Сброс сточных вод на рельеф или почвенный покров, в подземные пространства не производится, все пруды-охладители имеют техническое обустройство для предотвращения взаимодействия с окружающей средой.

Образование отходов производства и потребления

При выплавке стали в конвертерном цехе образуются сталь, шлак и конвертерный газ.

Сталеплавильный шлак, полученный в процессе плавки стали из чугуна, сливается в шлаковые чаши, установленные на шлаковозах. На шлаковом дворе шлак из чаш сливается в шлаковую яму, где охлаждается водой. Охлажденный шлак из ямы экскаватором грузится в думпкары и по железной дороге транспортируется на отвал сталеплавильного шлака. На шлакоотвале шлак подвергается дроблению с целью извлечения скрапа. Извлеченный скрап используется в качестве сырья в конвертерном процессе. Объемы образования сталеплавильного шлака находятся в пределах от 658254,42 до 1036621,6 тонн (предприятие 1), из которых до 60 % используется повторно, оставшаяся часть размещается в отвалах.

Шлам, образовавшийся в результате улавливания и очистки отходящих газов первичных газоочисток конвертеров поступает в отстойники. Система первичной очистки и охлаждения конвертерного газа предназначена для улавливания и очистки отходящих газов от летки конвертеров с температурой до 2000 °С. Очищенный газ направляется на эксгаустер. Выпавший в нижней части отстойников, шлам очистки конвертерного газа откачивается насосами в золошламонакопитель.

Отработанные фурмы, образующиеся в результате усреднительной продувки стали инертным газом аргоном, по мере накопления на специально отведенных участках в конвертерном цехе (в здании), вывозятся в копровый цех на переработку. Максимальный объем образования на предприятии 1 составляет 67,99 тонн.

Отработанные погружные стаканы образуются в процессе литья слябов и по мере накопления вывозятся на отвал сталеплавильный шлаков для последующей переработки. Максимальный образования на предприятии 1 составляет 7,337 тонн.

При производстве стали конвертерным процессом вредными производственными факторами являются: повышенное напряжение в электрической цепи (свыше 50 В); движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; повышенный уровень инфракрасной радиации; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхности оборудования, материалов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности пола; повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.

3.1.6. Производство стали в электродуговых печах

В электродуговых печах различной мощности выплавляют различные марки сталей: инструментальные, углеродистые, подшипниковые, коррозионностойкие, электротехнические и прецизионные сплавы.

Главное здание электросталеплавильного цеха, как правило, имеет шихтовый пролет (шихтовое отделение может находиться в отдельно стоящем крытом здании),

печной пролет и разливочный пролет. В состав электросталеплавильного цеха, как правило, входят следующие основные отделения и участки: отделение подготовки шихтовых материалов; склад электродов; склад ферросплавов; отделение подготовки порошкообразных материалов; склад огнеупоров; отделение ремонта механического и электрического оборудования; подготовки сталеразливочных и промежуточных ковшей; печное отделение; отделение внепечной обработки; отделение разлива; отделение переработка шлаков.

На рисунке 3.17 представлены типичные схемы производства стали с техническими операциями в ДСП и агрегатах внепечной обработки металла. Первая схема предусматривает доведение металла по химическому составу в ковше и десульфурацию стали. Вторая схема позволяет существенно повысить служебные свойства стали, так как в технологическую цепочку включена вакуумная обработка металла, позволяющая снизить содержание вредных примесей: газов (азот (N), водород (H), кислород (O)), неметаллических включений, серы (S).

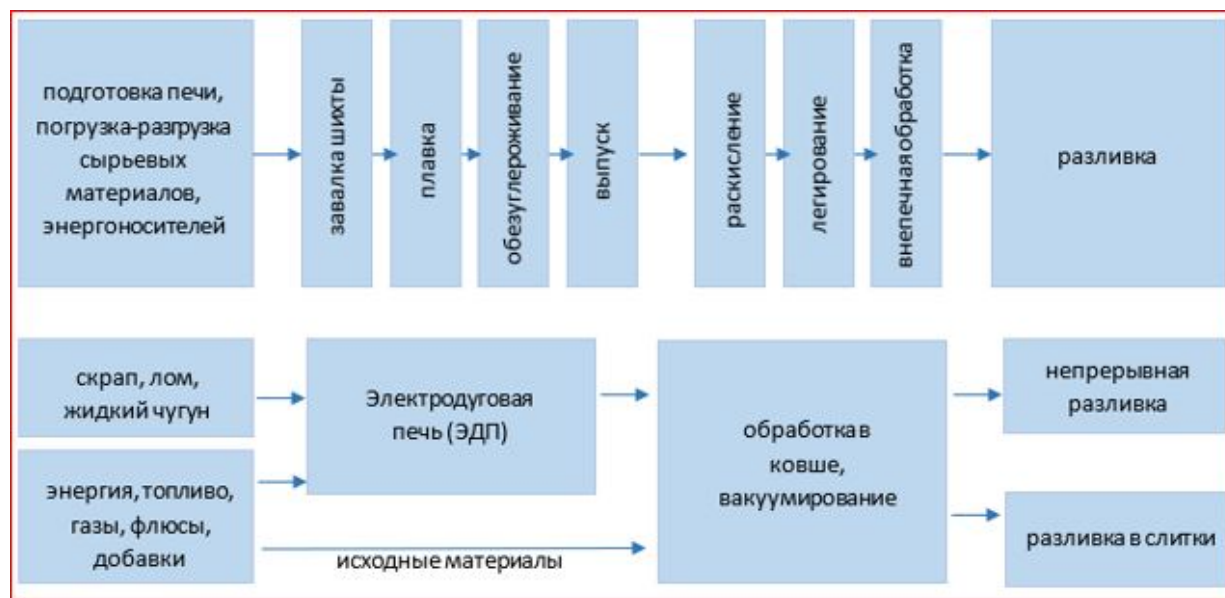


Рисунок 3.17. Технологический процесс производства стали в ДСП, заготовок и слитков

Футеровка подины печи, ее стен и свода выполняются из магнезиальных, магнезитохромитовых, периклазоуглеродистых огнеупоров как штучного изготовления, так и в виде масс. Подина печи выдерживает до 2000 плавов. Применение водоохлаждаемых сводов и стен печи увеличило их стойкость до и более 1000 плавов.

Электропечи оснащают современными системами автоматического управления технологическим процессом АСУ ТП, решающими следующие задачи: контроль параметров и управление электрическим режимом плавки с учетом технологических факторов и реактора электропечи; контроль параметров и управление весодозирующим комплексом; контроль параметров и управление системами подачи альтернативных

источников тепла и вспенивания шлака; контроль состояния и управление механизмами печи, трансформатора и переключателя ступеней напряжения; расчёт количества и управление подачей в печь кислорода для продувки металла и твердых окислителей; контроль параметров водоохлаждаемых элементов печи; контроль параметров и управление системой удаления и очистки газов; вывод данных на монитор оператора, визуализация процесса плавки, передача и получение данных по системе ввода/вывода и пр.

Выплавка стали. Подготовка шихтовых материалов. В настоящее время перечень шихтовых и всевозможных материалов, используемых при выплавке стали в электропечах, весьма широк. Он включает в себя металлический лом, чугуны, ферросплавы, шлакообразующие, огнеупоры и ряд других.

Металлолом, доля которого в металлошихте может достигать 95 %, в ряде случаев является препятствием для выплавки отдельных марок стали, так как содержит медь, олово и другие примеси. Эта проблема решается селекцией видов металлолома и разбавлением металлошихты "первородной" шихтой: металлизированными окатышами или горячебрикетированным железом, чугуном. Металлолом в копровом цехе заранее сортируют по видам.

Металлолом на плавку в ДСП, как правило, подается в контейнерах или загрузочных корзинах. Немагнитный лом для выплавки легированных марок стали подается в мульдах. Для выплавки стали требуется большое количество сыпучих, порошкообразных и шлакообразующих материалов, в том числе применяется свежееобожженная известь кусковая, плавиковый шпат, шамотный бой, кварцевый песок, боксит, железная руда, кокс, молотый ферросилиций, алюминиевый порошок. Эти материалы перед использованием должны быть просушены и прокалены для удаления гигроскопической и гидратной влаги, влияющей на образование флокенов и волосовин из-за попадания в сталь водорода. В ряде случаев, такую подготовку материалов возможно заменить вакуумированием стали.

Прокаливание ведут в специальных печах или мульдах рядом с дуговой печью. Дробление и подготовку сыпучих и порошкообразных материалов ведут в отдельных, рядом стоящих зданиях. Шлакообразующие материалы и ферросплавы доставляются в печной пролет из шихтового отделения мостовым краном в мульдах или в саморазгружающихся бадьях, а на ряде заводов через бункерную эстакаду по системе ленточных конвейеров.

К примеру, на предприятии 3 металлолом поступает железнодорожным и автомобильным транспортом от внешних поставщиков, амортизационный и оборотный лом - собственного металлургического производства. На участке производится разгрузка металлолома в яму, его газовая резка, складирование разделанного и загрузка в завалочные бадьи для подачи на переплавку.

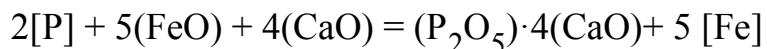
Перед приемкой поступающий металлолом проходит проверку на автомобильных и железнодорожных весах. В шихтовом дворе осуществляется проведение радиационного контроля, обследование лома на взрывобезопасность, рассортировка его по классам, видам и сорту. Для хранения металлошихта разгружается в шихтовую яму при помощи электромостовых кранов. Участок оснащен четырьмя 15-ти тонными электромостовыми кранами, передаточными тележками, гидравлическими ножницами, газокислородными постами для порезки лома.

Подготовка печи. После каждой плавки подина и откосы печи осматриваются, очищаются перед очередной плавкой и заправляются порошкообразным обожженным магнезитом или массами специального состава, а при работе с оставлением части металла от предыдущей плавки – заправляются только откосы. Осуществляется подача к печи электродов и их наращивание.

Завалка шихты осуществляется в печь при открытом своде бадьями с открывающимся днищем, завалка флюсов и добавок через бункера с дозирующими устройствами. Жидкий чугун в печь заливают при помощи специального жлоба.

Плавка ведется на максимальной мощности печного трансформатора с использованием газокислородных горелок. Для ускорения плавления шихты поворачивают корпус печи вокруг оси в одну и другую стороны на 45 °С. На современных печах повороты не нужны, так как проплавляется один колодец. К окончанию расплавления ванна должна быть покрыта слоем шлака. Шлак периода расплавления имеет примерный состав: 35 – 45 % кальция оксида (CaO); 15 – 25 % диоксида кремния (SiO₂); 5 – 10 % оксида марганца (MnO); 10 – 12 % оксида магния (MgO); 4 – 7 % оксида алюминия (Al₂O₃); 10 – 15 % железа оксида (FeO); до 0,5 % оксида фосфора (P₂O₅) (основность 1,5 – 2,0). Скачивание и уборка шлака производятся через окно под печь самотеком или специальными скребками.

Окислительный период. В современных печах при активном использовании кислорода на стадии плавления металлошихты, период расплавления совмещен с окислительным периодом. Основная задача окислительного периода заключается в удалении фосфора (P). Начинается этот процесс при расплавлении порядка 70 – 80 % металлошихты при активном сходе шлака. Для создания благоприятных условий дефосфорации необходимо обеспечить требуемую окисленность ванны, которая достигается за счет активной продувки расплава кислородом и снижением содержания углерода (C) в металле до значений 0,1 – 0,05 % и менее. При этом основность шлака должна быть на уровне 2 – 3. Окисление фосфора (P) протекает по реакции:

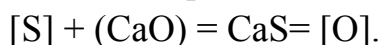


Для протекания реакции окисления фосфора (P) необходимы: высокое содержание кислорода в металле и шлаке, повышенное содержание оксида кальция (CaO) в шлаке и пониженная температура в реакционной зоне. Выполнение этих условий обеспечивают

наводкой свежего шлака и постоянным обновлением шлака путем скачивания из печи насыщенного $(CaO)_4 \cdot P_2O_5$ шлака. По ходу окислительного периода происходит дегазация стали – удаление из нее водорода и азота, которые выделяются в пузыри оксида углерода (CO), проходящие через металл. Выделение пузырьков окиси углерода (CO) сопровождается удалением из металла неметаллических включений, которые выносятся на поверхность потоками металла или поднимаются вверх вместе с пузырьками газа. Хорошее кипение ванны обеспечивает перемешивание металла, выравнивание температуры и химического состава.

К концу окислительного периода шлак имеет примерный состав: 40 – 45 % оксида кальция (CaO); 10 – 20 % диоксида кремния (SiO₂); 10 – 20 % оксида железа (FeO); 5 – 19 % магний оксида (MgO); 2 – 4 % оксида алюминия (Al₂O₃); 0,5 – 2,0 % оксида фосфора (P₂O₅) (основность 2,5 – 4,0). Общая продолжительность окислительного периода зависит от мощности трансформатора и продувочных устройств. На лучших печах время выплавки полупродукта в ДСП составляет от 35 – 50 мин.

Восстановительный период. После окислительного периода проводят полное скачивание шлака для удаления из печи фосфора (P). Далее плавку ведут под восстановительным белым шлаком, содержащим менее 0,5 % железа оксида (FeO). В этот период происходит диффузионное раскисление металла, завершается десульфурация до требуемого содержания серы (S), легирование металла и регулирование его температуры перед выпуском. Десульфурация металла активно проходит в восстановительный период плавки, а также при выпуске стали под слоем шлака, когда происходит хорошее перемешивание металла со шлаком:



Десульфурации способствует хорошее раскисление стали и шлака, высокое содержание извести в шлаке и высокая температура. В современных цехах, оборудованных агрегатами "ковш-печь", операции восстановительного периода, раскисления и легирования выполняются при выпуске стали из ДСП и при внепечной обработке.

Ковшечная металлургия. Для увеличения производительности дуговых печей, уменьшения угара ферросплавов процессы раскисления, легирования, рафинирования и доводки металла до нужной температуры проводятся не в печи, а в сталеразливочном ковше и/или специальных агрегатах.

Внепечная обработка стали ("ковшечная металлургия") стала широко применяться для любых марок стали. Были разработаны простые (одним методом) и комбинированные способы внепечной обработки стали одновременно несколькими методами:

- в обычном сталеразливочном ковше с использованием верхней погружной фурмы;
- в сталеразливочном ковше, оборудованном для вдувания газа или газопорошковой струи снизу через смонтированные в днище устройства;

в установке "ковш-печь" с крышкой (сводом), через которую опущены электроды, нагревающие металл в процессе его обработки (при этом установка оборудована системой подачи ферросплавов из бункеров и добавок порошковой проволокой);

в агрегате типа конвертера с продувкой металла кислородом, аргоном (агрегат аргоноокислородного рафинирования);

в вакууматорах различного типа.

К примеру, на предприятии 3 в основу организации металлургического производства положено получение литых заготовок по непрерывному циклу, который предполагает выпуск жидкой стали из дуговых электропечей ДСП- 25Н5, последующую доводку стали на установке "печь-ковш" и разливку жидкой стали на МНЛЗ.

Разливка стали на МНЛЗ. После внепечной обработки сталеразливочный ковш ставят на сталеvoz, который перевозит его в разливочный пролет, где разливочный кран устанавливает ковш на разливочный стенд для разливки на МНЛЗ. Сталь из ковша поступает в промежуточный ковш, оборудованный дозирующими устройствами – стопорными механизмами или шиберными затворами или стаканами-дозаторами – для контроля потока стали из него в кристаллизаторы МНЛЗ. Промежуточный ковш, в зависимости от требований к качеству стали, оборудуется турбостопом, системой перегоронок и другими элементами, обеспечивающими оптимальное движение потоков стали. Из промежуточного ковша сталь через дозирующее устройство заполняет кристаллизатор сверху. Перелив металла из сталеразливочного ковша в промежуточный и в кристаллизатор, в зависимости от требований к качеству стали осуществляется с использованием различных систем защиты металла от вторичного окисления – огнеупорные трубы/стаканы, уплотняющие вставки, подача инертного газа . Поверхность металла в промежуточном ковше закрывается шлаковой смесью.

Перед началом разливки в кристаллизатор с нижней стороны вводится затравка – штанга сечения кристаллизатора или формы будущей заготовки. Верхний торец затравки образует дно кристаллизатора и имеет устройство в виде ласточкиного хвоста для сцепления со слитком. Когда уровень металла поднимается над затравкой на высоту 300 – 400 мм, включается механизм вытягивания заготовки. Под действием тянущих валков этого механизма затравка опускается и тянет за собой формирующийся слиток.

Медный или бронзовый, с полыми стенками, интенсивно охлаждаемый водой кристаллизатор с внутренним сечением по форме заготовки формирует корочку слитка-заготовки. Для предотвращения надрыва корочки и ухода металла, кристаллизатор выполняет возвратно-поступательное движение специальным механизмом. Кристаллизатор движется по направлению движения заготовки (вниз) и затем возвращается вверх. Ход качания – от 10 до 40 мм. В процессе разливки стенки кристаллизатора смазываются специальными шлакообразующими смесями (ШОС),

рапсовым маслом, парафином или другими смазывающими веществами. В кристаллизаторе над поверхностью металла может быть создана восстановительная или нейтральная атмосфера для предотвращения окисления металла при разливке.

Наибольшее распространение получил радиальный тип МНЛЗ, требующий меньшей высоты металлоконструкций ЭСПЦ. При выходе непрерывнолитого слитка на горизонтальный участок рольганга слиток разрезают кислородным резаком на заготовки мерной длины. Разливку на МНЛЗ ведут, как правило, методом "плавка на плавку" без прерывания разливки. При разливке контролируют температуру металла в промежуточном ковше, работу механизмов и качество поверхности непрерывнолитых заготовок.

Подготовка сталеразливочных ковшей Сталеразливочные ковши относятся к основному оборудованию разливочного пролета. Корпус ковша цельносварной, оборудован цапфами и кантовательными устройствами. Внутри ковш футеруется двумя слоями огнеупорной футеровки (арматурный и рабочий), выполняемой огнеупорным ковшевым кирпичом и/или монолитной футеровкой. Сталь из ковша выпускают через донное отверстие, перекрываемое стопором, который вводится в ковш через металл, или шиберным затвором, устанавливаемым снаружи ковша в днище. Шиберные затворы собирают на специально оборудованном участке.

Шиберный затвор представляет собой две одинаковые огнеупорные плиты овального типа с отверстиями в центре. Плиты закрепляются в специальной рамке таким образом, что одна плита закреплена к неподвижной рамке к днищу ковша, а вторая подвижная. При совмещении отверстий жидкая сталь будет поступать из ковша в промежуточный ковш МНЛЗ. Регулируя положение нижней подвижной рамки, соответственно величину зазора отверстий, можно регулировать скорость истечения металла из ковша. Собранные шиберные затворы и вновь зафутерованные сталеразливочные ковши сушат на стенде газовыми горелками до температуры 1200 °С. После этого сталеразливочные ковши могут отдаваться на разливку.

Обработка электросталеплавильного шлака и пыли. В электросталеплавильных цехах слив печного и ковшевого шлака осуществляется "под печь". По остывании поверхности (до красного состояния) специальными погрузчиками шлак вывозится либо на шлаковый двор, либо в специально оборудованные бункера ("шлаковые закрома", ямы) для окончательного охлаждения.

В некоторых случаях горячий шлак под печью орошается водой, затем загружается в спецкузов, забираемый автомобилем, оборудованный системой мультилифт, для последующей транспортировки на участок шлакопереработки. Для уборки шлака, как правило, используются шлаковые чаши. Наполненные шлаковые чаши со шлаком перевозятся на шлаковый двор для опорожнения. Шлаковый двор оборудован траншеей для слива жидкого шлака, электромостовыми кранами и экскаватором для отгрузки шлака. Освобожденные от шлака шлаковые чаши еще в горячем состоянии

опрыскиваются изнутри сплошным слоем известкового молока, затем передаются в цех под налив шлака. Охлажденный шлак подвергают дроблению и магнитной сепарации для отделения скрапа (направляется на переплав) и после фракционирования отправляют потребителям. Печной шлак с основностью 1,5 – 2,0 легко перерабатывается на шлаковом дворе в шлаковых ямах с последующей переработкой на дробильно-сортировочной установке с получением фракционированного щебня, а высокоосновной шлак внепечной обработки с основностью 2,5 – 4,0 имеет другие свойства и требует иной технологии переработки.

Двухкальциевый силикат, имеющийся в высокоосновном шлаке, из-за полиморфизма кристаллической решетки рассыпается в порошок. Такой шлак трудно перерабатывать и невозможно перевозить из-за пыления. Проблема его переработки может быть решена двумя способами:

сливом его на дробленый известняк для получения декарбонизированной шлако-известковой смеси, пригодной для переработки в цементной промышленности;

вводом в ковшевой шлак при внепечной обработке стали добавок, стабилизирующих двухкальциевый силикат для предотвращения полиморфизма.

Ковшевой шлак может быть использован для формирования печного шлака в качестве частичной замены извести, однако требуется его стабилизация и отработка технологии, позволяющих значительно уменьшить его вынос из ДСП в виде пыли.

Пыль или шламы при мокрой очистке, уловленные от дуговой печи, могут содержать значительные концентрации оксидов цинка (ZnO) (до 25 %), свинца (PbO). Эта пыль требует специальной подготовки и технологии для извлечения железа, цинка и свинца.

Очистка отходящего газа сталеплавильных печей. Существенную часть технологической цепочки выплавки стали в дуговой печи составляет улавливание и очистка отходящих газов электропечи. Выделяющиеся при продувке газы вместе с пылью отводят из-под свода печи через четвертое отверстие в своде. Устанавливают различной конструкции колпаки над сводом, рабочим окном и сливным носком для аспирации газов. Для уменьшения в цехе шума и запыленности ДСП могут устанавливаться в газо- и шумозащитных камерах.

3.1.6.1. Энергоэффективность, факторы воздействия на окружающую среду

По всей технологической цепочке производства стали в дуговых печах и заготовок в местах выгрузки сырья, складирования, подготовки компонентов шихты на различном оборудовании, выплавки, внепечной обработки и разлива, транспортировки отходов производства и готовой продукции имеют место организованные и неорганизованные выбросы (эмиссии) загрязняющих веществ в виде пыли, газов, а также образование отходов.

Таблица 3.15. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

№ п/п	Ресурс	Расход электроэнергии на единицу продукции			
		Единица измерения	ИТС	BREF	КТА
1	2	3	4	5	6
Производство стали в электродуговых печах					
Предприятие 2					
1	Электроэнергия	кВт·ч/т	≤800,0	не нормируется	551,2 - 564,6
2	% повторного использования воды	%	95,0	не нормируется	95,0
3	Кислород	м ³ /т	80,0	не нормируется	
4	Степень использования электросталеплавильного шлака в хозяйственном обороте	%	80,0	не нормируется	4,0 – 26,0
Предприятие 3					
5	Электроэнергия	кВт·ч/т	≤800,0	не нормируется	965,72 – 1 317,48
6	% повторного использования воды	%	95,0	не нормируется	71,4
7	Кислород	м ³ /т	80,0	не нормируется	
8	Степень использования электросталеплавильного шлака в хозяйственном обороте	%	80,0	не нормируется	100

При производстве стали в электродуговых печах основными источниками энергии являются электроэнергия и природный газ. Общее потребление энергии на входе для данного технологического процесса составляет 2300 – 2700 МДж/т стали, из которых 1250 – 1800 МДж/т приходится на электроэнергию. Затраты кислорода составляют 24 – 56 м³/т стали [72].

За последние 40 лет использование физического тепла отходящих газов электродуговой печи достигло 140 кВт ч/т жидкой стали, в основном расходуемого на нагрев лома (приблизительно до 800°С), что снижает потребление энергии на 100 кВт ч /т жидкой стали.

Производство стали по всей технологической цепочке сопровождается воздействием на атмосферу, воздух рабочей зоны, поверхностные и подземные воды, образованием отходов производства и потребления.

Воздействие на атмосферу

При производстве стали в электродуговых печах имеют место неорганизованные и организованные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ: с твердыми компонентами – оксиды металлов (Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO , ZnO); газообразными компонентами – окислы азота (NO_2 , NO), диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2), фенолами, формальдегидами от стенов сушки и разогрева ковшей в отсутствие комплекса дожигания продуктов, выделяющихся при разогреве стальной ковшей.

На рисунке 3.18 представлены показатели выбросов основных загрязняющих веществ при производстве стали в электродуговых печах.



Рисунок 3.18. Удельные показатели выбросов ЗВ

Воздействие на поверхностные и подземные воды

В электросталеплавильном производстве используется химически очищенная вода для охлаждения водоохлаждаемых сводов и стен дуговых печей, а также элементов МНЛЗ. При наличии мокрых систем газоочистки используется оборотная вода. Водоснабжение осуществляется по специальным водооборотным системам с охлаждением воды.

На предприятии 2 и 3 установлена водооборотная система, водоотведение в поверхностные водные объекты не осуществляется.

Образование отходов производства и потребления

В процессе электросталеплавильного производства образуются отходы и побочные продукты: пыль сухих газоочисток с различных участков, в том числе графитная, просыпь шихтовых и заправочных материалов, шламы мокрых газоочисток, отходы

электродов и абразивных кругов, окалина, отходы футеровок ДСП и ковшей. Производственные отходы преимущественно утилизируются.

На предприятии 3:

шлак, образующийся в процессе доводки расплава металла в печь-ковше;

шлак, который образуется в процессе плавки стали в электроплавильных печах;

пыль улова, образующаяся в результате работы пылеочистных установок;

отходы, образующиеся в результате очистки, сортировки вагонов после перевозки металлолома;

а также другие отходы производства, размещаются на полигоне ТПО.

Бой графитированных электродов, который образуются при выплавке стали в ДСП, перерабатываются и используются в качестве добавки как углеродсодержащий материал в процессе плавки.

Отходы периклазового кирпича - образуются по мере потери стойкости ковшей печей и ремонта свода печей и замене огнеупорной футеровки, перерабатываются и используется повторно.

Отходы шамотного кирпича - образуются по мере потери стойкости ковшей печей и ремонта сводапечей и замене огнеупорной футеровки, также перерабатывается и используется повторно.

Образующиеся на предприятии 2 шлак сырьевой сталеплавильный и сталеразливочный шлак в объеме 89 806,81 т/год, передаются сторонним организациям на переработку.

При производстве электростали и заготовок для проката вредными производственными факторами являются:

повышенное напряжение в электрической цепи свыше 50 В;

движущиеся машины и механизмы;

подвижные части производственного оборудования;

повышенная температура поверхности оборудования и материалов;

расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли;

повышенный уровень инфракрасного излучения свыше 140 Вт/м^2 ;

повышенный уровень производственного шума на рабочем месте свыше 80 дБ;

повышенная загазованность и запыленность неорганической пылью (ПДК оксида углерода (СО) – 20 мг/м^3 , неорганической пылью – 6 мг/м^3).

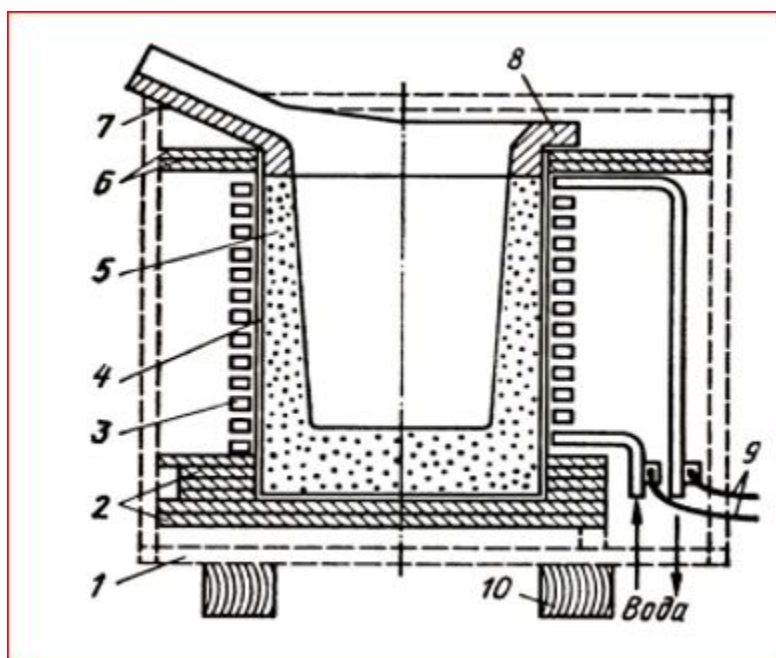
3.1.7. Производство стали в индукционных печах

В индукционных печах металл расплавляют в тигле, расположенном внутри индуктора. Через индуктор пропускают переменный электрический ток. При этом в объеме, заключенном внутри индуктора (в объеме тигля), возникает переменный

магнитный поток, который индуцирует (наводит) в металлической части шихты вихревые токи (токи Фуко), которые и обеспечивают нагрев металла и его плавление. Индукционные печи, применяемые для выплавки сталей, сердечника не имеют, т.е. являются бессердечниковыми (в цветной металлургии применяют индукционные печи с железным сердечником) [53].

Индукционные печи бывают двух типов: питаемые током высокой частоты и питаемые током промышленной частоты (50 Гц). В печах первого типа частота питающего тока снижается по мере увеличения емкости печи: малые печи емкостью до нескольких десятков кг питаются током с частотой от 50 до 100 кГц; большие печи емкостью от 1 до 60 т питают током с частотой от 0,5 до 10 кГц.

При индукционном нагреве тепло выделяется непосредственно в нагреваемом металле, поэтому использование тепла оказывается наиболее полным. Особенностью индукционных печей является интенсивное перемешивание жидкого металла, вызываемое взаимодействием электромагнитных полей, возбуждаемых токами, протекающими по индуктору, и вихревыми токами в металле. Еще одной важной особенностью индукционных печей является то, что плотность вихревых токов максимальна в металле, расположенном у стенок тигля, и быстро снижается по направлению к центру тигля (поверхностный эффект). Главными элементами индукционной печи (рис. 3.19) являются огнеупорный тигель 5, вокруг которого расположен медный водоохлаждаемый индуктор 3. Футеровку тигля выполняют набивной. Во время работы она спекается в монолит. Кислую футеровку делают из молотого кварцита (SiO_2) с добавкой борной кислоты (H_3BO_3) в качестве связующего. Основную футеровку выполняют из магнезитового порошка ($\text{CaO}\cdot\text{MgO}$), а в качестве связующего используют огнеупорную глину.



1 – каркас; 2 – подовая плита; 3 – индуктор; 4 – изоляционный слой; 5 – тигель; 6 – асбоцементная плита; 7 – сливной желоб; 8 – воротник; 9 – гибкий токопровод; 10 – брусья

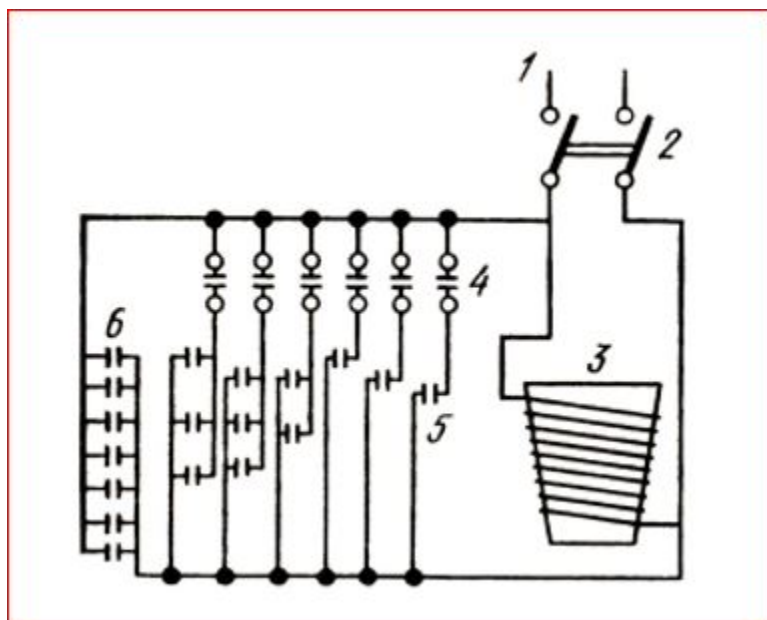
Рисунок 3.19. Схема индукционной электропечи

Индуктор представляет собой полую медную трубку, уложенную в виде спирали вокруг тигля. Равностенные трубки обычно используют для печей, работающих на токах высокой частоты, а разностенные — для печей, работающих на токах промышленной частоты. Для исключения электрического пробоя витки изолируют друг от друга.

Применяют следующие виды изоляции: обмоточную — витки покрывают изоляционным лаком, а затем обматывают лентой из материала-диэлектрика (например — стеклоленты); прокладочную — между витками прокладывают диэлектрические прокладки (стеклотекстолит); напыленную — на поверхность индуктора напыляют слой оксида алюминия или двуоксида циркония; монолитную — индуктор заливают полимерным материалом (полиэфирным компаундом).

Индукционная печь также как и конвертер имеет горизонтальную ось, вокруг которой печь можно наклонять на угол до 95 градусов.

Электрооборудование индукционных печей, питаемых токами высокой частоты, в упрощенном виде показано на рис. 3.20.



1 – подача электрического тока высокой частоты от генераторов; 2 – выключатель; 3 – индуктор; 4 – выключатели-автоматы; 5 – конденсаторы второй группы; 6 – конденсаторы первой группы

Рисунок 3.20. Упрощенная электрическая схема индукционной печи

Переменный ток высокой частоты от источника питания 1 через выключатель 2 подается на индуктор 3, параллельно которому подключены группы (батареи) конденсаторов 5 и 6. Конденсаторы группы 6 подключены постоянно, а конденсаторы группы 5 включаются в работу выключателями-автоматами 4 при необходимости. Конденсаторные батареи предназначены для компенсации индуктивного сопротивления индуктора и установки в целом и поддержания мощности установки на максимальном уровне. В процессе плавки по мере прогрева и плавления шихты ее магнитная проницаемость изменяется, что приводит к изменению индуктивного сопротивления установки. Включая или выключая конденсаторы группы 5, добиваются примерного равенства индуктивного и емкостного сопротивлений, и, тем самым, поддерживают мощность установки на уровне, близком к максимальному. В качестве источников питания используют ламповые и машинные генераторы, а в последнее время — тиристорные преобразователи.

Тиристорные преобразователи по сравнению с машинными генераторами обладают следующими преимуществами: более высокий КПД, высокая готовность к работе, возможность автоматического поддержания оптимального электрического режима без переключения конденсаторов, более высокая надежность, отсутствие шума при работе. В схеме электропитания индукционных печей промышленной частоты отсутствуют генераторы высокой частоты, а печь включается в сеть через ступенчатый понижающий трансформатор, с напряжением на вторичной обмотке от 100 до 1000 В. Вследствие отсутствия преобразователя частоты для этих печей характерен меньший удельный расход электроэнергии и более высокий коэффициент мощности.

Недостатком этих печей является чрезмерно интенсивная циркуляция жидкого металла. Поэтому их рассчитывают на меньшую удельную мощность, чем печи высокой частоты. Обычно рассчитанной мощности недостаточно для быстрого расплавления сталей, поэтому печи промышленной частоты используют для плавки чугунов и цветных металлов и сплавов.

Технология выплавки сталей в индукционных электропечах. Главной особенностью плавки в индукционных печах является наличие холодных и поэтому весьма вязких шлаков. В связи с этим, плавку в индукционных печах ведут без окислительного периода и не ставят задачу удаления фосфора (P) и серы (S). Стали и сплавы выплавляют либо из легированных отходов (метод переплава), либо из чистого шихтового железа с добавкой ферросплавов (метод сплавления). Плавка в индукционной печи непродолжительна, и поэтому необходим очень точный предварительный расчет шихты и ее взвешивание. Содержание в шихте углерода, серы и фосфора (C, S и P) не должно превышать пределов, допустимых в выплавляемой стали.

Прием и подготовка материалов к плавке. Завалку (укладку) шихты проводят вручную. Шихту составляют из кусков различного размера, что обеспечивает высокую

плотность ее укладки в тигле и снижает время, необходимое для расплавления шихты. Наиболее крупные куски ферромагнитных материалов укладывают у стенок тигля, где плотность вихревых токов максимальна, а тугоплавкие ферросплавы укладывают в нижней части тигля.

Расплавление шихты. После включения тока следят за тем, чтобы опускание шихты проходило плавно, без образования так называемых "мостов". Периодически шихту "осаживают" ломиком или специальным манипулятором. В период плавления стараются поддерживать потребляемую мощность на максимальном уровне.

Рафинирование. После появления жидкого металла в тигель вводят шлакообразователи: известь, плавиковый шпат и магнезит в соотношении 4:1:1. Главное назначение шлака — уменьшить газонасыщение металла и окисление легирующих элементов. После полного расплавления шихты сливают плавильный шлак для предотвращения рефосфорации и берут пробу металла на анализ. Сразу же наводят свежий шлак, добавляя ту же смесь шлакообразователей, что и в период плавления. Потребляемую мощность снижают на 30...40 %. После получения результатов анализа при необходимости проводят корректировку химического состава металла, раскисление и легирование. При выплавке качественных сталей проводят глубинное раскисление, добавляя в тигель соответствующие ферросплавы. При выплавке высококачественных сталей проводят диффузионное раскисление — на шлак подают смесь извести, молотого ферросилиция и алюминиевого порошка. Затем делают выдержку в течение 30 мин. Легирование проводят следующим образом: никель (Ni), феррохром (FeCr), ферромolibден (FeMo) и ферровольфрам (FeW) укладывают в тигель вместе с шихтой; ферромарганец (FeMn), ферросилиций (FeSi) и феррованадий (FeV) вводят в печь примерно за 10 мин до выпуска, алюминий (Al) — непосредственно перед выпуском. При этом учитывают окисление (угар) каждого элемента: угар вольфрама (W) составляет примерно 2 %, угар хрома (Cr), марганца (Mn) и ванадия (V) — от 5 до 10 %, кремния (Si) 10...15 %. После проведения легирования готовую сталь сливают в ковш.

Выпуск плавки. Выпуск плавки производится после измерения температуры, которая должна соответствовать заданной для данной марки стали или сплава.

3.1.7.1. Энергоэффективность, факторы воздействия на окружающую среду

Все более широко используются приемы, позволяющие существенно сократить длительность плавки: предварительный подогрев шихтового скрапа отходящими газами, использование двухкорпусных дуговых печей, ведение плавки с так называемым "жидким стартом", когда небольшую часть металла от предыдущей плавки оставляют в печи. Последний прием оказался особенно перспективным в случае использования в качестве основного компонента шихты металлизированных окатышей. Еще одним весьма перспективным приемом является использование модуля "дуговая

печь постоянного тока — конвертер", сочетающего преимущества дуговой печи постоянного тока и кислородного конвертера. Такой модуль позволяет увеличить долю скрапа в конвертере до 100 % при одновременном повышении качества выплавляемых сталей и без снижения производительности конвертера.

Воздействие на атмосферу

Индукционные тигельные печи для плавки стали (повышенной частоты) и чугуна (промышленной частоты) характеризуются значительно меньшими пыле и газовыделениями [65].

При производстве стали происходят выбросы в атмосферу вредных веществ: оксидов железа, кальция, алюминия, кремния, марганца, магния (Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , Mn_2O_3 , MgO) и др. (состав пыли зависит от марки выплавляемой стали).

При плавке стали в индукционных печах по сравнению с электродуговыми выделяется незначительное количество газов (оксид углерода (CO) – 0,08 – 0,14 кг/тонну жидкого металла, окислы азота (NO_x) – 0,06 – 0,07 кг/тонну жидкого металла) и в 5 – 6 раз меньше пыли (0,85 – 1,6 кг/тонну жидкого металла).

Воздействие на поверхностные и подземные воды

В электросталеплавильном производстве вода используется для охлаждения водоохлаждаемых сводов и стен индукционных печей, а также элементов МНЛЗ. При наличии мокрых систем газоочистки используется оборотная вода. Водоснабжение осуществляется по специальным водооборотным системам с охлаждением воды.

Образование отходов производства и потребления

В процессе электросталеплавильного производства образуются отходы и побочные продукты: пыль сухих газоочисток с различных участков, в том числе графитная, просыпь шихтовых и заправочных материалов, шламы мокрых газоочисток, отходы футеровок ДСП и ковшей. Большая часть отходов подвергается переработке. Из них производится извлечение металлосодержащих компонентов, из которых затем могут быть получены металлы. Уловленная пыль очистных установок, после извлечения металлов (если применимо), повторно возвращается в производство. Отходы футеровки, по мере образования накапливаются на специально отведенных участках, затем вывозятся на отвал сталеплавильных шлаков.

4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

В настоящем разделе описываются методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

При определении НДТ необходимо применять общий подход к пониманию производственного процесса. Следует отметить, что многие методы прямо или косвенно затрагивают несколько экологических аспектов (выбросы, сбросы, образование отходов, загрязнение земель, энергоэффективность).

Раздел не охватывает исчерпывающий перечень техник. Методы могут быть представлены по отдельности или в комбинации для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в отраслях, входящих в сферу действия данного документа.

Существует много процессов, вариаций оборудования и методов, используемых при производстве чугуна и стали. Многие из техник и отдельных этапов производственных процессов являются общими, поэтому, они описываются вместе.

4.1. НДТ Повышение интеграции производственных процессов

Описание

Использование, расширение и углублении производственно-технологических связей, в совместном использовании ресурсов.

Техническое описание

Примером интеграции производственных площадок является АО "АрселорМиттал Темиртау", являющееся предприятием полного цикла: от добычи сырья до производства конечной продукции. К плюсам предприятий полного цикла кроме конкурентного преимущества относится возможность контроля качества выпускаемой продукции, отсутствие проблем с поставками сырья, контроль за производственными процессами с точки зрения эффективного использования ресурсов и связанного процесса воздействия на окружающую среду.

Примером интеграции в цветной металлургии является Усть- Каменогорский металлургический комплекс ТОО "Казцинк", в состав которого входит пять заводов: цинковый, свинцовый, медный, завод по производству драгоценных металлов, сернокислотный завод. Все производства имеют общую инфраструктуру. Расположение заводов на одной площадке образует уникальную технологическую схему, позволяющую достичь комплексного извлечения максимального количества полезных компонентов из сырья.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей, таких как использование вторичных ресурсов, предотвращение и/или снижение количества образующихся твердых остатков, которые могут быть классифицированы как отход.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Потребности в железорудном сырье с собственных месторождений АО "АрселорМиттал Темиртау" покрываются на 70 %. Обогащение коксующихся углей, составляющих основу топливно-энергетической базы комбината, производится на двух собственных обогатительных фабриках. Потребности в собственных коксующихся углях закрываются на 100 %.

Ниже в таблице 4.1. приведены массовые расходы коксового газа используемого на нужды производства АО "АрселорМиттал Темиртау".

Таблица 4.1. Расход коксового газа

№ п/п	Наименование сырья, материалов на производство	Единица измерения	Расход материалов на единицу продукции				
			2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Производство кокса	м ³	94,928	101,549	101,878	109,835	118,339
2	Производство извести, доломитизированной извести, обожженного доломита	м ³	136,981	137,412	131,51	131,51	118,85
3	Производство стали в конверторах	м ³	0,009	0,01	0,012	0,012	0,016
4	Производство сортового проката	м ³	63,087	66,814	59,094	62,393	46,753
5	Производство холоднокатаного проката	м ³	69,3	61,5	67,9	69,1	48,4
6	Производство холоднокатаного проката (жесть, конструкция, кровля, подкат для ЦГЦА)	м ³	63,371	57,447	90,997	88,334	70,282
7	Производство оцинкованного проката	м ³	8,269	6,788	6,4078	6,9215	5,4765
8	Производство проката с цинковым покрытием (со свинцом)	м ³	17,914	12,792	14,093	16,32	10,942

Еще одним примером межотраслевого взаимодействия, можно назвать реализацию проекта по производству сульфата аммония на базе ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод" (Россия). Проект основан на оптимальной сырьевой обеспеченности, так как планируется использование 380 тысяч тонн собственной серной кислоты предприятия, получаемой в сернокислотном цеху при обработке технологических газов [52].

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные ресурсо- и энергозатраты требуются в случае, если производимое сырье не соответствует качественным требованиям.

Например, качество собственного железорудного сырья АО "АрселорМиттал Темиртау" низкое, так как на обогатительных фабриках при указанных месторождениях нет глубоких схем обогащения. Содержание железа в концентратах составляет 49 – 55 %, что является низким показателем по сравнению с аналогичными фабриками стран СНГ. Также, концентраты имеют высокое содержание вредных примесей: сера (S) и фосфор (P). Указанные характеристики определяют высокую ресурсо- и энергоемкость процессов, дополнительный объем образующихся отходов в виде доменных и сталеплавильных шлаков и эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для новых установок. Применимость в отношении действующих производств может быть ограничена высокими финансовыми затратами.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Экономические выгоды.

4.2. НДТ Система экологического менеджмента

Описание

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

Техническое описание

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, управление окружающей средой – это непрерывный процесс. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой

итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы, такой как ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. Однако нестандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

Стандартизированные системы (ISO 14001:2015 и/или национальные документы в области стандартизации) и не стандартизированные системы в принципе применяются к организациям, настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

1) заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

2) анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), а также применимых правовых требований, касающихся окружающей среды ;

3) экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

4) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

5) выполнение процедур, требующих особого внимания:

структура и ответственность;

набор, обучение, информированность и компетентность персонала, чья работа может повлиять на экологические показатели;

внутренние и внешние коммуникации;

вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;

документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, а также соответствующих записей);

эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

программа технического обслуживания;

готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и /или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;

1) обеспечению соответствия экологическому законодательству;

2) обеспечение соблюдения экологического законодательства;
проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

мониторинг и измерение;
корректирующие и превентивные действия;
ведение записей;

независимый внутренний и внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;

3) обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

подготовка регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;

валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;
следование за развитием более чистых технологий;

рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;

применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);

систему управления отходами;

на установках/объектах с несколькими операторами, создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;

инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

Достигнутые экологические выгоды

Поддержание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дает гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия экологического разрешения, достигаются поставленные цели и решаются задачи. СЭМ обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Основные входные (включая потребление энергии) и выходные (выбросы, сбросы, отходы) потоки взаимосвязано управляются оператором в кратко- средне- и долгосрочном аспектах, с учетом особенностей финансового планирования и инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных

решений по очистке выбросов и сбросов ("на конце трубы") может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

Цель применения методов экологического менеджмента заключается в снижении воздействия установки на окружающую среду в целом.

На ряде предприятий Казахстана функционируют СЭМ. К примеру СЭМ, соответствующая СТ РК ISO 14001 внедрена и сертифицирована на предприятии АО "АрселорМиттал Темиртау". В ПФ ТОО "KSP Steel" данная система внедрена и функционирует, но не сертифицирована.

Кросс-медиа эффекты

Систематический анализ воздействия на окружающую среду и возможностей для улучшений в контексте СЭМ создает основу для оценки наилучших решений для всех компонентов окружающей среды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам. Охват (например, уровень детализации) и формы системы экологического менеджмента должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню ее воздействия на окружающую среду.

Экономика

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей СЭМ определяется в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

СЭМ может обеспечить ряд преимуществ, например: улучшение экологических показателей предприятия, улучшение основы для принятия решений, улучшение понимания экологических аспектов компании, улучшение мотивации персонала, дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшение качества продукции, улучшение экологической результативности, снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и др.

4.3. НДТ Внедрение системы энергетического менеджмента

Описание

НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования СЭнМ. Реализация и функционирование СЭнМ может быть обеспечено в составе существующей системы менеджмента (например, системы экологического менеджмента) или создания отдельной системы энергоменеджмента.

Техническое описание

Система управления энергетической эффективностью состоит во внедрении и поддержании СЭнМ (например, ISO 50001).

В состав СЭнМ, в зависимости от конкретных условий, входят перечисленные ниже элементы:

обязательства высшего руководства (рассматриваются как необходимая предпосылка успешного менеджмента энергоэффективности);

разработка и принятие политики энергоэффективности высшим руководством;

проведение энергоаудита, энергетического обследования с целью выявления нерационального использования энергетических ресурсов и выработки мер по повышению энергетической эффективности;

планирование и определение целей и задач согласно результатам энергоаудита;

разработка и соблюдение процедур, уделяющих особое внимание следующим вопросам: организационная структура и ответственность, обучение, обеспечение осведомленности и компетентности, информационный обмен, участие сотрудников, документирование, эффективный контроль технологических процессов, техническое обслуживание, готовность к чрезвычайным ситуациям, обеспечение соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

сравнительный анализ: установление и периодическая оценка показателей энергоэффективности, а также систематическое и регулярное сопоставление с отраслевыми, национальными и региональными ориентирами в области энергоэффективности при наличии подтвержденных данных;

оценка результативности и корректирующие действия, уделяющие особое внимание следующим вопросам: мониторинг и измерения, корректирующие и профилактические действия, ведение записей, независимый (там, где это возможно) или внутренний аудит, с целью оценки того, соответствует ли система установленным требованиям, а также того, внедрена ли она и поддерживается надлежащим образом;

регулярный анализ СЭнМ, ее соответствия целям, а также адекватности и результативности со стороны высшего руководства.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение расходов на энергоресурсы за счет снижения потребления энергии и ресурсов, а также повышения эффективности и надежности работы оборудования, улучшение экологических показателей. Все меры по снижению потребления энергии приводят к экономии ресурсов и сокращению выбросов, включая диоксид углерода (CO_2). Любое действие по энергосбережению оказывает влияние на загрязнение окружающей среды через уровень расхода топлива на производства энергии.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяет снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1 – 3 % (на начальном этапе до 10 – 20 %)

, что соответственно приводит к снижению выбросов вредных веществ и парниковых газов [65, 66]. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ).

СЭнМ успешно внедрена на предприятиях АО "АрселорМитталТемирату", ПФ ТОО "KSP Steel".

В качестве примера эффективности внедрения СЭнМ можно привести ПАО "ММК" (Россия), которое в декабре 2022 года успешно прошло сертификационный аудит СЭнМ, на соответствие требованиям национальному стандарту ГОСТ Р ИСО 50001-2012.

Важнейшие направления повышения энергоэффективности производственных процессов в Группе ММК включают проработку и внедрение энергоэффективных идей, реализацию малобюджетных высокоэффективных проектов (baby-sarex) в сфере энергосбережения, а также оказание энергосервисных услуг. В 2022 году через блок сопровождения идей приложения "Платформа энергоменеджмента" работники ПАО "ММК" подали 944 энергоэффективных идеи, 409 из них были реализованы с плановым экономическим эффектом на уровне 440 млн рублей. Кроме того, введены в работу 11 проектов baby-sarex с общим ожидаемым эффектом в объеме 190 млн рублей.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства и квалификации персонала.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или не стандартизированная) будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать

Экономика

Потребление энергии может составлять до 50 % от общих эксплуатационных затрат, зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Как следствие, снижение энергопотребления или повышение эффективности завода снижает общие эксплуатационные расходы.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются: улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, повышение уровня мотивации и вовлечения персонала, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

4.4. НДТ Снижение потребления тепловой и электрической энергии

Описание

НДТ заключается в снижении потребления тепловой энергии и электроэнергии, а также в сокращении потребления первичной энергии за счет оптимизации потоков энергии и оптимального использования извлекаемых технологических газов, таких как коксовый газ, доменный газ и основной газообразный кислород.

Техническое описание

Снижение потребления тепловой энергии достигается за счет использования комбинации следующих методов:

улучшенные и оптимизированные системы для достижения плавной и стабильной обработки, работающие близко к заданным значениям параметров процесса (оптимизация управления технологическими процессами, включая автоматизированные системы управления, современные гравиметрические системы подачи твердого топлива , предварительный нагрев в максимально возможной степени с учетом существующей конфигурации процесса);

рекуперация избыточного тепла от процессов, особенно из их зон охлаждения;

оптимизированное управление паром и теплом;

максимально интегрированное в процесс повторное использование физического тепла.

Технологические интегрированные методы, используемые для повышения энергоэффективности при производстве стали за счет улучшения рекуперации тепла, включают:

комбинированное производство тепла и электроэнергии с рекуперацией отработанного тепла теплообменниками и распределением либо на другие части металлургического завода, либо в сеть централизованного теплоснабжения;

установка паровых котлов или соответствующих систем в больших нагревательных печах (печи могут покрывать часть потребности в паре);

предварительный подогрев воздуха для горения в печах и других системах сжигания для экономии топлива с учетом неблагоприятных последствий, т.е. увеличения содержания оксидов азота (NO_x) в отходящих газах;

изоляция паровых труб и труб горячей воды;

использование дымоходных котлов в печах с высокими температурами;

испарение кислорода и охлаждение компрессора для обмена энергией через стандартные теплообменники;

использование верхних утилизационных турбин для преобразования кинетической энергии газа, образующегося в доменной печи, в электрическую энергию.

Касательно сокращения потребления первичной энергии за счет оптимизации потоков энергии и оптимального использования извлекаемых технологических газов, таких как коксовый газ, доменный газ и основной газообразный кислород:

технологические интегрированные методы повышения энергоэффективности на интегрированном сталелитейном заводе за счет оптимизации использования технологического газа включают:

- использование газгольдеров для всех побочных газов или других подходящих систем для кратковременного хранения и средств поддержания давления;

- повышение давления в газовой сети при потерях энергии на факелах для того, чтобы утилизировать больше технологических газов с соответствующим повышением коэффициента использования;

- обогащение газа технологическими газами различной теплоты сгорания для разных потребителей;

- отопительные топки технологическим газом;

- использование компьютеризированной системы контроля теплотворной способности;

- регистрацию и использование температур кокса и дымовых газов;

- адекватное определение мощности установок рекуперации энергии для технологических газов, в частности, с учетом изменчивости технологических газов.

Использование десульфурованного и обеспыленного избыточного коксового газа и обеспыленного доменного газа и основного кислородного газа (смешанного или раздельного) котлах или на теплоэлектростанциях также может направляться для выработки пара, электроэнергии и/или тепла с использованием избыточного отработанного тепла для внутренних или наружных тепловых сетей, если есть запрос от третьих лиц.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления энергии и ресурсов, улучшение экологических показателей и поддержание высокого уровня эффективности этих показателей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В 2015 году АО "АМТ", согласно программе энергосбережения, было разработано 50 мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Из них 35 было предложено для реализации в 2015 году и 22 в 2017 – 2021 гг. Согласно отчетам государственного энергетического реестра (ГЭР) в 2019 году за 3 года было реализовано 15 мероприятий, из них 3 мероприятия - предложенные после проведения энергоаудита, среди которых можно выделить следующие:

- установка шахтного охладителя;

- установка воздухоподогревателей с системой утилизации тепла;

- внедрение регулирования вентиляторов обдува двигателей клетей;

- замена ламп накаливания и ДРЛ на светодиодные лампы;

- внедрение частотно-регулируемого привода насосов насосной станции;

- отключение вентиляторов доменного цеха;

- тепловая изоляция нагревателей кислоты;

утилизация выпара деаэраторов котельной.

На ПФ ТОО "KSP Steel", использование рекуперации выделяющегося тепла карусельной печи в комплексе с другими техниками по снижению выбросов, таких как: использование газообразного топлива, улавливание пыли металлической, очистка ГВС, содержащей графит, пыль буры, окалину в трубе Вентури, позволяет добиться степени очистки 95 – 99 %.

В качестве примера можно привести также ПАО "ММК" (Россия) – первое промышленное предприятие с успешным опытом реализации энергосервисных контрактов. По состоянию на 2022 год ведутся работа по договорам на оказание энергосервисных услуг по проекту автоматизированного комплекса управления приводами дымососов системы утилизации конвертерных газов кислородно-конвертерного цеха, проектов по модернизации систем освещения цехов управления главного энергетика и технологических цехов.

Выработка собственной электроэнергии на электростанциях комбината в 2022 году увеличилась на 1,3 МВт (0,2 %). Кроме того, по отношению к предыдущему году выросла степень использования вторичных газов на электростанциях: доменного газа – на 1,6 %, коксового газа – на 3,6 %. В результате: снижение потерь вторичных газов для доменного газа составило 1,26 % (до 0,75 % в 2022 г.), коксового – 4,56 % (до 0,58 % в 2022 г.).

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Сокращение выбросов парниковых газов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Комбинированное производство тепла и электроэнергии общеприменимо. Удельный расход энергии зависит от объема технологического процесса, качества продукции и типа установки (например, объем вакуумной обработки в кислородно-конвертерном конвертере, температура отжига, толщина изделий и т. д.).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Общая сумма затрат АО "АМТ" по реализации энергосберегающей программы, составила 944,243 млн тенге.

Экономический эффект от внедрения мероприятий ПАО "ММК" (Россия), согласно договоров оказания энергосервисных услуг, составили 10,4 млн рублей - по проекту автоматизированного комплекса управления приводами дымососов системы утилизации конвертерных газов кислородно-конвертерного цеха, 49,7 млн рублей – по проектам модернизации систем освещения цехов управления главного энергетика и 4,3 млн рублей - по проектам модернизации систем освещения технологических цехов.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются : улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности, повышение

уровня мотивации и вовлечения персонала, дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

4.5. НДТ Мониторинг эмиссий

Описание

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами. Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду.

Техническое описание

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения выбросов, при этом она должна быть достаточной, чтобы получить репрезентативные данные для контролируемого параметра.

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы), а также в зоне воздействия в тех случаях, когда это необходимо для отслеживания соблюдения экологического законодательства РК и нормативов качества окружающей среды.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты, должны соответствовать стандартам, действующим на территории РК. Использование международных стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами РК.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели как: режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и останова, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, определении точек отбора проб, количестве проб и продолжительности их отбора, необходимо учитывать такие факторы как:

режим работы установки и возможные причины его изменения;

потенциальную опасность выбросов;

время необходимое для отбора проб с целью получения наиболее полной информации об определяемом загрязняющем веществе в составе газа.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечены максимальные выбросы (максимальная нагрузка).

При этом для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, может быть использована случайная проба или объединенные суточные пробы (24 часа), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

При отборе проб неприемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как при помощи инструментальных замеров, так и расчетным методом.

Результаты измерений должны быть репрезентативными, взаимно сопоставимыми и четко описывать соответствующее рабочее состояние установки.

Точки отбора проб

Точки отбора проб должны соответствовать требованиям законодательства РК в области измерений. Точки отбора проб должны:

быть четко обозначенными;

если возможно, иметь постоянный поток газа в точке отбора;

иметь необходимые источники энергии;

иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;

обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

Компоненты и параметры

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, присутствующие в эмиссиях в окружающую среду (выбросы, сбросы), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

Стандартные условия

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

температуру окружающей среды;

относительную влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);

объем ГВС;

температуру отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);

содержание водяных паров;

статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

содержание кислорода.

Данные параметры могут использоваться при определении наличия определенных компонентов в отходящем потоке газа, например, температура, содержание кислорода

и пыли в газе могут указывать на разложение ПХДД/Ф. Значение рН в сточных водах может также использоваться для определения эффективности осаждения металлов.

Помимо наблюдений за качественными и количественными показателями отходящих потоков, мониторингу подлежат параметры основных технологических процессов, к которым относятся:

- количество загружаемого сырья;

- производительность;

- температура горения (или скорость потока);

- количество подсоединенных аспирационных установок;

- скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из электрофилтра вместо концентрации пыли;

- датчики утечки для применяемого очистного оборудования (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки дымовых газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких как напряжение и электричество (электрофилтры), перепад давления (рукавные филтры) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

Непрерывное и периодическое измерение выбросов.

Непрерывный мониторинг предполагает постоянное измерение и проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям действующего законодательства.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в газах или в сточных водах, и в некоторых случаях точные концентрации могут определяться непрерывно или в виде средних значений в течение согласованных периодов времени (почасово, посуточно и т. д.). В этих случаях анализ средних значений и использование процентилей могут обеспечить гибкий метод демонстрации соответствия условиям разрешения, а средние значения можно легко и автоматически оценить.

Для источников и компонентов выбросов, которые могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду, следует установить непрерывный мониторинг. Пыль может оказывать значительное воздействие на окружающую среду и здоровье, содержать токсичные компоненты. Постоянный мониторинг пыли позволяет также определить разрывы мешков в рукавных филтрах.

АО "АМТ" в 2019 году была проведена реконструкция пылеочистного оборудования зоны спекания агломашин с монтажом электрофилтров и установкой системы автоматического мониторинга (газоанализатор, пылемер, что способствовало сокращению выбросов неорганической пыли на 1000 тонн в год.

Система мониторинга на предприятии SSAB Oxelösund AB (Швеция), позволяет непрерывно контролировать производительность рукавного фильтра. Результаты измерений сообщаются ежедневно, еженедельно и ежемесячно. Система непрерывного измерения пыли установлена в системе выхлопных газов после вторичного обеспыливающего фильтра. Имеются два прибора для измерения выбросов пыли в каналах после фильтра вторичного обеспыливания и еще два в отверстиях на крыше. Принцип измерения - гравиметрический (мг/Нм^3). Для обнаружения утечек используется метод флуоресценции. Выбросы пыли из конвертерной печи (за исключением первичного отходящего газа) регистрируются на трех отдельных стадиях процесса: загрузка, продувка и в другое время. Измерения позволяют контролировать технологический процесс и предотвратить возможные незапланированные выбросы в окружающую среду.

В доменном цехе Тулачермета (Россия) установлена автоматическая система контроля выбросов, которая позволит в режиме онлайн передавать данные по эмиссиям : оксид углерода (CO), окислы азота (NO_x) и диоксид серы (SO_2) в государственную систему учета выбросов.

Периодические измерения включают определение измеряемой величины с заданными временными интервалами с использованием ручных или автоматизированных методов. Указанные промежутки времени обычно являются регулярными (например, один раз в месяц или один раз/два раза в год). Длительность отбора определяется, как период времени, в течение которого образец отбирается. На практике иногда выражение "точечный отбор" используется аналогично "периодическому измерению". Количество отбираемых проб может быть различным, в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения достоверных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение, как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время измерений, точки отбора проб, измеряемые вещества (т. е. загрязнители и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе, при определении целей мониторинга. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также может быть и 60 минут, в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места установки датчиков - в случае использования автоматизированных систем). Так, например, в случаях низких концентрации пыли или необходимости определения ПХДД/Ф, может потребоваться больше времени для отбора проб.

Оценку воздействия выбросов и их сокращение с течением времени следует сопоставлять с относительной долей неорганизованных и организованных источников выбросов на конкретном участке. Сравнение этих результатов со стандартами качества

окружающей среды, пределом воздействия на рабочем месте или прогнозируемыми значениями концентраций.

Воздействие предприятия на водные ресурсы определяется оценкой рационального использования воды, степенью загрязнения сточных вод, возможностями их очистки на локальных очистных сооружениях, решением вопросов регулирования, сброса и очистки поверхностного стока.

Целью мониторинга состояния почвенного покрова является получение аналитической информации о состоянии почв для оценки воздействия предприятия на их качество. Мониторинг уровня загрязнения земель проводится в экстремальный сезон - осенью.

4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ

Производственный мониторинг является ПЭК, который проводится для получения объективных данных с установленной периодичностью о воздействии производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

Организованные выбросы в атмосферный воздух, а также параметры процессов контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

Тип использованного мониторинга (непрерывные или периодические измерения) зависит от ряда факторов, таких как: природа загрязняющего вещества, экологическая значимость выбросов или ее изменчивость.

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений, из которых можно выделить:

инструментальный метод, основанный на автоматических газоанализаторах, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный - основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения);

расчетный метод - основанный на использовании методологических данных.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе может проводиться как для организованных источников выбросов, так и для неорганизованных источников.

Мониторинг концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. Для измерений образец дымового газа извлекается из газохода, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий путем непрерывных измерений (автоматизированный

мониторинг), осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, а также в газоходе с соблюдением действующих в РК стандартов отбора проб.

Особое внимание следует уделить мониторингу неорганизованных выбросов, так как их количественное определение требует больших трудовых и временных затрат. Имеются соответствующие методики измерения, но уровень достоверности результатов, получаемых с их применением, низок, и в связи с увеличением числа потенциальных источников оценка суммарных неорганизованных выбросов/сбросов может потребовать более существенных затрат, чем в случае выбросов/сбросов от точечных источников.

Ниже рассмотрены некоторые методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения, во время погрузочно-разгрузочных операций, а также выбросов, возникающих в результате деятельности очистных сооружений и пр.;

использование устройств для оптического мониторинга (обнаружение и определение концентраций загрязняющих веществ в результате утечки с подветренной от предприятия стороны с использованием электромагнитного излучения, которое поглощается и/или рассеивается загрязняющими веществами);

метод материального баланса (учет входного потока вещества, его накопление, выходной поток этого вещества, а также его разложение в ходе технологического процесса, после чего остаток считается поступившим в окружающую среду в виде выбросов);

выпуск газа-трассера в различные выбранные точки или зоны на территории предприятия, а также в точки, расположенные на разной высоте на этих участках;

метод оценки по принципу подобия (количественная оценка выбросов исходя из результатов измерения качества воздуха с подветренной стороны, с учетом метеорологических данных);

оценка мокрых и сухих осадений загрязняющих веществ с подветренной от предприятия стороны, что позволит впоследствии оценить динамику этих выбросов (за месяц или за год).

Нет методов измерений, которые применимы для общего использования на всех участках, и методологии измерений отличаются от участка к участку. Имеются значительные воздействия от других источников поблизости от промплощадки, такие как вспомогательные производства, транспорт и иные источники, которые сильно затрудняют экстраполяцию. Следовательно, полученные результаты относительно или

являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать требованиям действующего законодательства РК, быть легко и быстро достижимы и иметь должные размеры.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и может быть определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

Мониторинг неорганизованных выбросов, попадающих в атмосферу от неплотностей технологического оборудования, должен проводиться с помощью оборудования для обнаружения утечек летучих органических соединений (ЛОС). Если объемы утечек малы и их невозможно оценить инструментальными замерами, то может применяться метод массового баланса в сочетании с отдельными измерениями концентраций загрязняющих веществ.

Описанные методы для мониторинга неорганизованных выбросов были разработаны с учетом международного опыта, и находятся на той стадии, когда они не могут выдать точные и надежные фактические показатели, однако они позволяют показывать ориентировочные уровни выбросов или тенденции возможного увеличения выбросов за определенный период времени. В случае применения одного или нескольких предлагаемых методов необходимо учитывать местный опыт использования, знания местных условий, особой конфигурации установки и т. п.

В список контролируемых веществ должны включаться загрязняющие вещества (в том числе маркерные), которые присутствуют в выбросах стационарных источников и в отношении которых установлены технологические нормативы, предельно допустимые выбросы с указанием используемых методов контроля (инструментальные).

Мониторинговые наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории предприятия и в границах области воздействия (мониторинг воздействия) проводятся согласно утвержденной Программе ПЭК.

Таблица 4.2. Рекомендации по проведению мониторинга

№ п/п	Метод (оборудование)	Периодичность
1	2	3
1	Параметры процесса, свидетельствующих о стабильности процесса	Непрерывно
	Мониторинг и стабилизация критических параметров процесса:	

2	однородность сырья, подача топлива, добавок, уровень избытка воздуха	Непрерывно
3	Выбросы МЗВ (пыль, диоксид серы (SO ₂), окислы азота (NO _x) от соответствующего технологического процесса	Непрерывно
4	Выбросы ПХДД/ПХДФ, ртути (Hg) при процессах агломерации, сероводорода (H ₂ S) при процессах коксования, диоксида серы (SO ₂), оксидов азота (NO _x), оксида углерода (CO), ПХДД/ПХДФ, ртути (Hg) при процессах производства стали, углерода оксида (CO) при процессах производства карбида кальция	Периодически (в соответствии с программой ПЭК), но не реже 1 раза в месяц)

Методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются соответствующими национальными нормативно-правовыми актами.

4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

В рамках производственного мониторинга состояния водных ресурсов предусматривается контроль систем водопотребления и водоотведения и осуществление наблюдений за источниками воздействия на водные ресурсы рассматриваемого района, а также их рационального использования.

Результаты мониторинга позволяют своевременно выявить и провести оценку происходящих изменений окружающей среды при осуществлении производственной деятельности.

Мониторинг состояния водных ресурсов включает:

операционный мониторинг – наблюдения за работой и эффективностью очистных сооружений сточных вод;

мониторинг эмиссий – наблюдения за объемами сбрасываемых сточных вод и их соответствия установленным нормативам; наблюдения за качеством сточных вод и их соответствия установленным нормам;

мониторинг воздействия – наблюдения за качеством вод приемника сточных вод - пруда-накопителя (фоновые концентрации загрязняющих веществ).

Производственный мониторинг в области охраны и использования водных объектов включает регулярный контроль нормируемых параметров и характеристик:

технологических процессов и оборудования, связанных с образованием сточных вод;

мест водозабора и учета используемой воды;

выпусков сточных вод, в том числе очищенных;

сооружений для очистки сточных вод и сооружений систем канализации;

систем водопотребления и водоотведения;

поверхностных и подземных водных объектов, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территорий водоохранных зон и прибрежных защитных полос.

Метод непрерывных измерений наряду с оценкой выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух широко применяется также для определения параметров сточных вод промышленных предприятий. Измерения проводятся непосредственно в потоке сточных вод.

Основным параметром, который практически всегда устанавливается в ходе непрерывных измерений, является объемный расход сточных вод. Дополнительно в процессе непрерывного мониторинга в потоке сточных вод могут определяться следующие параметры:

рН и электропроводимость;

температура;

мутность.

Выбор в пользу использования непрерывного мониторинга для сбросов, зависит от: ожидаемого воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду с учетом особенностей местных условий;

необходимости мониторинга и контроля производительности установки по очистке сточных вод для возможности быстрого реагирования на изменения параметров очищенной воды (при этом, минимальная частота проведения замеров может зависеть от конструкции очистных сооружений и объемов сбросов сточных вод);

наличия и надежности измерительного оборудования и характера сброса сточных вод;

затрат на непрерывные измерения (экономической целесообразности).

В список контролируемых веществ должны включаться маркерные загрязняющие вещества с указанием используемых методов контроля (инструментальные).

Отбор проб сточной воды может осуществляться следующим образом:

случайной пробы, которая относится к одной пробе, взятой из потока сточных вод;

составной пробы, которая относится к пробе, отбираемой непрерывно в течение определенного периода, или проба, состоящая из нескольких проб, взятых непрерывно или прерывисто в течение или проба, состоящая из нескольких проб, отбираемых либо

непрерывно, либо прерывисто в течение определенного периода или смешанных между собой;

квалифицированная случайная проба относится к составной пробе, состоящей как минимум из пяти смешивающихся в последствии, случайных проб, отобранных в течение не более двух часов с интервалом не менее двух минут.

Достигнутые экологические выгоды

Контроль эффективности процессов связан с очисткой сбросов в целях проведения анализа о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлению и устранению возможных аварий и инцидентов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Разработка программы мониторинга на каждом предприятии ведется с учетом специфики производственного процесса, используемого сырья, климатических условий, существующего состояния окружающей среды и т.д.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства.

4.6. НДТ Управление технологическим процессом

Описание

Обеспечение стабильности производственного процесса: оптимизация процессов, повышение энергоэффективности и увеличение показателей выпуска готовой продукции.

Техническое описание

Внедрение систем автоматизированного контроля, управления и использование следующих техник.

Проверка и выбор исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами и методами очистки.

Процедуры включают:

- контроль сопроводительных документов для товара;
- визуальная проверка того, что поставленный материал соответствует указанному в договоре и товаросопроводительным документам;
- контроль системы взвешивания и дозирования шихты;

контроль при приемке исходного сырья и определение места хранения (визуальный осмотр, выборочный контрольный анализ в зависимости от типа материала, испытание на радиоактивность);

контроль химического состава исходного сырья;

сортировка посторонних веществ (в случае несоответствия: возврат поставщику или удаление);

тщательное перемешивание разнородных материалов, входящих в состав шихты, для достижения оптимальной эффективности переработки и сокращения выбросов вредных веществ и образования отходов. Для определения правильных смесей сырья используются малые печи. Колебания влажности в подачи печи могут привести к тому, что объемы технологического газа слишком велики для аспирационного оборудования, что будет способствовать образованию неорганизованных выбросов;

использование микропроцессорных устройств контроля скорости подачи материала, ключевых технологических параметров, включая сигнализацию, условий сжигания и подачи дополнительного газа;

непрерывный инструментальный контроль температуры, давления, содержание кислорода в печи и подачи газа;

контроль критических параметров процессов на установках очистки отходящих газовых потоков (температура газа, количество подаваемых реагентов, давление, ток и напряжение на электрофилт্রে, объем подачи и рН жидкости в мокром скруббере, состав подаваемого газа);

непрерывный инструментальный контроль уровня вибрации для обнаружения завалов или неисправности оборудования;

непрерывный инструментальный контроль силы тока, напряжения и температуры электрических контактов;

контроль и регулирование температуры для предотвращения образования выбросов металлов и оксидов металла из-за перегрева;

использование микропроцессорных устройств для контроля подачи реагентов и работы очистного оборудования, включая непрерывный инструментальный контроль температуры, мутности, рН, электропроводности и объемов стока;

сбор технологических газов с использованием герметичных или полугерметичных систем печи. Интерактивные вентиляторы с переменной скоростью используются для обеспечения оптимальной скорости сбора газа и минимизации затрат на электроэнергию;

сбор и извлечение паров растворителей, насколько это возможно, с использованием герметичных реакторов или локального сбора паров в сочетании с охладителями или конденсаторами;

использование систем управления качеством окружающей среды;

проведение анализа шлака, металла и штейнового материала на основе периодически отбираемых проб, для контроля и оптимизации добавления флюсов, определение условий производственного процесса и контроль содержания металлов в материалах.

В целях оптимизации управления и контроля внутренних материальных потоков с целью предотвращения загрязнения, предотвращения износа, обеспечения надлежащего качества используемого сырья, возможности повторного использования и переработки, а также для повышения эффективности процесса и оптимизации выпуска металла, используются методы управления ресурсами.

Надлежащее хранение и обращение с входными и выходными потоками может помочь свести к минимуму выбросы переносимой по воздуху пыли со складов и конвейерных лент (включая точки перегрузки), а также избежать загрязнения почвенного покрова, грунтовых и сточных вод.

Налаженные системы управления интегрированными производствами, включающее в себя использование технологических остатков от других установок (технологических процессов) и секторов позволяют максимизировать внутреннее и/или внешнее использование их в качестве сырья.

Управление материальными потоками включает в себя контролируемую утилизацию небольших частей общего количества отходов металлургического завода, которые не имеют экономического значения.

Для улучшения использования металлолома можно использовать следующие методы по отдельности или в комбинации:

- спецификация критериев приемки, соответствующих производственному профилю, в заказах на поставку лома;

- хорошее знание состава лома путем тщательного отслеживания происхождения лома; в исключительных случаях испытание расплава может помочь охарактеризовать состав лома;

- наличие надлежащих средств приема и проверки доставки;

- наличие процедур для исключения металлолома, непригодного для использования в установке;

- хранение лома по различным критериям (например, размер, сплавы, степень чистоты); складирование лома с возможным выбросом загрязняющих веществ в почву на непроницаемых поверхностях с дренажно-сборной системой; использование крыши, которая может уменьшить потребность в такой системе;

- составление партии лома для различных плавок, принимая во внимание знание состава, чтобы использовать лом, наиболее подходящий для производимой марки стали (в некоторых случаях это необходимо для предотвращения присутствия нежелательных элементов, а в других случаях для использовать легирующие элементы, которые присутствуют в ломе и необходимы для производства марки стали);

оперативный возврат всего собственного лома на свалку для переработки;

наличие плана эксплуатации и управления;

сортировка металлолома для сведения к минимуму риска включения опасных или цветных загрязнителей, особенно полихлорированных бифенилов (ПХД) и масла или жира. Обычно это делает поставщик лома, но из соображений безопасности оператор проверяет все партии лома в герметичных контейнерах. Следовательно, в то же время можно проверить, насколько это практически возможно, наличие загрязнений. Может потребоваться оценка небольших количеств пластика (например, компонентов с пластиковым покрытием);

контроль радиоактивности;

внедрение обязательного удаления компонентов, содержащих ртуть, из вышедших из эксплуатации транспортных средств и отходов электрического и электронного оборудования переработчиками металлолома можно улучшить за счет закрепление отсутствия ртути в договорах купли-продажи лома, отказ от лома, содержащего видимые электронные узлы и агрегаты.

Основными принципами управления запахом являются:

предотвращение или минимизация использования материалов, являющихся источником запаха;

содержание и извлечение пахучих материалов и газов до их диспергирования и разбавления;

их обработку, возможно, дожиганием или фильтрованием.

Использование биологических сред, таких как торф или аналогичный материал, которые действуют в качестве субстрата для подходящих биологических видов, успешно удаляющего запахи. Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим процессом, если сильно пахучие материалы разбавляются. Для обработки очень больших объемов газа с низкой концентрацией пахучих материалов требуется крупная технологическая установка.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других веществ в атмосферу.
Ресурсосбережение.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Направление развития АСУ на металлургических заводах характеризуется в современных условиях переходом к интегрированным АСУ, отличительной особенностью которых является связанность отдельных подсистем, охватывающих все стороны технологии (управление технологическими процессами, оперативное управление производством, производственное планирование) и построенных на основе единых принципов и системного подхода [54].

В современном конвертерном цехе можно выделить по крайней мере три АСУ ТП: управления процессом выплавки стали в конвертере; управления процессами

внепечной обработки стали; управления процессом непрерывной разливки стали. Система оперативного управления производством должна увязывать работу всех трех АСУ ТП, обеспечивая составление и реализацию оптимального динамического расписания работы всех участков кислородно-конвертерного цеха.

Система для управления агломерационным процессом предприятия ОАО "Северсталь" (Россия) помимо визуализации технологических параметров производит архивацию данных в локальном архиве, ведет отчеты тревог, осуществляет передачу технологических параметров непосредственно в MS SQL-сервер вычислительного центра, осуществляет необходимую анимацию на видеоформах для отображения техпроцесса.

Задачей агломерационного процесса является подготовка высококачественного сырья для доменного производства из смеси железорудных концентратов, оборотных продуктов, колошниковой пыли, окалины, других железосодержащих материалов путем спекания их с необходимым количеством флюсов, с использованием коксовой мелочи в качестве топлива.

После внедрения АСУ количество потребляемого кокса снизилось на 52 %. Годовой экономический эффект составил 200 тысяч долл. США. Окупаемость - 20 дней. На разработку было потрачено 5 человеко/мес.

На ЕВРАЗ НТМК (Россия) внедрена система управления эффективностью процессов (DPM) в целях повышения производительности участка за счет визуализации оперативных данных. Ожидается, что общий экономический эффект от внедрения проекта составит более 12 млн руб. ежегодно. Принцип работы заключается в следующем: система консолидирует данные по видам, объемам отгруженного шлака, подготавливаемого для вторичного использования в производстве и при изготовлении железоблинка – добавки для выплавки чугуна. Данная система позволяет сотрудникам оперативно анализировать информацию о причинах и времени простоев, следить за своими результатами, что положительно сказывается на работе всего участка. Производительность участка увеличилась с 5 до 6 тысяч тонн шлака в месяц.

На ВИЗ-Стали (входит в Группу НЛМК) (Россия) внедрили инновационную технологию предиктивной диагностики термического оборудования. Она позволяет оценивать состояние механических узлов и подшипников в реальном времени, заблаговременно устранять неисправности и минимизировать риски внеплановых простоев. Диагностику производят с помощью цифровой системы визуализации звука — SVS (sound visualization system). С помощью использования системы SVS количество внеплановых простоев термического оборудования, которое обследуется с помощью решетки SVS, снизилось до минимальных значений. При этом сократилось время на проведение ремонтов и количество задействованного в них персонала.

Корпорация JFE Steel (Япония) в начале 2023 года завершила реконструкцию доменной печи на заводе компании в Восточной Японии при вводе ее в эксплуатацию.

Процесс реконструкции начался в сентябре прошлого года и стоил около 43 млрд иен. Объем печи остается неизменным и составляет 5153 м³. Модернизация помогла стабилизировать работу печи за счет внедрения технологии обработки данных для повышения точности как позиционирования загружаемого материала, так и контроля нагрева печи. Кроме того, было обновлено соседнее оборудование для улучшения работоспособности и продления срока службы корпуса печи.

Система управления технологическим процессом Danieli Corus BOF (Великобритания), используемая в конвертерном сталеплавильном производстве состоит из набора аппаратных и программных компонентов, которые могут быть реализованы по отдельности или вместе. Основным аппаратным обеспечением, связанным с системой, является вспомогательная фурма, система анализа отработанных газов и оборудование для донного перемешивания и контроля шлака. После первоначальной установки систему можно дополнить дополнительными модулями. Комплексная модель процесса лежит в основе системы. С системой управления технологическим процессом Danieli Corus базовые конвертеры кислорода могут работать в полностью компьютерном режиме на основе расчетов и рецептов, но система также допускает отклонение от оператора. Система была внедрена на многих сталелитейных заводах. Аппаратное обеспечение и модель процесса доказали свою гибкость во всех этих реализациях. Систему можно точно настроить для любого предприятия и оптимизировать в соответствии с существующими операционными процедурами. В любой конфигурации и в любом режиме работы система обеспечивает беспрецедентную повторяемость, высокую доступность и высокий процент попаданий. В конвертерном сталеплавильном производстве система Danieli Corus является ключом к оптимальной производительности.

Преимущества: возможность производить нагрев одним нажатием кнопки, прямые выгоды с точки зрения потребления чугуна, лома, флюсов, коммунальных услуг и огнеупорного износа, сокращение количества отремонтированных плавков, а также прямых затрат, значительно сокращенное время от плавки до плавки (до 8 минут) для максимальной производительности, надежность и долговечность.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости. Повышение энергоэффективности.

В соответствии с применением вышеупомянутых методов возникают дополнительные преимущества с точки зрения эксплуатационных характеристик, отражающиеся в повышении производительности, снижении энергопотребления и неизменном качестве агломерата.

Технические соображения, касающиеся применимости

Вышеупомянутые методы обычно применяются на заводах Казахстана и других стран. Все операторы стремятся эксплуатировать агломерационные установки как

можно более бесперебойно, сводя к минимуму простои и обеспечивая соблюдение высоких стандартов технического обслуживания.

АСУ ТП внедрена на установке разогрева промежуточных ковшей (УРПК) на МНЛЗ-1 в цехе ЭСПЦ ОАО "Уральская Сталь" (Россия). АСУ ТП реализована с помощью программируемого логического контроллера БПЛК-022. Система обеспечивает автоматизированное управление процессом разогрева футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ-1, а именно, работой газоздушных горелок, вентиляторов, дымососа, электроприводов заслонок и опрос датчиков локальных средств автоматики. БПЛК-022 осуществляет сбор информации, первичную обработку данных, архивирование, отображение на технологическом дисплее, а также передачу измерительной информации по Ethernet на компьютер АРМ диспетчера. Ввод в эксплуатацию новой комбинированной МНЛЗ позволил "Уральской Стали" достичь 50 % разливки стали непрерывным способом, снизить расход металла, сократить расходы на обрезь, и следовательно, уменьшить себестоимость литой заготовки.

Экономика

Эксплуатационные расходы на техническое обслуживание и рабочую силу уравниваются преимуществами более высокой производительности и стабильного качества агломерата. Кроме того, хорошо обслуживаемая и бесперебойно работающая установка приводит к снижению потребления топлива и энергии.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов. Экономия сырья. Непрерывный и стабильный процесс производства.

4.7. НДТ при неорганизованных выбросах при хранении, погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке материалов

Описание

НДТ заключается в предотвращении или сокращении неорганизованных выбросов пыли при хранении, погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке материалов с использованием одного или комбинации методов. Если используются методы сокращения выбросов, НДТ заключается в оптимизации эффективности улавливания и последующей очистки с помощью нижеуказанных методов.

Техническое описание

Первичными источниками неорганизованных выбросов пыли на металлургических заводах являются системы разгрузки, хранения, обработки и транспортировки сырья и материалов. К вторичным выбросам можно отнести взвешенную пыль с проезжей части дорог в результате движения транспортных средств, в результате загрязнения шасси и колес, а также операции повторного взвешивания материалов с площадок хранения или переработки.

К неорганизованным выбросам можно также отнести утечки, возникающие непосредственно при производственных процессах. Незначительные выбросы в виде отходящих газов при переработке технологических остатков, а также выбросы, выделяемые при недостаточном извлечении во время дробления, просеивания, загрузки, плавания и других процессов производства также следует относить к вторичным источникам неорганизованных выбросов.

К основным методам снижения неорганизованных выбросов пыли, в первую очередь необходимо отнести разработку плана мероприятий по предотвращению или сокращению неорганизованных выбросов пыли (является частью СЭМ), рассмотрение возможности временного прекращения определенных операций, если они определены как основные источники выбросов пыли. Для идентификации подобного рода источников необходимо иметь достаточное количество точек наблюдений, включающих мониторинг физических факторов, таких как направление и сила ветра.

К методам предотвращения выбросов пыли при обработке и транспортировке сыпучего сырья относятся:

- ориентация длинных складов (штабелей) по преобладающему направлению розы ветров;

- установка ветрозащитных экранов или использование естественного ландшафта в качестве укрытия;

- контроль влажности материала;

- организационно-технические меры при технологических операциях, во избежание незапланированных выбросов пыли (просыпи, дополнительное перемещение и обработка сыпучего материала)

- соответствующая вместимость конвейеров и в бункерах и т. д.;

- использование распылителей воды с различными связывающими добавками для пылеподавления, где это необходимо;

- строгие стандарты технического обслуживания оборудования;

- своевременная очистка и увлажнение дорог;

- использование мобильного и стационарного оборудования для вакуумной очистки;

- пылеподавление или пылеудаление, а также использование установки для очистки рукавных фильтров для устранения источников значительного пылеобразования;

- применение подметально-уборочных машин с пониженным уровнем выбросов для проведения плановой уборки дорог с твердым покрытием.

К методам доставки, хранения и утилизации материалов относятся такие меры как (включая, но не ограничиваясь):

- полное ограждение разгрузочных бункеров в здании, оборудованном вытяжкой отфильтрованного воздуха для пылящих материалов, иначе бункеры должны быть оборудованы пылезащитными перегородками, а разгрузочные решетки должны быть соединены с системой пылеудаления и очистки;

- по возможности ограничить высоту падения материала до 0,5 м;
- использование распылителей воды (предпочтительно с использованием оборотной воды) для пылеподавления;
- при необходимости оборудование бункеров для хранения фильтровальными установками для контроля запыленности;
- использование полностью закрытых устройств для извлечения материала из бункеров;
- при необходимости хранение металлолома на крытых площадках с твердым покрытием, для уменьшения риска загрязнения;
- использование закрытых складов, вместо открытых площадок, если это возможно (допустимый объем хранимого сырья и материалов);
- создание ветрозащитных полос за счет естественного рельефа, земляных насыпей или посадка высокой травы и вечнозеленых деревьев на открытых площадках для улавливания и поглощения пыли без причинения долговременного вреда;
- ограничение высоты и формы отвалов;
- гидропосев на отвалах и шлаковых куча;
- озеленение территории, путем посадки кустарников и деревьев или другой растительности на открытых участках, для уменьшения уноса пыли;
- увлажнение поверхности с использованием прочных пылесвязывающих веществ;
- укрытие поверхности брезентом или складирование покрытий (например, латексных) для минимизации подЪм пыли;
- применение хранилищ с подпорными стенками для уменьшения открытой поверхности;
- при необходимости использование непроницаемых бетонированных поверхностей с дренажной системой.

При использовании железнодорожного транспорта, а именно при разгрузке вагонов, а также грузового транспорта к мерам снижения выбросов пыли следует отнести использование специального разгрузочного оборудования закрытого типа, если это применимо.

При использовании материалов, которые могут привести к значительному выбросу пыли, некоторые методы включают использование перегрузочных пунктов, вибрационных грохотов, дробилок, бункеров и т.п., которые могут быть полностью закрытыми и оборудованы фильтровальными установками, а также использование центральных или местных систем вакуумной очистки.

К методам обработки и переработки шлака относятся:

хранение запасов шлакового гранулята во влажном состоянии для транспортировки и переработки шлака, так как высушенный доменный шлак и сталелитейный шлак могут образовывать пыль;

использование закрытого шлакодробильного оборудования, оснащенного эффективной системой отвода и рукавными фильтрами.

Методы обработки с ломом включают в себя обеспечение хранения металлолома под навесом и/или на бетонированных поверхностях, для сведения к минимуму подъема частиц пыли, вызванного движением транспортных средств.

Меры, которые следует учитывать при транспортировке материалов:

использование оборудования для чистки колес для предотвращения переноса грязи и пыли на дороги общего пользования;

устройство твердых покрытий (бетонных или асфальтовых) на транспортных дорогах для сведения к минимуму образования облаков пыли при транспортировке материалов и очистке дорог;

ограничение движения транспортных средств на определенных маршрутах с помощью ограждений, канав или насыпей из переработанного шлака

увлажнение запыленных трасс с помощью водных распылителей, например, при работе со шлаком;

минимизация количества перегрузок, а также контроль за тем, чтобы транспортные средства не были переполнены во избежание утечек;

использование укрытий для транспортных средств (брезентом) при перевозке пылящих материалов;

использование конвейеров закрытого типа, где это возможно, для сведения к минимуму потерь материала за счет изменения направления движения конвейерных лент на участках, при выгрузке материалов с одной ленты на другую;

обеспыление точек перегрузки конвейеров и др.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неорганизованных выбросов пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В 2015 – 2019 гг. АО "АМТ", в рамках выполнения Плана природоохранных мероприятий были приведены работы по реконструкции аспирационного оборудования, что способствовало снижению выбросов пыли, а именно: реконструкция газоочистки конвертера с монтажом системы улавливания и очистки неорганизованных выбросов - снижение выбросов пыли на 30 тонн в год; реконструкция аспирационных установок перегрузочных узлов, пылеочистного оборудования корпуса бункеров агломерата агломерационного цеха; проектирование и реконструкция пылеочистного оборудования УПЦ - снижение выбросов неорганической пыли на 8 тонн в год.

ПФ ТОО "KSP Steel" использует крытое хранение непылеобразующих материалов, герметичная упаковка пылеобразующих материалов или вторичных материалов, содержащих водорастворимые органические соединения, аспирационные системы для улавливания и очистки выбросов на местах образования.

В качестве практического примера описываемых методов также можно привести ПАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (Россия), которым был разработан и реализован проект, важным элементом которого является снижение выбросов пыли. Основным этапом реализации является - ввод в эксплуатацию систем пылеподавления, расположенных на производственных участках, где выделяется значительное количество пыли. Работа всех систем пылеподавления основана на принципе создания мелкодисперсного водяного тумана, который улавливает частицы пыли, обволакивая их и осаждая на поверхность за счет увеличения их веса.

Значительное загрязнение атмосферного воздуха пылью происходит в доменном цехе на бункерных эстакадах отделения шихтоподачи доменных печей при разгрузке сырья в приемные бункера. С целью снижения выбросов пыли на этом участке было принято решение оборудовать бункерную эстакаду одной из доменных печей системой пылеподавления. Система была смонтирована и введена в эксплуатацию в 2021 году. Данная система помогает бороться с пылью во время выгрузки исходного сырья из хопперов в приемные бункера, а также при транспортировке по участку шихтоподачи до самой печи. Системы оборудованы насосами высокого давления, позволяющими доставлять воду с "нулевого" уровня до бункерной эстакады, а также к скиповым подъемникам участка шихтоподачи. Очищенная вода поступает по рукавам высокого давления, которые имеют двойную металлическую защиту, поскольку испытывают в процессе эксплуатации рабочее давление от 100 до 120 атм. На самой бункерной эстакаде смонтировано более 1,5 тысяч форсунок для распыления воды, которые защищены специальными футлярами.

Эффективность работы системы пылеподавления составляет 83 % при гарантийном показателе 80 %.

Для снижения вторичного пылеуноса в ПАО "ММК" организованы полив и очистка автомобильных дорог, а также осуществляется асфальтирование территорий, что позволяет организовать их механизированную уборку специальным автотранспортом. Также комбинат приобрел и ввел в эксплуатацию две комбинированные дорожные машины для полива и уборки территории, а также две комбинированные вакуумно-подметальные машины. В 2022 году уже завершено плановое асфальтирование 1600 квадратных метров территории электросталеплавильного цеха, около 3000 квадратных территории доменного цеха с дальнейшим увеличением площади. Для перевозки уловленной пыли с газоочистных установок используется специализированный автотранспорт – пылевозов.

Корпорация JFE Steel (Япония) в 2021 году разработала основанную на алгоритмах систему для высокоэффективного управления множественными запасами железной руды, основного сырья для производства чугуна, на складах (складах) металлургических заводов, чтобы значительно оптимизировать как складскую логистику, так и стабильное управление рудой.

Когда железная руда поступает на металлургический завод, она складывается в насыпь примерно конической формы и временно складывается во дворе. Затем руда смешивается с другими материалами для производства определенных стальных изделий. Также железные руды из разных областей различаются по качеству и составу, поэтому каждую нужно хранить в отдельном складе.

В то время как количество складов, как правило, должно быть сведено к минимуму для повышения эффективности, чрезмерная минимизация может повысить риск невозможности доставки железной руды из определенной зоны склада, если требуемое транспортное оборудование станет недоступным из-за ежедневного технического обслуживания или механическая проблема. Таким образом, ключевым моментом является разработка плана, обеспечивающего как эффективную работу верфи, так и стабильную работу металлургического завода. До внедрения разработки, персонал верфи должен был постоянно вести рабочий план на следующие несколько недель, охватывающий такие факторы, как приемка и выгрузка сырья, текущие запасы, статус отгрузки и многое другое. Поскольку количество железной руды, перерабатываемой на складе, может достигать нескольких 100 000 тонн в день, а также учитывая множество возможных комбинаций типов руды, местоположения, времени и т. д., уже давно существует потребность в очень точных планах управления складом, которые можно было бы эффективно разработать.

Разработанная система (планировщик) размещения запасов оптимизирует работу склада, создавая идеальные планы на срок до нескольких месяцев с помощью алгоритма, который выполняет сложные логистические расчеты менее чем за одну минуту. Система использует обширные варианты компоновки складов для ежедневных операций, в принципе сводя к минимуму необходимое количество складов, но также включая, при необходимости, несколько децентрализованных складов для руд, которые, например, влекут за собой высокочастотные операции смешивания, которые могут значительно повлиять на общую эффективность, если не управляться тщательно. Новая система обеспечивает эффективное управление такой логистикой для поддержки высокостабильного управления рудой.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение расхода ресурсов и материалов, например воды для пылеподавления. При этом возможно сокращение сбросов сточных вод при организации оборотного водоснабжения.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства. Улучшение экологических показателей.

4.8. НДТ Управление водными ресурсами

Описание

Организация системы водопользования, является неотъемлемым этапом, необходимым для формирования экологической политики предприятия, при этом необходимо учитывать имеющиеся на предприятии процессы, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения тех или иных технологий, требования законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности. Снижение потребления воды, забираемой из внешних источников, является основной целью системы водопользования, показателями эффективности которой являются данные удельного и валового потребления воды на предприятии.

Техническое описание

НДТ для управления водными ресурсами заключается в снижении потребления воды, предотвращении, сборе и разделении типов сточных вод, максимизируя внутреннюю рециркуляцию и используя адекватную очистку для каждого конечного потока. К основным используемым методам относятся:

- отказ от использования питьевой воды для производственных линий;

- увеличение количества и/или мощности систем оборотного водоснабжения при строительстве новых заводов или модернизации/реконструкции существующих заводов;

- централизованное распределение поступающей пресной воды;

- повторное использование воды до тех пор, пока отдельные параметры не достигнут определенных пределов;

- использование воды в других установках, если затрагиваются только отдельные параметры воды и возможно дальнейшее использование;

- разделение очищенных и неочищенных сточных вод, по возможности использование ливневых сточных вод;

- ливневые стоки с открытых участков складирования руды, угля и сырья, содержащие взвешенные твердые частицы, должны быть направлены для возможности их очистки путем отстаивания или другими методами;

- по возможности предусмотреть меры по ведению мониторинга качества воды, сбрасываемой из зон хранения и смешивания, если такие стоки находятся вблизи селитебной территории;

- лом должен храниться на площадках с твердым покрытием, непроницаемой поверхностью и соответствующей дренажной системой, включая перехватывающий сифон перед сбросом, так как есть вероятность загрязнения стоков маслами и

химикатами, вымываемыми дождевой водой (за исключением случаев хранения чистого лома).

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Предприятие ПФ ТОО "KSP Steel" использует технологии, направленные на предотвращение загрязнения водного бассейна и минимизацию водопотребления: учет водопотребления и водоотведения, применение локальных оборотных циклов, применение оборотного водоснабжения, применение замкнутых водооборотных систем, обезвоживание шламов.

Для сокращения потребления свежей технической воды АО "АМТ", организована система оборотного водоснабжения через пруд-охладитель. Пруд-охладитель создан путем отделения части Самаркандского водохранилища намывом ограждающей дамбы, с последующим формированием откосов и гребня дамбы длиной около 8,6 км.

Система водоснабжения производства включает в себя 7 локальных оборотных циклов, в т.ч. водоснабжения углеобогадательной фабрики и УПЦ через хвостохранилище, оборотные циклы первичного и конечного охлаждения коксового газа и оборотные циклы тушения кокса. Тем самым уровень оборотного водоснабжения на предприятии составил 87 %, а сброс загрязненных вод в водоемы составляет менее 13 %.

На фабричной площадке Стойленского ГОКа (входит в Группу НЛМК) (Россия) реализовали масштабный проект по строительству ливневой канализации. Теперь все сточные воды, которые образуются после дождя или таяния снега, поступают в общую систему стоков и по подземным трубопроводам централизованно отводятся в хвостохранилище комбината. Здесь вода проходит очистку и возвращается в производственный процесс. Всего на фабричной площадке СГОКа смонтировали более 2,3 тысяч метров подземных трубопроводов с пропускной способностью до 700 м³/час воды. Ливневые сточные воды через приемные решетки, которые установлены на проезжей части, поступают сначала в сборные колодцы, откуда отводятся в центральные трубопроводы и затем направляются в хвостохранилище.

Для сталелитейного бизнеса компании Thyssenkrupp (Германия) требуется около 1 млрд м³ воды, но только 3 % из них приходится на пресную воду. На всех предприятиях используются системы рециркуляции воды, в которых вода используется до 40 раз, после чего она либо испаряется, либо сбрасывается в виде очищенных сточных вод.

С 2009 года ПАО "Кокс" (Россия) полностью прекратило сброс сточных вод за счет создания замкнутого водооборотного цикла. Также были запущены очистные

сооружения хозяйственно-бытового стока, смонтированы установки термического обезвреживания сточных вод, в результате чего в 2012 году полностью прекращен сброс хозяйственно-бытовых сточных вод на городские очистные сооружения.

Кросс-медиа эффекты

Сокращение потребления первичных водных ресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Управление водными ресурсами на интегрированном металлургическом заводе будет в первую очередь ограничиваться наличием и качеством пресной воды и требованиями законодательства. На действующих заводах существующая конфигурация системы водопользования может ограничивать применимость.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. На реализацию проекта СГОК по строительству ливневой канализации израсходовано более 120 млн рублей.

Движущая сила внедрения

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности.

4.9. НДТ Управление отходами

Описание

Оптимальное управление отходами заключается в использовании интегрированных и операционных методов для минимизации отходов за счет внутреннего использования или применения специализированных процессов переработки (внутренних или внешних).

Согласно Кодекса, нормативных правовых актов, принятых в РК, все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и захораниваться с учетом их воздействия на окружающую среду.

Техническое описание

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды управление отходами производится в соответствии с международными стандартами и действующими нормативами РК, а также внутренними стандартами.

Система управления отходами, заключается в следующем:

идентификация образующихся отходов;

раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;

сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;
транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду, а также воздействие погодных условий на состояние отходов.

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов, является существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов либо повторно используются, к примеру на предприятии ПФ ТОО "KSP Steel". Часть таких отходов как пыль от пылеуловителей ЭСПЦ, шлак сталеразливочный возвращаются в технологический процесс.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение количества отходов, направленных на захоронение, улучшение поддерживание высокого уровня эффективности экологических показателей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Около 97 % доменных шлаков производственных объектов Thyssenkrupp (Германия), которые являются побочным продуктом производства горячего металла, перерабатываются непосредственно в так называемый доменный песок. Доменный песок является важным сырьем для производства цемента. Благодаря его использованию можно защитить природные ресурсы, такие как известняк, и избежать выбросов оксида углерода (CO_2) по сравнению с природными ресурсами, используемыми в качестве сырья, а также сэкономить энергию. Доменные и сталеплавильные шлаки также специально производятся в качестве строительных материалов, например, для дорожного полотна или насыпей вдоль рек и озер, или используются в качестве востребованных удобрений.

Железосодержащая пыль и шламы, например, возникающие в процессе контроля выбросов и очистки воды, перерабатываются непосредственно на сталелитейном предприятии Thyssenkrupp обратно в чугун и шлак. Для этого компания разработала процесс Oxy cup, в котором из железистой пыли и шлама сначала создаются агломератные кирпичи, которые затем переплавляются в шахтной печи для получения чугуна и шлака. Это позволяет не только повысить степень переработки железа, но и сократить выбросы диоксида углерода (CO_2) примерно на 200 000 тонн в год.

Для защиты почвенного покрова компании Thyssenkrupp использует различные меры. Эти аспекты учитываются на ранней стадии при планировании новых производственных объектов. Во время строительства и эксплуатации заводов, а также во время остановок защита почвы играет важную роль. Современное проектирование заводов сводит к минимуму загрязнение почвы. Работников обучают, как осторожно

обращаться с веществами, которые могут привести к загрязнению почвы. Еще одним аспектом является тесная интеграция профилактики и контроля с защитой поверхностных вод и выбросов. Около 25 % земель, принадлежащих Дуйсбургскому предприятию Thyssenkrupp Steel Europe AG, представляют собой открытые или растительные территории, которые создаются и поддерживаются в соответствии с экологическими аспектами. Для защиты от выбросов и шума используются озелененные валы. В то же время окружающая местность визуально улучшается. Заброшенные свалки или законченные участки действующих свалок постоянно рекультивируются в зеленые ландшафты.

На ЕВРАЗ ЗСМК (Россия) утилизируется, перерабатывается и повторно используется около 88 % отходов производства. В 2022 году этот показатель составляет порядка 4,6 млн тонн. Порядка 65 % отходов, которые образуются на комбинате, передаются специализированным организациям в целях последующей обработки, утилизации или обезвреживания. В технологический процесс собственного производства вовлекается порядка 23 % отходов. Шлак сталеплавильного и доменного производств предварительно дробят, извлекают из него металлосодержащие продукты и повторно используют в производстве. Шламы, образующиеся при производстве кокса и чугуна, используют как топливо на агломерационном производстве. Угольный шлак — в качестве топлива в коксовом цехе. Пыль газоочистки аспирационных систем доменного и электросталеплавильного производств применяется в качестве железосодержащего сырья на аглофабрике. На специализированной установке утилизации химических отходов предприятия получают различные добавки. Например, из каменноугольных флюсов получают добавку к угольной шихте, которая становится сырьем для коксохимического производства.

Приблизительно 70 % доменного шлака Nippon Steel (Япония) используется для производства доменного цемента, а сталеплавильный шлак используется для материалов для слоев дорожного основания, строительных работ, улучшения почвы, улучшения морской среды, удобрений и т. д. Материалы дорожных покрытий Nippon Steel, КАТАМА™SP, преимущественно используются в соответствии с характеристиками сталелитейного шлака, который затвердевает при взаимодействии с водой. Они используются для лесных дорог и сельскохозяйственных дорог, а также для защиты тротуаров от сорняков, которые устанавливаются рядом с установками мега-солнечных батарей и в других местах. Geo-Tizer™, изготовленный из стального шлака, можно смешивать с мягкой почвой (грязью, такой как излишки вынутого грунта со строительных площадок или почвой сельскохозяйственных угодий), чтобы преобразовать почву и сделать ее пригодной для использования. В отличие от обычных материалов для улучшения почвы (например, цемента и извести), эта почва производит меньше пыли, значительно снижает выбросы диоксида углерода (CO₂) и дешевле, что

позволяет снизить стоимость строительства. Восстановленный грунт отлично уплотняется, а также его можно легко выкопать, так как он не слишком затвердевает. Почва, модифицированная кальцием — смесь модификатора кальция из сталеплавильного шлака и дноуглубительного грунта — использовалась для улучшения состояния морской среды, например, путем обратной засыпки глубоко вырытых участков морского дна и создания неглубокого дна и прибрежной зоны. Кроме того, установки подачи железа Vivary™ компании Nippon Steel, состоящие из сталелитейного шлака и перегноя, получаемого из древесных отходов, обеспечивают железо, необходимое для роста морских водорослей, способствуя регенерации участка морского дна, утратившего большую часть живых организмов.

Более того, поскольку стальной шлак содержит питательные вещества, которые помогают растениям расти, он также широко используется в качестве удобрения, способствуя повышению производительности сельского хозяйства.

Кросс-медиа эффекты

Экономия сырья. При применении некоторых методов требуются дополнительные финансовые затраты (к примеру, при организации мест хранения отходов, при производстве продукции из вторичных ресурсов). Сокращение выбросов парниковых газов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства. Улучшение экологических показателей.

4.10. НДТ Снижение физических воздействий

Шум и вибрация являются общими проблемами в отрасли и источники встречаются во всех секторах производства чугуна и стали.

Шум появляется во всех производственных процессах, начиная с подготовки сырья до получения конечной продукции. Чтобы снизить уровень шума и предотвратить его распространение на ближайшую территорию, могут быть применены различные технические решения по снижению шума:

реализация стратегии снижения шума;

ограждение шумных операций/агрегатов;

виброизоляция операций/агрегатов;

внутренняя и внешняя обшивка из ударопоглощающего материала;

звукоизоляция зданий для защиты от любых шумных операций, связанных с оборотом для преобразования материалов;

строительство стен для защиты от шума, например, строительство зданий или естественных барьеров, таких как растущие деревья и кустарники между охраняемой территорией и шумной деятельностью;

выпускные глушители на выхлопных трубах;

обшивка воздуховодов и воздуходувок, расположенных в звуконепроницаемых зданиях;

закрытие дверей и окон крытых помещений.

Перечисленные меры доступны к применению на действующих, модернизируемых и новых объектах. Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и, если установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания, например, из-за размера печей и их средств обслуживания, применяются вторичные технические решения, например, строительство зданий или природных барьеров, таких как растущие деревья и кустарники между селитебной зоной и источником активного шума. Двери и окна защищаемого пространства должны быть плотно закрыты в период эксплуатации шумовыделяющих установок.

Так на ПФ ТОО "KSP Steel", ПФ ТОО "Кастинг" для снижения акустического воздействия выполнены виброизоляция производств/агрегатов, звукоизоляция зданий для укрытия любых шумопроизводящих операций, включая оборудование для переработки материалов.

Для снижения уровня шума АО "АМТ" использует следующие методы: ограждение агрегатов, виброизоляция, звукоизоляция, применение глушителей.

Шумозащитный туннель с открытым штампом, построенный в 2012 году вдоль здания кузницы Buderus Edelstahl GmbH (Германия), обеспечивает снижение уровня шума примерно на 4 дБ(А), что соответствует допустимому уровню шума в ночное время для производственных территорий, расположенных близ населенных пунктов.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение уровня физических воздействии в соответствии с установленными стандартами.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В соответствии действующими нормативно-правовыми актами по утверждению гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека, максимально допустимый уровень звука на территории, непосредственно прилегающем к селитебной зонам составляет 60 – 70 дБА.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные финансовые затраты, для действующих установок.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Применимость на действующих установках может быть ограничена конструктивными особенностями оборудования (недостаточностью дополнительных площадей).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства.

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

В данном разделе справочника по НДТ приводится описание существующих техник для конкретной области применения, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

При описании техник учитывается оценка преимуществ внедрения НДТ для окружающей среды, приводятся данные об ограничениях в применении НДТ, экономические показатели, характеризующие НДТ, а также иные сведения, имеющие значение для практического применения НДТ.

Основной задачей описываемых в данном разделе методов является достижение минимальных показателей выбросов, сбросов, образования отходов с применением одной или нескольких техник, в целях комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды.

5.1. НДТ при производстве агломерата

5.1.1. Технические решения при процессах агломерации. Энергосбережение, ресурсосбережение

5.1.1.1. Рекуперация тепла в процессе спекания и охлаждения агломерата

Описание

Использование физического тепла агломерата/процесса в производственных процессах, возврат (полностью или частично) теплового потенциала.

Техническое описание

С аглофабрик сбрасываются два вида потенциально многоразовых отходов энергии:

1) тепло от основных выбросов агломерационных машин (при нормальных условиях эксплуатации использование теплообменника для рекуперации тепла от отходящих технологических газов может привести к недопустимой конденсации и коррозии);

2) тепло охлаждающего воздуха от охлаждения агломерата (физическое тепло в горячем воздухе от охлаждения агломерата может утилизироваться одним или несколькими из следующих способов: выработка пара в котле-утилизаторе для использования на металлургических заводах; производство горячей воды для централизованного теплоснабжения; предварительный нагрев воздуха для горения в зажигателе агломерационной установки; предварительный нагрев агломерационной

шихтовой смеси; использование газов-охладителей агломерата в системе рециркуляции отходящих газов).

Пример рекуперации тепла: утилизация отработанного тепла агломерационного охладителя при обычном спекании. Физическое тепло горячего воздуха, охлаждающего агломерат, используется для производства пара в котле-утилизаторе и для предварительного нагрева воздуха для горения в зажигателе спекательной машины.

Также применяется охлаждение агломерата и рекуперация тепла отходящих газов с частичной рециркуляцией отходящих газов. Перед рециркуляцией отходящие газы проходят через котел-утилизатор. Газы от охлаждения агломерата также проходят через котел-утилизатор (аглофабрика Sumitomo Heavy Industries (Кокура, Япония)).

Достигнутые экологические выгоды

В некоторых случаях в среднем может быть достигнут показатель по экономии 15 кВт/т агломерата.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При применении данной техники на некоторых предприятиях рекуперация энергии составляет 18 % от общего расхода энергии на котел-утилизатор и 2,2 % от общего расхода энергии на рециркуляцию в вытяжные шкафы.

На предприятиях, использующих другие методы рекуперации, показатели по рекуперации энергии составляют 23,1 % от потребляемой энергии.

Кросс-медиа эффекты

В некоторых случаях выбросы пыли снижаются благодаря предустановленным сепараторам крупной пыли. Использование отходящих газов охладителя агломерата в системе рециркуляции отходящих газов приведет к уменьшению рассеянных выбросов пыли из охладителя агломерата.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах.

Экономика

Инвестиции будут зависеть от конкретного объекта. Однако применение рекуперации отработанного тепла снижает эксплуатационные расходы.

Отмечается, что инвестиции в новую установку, использующую тепло, ниже системы рекуперации на стадии планирования, но на некоторых действующих заводах существующая конфигурация может привести к очень высоким затратам.

Рекуперация тепла при охлаждении агломерата часто применяется в ЕС (например, в Cogus (Нидерланды), Riva (Италия), ThyssenKrupp (Германия)).

Рекуперация тепла из горячего воздуха агломерационного охладителя практикуется на агломерационном заводе №3 ArcelorMittal (Дюнкерк, Франция), с 1991 года.

Движущая сила внедрения

Энерго- и ресурсосбережение.

5.1.1.2. Частичная переработка отходящего газа

Описание

При частичной рециркуляции отходящего газа некоторые части отходящего газа рециркулируются для процесса агломерации. Доля отходящих газов, которая рециркулирует к ленте, проходит через горячий агломерат и фронт горения.

Техническое описание

К методам частичной рециркуляции могут быть отнесены (но не ограничиваясь):
рециркуляция отходящего газа от всей аглоленты;

рециркуляция отходящего газа от всей агломерационной ленты в сочетании с теплообменом;

рециркуляция отходящего газа от торцевой части агломерационной ленты и использование отходящего газа от охлаждения агломерата;

рециркуляция отходящего газа из различных частей агломерационной ленты. У этой системы есть два преимущества по сравнению с обычной агломерацией:

Неиспользованный кислород в отходящем газе может быть эффективно использован путем рециркуляции.

Отходящий газ из разных секций может обрабатываться отдельно в зависимости от состава газа. Таким образом, инвестиции и эксплуатационные расходы на очистные сооружения для отходящих газов могут быть значительно снижены по сравнению с обычным спеканием даже по сравнению с системой EOS.

Достигнутые экологические выгоды

Достигнуто сокращение выбросов отходящих газов в атмосферу (около 28 %), выбросов пыли (около 56 % с учетом от эффекта модернизации электрофильтра). Также в небольшом объеме могут быть снижены выбросы диоксида серы (SO_2) и оксидов азота (NO_x).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Система, использующая частичную рециркуляцию отходящих газов, была установлена на аглофабрике №3 компании Nippon Steel Corporation (Тобата, Япония). Отходящий газ разделяется на четыре секции, каждая из которых обрабатывается отдельно. Система работает бесперебойно, и переработка отходящих газов не влияет на качество агломерата.

Кросс-медиа эффекты

Снижение выбросов в атмосферу и потребления энергии в агломерации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах (применение на действующих производствах может быть ограничено площадью размещения).

При определении применимости данной техники и выбора метода необходим анализ следующих данных:

первоначальная конфигурация ленты (например, двойные или одинарные вакуумные камеры, свободное пространство для нового оборудования и, при необходимости, удлинение ленты);

первоначальный проект существующего оборудования (например, вентиляторы, устройства для очистки газа и просеивания агломерата и охлаждения);

начальные условия эксплуатации (например, сырье, высота слоя, давление всасывания, процентное содержание негашеной извести в смеси, удельный расход, процентное содержание возврата с установки, возвращаемых в сырье);

существующие показатели с точки зрения производительности и расхода твердого топлива;

показатель основности агломерата и состав шихты в доменной печи (например, процентное соотношение агломерата и окатышей в шихте, содержание железа в этих компонентах).

Хотя этот метод может способствовать снижению выбросов агломерационной установки (с точки зрения нагрузки на загрязнение), концентрация некоторых веществ может возрасти (например, кислые соединения) в рециркулируемых и отработанных газах. Что касается кислотных соединений, то для предотвращения чрезмерной коррозии необходим строгий контроль параметров.

Экономика

Установка дополнительных вентиляторов приводит к дополнительному потреблению электроэнергии. Однако, данное потребление незначительно за счет снижения потребления кокса и не влияет на экономическую часть.

Методы применяются на производствах Corus (Нидерланды), HüttenwerkeKrupp (Германия), в Японии, к примеру на аглофабрике №3, Yawata Works, Nippon Steel Corporation.

Движущая сила внедрения

Энерго- и ресурсосбережение.

5.1.2. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.1.2.1. Циклоны

Описание

Оборудование для удаления пыли из технологического отходящего газа или потока отработанного газа, основанное на использовании центробежных сил. Благодаря простоте конструкции, отсутствию подвижных узлов и механизмов, возможности увеличения производительности путем объединения в группы и батареи, циклоны сухой очистки широко применяются в технологических и подготовительных производственных процессах.

Технологическое описание

Циклоны предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при подготовительных, пиromеталлургических процессах (предварительная обратка сырья, плавка/обжиг, агломерация и т. д.), а также для очистки аспирационного воздуха. Для удаления частиц из отходящего газового потока используется принцип инерции, основанный на создании центробежными силами, двойной вихревой воронки внутри тела циклона. Крупные частицы достигают стенки циклона и собираются в нижнем бункере, тогда как мелкие частицы покидают циклон с выходящим газом и могут быть удалены другими методами очистки, такими как, рукавные фильтры, электрофильтры, скрубберные системы.

Циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80 – 95 % от частиц пыли размером более 10 мкм.

Мокрые циклоны являются высокоэффективными устройствами, распыляющими воду в поток отходящего газа для увеличения веса твердых частиц и, следовательно, удаления более мелких частиц пыли.

Для очистки больших объемов пылегазовых потоков, а также для улавливания частиц размером менее 10 мкм используют батарейные циклоны (мультициклоны), которые komponуют из большого количества циклонных элементов, объединенных общим пылевым бункером, и имеющих специальные устройства для закручивания газового потока. Эффективности мультициклонов зависит от размера частиц и может достигать более 99 %.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов твердых частиц в атмосферу. Снижение нагрузки загрязняющих веществ, перед следующими этапами очистки (если применяется). Циклоны применяются для улавливания твердых частиц размером 5 – 25 мкм (5 мкм с применением мультициклонов). Эффективность варьируется в диапазоне 60 – 99 % в зависимости от размера частиц и конструкции циклона и может составлять от 300 до 600 мг/Нм³.

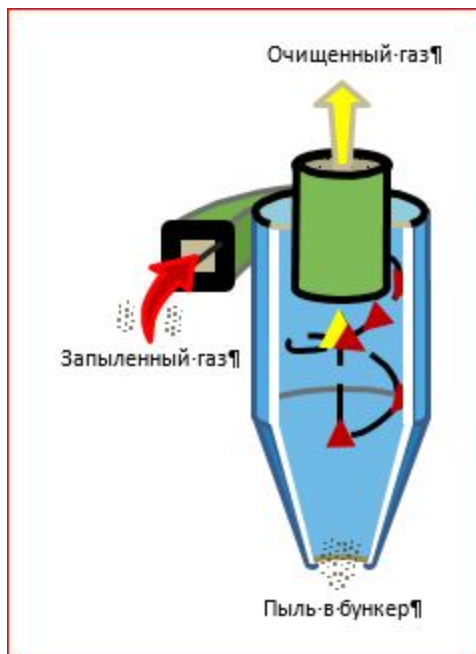


Рисунок 5.1. Конструкция циклона

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень улавливания пыли в значительной степени зависит от размера частиц и конструкции циклона, и увеличивается по мере возрастания нагрузки загрязняющим веществом: для стандартных отдельных циклонов данная величина ориентировочно равна 70 – 90 % для общего количества взвешенных частиц, 30 – 90 %.

Основные условия эксплуатации циклонов:

1) необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль. Для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер;

2) подсос воздуха в нижней части циклона недопустим. Бункер для сбора пыли должен быть герметичным. Спуск пыли из бункера осуществляется через патрубок с двойным затвором-мигалкой, отрегулированной так, чтобы клапаны работали поочередно;

3) стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше 400 °С и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа;

4) при работе на газе с высокой температурой циклоны внутри футеруют огнеупорными плитками, а выхлопную трубу выполняют из жаропрочной стали или керамики. При низкой наружной температуре минимальная температура стенки циклона должна превышать температуру точки росы не менее чем на 20 – 25 °С. Для обеспечения этого условия стенки циклонов в ряде случаев покрывают снаружи теплоизоляцией;

5) начальная концентрация для неслипающихся пылей в циклонах диаметром 800 мм и более допускается до 400 г/м³. Для слипающихся пылей и циклонов меньших размеров концентрация пыли должна быть в 2 – 4 раза ниже;

6) циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов;

7) рекомендуется установка циклонов перед вентиляторами, чтобы последние работали на очищенном газе и не подвергались абразивному износу.

Циклоны наиболее эффективны при высоких скоростях воздуха, малых диаметрах и большой длине цилиндра. Скорость воздуха в циклоне составляет от 10 м/с до 20 м/с, а средняя скорость - около 16 м/с. Колебания значения скорости (снижение скорости) приводят к резкому снижению эффективности очистки.

Эффективность улавливания может быть увеличена при увеличении:

размер частиц и/или плотности;

скорости во впускном канале;

длины корпуса циклона;

числа оборотов газа в циклоне;

отношения диаметра корпуса циклона к диаметру выходного отверстия;

гладкость внутренней стенки циклона.

Эффективность снижается при: увеличении вязкости газа; увеличении диаметра камеры циклона; увеличении плотности газа; увеличении размеров канала на входе газа; утечки воздуха в выходное отверстие для пыли.

Требования к техническому обслуживанию циклонов невысоки; должен быть обеспечен легкий доступ для обследования циклона на предмет эрозии или коррозии. Перепад давления в циклоне регулярно контролируется, а система пылеулавливания проверяется на наличие засоров.

Мониторинг. Уровень производительности циклона может быть определен путем мониторинга концентрации твердых частиц концентрации твердых частиц в потоке входящего и выходящего газа, используя изокINETический зонд для отбора проб или измерительный прибор, на основе УФ, бета-лучей.

Кросс-медиа эффекты

Необходимость утилизации остатков пыли если повторное использование/ рециркуляция невозможны. Дополнительный расход энергии: небольшое падение давления (0,5 кПа) увеличивает потребление энергии насосами для всасывания отходящих газов примерно на 200 кВт для агломерационной установки с расходом отходящих газов 1 млн Нм³/ч и производительностью 4 млн тонн агломерата в год. Это составляет 1 МДж/т агломерата, или менее 0,1 % от энергопотребления аглофабрики. Работа циклонов является источником шума, который необходимо устранять, путем ограждения оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Циклоны могут применяться как на новых, так и на действующих установках. Циклоны используются для удаления твердых частиц, размером РМ10. Для удаления частиц меньшего размера (РМ2,5) применяются высокоэффективные мультициклоны.

Циклоны работают в абразивных и влажных условиях, снижая концентрацию пыли на агломерационных установках с эффективностью примерно от 60 до 80 %, в зависимости от удельного веса пыли. В Corus, (Нидерланды) с помощью мультициклона была достигнута концентрация на выходе 300 мг/Нм³.

В большинстве случаев циклоны применяются в качестве предварительных очистителей для более эффективных систем, таких как рукавные фильтры (см. раздел 5.1.2.3) и электрофильтры (см. раздел 5.1.2.2), ввиду низких показателей эффективности, которые как правило, не отвечают нормам загрязнения воздуха. Широко используются после операций дробления, измельчения, а также после процессов распылительной сушки, при предварительной подготовке сырья.

Преимущества использования: рекуперация сырья (возврат уловленных частиц пыли в технологический процесс); отсутствие движущихся частей, следовательно, низкие требования к техническому обслуживанию; низкие эксплуатационные расходы; низкие инвестиционные затраты; сухой сбор и удаление, за исключением использования мокрых циклонов; относительно небольшие требования к площадке размещения.

Применимость может быть ограничена: относительно низкой эффективностью очистки для мелкодисперсных частиц; относительно высоким перепадом давления; наличием в составе очищаемых газов липких или клейких материалов; шумностью работы оборудования.

Экономика

Как правило одиночные конструкции, применяющиеся для очистки отходящих газов с низкой концентрацией твердых частиц, будут дороже (на единицу расхода и на количество очищенного загрязняющего вещества), чем большая установка, для очистки потока отработанного газа с высокой концентрацией.

Так, для одиночного циклона с пропускной способностью 1800 – 43 000 Нм³/ч и остаточной запыленностью между 2,3 и 230 г/Нм³, эффективность улавливания составляет 90 %. Для мультициклона с пропускной способностью в пределах от 36 000 Нм³/ч и 180 000 Нм³/ч, показатели остаточной запыленности и эффективности аналогичны показателям одиночного циклона.

Эксплуатационные расходы зависят от перепада давления и, следовательно, от затрат на электроэнергию.

Многие аглофабрики по всему миру используют циклоны в качестве устройства для удаления крупной пыли (например, Corus (Нидерланды), Wakamatsu/Yawata Works (Япония)). АО "АМТ" - на установках производства агломерата установлены

батареиные мультициклоны. ПФ ТОО "KSP Steel" используют циклоны для первичной очистки ГВС от пыли.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов твердых частиц, с возможностью регенерации (повторного использования в качестве сырья) являются основными движущими силами внедрения.

5.1.2.2. Электрофильтр (ЭСФ)

Описание

Улавливание твердых частиц из отходящего потока газа с помощью электростатической силы.

Техническое описание.

Частицы, подлежащие удалению, заряжаются, а специальные электроды, расположенные в корпусе фильтра, имеют другой заряд. При прохождении запыленного воздуха частицы пыли притягиваются к электродам и впоследствии сыпаются в приемный бункер. Эффективность очистки может зависеть от количества полей, времени пребывания и предшествующих устройств для удаления частиц. Электростатические фильтры могут быть сухого или мокрого типа в зависимости от метода, используемого для сбора пыли с электродов.

Наиболее часто используемыми устройствами для очистки больших объемов отходящих газов на аглофабриках являются сухие электрофильтры с тремя или четырьмя полями, расположенными последовательно.

Принцип работы электростатического фильтра заключается в улавливании частиц, в потоке поступающего отработанного газа посредством электрической силы на пластины коллектора. Уловленные частицы получают электрический заряд, когда они проходят через корону, где протекает поток газообразных ионов. Электроды в центре проточной полосы поддерживаются при высоком напряжении и создают электрическое поле, которое заставляет частицы двигаться к стенкам коллектора (см. рис. 5.2).

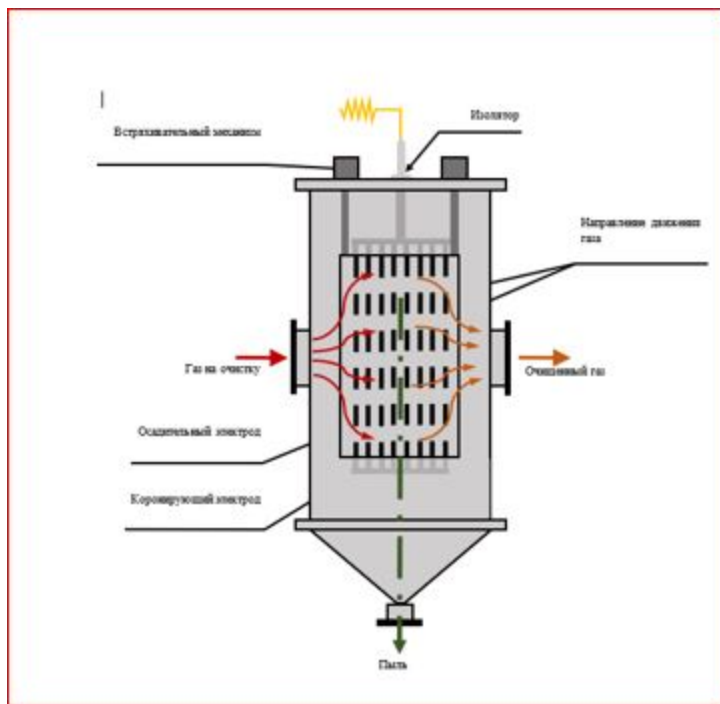


Рисунок 5.2. Принцип действия электрофилтра

При этом необходимо поддержание напряжения постоянного тока в диапазоне 20 – 100 кВ. Электрофилтры ионной абразивной обработки обычно работают в диапазоне 100 – 150 кВ для обеспечения высокой эффективности сепарации. Отличительной особенностью электрофилтров является способностью работать при высокой температуре (горячие) и высокой влажности обеспыливаемых газов (мокрые). Количество образующейся пыли - так называемый вынос пыли (в процентах от массы перерабатываемой шихты) или переход металлов в пыль зависит от вида металлургического агрегата, физико-химической характеристики шихты (крупность, прочность, содержание легковозгоняемых металлов и соединений и прочее), интенсивности и характера пирометаллургического процесса и многих других факторов. Особенно интенсивно пыль образуется в технологических процессах, таких как обжиг и плавка концентратов и др.

Для получения адекватного разделения удельное сопротивление твердых частиц должно находиться в диапазоне $10^4 - 10^9$ м. Обычно большинство твердых частиц в отходящих газах процесса спекания находятся в этом диапазоне, но могут встречаться соединения со значительно более высоким удельным сопротивлением, такие как щелочь хлориды, хлориды тяжелых металлов и оксид кальция (CaO), эффективностью удаления при этом резко понижается.

Другими факторами, влияющими на эффективность, являются: скорость потока отходящего газа; напряженность электрического поля; скорость загрузки твердых частиц; концентрация оксида серы (SO_3); содержание влаги; а также форма и площадь электродов.

Улучшение производительности электрофильтров достигается за счет использования более высоких или переменных импульсных напряжения и быстрого управления напряжением и током реакции. Операции были дополнительно усовершенствованы за счет внедрения систем, улучшающих силу отталкивания до гравитационной постоянной 200, наложения импульсов высокой энергии и восстановления с увеличенным расстоянием между пластинами.

В мокрых электрофильтрах собранный материал удаляется постоянным потоком воды, которая собирается и впоследствии обрабатывается. Кондиционирование оксида серы (SO_3) и/или водяным паром также может повысить эффективность обеспыливания.

Мониторинг. Необходим своевременный контроль и техническое обслуживание. Производительность электрофильтра определяется на основании замера концентрации твердых частиц в потоке отходящего газа (до и после).

Достигнутые экологические выгоды

ЭСФ снижают выбросы пыли с эффективностью $>95\%$. В некоторых случаях достижимая эффективность - более 99% . В среднем за год ЭСФ с полями МЕЕР могут достигать концентраций пыли в диапазоне от 20 до 50 мг/Нм^3 только с учетом нормальных периодов эксплуатации и без учета пусков и остановок. Для одного и того же завода среднесуточная концентрация пыли в период с 2005 по 2007 года составляли от 24,6 до $29,4 \text{ мг/Нм}^3$.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При эксплуатации электрофильтров необходим контроль состава смеси, в частности содержание углеводородов в отходящем газе, во избежание риска возгорания. Для этого персоналом необходимо, на постоянной основе, контролировать количество окалины на фабрике, чтобы избежать попадания углеводородов в отходящий газ.

Для достижения максимальной эффективности очистки, кроме конструктивных особенностей возможно использование следующих методов:

контроль качества при использовании повторно используемых материалов (процесс рециркуляции) в случае загрязнения их маслами, окалиной, содержащей хлоридные и щелочные пыли и шламы, ограничить их использование либо подвергнуть обработке методом предварительного смешивания для получения нужного состава;

осаждение пыли из последней камеры электрофильтра, где находится большая часть щелочи и хлоридов;

корректировка технологических параметров агломерационной установки для возможности очистки электрофильтра.

Электрофильтры с наложением энергетических импульсов могут достигать концентрации от 43 до 77 мг/Нм^3 в среднем за год, при этом использование специфических руд в производстве может способствовать увеличению верхнего предела

до 140 мг/Нм³. Выбросы пыли с показателем 36 мг/Нм³ (среднегодовые значения) были достигнуты на агломерационных фабриках в Германии, где в электрофильтр вводились цеолит и буроугольный кокс. Выбросы пыли в пределах 20 - 42,7 мг/Нм³ были достигнуты на двух агломерационных фабриках в ArcelorMittal (Гент, Бельгия) в 2008 году. Эти электрофильтры оснащены функцией распознавания микроимпульсов (среднегодовые значения).

Наложение энергетических импульсов было установлено на многих аглофабриках, например, на заводе Posco (Кваньянг, Южная Корея), Thyssen Krupp Stahl (Дуйсбург, Германия), на двух участках в ArcelorMittal (Дюнкерк и Фос-сюр-Мер, Франция) и на двух участках в ArcelorMittal (Гент, Бельгия). Некоторые установки Cogus (Германия) оснащены системами пиковой модуляции и пульсирующего типа. МЕЕР был установлен на двух агломерационных заводах в Японии, на двух нитях в Riva (Таранто, Италия) и на одном агломерационном заводе в ArcelorMittal (Айзенхюттенштадт, Германия).

На Челябинском металлургическом комбинате (Россия) (ПАО "ЧМК", входит в Группу "Мечел") в 2022 году обновлена систему газоочистки в цехе по производству агломерата - образующиеся в процессе производства взвешенные частицы, поступают в систему аспирации вместе с дымовыми газами и очищаются электрическими фильтрами, эффективность улавливание может достигать 99,9 %. В реализацию мероприятия вложено 100 млн рублей.

Кросс-медиа эффекты

Образуется поток твердых отходов. В некоторых случаях этот поток отходов может быть повторно использован в процессе спекания. Всякий раз, когда концентрация тяжелых металлов и/или щелочных соединений слишком высока, переработка может быть затруднена.

Для агломерационной установки с расходом отходящих газов приблизительно 1 млн Нм³/ч, потребление энергии составляет от 300 до 400 кВт. При производительности агломерата 4 млн тонн в год это составляет от 2 до 3 МДЖ/т агломерата (или 0,1 – 0,15 % от общего энергопотребления агломерата).

При использовании метода концентрирования с оксидом серы (SO₂) (мокрый электрофильтр) увеличивается объем выбросов водород хлорида (HCl).

Технические соображения, касающиеся применимости

Электрофильтры могут устанавливаться как на новых, так и на действующих установках. Электрофильтры с подвижным слоем могут быть установлены как последнее поле существующего электрофильтра или как отдельный блок в собственном корпусе, но расположение и возможность установки любого типа будут зависеть от конкретного места.

Экономика

Решающим фактором затрат является расход отходящего газа. Инвестиции в модернизацию двух существующих ЭСФ до электрофильтров последнего поколения оценивались в 2002 году в 10 – 15 млн евро для агломерационной установки производительностью 1,4 млн Нм³/час (расход газа) (ArcelorMittal (Фос-сюр-Мер, Франция)). В реализацию мероприятия по обновлению системы очистки агломерационного производства ПАО "ЧМК" (Россия) вложено 100 млн рублей.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.1.2.3. Рукавный фильтр

Описание

Очистка отходящих газов от пыли путем пропуска через плотно сплетенную или войлочную ткань, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

Техническое описание

Использование рукавных фильтров в металлургическом производстве обусловлено их высокой эффективностью очистки от пыли и содержащихся в ней металлах, образующейся на различных этапах производственного цикла (подготовка сырья, плавка, обработка продуктов плавки). Рукавные фильтры изготавливаются из пористой тканой или войлочной ткани, через которую пропускаются газы для удаления частиц. Использование рукавного фильтра требует выбора ткани, подходящей для характеристик отходящего газа и максимальной рабочей температуры. Установка дополнительного оборудования перед рукавными фильтрами, такого как осадочные и холодильные камеры, котлы-утилизаторы, уменьшает вероятность возникновения пожаров, кондиционирования частиц и восстановления тепла отходящего газа перед удалением пыли.

Обычно рукавные фильтры классифицируются в соответствии с методом очистки фильтрующего материала. Необходимо регулярно удалять пыль из ткани для поддержания эффективности экстракции.

Наиболее распространенными методами очистки: обратный воздушный поток, механическое встряхивание, вибрация, пульсация воздуха под низким давлением и пульсация сжатого воздуха.

Акустические ковши также используются для очистки фильтрующих рукавов. Стандартные механизмы очистки не обеспечивают возвращение рукава в первоначальное состояние, так как частицы, осевшие в глубине ткани, уменьшают размер пор между волокнами, хотя это обеспечивает высокую эффективность очистки субмикронных паров.

Импульсный рукавный фильтр предназначается для очищения воздушных масс от различных мелкодисперсных пылевых скоплений. В этих приборах вмонтирована система регенерации импульсного продувания сжатыми воздушными массами. В качестве очистительного элемента выступают рукава на металлических опорах. Для предотвращения падения эффективности очистки из-за накопления слоя пыли на поверхности рукава применяется импульсная продувка рукавных фильтров. Ее использование обеспечивает регенерацию работоспособности оборудования и исключение снижения эффективности очистки.

Эффективность очистки в рукавных фильтрах в основном зависит от свойств фильтровальной ткани, из которой изготавливаются рукава аппарата, а также от того, в какой мере эти свойства соответствуют свойствам очищаемой среды и взвешенных в ней частиц. При выборе ткани необходимо учитывать состав газов, природу и размер частиц пыли, способ очистки, требуемую эффективность и экономические показатели. Также учитывается температура газа, способ охлаждения газа, если таковой имеется, образующийся водяной пар и точка кипения кислоты. В таблице 5.1. представлены типы тканей, широко используемых при очистке.

Таблица 5.1. Распространенные ткани, используемые в рукавных фильтрах

№ п/п	Исходный полимер или сырье	Название волокна	Плотность, кг/м ³	Термостойкость, °С		Химическая стойкость в различных средах		Стойкость в средах		Горючесть	Прочность на разрыв, МПа	Разрывное удлинение, %	Стойкость к истиранию	Влагоемкость, %, при 20°С	
				при длительном воздействии	при кратковременном воздействии	кислоты	щелочи	окисляющие агенты	растворители					при f = 65 %	при f = 90 – 95 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Целлюлоза	Хлопок	1520	65-85	90-95	ОП	Х	У	ОХ	Да	360-530	7-8	У	7-8,5	24-27
2	Протеины	Шерсть	1320	95-100	120	У	ОП	У	Х	Да	130-200	30-40	У	13-15	21,9
3	Полиамид	Капрон	1140	80-90	120	ОП	ох	У	Х	Да	450-600	18-32	ОХ	3,5-4,5	7-8,5
4		Номекс	1380	220	260	У	ох	Х	Х	Нет	400-800	14-17	ОХ	-	-
5	Полиэфир	Лавсан	1380	130	160	Х	У-П	Х	Х	Да	450-700	15-25	ОХ	0,4	0,5
6	Полиакрилонитрил	Нитрон	1170	120	150	Х-У	У	Х	-	Да	300-470	15-17	У	0,9-2	4,5-5

7	Полиолефин	Полипропилен	920	85-95	120	ОХ	ОХ	Х	Х	Да	440-860	22-25	ОХ	0	0
8	Поливинилхлорид	Хлорин, ацетохлорин, ПВХ	1380-1470	65-70	80-90	ОХ	ОХ	ОХ	У-Х	Нет	180-230	15-30	ОП-П	0,17-0,3	0,7-0,9
9	Политетрафторэтилен	Фторопласт, олифен	2300	220	270	ОХ	ОХ	ОХ	ОХ	Нет	350-400	50	У-П	0	0
10	Полиоксидиазол	Оксалон	-	250	270	Х	-	-	-	-	-	-	Х	-	-
11	Алюмооборосликатное стекло	Стекловолоконное	2540	240	315	Х	У-П	ОХ	ОХ	Нет	1600-3000	3-4	ОП	0,3	-
12		Керамическое волокно	-	760	1204	ОХ	Х	ОХ	ОХ	Нет	-	-	-	-	-

ОХ - очень хорошая; Х - хорошая; У - удовлетворительная; П - плохая; ОП- очень плохая.

Существует несколько различных конструкций рукавных фильтров, в которых используются различные виды фильтрующих материалов.

Использование технологий мембранной фильтрации (поверхностная фильтрация) приводит к дополнительному увеличению срока службы, увеличению пределов температуры (до 260 °С) и относительно низким затратам на техническое обслуживание. Мембранные фильтрующие рукава состоят из ультратонкой мембраны из расширенного политетрафторэтилена (ПТФЭ), встроенной в материал основы. Частицы в потоке отходящего газа улавливаются на поверхности рукава. Вместо формирования осадка на внутренней части или проникновения в ткань рукава, частицы отталкиваются от мембраны, образуя тем самым меньший по объему осадок.

Синтетические фильтрующие ткани, такие как тефлон/стекловолокно, позволяют использовать рукавные фильтры в широком спектре процессов, обеспечивая длительный срок службы. Эффективность современных фильтрующих материалов при высоких температурах или в условиях абразивности достаточно высока, и производители тканей могут оказать помощь в определении материала для конкретного

применения. При использовании подходящей конструкции для соответствующего типа пыли в особых случаях может быть обеспечен очень низкий уровень выбросов пыли. Более высокая надежность и более длительный срок службы компенсируют расходы на современные рукавные фильтры. Достижение низких уровней выбросов пыли имеет важное значение, поскольку пыль может содержать значительные уровни металлов. Чтобы предотвратить утечку неочищенных газов в атмосферу, необходимо учитывать влияние деформации распределительных коллекторов и надлежащую герметизацию рукавов.

По причине возможного забивания фильтров в определенных условиях (например, в случае липкой пыли или при использовании в воздушных потоках при температуре конденсации) и чувствительности к огню, они подходят не для всех целей применения. Фильтры также могут использоваться вместе с существующими рукавными фильтрами и могут подвергаться модернизации. В частности, система уплотнения рукава может быть улучшена во время ежегодного технического обслуживания, а фильтрующие рукава могут быть заменены более современными материалами в соответствии со стандартными графиками замены, что также может снизить будущие затраты.

Самым распространенным типом используемых фильтров являются рукавные фильтры в виде мешков, при этом несколько отдельных фильтрующих элементов из ткани размещаются вместе в группе. Образующийся на фильтре пылевой кек может значительно повысить эффективность сбора. Рукавные фильтры также могут быть в виде листов или картриджей.

Фильтр состоит из нескольких секций, часть из которых работает в режиме фильтрации очищаемого газа, а часть – в режиме регенерации, т.е. удаления осевшей на рукавах пыли. В режиме очистки запыленный газ фильтруется через поры рукава, а пыль осаждается на его поверхности. Со временем гидравлическое сопротивление рукава с накопленным на нем слоем пыли увеличивается, и эффективность осаждения возрастает. При этом пропускная способность фильтра по газу существенно снижается, и секцию отключают на регенерацию для удаления пыли механическим (встряхиванием, скручиванием) и (или) аэродинамическим (импульсной продувкой сжатым воздухом) способами. Поток газа, подлежащего обработке, может направляться либо изнутри рукава наружу, либо снаружи рукава вовнутрь.

В случае содержания в поступающих отработанных относительно крупных частиц, для снижения нагрузки на рукавный фильтр, особенно при высокой концентрации частиц на входе, для дополнительной предварительной очистки могут использоваться механические коллекторы (циклоны, электростатические фильтры и др.).

Мониторинг. Для обеспечения правильной работы фильтра следует применять одну или несколько из следующих функций:

особое внимание уделяется выбору фильтрующего материала и надежности системы крепления и уплотнения. Современные фильтрующие материалы, как правило,

являются более прочными и имеют более длительный срок службы. В большинстве случаев дополнительные затраты на современные материалы компенсируются продолжительным сроком службы;

рабочая температура выше точки конденсации газа. Термостойкие рукава и крепления используются при более высоких рабочих температурах;

непрерывный контроль содержания пыли путем улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра. При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для обнаружения отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные рукава;

использование газового охлаждения и искрового гашения, если это необходимо. Циклоны считаются подходящими устройствами для искрового гашения. Большинство современных фильтров расположены в нескольких отсеках, поэтому в случае необходимости поврежденные отсеки могут быть изолированы;

мониторинг температуры и искрообразования может применяться для обнаружения пожаров. На случай возникновения опасности воспламенения могут быть предусмотрены системы инертных газов или добавлены инертные материалы (например, гидроокись кальция) к отходящему газу. Чрезмерный перегрев ткани сверх расчетных пределов может вызвать токсичные газообразные выбросы;

необходимо отслеживать перепад давления для контроля механизма очистки.

Достигнутые экологические выгоды

Удаления твердых частиц размером до 2,5 мкм. Удаления определенных газообразных загрязняющих веществ, возможно в случае сочетания их с системами, расположенными после пылеуловительной камеры с рукавными фильтрами и связанными с внесением дополнительных материалов, в том числе с адсорбцией и сухим вдуванием извести/бикарбоната натрия.

Рукавный фильтр обладает высокой эффективностью в снижении уровня пыли и одновременных выбросов тяжелых металлов в потоке отходящих газов. Рукавные фильтры, усиленные добавками, также снижают выбросы ПХДД/Ф, водород хлорида (HCl), фтористого водорода (HF) и, в меньшей степени, диоксида серы (SO₂). В частности, выбросы ПХДД/Ф могут быть значительно сокращены.

Эксплуатационные данные для европейских агломерационных заводов, использующих рукавные фильтры, обычно находятся в диапазоне от 1 до 10 мг/Нм³ твердых частиц, выраженных на среднесуточной основе, включая пиковые периоды. Нелетучие тяжелые металлы восстанавливаются одновременно с пылью.

Добавление извести и С позволяет снизить выбросы диоксинов до <0,1 нг I TEQ/Нм³. Летучие тяжелые металлы и ЛОС одновременно снижаются за счет применения

добавок и цеолитов, содержащих углерод (С). Например, содержание ртути (Hg) снижается на 80 – 95 %.

Диоксид серы (SO_2) может быть уменьшен примерно на 30 – 80 % с помощью гашеной извести и до 90 % с помощью натрия бикарбонат.

В зависимости от количества вводимой извести или бикарбоната натрия результат по выбросам диоксид углерода (CO_2) может достигаться в диапазоне от 100 до 500 мг/Нм³. В зависимости от поступающего диоксида серы (SO_2) на практике были достигнуты среднесуточные значения оксидов серы (SO_x) менее 350 мг/Нм³. С добавлением извести могут быть достигнуты концентрации выбросов HF 0,2 – 1 мг/Нм³ и концентрации выбросов водород хлорида (HCl) 1 – 10 мг/Нм³ (в среднем за сутки).

Применение рукавных фильтров способствует увеличению рециркуляции диоксинов и остатков, содержащих тяжелые металлы. В одном примере количество рециркулируемой пыли из доменного газа было увеличено с 6000 тонн до 39 000 тонн в год.

Рукавные фильтры применяются в процессе агломерации для обеспыливания отходящих газов: ArcelorMittal (Бремен, Германия) с 1992 года; DK Recycling (Дуйсбург, Германия); Voestalpine Stahl GmbH (Донавиц, Австрия) с 2002 года, производительностью 400 000 Нм³/ч; Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия); ArcelorMittal (Фос-сюр-Мер, Франция) с 2006 года используется система рукавных фильтров (адсорбент - гашенная известь), производительность составляет 700 000 м³/ч отходящего газа агломерата (50 % от общего количества отходящего газа агломерата).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность зависит от типа применимого оборудования для очистки и может находиться в пределах 99 – 99,9 %. Средняя скорость фильтрации находится между 0,5 и 2 м/мин. Помимо пыли, рукавный фильтр удаляет вещества, адсорбированные на частицах пыли, такие как присутствующие металлы и диоксины.

Добавление рукавной камеры, расположенной после электростатического фильтра, позволяет достичь очень низкого уровня выброса твердых частиц.

Фильтры из должны находиться под постоянным наблюдением, осуществляемым специальными устройствами.

Износ фильтрующих рукавов приводит к постепенному снижению производительности, которое поддается измерению. Повреждение или катастрофический отказ нескольких рукавов представляет угрозу при возникновении коррозии, фильтрации абразивного материала или возникновении опасности возгорания. Простые системы непрерывного мониторинга, такие как индикаторы

падения давления или приборы контроля пыли, обеспечивают только приблизительную характеристику производительности. В таблице 5.2. приведено сравнение наиболее используемых параметров различных фильтров.

Таблица 5.2. Сравнение различных систем рукавных фильтров

№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Фильтр с импульсной очисткой	Мембранный фильтр из стекловолокна	Фильтр из стекловолокна
1	2	3	4	5	6
1	Тип рукава	-	Полиэстер	Мембрана/ стекловолокно	Стекловолокно
2	Размер рукава	м	0,126 x 6	0,292 x 10	0,292 x 10
3	Площадь ткани на рукав	м ²	2	9	9
4	Корпус	-	Да	Нет	Нет
5	Перепад давления	кПа	2	2	2,5
6	Отношение воздуха к ткани	м/ч	80 - 90	70 - 90	30 - 35
7	Интервал рабочей температуры	°С	250	280	280
8	Срок эксплуатации рукава	месяцев	До 30	72 - 120	72 - 120

При использовании рукавных фильтров отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод.

Рукавные фильтры, используемые на агломерационных установках, обычно устанавливаются после существующего ЭСФ или циклона, но также могут эксплуатироваться как автономное устройство. Обычно удаление пыли сочетается с удалением кислых соединений отходящих газов, таких как водород хлорид (HCl), фтористый водород (HF) и оксиды серы (SO_x), путем введения растворов гашеной извести или бикарбоната натрия и удалением стойких органических загрязнителей, таких как ПХДД/Ф, ПХД, ГХБ или ПАУ, а также ртути путем введения адсорбентов (главным образом порошкообразного бурого кокса или активированный уголь и/или иногда цеолиты). Вся пыль, углерод/кокс и непрореагировавшие реагенты для десульфуризации, а также продукты реакции (гипс и сульфат натрия) отфильтровываются с помощью рукавного фильтра. Значительная часть удаляемой пыли рециркулируется в отходящий газ, чтобы повысить эффективность адсорбции и, таким образом, снизить затраты на расходные материалы.

В некоторых случаях выброшенная пыль и добавки возвращаются в агломерационную линию, где ПХДД/Ф подвергаются крекингу. При комбинированной

десульфурации твердые остатки рукавного фильтра обычно не перерабатываются в агломерационную массу из-за выделения диоксида серы (SO₂).

Отработанный воздух с аглофабрики Thyssen Krupp Stahl (Германия) сначала очищается электростатическими фильтрами, которые улавливают большую часть пыли, однако не улавливают мельчайшие частицы пыли. Для их удаления отработанный воздух пропускается через 44 688 очень тонких фильтрующих мешков, каждый из которых имеет длину почти три метра. Общая площадь ткани составляет более 45 000 м², что достаточно для очистки до 1,3 млн м³ отработанного воздуха в час, практически полностью 99,99 % удаляя остаточную пыль. Общие инвестиционные затраты составили 51 млн евро.

Зона охлаждения агломашин АО "АМТ" оборудована рукавными фильтрами, эффективность очистки составляет 98 %.

Кросс-медиа эффекты

Фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2 – 4 года (срок службы зависит от различных факторов), чтобы не допустить образования кека. Падение давления, которое следует компенсировать за счет подкачки, приводящей к дополнительному энергопотреблению. Поскольку рукавные фильтры очень эффективно улавливают тонкодисперсные частицы, они также эффективно уменьшают выбросы тяжелых металлов, которые содержатся в пыли дымовых газов в виде субмикронных частиц.

Дополнительно возможно увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки.

При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

На агломерационном заводе ArcelorMittal (Бремен, Германия), который работает без десульфуризации, уловленная пыль и добавки из рукавного фильтра полностью возвращаются в агломерационную линию, где ПХДД/Ф расщепляются во фронте пламени. Отделенная пыль в Voestalpine Stahl GmbH, (Донавиц, Австрия) подлежит утилизации, поскольку содержит значительное количество серы, хлоридов, фторидов и щелочей.

Дополнительная потребность в электроэнергии, включая вентиляторы, нагревательные приборы, двигатели и вспомогательные установки, составляет примерно 1,5 кВтч/1000 Нм³/ч по сравнению с 1,0 кВтч/1000 Нм³/ч только с ЭСФ.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Может применяться как на новых, так и на действующих установках. Для действующих установок может потребоваться место для установки.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае (типа и количества используемых фильтровальных рукавов). Стоимость фильтров, зависит от

эффективности работы оборудования (нагрузка на фильтр), используемых систем очистки (интегрированных или второстепенных), а также от показателя дифференциального давления самого фильтра. Снижение инвестиционных затрат возможно путем организации тесного взаимодействия вышеперечисленных факторов, а именно за счет наименьших значений дифференциального давления и минимальных для воздуха при очистке, а также максимально возможных отношений воздух-обшивка.

При оценке затрат на рукавный фильтр с блоком подачи потока следует иметь в виду, что эти установки используются не только для отделения пыли, но и для снижения содержания ПХДД/Ф, тяжелые металлы и кислые газы, такие как фтористый водород (HF), водород хлорид (HCl) и диоксид серы (SO₂).

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в окружающую среду. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

5.1.2.4. Мокрый скруббер

Описание

Удаление твердых загрязняющих веществ из технологического отходящего газа или потока отходящего газа путем переноса газов в подходящую жидкость, часто воду или водный раствор.

Технологическое описание

Мокрая очистка от пыли подразумевает отделение пыли путем интенсивного смешивания поступающего газа с водой, обычно в сочетании с удалением крупных частиц с помощью центробежной силы. Для этого газ вводится тангенциально (под углом сбоку). При соприкосновении частиц с каплями или другой поверхностью жидкости под действием одного или нескольких физических воздействий (инерционный удар, броуновская и турбулентная диффузия и др.) частицы смачиваются, в большинстве случаев тонут, в результате чего улавливаются. При мокром улавливании в основном газы очищают от крупных частиц (более 3 – 5 мкм). Для улавливания мелких частицы (возгоны) применение мокрой очистки менее эффективно, что объясняется наличием газового или воздушного слоя между частицей и мокрой поверхностью, при этом мелкие частицы (капельки), движущиеся вместе с газовым потоком и при встрече с жидкостью (с каплей или с другой мокрой поверхностью) не соприкасаются с ней, а огибают мокрую поверхность. Данный факт способствовал совершенствованию конструкций мокрого пылеуловителя. Благодаря этому были разработаны скоростные или турбулентные мокрые пылеуловители, в которых движущийся с большой скоростью газ дробит жидкость на мелкие капли. Частицы легче сталкиваются с мелкими каплями и достаточно полно улавливаются (даже возгоны).

Каскадные скрубберы или мокрые скрубберы Вентури часто используются для удаления пыли из отходящих газов, насыщенных оксидом углерода (СО), из герметичных электродуговых печей. Затем газ используется в качестве газа с высокой теплотворной способностью и выделяется после дополнительной обработки. Он также используется для очистки газов из спекательной машины со стальной лентой, когда пыль обладает высокой абразивностью, но легко поддается смачиванию. Без этого действия скруббера срок службы рукавного фильтра был бы очень ограничен, а быстрый износ ткани снижал бы производительность.

Скрубберы используются, когда природа пыли или температуры газа исключает применение других методов, или когда тип пыли подходит для удаления именно в скруббере. Использование скрубберов также целесообразно, когда газы необходимо удалять одновременно с пылью, либо, когда они составляют часть цепи методов борьбы с загрязнением, например, при удалении пыли перед попаданием материала на завод по производству серной кислоты. Для обеспечения увлажнения и улавливания частиц требуется достаточное количество энергии.

Удаленная твердая пыль после мокрой очистки собирается в нижней части скруббера. Помимо пыли, также могут быть удалены неорганические вещества, такие как диоксид серы (SO₂), аммиак (NH₃), водород хлорид (HCl), фтористый водород (HF), летучие органические соединения (ЛОС) и тяжелые металлы.

Скрубберы также используются вместе с мокрыми электрофильтрами для охлаждения и очистки газов перед преобразованием на заводах серной кислоты или для поглощения кислотных газов.

Мониторинг. Мокрые скрубберы должны включать систему контроля перепада давления, скорости потока очищающей жидкости и (в случае удаления кислых газов) уровня pH. Очищенные газы должны попадать из скруббера во влагоотделитель.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, диоксида серы (SO₂), некоторых других неорганических соединений. Эффективность методов мокрой очистки пыли зависит от размера твердых частиц и собираемых аэрозолей.

Эксплуатационные данные для европейских аглофабрик, использующих мокрые скрубберы, находятся в диапазоне от 40 до 80 мг/Нм³, выраженных в среднегодовых значениях. В зависимости от состояния агрегата уровень выбросов пыли, превышающий указанный, может быть достигнут мгновенно.

"Карельский окатыш", ведущий комбинат по добыче и переработке железной руды в России (входит в ПАО "Северсталь"), тестируют установки сероочистки на обжиговой машине №3. На установке обжиговые газы орошаются известковым молочком, очистка обжиговых газов от диоксида серы (SO₂) достигла 98,6 % [55].

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность очистки отходящих газов от твердых частиц зависит от типа оборудования и находится в пределах 50 – 99 %. Мокрая очистка (абсорбция) от пыли может сочетаться с последующей обработкой, путем фильтрации (например, рукавные фильтры) или электростатического осаждения. Эффективностью очистки при этом находится в диапазоне от 90 до более чем 99 %.

На аглофабрике Cogus (Иджмуйден, Нидерланды), сокращение выбросов достигается за счет установленного мокрого скруббера высокого давления. Например, выбросы ПХДД/Ф и пыли сокращаются примерно на 90 %, а выбросы диоксида серы (SO_2) - примерно на 85 %.

Однако из-за технического обслуживания, сбоев и периодов запуска/остановки технически происходят неизбежные остановки, нарушения или отказы системы очистки под высоким давлением. Одна из причин этих остановок заключается в том, что форсунки, установленные для правильного распределения воды и сжатого воздуха, засоряются сульфатом свинца. Требуется регулярное техническое обслуживание.

Кросс-медиа эффекты

Возможно ухудшение условий рассеивания в атмосфере влажных очищенных газов (может потребоваться дополнительная очистка). Большие затраты энергии (особенно для турбулентных пылеуловителей).

Потребление воды в значительной степени зависит от входящей и выходящей концентрации газообразных соединений. Потери на испарение в основном определяются температурой и влажностью входящего газового потока. Выходящий газовый поток в большинстве случаев в большинстве случаев полностью насыщен водяным паром. Обычно необходима очистка рециркулирующей жидкости, в зависимости от ее разложения и потерь на испарение.

В результате абсорбции образуется отработанная жидкость (в виде стоков и шлама), которая обычно требует дальнейшей обработки или утилизации (особенно при содержании агрессивных компонентов), если она не может быть использована повторно. Проблема, возникающая при использовании этого метода, заключается в эрозии, которая может возникнуть из-за высокой скорости в канале. Это обуславливает необходимость применения антикоррозионных и в ряде случаев дорогостоящих и дефицитных конструктивных материалов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Как правило, не существует технических ограничений для применения этой техники. Использование абсорбции зависит от наличия подходящей абсорбента.

Остаточная очищенная сточная вода должна быть удалена из установок водоочистки. Поэтому применение этих систем часто зависит от обращения с

остаточными сточными водами и, следовательно, от местоположения агломерационной установки.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

К примеру, технология скруббера AIRFINE была применена на двух аглофабриках: Voestalpine (Линц, Австрия) и Corus (Иджмуйден, Нидерланды).

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в атмосферный воздух. Экологическое законодательство. Экономические выгоды.

5.1.2.5. Керамические и металлические мелкоячеистые фильтры

Описание

С точки зрения принципов работы, общего устройства и возможностей очистки мелкоячеистые керамические фильтры похожи на рукавные фильтры. Вместо тканевых рукавов на металлическом каркасе в них используются жесткие фильтрующие элементы, по форме напоминающие свечу.

Техническое описание

С помощью таких фильтров удаляются мелкодисперсные частицы, в том числе РМ₁₀. Фильтры имеют высокую термостойкость, и, зачастую, именно корпус фильтра определяет верхнюю границу рабочей температуры. Расширение опорной конструкции в условиях высоких температур также является важным фактором, поскольку при этом нарушается герметичность элементов фильтра в корпусе, что приводит к просачиванию неочищенного газа в поток очищенного. Системы обнаружения отказов в режиме реального времени используются аналогично рукавным фильтрам. Керамические и металлические сетчатые фильтры не такие гибкие, как рукавные. При очистке таких фильтров продувкой мелкая пыль не удаляется с той же эффективностью, как из рукавного фильтра, что приводит к накоплению тонкой пыли внутри фильтра и, таким образом, к уменьшению его производительности. Это происходит за счет накопления сверхтонкой пыли.

Керамические фильтры производятся из алюмосиликатов и могут быть покрыты слоем различных фильтрующих материалов для улучшения химической или кислотной устойчивости или для фильтрации других загрязняющих веществ. С фильтрующими элементами относительно легко обращаться, когда они новые, но после того, как они подвергнутся воздействию высоких температур, они становятся хрупкими, и их можно случайно повредить во время обслуживания или при неосторожных попытках очистки.

Наличие липкой пыли или смолы представляет потенциальную проблему, поскольку их сложно извлечь из фильтра при обычной очистке, что может привести к падению давления. Эффект воздействия температуры на фильтрующий материал

накапливается, поэтому он должен быть учтен при проектировании установки. При применении соответствующих материалов и конструкции можно добиться очень низкого уровня выбросов. Снижение уровня выбросов является важным фактором, поскольку пыль содержит большое количество металлов.

Аналогичную результативность в условиях высоких температур также имеет и модернизированный металлический сетчатый фильтр. Развитие технологий обеспечивает быстрое образование пылевой корки после проведения очистки, когда соответствующая зона была выведена из эксплуатации.

Непрерывный контроль пылевой нагрузки осуществляется с помощью отражающих оптических или трибоэлектрических устройств с целью обнаружения отказов фильтра. Устройство должно по возможности взаимодействовать с системой очистки фильтра для определения отдельных секций с изношенными или поврежденными элементами.

Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления.

Из-за вероятности при некоторых условиях засорения фильтрующего материала (например, клейкой пылью или при температуре воздушных потоков, близкой к точке росы) эти методы не подходят для любых условий эксплуатации. Они могут применяться в существующих керамических фильтрах и могут быть модифицированы. В частности, система уплотнения может быть усовершенствована во время планового обслуживания.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Промышленные испытания центробежного фильтра ЦФ2-6-1 в условиях системы пневмотранспорта песка позволили установить, что эффективность очистки газопылевого потока от частиц песка в шестиканальном центробежном фильтре достигает 98,65 %. Применение двухступенчатой системы очистки газов состоящей из центробежного фильтра и фильтра керамического импульсного ФКИ, позволяет достигать остаточной концентрации твердых частиц на выходе из такой установки 5 мг/м^3 при начальной запыленности потока $127\ 878 \text{ мг/м}^3$. Жесткие фильтрующие элементы на основе керамики можно применять для очистки газов с температурой до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$.

В 2004 г. на Молдавском металлургическом заводе циклон установки вакуумирования стали диаметром 1200 мм был заменен на центробежный фильтр ЦФ1-4-10. Замена циклона позволила в 4 раза увеличить количество циклов дегазации без остановок на очистку [56].

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна, но процессы работают экономично.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.2.6. Сокращение выбросов ЛОС, снижение содержания летучих углеводородов в агломерационном сырье

Описание

Техники, направленные на снижение выбросов ЛОС, основанные на сокращении объемов углеводородсодержащего сырья и материалов, используемого при производстве агломерата.

Техническое описание

Углеводороды поступают в агломерационное сырье главным образом путем добавления прокатной окалины. Содержание масел в прокатных окалинах может значительно варьироваться в зависимости от их происхождения. Иногда содержание масел достигает 10 %, однако такое сырье не используется на агломерационных установках без предварительной обработки.

Большая часть нефтяных углеводородов улетучивается из агломерационной смеси при температурах в диапазоне от 100 до 800 °С и выбрасывается из агломерационной установки с отходящим газом.

Для минимизации поступления масла через пыль и прокатную окалину можно применить несколько методов, включая следующие:

1. Ограничение поступления масла путем разделения и последующего отбора частиц пыли и окалины с низким содержанием масла;

2. Использование методов "надлежащего ведения хозяйства" на прокатных станах может привести к существенному снижению содержания загрязняющего масла в окалине;

3. Обезжиривание прокатной окалины с помощью:

нагревания прокатной окалины приблизительно до 800 °С, что способствует испарению нефтяных углеводородов и получению чистой прокатной окалины. Улетучившиеся углеводороды могут быть сожжены;

извлечения масла из прокатной окалины с помощью растворителя.

Достигнутые экологические выгоды

Может быть достигнуто содержание неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) $<20 \text{ мг/Нм}^3$ (выраженное в среднем за год). Выбросы могут быть значительно выше, если не будут приняты меры предосторожности для снижения содержания масла в сырьевых материалах для агломерации или в результате использования топлива. Эти более высокие уровни выбросов характерны для установок, использующих только ЭСФ в качестве основной системы борьбы с выбросами на выходе из трубы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Многие заводы регулируют подачу масла в агломерационную установку с помощью отходов, содержащих железо, особенно с ЭСФ или рукавным фильтром.

Ряд установок для обезжиривания прокатных окалины эксплуатировался на экспериментальной основе в конце 1990-е годы в Германии, но все они перестали действовать.

Низкое содержание масла предпочтительно в пыли и остатках окалины, используемых на аглофабрике, по нескольким причинам: во избежание возгораний и образования накипи в электрофильтре; забивание в рукавном фильтре.

Кросс-медиа эффекты

Расход дополнительной энергии на термическую очистку (обезжиривании окалины)

В случаях, когда твердые остатки/отходы, содержащие железо, отбраковываются как подходящее сырье для агломерационной фабрики они либо перерабатываются другим способом, либо попадают в поток отходов и утилизируются. Таким образом, образуется дополнительный поток эмиссий в окружающую среду, в виде отходов.

Улетучившиеся углеводороды должны быть сожжены при соблюдении следующих условия (температура свыше $850 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение более чем 2 секунд при содержании кислорода свыше 6 %).

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих заводах.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.1.2.7. Сокращение ПХДД/Ф, предотвращение образования ПХДД/Ф путем добавления соединений азота в агломерационную смесь

Описание

Предотвращение образования ПХДД/Ф, за счет добавления веществ, оказывающих ингибирующий эффект на образование ПХДД/Ф, при условии, что образование таких веществ происходит главным образом в самом агломерате.

Техническое описание

Эффективным методом снижения содержания ПХДД/Ф является добавление соединений азота в твердую агломерационную смесь с целью ингибирования каталитических реакций на поверхности. На основании этого, на многих агломерационных установках были проведены испытания с добавлением триэтанолamina (ТЕА), моноэтанолamina (МЕА) или добавлением мочевины. Добавление мочевины в агломерационную смесь перед смесителем и/или гранулятором применялось в полном промышленном масштабе на нескольких заводах. Таким образом, частицы мочевины равномерно распределяются по всей сырой агломерационной смеси перед подачей ее на ленту.

Достигнутые экологические выгоды

1 нг I-ТЕQ/м³ ПХДД/Ф при 17 % остаточного кислорода в оптимальных условиях – такие показатели были достигнуты на агломерационной фабрике Cogus (Порт-Талбот, Великобритания), при использовании добавки мочевины. Снижение концентрации на 40 – 60 %, как правило достигается на установках, использующих в качестве системы очистки только электрофилтры, поэтому индивидуальный конечный уровень выбросов ПХДД/Ф зависят от концентрации ПХДД/Ф на входе. Использование мочевины также сводит к минимуму выбросы хлористого и фтористого водорода.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Обработка и дозирование гранул мочевины может вызвать некоторые проблемы, характерные для данного материала (гидроскопичность). В одном случае добавляли 40 кг мочевины в час, что соответствует 0,12 кг/т сортового агломерата.

Кросс-медиа эффекты

Добавление мочевины имеет некоторые недостатки: потенциальное негативное воздействие на эффективность ЭСФ по борьбе с пылью; выхлопной шлейф аглофабрики, как правило, становится очень заметным, что приводит к жалобам со стороны общественности; использование мочевины приводит к выделению аммиака; выбросы пыли и микрозагрязнителей фактически увеличились из-за сочетания нескольких факторов, упомянутых выше.

Технические соображения, касающиеся применимости

Может применяться как на новых, так и на действующих производствах.

Экономика

Применение этого метода требует относительно низких инвестиционных затрат и низких эксплуатационных расходов. Эксплуатационные расходы составляют примерно

0,08 – 0,14 евро за тонну агломерата (по ценам 2004 года в Великобритании 1 фунт стерлингов = 1,44 евро).

Технология была установлена на постоянной основе на обоих агломерационных заводах Cogus в Сканторпе и Cogus, Тиссайд (Великобритания), в 2007 году. Испытания с добавлением мочевины, триэтаноламина и моноэтаноламина проводились в 1999 и 2001 годах в ArcelorMittal (Гент, Бельгия) и в 2008 году в Riva (Таранто, Италия), где в 2009 году была установлена промышленная установка по хранению и дозированию карбамида.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства. Сокращение выбросов диоксинов.

5.1.2.8. Снижение выбросов диоксида серы (SO₂)

5.1.2.8.1. Меры по сокращению выбросов диоксида серы (SO₂) в процессе агломерации

Описание

Техники или совокупность техник, направленных на сокращение выбросов диоксида серы (SO₂), образующихся в процессе обжига, до их поступления в окружающую среду с отходящими газами (первичные меры).

Техническое описание

Выбросы диоксида серы (SO₂) при процессах агломерации можно снизить четырьмя способами:

использование сырья с низким содержанием серы;

минимизация потребления топлива, в основном коксовой мелочи;

увеличение поглощения серы в агломерате;

использование более грубой коксовой мелочи, введение соответствующих адсорбирующих агентов в газоход для отработанных газов аглоленты перед обеспыливанием рукавным фильтром.

Сера, содержащаяся в топливе, в процессе горения вступает в реакцию с кислородом, образуя диоксид серы (SO₂). Поэтому количество выбросов диоксида серы (SO₂), образующихся в процессе горения, напрямую зависит от содержания серы в используемом топливе.

Соединения серы в основном поступают в процесс спекания с коксовым брикетом и в меньшей степени с рудами. Выбросы диоксида серы (SO₂) могут быть сокращены за счет использования сырья с низким содержанием серы. Содержание серы 0,8 % серы в коксовой смеси и 0,08 % серы в железной руде можно рассматривать как низкое и будет напрямую коррелировать с более низкими выбросами диоксида серы (SO₂).

Достигнутые экологические выгоды

Концентрации выбросов <500 мг диоксида серы (SO_2)/ Нм^3 могут быть достигнуты в среднем за день.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

За последние 30 лет на агломерационных заводах ЕС удельный расход коксового брикета был снижен примерно на 50 % до текущего расхода 39 – 64 кг/т агломерата.

Другим важным фактором является степень поглощения серы в агломерате. Сера частично остается в агломерационном продукте (порядка 13 – 25 %), в зависимости от основности агломерата. Также в использование более грубого коксового брикета может значительно снизить выбросы диоксида серы (SO_2).

Кросс-медиа эффекты

Остаточное содержание дополнительной серы в агломерате может отрицательно сказаться на работе доменной печи, когда требуется чугун с низким содержанием серы.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена применением малосернистой мелочи и руды

Данная техника применяется на ArcelorMittal (Гент, Бельгия), агломерационных заводах Corus (Великобритания), Thyssen Krupp (Германия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.1.2.8.2. Мокрая десульфурация

Описание

Процессы направлены на удаление уже образовавшихся оксидов серы (SO_x) из дымовых газов (вторичные меры), с использованием щелочных растворов.

Техническое описание

При технологиях мокрой очистки дымовой газ вначале очищается от пыли, а затем промывается распыленным раствором щелочных соединений. Диоксид серы (SO_2) вступает в реакцию с этими щелочными соединениями, образуя побочные продукты, химическая природа которых зависит от используемого щелочного соединения. В качестве реагентов можно использовать:

стальной шлак (процесс десульфуризации стального шлака (SSD)). Стальной шлак, который содержит 30 – 40 % CaO измельчают в порошок, смешивают с водой и добавляют в виде суспензии, которая содержит $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$; При мокрой десульфурации - дымовой газа направляется через абсорбер (скруббер), а находящаяся в абсорбере известковая суспензия (известняк или известковое молоко) вступает в реакцию с оксидами серы (SO_x) из дымового газа;

хлорид кальция CaCl_2 и гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и карбонат кальция (CaCO_3);

гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

После охлаждения отходящих газов диоксид серы (SO_2) абсорбируется в распылительной колонне раствором, содержащим кальций (Ca) или магний (Mg). При этом образуется сульфат кальция (CaSO_4) или сульфат магния (MgSO_4), который удаляется из колонны в виде суспензии.

Полученный гипс обезвоживают, качество сильно зависит от эффективности предустановленного устройства для удаления пыли. В некоторых случаях гипс может быть использован повторно в цементной промышленности.

Вода, отделяемая от гипсовой суспензии, может быть повторно использована.

При использовании гидроксида аммония (NH_4OH) в качестве реагента образуется гидросульфит аммония (NH_4HSO_3), который обрабатывается методом мокрого окисления в установке подготовки газа коксовой печи с получением сульфата аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Для мокрой десульфурации также применяются системы тонкой очистки с использованием скрубберов (см. раздел 5.1.2.4).

Активированный буроголистый кокс также может быть введен в топочный газ для адсорбции ПХДД/Ф. После этой реакции активированный бурый кокс отделяется рукавным фильтром. (см. раздел 5.1.2.4).

Достигнутые экологические выгоды

Эффективность процесса составляет 85 – 90 %. Дополнительно в процессе обессеривания происходит удаление водорода хлорида (HCl), фторводорода (HF) и пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применяя мокрый способ десульфурации дымовых газов, можно добиться показателей эффективности в диапазоне 92 – 98 % при почти стехиометрическом соотношении Ca/S.

Кросс-медиа эффекты

Образуется суспензия, содержащая гипс, что приводит к дополнительным финансовым затратам на утилизацию, в случае отсутствия спроса на рынке.

Необходима дополнительная очистка сточных вод, если установка одновременно используется для удаления пыли.

Потребление электроэнергии оценивается в 6,1 – 7,2 МДж/т агломерата.

Кроме того, очищенный отходящий газ должен быть повторно нагрет перед выбросом, чтобы достичь достаточного уровня выбросы. В некоторых случаях для этой цели используется коксовый газ, а иногда оксид углерода (CO), присутствующий в отходах аглофабрики.

Расход гашеной извести зависит от концентрации диоксида серы (SO₂) на входе, количества отходящего газа и желаемой эффективности.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах.

Экономика

Поскольку инвестиции относительно высоки (больше, чем стоимость новой аглофабрики) и зависят от потока отходящих газов, может быть выгодно ограничить десульфурацию участками отходящих газов с наибольшей концентрацией серы.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.1.2.8.3. Процесс регенерации активированного угля (РАС) для десульфуризации и уменьшения оксидов азота (NO_x)

Описание

Методы сухой десульфуризации основаны на адсорбции диоксида серы (SO₂) на активированном угле.

Техническое описание

При регенерации обогащенного диоксида серы (SO₂) может быть использован высококачественный дорогой активированный уголь, в качестве побочного продукта получается серная кислота (H₂SO₄). Слой регенерируется либо водой, либо термически

Метод применяется на мусоросжигательных, нефтеперерабатывающих, агломерационных заводах и электростанциях.

В некоторых случаях используется активированный уголь на основе бурого угля. В этом случае обогащенный диоксидом серы (SO₂) активированный уголь обычно сжигают в контролируемых условиях, применим в основном как конечный этап для тонкой очистки, после основного процесса десульфуризации (предустановленные установки десульфуризации).

Достигнутые экологические выгоды

Эффективность процесса (РАС) может достигать 95 %, отдельно эффективность снижения выбросов оксидов азота (NO_x) возможна в пределах 80 – 90 %, в зависимости от рабочих температур, добавления аммиака (NH_3) и конструктивных особенностей. Эти показатели эффективности не учитывают время простоя установки и отражают работу 24 часа в сутки. Таким образом, фактические показатели эффективности были бы значительно ниже.

Процесс РАС снижает уровень пыли с 80 – 100 мг/Нм³ до менее чем 20. Выбросы диоксинов снижаются с 3 нг/Нм³ до менее чем 0,3.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Помимо диоксида серы (SO_2) с помощью данного метода также возможно удаление других веществ из отходящего газа, таких как водород хлорид (HCl), хлористый водород (HF), ртуть (Hg), пыль, ПХДД/Ф и, по желанию, окислы азота (NO_x). Система может быть разработана как одноступенчатый или двухступенчатый процесс. В одноступенчатом процессе отходящие газы проходят через слой активированного угля, загрязняющие вещества адсорбируются активированным углем. Удаление окислов азота (NO_x) происходит только при введении аммиака (NH_3) в поток газа, перед слоем катализатора.

В двухступенчатом процессе отходящие газы проходят через два слоя активированного угля. Аммиак может быть введен перед слоем для снижения выбросов окислов азота (NO_x). В регенераторе ПХДД/Ф разлагаются при температурах в диапазоне от 400 до 450 °С.

Кросс-медиа эффекты

При применении процесса РАС увеличивается общее потребление энергии на тонну агломерата и образуется небольшой расход воды. На интегрированном металлургическом заводе поток воды может обрабатываться на существующей станции очистки сточных вод. В противном случае потребуются дополнительные расходы на дополнительную очистку сточных вод. Серная кислота образуется в качестве побочного продукта.

В процессе РАС не образуется твердых отходов, поскольку активированный уголь регенерируется и частично сжигается. Потребление электроэнергии составляет 1200 кВт или 8,6 МДж/т агломерата (около 0,4 % от общего энергопотребления агломерата).

При применении нерегенеративного процесса увеличивается общее потребление энергии на тонну агломерата и образуются загрязненные твердые отходы, которые следует надлежащим образом обрабатывать.

Пыль, выделяемая в процессе газоочистки, очень мелкая и содержит тяжелые металлы (также могут появиться радиоактивные материалы). Следовательно, пыль не

может быть легко переработана в процесс выплавки чугуна таким же образом, как и другая железосодержащая пыль.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Процесс обычно устанавливается для одновременного удаления нескольких компонентов из отходящих газов (например, диоксида серы (SO_2), фтористого водорода (HF), водород хлорида (HCl), оксидов азота (NO_x), а также пыли и ПХДД/Ф).

Экономика

В 1991 году инвестиционные затраты в Voestalpine (Линц, Австрия): стоимость завода RAS оценивалась примерно в 73 млн евро. Эксплуатационные расходы (без учета технического обслуживания и амортизации) в 1991 году составляли 0,75 евро за тонну агломерата. Затраты на техническое обслуживание оцениваются в 0,17 евро за тонну агломерата (750 тысяч евро в год).

Технология фильтрации с угольным слоем была протестирована на одной опытной установке в Австралии (BHP Steel) и работает на некоторых агломерационных заводах в Японии. По меньшей мере восемь аглофабрик внедрили этот метод с использованием активированного угля в Японии, Корею и Австралию.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.1.2.8.4. Утилизации диоксида серы (SO_2) методом мокрого катализа

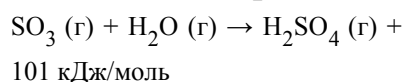
Описание

Обработка влажных технологических газов металлургического производства, основанная на извлечении газообразного диоксида серы (SO_2) и получении серной кислоты (H_2SO_4) товарного качества.

Технологическое описание

Одной из широкой применяемых технологий мокрого катализа, является процесс (WSA - "серная кислота из мокрого газа"), который представляет собой каталитический процесс переработки влажного технологического газа, который восстанавливает диоксид серы (SO_2) в виде концентрированной серной кислоты без добавления химикатов или абсорбентов, разработанный компанией Haldor Topse A/S в середине 1980-х годов. Серосодержащие газы свинцового производства после очистки их от основного количества пыли в сухих электрофильтрах, с температурой 300 – 400 °С, поступают в коллектор перед промывкой свинцовых газов, откуда газ распределяется по промывным системам. Затем газ охлаждается до требуемой температуры и очищается от вредных примесей. Сущность процесса очистки газа состоит в выделении из состава газа примесей, присутствие которых отрицательно влияет на ход

технологического процесса и ухудшает качество выпускаемой продукции. К таким примесям относятся: пыль, которая увеличивает гидравлическое сопротивление аппаратуры, мышьяк, фтор, селен, ртуть, которые являются отравителями ванадиевого катализатора. После предварительного нагрева очищенный газ поступает в конвертер, который содержит ванадиевый катализатор, который был специально разработан для данного применения. В присутствии катализатора диоксид серы (SO_2) преобразуется в SO_3 . В зависимости от концентрации диоксида серы (SO_2) и требуемой степени конверсии используется один или несколько слоев. При использовании нескольких слоев охлаждение между слоями может осуществляться различными способами в зависимости от теплового баланса установки. Горячий воздух, вырабатываемый в конденсаторе WSA, используется для нагрева исходного газа, поступающего на установку после промывного отделения. На выходе из конвертера газ охлаждается, что позволяет образовавшемуся оксиду серы (SO_3) реагировать с водяным паром с образованием серной кислоты в газовой фазе.



Охлажденный газ поступает в конденсатор WSA, который конденсирует серноокислый газ с образованием жидкого продукта.

Достигнутые экологические выгоды

Степень преобразования диоксида в триоксид серы в большинстве случаев составляет 98 %. Процесс (WSA) основан на конденсации кислоты (а не на поглощении), которая особенно подходит для газов, содержащих 1 – 4 % диоксида серы (SO_2). Отсутствие необходимости предварительной осушки технологического газа перед подачей его на установку WSA, способствует исключению образования сточных вод и потери серы.

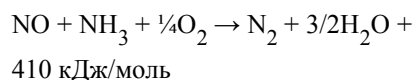
Экологические показатели и эксплуатационные данные

Основными особенностями процесса являются:

- 95 – 99 % удаление и восстановление содержания серы;
- получение серной кислоты товарного качества;
- рекуперация технологического тепла;
- низкое потребление воды для охлаждения;
- отсутствие сточных вод.

Процесс легко адаптируется к работе с газами, содержащими примеси, такие как окислы азота (NO_x) Перед конвертером диоксида серы (SO_2) может быть установлен реактор селективной каталитической нейтрализации (SCR) для обработки окислов

азота (NO_x). Аммиак вводится в поток газа перед реактором SCR в стехиометрическом количестве по отношению к NO_x в газе. Окислы азота (NO_x) преобразуется в азот и воду в соответствии с реакцией:



Технология WSA была внедрена на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе в 2004 году, для утилизации газов свинцового и цинкового производства. Степень контактирования составляет не ниже 98 %. Концентрация диоксида серы (SO_2) на входе перед контактными аппаратами – не более 6,5 %, на выходе – 0,13 %. Установка позволяет получать серную кислоту с концентрацией 97,5 – 98 % и 92,5 – 94 % после разбавления.

Кросс-медиа эффекты

Образование твердых или жидких растворов (слабые кислоты), которые требуют обработки и/или утилизации. Необходимость очистки от брызг и тумана серной кислоты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Процесс WSA является автотермическим для концентраций диоксида серы (SO_2) от 3 – 5 %, однако для газов ниже 3 %, требуется дополнительное тепло, которое обычно подается с помощью газового нагревателя. При концентрациях свыше 6 % диоксида серы (SO_2), процесс WSA требует разбавления воздухом для контроля температуры в слое катализатора, что приводит к увеличению объема кислотной установки.

Газ, обрабатываемый установкой WSA, должен быть свободен от твердых частиц. Содержание пыли должно быть снижено до ниже 1 – 2 мг/Нм³ для уменьшения накопления пыли на катализаторе. Поэтому для WSA может потребоваться дополнительная система мокрой газоочистки, в зависимости от применения.

При агломерации находящаяся окисляется с выделением диоксид серы (SO_2), который входит в состав агломерационных газов. При повышенном содержании серы в железной руде в состав агломерационных газов входит 0,5 – 1,5 % диоксида серы (SO_2). На некоторых мощных агломерационных фабриках объем выделяющихся газов превышает 5 млн м³/ч, а общая масса уходящей с ними серы достигает нескольких сотен тысяч тонн в год. На ряде предприятий черной металлургии намечается извлекать диоксид серы (SO_2), из газов различными поглотителями с последующими выделением концентрированного диоксида серы (SO_2). При агломерации железной руды для повышения концентрации диоксида серы (SO_2) в агломерационных газах их многократно пропускают через руду и затем перерабатывают газ непосредственно в серную кислоту [57].

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов диоксида серы (SO_2) в атмосферный воздух. Сокращение расходов сырья. Экономические выгоды.

5.1.2.9. Снижение выбросов оксидов азота (NO_x)

5.1.2.9.1. Меры по сокращению выбросов оксидов азота (NO_x)

Описание

Использование первичных мер для снижения выбросов окислов азота.

Техническое описание

Одной из первичных мер, является переход на виды топлива, при сжигании которых образуется малое количество выбросов оксидов азота (NO_x). Так, использование антрацита может снизить выбросы оксидов азота (NO_x) и зависит от наличия антрацитов с более низким содержанием азота по сравнению с коксовой мелочью.

Дополнительной мерой, которую можно считать менее существенной, является использование горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x) для розжига. В горелках с низкими выбросами оксидов азота (NO_x) происходит смешивание топлива и воздуха/дымовых газов, в ходе которого создаются различные зоны, как и при ступенчатом сжигании. Создание зон позволяет понизить температуру факела и концентрацию кислорода, а также способствует химическому восстановлению топливом окислы азота (NO_x) в определенных зонах. В зависимости от принципа, применяемого для сокращения выбросов оксидов азота (NO_x), горелки можно подразделить на горелки со ступенчатой подачей воздуха, рециркуляцией дымовых газов и ступенчатым вводом топлива.

Другим вариантом сокращения общих выбросов оксидов азота (NO_x) является применение одного из методов рециркуляции отходящих газов, частичной переработки отходящего газа (см. раздел 5.1.2.9.2).

При использовании горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x) и дополнительной внешней рециркуляцией дымовых газов среднее значение термических

оксидов азота (NO_x) за день, которого можно добиться, составляет 80 – 90 мг/Нм³. При сжигании кокса в сочетании с природным газом концентрация оксидов азота (NO_x) равна 90 мг/Нм³ в среднем за день.

При установке горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x) и рециркуляции дымовых газов можно добиться снижения выбросов примерно на 40 %, при использовании только горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x) – 30 %, а при использовании только рециркуляции дымовых газов – 15 %.

На выбросы оксидов азота (NO_x) также оказывают более сложное влияние другие параметры процесса, такие как:

- загрузка топочной зоны (частичная/полная загрузка);
- дополнительное сжигание газа (более низкая температура сгорания);
- верхний впрыск воздуха.

Впрыск верхнего воздуха используется дополнительно при сжигании остаточного топлива при использовании горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x) и рециркуляцией дымовых газов.

Впрыск верхнего воздуха может также использоваться как альтернативная мера в сочетании с горелкой с низким содержанием оксидов азота (NO_x) и рециркуляции дымовых газов. При этом сжигание остаточного дымового газа происходит в субстехиометрическом сжигании одной горелки и последующей подаче воздуха, необходимого для полного сгорания. По сравнению с первым вариантом, снижение оксидов азота (NO_x) происходит только на треть. Кроме того, при постоянном нагнетании воздуха в топку для полного сгорания дымовых газов, могут возникнуть технические проблемы, увеличение количество оксида углерода (CO) вблизи стенок, что приводит к коррозии.

Другой возможностью снижения выбросов оксидов азота (NO_x) является впрыск восстановительного топлива - например, смеси переработанных выхлопных газов и природного газа - между последним уровнем горелки и верхним воздухом. Но это неэффективно при одновременном использовании горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x).

Использование ступенчатой подачи воздуха, также можно отнести к первичным мерам. Принцип ступенчатой подачи воздуха заключается в организации двух зон: одну зону, обогащенную топливом, где происходит первоначальное сжигание и вторую зону, куда для завершения сжигания подается воздух. Подача воздуха может быть выполнена непосредственно в горелке или в топочной зоне. Таким образом вокруг пламени образ несколько зон горения с разным количеством кислорода, из-за этого

площадь горения больше, а время пребывания в пламени увеличивается. Организация сжигания со ступенчатой подачей воздуха нередко применяется совместно с горелками с низким уровнем выбросов оксидов азота (NO_x).

Ступенчатая подача топлива аналогична ступенчатой подачи воздуха, только при этой схеме вместо воздуха используется топливо. Как и при ступенчатой подачи воздуха, топливо вводится в топочную зону обычно в два этапа. Результаты снижения оксидов азота (NO_x) аналогичны.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов оксидов азота (NO_x).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование, к примеру, горелок с пониженным содержанием NO_x основаны на снижении температуры и содержания кислорода в зоне активного горения, а также создании в топочной камере зон с восстановительной средой, где продукты неполного горения, вступая во взаимодействие с образующимся оксидом азота (NO_x), приводят к восстановлению их до молекулярного азота.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительная потребность в ресурсах.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Высокоэффективные низкоэмиссионные горелки Ferroflame™ LowNO_x для установок окомкования с подвижной колосниковой решеткой может снизить выбросы NO_x на 80 % по сравнению с традиционными конструкциями горелок. Горелка Ferroflame LowNO_x также может повысить качество продукции благодаря равномерному температурному режиму в печи и подходит для использования как газообразного, так и жидкого топлива. Впрыск верхнего воздуха как дополнительная мера при использовании горелок с низким содержанием оксидов азота (NO_x) и рециркуляцией дымовых газов, на действующей установке менее эффективна.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.1.2.9.2. Применение селективного каталитического восстановления (СКВ) и селективного некаталитического восстановления (СНКВ)

Описание

Технологии доочистки или очистки в конце технологического процесса, которые ограничивают выбросы уже образовавшихся оксидов азота (NO_x) в окружающую среду, основанные на химическом восстановлении оксидов азота (NO_x).

Техническое описание

Если выбросы оксидов азота (NO_x) не могут быть эффективно сокращены с помощью первичных мер, может потребоваться очистка дымовых газов.

В настоящее время разработаны две технологии химической очистки дымовых газов от оксидов азота (NO_x):

селективное каталитическое восстановление оксидов азота (NO_x) аммиаком на сотовых керамических катализаторах (СКВ-технологии);

селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (NO_x) аммиака (СНКВ-технологии).

Селективное каталитическое восстановление является наиболее эффективным средством снижения выбросов. В этом процессе окислы азота (NO_x) в отходящем газе каталитически восстанавливаются аммиаком (NH_3) или мочевиной до азота (N_2) и воды. В состав системы СКВ входят каталитический реактор и система подачи реагента.

Каталитическая газоочистка представлена химическими процессами восстановления газом-восстановителем до простейших составляющих. Конечным продуктом реакции являются безопасные компоненты – пары воды, углекислый газ, азот. Восстановительный агент (реагент), инжектируется в поток дымовых газов до катализатора. Вблизи поверхности катализатора происходят с разной степенью интенсивности восстановительные реакции, в результате которых окислы азота переходят в молекулярный азот. Скорость подачи и расход восстановителя определяются концентрацией оксидов азота на входе и выходе из системы очистки. Инжекция аммиака осуществляется преимущественно вдувом смеси воздуха с предварительно испаренным и подмешанным безводным аммиаком, реже – впрыском водного раствора аммиака непосредственно в поток. Инжекция карбамида осуществляется преимущественно непосредственным впрыском раствора карбамида в поток дымовых газов. Либо предварительной газификацией и разложением карбамида с получением аммиачно-газовой смеси и последующим вдувом.

Эффективность восстановления оксидов азота (NO_x) с использованием 50 % раствора мочевины составляет около 60 % [58]. Выявлено, что процесс испарения раствора мочевины протекает интенсивно, что ускоряет начало разложения мочевины и, соответственно, реакции восстановления оксидов азота (NO_x). Падение температуры в зоне испарения влаги не превышает 10 – 25 °С.

Эффективность метода СКВ определяется параметрами:

система сжигания — вид топлива;

состав катализатора;

активность катализатора, его селективность и время действия;

форма катализатора, конфигурация каталитического реактора;

отношение аммиак (NH_3): окислы азота (NO_x) и их концентрацией;

температура каталитического реактора;

скорость газового потока.

В качестве катализаторов часто используют оксида ванадия (V_2O_5) или вольфрама (WO_3) на носителе из титана (TiO_2). Другими возможными катализаторами являются оксиды железа и платина. Оптимальная рабочая температура составляет от 300 до 400 °С.

При селективном некаталитическом восстановлении (СНКВ) аналогично СКВ, для сокращения выбросов соединений азота используется восстановительный агент (обычно аммиак, мочевины или аммиачная вода), но без катализатора и при более высоких температурах в диапазоне 850 – 1100 °С.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов оксидов азота (NO_x). На агломерационных установках была достигнута эффективность снижения содержания оксидов азота (NO_x) примерно на 80 % в зависимости от используемого типа катализатора, рабочей температуры и добавления аммиака (NH_3).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эффективность очистки в случае использования данного метода – свыше 90 %. В сочетании с технологией сухого подавления позволяет обеспечить соблюдение нижней границы европейских экологических нормативов по оксидам азота (NO_x) (20 мг/м^3). Наиболее эффективно каталитическое восстановление происходит при температурах 300 – 450 °С. При более высоких температурах окисление аммиака становится более заметным, что может привести к повышенному выделению оксида азота (NO), а при более низких температурах реакция может протекать не до конца и может выделяться аммиак (NH_3) (так называемый "проскок аммиака").

При необходимости восстановить 80 % или более оксидов азота (NO_x) в топочном газе метод СКВ является единственно возможным. Кроме того, метод предполагает совершенствование; его можно успешно сочетать с методами совершенствования системы сжигания для снижения количества оксидов азота (NO_x).

СКВ может применяться как система с высокой запыленностью, система с низким уровнем запыленности и как система с чистым газом; каждая из них имеет свои собственные характеристики.

Особое внимание следует уделять дезактивации катализатора, накоплению взрывоопасного NH_4NO_3 , аммиачного шликера и образованию коррозионного SO_3 .

Обычно отходящие газы следует повторно нагревать перед поступлением в устройство SCR для достижения требуемой рабочей температуры.

Данный метод используется на предприятиях Европы, США и Юго-Восточной Азии [59].

В 2009 году завод LKAB (Швеция) впервые установил систему СКВ.

Эффективность очистки при СНКВ 30 – 50 %. При СНКВ введение восстановителей должно осуществляться на разных этапах, именно там, где наблюдается оптимальная температура при различных диапазонах нагрузок, что довольно сложно контролировать, без тщательно наложенных систем, адаптированных к процессу. Проскок аммиака обычно выше, чем при СКВ.

Кросс-медиа эффекты

Обе техники относятся к сухим методам очистки, что обосновывает отсутствие образования сточных вод. Единственным образующимся отходом (при СКВ) является дезактивированный катализатор, который может быть переработан производителем. Оба метода подразумевают хранение и использование аммиака (не обязательно) в виде жидкого аммиака; мочевины или растворы аммиака также могут быть использованы повторно.

Потребление энергии при использовании СКВ увеличивается, поскольку отходящие газы необходимо повторно нагревать перед поступлением в контакт с катализатором. Кроме того, устройства потребляют электрическую энергию.

СНКВ обходится дешевле, чем СКВ, поскольку не требует использования катализатора, при этом оно может применяться в небольших установках. Но СНКВ не предназначено для установок, которые работают в режиме переменных нагрузок (в связи с риском чрезмерного проскока и сильного запаха аммиака (NH_3)).

Технические соображения, касательно применимости

Высокая стоимость установки, сложность интегрирования в технологический процесс. На аглофабриках введены в эксплуатацию только системы очистки газа после обеспыливания и десульфуризации. Установки применяются на производствах Kawasaki Steel Corporation (Тибет, Япония), Nippon, Keihin Works (Япония).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Решающими факторами затрат являются использование катализатора, расход аммиака и, если применимо, затраты на предварительный нагрев отходящего газа.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов окислов азота (NO_x). Экологическое законодательство.

5.1.2.10. Улавливание и сокращение выбросов пыли в местах выгрузки, дробления, охлаждения, сортировки и конвейерной транспортировки агломерата

Описание

Сокращение и улавливание выбросов пыли, образующейся при следующих технологических операциях: выгрузка, дробление, охлаждение, сортировка и конвейерная транспортировка агломерата. Отходящие газы обычно обрабатываются в пылеулавливающем устройстве, таком как ЭСФ или рукавный фильтр. Операции выполняются в закрытом здании, для предотвращения и сбора дополнительных неорганизованных выбросов.

Техническое описание

Отходящие газы обычно обрабатываются в пылеулавливающем устройстве, таком как ЭСФ или рукавный фильтр. Операции выполняются в закрытом здании, для предотвращения и сбора дополнительных неорганизованных выбросов.

Описание представлено в разделе 5.1.2.2, 5.1.2.3.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентраций пыли в отходящих газах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Большая часть отходящих газовых потоков с аглофабрик и из передаточных пунктов объединяется и обеспыливается с помощью очистных установок. К примеру, на заводе Германии с помощью рукавных фильтров достигается среднегодовой уровень выбросов пыли в агломерационном цехе $<4 \text{ мг/Нм}^3$. Другой немецкий завод достигает $<21 \text{ мг пыли/Нм}^3$ для обеспыливания помещений и $<18 \text{ мг пыли/Нм}^3$ для обеспыливания аглохолодильника. В обоих случаях применяются ЭСФ и значения являются средними за полчаса, измеряемыми непрерывно.

На примере австрийского завода обеспыливание помещения, включая выгрузку агломерата, дробление, просеивание и транспортировку агломерата, осуществляется с помощью ЭСФ и рукавного фильтра. Достигнутая концентрация выбросов составляет $<16 \text{ мг пыли/Нм}^3$ (в среднем за полчаса).

Кросс-медиа эффекты

В зависимости от применяемого метода рассматриваются эффекты, указанные в разделе 5.1.2.2, 5.1.2.3.

Технические соображения, касающиеся применимости

Вторичное пылеулавливание используется для всех подготовительных и вспомогательных процессов, которые приводят к выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. Техники применяются на производствах Voestalpine Stahl (Линц, Австрия), ArcelorMittal (Айзенхюттенштадт, Германия), Thyssen Krupp Stahl (Дуйсбург, Германия).

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость установок индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства. Различные операции агломерационной установки, такие как смешивание, дробление, охлаждение и просеивание, а также транспортировка (особенно в точках передачи между конвейерными лентами) и переработка агломерата между этими различными операциями являются источником выбросов пыли.

5.1.3. Технические решения, направленные на предотвращение и сокращение образования сточных вод

5.1.3.1. Предотвращение образования сточных вод

Описание

Образующиеся сточные воды подлежат очистке, для возможности их повторного использования в замкнутом цикле, или предотвращения попадания загрязняющих веществ в водные экосистемы.

Техническое описание

Сокращения объемов образуемых сточных вод, можно достичь использованием нижеперечисленных методов:

- использование эффективных водооборотных систем;

- повторное использование охлаждающей воды или конденсированного пара для технологических целей;

- сточные воды от установок, а также условно-чистые сточные воды могут повторно использоваться в системе оборотного промводоснабжения для дальнейшего использования (например, для охлаждения технологического оборудования). Перед этим образующиеся сточные воды охлаждаются (при необходимости) и проходят очистку от примесей;

- применение пылегазоочистных устройств без использования воды;

- использование охлаждения закрытого контура с воздушными охладителями в качестве вторичных теплообменников;

- минимизация слива испарительных охладителей;

- использование раздельной канализации. Сбор и отвод сточных вод по 2-м технологическим линиям - производственные сточные воды и хозяйственно-бытовые сточные воды;

- использование раздельной канализации потоков незагрязненной воды (дождевая вода, неконтактная охлаждающая вода) из потоков технологической воды. Производственные сточные воды делятся на загрязненные сточные воды и условно-чистые (незагрязненные) сточные воды. Загрязненные сточные воды образуются после использования воды непосредственно в технологических циклах и

процессах, условно-чистые сточные воды – после охлаждения элементов технологического оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов водопотребления. Снижение количества энергии, используемой для нагнетания воды. Снижение количества реагентов, используемых для сточных вод. Снижение объемов сбрасываемых сточных вод и концентрации в них загрязняющих веществ. Теплоемкость процесса, передаваемая в водоприемник.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В таблице 5.3. представлены меры, ориентированные не только на предотвращение и/или снижения объемов, образуемых сточных вод, но и снижения объемов водопользования и как следствие снижения нагрузки на окружающую среду в целом. Снижение общего и удельного объемов водопотребления, влечет за собой как следствие снижение количества сточных вод, направляемых после очистки на сброс.

Таблица 5.3. Меры предотвращения и/или сокращения объема сточных вод

№ п/п	Описание	Достигнутые преимущества
1	2	3
1	Отделение сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, от условно чистых, ливневых или иных вод	Сокращения объемов первичного водопотребления и образования сточных вод
2	Создание замкнутых систем водооборота (системы рециркуляции воды), а также использование условно чистых вод, отводимых с поверхностей, в технологических процессах.	Сокращения объемов первичного водопотребления
3	Создание систем сбора и разделения сточных вод, в том числе ливневых и дренажных вод в производственных коллекторах водостока для их обработки и последующего использования	Сокращение образования сточных вод
4	Использование отдельного отвода технологических вод (например, конденсата и охлаждающих вод). При этом необходимо уделять внимание максимально возможному извлечению из сточных вод загрязняющих веществ, возникающих вследствие потерь сырья или продукта, для их последующего использования.	Повышение эффективности систем повторного использования вод
	Разработка программ производственного экологического контроля, в которых отражается информация	

5	о показателях, подлежащих контролю, а также периодичности контроля, которая зависит от специфики предприятия, а также от объема сточных вод, видов и количества загрязнений и требований к качеству их очистки. Контроль качества сбрасываемых сточных вод осуществляют в коллекторе, сборной камере или колодце на выпуске с очистных сооружений.	Оптимизации процесса обработки сточных вод и обеспечения стабильного и бесперебойного функционирования объекта обработки сточных вод
6	Внедрение системы контроля целостности и герметичности оборудования, включая трубопроводные системы и насосные установки, а также возможных мест образования утечек (отстойников и другие узлы обработки вод)	Снижение объемов первичного водопотребления

Оборотное водоснабжение интегрировано в технологический процесс на большинстве агломерационных фабриках, к примеру на АО "АрселорМиттал Темиртау".

На сталелитейных заводах Nippon Steel (Япония), 90 % воды, используемой для охлаждения и очистки продукции и производственных помещений, перерабатывается и используется повторно.

Кросс-медиа эффекты

Финансовые затраты.

Технические соображения, касательно применимости

Внедрение комплексных водооборотных систем возможно при условии соответствия параметров оборотной воды техническим параметрам производственного процесса для последующего применения в отношении расхода, температуры, состава и кислотности.

Технологии очистки отходящих газов с использованием воды применяются в случае повышенной влажности очищаемого потока и наличия примесей, в виде кислотного тумана или вязких веществ.

Использование охлаждения закрытого контура с воздушными охладителями в качестве вторичных теплообменников требует больших площадей для установки воздушных охладителей.

Экономика

На действующих заводах внедрение этих технологий может повлечь высокие инвестиционные расходы.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение объемов отводимых сточных вод способствует снижению сточных поступающих на очистку, с использованием установки по обработке сточных вод.

5.1.3.2. Повторное использование и рециркуляция

Описание

Снижение объемов сбрасываемых сточных вод посредством их повторного использования в производственном цикле.

Технологическое описание

Техники и методы повторного использования воды успешно применяются при производстве агломерата для сокращения объемов сточных вод. Снижение объемов сточных вод также иногда оказывается экономически выгодным, так как при снижении объема сбрасываемой сточной воды уменьшается объем отбора пресной воды из природных водных объектов.

В большинстве случаев, процессы переработки и повторного использования, интегрированы в технологические процессы. Переработка предусматривает возврат жидкости в процесс, в котором она была получена.

Воды, которые могут быть использованы после очистки, делятся на:

воды, образующиеся непосредственно в процессе производства (например, реакционная вода, промывочная вода, фильтраты);

сточные воды, образующиеся в результате очистки оборудования (например, во время технического обслуживания, промывки засоров, очистки многоцелевого оборудования в связи сменой продукта).

Повторное использование стоков означает применение воды для другой цели, например стоки поверхностных вод могут использоваться для охлаждения.

Как правило, в циркуляционной системе используются базовые методы очистки или периодически сбрасывается около 10 % циркулирующей жидкости в целях предотвращения накопления в циркуляционной системе взвешенных твердых частиц, металлов и солей. После обработки очищенную воду можно также повторно использовать для охлаждения, увлажнения и в некоторых других процессах. Соли, содержащиеся в очищенной воде, при повторном ее использовании могут создать определенные проблемы, например осаждение кальция в теплообменниках. Данные проблемы могут значительно ограничить повторное использование воды.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов первичного водопользования. Предотвращение образования сточных вод/сокращение объемов очищенных сточных вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Очистка сточных вод с применением определенных методов очистки, способствует повышению эффективности рециркуляции.

Установку очистки промышленно-ливневых стоков построили в коксоаглодоменном производстве (КАДП) ЧерМК (Россия). Она будет работать с возвратом очищенной воды в водооборотный цикл производства. Это исключит сброс стоков от КАДП в золошламонакопители и на 2100 тонн снизит массу загрязняющих веществ в одном из стоков.

Кросс-медиа эффекты

Очистка сточных вод для последующей рециркуляции требует дополнительных затрат энергии и материалов (например, осаждающих агентов, при подготовке охлаждающей воды), которые могут быть достаточно большими, чтобы свести на нет преимущества возможной рециркуляции. Шумовое воздействие от очистного оборудования (градирен).

Технические соображения, касающиеся применимости

Рециркуляция или повторное использование воды может быть ограничено параметрами оборотной воды, в случаях содержания примесей/солей, влияющих на качество конечного продукта.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение объемов водопотребления; предотвращение образования сточных вод; отсутствие мест для сброса сточных вод, например, ограниченное законодательством или местными условиями; экономические аспекты (например, из-за снижения платы за использование свежей воды или за счет восстановления продуктов и увеличения выхода продукции).

5.1.3.3. Методы очистки сточных вод

Принципы экологического законодательства предусматривают необходимость принятия эффективных и пропорциональных мер по предотвращению последствий для природной среды и (или) ее отдельных компонентов. В частности, при сбросе сточных вод в водные объекты (которые не подлежат повторному использованию) необходимо применение методов очистки, направленных на снижение концентраций загрязняющих веществ.

Для этого используются технологии очистки в конце производственного цикла, такие как, химическое осаждение, отстаивание или флотацию и фильтрацию. Как правило, эти методы применяются в комбинации на конечной или центральной установке очистки сточных вод, однако могут быть предприняты меры для осаждения металлов до того, как технологические стоки будут перемешаны с другими сточными водами.

Выбор наиболее подходящего метода очистки или комбинации различных методов осуществляется в каждом конкретном случае с учетом специфических факторов,

характерных для каждого производственного объекта. Состав стоков может меняться в зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Зачастую для оптимизации производительности требуется адаптация технологических параметров. Для определения оптимального способа минимизации объемов конечных стоков и концентрации загрязняющих веществ необходимо принимать во внимание следующие факторы:

- процесс, являющийся источником сточных вод;
- объем образующихся сточных вод;
- возможности повторного использования (рециркуляции);
- доступность водных ресурсов;
- вид и концентрация загрязняющих веществ, физико-химические свойства примесей или их химических соединений, которые могут быть положены в основу метода очистки.

Характеристики, учитываемые при оценке качества вод:

общие показатели: рН, минерализация (сухой остаток), БПК, ХПК, соотношение БПК:ХПК, содержание взвешенных веществ;

неорганические показатели: азотная группа (аммоний-ион, нитраты, нитриты, общий азот), общий фосфор, сульфиды, хлориды, сульфаты, фториды, металлы (натрий, кальций, магний, алюминий, железо, марганец, хром, медь, цинк (Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Zn));

органические показатели: общий органический углерод, ПХДД/Ф.

Представленные ниже методы, относятся к методам так называемым "на конце трубы", которые используются в случае, если предотвращение образования сточных вод невозможно или нецелесообразно по разным причинам, Все методы можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические или биохимические. При выборе одного или комбинации методов очистки сточных вод необходимо учитывать характер загрязнения.

5.1.3.3.1. Отстаивание

Описание

Отстаивание является наиболее простым и часто применяемым в практике способом выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхность. Первичными называются отстойники перед сооружениями для биологической очистки сточных вод; вторичными - отстойники, устраиваемые для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку.

Техническое описание

После процеживания через решетки и сита, для удаления грубодисперсных примесей, сточные воды направляются на следующий этап более тонкой очистки - отстаивание. Отстаивание может осуществляться в различных отстойниках, например, отстойных бассейнах, прудах или специализированных отстойных емкостях (сгустителях, баках для осветления воды) с устройствами для удаления шлама, установленными в нижней части емкости. Наиболее часто используются отстойники прямоугольной, квадратной или круглой формы. Шлам, который удаляется на этапе отстаивания, может обезвоживаться, например, с помощью вакуумного фильтра-пресса. Образующийся фильтрат может быть возвращен на начальный этап процесса очистки стоков или на тот технологический этап, на котором он был образован, в зависимости от технологии очистки. Отстаивание используется для выделения твердых частиц из сточных вод, которые использовались для грануляции шлама.

При необходимости выделения мелкодисперсных загрязнений перед отстаиванием применяют коагулирование и флокулирование. В этом случае конструкция отстойника иногда включает камеру хлопьеобразования.

Для предварительного осветления сточных вод используют осветитель.

Для удаления песка и крупнодисперсных загрязнений используют песколовки.

Отстойники рассчитывают на выделение частиц загрязнений определенной гидравлической крупности, являющейся, по существу, скоростью (мм/с) осаждения частиц, выделение которых обеспечивает требуемый эффект очистки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В осветлителях достигается снижение концентрации загрязнений на 70 % — по взвешенным веществам и на 15 % — по БПК за счет совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка.

Достижимый в производственных условиях эффект снижения концентрации взвешенных веществ не превышает 50 – 60 %.

На предприятиях черной металлургии применяются различные виды отстойников, к примеру отстойники-флокуляторы используются на Серовском металлургическом заводе, Новолипецком металлургическом комбинате, Енакиевском металлургическом заводе [60].

Nippon Steel (Япония) используют на своих металлургических предприятиях оборудование для коагуляционно-осаждающей обработки сточных вод, принцип действия которого заключается в том, что мелкодисперсное нерастворенное вещество коагулируют в более крупные массы путем химической обработки, дают осесть и затем удаляют. Также для удаления масляных частиц используется система флотации под давлением - всплывающее масло удаляется крошечными пузырьками, образованными выпускаемым воздухом.

Кросс-медиа эффекты

Недостатком горизонтальных отстойников является неудовлетворительная надежность работы используемых в них механизмов для сгребания осадка тележечного или цепного типа, особенно в зимний период. Кроме того, горизонтальные отстойники как прямоугольные сооружения при прочих равных условиях имеют более высокий (на 30 – 40 %) расход железобетона на единицу строительного объема, чем радиальные отстойники.

Недостатком вертикальных первичных отстойников являются простота большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр - 9 м, а также невысокая эффективность осветления воды (обычно не превышающая 40 % по снятию взвешенных веществ).

Технические соображения, касательно применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Предотвращение попадания загрязняющих веществ в водные объекты. Требования экологического законодательства. Снижение сбросов в водные объекты.

5.1.3.3.2. Фильтрация

Описание

Фильтрация применяется для удаления из сточных вод тонкодиспергированных твердых и жидких веществ, отстаивание которых затруднено, и представляет собой процесс улавливания загрязнений в пористой среде, которая может быть образована зернистыми минеральными, искусственными полимерными и волокнистыми материалами.

Техническое описание

Как правило, методы фильтрации применяются для выделения твердых частиц из жидкости, а также в качестве последнего этапа осветления в процессе очистки сточных вод. Фильтрация осуществляется между этапами отстаивания и заключительного контроля для удаления твердых частиц, оставшихся после предыдущего этапа очистки. Фильтрация может выполняться с использованием самых разных фильтрующих систем в зависимости от типа твердых частиц, подлежащих удалению.

Обычная фильтрующая установка состоит из слоя фильтрующего материала или материалов, через который проходят жидкие стоки. Тонкие частицы, которые не могут пройти через фильтрующую среду, образуют фильтрационный кек, который необходимо постоянно или периодически удалять, например, путем обратной промывки, чтобы исключить значительные перепады давления. При низком уровне перепада давления сточные воды подаются на фильтрацию под действием гравитации.

Песчаные фильтры предназначены для механического удаления взвешенных твердых частиц или полутвердых материалов, таких как, осадок или гидроксиды металлов. Очистка сточных вод путем песчаной фильтрации осуществляется благодаря комбинации эффектов фильтрации, химической сорбции и ассимиляции. Песчаные фильтры иногда используются в качестве сосуда под давлением, заполненного слоями песка, зернистость которого повышается по мере увеличения глубины. Изначально фильтрационный кек может способствовать повышению эффективности фильтрации, особенно в отношении мелких частиц. По истечении некоторого времени фильтрующий песчаный слой необходимо подвергать обратной промывке. Песчаные фильтры зачастую применяются для дополнительной очистки воды, сбрасываемой из замкнутого цикла, или стоков, которые затем могут использоваться в качестве технической воды. Схема песчаного фильтра представлена на рисунке 5.3.

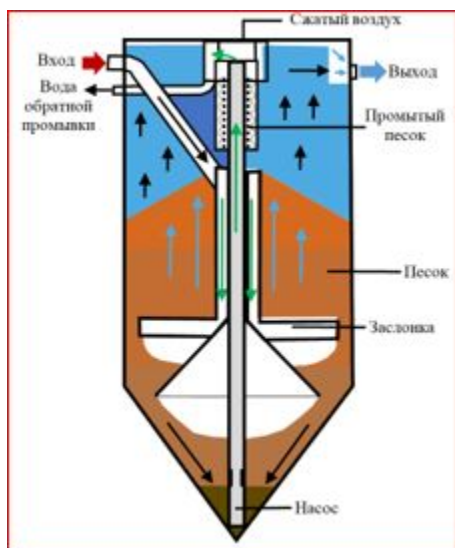


Рисунок 5.3. Принципиальная схема песчаного фильтра

Для удаления мелких частиц может использоваться гиперфильтрация или обратный осмос. Гиперфильтрация предусматривает прохождение частиц молекулярной массой приблизительно от 100 до 500 мкм, тогда как ультрафильтрация применяется для частиц размером от 500 до 100 000 мкм.

Ультрафильтрация представляет собой простой и эффективный метод очистки сточных вод, однако для его применения требуется потребление большого количества энергии. Стоки проходят через ультрафильтрационную мембрану. Эта мембрана с очень мелкими порами пропускает молекулярные частицы вода, и препятствует проникновению более крупных молекулярных частиц. При использовании мембран очень тонкой очистки можно даже отфильтровывать очень мелкие частицы, такие как ионы металлов. В результате фильтрации с использованием мембраны образуются чистый фильтрат и концентрат, который может потребовать дальнейшей очистки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов в воду, эффективность очистки составляет до 70 %.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Возможность регенерация искусственных материалов, использованных в качестве загрузок.

В 2020 году на заводе "Aurubis Bulgaria" (Пирдопб Польша) была проведена модернизация станции очистки промышленных сточных вод: был установлен новый песчаный фильтр для снижения сброса нерастворенных веществ в поверхностные воды

Использование установки ультрафильтрации на заводе "Aurubis Beerse" позволило сократить объемы использования подземных вод с 67 % в 2018 году до 30 % в 2020 и 2021 году. На металлургических комплексах Nippon Steel (Япония) для вторичной очистки сточных вод используется фильтрационное оборудование, в которых нерастворенные остатки в очищенных сточных водах фильтруются через слой песка и удаляются.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касательно применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.1.3.3.3. Химическое осаждение

Описание

Под химическим осаждением понимается корректировка значения pH и повышение интенсивности осаждения растворимых металлов, путем добавления реагентов (гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий) или их сочетания.

Техническое описание

Химическое осаждение сводится к связыванию ионов, подлежащих удалению, в малорастворимые и слабо диссоциированные соединения. Наиболее важным фактором в обеспечении максимальной эффективности удаления металлов является выбор осаждающих реагентов. При выборе реагентов для выделения примесей воды в виде осадков необходимо исходить из значений произведений растворимости образующихся соединений; чем ниже эта величина, тем выше степень очистки воды. Присутствие в воде посторонних солей обычно приводит к возрастанию растворимости образующихся осадков вследствие увеличения ионной силы раствора. Следует отметить, что скорость ионных реакций в водных растворах велика и обычно реакции протекают практически мгновенно.

Корректировка значения рН. При добавлении в сточные воды реагентов (например, гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий или их комбинаций) происходит образование нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Так, ионы свинец (Pb), хром (Cr (3+)), цинк (Zn), кадмий (Cd) и медь (Cu) при взаимодействии со щелочью образуют труднорастворимые гидроксиды. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации и седиментации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче поддаются отделению, и часто используется для повышения производительности системы очистки.

Как показывает опыт, использование реагентов на основе сульфидов может обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. Для удаления сульфидов металлов в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и др. Осаждение сульфидов может привести к уменьшению концентраций определенных металлов в очищенных стоках (в зависимости от значения рН и температуры). Сульфиды металлов могут повторно использоваться в процессе плавки. С помощью данного метода можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала под действием гидроксида, а затем путем осаждения сульфидов. В целях удаления избыточных сульфидов после осаждения допускается добавление сульфата железа.

Поддержание требуемого значения рН в течение всего процесса очистки стоков также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений рН. При выходе за пределы этого диапазона эффективность удаления металла стремительно снижается. В целях максимальной эффективности удаления металлов процесс очистки следует проводить при различных значениях рН с использованием различных реактивов. Кроме выбора реактива и значения рН, также следует учитывать, что степень растворимости может зависеть от температуры и валентного состояния металла в воде.

В черной металлургии остаточные металлы могут быть эффективно удалены из стоков путем добавления железистых солей, так при осаждении мышьяка образуется арсенат кальция или арсенат железа. Также возможно осаждение арсенитов, однако они в целом обладают лучшей растворимостью и меньшей устойчивостью по сравнению с арсенатами. Сток, содержащий арсенит, как правило, окисляется перед осаждением для обеспечения преобладания арсената.

Осаждение нерастворимых арсенатов железа сопровождается осаждением других металлов, таких как селен, что подразумевает взаимодействие между различными

видами металлов и осадком гидроксида железа. Благодаря этому железистые соли обладают высокой эффективностью при удалении примесей, содержащихся в незначительных концентрациях.

Таким образом, достижение минимального содержания каждого металла в рамках одного процесса не представляется возможным, ввиду существующих различиях оптимальных значений pH для осаждения различных металлов.

В таблице 5.4. представлена информация о выборе реагента, условиях протекания реакции для осаждения металлов при очистке сточных вод в металлургической промышленности.

Таблица 5.4. Методы осаждения металлов и их соединений

№ п/п	Металл	Используемый реагент	Образуемое вещество (осадок)	Дополнительные условия
1	Zn	Ca(OH) ₂ (известковое молоко)	Zn(OH) ₂	Требуемое значение pH для полного осаждения цинка находится в диапазоне 9 – 9,2.
2		Na ₂ оксид углерода (CO) ₃ (карбонат натрия)	ZnCO ₃ ·Zn(OH) ₂ ·H ₂ O	Требуется значительное количество реагента, поэтому рекомендуется проводить двухступенчатую очистку воды от цинка, предусматривающую предварительную нейтрализацию серной кислоты карбонатом натрия с последующим осаждением цинка едким натром.
3		Na ₂ S (сульфид натрия)	ZnS	Оптимальное значение pH составляет 2,5 – 3,5
4	Pb	Ca(OH) ₂ (известковое молоко)	Pb(OH) ₂	Уровень pH = 8,0 – 9,5. Выше и ниже этих пределов растворимость гидроксида возрастает.
				В реальных сточных водах, содержащих и другие соли,

5	Hg	Na ₂ S (сульфид натрия)	Hg ₂ S	растворимость Hg ₂ S выше, чем в дистиллированной воде. В результате осаждения образуются коллоидные частицы сульфида ртути, выделение которых из воды производится коагуляцией сульфатом алюминия или железа. Остаточная концентрация ртути после такой очистки не превышает 0,07 мг/дм ³
6	As	NaHS (сульфогидрат натрия) Na ₂ S (сульфид натрия)	As ₂ S ₃	Зависит от температуры и протекает достаточно медленно при значениях температуры ниже 50 – 60 °С. Трехвалентный мышьяк выпадает в осадок в виде трехвалентного сульфида мышьяка (As ₂ S ₃), который необходимо отделить от воды при значениях pH ниже 4 – 5. При повышении значения pH и наличии As ₂ S ₃ существует риск возвращения мышьяка в раствор. Недостатком реакции является образование незначительного количества сульфида мышьяка (As ₂ S ₅).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в воду вместе со сточными водами.

Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения главным образом зависит от следующих факторов:

- выбор химического осаждающего реактива;
- количество добавляемого осаждающего реактива;
- эффективность удаления осаждаемого металла;
- поддержание необходимого значения рН в течение всего процесса очистки;
- использование железистых солей для удаления определенных металлов;
- использование флокулянтов или коагулянтов;
- изменение состава сточных вод;
- присутствие комплексообразующих ионов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер принимающего водного объекта и скорость потока. Уменьшение объемного расхода в пользу более высоких концентраций приводит к сокращению потребления энергии для очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к образованию стоков с более высокими концентрациями, но с более высокой скоростью восстановления по сравнению с менее концентрированными потоками, что позволит в целом улучшить удаление загрязняющих веществ.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительный расход энергии и сырья, используемого в качестве реагентов. Образование отходов (осадок), которые необходимо утилизировать.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.1.3.3.4. Адсорбция с применением активированного угля

Описание

Сорбционный метод заключается в сборе загрязняющего вещества из сточной воды в порах или на поверхности сорбента, в качестве адсорбента используется активированный уголь.

Техническое описание

Активированный уголь, представляющий собой высокопористое углеродное вещество, обычно используется для удаления органических материалов из сточных вод, а также может применяться для удаления ртути и извлечения драгоценных металлов.

Как правило, фильтры на основе активированного угля используются в виде нескольких слоев или картриджей, чтобы прорыв материала через один фильтр компенсировался очисткой во втором фильтре. Затем отработанный фильтр заменяется и используется в качестве вторичного фильтра. Эта операция зависит от наличия надлежащего метода определения прорывов через фильтры.

Достигнутые экологические преимущества

Сокращение выбросов органических веществ, ртути и драгоценных металлов в воду

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

К основным преимуществам применения метода абсорбции относятся:

хорошая управляемость процессом;

отсутствие образования вторичных загрязнений.

Кросс медиа эффекты

Дополнительные затраты связанные с необходимостью утилизации отработанного адсорбента. Регенерация активированного угля возможна, однако этот процесс достаточно трудоемкий и в условиях круглосуточно работающих очистных сооружений неудобна. Использование же активированного угля как одноразовой загрузки зачастую экономически нерентабельна.

Технические соображения касательно применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.1.3.3.5. Нейтрализация кислых стоков

Описание

Очистка сточных вод, содержащих слабые кислоты (стоки сернокислотного производства или различные кислые промывочные воды), с использованием соответствующего реагента (обычно, гидроксида железа).

Технологическое описание

В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять. Для этих целей используют реакцию нейтрализации между ионами водорода и гидроксида, приводящая к образованию недиссоциированной воды. В качестве реагентов могут быть использованы гидроксиды натрия и калия (NaOH, KOH), карбонат натрия ($\text{Na}_2(\text{CO})_3$), гидроксида аммония (NH_4OH), карбонат кальция и магния ($\text{Ca}(\text{CO})_3$, $\text{Mg}(\text{CO})_3$), доломит ($\text{Ca}(\text{CO})_3\text{-Mg}(\text{CO})_3$). Чаще всего применяют гидроксид кальция (известь), ввиду его дешевизны. Известь для нейтрализации вводят

в сточную воду в виде гидроксида кальция ("мокрое" дозирование) или в виде сухого порошка ("сухое" дозирование). При нейтрализации сернокислых сточных вод известковым молоком расход извести (по CaO) принимают на 5 – 10 % выше стехиометрического расчета. В случае нейтрализации воды сухим порошком или известковой пастой доза CaO составляет 140 – 150 % от стехиометрической, так как взаимодействие между твердой и жидкой фазами происходит медленнее и не до конца. Процесс с использованием извести в качестве реагента иногда называют известкованием. Известкование позволяет попутно переводить в осадок и такие металлы, как цинк, свинец, хром, медь и кадмий (Zn, Pb, Cr, Cu и Cd). Иногда для нейтрализации применяют карбонаты кальция или магния в виде суспензии. Соду и гидроксиды натрия и калия следует целесообразно использовать, лишь в случае одновременного получения ценных продуктов или если они являются отходами производства, виду их высокой стоимости.

Выбор реагента для нейтрализации кислых вод зависит от вида кислот и их концентрации, а также растворимости солей, образующихся в результате химических реакций.

Различают три вида кислотосодержащих сточных вод.

Сточные воды, содержащие серную и сернистую кислоты. При очистке образуются труднорастворимые кальциевые соли, что снижает скорость реакции между раствором кислоты и твердыми частицами. Большая часть солей выпадают в осадок.

Сточные воды, содержащие сильные кислоты (например, HNO_3). Так как соли этих кислот хорошо растворимы в воде, отсутствует сложность при выборе реагента.

Сточные воды, содержащие слабые кислоты (H_2CO_3 , CH_3COOH). Для очистки в основном используется известковое молоко. Перед смешиванием с известковым молоком сточные воды предварительно очищаются от твердых частиц (песколовка). Вместе с известковым молоком вводится раствор флокулянта. Нейтрализация и хлопьеобразования происходит в контактном резервуаре. Для удаления углекислого газа стоки аэрируются в контактных резервуарах воздухом. При этом образуется осадок более плотной структуры. Для снижения влажности осадка применяют дополнительное отстаивание.

Образовавшийся осадок, содержащий главным образом сернокислый кальций (CaSO_4), подвергается фильтрации и обезвоживанию, для последующей переработки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов сбрасываемых сточных вод. Снижение объемов водопотребления (возврат осветленных вод в процесс). Снижение концентрации загрязняющих сточных вод в отводимых сточных водах. Производство чистого сернокислого кальция.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Производимый сернокислый кальций содержит более 96 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Несмотря на сравнительную дешевизну и общедоступность используемых реагентов, следует отметить ряд недостатков, а именно необходимость обязательного устройства усреднителей перед нейтрализацией, трудности регулирования дозы реагента по pH нейтрализованной воды.

Кросс-медиа эффекты

Существенным недостатком метода нейтрализации известью является образование пересыщенного раствора гипса (CaSO_4), что приводит к забиванию трубопроводов и аппаратуры.

Технические соображения, касательно применимости

Общеприменимо

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила для осуществления

Экологическое законодательство. Экономические выгоды (получение готового для реализации товарного продукта).

5.1.3.3.6. Метод очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов

Описание

Сорбционный метод очистки сточных вод с применением активированного алюмосиликатного адсорбента.

Техническое описание

Использование алюмосиликатных минералов в качестве основы для адсорбентов является наиболее целесообразным, т.к. это позволяет вводить в адсорбент разнообразные минеральные и органические добавки, задавая требования к поверхности адсорбента и необходимые свойства.

Так, на одном из отечественных металлургических комплексов алюмосиликатный адсорбент используют в процессе доочистки производственных осветленных сточных вод, поступающих с первичных очистных сооружений производительностью.

Суть технологии заключается в пропускании очищаемой воды через фильтр, загруженный зернистым адсорбентом (удаление взвешенных веществ и тяжелых металлов). При этом, благодаря свойствам адсорбента в фильтрующей загрузке одновременно протекают процессы:

механической фильтрации (загрязнения задерживаются в межзерновом пространстве);

контактной коагуляции (осажденные на поверхности зерна в начале фильтроцикла загрязнения служат центрами хлопьеобразования);

физической сорбции (отрицательно заряженные частицы металлов задерживаются на поверхности зерен адсорбента, имеющих положительный заряд, и легко удаляются при промывке водой).

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентрации цинка (Zn), кадмия (Cd), ртути (Hg), марганца (Mn) в отводимых сточных водах.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Срок использования адсорбента неограничен, потери на истирание при промывках (до 10 % в год) восполняются досыпкой без перезагрузки фильтров. При снижении активности адсорбента его сорбционные свойства восстанавливаются с помощью активации 4 % растворами щелочи или сульфата магния. Растворы, используемые для активации адсорбента (4 – 5 % растворы гидроксидов (NaOH и MgSO₄)), могут использоваться многократно.

Челябинский Цинковый завод (Россия) - применение ионообменных технологий.

Процесс ионного обмена внедрен на Балхашском горнометаллургическом комбинате.

Кросс-медиа эффекты

Необходимость использование дополнительных реагентов.

Технические соображения, касательно применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение концентрации загрязняющих веществ в сбросах, и предотвращение попадания их в окружающую среду. Требования экологического законодательства.

5.1.3.3.7. Ионный обмен

Описание

Ионообменный процесс, как правило, проходит в колонне, наполненной гранулами ионообменной смолы. Обмен начинается в верхней части колонны и затем проходит через нее, поддерживая тем самым равновесное состояние процесса обмена.

Техническое описание

Ионообменный процесс иногда применяется в качестве заключительного этапа очистки при удалении металлов из технологических сточных вод. С помощью ионного обмена удаляются нежелательные ионы металлов из сточных вод путем их переноса на твердую матрицу при одновременной отдаче равного количества других ионов, имеющих в структуре ионообменника.

Как правило, ионообменный процесс используется при концентрации металлов менее 500 мг/л.

Емкость ионообменника ограничена количеством ионов, имеющихся в структуре ионообменника. Поэтому необходимо проводить регенерацию ионообменника с помощью соляной кислоты или каустической соды.

Ионообменники могут использоваться для удаления определенных металлов из сточных вод. Такой избирательный процесс ионного обмена гораздо более эффективен при очистке стоков от токсичных металлов. Кроме того, колонна может обеспечивать очень высокий уровень очистки и эффективность при работе со смешанными стоками. На ОАО "Электросталь-Металлургический Завод" (Россия) установлена комплексная станция подготовки воды 5 м³/ч: аэрация, обезжелезивание, комплекс пропорционального дозирования, установка обратного осмоса.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов в воду.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Возможность очистки до требований ПДК, возврат очищенной воды до 95 % в оборот, возможность утилизации тяжелых металлов.

Кросс-медиа эффекты

Необходимо проведения предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики. Большой расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол. Необходимость предварительного разделения промывных вод от концентратов. Образование вторичных отходов-элюентов, требующих дополнительной переработки.

Технические соображения касательно применимости

Общеприменимо.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.1.4. Технические решения, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.1.4.1. Повторное использование технологических остатков и производственных отходов

Описание

Использование технологических остатков и производственных отходов в качестве сырья для агломерации, если их качественные характеристики позволяют их повторное использование.

Техническое описание

Образующиеся остатки состоят в основном из железной окалины прокатных станов и широкого спектра пыли и шламов, в том числе из устройств для очистки отходящих газов. При достаточно высоком содержании железа или углерода (или других минеральных веществ), их можно рассматривать для использования в качестве сырья в агломерате.

Могут существовать технологические ограничения на использование остаточных материалов на агломерационной установке, отличные от тех, которые связаны с перекрестными воздействиями среды. Эти ограничения связаны с негативным воздействием, которое некоторые элементы оказывают на бесперебойную работу доменной печи. Поэтому, в зависимости от состава доменной шихты, ограничения могут быть наложены на содержание цинка, свинца и содержание хлоридов в агломерате, тем самым ограничивая степень использования остатков на аглофабрике. Материалы с высоким содержанием извести, как, например, многие сталеплавильные шлаки, также могут быть применены в производственном процессе, что снижает дополнительные затраты на известь и известняк.

На большинстве заводов ЕС используется 5 – 6 % такого сырья для агломерации, некоторые заводы используют повторно до 100 % остаточных материалов.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов отходов, требующих утилизации. Экономия сырья.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Количество сэкономленного сырья равно количеству использованных шламов, пыли и прокатной окалины.

Кросс-медиа эффекты

Некоторые технологические остатки содержат значительное количество масла, что может привести к увеличению выбросов некоторых летучих органических соединений (например, углеводородов, ПХДД/Ф). Использование остатков, содержащих значительные количества летучих тяжелых металлов (например, ртуть и кадмий (Hg, Cd), может привести к увеличению выбросов этих металлов. Чтобы избежать этих проблем, необходима модернизация существующего очистного оборудования, например, использовать современные рукавные фильтры или улучшенные / усовершенствованные технологии ЭСФ.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Почти все аглофабрики по всему миру утилизируют шламы, пыль и прокатную окалину. Аглофабрика в DK Recycling (Дуйсбург, Германия) была специально спроектирована для переработки производственных остатков при производстве чугуна и стали и

интегрирована в доменную печь для извлечения ценных железосодержащих элементов вместе с цинковой и свинцовой пылью и шламом, которые могут быть использованы в цветной металлургии.

Экономика

Экономия затрат на сырье, на утилизацию.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2. НДТ при производстве кокса

5.2.1. Технические решения в коксохимическом процессе

5.2.1.1. Подготовка угля

Описание

Необходимым условием для эффективной работы коксовой установки, является оптимизированная обработка угля. Уголь может быть предварительно обработан путем обогащения (предпочтительно на угольной шахте) и процессов смешивания. Для оптимальной работы коксовой установки требуется, чтобы угольная смесь была как можно более однородной.

Техническое описание

Современная установка предварительной обработки угля состоит из бункеров-смесителей, дробильно-сортировочной установки, транспортного оборудования, пылеулавливающего оборудования, конвейерных лент в закрытом здании и дополнительных процессов (сушка угля или добавление угольных добавок).

Процессы дробления и просеивания обычно осуществляются в зданиях. Выбросы от процессов подготовки угля должны подвергаться очистке на очистных установках (подробное описание очистных установок в разделе 5.1.2).

При необходимости для транспортировки угля можно использовать закрытые конвейеры. Для хранения угля можно использовать разбрызгиватели и пластиковые эмульсии для подавления пылеобразования. При хранении в закрытых складах применяются очистные установки (подробное описание очистных установок в разделе 5.1.2). Для снижения скорости ветра можно использовать ветрозащитные ограждения или насыпи с подветренной стороны. При необходимости должно применяться закрытое хранение. Высота свободного падения должна быть сведена к минимуму в зависимости от размера установки и конструкции. Если это возможно, она должна быть меньше 0,5 м.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли достигает значений $<10 - 20 \text{ мг/Нм}^3$.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Аспирационные системы УПЦ, как правило, оборудованы циклонами и мокрыми пылеуловителями, эффективность которых составляет 96 – 98 %.

Широкое использование в системах газоочистки и аспирации получили центробежные инерционные пылеуловители – цилиндрические и конические циклоны (степень очистки 93 – 98 %). Но особенно распространены мокрые пылеуловители, которые часто применяются для обеспыливания аспирационного воздуха и газов сушки угля (это создает проблему переработки и утилизации шламовых вод). Из мокрых пылеуловителей наибольшее распространение получили центробежные скрубберы с орошаемой прутковой решеткой во входном патрубке и обычного типа.

Степень улавливания угольной пыли в центробежных скрубберах составляет от 85 до 98 % (в среднем 90 %). Применяются также циклоны с водяной пленкой (степень улавливания угольной пыли 89 – 97 %, скоростные промыватели, или прямоточные мокрые циклоны (степень улавливания угольной пыли 80 – 98 %). Разброс показателей связан с разным уровнем обслуживания аппаратуры на заводах.

Так, к примеру, техническое перевооружение систем вентиляции углеприема и углеподготовки АО ЦОФ "Берёзовская" (Россия) привело к снижению удельного выброса загрязняющих веществ в атмосферу в 2021 году на 43 % в сравнении с 2019 г. В 2012 г. введен в строй механизированный погрузочно-разгрузочный комплекс хранения и усреднения коксующихся углей в ПАО "Кокс" (Россия). Благодаря реализации этого проекта удалось на 70 % сократить выбросы пыли УПЦ предприятия.

Кросс-медиа эффекты

Существенные кросс-медиа эффекты отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае (типа и количества очистных установок).

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.2. Сведение к минимуму выбросов при загрузке печи

Описание

Минимизация выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в зависимости от метода загрузки печи.

Техническое описание

Загрузка печи чаще всего выполняется самотеком с помощью загрузочных машин. Таким образом, для снижения выбросов во время загрузки используются три основных метода:

1. Бездымная загрузка - в этой системе используются газонепроницаемые соединения между коксовой печью и загрузочной машиной. Камеры быстро заполняются через четыре или пять загрузочных отверстий. Всасывание создается путем нагнетания пара или воды в изогнутую S-образную часть подъемной трубы.

2. Последовательная или поэтапная загрузка. В этом процессе камеры заполняются одна за другой. Этот тип загрузки занимает относительно много времени. Разрежение создается с обеих сторон печи либо с помощью двух подъемных труб (при наличии), либо с помощью подъемной трубы и соединительной трубы с соседней печью. Соединения между загрузочной машиной и печью не являются газоплотными, но благодаря всасыванию практически не происходит выбросов, когда имеется только одно отверстие для выхода в атмосферу.

3. Загрузка с помощью телескопических патрубков, также известная как "японская загрузка" - осуществляется путем одновременной загрузки через (обычно) четыре загрузочных отверстия. Соединения между загрузочной машиной и коксовой печью не являются газоплотными, но закрываются с помощью "телескопических патрубков", из которых газы извлекаются и направляются в коллектор. Газы сжигаются и затем пропускаются через пылеулавливающее устройство, которое установлено вне установки. В некоторых случаях загрузочные тележки оснащены пылеулавливающими устройствами для очистки выделяемых газов. За счет выравнивания уже во время загрузки в верхней части печи должно быть создано свободное пространство для газа, что обеспечит беспрепятственное всасывание газа во время загрузки и во время коксования.

Достигнутые экологические выгоды

Выбросы загрязняющих веществ при загрузке могут быть очень низкими во всех этих системах. Основным определяющим фактором является избыточное давление в камере печи и загрузочных устройствах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность этого метода в значительной степени зависит от конструкции печи и, следовательно, от способа выравнивания и загрузки. Некоторые системы более уязвимы к эксплуатационным проблемам, чем другие.

Загрузка с минимальными выбросами применяется на многих заводах по всему миру. К примеру, по бездымному методу функционируют коксовая печь 2, Corus (Нидерланды), коксовые заводы ArcelorMittal (Гент, Бельгия), ArcelorMittal (Дюнкерк, Франция), ArcelorMittal (Фос-сюр-Мер, Франция), завод по производству коксовых печей Nihon (Испания) и др. С последовательной загрузкой печей работают заводы в США, коксовая печь Hüttenwerke Krupp Mannesmann (Дуйсбург-Хукинген, Германия), коксовая печь Prosper (Боттроп, Германия). Загрузка с помощью телескопических втулок применяется на коксовых печах: Kawasaki Steel Corporation (Тибе, Япония), Nippon Steel Corporation, Kimitsu Works (Япония), Corus (Эймюйден, Нидерланды) и др.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Может применяться как на новых, так и на действующих заводах.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.3. Герметизация подъемных труб и загрузочных отверстий

Описание

В процессе коксования из отверстий коксовой печи могут быть сведены к минимуму за счет эффективной герметизации этих отверстий после операции выталкивания и загрузки. Однако такие меры могут быть успешными только в том случае, если они сопровождаются тщательным обслуживанием и чисткой.

Техническое описание

Лучший способ сохранить герметичность загрузочных отверстий - тщательно промазать их материалом типа глины или аналогичным продуктом. Следует контролировать работоспособность уплотнений подъемной трубы и загрузочного отверстия.

Используются различные методы оценки летучих выбросов из коксовых печей. Достигнутые уровни выбросов, выраженные в процентах частоты утечек от общего числа подъемных труб и загрузочных отверстий, демонстрирующих видимые утечки, или в соотношении масса/время, зависят от метода мониторинга.

Достигнутые экологические выгоды

Водонепроницаемые подъемные трубы и загрузочные отверстия с герметичными ограничителями значительно сократят выбросы пыли, СО и углеводородов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При использовании заделанных крышек количество видимых утечек от загрузочных отверстий составляет максимум 1 %. Также для аппаратуры, обеспечивающей проход от батареи коксовых печей к коллекторной магистрали, включая подъемную трубу, изогнутую S-образную трубу и стационарные соединительные трубы, достигим 1 % утечек, который определяется как среднее значение частоты утечек за неделю.

Водонепроницаемые подъемные трубы и загрузочные отверстия с заделанными крышками значительно сократят выбросы пыли выбросы пыли, СО и углеводородов.

Кросс-медиа эффекты

Затирка загрузочных отверстий не вызывает значительных эффектов межсредового воздействия.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим как на новых, так и на действующих заводах. На новых заводах конструкция труб и загрузочных отверстий могут быть оптимизированы для уменьшения выбросов.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.4. Бесперебойная работа коксовой установки

Описание

Наряду с режимом технического обслуживания и операциями по очистке, бесперебойная работа коксовой печи является одной из наиболее важных интегрированных в технологический процесс мер по контролю выбросов. Несоблюдение этого требования приводит к резким колебаниям температуры и увеличению вероятности прилипания кокса во время прессования. Это оказывает неблагоприятное воздействие на огнеупор и на саму коксовую печь и может привести к увеличению утечек и увеличению ненормальных условий эксплуатации.

Техническое описание

Необходимым условием для бесперебойной работы является высокая надежность оборудования и установок печи. Это также приводит к повышению производительности. Бесперебойная работа завода по производству побочных продуктов также окажет положительное влияние на выбросы от батарей.

Контролируя температуру поверхности нагрева (измерительное устройство в простенках камеры печи), можно определить распределение температуры в камере (эффективность системы нагрева). На основании этих результатов могут быть приняты меры по ремонту или оптимизации работы коксовой печи.

Проверка и обеспечение того, чтобы коксовая масса полностью спеклась, может предотвратить выбросы ЛОС или выбросы в результате непроизвольного сжигания остаточных коксовых газов при открытии заслонки.

Автоматизация производства кокса позволяет эксплуатировать коксовую установку с оптимальной эффективностью.

Примеры вариантов управления: инфракрасная система измерения температуры поверхности двух нагревательных стенок, инфракрасный пирометр со встроенной памятью данных для проведения ручных измерений в отопительных дымоходах и др.

Достигнутые экологические выгоды

Значительная часть выбросов коксовых печей вызвана утечкой через трещины между нагревательной камерой и камерой печи и в результате деформированных дверей и т.д. Эти выбросы могут быть в значительной степени предотвращены за счет

более плавной и безаварийной работы коксовой установки. Кроме того, этот метод может значительно увеличить продолжительность срока службы коксовой установки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Благодаря модульной конструкции коксовой печи конструкция оборудования для автоматизации производства кокса позволяет создавать индивидуальные решения в соответствии с конкретными требованиями заказчика. Одним из примеров внедрения данной техники является установка коксовых печей в ArcelorMittal (Дюнкерк, Франция).

Кросс-медиа эффекты

О каких-либо существенных кросс-медиа эффектах не известно.

Технические соображения, касающиеся применимости

Может применяться как на новых, так и на действующих заводах.

Экономика

В целом, отказ от использования неполностью закоксованного кокса повышает производительность коксохимического завода.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.5. Техническое обслуживание коксовых печей

Описание

Техническое обслуживание коксовых печей является одним из наиболее важных мероприятий, интегрированных в технологический процесс, и является решающим фактором для бесперебойной работы.

Техническое описание

Программа технического обслуживания в ArcelorMittal (Гент, Бельгия), описана как пример: каждая печь проходит полный капитальный ремонт в среднем через пять лет, в зависимости от состояния печей. Для этого необходимо оставить печь пустой на неделю, пока выполняются следующие операции: периодический осмотр печей (например, одна печь в день), разрушение всех отложений внутри камеры (стены, потолок, подъемные трубы), кислородно-термическая наварка трещин, отверстий и поверхностных повреждений огнеупорной кирпичной кладки, ремонт пола камеры печи путем заливки цемента, нагнетание пыли в мелкие трещины, полный капитальный ремонт дверей; полный демонтаж всех отдельных деталей, очистка и повторная сборка; перенастройка уплотнительных элементов, замена поврежденных дверных кирпичей; во многих случаях необходима полная перекладка футеровки двери.

В дополнение к этому капитальному ремонту регулярно проверяется и регулируется система связей жесткости печей (пружины, крепления и т.д.).

Достигнутые экологические выгоды

Хорошее техническое обслуживание предотвращает появление трещин в огнеупорной кладке и сводит к минимуму утечку и выбросы не полностью сгоревшего сырого газа. Это предотвращает появление черного дыма в трубах, отводящих дымовые газы от сжигания коксовой печи.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техническое обслуживание может выполняться в рамках кампаний или непрерывно. Фиксированный или минимальный период технического обслуживания установить невозможно. Техническое обслуживание должно проводиться по систематической программе специально обученным обслуживающим персоналом.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Программы непрерывного или планового технического обслуживания в обязательном порядке выполняются как на новых, так и на действующих объектах.

Экономика

Экономия затрат ввиду повышения производительности.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства. Обеспечение максимально непрерывной эксплуатации коксовой установки с оптимизированной производительностью и минимизированными выбросами.

5.2.1.6. Большие камеры коксовой печи

Описание

Разработка более широких и высоких камер коксовых печей основана на двух основных принципах: улучшить экологические показатели за счет сокращения количества печей, выдающих кокс в день, и уменьшения длины уплотняющих поверхностей.

Техническое описание

Основными характеристиками коксовых печей с высокой или широкой камерой является большой объем печи по сравнению с обычными печами. Таким образом, при заданной производительности длина дверного уплотнения и частота загрузок уменьшаются. Однако особое внимание следует уделить герметизации, поскольку в таких печах сложнее поддерживать газонепроницаемость, особенно на верхнем и нижнем торцах.

Достигнутые экологические выгоды

При надлежащем обслуживании и использовании подпружиненных гибких уплотнительных дверей в сопоставимых условиях эксплуатации можно ожидать, что

удельные выбросы на единицу продукции из уплотнений двери и рамы будут прямо пропорциональны уменьшению длины уплотнения по сравнению с обычными коксовыми печами.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Можно ожидать сокращения выбросов, учитывая, что на тонну кокса требуется меньше операций по выгрузке и что выбросы прямо пропорциональны количеству выгрузок. Тем не менее, применение камер коксовой печи большего размера не влияет на коэффициенты выбросов.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо только к новым установкам. В некоторых случаях при полной реконструкции установки на старом фундаменте может быть выбрана камера коксовой печи большего размера.

Никаких особых проблем с установками с широкими и высокими камерами неизвестно. К прочности стен предъявляются повышенные требования. Примеры использования больших камер коксовых печей наблюдается на объекте Hüttenwerke Krupp Mannesmann (Дуйсбург-Хакинген, Германия), а также в Боттроп (Германия).

Экономика

Сокращение инвестиционных и производственных затрат.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.7. Усовершенствование уплотнений дверцы печей (заслонки) и рамы (каркас)

Описание

Модернизация, улучшение соединений/креплений конструктивных особенностей печи.

Техническое описание

Газонепроницаемость двери печи имеет важное значение и может быть достигнута с помощью следующих методов: использование подпружиненных гибких уплотнительных заслонок, тщательная очистка двери и рамы при каждой выдаче кокса, газовых каналов внутри дверей.

Могут быть использованы новые подпружиненные уплотнительные заслонки. Следует отметить, что ситуация отличается для маленьких и больших печей. Для печей высотой менее 5 м заслонки с клиновидными краями в сочетании с надлежащим обслуживанием могут быть достаточными для предотвращения выбросов. Следует контролировать работоспособность уплотнений двери печи и рамы.

Достигнутые экологические выгоды

Удельные значения выбросов от дверей с гибким уплотнением намного ниже, чем у обычных. При условии, что они содержатся в чистоте, современные двери позволяют сохранять выбросы менее 5 % от всех дверей коксовой батареи.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Существуют примеры хороших результатов при использовании традиционных (с клиновидным краем) дверей в хорошо обслуживаемых небольших печах и плохих результатов при использовании гибких уплотнительных дверей в плохо обслуживаемых больших печах, но, как правило, гибкие уплотнения обеспечивают гораздо лучшие возможности для обеспечения герметичности, особенно для больших печей.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. На следующих новых и реконструированных заводах применены подпружиненные гибкие уплотнительные двери: коксовая печь 1, Cogus (Эймюйден, Нидерланды), коксовая печь Hüttenwerke Krupp Mannesmann (Дуйсбург-Хакинген, Германия), коксовая печь BHP Steel в Австралии и др.

Экономика

Инвестиции в замену дверей батареи коксовых печей составляют около 6 млн евро на заводе по производству коксовых печей, насчитывающем около ста печей и производящем 1,2 – 1,5 млн тонн кокса в год.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.8. Очистка дверей печей и уплотнений рамы

Описание

Эффективные системы очистки позволяют снизить выбросы от печей и повысить производительность оборудования.

Техническое описание

Многие старые европейские заводы по производству коксовых печей до сих пор имеют оригинальные без подпружиненного уплотнения двери с клиновидными краями. На этих установках, особенно с печами высотой более 5 м, неплотности дверей могут стать серьезной проблемой. Однако, при хорошем техническом обслуживании любые выбросы от существующих дверей могут составлять менее 10 %.

Успех плана технического обслуживания в значительной степени зависит от стабильного процесса коксования, постоянного персонала для технического обслуживания, постоянного мониторинга. Современные средства для чистки заслонок, использующие скребки в каждом цикле, также показывают хорошие результаты. Другим методом очистки заслонок коксовых печей является использование струи воды

под высоким давлением. Однако очистка дверцы коксовой печи струей воды под высоким давлением не может выполняться каждый цикл.

Достигнутые экологические выгоды

Система очистки струей воды высокого давления позволяет практически устранить выбросы – может быть достигнуто сокращение на 95 % (в соответствии с методом ЕРА). Использование системы очистки дверей со скребками также способствует значительному сокращению видимых выбросов от дверей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Программы технического обслуживания, применяемые к дверям коксовых печей, включают, например, оборудование для чистки заслонок и стратегию сервисного обслуживания заслонок.

Кросс-медиа эффекты

При очистке струей воды высокого давления образуется поток загрязненных сточных вод, которые могут быть очищены вместе со сточными водами из батарей коксовых печей.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Применяется к примеру на коксовой печи 2, Cogus (Эймюйден, Нидерланды), на объекте ВНР Steel (Австралия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.9. Поддержание свободного потока газа в коксовой печи

Описание

Под сводом камеры печи поддерживается свободное пространство, позволяющее газам и улетучившейся смоле поступать к подъемной трубе, которая, в зависимости от конструкции, обычно расположена либо со стороны выталкивателя печи, либо с обеих сторон. Поток газа может быть перекрыт загружающимся углем, достигающим верха печи, либо верхняя часть печи может быть забита графитом.

Техническое описание

Всякий раз, когда поток газа затруднен, происходит утечка через дверцу и загрузочное отверстие, поскольку повышается избыточное давление из-за препятствия.

Эту ситуацию можно предотвратить путем надлежащего регулирования слоя загружаемого угля. Отложения графита в верхней части камеры и на своде печи можно свести к минимуму за счет надлежащего распределения тепла по стенкам печи и снижения температуры верха стенок. Тем не менее, если скопление графита становится

слишком большим, выравниватель может застрять в камере коксовой печи. Чтобы избежать этого, выталкиватель оснащен специальным скребковым устройством для очистки свода и стен верхней части камеры вовремя выталкивания кокса.

Достигнутые экологические выгоды

Хорошее распределение давления в камере коксовой печи значительно снижает неорганизованные выбросы и утечки. Кроме того, снижается риск заклинивания коксовой шихты во время операций выталкивания.

Подготовка к выдаче кокса влияет прямо или косвенно на ресурсо-экологические показатели работы коксовой батареи. Явление "заклинивания коксовой шихты во время операций выталкивания" крайне нежелательно, так как нарушает ритмичную работу коксовой батареи и отделений обработки коксового газа, резко снижает производительность по коксу, приводит к разрушениям кладки коксовых печей. Механизм его возникновения связан или с неготовностью верха спека (не произошла усадка слоя) или с большими отложениями графита в верхней части недогруженной камеры коксования. Нарушения в обогреве камер коксования: недостаточные и неравномерные температуры по высоте простенков, снижение давлений в камерах, при которых возможны подсосы воздуха горения или отходящих газов с достаточным содержанием кислорода из отопительной системы в камеры коксования.

Своевременное регулирование состава и качества подготовки шихты, температурного и газодинамического режимов, а также периода коксования способствует полной ликвидации тугого хода. Подготовка к выдаче кокса позволяет существенно уменьшить вредные выбросы и сохранить герметичность кладки печей. Таким образом, газопылевые выбросы, обусловленные выдачей кокса, могут быть сокращены при сочетании технологических мероприятий по совершенствованию коксования шихты и процесса выдачи кокса.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Этот метод применяется на всех установках с надлежащей программой технического обслуживания, целью которых является сведение к минимуму протечек в дверях.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих объектах.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.1.10. Переменное регулирование давления в печах в процессе коксования

Описание

Для обычных коксовых печей одной из наиболее сложных экологических проблем является предотвращение неорганизованных газообразных выбросов, которые в основном возникают в замкнутых частях коксовой печи, таких как двери коксовых печей, крышки подъемных труб и крышки загрузочных отверстий.

Техническое описание

Основной причиной выбросов является давление в камерах печи, возникающее в результате образования неочищенного газа в течение процесса коксования. Под воздействием этого давления неочищенный газ проникает через уплотнения различных неплотностей коксовой печи.

Во время коксования в камере печи обычно поддерживается положительное давление. Отрицательное давление позволило бы воздуху проникнуть в камеру печи и частично сжечь кокс, что привело бы к разрушению печи. Как правило, избыточное давление в коллекторной магистрали поддерживается на уровне, вдвое превышающем высоту печи в метрах.

Обычным способом регулирования давления и снижения выбросов является фиксированная регулировка высокого или низкого давления.

Достигнутые экологические выгоды

Количество пыли и частиц кокса в коксовом газе резко снижается. Поскольку коллекторная магистраль находится под разряжением, нет необходимости в аспирации под высоким давлением.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эксплуатационные данные обычного метода хорошо известны. Опыт работы с эксплуатационными характеристиками метода переменного давления накапливался с 1999 года.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология регулирования переменного давления применима к новым коксовым заводам и может быть одним из вариантов для действующих заводов. Возможность установки этой техники на действующих установках должна быть тщательно определена и зависит от индивидуальной ситуации на каждом заводе.

Система регулирования переменного давления была испытана на старом коксохимическом заводе в Германии, а также была установлена в 2003 году на новом коксохимическом заводе в Дуйсбург (Германия) (две батареи по 70 печей каждая высотой 8,4 м). Впоследствии система была применена на заводах по производству коксовых печей в Бразилии, Китае и Южной Корее.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.2.1.11. Коксование с рекуперацией тепла

Описание

Используется отходящее тепло, а отходящий газ десульфурится, что типично для новых конструкций.

Техническое описание

В процессе коксования с рекуперацией тепла практически вся смола и газы, выделяющиеся в процессе коксования, сжигаются в печи и подовом канале коксовой батареи. Процесс коксования с рекуперацией тепла требует конструкции печи, отличной от традиционной горизонтальной камерной системы. Установка для очистки коксового газа и сточных вод не требуются.

Основой установок для рекуперации тепла является "печь Джевелла-Томпсона", в которой несколько печей сгруппированы вместе, образуя одну батарею.

Только около 6 % мировых мощностей по производству кокса (на долю которых приходится около 556 млн тонн кокса в год), которые были полностью установлены в 2005 году, эксплуатируются как установки рекуперации тепла. Соответствующие заводы расположены в США, Южной Америке, Азии и Австралии. Установка рекуперации тепла в Хаверхилле, штат Огайо, США, была введена в эксплуатацию в 2005 году.

Достигнутые экологические выгоды

Поскольку коксовая печь работает при отрицательном давлении, летучие выбросы из дверей, вызванные утечками во время процесса коксования, незначительны. Таким образом, при коксовании можно практически избежать выбросов канцерогенных веществ (например, бенз(а)пирена).

Выбросы как твердых частиц, так и бенз(а)пирена могут происходить во время загрузки угля.

Улучшенный контроль выбросов может быть достигнут за счет модифицированного всасывания через печь или за счет дополнительных устройств всасывания со стороны толкателя, включая систему обеспыливания. Как правило, выбросы твердых частиц при прессовании кокса ниже, чем при коксовании в горизонтальной камере, из-за меньшей высоты, с которой кокс сбрасывается с платформы вниз в закалочную машину. Для улавливания оставшихся выбросов твердых частиц вытяжка в сочетании с соответствующим всасыванием устройства и система обеспыливания установлены со стороны кокса.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Предварительным условием для экологически безопасной эксплуатации технологии рекуперации тепла является использование тепла отходящих газов и системы снижения выбросов (десульфурации) для очистки отходящих газов.

Выбросы оксидов азота (NO_x) могут превышать типичные выбросы при поэтапном сжигании, применяемые при обычном нагреве батареи.

Кросс-медиа эффекты

Недостатком коксования с рекуперацией тепла является большая площадь, занимаемая печами, из-за их планшетной конструкции по сравнению с обычными системами производства кокса. Частичное сгорание угля во время коксования приводит к меньшему выходу доменного кокса.

В способе рекуперации тепла могут использоваться угли более низкого качества, что означает также более дешевые угли, включая угли со слабым коксованием и вспучивающиеся угли, для получения кокса, эквивалентного по качеству коксу, получаемому на обычной установке.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим только в качестве совершенно новой концепции установки в зависимости от условий на месте эксплуатации.

Применимость установки рекуперации тепла может ограничиваться наличием пространства, экономической целесообразностью передачи тепла для повторного применения от коксохимического завода в существующий сталелитейный завод. Данная техника применяется на заводах в США и Китае.

Экономика

Эксплуатационные расходы, как правило, ниже по сравнению с коксованием с извлечением COG.

Движущая сила внедрения

Основными преимуществами использования коксования с рекуперацией тепла являются меньшие затраты труда и возможность использования угля более низкого качества, что означает более дешевые угли.

5.2.2. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при обжиге

Сжигание газообразного топлива в нагревательных камерах обеспечивает выделение тепла, которое передается в камеру коксовой печи за счет теплопроводности через огнеупорную кладку стенки. Чем выше температура в камере печи, тем короче время приготовления. Наиболее важными загрязнителями при обжиге в коксовой печи являются окислы азота (NO_x), диоксид серы (SO_2) и пыль. Сокращение выбросов при

обжиге в коксовой печи связано с надлежащим уходом за кирпичной кладкой, а также первичными и вторичными мерами по сокращению выбросов для каждого загрязняющего вещества.

5.2.2.1. Сведение к минимуму утечек между камерами коксовой печи и камерами нагрева

Описание

Производственно-профилактические и ремонтные работы по выявлению и устранению возможных утечек – источников выбросов загрязняющих веществ при обжиге.

Техническое описание

Выполняя систематическое и постоянное техническое обслуживание коксовой печи (см. разделе 5.2.1.3), можно в значительной степени предотвратить возможные утечки через кирпичную кладку.

Утечки через трещины в кирпичной кладке позволяют неочищенному коксовому газу попадать в дымовые газы из камер коксовой печи. Это приводит к дополнительным выбросам диоксида серы (SO_2), пыли и углеводородов. Наличие трещин легко обнаружить по видимым выбросам черного дыма из дымовой трубы коксовой печи во время обжига. Однако, нелегко определить, в какой камере коксовой печи происходит утечка. Наиболее распространенный метод, используемый для обнаружения трещин, заключается в осмотре двух нагревательных простенков после выгрузки кокса и осмотре топочных каналов сразу после загрузки печи. Расположение трещин определяется пламенем, появляющимся в каналах.

Как только проблема выявлена, трещины, отверстия и другие повреждения на поверхности огнеупорной кирпичной кладки могут быть эффективно устранены с помощью окситермической сварки, кремниевой сварки и мокрого или сухого распыления огнеупорного цемента. В некоторых крайних случаях может потребоваться обновить кирпичную кладку.

Достигнутые экологические выгоды

Обычно выбросы твердых частиц в дымовой трубе составляют менее 10 мг/Нм^3 . Выбросы могут быть сведены почти к нулю при правильном распылении и контроле за появлением трещин. Качество и состояние огнеупорных стенок коксовой печи также очень важны в этом отношении.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Из-за трещин в стенках выбросы твердых частиц часто увеличиваются со временем эксплуатации и превышают 10 мг/Нм^3 . Путем контроля количества сажи в газе, выпускаемом через дымовую трубу, персонал коксовых печей способен определить любую закономерность в выбросах сажи из дымовых труб и соотнести выбросы с конкретными загружаемыми печами. Они способны управлять процессом

приготовления кокса, чтобы уменьшить утечку между камерой и нагревательной стенкой.

На площадках производства кокса АО "АМТ", для уменьшения выбросов от систем обогрева коксовых батарей проводится систематический контроль состояния кладки и своевременное выполнение текущих ремонтов, рециркуляция продуктов горения в системе обогрева печей, ступенчатый подвод воздуха в вертикалы. Для минимизации газовыделений предусмотрена герметизация дверей, люков и стояков коксовых печей.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод может быть применен только к действующим установкам.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

5.2.2.2. Сокращение выбросов оксидов азота (NO_x) с помощью первичных мер

Описание

Процессы, используемые для сокращения выбросов оксидов азота (NO_x) в процессе горения, до поступления их в окружающую среду с отходящими газами.

Техническое описание

Образующиеся окислы азота (NO_x) почти полностью состоят из термического азота (NO_x), который образуется в результате реакции между азотом и кислородом (N_2 и O_2) в пламени. Термическое образование оксидов азота (NO_x) тесно связано с пиковыми температурами и концентрациями O_2 в пламени. Косвенно выбросы оксидов азота (NO_x) также связаны с топливом (обогащенный доменный газ или COG) и типом используемого топлива, удельным весом угля в шихте, временем коксования и размерами камеры коксовой печи.

Наиболее эффективным способом уменьшения образования оксидов азота (NO_x) является снижение температуры пламени в нагревательной камере. Таким образом, цель состоит в сжигании в "холодном" факеле. Три метода показали свою эффективность:

рециркуляция отходящих газов: отходящий газ из коксовой печи смешивается с топливом и воздухом для горения. Более низкие концентрации кислорода (O_2) и более

высокие концентрации диоксид углерода (CO_2) снижают температуру пламени, однако, эффект предварительного нагрева газов для их рециркуляции может нейтрализовать эффект снижения температуры;

поэтапная подача воздуха для сжигания: при добавлении воздуха для горения в несколько этапов условия горения становятся более умеренными, а образование NO_x уменьшается;

снижение температуры коксования: температура влияет на экономичность и энергоэффективность коксовых печей. Более низкая температура коксования требует более низкой температуры нагревательной камеры, что приводит к меньшему образованию NO_x , но при этом увеличивается содержание летучих что приводит к несоблюдению требований стандарта к качеству металлургического кокса.

Кроме того, температура нагревательной камеры (и, следовательно, образование NO_x) может быть снижена при поддержании нормальной температуры коксования за счет уменьшения температурного градиента по толщине стенки из огнеупорного кирпича со стороны нагревательной камеры к коксовой стороне печи. Для этого используются более тонкие кирпичи и огнеупор с лучшей теплопроводностью. Ранее температура нагревательной камеры $1320\text{ }^\circ\text{C}$ приводила к температуре камеры коксования $1180\text{ }^\circ\text{C}$. В настоящее время температура камеры коксовой печи $1200\text{ }^\circ\text{C}$ достигается при той же температуре камеры нагрева за счет более тонких кирпичей.

Достигнутые экологические выгоды

Ступенчатый нагрев воздуха в сочетании с внутренней рециркуляцией отходящих газов обеспечивает возникновения длинного и "холодного" факела, что является необходимым условием для минимизации концентрации NO_x в отходящих газах.

Заводы, которые внедрили интегрированные меры в технологический процесс по деноксификации, выделяют около $340\text{ г NO}_x/\text{т кокса}$ (концентрации: $322 - 414\text{ мг/Нм}^3$ при $5\% \text{ O}_2$).

Выбросы, показанные несколькими немецкими заводами, находятся в следующих диапазонах: сжигается смешанным газом: концентрация оксидов азота (NO_x) составляет $322 - 358\text{ мг/Нм}^3$, сжигается на коксовом газе: концентрация оксидов азота (NO_x) составляет $332 - 414\text{ мг/Нм}^3$.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Достичь уровней выбросов при применении описываемых мер возможно в течение длительного периода в стандартных условиях и при типичной нагрузке. В периоды пиковых нагрузок, пуска и остановок, а также неисправностей систем очистки дымовых газов необходимо учитывать кратковременные пиковые значения, которые могут быть выше

Выбор наиболее подходящей меры зависит от факторов, к которым можно отнести:
применяемой технологией сжигания;
эксплуатационным режимом установки;
новой или реконструированной установкой;
характеристиками дымовых газов (концентрации оксидов азота (NO_x), температуры, влажности, пыли, других загрязнителей и т.д.);
расхода дымовых газов;
уровнями выбросов, которых требуется добиться;
побочными последствиями и воздействиями на другие экологические компоненты;
эксплуатационной безопасностью и надежностью;
затратами.

Наиболее эффективным способом подавления образования оксидов азота (NO_x) является снижение температуры пламени в нагревательной камере. Поэтому выбросы оксидов азота (NO_x) из коксовой печи предпочтительнее сводить к минимуму путем технологических мер, хотя можно также использовать очистные технологии в конце производственного цикла.

Кросс-медиа эффекты

В результате снижения выбросов оксидов азота (NO_x) при обжиге в коксовой печи эффекты взаимодействия с другими средами не выявлены.

Технические соображения, касающиеся применимости

На новых установках применяются меры по деноксификации, интегрированные в технологический процесс. Снижение температуры на действующей установке приведет к увеличению времени коксования и снижению производительности ниже номинальной.

Использование более тонких кирпичей и огнеупоров с лучшей теплопроводностью может быть применено только на новых заводах.

Недавно построенные или реконструированные заводы оснащены системами сжигания с низким содержанием оксидов азота (NO_x). Например: коксовая печь Hüttenwerke Krupp Mannesmann (Дуйсбург-Хакинген, Германия), завод по производству коксовых печей KBS (Швельгерн-Дуйсбург, Германия) и др.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.2.2.3. Сокращение выбросов оксидов азота (NO_x) с помощью вторичных мер

Описание

Вторичные меры (технологии доочистки или очистки в конце производственного цикла (методы на "конце трубы") ограничивающие выбросы уже образовавшихся NO_x в окружающую среду.

Техническое описание

В процессе СКВ окислы азота (NO_x) в дымовых газах каталитически восстанавливаются аммиаком (NH_3) до водорода и воды (N_2 и H_2O). В качестве катализаторов часто используются оксиды ванадия и вольфрама (V_2O_5 или WO_3) на носителе из титана (TiO_2). Другими возможными катализаторами являются оксид железа и платина. Оптимальные рабочие температуры находятся в диапазоне от 300 до 400 °С. Такие высокие температуры уменьшают рекуперацию энергии в регенераторах (оптимально 180 – 250 °С) коксовых печей или необходим дополнительный нагрев отходящего газа.

Особое внимание следует уделять дезактивации катализатора, накоплению взрывоопасного нитрата аммония (NH_4NO_3), проскоку аммиака (NH_3) и образованию коррозионного оксида серы (SO_3). См. раздел 5.1.2.9.2.

Достигнутые экологические выгоды

Эффективность снижения окислов азота (NO_x), которая может быть достигнута, составляет 90 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В 1976 году на заводе Kawasaki Steel (Тибе, Япония), была введена в эксплуатацию установка СКВ для очистки отходящих газов от сжигания в коксовой печи. Рабочая температура составляла 240 °С, а восстановительной средой был аммиак (NH_3). Эффективность снижения окислов азота (NO_x) составила 90 %. Образование сульфата аммония и накопление пыли означали, что катализатор приходилось регенерировать один раз в день путем нагрева отходящих газов до >260 °С. В 1992 году SCR был выведен из эксплуатации в связи с отключением батарей 2 – 4.

Кросс-медиа эффекты

Происходит увеличение потребления энергии и аммиака. Часть катализатора приходится осаждать, когда он больше не эффективен.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо только к новым установкам. В связи с высокой стоимостью денитрификация дымовых газов (например, СКВ) в настоящее время не применяется, за исключением ограниченного количества новых установок в случаях, когда возможно несоблюдение стандартов качества окружающей среды.

Экономика

При организации СКВ затраты на реконструкцию могут быть высокими в связи с трудностями, связанными с сооружением каталитического реактора по близости к установкам. К тому же, для СКВ наиболее крупными являются следующие затраты: капитальные затраты, расходы на аммиак, затраты на электроэнергию, затраты на замену катализатора и рабочую силу. Так, например, затраты в целом для СКВ в 1996 году составляли: инвестиционные затраты в размере 50 евро/(Нм³/ч) ± 30 %. Таким образом, для установки коксовой печи с расходом дымовых газов батареи 300 тысяч Нм³/ч и производство 1 млн тонн кокса в год, затраты составляли: инвестиции - 15 млн евро ± 5 млн, эксплуатационные расходы - 0,17 – 0,51 евро за тонну кокса.

Как правило, затраты на СНКВ меньше, чем на СКВ, поскольку этот процесс не требует расходов на катализатор и кожух каталитического реактора. В целом можно сказать, что затраты на СКВ и СНКВ зависят, например, от характера отходящего газа, его температуры и требующейся степени очистки. Вследствие этого дополнительные затраты на замену катализатора при СКВ можно компенсировать за счет намного более низкого потребления аммиака по сравнению с СНКВ.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

5.2.2.4. Уменьшение выбросов диоксидов серы (SO₂) при десульфуризации коксового газа

Описание

Процессы направлены на предотвращение образования диоксида серы (SO₂) или удаление уже образовавшихся SO_x (вторичные меры). При удалении серы из дымовых газов применяется их мокрая, сухая или полусухая очистка.

Техническое описание

Уровень выбросов диоксида серы (SO₂) сильно зависит от содержания серы в топливе. Таким образом, выбросы диоксида серы (SO₂) можно свести к минимуму, снизив содержание серы в топливе. Обычно (обогащенный) доменный газ или коксовый газ используется для сжигания в коксовой печи. Содержание серы в коксовом газе зависит от производительности установки по обессериванию коксового газа.

Содержание H₂S в обработанном коксовом газе может варьироваться примерно от 0,001 до 1 г/Нм³, в зависимости от используемого типа десульфуризации и соответствующей эффективности. Если десульфурация не применяется, содержание H₂S может достигать 8 – 12 г H₂S/Нм³. Коксовый газ также содержит различные органические соединения серы, такие как сероуглерод (CS₂), COS, меркаптаны и т.д. (

всего приблизительно $0,5 \text{ г/Нм}^3$). Обогащенный доменный газ имеет более низкое содержание S.

В случаях, когда, когда неочищенный коксовый газ из камер печи просачивается через трещины в простенках коксовой батареи и сгорает вместе с топливным газом, наблюдается значительное увеличение выбросов пыли и диоксида серы (SO_2). Одновременно пыль может образовываться из-за неполного сжигания коксового газа, а также газа от нижнего обогрева, содержащего частицы пыли. В этом случае, выбросы твердых частиц (черный дым) могут быть визуально обнаружены из дымовой трубы коксовой батареи. Выбросы твердых частиц также будут происходить, когда газ нижнего обогрева содержит пыль.

Неочищенный коксовый газ не подходит для использования в промышленном применении из-за содержания в нем сероводорода (H_2S).

Десульфурации коксового газа способствует возможности его реализации в промышленных целях, тем самым увеличивая финансовые показатели (прибыль) предприятия. Десульфурация коксового газа становится все более распространенной. Десульфурированный коксовый газ снижает выбросы диоксида серы (SO_2) в месте сжигания коксового газа. Во многих случаях сера удаляется в две стадии: стадия низкого давления и стадия высокого давления.

Существует два основных типа процессов десульфурации коксового газа: мокрые окислительные процессы и абсорбционные процессы с последующей отгонкой легких фракций.

Достигнутые экологические выгоды

Мокрые окислительные процессы обладают большей эффективностью десульфурации, чем абсорбционные процессы.

Влажные окислительные процессы могут иметь эффективность $>99,9 \%$, достигая остаточного H_2S концентрации в коксовом газе всего 1 мг/Нм^3 . Более прогрессивные процессы абсорбции/отгонки, такие $\text{CYCLASULF}^{\text{®}}$, обеспечивают эффективность десульфурации $>95 \%$ при остаточных концентрациях H_2S в коксовом газе, обычно менее 500 мг/Нм^3 , а содержание аммиака (NH_3) не превышает 20 мг/Нм^3 (Коксохимический завод в Швельгерне, thyssenkrupp Uhde, Германия)

В оптимизированном процессе OxyClaus может быть достигнута эффективность крекинга аммиака (NH_3) и извлечения сероводорода (H_2S), близкая к $99,9 \%$. Этот метод значительно увеличивает извлечение сероводорода (H_2S) по сравнению с традиционными методами Клауса, но работает при более высоких температурах, однако повышает эффективность десульфурации до 50% по сравнению с традиционными методами.

Ни один из доступных методов не удаляет органические соединения серы с высокой эффективностью. На стадии очистки газа под низким давлением содержание органических соединений серы снижается всего с 0,5 г/Нм³ до 0,2 – 0,3 г/Нм³.

Выбросы коксовых печей при обжиге, показанные двумя немецкими заводами, применяющими абсорбционную десульфурацию коксового газа, находятся в следующих пределах: обжиг смешанным газом + десульфурация коксового газа: концентрация диоксида серы (SO₂) 111 – 157 мг/Нм³, сжигание на коксовом газе + десульфурация коксового газа: концентрация диоксида серы (SO₂) 118 – 128 мг/Нм³.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Абсорбционные процессы сочетают в себе удаление и переработку сероводорода (H₂S) и аммиака (NH₃). Удаленные H₂S и NH₃ извлекаются в виде паров в колоннах для удаления подкислителя/NH₃. Отпаривающий пар для де-подкислителя/отпаривателя NH₃ подается непосредственно в колонну.

Пары, богатые H₂S/NH₃, могут подаваться либо на установку Клауса, где NH₃ разрушается, а H₂S перерабатывается в элементарную серу (S), либо направляться на завод по производству серной кислоты (H₂SO₄) в сочетании с производством сульфата натрия ((NH)SO).

На протяжении многих лет процесс Клауса претерпевал непрерывную эволюцию, направленную на повышение эффективности процесса извлечения серы. Одной из таких разработок является ОхуКлаус процесс. Этот метод такой же, как процесс Клауса, но воздух заменяется кислородом. Аммиак (NH₃) сначала удаляется путем термического крекинга (при 1450°C) пары аммиака (NH₃) из коксовой печи. Затем (H₂S) удаляется обработкой чистым кислородом (ОхуКлаус), в результате чего получается жидкая сера

Наиболее часто применяемым процессом мокрого окисления является процесс Stretford, который применим в широком диапазоне мощностей по десульфурации. Заявленные проектные мощности по десульфурации коксового газа варьируются от 400 до 110 000 Нм³/ч.

Процесс ОхуКлаус введен в эксплуатацию на заводе по производству коксовых печей ArcelorMittal (Фос-Сюр-Мер, Франция) с 2002 года. За это время выбросы диоксида серы (SO₂) сократились примерно с 1900 до менее чем 500 г/т кокса.

В 2022 году ArcelorMittal (Гент, Бельгия) начало работы по установке оборудования для десульфурации, для усовершенствования существующей установке по очистке коксового газа, установив современную установку для удаления и регенерации серы. Для данного проекта будут использованы процессы CYCLASULF®

для десульфурации, а также MONOCLAUS® для высокоэффективного извлечения серы. Для реализации проекта необходимо было выполнить определенные требования. В этом случае существующая установка подготовки газа также потребовала новой резервной системы для существующей части. Thyssenkrupp Uhde было предложено интеллектуальное решение, которое связывает существующие и новые технологические линии процесса CYCLASULF®. Предложенное решение очень эффективно удаляет сероводород (H_2S) и аммиак (NH_3) из коксового газа. Поток кислого газа концентрируется и подготавливается для дальнейшей переработки либо в серу, либо в серную кислоту.

Современные массообменные элементы значительно уменьшают размер необходимого оборудования, сохраняя небольшую занимаемую площадь.

То же самое относится и к современному процессу MONOCLAUS® для извлечения серы и разложения аммиака. Он позволяет производить жидкую чистую серу с использованием минимального количества оборудования и трубопроводов по сравнению с обычными установками Клауса, что приводит к очень компактному расположению и занимаемой площади. Можно сказать, что принцип MONOCLAUS® таков: чем проще, тем лучше, но при том же высоком качестве продукта и безопасности процесса. Реализация данного проекта, позволит, эксплуатировать завод по десульфурации с низким уровнем выбросов во время остановок на техническое обслуживание или проверку, фактически заменив прежний завод по регенерации, который имел более низкую производительность по десульфурации.

С 2016 года на заводе Shougang Changzhi Iron & Steel Company Limited (Китай) эксплуатируется оборудование для влажной десульфурации, в котором аммиак, присутствующий в коксовом газе, используется для поглощения и удаления сероводорода и цианидов, фиксируя их в виде солей аммония. Объем перерабатываемого газа: $71\ 610\ \text{Нм}^3/\text{ч}$, концентрация сероводорода (H_2S) на выходе из абсорбционной колоны $< 0,02\ \text{г}/\text{Нм}^3$. При использовании аммиака (NH_3), находящегося в коксовом газе в качестве абсорбента, отсутствует необходимость добавления внешних щелочных химикатов. Отработанная жидкость после десульфурации утилизируется в виде концентрированной серной кислоты после сжигания, сброс отработанной жидкости из системы не происходит. Также возможно комбинировать оборудование с процессами восстановления серы (S) или соли вместо концентрированной серной кислоты (H_2SO_4). Метод сухой десульфурации и денитрификации, разработанная компанией NIPPON STEEL CORPORATION (Япония), может независимо удалять окисды серы азота (SO_x , NO_x), пыль и диоксины одновременно с активированным коксом. Описание процесса: активированный кокс, помещенный в адсорбер, медленно движется вниз в вертикальном направлении, по

мере продвижения вниз вступает в контакт с дымовым газом, который движется в горизонтальном направлении, и поглощает оксиды серы (SO_x) и другие вещества, представляющие опасность для окружающей среды. Далее активированный кокс, адсорбировавший вещества, нагревается в регенераторе в инертной атмосфере для выделения (десорбции) оксидов серы (SO_x). Наконец, оксиды серы (SO_x) извлекают в виде концентрированной серной кислоты, гипса и других полезных побочных продуктов. После чего активированный кокс, который десорбировал вещества, просеивают для отделения порошка активированного кокса и отправляют обратно в адсорбер для повторного использования. Сухой метод десульфуризации может одновременно независимо удалять оксиды серы и азота (SO , NO_x), пыль и диоксины и требует меньше места, чем система, использующая мокрый процесс. Он также может удалять SO_2 и другие вещества, представляющие опасность для окружающей среды. Используются на заводах КОБЕ СТАЛЬ (Какогава, Япония), производительность очистки 1 500 000 $\text{Nm}^3/\text{ч}$; Тайюань Айрон энд Стил Ко., (Китай), производительность – 2 020 000 $\text{Nm}^3/\text{ч}$, Уган Чжунцзя Сталь (Китай), производительность – 750 000 $\text{Nm}^3/\text{ч}$.

При сухой десульфуризации потребление воды минимально, что делает ее подходящей для районов, где трудно обеспечить техническую воду. Концентрированная серная кислота (H_2SO_4), гипс и другие полезные побочные продукты извлекаются из оксидов серы (SO_x), содержащегося в дымовых газах.

Кросс-медиа эффекты

Любой мокрый окислительный процесс, используемый для десульфуризации коксового газа, также удаляет большую часть цианистого водорода из коксового газа и образует тиоцианид натрия. Тиоцианат натрия и небольшие количества сульфата натрия и тиосульфата, образованные при побочных реакциях в процессе, не регенерируются и накапливаются в циркулирующем растворе. Для этих целей необходимо продувать поток жидкости, чтобы предотвратить высаливание химикатов. В случае процесса Stretford этот расходный поток содержит соединения ванадия, соединения хинона и гидрохинона (из антрахинондисульфоновой кислоты), тиоцианид и тиосульфат. Сброс этих компонентов нежелателен с экологической и экономической точек зрения (загрязнение воды и потеря дорогостоящих химикатов). Обычно этот материал перерабатывается путем смешивания угля.

Для снижения расхода химикатов HCN можно удалить перед десульфурацией в предварительной мойке с использованием раствора полисульфида натрия или полисульфида аммония. Предварительная очистка HCN не приводит к уменьшению общего объема образующихся сточных вод.

Для процесса OxyClaus энергия необходима для крекинга, но для удаления аммиака катализатор не нужен. Процесс также способствует снижению выбросов оксидов азота (NO_x).

В редких случаях, например, когда производство коксового газа превышает спрос на него, избыток коксового газа должен сжигаться на факеле, что в свою очередь приводит к дополнительным выбросам.

Технические соображения, касающиеся применимости

Десульфуризация коксового газа как мокрого окислительного, так и абсорбционного типа может применяться на новых и действующих установках. Выбор зависит от характеристик очищаемого коксового газа, экологических соображений, интеграции в газоочистную установку и т.д.

Примеры заводов, где применяется влажный окислительный: ArcelorMittal (Гамильтон, Канада), Метаром (Румыния). Абсорбционные процессы применяются на коксовой печи KBS (Дуйсбург-Швельгерн, Германия), Kawasaki Steel (Мидзусима, Япония).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Внедрение технологии десульфуризации газа обходится примерно в 30 млн евро (капитальные затраты) в коксовый завод с примерно сотней печей (ArcelorMittal). Затраты на замену установки по сжиганию аммиака паром на установку по десульфурации OxyClaus составили около 12 млн евро для коксовой печи мощностью 1,5 млн тонн в год.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов.

5.2.3. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при иных процессах производства кокса

5.2.3.1. Снижение выбросов при выдаче кокса

Описание

Меры, принимаемые для уменьшения выбросов при выдаче кокса, такие как локализация и обезвреживание (обеспыливание).

Техническое описание

Борьба с выбросами при выдаче кокса из печных камер - одна из наиболее сложных задач. Над раскаленным коксом, попадающим в коксотушильный или коксовозный вагоны, возникает интенсивное восходящее течение нагретого воздуха, которое вовлекает в движение значительные массы окружающего атмосферного воздуха. Этот подсосываемый (эжектируемый) из атмосферы поток подхватывает образующиеся при разрушении коксового пирога частицы пыли и увлекает их вверх. В результате

возникает окрашенное пылевое облако значительных размеров, в котором кроме пыли могут содержаться и газообразные вредные вещества, выделяющиеся из кокса; объем этих газов сравнительно невелик и обычно не превышает нескольких десятков кубометров.

Образование пылевого облака при выдаче происходит весьма быстро, и этот неорганизованный выброс принято относить к залповым.

Существует несколько вариантов систем беспылевой выдачи кокса: пылеотсасывающие зонты над коксовозным и тушильными вагонами; перекрытия над рельсовым путем тушильного вагона; комбинированные системы беспылевой выдачи и тушения кокса. Наибольшее признание получили системы с устройством зонтов, отсосом и очисткой газов выдачи. При этом отсасывающее и пылеулавливающее оборудование проектируют как в передвижном, так и в стационарном исполнении.

В наиболее распространенным методам можно отнести:

использование навесов с коксовой стороны коксовой батареи, включая откачку и обеспыливание. Пыль откачивается с помощью навеса, установленного с коксовой стороны, и обеспыливается в рукавном фильтре;

использование вагона-контейнера. Кокс выгружается непосредственно из камеры коксовой печи в вагон-контейнер. Кокс не вступает в контакт с кислородом, и образуется лишь небольшое количество пыли. Обычно применяется в сочетании с сухим тушением кокса;

использование машины для транспортирования кокса со встроенной вытяжкой, стационарным воздухопроводом и стационарной очисткой газа, предпочтительно рукавной фильтрацией. В течение всего процесса выдачи кокса коксотушильный вагон должен находиться в зоне отвода системы пылеулавливания (использование стационарного или мобильного коксотушильного вагона с встроенной вытяжкой на машине для транспортирования кокса).

поддержание достаточного времени коксования, равномерного нагрева и его оптимизации.

Достигнутые экологические выгоды

Выбросы пыли без снижения выбросов составляют около 500 г/т кокса. Из четырех методов, упомянутых выше, использование машины для транспортирования кокса обеспечивает наилучшие показатели эффективности сбора в сочетании с хорошими условиями труда для операторов (в отличие от навеса с коксовой стороны). На действующих установках достижим уровень пылеулавливания >99 %. Система также основана на откачке через стационарный газопровод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность по вытяжке воздуха часто составляет порядка 200 тысяч $\text{Нм}^3/\text{ч}$, что зависит от размера камеры. В Thyssen Krupp Stahl AG (Дуйсбург, Германия) объем экстракции составляет приблизительно 400 тысяч $\text{Нм}^3/\text{ч}$.

Часто рукавные фильтры используются для минимизации выбросов твердых частиц. В одном случае для рукавного фильтра при выдаче кокса сообщалось, что выбросы пыли составили в среднем $0,9 \text{ мг}/\text{Нм}^3$ в год и $1,5 \text{ мг}/\text{Нм}^3$ в год для 95-го перцентиля (контрольный период времени составлял среднее значение за полчаса). Системы мокрой очистки, которые все еще применяются, достигают значений концентрации пыли $<20 \text{ мг}/\text{Нм}^3$.

В целом можно достичь коэффициентов выбросов пыли (из дымовой трубе) менее 5 г/т кокса, с учетом описываемых мер.

Для исключения выхода коксового газа в атмосферу на коксовых батареях МК АО "Уральская Сталь" (Россия) установлены новые газосборники. Новая герметичная конструкция длиной 70 метров собирает 100 % газа, а это порядка $8,8 \text{ млн м}^3$ в год, и направляет его в цех улавливания, где он очищается и передается на отопительные нужды в ТЭЦ и частично используется в самом подразделении.

Уникальность проекта состоит в том, что монтаж 250 составных частей производился в условиях действующего производства.

В прошлом году для сокращения выбросов коксовой пыли и увеличения объемов ее передачи для нужд электросталеплавильного цеха на одной из коксовой батарей была проведена полная замена рукавных фильтров на установке беспылевой выдачи кокса. Всего в результате реализованных мероприятий удалось добиться снижения выбросов от дверей коксовых камер на 44 % по сравнению с показателями 2021 года.

Кросс-медиа эффекты

Работа пылеулавливающего устройства требует энергии для приведения в действие вентиляторов для системы вытяжки. Уловленные твердые частицы могут быть возвращены обратно в технологический процесс.

Технические соображения, касающиеся применимости

Обеспыливание с коксовой стороны коксовой печи применимо как на новых, так и на действующих установках. Указанные методы применяются на следующих заводах: US Steel Clairton Works (Питтсбург, Пенсильвания, США); АрселорМиттал (Гент, Бельгия); АрселорМиттал (Дюнкерк, Франция) и др.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

5.2.3.2. Сухое тушение кокса

Описание

Установки сухого тушения кокса (далее в данном разделе - установка) обычно состоят из шахтного холодильного агрегата, котла-утилизатора и системы рециркуляции газа.

Техническое описание

Установка состоит из двух или более охлаждающих камер и связанных с ними котлов-утилизаторов и загрузочных кранов в виде единых установок. Кокс охлаждается в этих камерах с помощью циркулирующего газа. Циркулирующий газ представляет собой смесь, состоящую в основном из азота и других инертных газов. Эта смесь образуется, когда кислород выгорает на начальной стадии цикла. Температура циркулирующего газа после камеры составляет около 780 °С, а после котла-утилизатора - около 150 °С. Температура кокса, выгружаемого в камеру сухого тушения, составляет около 1050 °С, а после камеры - около 180 °С. Кокс проходит через камеру примерно за пять часов. Номинальная производительность типичной установки составляет менее 100

т/ч/камеру. Установка, работающая на полную мощность, производит около 25 т/ч пара высокого давления (93 бар). Кокс транспортируется ленточными конвейерами с установки на станцию сортировки кокса для доменной печи.

Достигнутые экологические выгоды

Современные установки оснащены системами загрузки и выгрузки пыли, а также котлами-утилизаторами с первичными и вторичными пылеуловителями. Во время окончательного сбора рукавными фильтрами, показатели выбросов пыли достигают менее 3 г/т кокса, соответствующие менее чем 20 мг/Нм³. Выбросы диоксида серы (SO₂) находятся на уровне 200 мг/Нм³. Сбросы в поверхностные воды практически отсутствуют. Собранная коксовая пыль поступает в качестве топлива на агломерационную установку.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

С помощью установки около 0,5 тонны пара/т кокса может быть извлечено и использовано для производства электроэнергии.

Выбросы пыли при обработке сухого кокса и просеивании могут привести к необходимости установки дополнительной ступени охлаждения или использования воды для получения влажности 1 %. Пар (93 бар) производительность составляет примерно 470 000 т/год, а производство пара (8 бар) - примерно 50 000 т /год. Пар давлением 93 бар используется в основном на электростанции Raahе Steel Works (Раахе, Финляндия), что означает выработку электроэнергии примерно в 15 МВт.

Согласно фактическим данным эксплуатации в Японии, эта система обладает высокой доступностью примерно 97 %. Техническое обслуживание обычно проводится

во время периодического технического обслуживания коксовых печей. Требуется лишь небольшое количество дополнительного времени на техническое обслуживание.

Содержание влаги в коксе составляет приблизительно 0,05 % по сравнению с содержанием влаги в коксе мокрого тушения, которое составляет приблизительно 2 – 5 %. Таким образом, кокс более применим и его качество более однородно для работы доменной печи, а затраты на транспортировку / подготовку сухого кокса ниже, особенно в зимних условиях.

Nippon Steel & NIPPON STEEL ENGINEERING, LTD. (Япония) разработала самую большую в мире однокамерную систему сухого тушения кокса производительностью от 56 т/ч до 280 т/ч – в зависимости от потребности производства. Суть разработки состоит в том, что данный метод увеличивает количества пара, вырабатываемого с использованием избыточного газа при производстве стали, а также предлагаем систему автоматического управления, которая способствует стабилизации работы. Примеры трех крупных заводов, использующих данную технологию: Shougang Jingtang Iron & Steel United Co., LTD (Китай), производительность 260 т/ч), Formosa Na Tinh Steel Corporation (Вьетнам), производительность 200 т/час, Jinnang Science and Technology Co., LTD (Китай) – 190 т/час.

Кросс-медиа эффекты

Обращение с коксом сухого тушения может стать причиной большего уровня выбросов пыли, чем при обращении с коксом мокрого тушения. Потребление электроэнергии вентиляторами, работа различных устройств для обеспыливания и т.д. не является незначительным. Однако баланс чистой энергии будет довольно положительным из-за рекуперации отработанного тепла, которое обычно преобразуется в электроэнергию.

Технические соображения, касающиеся применимости

Установка может применяться на новых и действующих заводах. Для непрерывной работы установок существует два варианта. В одном случае блок установки содержит от 2 до 4 камер. Одно устройство всегда находится в режиме ожидания. Следовательно, нет необходимости в мокром тушении, но для установки необходима избыточная мощность с повышенными затратами. В другом случае необходима дополнительная система мокрого тушения. Для модернизации действующих установок для тушения можно использовать существующую систему мокрого тушения. Такая установка не имеет избыточной мощности.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. К марту 2008 года количество действующих установок CDQ (камер) составляло: 104 - в Восточной Азии, 12 - в Центральной Азии, 5 - в Южной Америке и 21 - в Европе. Из Европы, 5 - находятся в Венгрии, 3 - в Финляндии, 4 - в Польше, 4 - в Румынии и 5 - в Турции.

Движущая сила внедрения

Экологические соображения, улучшенная стабильность качества кокса по сравнению с обычным мокрым тушением (в основном это связано с содержанием влаги) и энергоэффективность.

5.2.3.3. Мокрое тушение кокса

Описание

Техники, направленные на сокращение выбросов твердых частиц в процессе мокрого тушения, посредством использования специальных каплеотбойников (отражающих пластин) либо дополнительных ярусов распыления воды через форсунки.

Техническое описание

Мокрое тушение кокса может осуществляться с помощью обычного мокрого тушения или более современного стабилизационного тушения кокса. Процесс мокрого тушения кокса (мокрая закалка) в его обычном аппаратном оформлении чрезвычайно сложен с точки зрения очистки выбрасываемой парогазовой смеси. В течение 1 – 2 мин из тушильной башни современного коксохимического завода выбрасывается в атмосферу около 20 000 м³ водяного пара, объем которого увеличивается из-за подсоса окружающего воздуха. Использование загрязненной воды для тушения кокса приводит к увеличению выбросов вредных веществ. Удельный вынос пыли на 1 т кокса увеличивается на 0,4 г при увеличении сухого остатка в циркулирующей воде на 0,1 г/ч.

Обычное мокрое тушение. Когда кокс тушат водой в башне тушения кокса, в результате испарения охлаждающей воды из раскаленного кокса образуются пыль и водяной туман, которые выделяются с отходящими потоками. Количество уловленной пыли зависит от условий эксплуатации, свойств кокса и способа добавления воды.

Оптимальные решения для снижения выбросов пыли включают использование отражающих перегородок в дымовой трубе и удобную конструкцию башни тушения кокса. Кроме того, может применяться тушение методом затопления и с подачей охлаждающей воды сверху. Вода частично впрыскивается через систему трубопроводов в нижней части коксотушильного вагона (заливая кокс), а частично разбрызгивается поверх кокса (в то время как в большинстве случаев мокрого тушения, вода разбрызгивается только поверх кокса). Тем не менее, сама башня тушения кокса является системой охлаждения сверху, с тем же самым устройством улавливания пыли.

Одним из недостатков является выброс частиц кокса из коксотушильного вагона вследствие мгновенного образования пара под массой кокса и внутри нее в коксотушильном вагоне, в особенности работа происходит с высокими уровнями кокса. Охлаждающая вода используется повторно.

Пылеулавливающее оборудование состоит из отдельных рам, в которые вставлены пластиковые пластины в форме жалюзи. Башни тушения кокса изготавливают из бетона.

Башни тушения кокса находятся в работе, например, каждые 15 минут. В целях сокращения выбросов на техническое обслуживание планируется ограниченное количество часов в месяц (например, 4 часа). Другим способом уменьшить эти выбросы является наличие резервной (второй) башни для тушения. Используется также более усовершенствованные установки для стабилизационного тушения кокса. Такие системы тушения рассчитаны на шесть выдач кокса в час и количество кокса 54 тонны за выдачу. Эта система включает в себя башню тушения кокса, отстойника охлаждающей воды и коксотушильного вагона. Эти башни больше обычных башен для тушения кокса (например, высотой $16 \times 16 \times 70$ м). Две ступени контроля выбросов состоят из отражательных перегородок и водяных распылителей для охлаждения паров, которые снижают выбросы пыли. Особенностью этой техники является одновременное применение распыления и погружного тушения.

Достигнутые экологические выгоды

Выбросы пыли при мокром тушении без мер по снижению выбросов составляют около 200 – 400 г/т кокса. С помощью метода обычного мокрого тушения их количество может быть уменьшено по меньшей мере до 50 г/т кокса (при коэффициенте выбросов до снижения выбросов не более 250 г/т кокса и содержании твердых частиц в охлаждающей воде ниже 50 мг/л).

На практике обычно достигаются выбросы менее 25 г/т кокса. Следует отметить, что выбросы в значительной степени зависят от используемого метода измерения.

При использовании усовершенствованных методов стабилизационного тушения кокса выбросы пыли составляют 6 – 12 г/т кокса. Высокая скорость тушения является важным аспектом процесса, так как обеспечивает быстрое снижение температуры кокса, более короткое время реакции, меньшее образование водяного газа и сероводорода, а также высокое механическое воздействие и стабилизация охлаждаемого кокса, равномерное распределение зерен и, следовательно, улучшение качества кокса. Применяется к примеру на коксовом заводе KBS, (Дуйсбург-Швельгерн, Германия).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

По всему миру существует множество башен тушения кокса, оснащенных перегородками для снижения выбросов. На металлургическом заводе в Дуйсбург-Хукингене (Германия) коксовая батарея с печами объемом 70 м^3 оборудована тушильной башней, представляющей собой боковую вытяжную деревянную трубу со стальной обшивкой высотой 40 м. Площадь поперечного сечения башни в четыре раза больше площади тушения, что обеспечивает снижение скорости паров на выходе и количества выбрасываемой пыли.

Коксотушильная машина на этом заводе представляет собой короб (площадь открытой поверхности 36 м^2) с массивными наружными стенками и внутренней

емкостью, образованной подвесными панелями из износостойкого материала. В нижней части наклонного днища внутренней емкости имеются водопроницаемые затворы, наружные затворы коксотушильной машины закрываются герметично. Для обеспечения эффективного тушения большой (до 43 т) массы кокса в машине предусмотрена подача воды сверху и снизу. Сверху вода разбрызгивается через размещенные сбоку сопла, а снизу — через расположенные в двойном днище форсунки

Кросс-медиа эффекты

При распылении воды расходуется дополнительная энергия, хотя и не в значительных количествах.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы мокрого тушения применимы как на новых, так и на действующих установках. Существующие башни для тушения могут быть оснащены перегородками для снижения выбросов. Минимальная высота башни должна составлять не менее 30 м, чтобы обеспечить достаточную осадку. Примеры построенных или модернизированных градирен с перегородками для снижения выбросов расположены на объектах АрселорМиттал (Гент, Бельгия), Хюттенверке Крупп Маннесманн (Дуйсбург-Хакинген, Германия).

Экономика

Затраты на дооснащение существующей градирни перегородками для снижения выбросов составляют порядка 200 тысяч евро. Однако модернизация возможна только в том случае, если закалочная башня подходит. В противном случае необходимо установить новую башню, а затраты намного выше.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.3.4. Сокращение выбросов при транспортировании кокса

Описание

Меры для сокращения выбросов загрязняющих веществ при технологических операциях, связанных с подготовкой и транспортировкой коксовой мелочи.

Техническое описание

Процесс отсева кокса по фракциям состоит из дробления, измельчения и просеивания и приводит к образованию твердых частиц, и это требует дополнительной очистки.

При транспортировании кокса сухого тушения происходит больше выбросов пыли, чем при транспортировании кокса мокрого тушения. Здание установки для отсева кокса по фракциям должно быть закрытым.

Для транспортировки кокса используются закрытые конвейеры. Для хранения кокса можно использовать разбрызгиватели для увлажнения поверхности и подавления

пылеобразования. Для снижения скорости ветра можно установить ограждения или насыпи с подветренной стороны. Высота свободного падения материалов должна быть менее 0,5 м. Более подробное описание очистных устройств, входящих в состав аспирационных систем, используемых на площадках подготовки кокса, приведено в разделе 5.1.2 (включая при необходимости все подпункты указанного подраздела).

Достигнутые экологические выгоды

С помощью рукавных фильтров можно достичь концентрации выбросов твердых частиц в диапазоне 0,5 – 4,5 мг/Нм³ (среднегодовые значения).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень улавливания пыли для циклонов в значительной степени зависит от размера частиц и конструкции циклона, и увеличивается по мере возрастания нагрузки загрязняющим веществом: для стандартных отдельных циклонов данная величина ориентировочно равна 70 – 90 % для общего количества взвешенных частиц, 30 – 90 %.

При эксплуатации электрофильтров необходим контроль состава смеси, в частности содержание углеводородов в отходящем газе.

Производительность рукавного фильтра зависит от конструктивных особенностей и может находиться в пределах 99 – 99,9 %. Добавление рукавной камеры, расположенной после электростатического фильтра, позволяет достичь очень низкого уровня выброса твердых частиц.

Производительность очистки отходящих газов от твердых частиц при использовании мокрых способов очистки зависит от типа оборудования и находится в пределах 50 – 99 %. Мокрая очистка (абсорбция) от пыли может сочетаться с последующей обработкой, путем фильтрации (например, рукавные фильтры) или электростатического осаждения. Эффективностью очистки при этом находится в диапазоне от 90 до более чем 99 %.

Кросс-медиа эффекты

Во всех случаях существует необходимость утилизации остатков пыли если повторное использование/рециркуляция невозможны.

При использовании рукавных фильтров, фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2 – 4 года (срок службы зависит от различных факторов), чтобы не допустить образования кека.

В результате абсорбции образуется отработанная жидкость (в виде стоков и шлама), которая обычно требует дальнейшей обработки или утилизации (особенно при содержании агрессивных компонентов), если она не может быть использована повторно.

Дополнительный расход энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Может применяться как на новых, так и на действующих установках.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Стоимость фильтров, зависит от эффективности работы оборудования, а также используемых систем очистки (интегрированных или второстепенных).

Как правило одиночные конструкции, применяющиеся для очистки отходящих газов с низкой концентрацией твердых частиц, будут дороже (на единицу расхода и на количество очищенного загрязняющего вещества), чем большая установка, для очистки потока отработанного газа с высокой концентрацией.

Немаловажным фактором затрат является расход отходящего газа.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов. Сокращение выбросов твердых частиц, с возможностью регенерации (повторного использования в качестве сырья) являются основными движущими силами внедрения.

5.2.3.5. Закрытые ленточные конвейеры

Описание

Использование закрытых систем транспортировки материалы на между установками в пределах производственной площадки, для предотвращения выбросов загрязняющих веществ.

Техническое описание

Средством транспортировки таких грузов, как мелкозернистый уголь или кокс, является закрытый ленточный или трубчатый конвейер, который защищает окружающую среду от всех выбросов всех видов загрязняющих веществ.

Трубчатые конвейеры состоят из гибкой конвейерной ленты, которая с помощью специальных устройств формируется в герметичной трубе. Вначале – в зоне загрузки материала – лента открыта, и уголь или кокс подаются как на обычном ленточном конвейере. Эта зона простирается примерно на 12 м, и лента закрывается и формируется труба на всем протяжении транспортировки. В конце – примерно за 12 м до точки разгрузки – лента снова открывается. После разгрузки лента снова закрывается.

Достигнутые экологические выгоды

Закрытая конструкция транспортирующей ленты предотвращает неорганизованные выбросы во время транспортировки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Взаимодействие между окружающей средой и транспортируемым материалом (например, выбросы пыли и поглощение воды из-за дождя или снега) устраняется за счет герметизации материала во время транспортировки.

По сравнению с типичными ленточными конвейерами трубчатые конвейеры имеют очень малый радиус изгиба, и такая форма трубы позволяет конвейеру изгибаться как горизонтально, так и вертикально. Эта очень гибкая маршрутизация конвейера часто означает, что конвейер с одной трубой может заменить несколько обычных ленточных конвейеров, уменьшая:

- требование к нескольким точкам передачи и приводам, которые требуют больших затрат, пространства и мощности для подъема продукта в повторяющихся точках передачи;

- деградация продукта и образование пыли в точках перевалки;
- дорогостоящая замена футеровки желоба.

Повышенное трение между трубчатой формой конвейера и материалом также делает возможными крутые уклоны – обычно примерно на 50 % круче, чем это возможно на обычном конвейере. Это значит, что:

- общая длина конвейерной системы может быть уменьшена;

- конвейер и, следовательно, занимаемая площадь завода также могут быть уменьшены за счет дополнительной экономии средств.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Трубчатые конвейеры, как правило, применяются на новых и действующих установках для транспортировки грузов, образующих пыль, таких как кокс, мелкозернистый уголь или губчатое железо. Применяется на заводе в Германии.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.3.6. Герметичная система газоочистки коксовой печи

Описание

Использование герметичных систем для очистки коксового газа от примесей, для предотвращения выбросов загрязняющих веществ от неплотностей соединений.

Техническое описание

На установке газоочистки неочищенный коксовый газ очищается в несколько стадий для последующего использования в качестве топлива.

Неплотности соединений используемого оборудования, такого как фланцы, запорно-регулирующая аппаратура, клапана, насосы и т.д., могут быть источниками выбросов летучих соединений, содержащихся в неочищенном коксовом газу. В определенной степени при рассмотрении негативных воздействий на окружающую среду, безопасные условия труда важным фактором является также то, что некоторые

соединения коксового газа является канцерогенными (например, ПАУ и бензол). В этом отношении особенно важным моментом является наличие установки для переработки фракции БТК (бензол-толуол-ксилол) коксового газа как составной части системы очистки. На таких установках очистка фракции БТК коксового газа осуществляется с помощью жидкости. Затем заправленная скрубберная жидкость регенерируется, а БТК утилизируется и может быть продан.

Работа системы очистки коксового газа в условиях герметичности — это, главным образом, вопрос охраны труда и техники безопасности.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов ПАУ.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Должны быть рассмотрены все меры, обеспечивающие герметичность системы газоочистки, которые включают следующие соображения:

минимизацию количества фланцев с помощью сварки трубопроводов, если это возможно;

использование герметичных систем перекачки (например, насосов с магнитным приводом или насосов с двойным уплотнением);

предотвращение выбросов из запорных клапанов в баках хранения. Обычно это достигается с помощью соединения выпуска клапана с газосборником (может также использоваться сбор газов и последующее сжигание или применение газовой подушки, либо скруббер отходящих газов);

использование специальных уплотнений для фланцев и клапанов для предотвращения загрязнения воздуха, а также закрытых процессов без выбросов, таких как процесс Клауса с рециклингом остаточных газов или очистка смолы и жидкости с рециклингом смолистого остатка;

ограждение системы со смолистым остатком. Твердые частицы отделяются от неочищенной смолы, поступающей из механического осветлителя в герметичную центрифугу. Смола после центрифуги подается через приемное устройство в баки для хранения смолы. Отделенный смолистый остаток из выхода твердых частиц центрифуги собирается в емкости, перед откачкой его насосом для сыпучих тел высокого давления в весовой бункер в расходной башне. Загрузка соединяется с потоком угля таким образом, что обеспечивается качественная смесь смолистого остатка с углем. В случае необходимости возможно удаление смолистого остатка в передвижной контейнер.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется как на новых, так и на действующих заводах. К примеру, на Voestalpine (Линц, Австрия); Cogus (Эймюйден, Нидерланды) и ArcelorMittal, (Гент,

Бельгия). Во всех заводах Бельгии работают практически газонепроницаемые очистные сооружения для очистки коксового газа.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов ПАУ.

5.2.4. Технические решения по очистке сточных вод

5.2.4.1. Удаление смолы (и ПАУ) из стоков

Описание

Техника или совокупность техник направленных на очистку сточных вод от смолистых соединений.

Техническое описание

Сточные воды, не содержащие аммиака, обычно не содержат смолы, но, в случаях, когда это происходит, смола оказывает неблагоприятное воздействие на работу биологической очистки сточных вод. Присутствие полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в смоле может вызвать проблемы, в виду их токсического действия на микроорганизмы, содержащиеся в активном иле. Так как ПАУ относительно трудно разлагаются, необходимо, по возможности, удалить смолу из угольной воды перед ее биологической очисткой.

Смолу можно удалить путем добавления коагулирующих химикатов и последующего разделения с использованием такой техники, как:

гравитационное осаждение, иногда сопровождаемое фильтрацией;

центрифугирование угольной воды;

флотация;

фильтрация песка.

При такой обработке большая часть смолы удаляется из сточных вод в виде высоко концентрированной фильтровальной кека или шлама, который подлежит дальнейшей обработке, например, путем рециркуляции в коксовые печи.

Описание методов также приведено в разделе 5.1.3.3.

Достигнутые экологические выгоды

Согласно данных Агентства по охране окружающей среды США, при фильтрации песком может быть достигнута концентрация ПАУ в сточной воде менее 700 – 800 г/л при эффективности удаления 99 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

См. раздел 5.1.3.3.

Кросс-медиа эффекты

Все указанные методы удаления смолы приводят к образованию отходов. Однако эти содержащие смолу отходы, включая смоляной остаток декантера, могут быть переработаны в коксовые печи.

Технические соображения, касающиеся применимости

Удаление смолы перед очисткой сточных вод применимо как на новых, так и на действующих установках. Осаждение и фильтрация используются на заводе Corus, (Эймюйден, Нидерланды).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.4.2. Удаление аммиака из сточных вод

Описание

Использование щелочных растворов при удалении аммиака из сточных вод для повышения эффективности биологической очистки.

Техническое описание

Поддержание низкой концентрации аммиака в отпаривателе и сточных водах благоприятствует эксплуатации установки биологической очистки сточных вод. Эффективность удаления зависит от добавления щелочи и пара, от конструкции очистителя (количества ступеней). Большая доза NaOH и увеличение количества стадий могут значительно снизить концентрацию аммиака в сточных водах.

Достигнутые экологические выгоды

Концентрация аммиака в сточных водах может варьироваться от 20 до 150 мг/л в зависимости от дозировки пара и щелочи, а также конструкции очистителя. Значения от 20 до 40 мг/л достижимы, но могут и не потребоваться из-за корректировки соответствующего баланса соотношения БПК5/фосфор/азот в сточных водах перед биологической очисткой.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Когда очистка сточных вод завода включает нитрификацию и последующую денитрификацию, удаление аммиака из сточных вод является менее критичным. В этом случае необходимо провести оценку экологических и экономических аспектов между удалением аммиака и удалением аммиака на установке биологической очистки сточных вод.

Кросс-медиа эффекты

Очистные устройства потребляют энергию в виде пара (0,1 – 0,2 т пара на м³ сточных вод) и щелочи (NaOH; 6 – 22 л/м³). Ранее вместо гидроксида натрия (NaOH) использовалась известь. Более высокие дозы пара и щелочей приводят к снижению

концентрации аммиака (NH_3) в сточных водах. Кроме того, образуется насыщенный аммиаком (NH_3) и сероводородом (H_2S) пар, который необходимо обрабатывать, например, на установке по производству серной кислоты (H_2SO_4), установке Клауса или в установках кристаллизации сульфата аммония $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется как на новых, так и на действующих заводах. Почти на всех коксовых заводах по всему миру используется устройство для удаления аммиака.

Экономика

Установка для удаления аммиака, производительностью $120 \text{ м}^3/\text{час}$, согласно данным ArcelorMittal (Авилес, Испания) в 2005 году обошлась в 0,8 млн евро.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.2.4.3. Очистка сточных вод

Описание

Техники или совокупность техник, направленных на очистку сточных вод, образующихся при производстве кокса. Могут включать в себя как биологические, так и химические методы.

Техническое описание

Сточные воды коксового завода содержат смесь углеводородов, цианистых соединений и соединений азота в относительно высоких концентрациях. Во всех случаях сточные воды проходят через очиститель аммиака (NH_3) перед дальнейшей обработкой.

При биологической очистке смола часто удаляется с помощью физико-химического процесса, а сточные воды в большинстве случаев, разбавляются, чтобы избежать токсического воздействия на микроорганизмы, особенно ингибирования нитрифицирующих бактерий. Наиболее часто применяемым биологическим методом очистки сточных вод коксовых печей является аэробная биологическая система с активным илом.

В аэробной системе с активным илом, биоразлагаемые загрязняющие вещества биологически разлагаются до оксида углерода (CO_2), H_2O и минералов, а не разлагаемые неполярные компоненты (большинство ПАУ и тяжелых металлов) удаляются из водной фазы путем частичной адсорбции в активном иле. На практике большинство потенциально опасных загрязняющих веществ, таких как фенолы, цианиды и ароматические углеводороды подвергаются биологическому разложению, а тяжелые металлы частично удаляются путем адсорбции в активном иле.

Системы с активным илом при соотношении бедная питательной среда/ микроорганизмы (П/М) предпочтительны с экологической точки зрения, при котором также обеспечивается биodeградацию сильно биоразлагаемых органических соединений. Соотношение П/М представляет собой отношение органического вещества к активному илу в виде взвешенных веществ в смешанном растворе (ВВСП) и выражается как "кг ХПК/кг ВВСП/сутки", где ХПК – это химическая потребность в кислороде.

При аэрации может использоваться кислород вместо окружающего воздуха, что позволяет контролировать процесс и снижает "улетучиваемость" летучих компонентов в сточных водах. Например, кислородная аэрация используется на ArcelorMittal (Гент, Бельгия).

Кроме аэробных систем, также используются методы нитрификации и (бескислородной) денитрификации. В некоторых случаях для очистки сточных вод используется биологическая система, основанная на псевдосжиженном слое.

Нитрификация используется для удаления аммония (NH_4^+) из сточных вод. Традиционная конструкция системы аэробно-активированного ила может использоваться до установки нитрификации. При этом система должна иметь очень низкое соотношение П/М и высокую скорость рециркуляции для предотвращения вымывания медленно растущих нитрифицирующих бактерий. Бактерии в процессе нитрификации превращают аммоний в нитрат (NO_3^-). В таких условиях сильно биоразлагаемые органические соединения также могут быть минерализованы с высокой эффективностью удаления.

При ужесточении требований к содержанию соединений азота в отводимых сточных водах (требования законодательства) могут потребоваться дополнительные меры по снижению их концентрации, такие как бескислородная обработка сточных вод. При выборе вариантов компоновки установок, предпочтение можно отдать установкам с использованием концепции предварительной денитрификации/ нитрификации. Аналогично традиционному процессу нитрификации в качестве предварительной очистки используется система аэробно-активного ила, но с одним отличием. Перед аэрацией сточных вод добавляют богатую нитратами воду, полученную на стадии нитрификации. В бескислородных условиях бактерии используют нитрат в качестве концевых акцепторов электронов вместо молекулярного кислорода (O_2). Азот выделяется в виде молекулярного азота (N_2).

Процесс биомеханической очистки использует бактерии для удаления всех токсичных веществ из сточных вод коксохимического завода сталелитейного завода Hüttenwerke Krupp-Mannesmann в Дуйсбурге (Германия). После дополнительной обработки вода становится настолько чистой, что ее можно без проблем сливать в близлежащую реку Рейн.

Для этого используются бактериальные культуры, способные справиться даже с высокими концентрациями вредных веществ, что исключает необходимость процесса предварительного разбавления раствором. Новые фильтрующие мембраны гарантируют, что в конце процесса бактериальные культуры будут полностью отделены, оставляя сточные воды без биомассы. Производительность процесса составляет до 30 м³ сточных вод в час.

Денитрификация — это биологический процесс, при котором нитрат превращается бактериями в газообразный азот. Этот процесс происходит в анаэробных или бескислородных условиях. Таким образом, в установке должна быть специальная часть, где концентрация растворенного кислорода более или менее равна нулю. Однако, для денитрифицирующих бактерий также необходимо немного ХПК в качестве корма. При вводе (части) притока в бескислородную часть установки и рециркуляции нитрифицированных сточных вод образуются ХПК и нитраты. Поскольку денитрификация происходит в первой части установки, это называется предварительной денитрификацией.

Новая системы очистки воды в Corus в Иджмуйдене (Нидерланды) является БОС, установкой типа "карусель", которая была построена в 1999 - 2000 годах. Установки типа "карусель" довольно распространены в Западной Европе, где они довольно часто применяются для очистки бытовых сточных вод.

Большие резервуары с поверхностными аэраторами и относительно высокие скорости делают установку больше похожей на реактор полного смешивания. Управление аэраторами осуществляется путем непрерывного измерения растворенного кислорода и сравнения его с заданным значением 1,5 – 2 мг/л. За биологической очисткой были установлены песочные фильтры непрерывной обратной промывки. Несмотря на то, что комбинация сточных вод легко поддается очистке, иногда в переливе конечного отстойника присутствуют очень мелкие биологические скопления. Избыточный осадок сначала перекачивается в загуститель, после чего его обезвоживают и смешивают с углем, который используется в качестве сырья для печей.

Альтернативой могут быть другие методы удаления взвешенных твердых частиц, такие как флотация и песочные фильтры или очистка сточных вод в сочетании с бытовыми сточными водами, если для этого есть необходимые условия.

Достигнутые экологические выгоды

Системы с низкой удельной нагрузкой обеспечивают лучшую производительность и позволяют разлагать аммиак посредством нитрификации. Низкая удельная нагрузка также усиливает разрушение органических соединений с низкой скоростью разложения. При использовании установок нитрификации, в сточных водах образуется нитрат, концентрации которого могут достигать 200 мг/л.

Содержание азота при использовании систем нитрификации-денитрификации заметно ниже по сравнению с системами с высоким соотношением П/М или только с нитрификацией.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При использовании аэробной системы с активным илом добавляют фосфат и каустическую соду. Каустическая сода используется для регулирования pH. Осаждение усиливается добавлением хлорида железа (FeCl_3) и полимера. Следует отметить, что не на всех заводах используются добавки.

Кросс-медиа эффекты

Активный ил образуется на очистных сооружениях сточных вод. Избыточный активный ил может быть добавлен к угольному сырью коксовой установки.

Образование активный ила, который может быть добавлен к угольному сырью коксовой установки.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Указанные методы применяются на ArcelorMittal (Гент, Бельгия), ArcelorMittal (Серманж, Франция), ZKS (Диллинген, Германия), Hüttenwerke Krupp Mannesmann (Дуйсбург-Хакинген, Германия), Rivagroup (Таранто, Италия).

Экономика

Известен случай, при котором, для расширения системы нитрификации до системы предварительной очистки, инвестиции составили 0,6 млн евро в 1994 году, а общий объем инвестиций составил 4,6 млн евро. Эксплуатационные расходы, рассчитанные в 1996 году, составили 345 000 евро в год (0,57 евро/т кокса), включая платежи за сточные воды.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства. Снижение содержания соединений азота в сбрасываемых сточных водах.

5.3. НДТ при производстве карбида кальция

5.3.1. Полный сбор печного газа

Описание

Использование конструктивных особенностей (закрытые печи) для предотвращения выбросов загрязняющих веществ с отходящими газами, при производстве карбида кальция.

Техническое описание

Печной газ (СО) представляет собой побочный продукт от производства карбида кальция (CaC_2) на заводах, использующих закрытые трехфазные печи, которые предусматривают полный сбор печного газа. В странах ЕС используются печи либо

замкнутого (например, Австрия, Германия), либо полузамкнутого (например, Швеция), или же открытого типа (например, Испания, Словения). За последние годы разработки велись в направлении надежных замкнутых печей среднего размера, в большей степени отвечающих рыночной ситуации и требованиям доступного сырья.

Преимущества закрытых печей — существенно меньший выброс пыли в атмосферу и полное улавливание оксида углерода (CO), что значительно улучшает энергетический баланс. Мощные закрытые печи (выше 40 МВА) имеют дополнительные преимущества — меньшие капитальные вложения на 1 т продукта, меньшее тепловое излучение, более полное улавливание газа и меньшую стоимость карбида. В то же время для таких печей необходима более тщательная подготовка сырья, чтобы гарантировать работу печи с требуемой производительностью [61].

Промежуточный тип между открытыми и замкнутыми печами — печи полузамкнутого типа, в которых зона электродов негерметизирована. В таких печах благодаря наличию охлаждаемого водой газосборника можно на 70—80 % улавливать реакционный газ. По показателям эти печи сравнимы с печами замкнутого типа.

Достигнутые экологические выгоды

Современные электропечи имеют полностью замкнутую конструкцию, что позволяет собирать, очищать и затем использовать насыщенный пылью печной газ, содержащий побочный продукт — оксид углерода (CO), а не сжигать его в факелах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В случаях применения печей открытого типа оксид углерода (CO) не собирается и, следовательно, не является пригодным для использования побочным продуктом производства карбида кальция (CaC_2). Вместе с тем, у этого процесса есть и другие преимущества, такие как возможность выбора более широкого ассортимента используемого сырья и чрезвычайно высокая гибкость процесса.

Печи замкнутого типа используются Qinghai Dongsheng Chemical Co., Ltd., Inner Mongolia baiyanhu Chemical Co., Ltd. и Ningxia Dadi metallurgical Co., Ltd., (Китай), основанных на использовании систем типа Hatch 90 MW/. В усовершенствованную конструкцию были включены многочисленные улучшения безопасности по сравнению с существующими процессами, включая, в частности, полностью герметичную систему, которая предотвращает потенциальное и опасное проникновение воздуха, уплотнение фланцев с обнаружением утечек, систему промывки от пыли для удаления унесенного газа оксида углерода (CO), а также полностью автоматическое управление процессом, включая все последовательности запуска, выключения, продувки и работы. Отходящие газы печи (в основном оксид углерода (CO)) полностью рекуперированы в виде чистого холодного потока газа под давлением для повторного использования в других процессах.

Пыль отходящих газов печи содержит кокс и известь из шихтовой смеси, а также окисленные дым и углерод, которые образовались в печи. Она может быть переработана в цементной или известковой печи для восстановления оксида кальция (CaO) и сжигания любого углерода или других вредных веществ.

Потребление воды незначительно и ограничивается первым заполнением замкнутого контура и подпиткой в случае утечек. Тепло может отводиться непосредственно в атмосферу с помощью теплообменников с воздушным охлаждением или в открытый контур.

Кросс-медиа эффекты

Более высокие требования к сырью.

Технические соображения, касающиеся применимости

Может применяться на заводах, производящих карбид кальция. Примеры заводов: в Ландеке, Австрия (замкнутая печь), в Тростберге, Германия (замкнутая печь), в Руше, Словения (открытая печь)

Экономика

Снижение капитальных вложений на 1 т продукта, снижение стоимости получаемого продукта.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Повторное использование образующейся энергии.

5.3.2. Система сухого обеспыливания для очистки печного газа

Описание

Очистка печного газа от пыли, содержащий побочный продукт - оксид углерода (CO), с последующей утилизацией вместо сжигания в факеле.

Техническое описание

При сухом обеспыливании печной газ фильтруется, например, с помощью автономных фильтровальных свечей из керамоволокна. Их поверхности очищаются в автономном режиме струйными импульсами предварительно очищенного газа или азота. Показатели пыли, которые могут быть достигнуты, при использовании, составляют менее 1 мг/Нм^3 . В завершение горячий печной газ охлаждается в теплообменнике.

В случаях использования печей открытого типа максимально допустимое содержание пыли $< 3 \text{ мг/Нм}^3$. При этом необходимо учитывать значительное разбавление отработанного газа.

Достигнутые экологические выгоды

Насыщенный пылью печной газ, содержащий побочный продукт - оксид углерода (CO), фильтруется для возможности повторного использования.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Типичный состав печного газа, в зависимости от качественных характеристик используемого сырья: 80 – 90 % оксид углерода (CO), 1 % метан (CH₄), 6 – 15 % водород (H₂), 2 – 7 % азот (N₂) и 0,5 – 3 % оксид углерода (CO)₂. Печной газ, обогащенный оксидом углерода (CO), обычно используется в качестве топлива после очистки.

Кросс-медиа эффекты

Утилизация пыли является проблематичной из-за наличия растворимых цианидов. Остатки на фильтрах подлежат прокаливанию для разрушения цианида.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется на установках по производству карбида кальция (CaC₂), интегрированных либо с другими последующими установками, где может использоваться очищенный печной газ, либо подключенных к сети подачи топливного газа. Применяется на заводах по производству карбида кальция в Ландеке (Австрия) (замкнутая печь), Руше (Словения) (открытая печь).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Повторное использование образующейся энергии.

5.3.3. Система гидрообеспыливания для очистки печного газа

Описание

Очистка печного газа методом гидрообеспыливания.

Техническое описание

При гидрообеспыливании газ пропускается через ряд промывных башен и орошается оборотной водой. На последнем этапе промыватели (дезинтеграторы) снижают содержание пыли приблизительно до 5 мг/Нм³.

Для очистки газа может применяться влажный способ обработки. К примеру, насыщенный оксидом углерода (CO) газ, используемый в качестве топлива, проходит очистку внутри двухступенчатой промывной башни, перед попаданием в известеобжигательную печь. Затем дымовой печной газ, выходящий из этой печи, подвергается очистке с помощью скруббера Вентури.

Достигнутые экологические выгоды

Насыщенный пылью печной газ, содержащий побочный продукт - оксид углерода (CO), промывается жидкостью для удаления пыли. Очищенный газ может использоваться повторно.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Применение влажного способа очистки газа дополнительно требует очистки отработанной воды для удаления цианидов, содержащихся в насыщенном пылью печном газе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Может применяться на заводах, производящих карбид кальция. К примеру, применяется на заводе по производству карбида кальция (CaC_2) в Ландеке (Австрия).

Экономика

Инвестиции будут зависеть от конкретного объекта.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

5.3.4. Обработка отработанной воды (для процесса гидрообеспыливания)

Описание

Скрубберная вода, образующаяся в результате влажной очистки печного газа, содержит цианиды, которые подлежат удалению методом химической обработки.

Техническое описание

Шлам сточных вод, в отстойном резервуаре, промывается (снижение содержания магния), после чего механически обезвоживается в фильтр-прессе, а затем термически в сушильном аппарате. После этого возможно частичное повторное введение через полые электроды, однако, магний (Mn) вызывает проблемы с выпариванием и образованием корки. Оставшийся обезвоженный шлам сбрасывается. По имеющимся данным, цианид в шламе может осаждается в виде комплекса железа, а шлам отделяется сгустителями (например, гидроциклонами). В Ландеке (Австрия), обработка отработанных вод включает в себя химическую очистку путем добавления хлора (Cl_2) для разрушения цианида. Дозировка и контроль хлора осуществляется при помощи окислительно-восстановительного электрода с учетом концентрации цианида. Затем шлам подвергается дальнейшей обработке и частичной переработке (до 20 %).

Достигнутые экологические выгоды

Скрубберная вода, образующаяся в результате влажной очистки печного газа, содержит цианиды, которые разрушаются при химической обработке, тем самым уменьшая воздействие производства карбида кальция (CaC_2) на окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применительно к установкам, использующим процесса гидрообеспыливания для очистки печного газа. Внедрено на заводе по производству карбида кальция в Ландеке (Австрия).

Экономика

Инвестиции будут зависеть от конкретного объекта.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства. Повторное использование сточных вод.

5.3.5. Использование печного газа

Описание

Повторное использование ресурсов печного газа.

Техническое описание

Печной газ имеет типичный состав, включающий 80 – 90 % оксид углерода (CO), 1 % метана (CH₄), 6 – 15 % водорода (H₂), 2 – 7 % азота (N₂) и 0,5 – 3 % диоксида углерода (CO₂), в зависимости от характеристик сырья. Насыщенный оксидом углерода (CO) печной газ после очистки, как правило, используется в качестве топлива. Излишки газа с высоким содержанием оксида углерода (CO) сжигаются в факеле. Известны различные области применения печного газа. В Ландеке (Австрия), очищенный печной газ используется в известеобжигательной печи.

В Тростберге (Германия), очищенный и спрессованный печной газ направляется на близлежащий промышленный объект, где он используется в качестве технологического газа для обогрева и сырья.

Достигнутые экологические выгоды

Насыщенный пылью печной газ, содержащий побочный продукт - оксид углерода (CO), подвергается обеспыливанию и затем используется, а не сжигается в факелах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Печной газ оксида углерода (CO) является побочным продуктом производства карбида кальция. В некоторых странах мира производители карбида разработали дополнительные химические процессы с целью максимально эффективного использования обоих продуктов.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применительно на интегрированных заводах по производству карбида кальция, объединенных с другими заводами по переработке и сбыту, где может быть использован очищенный печной газ, либо подключенных к сети топливного газа.

Завод по производству карбида кальция в Ландеке (Австрия). Завод по производству карбида кальция в Тростберге (Германия) [67, 68].

Экономика

Инвестиции будут зависеть от конкретного объекта.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства. Повторное использование энергии, содержащейся в печном газе.

5.3.6. Сбор и обработка отходящих дымовых газов при выпуске плавки

Описание

Очистка отходящих газов от пыли путем пропуска, к примеру, через плотно сплетенную или войлочную ткань, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

Техническое описание

Использование аспирационных систем для отведения и последующей очистки дымовых газов, является типичным процессом, применительным к дымовым газам. Для сокращения выбросов используется рукавный фильтр (см. также 5.1.2.3). Так, на приведенном в качестве примера заводе в Ландеке (Австрия) выбросы пыли в результате отвода сократились с 76 г/т карбида кальция (CaC_2) до 9 г/т карбида кальция (CaC_2) за счет установки системы сухой очистки.

В целях снижения уровня пылеобразования на других этапах производства (установка по опрокидыванию вагонеток, дробилка, сушка кокса, обеспыливание сырья, хранение карбида кальция, рециркуляция шлама сточных вод) применяются рукавные фильтры.

Достигнутые экологические выгоды

Значительное сокращение выбросов пыли карбида кальция в процессе отвода.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность зависит от типа применимого оборудования для очистки и может находиться до 99 – 99,9 %.

Кросс-медиа эффекты

В случаях невозможности повторного использования уловленных частиц, необходима дополнительно, утилизация.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае (типа и количества используемых фильтровальных рукавов).

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.4. НДТ при производстве чугуна

5.4.1. Технические решения по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в доменных цехах

5.4.1.1. Обеспыливание на литейном дворе (летки, желоба, ковши для транспортировки жидкого чугуна, канавы при выпуске чугуна)

Описание

Использование мер или комплекса мер, направленных на сокращение выбросов загрязняющих веществ выплавке чугуна в литейном цеху.

Техническое описание

Расплавленный чугун и шлак разливаются из доменной печи и проходят по желобам в ковш и в установку для обработки шлака соответственно. Во время выпуска/разливки жидкий чугун вступает в контакт с атмосферным кислородом (O_2). В результате высокой температуры чугуна ($1300 - 1500\text{ }^\circ\text{C}$) он вступает в реакцию с кислородом с образованием оксидов железа (например, Fe_2O_3), "бурый дым". Шлак не вступает в реакцию с атмосферным кислородом, поскольку большая часть его компонентов уже окислена. Однако щелочные оксиды (например, Na_2O и K_2O) могут испаряться из шлака, образуя выбросы твердых частиц.

Измерения дымовых газов при обеспыливании литейного двора показывают выбросы пыли при отсутствии мер пылеподавления в диапазоне $100 - 400\text{ мг/Нм}^3$ (единичные измерения).

Применение мер для снижения выбросов пыли при разливке:

покрытие желобов мобильными передвижными крышками

рассеивание кислорода при разливке жидкого чугуна с помощью покрывающего слоя из азота (N_2). Таким образом, предотвращается образование оксидов железа (см. описание 5.4.3.2).

Оптимизация эффективности улавливания неорганизованных выбросов пыли и дыма выражается в последующей очисткой отходящих газов с помощью электрофильтра или рукавного фильтра.

Достигнутые экологические выгоды

Удельный расход отводимого газа (отходящего газа) составляет $1200 - 3300\text{ Нм}^3/\text{т}$ жидкого чугуна. С помощью эффективной системы сбора пыли и дальнейшей очистки (например, рукавного фильтра) могут быть достигнуты удельные коэффициенты выбросов менее 10 г/т жидкого чугуна. Эффективность пылеулавливания, а также систем пылеудаления с применением рукавных фильтров может достигать 99% .

На доменной печи Voestalpine A (Линц, Австрия) (производство чугуна около 3,5 млн тонн в год) была установлена система обеспыливания литейного двора с рукавным фильтром, обрабатывающая 700 тысяч м³/ч. Выбросы пыли измеряются непрерывно. Среднегодовые выбросы составили 11,0 мг/Нм³ (2004) и 2,2 мг/Нм³ (2005) после замены футеровки доменной печи и внедрения системы обеспыливания литейного двора, которая была проведена в конце 2004 года. Последние среднесуточные значения выбросов находятся в диапазоне 3 – 10 мг/Нм³.

Немецкие установки обеспечивают выбросы пыли при использовании рукавных фильтров на уровне 0,3 – 1 мг/Нм³ (в среднем за год) и 0,38 – 0,49 мг/Нм³ (в среднем за сутки). Описание техник обеспыливания приведено в разделе 5.1.2.

На бункерных эстакадах доменных печей Магнитогорского металлургического комбината в 2021 году смонтированы системы пылеподавления. Данная система помогает бороться с пылью во время выгрузки исходного сырья из хопперов в приемные бункера, а также при транспортировке по участку шихтоподачи до самой печи. Эффективность работы системы пылеподавления составляет 83 % при гарантийном показателе 80 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Во время выпуска/разливки на тонну выплавляемого чугуна образуется примерно 400 – 1500 г пыли, если не применяются меры по борьбе с загрязнением. Отвод воздуха из зоны укрытия желобов приводит к большему образованию пыли из-за повышенной доступности кислорода.

В тех случаях, когда желоба закрыты крышками, а пыль откачивается и обрабатывается, наиболее важным параметром является эффективность еѸ удаления. Особое внимание следует уделить покрытию желобов. Покрытия желобов должны быть плотно соединены, чтобы обеспечить герметичность системы.

Основными пунктами откачивания в литейном дворе являются: выпускное отверстие, канавы при выпуске чугуна, наклонный желоб (при заливке в миксерный ковш для транспортировки жидкого чугуна).

Кросс-медиа эффекты

Применение удаления и очистки газов потребляет дополнительную энергию, поскольку для этого требуются мощные вентиляторы. Собранная пыль имеет высокое содержание железа и может быть переработана, к примеру, на агломерационной установке.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Методы применяются на практике без существенных проблем, к примеру на доменной печи 7, Corus (Эймюйден, Нидерланды), доменных печах 5, 6 и А Вестальпайн (Линц, Австрия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

АО "Северсталь" (Россия) в 2022 году завершила комплекс капитальных ремонтов в металлургическом производстве Череповецкого меткомбината (ЧерМК), в частности обновили мощности ключевых агрегатов металлургической цепочки – больших доменных печей, машин разливки чугуна, конвертера и гибкого агрегата – дуговой сталеплавильной печи.

В рамках комплекса капремонтов доменных печей восстановлено оборудование загрузочных устройств, систем подачи материалов и газоочисток.

Кроме того, в период капитального ремонта была произведена очистка шламопровода, что позволило сделать работу конвертера более эффективной и экологичной. Инвестиции составили порядка 141,315 млн рублей.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в окружающую среду. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

5.4.1.2. Подавление дыма при заливке жидкого чугуна

Описание

Предотвращение образования дыма, с помощью систем укрытий, исключающих попадание кислорода и взаимодействия его с расплавленным металлом.

Техническое описание

Для предотвращения реагирования расплавленного чугуна с атмосферным кислородом (подавление образования дыма) весь маршрут транспортирования расплавленного чугуна от летки через различные распределительные и перегрузочные пункты до миксерного ковша закрывается с помощью тщательно спроектированных систем укрытия. Пространство между расплавленным чугуном и укрытиями должно быть как можно меньше, и в случае необходимости, должно заполняться азотом (инертным газом). На металлургических заводах с полным циклом для этой цели азот производится на блоках разделения воздуха при производстве кислорода.

Этот новый метод исключает установку и эксплуатацию сложных и дорогостоящих вытяжных и фильтрующих систем, которые были рассмотрены ранее, и, таким образом, приводит к значительной экономии средств. Также снижаются затраты на переработку фильтрующей пыли. Этот метод особенно хорошо работает, когда объемы, которые должны быть заключены как в выпускном отверстии (на летке в плавильных печах), так и в точке загрузки в ковш сигарообразной формы, относительно компактны.

В этих условиях могут быть сконструированы закрытые корпуса ограниченного объема, что облегчает применение этого метода. Тем не менее, установлено, что необходимо использовать систему вытяжной вентиляции в районе выпускного отверстия и когда миксерный ковш имеет большой объем, например, при

использовании качающегося желоба (в отличие от сливного желоба затопленного типа) эффективность системы подавления с азотом недостаточна и необходимо переходить на классическую приточно-вытяжную систему. Можно использовать общий фильтр для вытяжной системы вентиляции как для летки, так и заливки в ковш. Процесс пылеобразования с применением азота и без азота во время заливки жидкого чугуна (на уровне миксерного ковша) в зависимости от расхода жидкого чугуна различен. При использовании азота некоторые показатели примерно в 100 раз ниже.

Достигнутые экологические выгоды

При обычном литье образуется 0,4 – 1,5 кг пыли на тонну горячего металла. Это количество уменьшается за счет пылеподавления примерно до 0,012 кг пыли на тонну горячего металла.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Опыт работы с системой подавления дыма на предприятии ArcelorMittal, (Бремен, Германия), показывает, что условия эксплуатации остаются неизменными без существенных проблем.

Кросс-медиа эффекты

Если сравнивать систему с обычными системами обеспыливания, то существенных кросс-медиа эффектов не наблюдается. При использовании такого большого количества азота следует следить за тем, чтобы азот не скапливался внутри литейного цеха.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Применение на действующих производствах может быть ограничено большими объемами образующихся газов.

Экономика

Данный метод подавления дыма значительно дешевле. Затраты на электроэнергию также намного ниже, чем в обычных системах. Однако затраты на азот могут варьироваться в зависимости от местных условий.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.4.1.3. Использование футеровки желобов, не содержащей смолы

Описание

Использование огнеупорных материалов при футеровке желобов.

Техническое описание

Система желобов в литейном дворе доменной печи выполнена из огнеупорного наружного слоя (например, бетона). Желоба футерованы термостойким материалом на основе глинозема, встроенного в углеродную матрицу. Каменноугольный пек (смола) может служить связующим веществом.

Футеровка защищает наружный слой от теплового воздействия жидкого чугуна и (особенно) жидкого шлака. Футеровка подвержена износу и обновляется каждые несколько недель. Качество углеродной матрицы является важным фактором долговечности футеровки желобов. Слабая матрица не будет держать глинозем, и поэтому футеровка будет изнашиваться быстрее.

Требуемая крепость смеси достигается только после нагревания в течение нескольких часов с помощью горелок. Разложение смолы при нагревании приводит к выделению углеводородов (и ПАУ). Незначительная часть выбросов происходит при разливке шлака и жидкого чугуна.

Разработан и успешно применяется новый тип футеровки желобов, не содержащий смолы. Благодаря новой футеровке выбросы летучих органических соединений (ЛОС) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) значительно снижены. Новый материал обладает такой же стойкостью к шлаку, а прочность может быть даже выше, чем у традиционных футеровок.

Достигнутые экологические выгоды

В результате использования футеровок, не содержащих смолы, выбросы ЛОС и ПАУ сокращаются на 99 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Метод применяется в Cogus (Нидерланды) - увеличен срок службы футеровки.

Кросс-медиа эффекты

Снижение концентраций ЛОС и ПАУ приводит к благоприятным условиям труда для персонала.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах.

Экономика

В зависимости от применяемого материала в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов ЛОС и ПАУ, улучшение условий труда.

5.4.1.4. Очистка доменного газа

Описание

Очистка доменного газа, для соответствия требованиям газоснабжения (газораспределительной сети).

Техническое описание

На выходе из доменной печи доменный газ ("колошниковый газ") содержит пыль, цианиды (HCN), аммиак (NH₃) и соединения серы. Очистку доменного газа обычно проводят в три этапа: предварительная грубая очистка для удаления крупной пыли (могут использоваться рукавные фильтры, электрофильтры); охлаждение, которое

является частью операции очистки и глубокой конечной очистки для удаления мелкой пыли (и, следовательно, тяжелых металлов), диоксида серы (SO_2) и цианистых соединений.

Предварительная очистка удаляет крупные частицы, что облегчает последующую глубокую очистку и позволяет добавлять железосодержащую пыль обратно в шихту или возвращать ее на агломерационную установку. Грубая очистка производится с помощью дефлекторов (воздуховода системы вентиляции), сухого циклона или пылеуловителей. Скорость газа уменьшается по мере того, как он спускается по воздуховоду/вентиляционному каналу, и частицы пыли, содержащиеся в газе, оседают в нижней части пылеуловителя под действием силы тяжести. Затем газ выходит из пылеуловителя и направляется по трубе к оборудованию, которое выполняет глубокую очистку.

На втором этапе пыль, в том числе оксид цинка (ZnO) и углерод (C), цианид и аммиак (NH_3) удаляются мокрой очисткой. Для этого используются скрубберы насадочного типа с промывными решетками, типа Вентури или с кольцевым зазором. В некоторых случаях применяется мокрый электрофильтр. На современных установках особое внимание уделяется перепаду давления в системе газоочистки, поскольку высокий перепад давления оказывает негативное влияние на энергоэффективность утилизационной турбины газового давления на колошнике. Таким образом, цель состоит в создании систем газоочистки с низким перепадом давления и высокой эффективностью очистки газа. Более подробное описание мокрых методов очистки приведено в разделе 5.1.2.

Достигнутые экологические выгоды

Системы очистки доменного газа обычно высокоэффективны, достигая остаточной концентрации пыли в $1 - 10 \text{ мг/Нм}^3$. Пыль, неулавливаемая системой газоочистки, выбрасывается или сгорает в месте сгорания газообразного топлива.

Перепад давления в системе газоочистки зависит от типа используемого оборудования. Зарегистрированные перепады давления в двух современных системах составляли от 0,07 до 0,14 бар. Перепады давления в старых системах колеблются в пределах 0,15 – 0,5 бар.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На современных установках особое внимание уделяется перепаду давления в системе газоочистки, поскольку высокий перепад давления оказывает негативное влияние на энергоэффективность турбины рекуперации верхнего давления газа. Таким образом, цель состоит в том, чтобы сконструировать систему очистки газа системы с низким перепадом давления и высокой эффективностью очистки газа.

Кросс-медиа эффекты

Следует отметить, что скрубберы генерируют поток загрязненных сточных вод. Сырье с более высоким содержанием соли может обеспечить больший расход, необходимый для очистки газообразного топлива. Образующийся поток воды содержит взвешенные твердые вещества, например углерод (С) и тяжелые металлы (Zn, Pb), цианистые соединения и аммиак (NH₃). Обычно сточные воды очищаются с помощью осаждения тяжелых металлов и образуются твердые отходы (шлам).

Этот шлам доменной печи содержит относительно высокие концентрации цинка и свинца (Zn и Pb). Это затрудняет переработку осадка в производственный процесс. Цинк, в частности, является "ядом" для доменной печи. Поэтому на некоторых установках применяется гидроциклонирование для разделения потока осадка на два потока; один с низким содержанием цинка, который может быть возвращен на агломерационную установку, и второй с высоким содержанием цинка, который может храниться или утилизироваться.

Технические соображения, касающиеся применимости

Доменные печи по всему миру применяют системы очистки доменных газов.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.4.1.5. Система рекуперации газа при загрузке доменной печи

Описание

Использование систем загрузки, при которых шихта доменной печи (кокс и железосодержащие материалы) поступает в доменную печь сверху через герметичную систему загрузки, которая изолирует печные газы от атмосферы. Система необходима, поскольку давление внутри доменной печи превышает атмосферное давление (0,25 – 2,5 бар).

Техническое описание

Система загрузка может быть в виде двухконусного засыпного аппарата, или наиболее распространенной в современных доменных печах бесконусной системой (например, компании Paul Wurth).

Заполнение засыпного аппарата производится при атмосферном давлении. Для загрузки доменной печи давление газа в засыпном аппарате должно соответствовать давлению газа внутри доменной печи. Существуют различные способы достижения такого повышенного давления; наиболее распространенным является использование полуочищенного доменного газа, поступающий из газовой системы доменной печи после удаления крупной пыли, и подача его в накопитель через первый уравнительный клапан. Незначительные потери давления компенсируются с помощью

вспомогательного уравнивающего клапана с азотом. В некоторых установках засыпной аппарат продувается и в нем поддерживается высокое давление с подачей азота. Как только содержимое засыпного аппарата выгружается в доменную печь, его изолируют от печи, и давление обычно уравнивается с атмосферным давлением путем нагнетания газа через глушитель шума в атмосферный воздух. Таким образом, в зависимости от размера доменной печи на одну загрузку может сбрасываться от 40 до 80 м³ грязного доменного газа. Выброс доменного газа в атмосферу во время уравнивания давления в засыпном аппарате можно предотвратить с помощью системы газоплавливания, в которой газы перенаправляются, через клапан утилизации газа, в газопровод чистого газа после скруббера. Альтернативной системой для доменных печей, работающих при нормальном давлении, является создание давления в засыпном аппарате с помощью газа, например, азота или пара, которые устанавливались на доменных печах 5 и 6 компании Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия) в 2010 г.

Достигнутые экологические выгоды

Бывают моменты, когда работа доменной печи приостанавливается, например, для технического обслуживания установки, когда невозможно предотвратить некоторые неорганизованные выбросы из верхней части доменной печи. Однако, применение этой системы на доменной печи компании Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия), привело к снижению неорганизованных выбросов верхнего газа на 70 – 95 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение выбросов верхнего газа (оксид углерода (CO) и водород (H₂)) и пыли во время загрузки зависит от таких факторов, как объем загрузочного устройства, количество опусканий загрузочного устройства в сутки и давление газа на колошнике.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах при условии, что печь оснащена системой загрузки без конуса. Он не подходит для установок, где для создания давления в засыпных аппаратах печей используются газы, отличные от доменного газа (например, азот). Однако капитальные вложения будут сведены к минимуму при полной перестройке верхней части печи или при первой установке крышки без конуса.

Применяется почти во всех доменных печах Европы.

Экономика

Эксплуатационные расходы, включая затраты на техническое обслуживание, составляют около 0,01 евро за тонну горячего металла. С точки зрения выбросов пыли за десятилетний период, то эти инвестиции предотвращают выброс 62 тонн пыли.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли, экономия энергии, связанная, например, с использованием восстановленного оксид углерода (CO) и водород (H_2) в доменных печах.

5.4.1.6. Конденсация дыма при переработке шлака

Описание

Меры, направленные на снижения уровня запаха при переработке шлака.

Техническое описание

При переработке шлака происходят выбросы сероводорода (H_2S) и диоксида серы (SO_2), что связано с образованием неприятного запаха. Для решения задач по снижению запаха некоторые установки для гранулирования работают с конденсацией дыма.

Конденсат и вода от обезвоживания шлака также циркулируют после охлаждения, если используется пресная вода. Повторное использование воды не осуществляется при использовании морской воды для грануляции шлака и конденсации дыма.

Достигнутые экологические выгоды

При конденсации дыма выбросы сероводорода (H_2S) находятся в пределах 1 – 10 г H_2S на тонну произведенного горячего металла.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При проектировании этих установок следует учитывать вопросы безопасности, особенно касающиеся проблем с водородом.

Кросс-медиа эффекты

Охлаждение циркулирующей воды требует значительных затрат энергии. Сама генерация энергии очень часто связана с выбросами серы. При конденсации дыма абсолютное количество восстановленной серы относительно невелико и может быть связано с количеством, выделяемым при генерации энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется как на новых, так и на действующих заводах. Несколько установок по гранулированию шлака в Германии оснащены системой конденсации дыма, например в Thyssen AG (Дуйсбург, Германия), также на заводах Corus в Порт-Талботе и Сканторпе (Финляндия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов соединений серы, улучшение условий труда.

5.4.2. Технические решения по снижению сбросов загрязняющих веществ

5.4.2.1. Очистка и повторное использование промывочной воды

Описание

Очистка загрязненных вод, образующихся при использовании "мокрых" способов очистки газовых потоков.

Техническое описание

Доменный газ обычно очищается в специально разработанных скрубберах барьерного типа, типа Вентури или с кольцевым зазором. В результате образуется поток загрязненной воды, содержащий взвешенные загрязняющие вещества (1 – 10 кг/т чугуна), тяжелые металлы, цианиды и фенолы. Для сокращения количества сбрасываемых сточных вод, а также снижения объема потребления воды, могут быть использованы методы, описываемые ниже.

Для удаления загрязняющих веществ из доменного газа требуется примерно 0,3 – 4,0 л воды/Нм³, что соответствует валовому потреблению воды на тонну чугуна равному 0,4 – 8 м³. Значительная часть этой воды может быть очищена и повторно использована.

Очистка сточных вод обычно производится в круглых отстойниках. Седиментационные свойства осадка, в большинстве случаев, улучшаются путем дозирования флокулирующих веществ (анионные полиэлектролиты, смешанные полимеры или активированные кремниевые кислоты) или с помощью контактных камер. При этом необходимо обратить внимание на значение рН и жесткость воды.

Перелив осадка обычно отводится в охлаждающее устройство (например, градирню) для регулировки температуры воды, а затем возвращается в блок очистки для дальнейшего повторного использования. Добавление свежей воды после охлаждающих устройств, необходимо для того, чтобы избежать обогащения растворенных веществ.

В зависимости от условий эксплуатации доменной печи может потребоваться обработка цианидом, особенно во время операций продувки.

Процесс цианидной обработки промывочной воды на доменных печах, осуществляется путем добавления формальдегида в водный контур перед отстаиванием. Добавление формальдегида постоянно контролируется регулирующим контуром (окислительно-восстановительный потенциал), присоединенным к потоку воды перед седиментационным устройством. Оптимальная рН для протекания процесса находится в пределах 8 – 9, ниже 7 реакция не происходит, для разложения гликонитрил на цианид и формальдегид требуется рН выше 12.

Осадок после осаждения мелкодисперсных частиц имеет относительно высокое содержание цинка и может быть обработан с помощью гидроциклона.

Достигнутые экологические выгоды

Высокая эффективность рециркуляции очищаемой воды может быть достигнута при переливе всего 0,1 м³/т горячего металла. Эта вода удаляется из системы вместе со шламом доменной печи и может быть в дальнейшей очищена.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На заводе ArcelorMittal (Бремен, Германия) сбросная вода из контура очистки поступает в отстойник для дальнейшей обработки. рН корректируется с помощью раствора гидроксида натрия до рН 10,2 и добавляется раствор перекиси водорода (H₂O₂) для окисления гликонитрила до гликолевой кислоты. Высокий уровень рН также обеспечивает оптимальное отделение тяжелых металлов в сбрасываемой воде.

В Corus (Иджмюйден, Нидерланды) используется новая концепция очистки сточных вод, которая состоит из комбинированной очистки сточных вод коксового завода, доменных печей и аглофабрики в системе активного ила с предварительной денитрификацией и нитрификацией с целью минимизации выбросов ХПК и соединений азота. Также см. описание в разделе 5.1.3.3.

Размещение компактных отстойников-флокуляторов оборотного цикла водоснабжения газоочисток доменных печей № 4 и 5 Енакиевского металлургического завода (Украина) на ограниченной территории рядом с водопотребляющими агрегатами позволило отказаться от строительства эстакады с водоводами для циркуляции оборотной воды и снизить затраты энергии на этот процесс.

Замена трех радиальных отстойников диаметром 30 м тремя отстойниками-флокуляторами в проекте доменной печи № 7 Новолипецкого металлургического комбината позволила снизить более чем в 2 раза стоимость строительства очистных сооружений и уменьшить площадь занимаемой территории [62].

Кросс-медиа эффекты

При рециркуляции большого количества воды необходимо использовать эффективную систему водоподготовки, так как могут возникнуть проблемы с эксплуатацией скрубберов (засорение и т.д.), что в свою очередь может снизить общую производительность процесса очистки.

При очистке и рециркуляции воды образуется осадок (богатый цинком). Небольшой перелив из контура необходим для предотвращения накопления минералов/солей. Для рециркуляции промывочной воды требуется значительное количества энергии. Кроме того, следует учитывать дозировку флокулирующих агентов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Применяется к примеру на ArcelorMittal (Бремен, Германия), Corus (Эймюйден, Нидерланды).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.4.3. Технические решения по управлению отходами

5.4.3.1. Гидроциклонирование шлама доменной печи

Описание

Извлечение цинка из доменного шлама, образующего после очистки отходящих газов с использованием жидкости, для возможности его повторного использования в качестве сырья.

Техническое описание

Колошниковый газ может содержать большое количество пыли (7 – 40 кг/т жидкого чугуна). Большая часть этой пыли удаляется на первой стадии системы очистки доменного (колошникового) газа, с помощью сухих методов. Эта часть в основном состоит из относительно крупнозернистого материала с высоким содержанием железа (Fe) и углерода (C) и перерабатывается на аглофабрике. Оставшуюся часть (1 – 10 кг/т жидкого чугуна) очищают от доменного газа методом мокрой очистки.

После осаждения образуется 3 – 5 кг шлама на тонну жидкого чугуна. Этот шлам имеет относительно высокое содержание цинка (Zn), что препятствует повторному использованию шлама на аглофабрике. Посредством гидроциклонажа (гидроциклонирования) шлама можно получить шлам с высоким и с низким содержанием цинка. Цинк в основном присутствует в виде оксида цинка (ZnO), который проявляется в виде очень мелких частиц. Гидроциклонаж концентрирует эти мелкие частицы в верхнем потоке, а бедная цинком фракция покидает циклоны через нижний поток. Следует отметить, что эффективность гидроциклонирования зависит от характеристик шлама. Шлам из нижнего потока (с бедным содержанием цинка) повторно используется на агломерационной установке. Необходимо отметить, что это повторное использование следует рассматривать в зависимости от общего расхода цинка в доменной печи. Шлам с высоким содержанием цинка из сливной камеры складывается или направляется на постоянное хранение.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение количества отходов, подлежащих утилизации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Осадок из нижнего потока повторно используется на агломерационной установке. Богатый цинком осадок из перелива хранится или утилизируется. Часть материала была успешно восстановлена на содержание цинка, например, путем вторичной переработки. Дополнительные проблемы могут возникнуть из-за радиоактивных компонентов, которые предпочтительно остаются в мелкой фракции.

Кросс-медиа эффекты

Для работы циклонов расходуется небольшое количество энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Примерами использования данного метода являются Corus (Эймюйден, Нидерланды), Thyssen Krupp Stahl AG (Дуйсбург, Германия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.4.3.2. Обработка шлака в целях внешнего использования

Описание

Доменные шлаки - отходы металлургической промышленности, которые при определенной подготовке можно использовать в различных производственных секторах. Целесообразное использование доменного шлака, как компонента для новых строительных материалов позволит улучшить экологическую обстановку и увеличит экономическую эффективность их производства.

Техническое описание

Уровень образования доменных шлаков зависит от содержания железа в исходной шихте и удельного расхода твердого топлива (т. е. кокса и пылеугольного топлива) на выплавку чугуна.

Цементная промышленность является наиболее крупным потребителем доменного гранулированного шлака, который используется как активная минеральная добавка при производстве шлакопортландцемента и в меньшей мере как сырьевой компонент при производстве цементного клинкера, при этом экономится топливо и минеральное сырье, добываемое в карьерах.

Доменные гранулированные шлаки используются для изготовления малоклинкерных вяжущих веществ, строительных растворов и бетонов бесклинкерного цемента, водостойкого гипсобетона, блоков неавтоклавного газошлакобетона, крупных стеновых панелей из автоклавного бесклинкерного газошлакобетона, сборных несущих железобетонных конструкций на известковом вяжущем веществе.

К вяжущим материалам, используемым в нашем регионе, полученным на основе доменных гранулированных шлаков, относятся известковошлаковый, гипсошлаковый и шлаковый бесклинкерный цементы, которые по себестоимости дешевле извести и гипса.

Доменные жидкие шлаки являются ценным сырьем для изготовления легкого пористого заполнителя - шлаковой пемзы. Шлак перерабатывается на шлаковую пемзу

четырьмя способами: траншейно-брызгальный, водоструйный, производство пемзы в опрокидном бассейне, гидроэкранный.

Цех по производству минеральной ваты и минеральных плит из доменного шлака в городе Темиртау расположен на территории шлакоперерабатывающего участка доменного цеха АО "АМТ". Сырьем для производства служит расплавленный доменный металлургический шлак, вывезенный непосредственно из домны с остаточной температурой 1350 – 1400 °С, в который по необходимости добавляются вещества, имеющие высокий модуль кислотности, для доведения общего модуля кислотности расплава до значения 1,3 – 1,5.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение количества отходов, подлежащих утилизации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Доменные шлаки могут применяться в производстве строительных материалов в качестве тонкомолотых активных минеральных добавок, заменяющих часть цемента (до 30 %), в технологии бетонов и строительных растворов.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.4.4. Технические решения по энергоэффективности в доменном процессе

5.4.4.1. Использование высококачественных руд

Описание

Взаимосвязь качественных характеристик сырья и сопутствующих ресурсов с повышением производительности и энергоэффективности.

Техническое описание

Способ заключается в предпочтительном использовании агломерата или окатышей в качестве сырья с высоким содержанием железа и низким содержанием пустой породы. Используется агломерат с содержанием железа 61 – 63,5 % и окатыши с содержанием железа в диапазоне 66,6 – 66,8 %. Другими важными факторами являются умеренная зольность кокса и низкое содержание вдуваемого угля.

Достигнутые экологические выгоды

Использование высококачественных руд повышает производительность и энергоэффективность процесса выплавки чугуна. Расход восстановителей ниже, что приводит к сокращению выбросов диоксида углерода (CO₂). Производительность 3,4 тонны/м³/сутки и может быть достигнуто сокращение выбросов на 15 – 80 кг/т горячего металла. Кроме того, объем шлака уменьшается примерно до 150 – 200 кг /т чугуна, что также снижает выбросы при переработке шлака.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование агломерата и окатышей, очень богатых железом, в качестве сырья, в принципе, применимо для любых заводов, но это требует разработки и фундаментального понимания влияния различных железных руд на доменную печь, т. е. одним из эффектов, связанных с практикой низкого уровня скачивания шлака, что может вызвать сокращение срока службы огнеупоров доменной печи.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость ограничена доступностью руд с высоким содержанием железа. Высококачественное сырье используется на следующих объектах: Рууки в Финляндии, SSAB (Окселосунн, Швеция), SSAB (Лулео, Швеция).

Экономика

Экономические выгоды связаны с повышением производительности, снижением энергопотребления и снижением потребности в восстановителях. Доступность богатых железом руд ограничена. Внедрение этой практики в европейских доменных печах приведет к созданию монополий на шахтах с очень высоким содержанием железной руды, что противоречит принципам свободного рынка и действенной и честной конкуренции. Возникшая жесткость привела бы к росту цен на железные руды такого качества во всем мире.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности и энергоэффективности являются движущими силами для внедрения этого метода.

5.4.4.2. Повышение энергоэффективности доменных печей

Описание

Методы, применяемые для повышения энергоэффективности доменных печей.

Техническое описание

Могут использоваться различные схемы для контроля износа кладки доменной печи . Используются две отдельные схемы:

1. Схема, которая оценивает местоположение изотермы 1150 °С на основе теплопроводности и измерений термпарой в огнеупорной футеровке кладки с использованием метода конечных элементов (МКЭ).

2. Схема, которая приблизительно соответствует наивысшим пределам в горне в соответствии с теплопроводностью.

Замкнутый цикл подачи охлаждающей воды помогает обеспечить хорошее управление печью и обеспечивает плавную непрерывную работу в установившемся режиме.

Достигнутые экологические выгоды

С помощью этого метода можно добиться повышения энергоэффективности и сокращения выбросов диоксида углерода (CO_2), а также сокращения затрат на техническое обслуживание (например, огнеупоров). Расход восстановителей сокращается примерно на 5 кг/т чугуна в долгосрочной перспективе. Это означает сокращение выбросов (CO_2) на 15 – 20 кг/т чугуна. Метод плавной непрерывной работы помогает сократить выбросы и снизить вероятность осадки шихты.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Доменная печь очень хорошо контролируется. Качество получаемого чугуна может поддерживаться на постоянном и желаемом уровне, например, в отношении содержания С, Si- и S, когда процесс и явления в горне управляемы.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Системы для повышения энергоэффективности обычно применяются в доменных печах по всей Европе, к примеру, в Рууки (Финляндия), SSAB (Лулео, Швеция), Овако (Коверхар, Финляндия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Преимущества заключаются в улучшении управления технологическим процессом, что приводит к экономии энергии и улучшению качества чугуна.

5.4.4.3. Извлечение и использование доменного газа

Описание

Повторное использование доменного газа в качестве топлива.

Техническое описание

Типичная доменная печь производит примерно 1200 – 2000 Nm^3 доменного газа на тонну расплавленного чугуна. Доменный газ состоит из 20 – 28 % оксида углерода (CO) и 1 – 5 % водорода (H_2). Оксид углерода (CO) образуется при окислении С в

доменной печи. Большая часть оксида углерода (CO) дополнительно окисляется до диоксида углерода (CO₂) в доменной печи. Оксид углерода (CO) и водород (H₂) представляют собой потенциальный источник энергии, и на всех доменных печах по всему миру принимаются меры по рекуперации этой энергии.

Таким образом, колошниковый газ доменной печи очищается и буферизуется в газгольдерах для последующего использования в качестве топлива. Учитывая низкую калорийность доменного газа на Нм³, его часто обогащают коксовым газом, конвертерным газом или природным газом перед использованием в качестве топлива.

Достигнутые экологические выгоды

Общий объем экспорта из доменной печи составляет примерно 5 ГДж/т чугуна, что составляет 30 % от общего энергопотребления доменной печи. Сокращение выбросов парниковых газов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Энергетическое содержание доменного газа обычно колеблется в пределах 2,7 – 4,0 МДж/Нм³ в зависимости от концентрации в нем оксида углерода (CO). Это составляет всего 10 % от энергосодержания природного газа. Тем не менее, большое количество образующегося доменного газа означает, что потенциал рекуперации энергии очень высок.

Кросс-медиа эффекты

Очистка газообразных продуктов сгорания неизбежна и приводит к образованию сточных вод и твердых остатков.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется на всех новых и действующих доменных печах в мире.

Экономика

Значительные экономические выгоды достигаются за счет экономии энергии.

Движущая сила внедрения

Выгоды получаются за счет эффективного использования энергии и экономии.

5.4.4.4. Прямое вдувание восстановителей

Прямое введение восстановителей означает замену части кокса другим источником углеводородов, который вводится в печь на уровне фурмы. Эти углеводороды могут быть в виде мазута, нефтяных остатков, восстановленного отработанного масла, гранулированного или пыли угля, природного газа или коксового газа и отходов пластмасс. Уголь и нефтепродукты – то наиболее часто используемые агенты, вдуваемые на уровне фурм. За счет сокращения потребности в коксе снижается общее загрязнение окружающей среды и потребность в энергии.

Чистая экономия энергии при закачке угля была рассчитана на уровне 3,76 ГДж/т закачиваемого угля. При скорости подачи 180 кг/т чугуна экономия энергии составляет

0,68 ГДж/т чугуна или 3,6 % от общего энергопотребления доменной печи. Такая экономия энергии достигается косвенно в результате снижения потребления кокса. Более высокие показатели ввода обеспечат более высокую экономию энергии.

Прямое вдувание восстановителей применимо как на новых, так и на действующих доменных печах.

5.4.4.4.1. Вдувание угольной пыли (пылеугольного топлива)

Описание

Замена кокса за счет вдувания угольной пыли зависит от таких факторов, как производительность, свойства кокса, желаемое качество жидкого чугуна, давление доменной печи, тип (например, антрацит) и состояние (влажность) угля и т.д. [5].

Техническое описание

При постоянном уровне производительности доменной печи введение высоких уровней вдувания угля приведет к увеличению времени пребывания кокса и шихты в доменной печи по сравнению с режимом "только с коксом".

Таким образом, кокс и железосодержащие шихтовые материалы будут подвергаться более длительному воздействию галогенированных соединений щелочных металлов в доменном газе.

Вдувание угольной пыли в доменную печь на уровне воздушных фурм снижает температуру зоны циркуляции. Степень (величина) снижения температуры зависит от количества вдуваемой (подаваемой) угольной пыли, и это снижение температуры может оказать вредное влияние на работу доменной печи. В традиционных печах жидкофазного восстановления допустимая величина вдувания угольной пыли ограничено 150 кг/т жидкого чугуна, что обеспечивает стабильную работу печи. Теоретический максимум для вдувания угольной пыли на уровне воздушных фурм составляет 270 кг/т чугуна. Этот предел определяется несущей способностью кокса и термохимическими условиями в печи. Для поддержания надлежащих условий в зоне циркуляции и одновременного достижения более высоких скоростей подачи угля до 260 кг/т жидкого чугуна, обогащение кислородом горячего дутья и вдувание кислорода с пылеугольным топливом на уровне фурмы доменной печи (см. раздел 6.1.3.1) применяются в доменных цехах ЕС. В Corus (Нидерланды) угольная пыль закачивается в промышленном масштабе. Применяется стандартная норма расхода 250 кг угля на тонну чугуна.

Система вдувания угольной пыли установлена на многих заводах компании NIPPON STEEL SUMITOMO METAL CORPORATION (Япония) с показателями от 200 до 202 кг на тонну чугуна.

Достигнутые экологические выгоды

Высочайшая доступность и минимальные требования к техническому обслуживанию приводит к очень низким затратам на техническое обслуживание и

отличной доступности до 99 %. Частично это достигается за счет отсутствия движущихся или модулирующих частей, контактирующих с углем, который может быть очень абразивным. Недавние усовершенствования системы хранения и подачи угля, а также распределителя еще больше стабилизировали скорость подачи в систему, что, в свою очередь, дополнительно стабилизировало скорость закачки в систему.

Самая высокая постоянная скорость вдувания на сегодняшний день составляет более 200 кг/тысяч м, что снижает потребление металлургического кокса до 300 кг/т.м.

Прямое введение восстановителей снижает потребность в производстве кокса. Таким образом, предотвращаются выбросы на коксовой установке. На каждый кг закачиваемого угля удастся избежать образования примерно 0,85 – 0,95 кг кокса. Применение кислородно-угольной закачки увеличило скорость закачки примерно на 20 % и, соответственно, снизило количество кокса. Использование электростатического фильтра улучшило очистку газа. Вместе с улучшенным положительным воздействием на проницаемость в доменной печи и улучшенным распределением угля улучшилась производительность доменной печи в целом.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В случае вдувания угольной пыли угля две доменные печи имеют ограничения, касающиеся температуры горячего дутья и обогащения горячего дутья кислородом. Следовательно, процесс применяется путем коаксиальной кислородно-угольной фурмы вихревого типа для улучшения газификации угля. Кислородно-угольные фурмы устранили ранее возникавшие проблемы с засорением фурм и тем самым улучшили распределение угля между фурмами доменных печей.

При высоких скоростях вдувания в печь наблюдается тенденция ухудшения распределения шихты и увеличению сопротивления опускаемой шихте. Это указывает на то, что необходим тщательный контроль распределения шихты при низких скоростях подачи кокса и балансе между пристенным и центральным потоками газа.

В целом, для стабильного достижения самых высоких уровней вдувания угля необходима полностью подготовленная шихта.

При постоянном уровне производительности доменной печи введение высоких скоростей закачки угля приведет к увеличению времени пребывания кокса и шихты в доменной печи по сравнению с режимом "полностью без кокса". Таким образом, кокс и железосодержащие шихтовые материалы будут подвергаться более длительному воздействию галогенированных соединений щелочных металлов в доменном газе. Однако, внедрение вдувания угля дает возможность увеличить производительность доменной печи за счет совместного закачивания кислорода. В зависимости от абсолютных уровней вдувания угля и кислорода и увеличения производительности печи скорость, с которой кокс проходит через дымовую трубу, может быть ниже, чем при любых условиях эксплуатации кокса.

Присутствие негазифицированных частиц каменноугольного угля изменяет характеристики расплавленных черных металлов, тем самым влияя на положение и форму зоны плавления в доменной печи.

Кросс-медиа эффекты

Измерения показали, что менее 1 % закачиваемого угля выходит через верхнюю часть доменной печи.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим на всех доменных печах, оборудованных впрыском пылеугольного топлива и обогащением кислородом. Прямое впрыскивание восстановителей применимо как на новых, так и на действующих доменных печах.

Вдувание угля или нефти в доменные печи — это метод, который в настоящее время широко применяется в Европе и по всему миру (например, закачка угля в доменные печи на заводах ArcelorMittal, Corus (Эймюйден, Нидерланды), Rivagroup (Таранто, Италия), Thyssen Krupp Stahl AG (Дуйсбург, Германия). Закачка кислородного угля используется в SSAB Oxelösund AB в Швеции.

Экономика

Существуют экономические стимулы для использования высоких скоростей вдувания угля для достижения большей экономии затрат, особенно на заводах, которые в противном случае могли бы столкнуться с капитальными затратами на реконструкцию коксовых печей или, возможно, были бы вынуждены закупать кокс. Кроме того, вдувание угля может позволить использовать угли более низкого качества по сравнению с коксующимися углями. Это также может снизить затраты.

Дополнительные затраты возникнут на обогащение воздуха, обеспечивающего стабильно большое количество кислорода, дополнительный спрос на распылители на действующих установках и дополнительные требования к техническому обслуживанию инжекционной установки.

Движущая сила внедрения

Экономия затрат, повышение производительности и сокращение выбросов диоксида углерода (CO_2), а также экологические выгоды в результате улучшенной работы доменной печи являются движущими силами для внедрения этого метода.

5.4.4.4.2. Вдувание мазута с кислородом (в доменную печь)

Описание

Впрыскивания (нагнетание) мазута или других жидких углеводородов снижает температуру зоны циркуляции, как и в случае вдувания угольной пыли. В доменных печах традиционного жидкофазного восстановления впрыскивание (нагнетание) мазута ограничивается примерно 65 кг/т жидкого чугуна, так как снижение температуры в зоне циркуляции приведет к значительной потере стабильности работы печи.

Техническое описание

Для поддержания надлежащих условий в зоне циркуляции и в то же время для достижения более высоких скоростей подачи мазута применяется вдувание мазута с кислородом с расходом до 130 кг/т жидкого чугуна. В этом случае устанавливаются кислородно-мазутные фурмы, предназначенные только для использования мазута. Мазут и кислород подаются раздельно, и мазут должен быть предварительно разогрет до 220 °С. Степень обогащения кислородом составляет 7 – 9 %.

Достигнутые экологические выгоды

Благодаря технологии вдувания мазута с кислородом количество впрыскиваемого мазута удваивается. Потребление кокса может быть уменьшено, а также выбросы диоксида углерода (CO_2) могут быть уменьшены. Мазут состоит из углерода (С) и водорода (H_2) и компенсирует кокс в соотношении 1:1,2 (1 кг мазута также компенсирует 1,2 кг кокса).

С помощью кислородно-мазутного оборудования количество мазута удваивается до уровня 130 кг/т чугуна. Таким образом, экономия кокса составляет около 15 кг/т чугуна, а сокращение выбросов диоксида углерода (CO_2) составляет примерно 50 кг/т чугуна. Таким образом, получаемые экологические выгоды и энергоэффективность являются значительными.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На практике вдувание мазута с кислородом работает очень надежно.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Оборудование для подачи мазута и кислорода является высокодоступным. Практика применения вдувания мазута с кислородом считается хорошо зарекомендовавшим себя. Прямое впрыскивание восстановителей применимо как на новых, так и на действующих доменных печах, к примеру, кислородно-мазутная технология используется в Овако (Ковехар, Финляндия) с 2000 года.

Экономика

Использование впрыска мазута приводит к экономии затрат за счет повышения производительности. Возникнут дополнительные затраты на обогащение воздуха для обеспечения стабильно больших количеств кислорода и дополнительные требования к техническому обслуживанию инжекционного блока.

Движущая сила внедрения

Экономия затрат, повышение производительности и сокращение выбросов диоксида углерода (CO_2) являются движущими силами для внедрения, которое является как экономическим, так и экологическим.

5.4.4.4.3. Вдувание газа

Описание

Эксплуатация печей с нагнетанием газа и мазута.

Техническое описание

С 2002 года компания Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия) эксплуатирует свои небольшие доменные печи №5 и №6 с одновременным нагнетанием восстановительного газа и мазута в качестве стандартной рабочей процедуры с заменой 70 % мазута на коксовый газ. В 2004 году средний расход вдуваемого в доменную печь мазута составила 45,5 кг/т чугуна, а расход по коксовому газу - 46,9 кг/т чугуна при общем эквивалентном расходе кокса 477,8 кг/т чугуна. Соотношение оксид углерода (CO)/диоксид углерода (CO_2) составило 43,5 при содержании H_2 около 8 % в доменном газе. Предполагается, что максимальный уровень подачи коксового газа на уровне воздушной фурмы составляет 100 кг/т жидкого чугуна. Этот предел задается термохимическими условиями в печи. Коксовый газ содержит остаточные сероводород (H_2S) и органические соединения серы. Уровень концентрации этих соединений серы зависит от содержания серы в углях и/или эффективности десульфуризации установки. Использование коксового газа в доменном процессе в качестве восстановителя вместо его использования в качестве топлива в других местах производства может привести к сокращению выбросов серы на предприятиях, поскольку часть серы будет улавливаться в доменном шлаке.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов соединений серы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Коэффициент замещения коксового газа составляет примерно 1 кг газа на 0,98 кг кокса или 0,81 кг мазута. Кроме того, замена богатого углеродом восстановителя, такого как кокс и мазут в доменном процессе на восстановитель с низким содержанием углерода, такой как коксовый газ, приводит к абсолютному сокращению выбросов диоксида углерода (CO_2) в доменном процессе. Когда коксовый газ используется в доменной печи, необходимо заменить этот газ, который обычно используется в печах повторного нагрева и т. д. доменным или природным газом. Это может привести к последующему сокращению выбросов диоксида серы (SO_2) на 70 – 90 % у иных потребителей коксового газа.

Возможно также снижение содержания серы в расплавленном чугуне, поскольку коксовый газ содержит меньше серы, чем мазут или кокс. Расход средств для обессеривания (например, извести, карбида кальция (CaC_2), магнезия (Mg)) в процессе десульфуризации чугуна после предварительной обработки может быть уменьшено.

Для вдувания коксового газа требуется компрессорная установка, что приводит к дополнительному потреблению энергии в размере около 204 кВтч/т (исходя из потребления на эталонной установке в 2005 году).

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Хотя инъекция коксового газа в фурму также применима как в новых, так и в действующих доменных печах, она также сильно зависит от наличия газа, который может быть эффективно использован в других местах на интегрированных сталелитейных заводах. Прямое вдувание восстановителей применимо как на новых, так и на действующих доменных печах. К примеру, применяется в Европе компанией Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Экономические и экологические выгоды.

5.4.4.4. Вдувание пластика

Описание

Считается, что максимальный уровень подачи пластика на уровне фурмы составляет 70 кг/т чугуна. Этот предел устанавливается термохимическими и кинетическими условиями в зоне циркуляции.

Техническое описание

Пластмассные материалы могут содержать хлор (Cl) и тяжелые металлы, такие как ртуть, кадмий, свинец и цинк (Hg, Cd, Pb и Zn). Уровень концентрации этих элементов в пластмассах влияет на состав газообразных соединений и соединений, связанных с твердыми частицами, в газе доменной печи и на характер пылеотделения в системе газоочистки доменной печи. В результате пластик должен соответствовать определенным входным критериям для этих элементов. Небольшое изменение параметров скруббера позволяет поддерживать эти уровни концентрации в доменном газе на уровне сопоставимыми со стандартными условиями работы, когда пластмассные материалы не вводятся.

Достигнутые экологические выгоды

В процессе сжигания пластмассы заменяют часть восстановителей, таких как кокс, и, таким образом, предотвращаются выбросы, связанные с производством кокса.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Пластик должен соответствовать определенным требованиям к составу. Заводы по впрыску пластмасс в ArcelorMittal (Бремен) и ArcelorMittal, (Айзенхюттенштадт), расположенные в Германии, работают уже несколько лет. В 2004 году печь № 3 на

Бремен в среднем производил 52,3 кг/т горячего металла, в то время как печь № 1 в Айзенхюттенштадте в среднем производила впрыск горячего металлопластика 67,4 кг/т

Кросс-медиа эффекты

Соотношение для пластмасс зависит от относительных количеств углерода (C) и водорода (H₂), которые могут быть получены из впрыскиваемого пластика. Килограмм пластика может заменить около 0,75 кг кокса. А снижение содержания серы в чугунае возможно благодаря тому, что в пластмассах содержится меньше серы, чем в мазуте или коксе. Расход десульфуризирующих агентов при предварительной обработке процесс десульфуризации чугуна может быть сокращен.

В зависимости от состава используемых отходов (например, легкой фракции измельчителя) количество содержания хрома, меди, никеля и молибдена (Cr, Cu, Ni и Mo) в доменном газе может увеличиться.

Технические соображения, касающиеся применимости

Прямое впрыскивание восстановителей применимо как на новых, так и на действующих доменных печах. Этот метод сильно зависит от местных условий и конъюнктуры рынка. Инжекция пластмасс в доменные печи — это технология, применяемая в Европе на Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия). Сообщалось, что четыре доменные печи имеют опыт переработки измельченной легкой фракции (~200 тысяч тонн в год). Компания Salzgitter Flachstahl GmbH (Зальцгиттер, Германия), начала производство пластмасс для впрыскивания в марте 2008 года.

Экономика

Возникнут дополнительные расходы на техническое обслуживание блока впрыска.

Движущая сила внедрения

Для некоторых видов отходов больше невозможно захоронение на свалке из-за ограничения, введенного на содержание углеводородов.

5.4.4.4.5. Прямое вдувание отработанных масел, жиров и эмульсий в качестве восстановителей и твердых остатков железа

Описание

Отработанные масла, жиры и эмульсии от использованных масел в воде образуются в промышленности. Эти остатки можно вводить в доменную печь на уровне воздушной фурмы в качестве частичной замены кокса и угля. Альтернативными методами являются химическое или термическое расщепление.

Принципиальным моментом этой процедуры является разделение воды, масла и пыли в эмульсиях для обеспечения жесткого контроля подачи воды в доменную печь. Для выполнения этой операции используются тарельчатые сепараторы (дисковые центрифуги). Неотъемлемой частью этого процесса является добавление воды,

отделенной при центрифугировании, к мазуту, подаваемому в доменную печь. Уровень этой добавки воды можно использовать для контроля адиабатической температуры в зоне горения перед фурмами, т. е. увеличение уровня добавления воды снижает адиабатическую температуру в зоне горения перед фурмами.

Одно из преимуществ использования этих возвратных материалов - зависимость от желаемого контроля температуры факела при работе печи в особом режиме. Остатки маслянистой прокатной окалины состоят из твердого материала с высоким содержанием железа, загрязненного до 20 % углеводородами. Первым шагом в использовании этого типа материала часто является отделение масла (обезжиривание) от твердых частиц богатых железом. В этой системе маслянистая прокатная окалина и подобные остатки измельчаются (например, путем дробления) и смешиваются с отработанными маслами и масляной фазой, отделенной от эмульсии в центрифуге. Полученная суспензия впрыскивается в фурмы с помощью отдельных (дискретных) фурм. Углеводороды действуют как восстановители, оксиды железа восстанавливаются до железа и переходят расплавленный чугун.

Достигнутые экологические выгоды

Соотношение обмена между отделенной масляной фазой и мазутом несколько ниже 1, потому что полное отделение воды от масляной фазы недостижимо.

Снижение расхода кокса в доменной печи может составлять от 3 до 8,5 кг/т чугуна, в зависимости от количества закачиваемых остатков. Прямое впрыскивание прокатной окалины в доменную печь обеспечивает замену железных руд один к одному.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Вдувание материала (например, маслянистой прокатной окалины) на уровне фурм показал, что выбросы диоксинов и ПАУ в обоих случаях оставались в допустимых пределах, подтверждая возможность достижения полной реакции масла в зоне циркуляции доменной печи.

Кросс-медиа эффекты

Потребление мазута может быть заменено аналогичным количеством отделенной масляной фазы. Расход кокса может быть снижен примерно на 3 – 8,5 кг/т чугуна и, таким образом, предотвращаются выбросы, связанные с производством такого количества кокса.

Технические соображения, касающиеся применимости

Прямое вдувание остатков может быть применено в новых и действующих доменных печах. Следует отметить, что непрерывная работа этой системы зависит от логистической концепции транспортировки и хранения остатков. Непосредственный ввод производственных остатков, как описано, установлен в доменных печах 5 и 6 Voestalpine Stahl GmbH, Линц, Австрия.

Экономика

Рентабельность закачки остатков достигается за счет замены кокса и железной руды и снижения затрат на утилизацию.

Движущая сила внедрения
Ресурсосбережение.

5.4.4.5. Рекуперация энергии за счет максимального давления колошникового газа

Описание

Доменные печи с повышенным давлением на колошнике предоставляют идеальную возможность для рекуперации энергии из больших объемов вырабатываемого ими колошникового газа под давлением.

Техническое описание

Энергия рекуперруется с помощью газорасширительной турбины, которая устанавливается после верхнего устройства очистки колошникового газа.

Количество энергии, которое может быть извлечено от высокого давления колошникового газа, зависит от объема газа, градиента давления и температуры на входе. Рекуперация энергии таким способом возможна, когда устройство для очистки газов и распределительная сеть имеют низкий перепад давления.

Максимальное давление колошникового газа в современных доменных печах составляет примерно 0,25 – 2,5 бар. Давление в магистрали доменного газа составляет приблизительно 0,05 – 0,1 бар. Часть давления колошникового газа ‘потребляется’ устройством для очистки газа.

Достигнутые экологические выгоды

В современной доменной печи с давлением газа 2 – 2,5 бар вырабатывается до 15 МВт электроэнергии. Экономия энергии оценивается в 0,4 ГДж/т чугуна для турбины мощностью 15 МВт. Экономия составляет 2 % от общей потребности доменной печи в энергии. Применение рекуперации давления газа в доменных печах распространено в печах с повышенным давлением газа на колошнике.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технология рекуперации энергии повышенного давления колошникового газа обычно работает автоматически без проблем. Можно использовать осевые турбины, которые более эффективны, чем радиальные турбины.

Принимаются особые меры безопасности (при остановке турбины и передачи градиента давления на устройство для очистки газа), чтобы избежать повреждения устройства для очистки газа и/или коллекторной магистрали.

Следует отметить, что использование турбин требует тщательной очистки отходящего газа. Прежде всего, высокое содержание щелочей может вызвать технические проблемы (коррозию).

Кросс-медиа эффекты
Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Рекуперация повышенного давления газа может быть применена на новых установках и при некоторых обстоятельствах на действующих установках, хотя и с некоторыми трудностями и дополнительными затратами. Основопологающим для применения этого метода является достаточное давление на колошнике, которое должно превышать 1,5 бар по манометру.

На новых установках турбина для работы на колошниковом газе и установка для очистки доменного газа могут быть адаптированы друг к другу для достижения высокой эффективности как очистки, так и рекуперации энергии.

Рекуперация энергии за счет повышенного давления колошникового газа применяется во всем мире в современных доменных печах с высоким давлением и объемом доменного газа.

Экономика

Экономичность турбины возрастает с увеличением объема и перепада давления колошникового газа, а также с увеличением затрат на электроэнергию. В современной доменной печи возможен срок окупаемости менее трех лет, но в зависимости от местных условий и верхнего давления газа он может составлять более 10 лет.

Движущая сила внедрения

Основной движущей силой установки турбины для рекуперации давления колошникового газа является экономическая целесообразность.

5.4.4.6. Экономия энергии на воздухонагревателях

Описание

Воздухонагреватели отапливаются доменным газом (часто обогащенным). Существует несколько методов оптимизации энергоэффективности воздухонагревателей.

Техническое описание.

Методы оптимизации энергоэффективности включают:

использование автоматизированной системы подогрева, которая предотвращает ненужные запасы путем адаптации энергоснабжения к фактическому спросу и которая сводит к минимуму количество добавляемого обогащающего газа (в случаях, когда происходит обогащение);

предварительный нагрев топлива или воздуха для горения в сочетании с изоляцией холодного дутья трубопровода и дымохода для отходящих газов. Физическое тепло отходящих газов может быть использовано для предварительного нагрева топлива. Осуществимость этого зависит от эффективности воздухонагревателей, поскольку от этого зависит температура отходящих газов (например, при температуре отходящих газов ниже 250 °С рекуперация тепла может оказаться технически или экономически непривлекательным вариантом). Теплообменник предпочтительно состоит из мазутной

магистрали по экономическим соображениям. В некоторых случаях может использоваться импортное тепло, например тепло от агломерационной ленты, если расстояние не слишком значительное. Предварительно разогретое топливо снижает потребление энергии. На заводах, использующих обогащенный доменный газ, предварительный нагрев топлива может означать, что в обогащении больше не будет необходимости;

использование более подходящих горелок для улучшения горения;

быстрое измерение кислорода и последующая адаптация условий горения.

Достигнутые экологические выгоды

Предварительный нагрев топлива или воздуха для горения может привести к экономии энергии приблизительно 0,3 ГДж/т чугуна. Значительная экономия энергии достигается при использовании сжигания газа для подогрева доменного газа. Экономия от этого метода составляет около 170 МДж/т чугуна. Уровни выбросов, которые могут быть достигнуты, следующие: окислы азота (NO_x) 20 – 25 г/т чугуна, диоксид серы (SO_2) 70 – 100 г/т чугуна, диоксид углерода (CO_2) 0,4 – 0,5 г/т чугуна.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование воздухонагревателей с автоматизированным управлением приводит к повышению эффективности работы более чем на 5 %. Это обеспечивает экономию энергии примерно на 0,1 ГДж/т чугуна.

Способы 3 и 4 позволяют сэкономить дополнительно 0,04 ГДж/т чугуна за счет улучшения горения и адаптации условий горения.

Общая экономия энергии, возможная при использовании комбинации методов, составляет порядка 0,5 ГДж/т чугуна.

Кросс-медиа эффекты

Предварительный нагрев топлива и зарегистрированное повышение температуры дымовых газов в некоторых случаях могут привести к увеличению выбросов окислов азота (NO_x) из воздухонагревателей. Применение современных горелок может снизить выбросы окислов азота (NO_x).

Технические соображения, касающиеся применимости

Может быть применено как на новых, так и на действующих производствах. К примеру, используется на объектах Thyssen Krupp Stahl AG (Дуйсбург, Германия), доменная печь № 7 Cogus (Эймюйден, Нидерланды), ArcelorMittal (Гент, Бельгия), ArcelorMittal (Хихон, Испания), Руукки (Финляндия) и др.

Экономика

Эти меры могут быть привлекательными с экономической точки зрения, поскольку снижается потребление энергии. Рентабельность зависит от количества сэкономленной

энергии, а также от инвестиционных и эксплуатационных затрат на мероприятия. Типичные затраты на установку рекуперации тепла в 1997 году составляли 6 млн евро на комплект печей, т.е. на одну доменную печь.

Движущая сила внедрения

Экономические выгоды, связанные с повышением производительности и снижением энергопотребления, являются движущими силами для внедрения этих технологий.

5.5. НДТ при производстве конвертерной стали

5.5.1. Технические решения по снижению воздействия на атмосферный воздух

5.5.1.1. Первичное обеспыливание

Описание

Техники или их комбинации, применимые для удаления твердых частиц пыли.

Техническое описание

Во время продувки кислородом образуется газ кислородно-конвертерного производства (далее – газ ККП). Этот газ содержит большое количество пыли.

Методы очистки, которые могут быть применимы для очистки от пыли:

использование процесса полного сжигания;

предварительное обеспыливание для удаления крупной пыли с помощью методов сухой сепарации (например, дефлектор, циклон) или мокрых сепараторов;

пылеудаления за счет: сухого обеспыливания (например, электрофильтр) для новых и действующих установок и мокрого обеспыливания (например, мокрый электрофильтр или скруббер) для действующих установок.

В настоящее время большинство установок перерабатывают конвертерный газ в качестве топлива.

Уменьшенный расход отходящего газа, характерный для метода полного сжигания, приводит к более высокой массовой концентрации неочищенного газа, поэтому эффективность системы улавливания пыли должна быть увеличена при одинаковой загрузке чистого газа пылью. Таким образом, с точки зрения улавливания пыли принцип подавленного горения позволяет использовать системы обеспыливания, рассчитанные на меньший объемный расход, которые, тем не менее, должны обеспечивать более высокие показатели улавливания пыли.

Достигнутые экологические выгоды

При сухом обеспыливании и подавлении сжигания: при применении электрофильтров остаточная концентрация пыли в конверторном газе может быть

снижена до 10 мг/Нм³, при любом расходе ниже 50 мг/Нм³. Перед обработкой газа в электрофилт্রে крупная пыль удаляется в зоне отклонения, а газ кондиционируется в испарительном охладителе.

Сухое обеспыливание и открытое сжигание: выбросы пыли при сжигании сжиженного газа могут быть снижены до 20 – 50 мг/Нм³.

Мокрая очистка и подавление сжигания: крупные частицы сначала удаляются в мокром скруббере, затем более мелкие частицы удаляются скрубберами Вентури. Концентрация пыли в отходящем газе после очистки обычно составляет от 15 до 50 мг/Нм³, но также может составлять менее 10 мг/Нм³.

Мокрая очистка и открытое сжигание: когда сжиженный газ сжигается в канале для отвода дымовых газов и очищается с помощью скрубберов Вентури, остаточное содержание пыли составляет от 10 до 50 мг/Нм³.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Первичное обеспыливание обычно осуществляется скрубберами типа Вентури (приблизительно 60 % установок) или сухими и мокрыми электрофилтрами. Перед Вентури или электрофилтром крупные твердые частицы обычно удаляются с помощью дефлектора и т.д.

Особое внимание следует обратить на выброс пыли через отверстие кислородной фурмы. Выбросы из этого отверстия могут достигать 50 г/т жидкой стали. Выбросы могут быть уменьшены с помощью подвижного "жернова", который закрывает отверстие во время продувки кислородом и/или нагнетания инертного газа (водород (N₂)/диоксид углерода (CO₂)) или пара в отверстии фурмы для рассеивания пыли. Другие конструкции уплотнений для отверстий фурм также эффективно комбинируются с устройствами для очистки фурм.

На Челябинском металлургическом комбинате (ПАО "ЧМК", входит в Группу "Мечел") (Россия) в 2021 заменили трубопроводы и насосы для подачи воды на пылеуловители и ее распыления для очистки дымовых газов от твердых частиц. Затем вода с частицами пыли поступает в специальные резервуары, фильтруется и заново подается на мокрую газоочистку, образуя замкнутый цикл водоснабжения. Модернизированный в 2020 году конвертер №1 оснащен трехступенчатой системой газоочистки, которая сводит к минимуму выбросы в атмосферу, образующиеся в процессе выплавки стали. Их количество снизилось более чем на 30 %.

Кросс-медиа эффекты

Извлеченные пыль и шламы могут содержать высокие концентрации цинка, что затрудняет их повторное использование. Использование лома, бедного цинком, может позволить утилизировать шлам/пыль на аглофабрике. Установки, использующие сухие электрофилтры, могут подвергать твердые отходы горячему брикетированию и перерабатывать брикеты непосредственно в процессе выплавки стали.

Кроме того, влажное обеспыливание подразумевает образование потока загрязненных сточных вод. Работа пылеулавливающего устройства потребляет энергию.

Технические соображения, касающиеся применимости

Первичное обеспыливание может применяться как на новых, так и на действующих производствах. Примерами установок для различных систем обеспыливания являются ThyssenKrupp Steel AG (Дуйсбург, Германия), ArcelorMittal Ruhrort GmbH (Дуйсбург, Германия) и др.

Экономика

Инвестиционные затраты на первичное обеспыливание составляют от 24 до 40 млн евро за 1 млн тонн в год сталеплавильного завод. Эксплуатационные расходы составляют от 2 до 4 евро за тонну.

Движущая сила внедрения

Для извлечения газа ККП путем подавления горения необходима высокоэффективная очистка. В случае невозможности или рекуперации путем сжигания газ ККП следует обработать, чтобы он соответствовал существующим предельным значениям выбросов.

5.5.1.2. Переработка шлака на месте

Описание

Переработка сталеплавильных шлаков в цеху для предотвращения и/или снижения выбросов пыли при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке.

Техническое описание

Если шлак собирается в шлаковый ковш у кислородного конвертера, его нужно сливать во внешние шлакоотстойники для отвердевания. Охлаждение шлака можно интенсифицировать с помощью впрыска воды, в результате чего может образоваться дым. Этот дым может обладать высокой щелочностью, если в шлаке содержится свободный оксид кальция (CaO).

Если шлак разливается на пол, он подвергается предварительному дроблению после отвердевания с использованием экскаваторов или ковшового погрузчика и впоследствии направляется на участок внешнего хранения. Через определенный период времени шлак перерабатывается с помощью дробильных устройств и грохочения для получения желаемой консистенции с целью отделения металлов от шлака и дальнейшего использования в строительстве.

При дроблении шлака и утилизации металла могут происходить выбросы. Для минимизации выбросов пыли устройства для дробления и грохочения могут быть закрыты и оснащены вытяжкой. Выбросы от дробления и грохочения впоследствии очищаются с помощью рукавного фильтра. Конвейерная лента должна быть закрыта, пункты перевалки должны увлажняться. Если переработанный шлак подвергается

хранению, партии шлака должны увлажняться. В течение загрузки дробленого шлака водяной туман может использоваться для минимизации выбросов пыли

Может потребоваться удаление шлака в течение нагрева и окисления в конце нагрева, перед выпуском. Печь наклоняется назад к шлаковому окну, и шлак сливается или собирается в ковш или на площадку ниже печи, в результате чего образуются пыль и дым. Для специальных сталей, главным образом легированной стали, по металлургическим причинам шлак выпускается с жидкой сталью в ковш. Большая часть шлака отделяется от стали на площадке для скачивания шлака в шлаковый ковш. Дым, образующийся при этом, должен улавливаться с помощью системы вытяжки.

Грануляция расплавов может производиться у плавильного агрегата или на центральной установке с транспортировкой шлака к ним в чашах. Способы грануляции позволяют при сравнительно небольших капитальных затратах обеспечить быструю переработку значительных количеств шлаков.

Припечная грануляция дает возможность локализовать и обезвредить парогазовые выбросы, обеспечить полную переработку шлаков в жидком виде. Она основана на свойстве раскаленных шлаков растрескиваться под действием термических напряжений, а также разбрызгиваться за счет микровзрывов при соприкосновении расплава с водой с образованием гранул шлака. К мокрым способам переработки шлака относится бассейновый и желобной способ переработки шлака. К полусухим способам относят барабанный и гидрожелобной способы.

Достигнутые экологические выгоды

С использованием этой технологии может быть достигнута остаточная концентрация пыли $<10 - 20 \text{ мг/Нм}^3$.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.5.1.3. Вторичное обеспыливание

Обеспыливание вторичных выбросов происходит при следующих операциях:

перелив жидкого чугуна из миксерного ковша (или миксера для жидкого чугуна) в заливочный ковш;

улавливание и снижение вторичных выбросов от загрузки конвертера и выпуска жидкой стали и шлака из конвертера и ковшей и оборудования внепечной обработки стали;

предварительная подготовка жидкого чугуна, такая как переливание из ковша в ковш, скачивание шлака и десульфуризация жидкого чугуна;

обращение с добавками;

разливка в слитки и непрерывная разливка.

5.5.1.3.1. Сбор и сокращение вторичных выбросов

Описание

Техники или комбинация техник, направленных на сокращение вторичных выбросов при производстве стали.

Техническое описание

Даже оптимальная конструкция и высокие скорости потока отходящих газов для полного технического сбора отходящих газов не гарантирует, что 100 %-ная степень улавливания может быть стабильно достигнута на долгосрочной основе на протяжении всего процесса производства конвертерной стали. Изменяющиеся или нетипичные условия эксплуатации и факторы окружающей среды, такие как воздушные потоки в производственных зданиях, могут привести к выбросу неутраченных потоков пыли, которые будут выходить в виде неизбежных вторичных выбросов через фонари на крыше.

Вторичные отходящие газы удаляются с помощью центральной вентиляции и системы обеспыливания. Иногда выбросы от предварительной обработки жидкого чугуна, загрузки кислородного конвертера и слива, а также систем внепечной обработки стали отводятся и очищаются отдельно; чаще всего они являются частью системы вторичного пылеулавливания.

Предварительная обработка жидкого чугуна, такая как переливание жидкого чугуна и скачивание шлака: Перелив жидкого чугуна из миксерного ковша в загрузочный ковш происходит в закрытом стенде. Ковш с жидким чугуном перемещается ниже уровня пола цеха на чугуновозе. Этот чугуновоз имеет защитный экран, который изолирует горловину, тем самым образуя закрытую камеру. Когда невозможно обеспечить полное закрытие, имеется возможность установления дымоотводящего камина над ковшом.

Для процесса скачивания шлака ковш, перевозящий расплавленный металл, наклоняется в позицию скачивания шлака, и в то же самое время поддерживается краном или кантователем. Свободное поперечное сечение каминов ограничивается соответствующими внутренними элементами для достижения более высокой скорости подачи. Камин может быть передвижного типа таким образом, что он может обслуживать несколько позиций скачивания шлака. Стенд для скачивания шлака

обычно разделяется перегородками, которые позволяют обеспечить достаточное перемещение для этой операции. Отверстия закрываются уплотняющими экранами, закрепленными на ковше.

Загрузка в конвертеры и выпуск жидкой стали и шлака из конвертеров и ковшей: во время заливки жидкого чугуна и загрузки лома и выпуска стали из конвертера происходит выброс пыли. В зависимости от качества используемого лома различные органические загрязнители, такие как ПАУ, ПХД и ПХДД/Ф, могут образовываться в результате термического разложения органических материалов (масел, красок, смазочных материалов или пластмасс), которые могут присутствовать в выбросах при загрузке. Образующиеся выбросы во время загрузки и выпуска из конвертера улавливаются системой вторичного улавливания.

Вторичная вентиляция, обеспечивающая работу ККП, обычно состоит из вытяжного зонта непосредственно над горловиной конвертера в наклонном положении и кожуха вокруг оставшихся $\frac{3}{4}$ конвертера. Вытяжной зонт предпочтительно располагать как можно ближе к корпусу конвертера. На некоторых действующих установках конструкция не позволяет устанавливать навесной зонт близко к камере хранения. В этом случае зонт может быть установлен рядом с крышей, что приводит к снижению эффективности, в зависимости от таких условий, как размер зонта и удаляемый объем или местные условия потока в здании.

Очистка обычно выполняется с помощью рукавного фильтра, хотя также используются сухие электрофильтры.

Выбросы от внепечной обработки стали могут возникать в ходе следующих процессов: операции выпуска (например, ковши, установки "ковш-печь", конвертеры и другое оборудование, используемое при внепечной обработке, стали), дегазация, предварительный нагрев огнеупоров (сталеразливочный ковш, промежуточный ковш, дегазатор), обращение с добавками.

Выбросы от процессов внепечной обработки металла удаляются отдельно и очищаются с помощью рукавных фильтров, измеренные концентрации выбросов пыли составляют менее $10 \text{ мг/Нм}^3/\text{ч}$.

Достигнутые экологические выгоды

Для процедур предварительной обработки горячего металла, как и при повторной обработке и десульфурации, а также при продувке конвертера, эффективность может быть очень высокой, вплоть до почти полного извлечения. Напротив, сбор выбросов во время загрузки лома и горячего металла, а также отвода отходов и шлака гораздо менее эффективен.

На некоторых заводах (например, в Японии) вся крыша закрыта и выбросы удаляются, достигая общей эффективности 100 %.

Таблица 5.5. Показатели эффективности при разных процессах

--	--	--

№ п/п	Предварительная обработка жидкого чугуна		Работа конвертера			
	Отделение подготовки ковшей	Предварительная обработка жидкого чугуна	Загрузка лома	Заливка жидкого чугуна	Продувка	Выпуск жидкой стали и шлака
1	2	3	4	5	6	
1	94 – 99 %	94 – 99 %	24 – 64 %	89 – 94 %	89 – 99 %	49 – 55 %

Примечание: если 100 % представляет общее количество пыли, выделяемой в течение работы конвертера (что эквивалентно технически достижимому уровню); при этом более низкие значения относятся к обычно достижимой эффективности, а более высокие значения - к максимально достижимым результатам.

Таблица 5.6. Показатели очистки различными устройствами

№ п/п	Параметр	Электрофильтр	Рукавный фильтр
1	2	3	4
1	Пыль	6	<2 – 13
2	Pb, Cr, Cu, Mn, V	0.1	
3	ПХДД/Ф	0.03	

Примечание: значения выражены в мг/Нм³, за исключением ПХДД/Ф, для которых используются нг I-TEQ/м³. Все значения являются ежегодными средними.

С помощью электрофильтров и рукавных фильтров выбросы из точечных источников могут составлять менее 5 г/т для каждого из единичных выбросов в атмосферу. Это соответствует концентрациям выбросов от 2 до 13 мг пыли/Нм³.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Наиболее сложными аспектами вторичного обеспыливания являются эффективность откачки, предотвращение взрыва в воздуховодах и переработка образующихся твердых отходов.

Новая аспирационная установка над виброрешеткой на участке обработки крупногабаритного литья металлургического комплекса АО "Уральская Сталь" (Россия), способна уловить за год более 60 т пыли.

Кросс-медиа эффекты

При вторичном обеспыливании образуется 0,5 кг твердых отходов на тонну жидкой стали. Повторное использование этих твердых отходов, богатых железом, в значительной степени зависит от содержания цинка. Некоторые заводы могут использовать его повторно, если нет, не необходимо его утилизировать.

Работа вентиляционного устройства и устройства для очистки от пыли требует энергии. Могут потребоваться дополнительные меры по защите от шума, такие как бетонный корпус для вентиляторов, дополнительная изоляция в фильтре и заслонка в трубе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется как на новых, так и на действующих заводах. Применяется на большинстве заводов в Европе и в мире (Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия), среднесуточные значения выбросов находятся в диапазоне 0,3 – 10 мг/Нм³. Выбросы тяжелых металлов и ПХДД/Ф измеряются периодически.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Необходимы дополнительные расходы на техническое обслуживание очистных установок (рукавные и электрофильтр).

Инвестиции при реализации проекта по установке новой аспирационного оборудования на АО "Уральская Сталь" (Россия), составили порядка 30 млн рублей приобретена в рамках выполнения.

Движущая сила внедрения

Основной движущей силой стало предотвращение вторичных выбросов и улучшенные условия труда в конвертерном отсеке, причем дополнительной движущей силой является необходимость способствовать повышению надежности загрузочных кранов.

5.5.1.3.2. Удаление пыли при предварительной обработке жидкого чугуна

Описание

Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов пыли при транспортировке и взвешивании жидкого чугуна, отделении шлака и очистке от соединений серы.

Техническое описание

Удельный коэффициент выбросов пыли (до снижения выбросов) варьируется от 110 до 830 г/т стали. Эти выбросы улавливаются и обычно обрабатываются с помощью рукавных фильтров. Установки для десульфурации в основном закрытого типа. Основные меры по улавливанию пыли включают использование крышек для ковшей, контролируемое введение обессеривающих агентов, комплексные операции удаления шлака, использование корпуса с системой вытяжки и установка заслонок, перемещающихся в процессе. В некоторых случаях применяются сухие электрофильтры.

Важной особенностью является эффективность удаления системой вентиляции. Положение вытяжных систем должно быть оптимизировано для достижения хорошей эффективности вытяжки.

Расход дымовых газов для автономного обеспыливания находится в диапазоне от 30 000 до 1 млн Нм³/ч. С помощью автономных систем обеспыливания можно лучше контролировать производительность пылеулавливания и повторно использовать различные типы собираемой пыли. Сегодня на некоторых заводах обеспыливание

устройства для десульфурации является частью централизованной системы вторичного обеспыливания и не может быть охарактеризовано отдельно.

Достигнутые экологические выгоды

Использование рукавных фильтров или ЭСФ позволяет достичь выбросов менее 1 – 10 мг/Нм³. В Cogus (Иджмюйден, Нидерланды), удаление шлака и десульфурация осуществляются в закрытом помещении. Выбросы направляются в рукавный фильтр. Результаты точечных измерений выбросов пыли составили 2 мг/Нм³ в 2001 году и 1 мг/Нм³ в 2004 году.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Как рукавные фильтры, так и ЭСФ эксплуатируются без проблем. Реактор Канбара представляет собой установку десульфурации чугуна с механическим смесителем. Он характеризуется ускорением реакции десульфурации за счет погружения и вращения крыльчатки в горячем металле и последующего механического перемешивания горячего металла и десульфурующего агента. Процесс KR эффективно ускоряет реакцию десульфурации за счет высокоскоростного (около 120 об/мин) вращения крыльчатки. В результате это позволяет снизить концентрацию серы в чугуне до низких уровней в пределах нескольких десятков частей на миллион, используя только недорогую известь в качестве десульфурующего агента, без необходимости в дорогостоящем магнии.

Установки используются на следующих заводах: JSW Steel Ltd. (Виджаянагарский завод, Индия) с 2016 года, Kobe Steel, Ltd (завод Какогава, Япония) с 2014 года, NIPPON STEEL оксид углерода (CO) RPORATION (завод Явата, Япония) с 2002 года.

Кросс-медиа эффекты

Потребление энергии, образование твердых отходов, которые могут быть переработаны в процессе спекания (с высоким содержанием железа). Однако это приведет к увеличению выбросов серы в процессе спекания. Состав пыли из установки десульфурации горячего металла в значительной степени зависит от используемого агента десульфурации. В качестве альтернативы собранная пыль может быть возвращена обратно в бункер после холодного брикетирования или использована повторно в других производствах.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Удаление пыли во время предварительной обработки горячего металла практикуется на многих заводах по всему миру.

Экономика

Инвестиции в применение этого метода составляют примерно 10 млн евро. В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.5.1.3.3. Общие методы предотвращения или контроля неорганизованных вторичных выбросов

Описание

Технические решения, направленные на предотвращение и/или снижение неорганизованных выбросов при предварительной подготовке сырья.

Техническое описание

Общие методы предотвращения неорганизованных выбросов из соответствующих вторичных источников процесса ККП включают:

- 1) независимое улавливание и использование устройств пылеудаления для каждого подпроцесса конвертерного цеха;
- 2) надлежащее управление установкой десульфурации для предотвращения выбросов в воздух;
- 3) общая герметизация установки десульфурации;
- 4) применение крышки, когда ковш для жидкой стали не задействован, содержание ковшей для жидкой стали в чистоте на регулярной основе;
- 5) выдерживание чугунозаливочного ковша перед конвертером в течение примерно двух минут после заливки чугуна в конвертер, если не применяется система вытяжки через крышу;
- 6) компьютерное управление и оптимизация процесса выплавки стали, например, чтобы предотвратить или уменьшить выброс шлака (т. е. ситуации, когда шлак вспенивается настолько, что вытекает из конвертера);
- 7) уменьшение выброса во время выпуска за счет ограничивающих элементов, вызывающих выброс, и использования противовспенивающих агентов;
- 8) закрытие дверей в помещении конвертерного отделения при продувке кислородом;
- 9) постоянное наблюдение с помощью видеокамеры за крышей с целью обнаружения видимых выбросов;
- 10) использование системы вытяжки выбросов под крышей.

Достигнутые экологические выгоды

Использование локальных систем управления может помочь оптимизировать эффективность улавливания и стимулировать возможности повторного использования. С другой стороны, комбинированные системы вторичного обеспыливания, которые эксплуатируются на большинстве сталелитейных заводов, имеют идентичные экологические показатели, как и отдельные системы. В случае энергопотребления комбинированные системы имеют преимущества.

Использование реагентов, оксида кальция (CaO) вместо карбида кальция (CaC₂) в процессе десульфуризации, приводит к уменьшению выбросов твердых частиц, уменьшению образования неприятного запаха, а также получению шлака с другими характеристиками (более полезному).

Герметичность систем десульфуризации позволяет полностью удалить воздух через систему сбора пыли.

При выдерживании чугунозаливочного ковша перед конвертером, ковши медленнее охлаждаются и, следовательно, предотвращается дымление ковшей, что приводит к снижению выбросов пыли.

Компьютерные системы управления позволяют удалить дым, который может выделяться, если не применяется система вытяжки под крышей.

При использовании комплекса мер (например, 4, 5, 6 и 8) остаточные концентрации пыли могут составлять 10 г/т стали.

Использование видеонаблюдения на крыше производственных зданий на предмет видимых выбросов, позволяет регистрировать отклонения при стандартных условиях эксплуатации, которые могут возникнуть и привести к увеличению выбросов, и помогает принять соответствующие меры по предотвращению.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Нет данных.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Для действующих установок применимость может быть ограничена конструктивными особенностями. Пример использования – Corus (Иджмюйден, Нидерланды).

Экономика

Непрерывный мониторинг предоставляет возможность для принятия своевременных корректирующих мер, которые также могут иметь экономические выгоды.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.5.2. Технические решения по снижению сбросов загрязняющих веществ

5.5.2.1. Очистка сточных вод от мокрого обеспыливания

Описание

Очистка промывочных вод, образующихся при использовании мокрых способов очистки от пыли.

Техническое описание

На большинстве кислородных конвертерах сталеплавильных заводов использование скрубберов для уменьшения выбросов в атмосферу из потока первичного газа ККП обуславливает образование сточных вод.

Образующиеся сточные воды обычно перерабатываются и обрабатываются перед сбросом. Вода из скрубберов в основном содержит взвешенные твердые вещества; цинк и свинец являются основными присутствующими тяжелыми металлами.

Большая часть взвешенных твердых частиц в контуре очистки воды может быть удалена с помощью гидроциклона и/или осаждения. После коррекции pH большая часть воды может быть переработана.

Стоки могут быть обработаны с помощью осаждения и/или фильтрации перед выпуском (подробное описание техник в разделе 5.1.3.3).

Достигнутые экологические выгоды

Наиболее эффективными мерами по минимизации сброса сточных вод являются увеличение скорости рециркуляции очищающей воды. Высокая рециркуляция может быть достигнута посредством двухступенчатого процесса осаждения в потоке промывочной воды с впрыском оксид углерода (CO_2) перед второй стадией осаждения, чтобы усилить осаждение карбонатов. Впрыск оксид углерода (CO_2) возможен только в системах, работающих с подавленным горением.

Кроме того, применяются методы очистки стоков. Сбросы могут содержать взвешенные вещества (включая цинк (Zn), свинец (Pb) и т.д.) Применяются методы осаждения и фильтрации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На производственном объекте Corus (Нидерланды) достигнуты следующие показатели: водопотребление – $0,52 \text{ м}^3/\text{тонну}$ стали, значения показателей взвешенные вещества – 20 г/тонну стали, Zn – 73 мг/тонну стали, Pb – 31 мг/тонну стали.

Кросс-медиа эффекты

Осадок образуется во время гидроциклонизации и/или осаждения взвешенных твердых частиц в контуре очистки воды. Этот осадок, может быть, 100 % переработан в процессе производства чугуна и стали. На многих других сталеплавильных заводах в мире шлам не может быть использован и либо используется извне в цементной промышленности, либо хранится или утилизируется.

Технические соображения, касающиеся применимости

Высокая эффективность рециркуляции и дополнительная обработка могут применяться как на новых, так и на действующих установках. Примеры применения: Corus (Эймюйден, Нидерланды), ArcelorMittal (Гент, Бельгия), AlcelorMittal (Кливленд, Соединенные Штаты).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение водопотребления. Требования законодательства к качеству сточных вод.

5.5.2.2. Очистка сточных вод от процессов непрерывной разливки

Описание

Использование мер или их совокупности для очистки сточных вод, образующихся при непрерывной разливке заготовок.

Техническое описание

Вода используется в МНЛЗ для непосредственного охлаждения получаемой продукции. Таким образом, образуется поток загрязненной технологической воды. Во многих случаях эти сточные воды обрабатываются вместе с потоками сточных вод со станов горячей прокатки. После обработки вода рециркулируется.

Кристаллизатор и внутренняя часть роликов обычно охлаждаются водой в замкнутом контуре и здесь не рассматриваются. Основными загрязнителями являются взвешенные вещества и масла. Основными мерами по сокращению сбросов являются высокая скорость рециркуляции наряду с осаждением и/или фильтрацией отводимых веществ.

Для удаления масла можно использовать баки-сепараторы. Распыляемая вода обычно осаждается путем фильтрации песком до или после охлаждения в испарительной градирне. Фильтрация песком помогает обеспечить низкий уровень твердых частиц и масла для обеспечения удовлетворительно продолжительной работы сопел зоны вторичного охлаждения МНЛЗ. Слив из открытого контура для контроля уровня растворенных твердых частиц следует отбирать после установки фильтрации песком, чтобы свести к минимуму выброс взвешенных твердых частиц и любое загрязнение маслом. Чтобы предотвратить засорение песчаного фильтра, перед песчаными фильтрами следует установить маслоотделитель.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентраций загрязняющих веществ.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При непрерывной разливке могут быть достигнуты следующие показатели: водопотребление – 0,04 м³/тонну стали, значения показателей взвешенные вещества – 0,8 г/тонну стали, цинк – менее 1 мг/тонну стали, свинец – менее 1 мг/тонну стали, масло и нефтепродукты – 20 мг/тонну стали.

Кросс-медиа эффекты

На стадиях осаждения образуется шлам, содержащий железо, который может быть переработан в агломерационной установке или направлен методом прямого впрыска через фурмы в доменную печь.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. К примеру, используется на АрселорМиттал (Индиана, Соединенные Штаты), Cogus (Эймюйден, Нидерланды), ArcelorMittal (Гент, Бельгия), Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение водопотребления. Требования законодательства к качеству сточных вод.

5.5.3. Технические решения по управлению отходами

5.5.3.1. Пыль от горячего брикетирования и переработка с получением окатышей с высоким содержанием цинка для внешнего повторного использования

Описание

Обработка твердых частиц пыли, образующихся при очистке сухих пылеуловителей, для возможности их повторного использования.

Техническое описание

Использование сухих электрофильтров в качестве средства очистки конвертерного газа, образующегося в результате продувки кислородом, приводит к образованию пыли. Эта пыль имеет высокое содержание железа (40 – 65 %) и может быть использована в качестве сырья при прессовании пыли в брикеты.

Крупная и мелкодисперсная пыль брикетируется на одних и тех же установках, но загружаются отдельно из-за их различных свойств. Брикеты из крупной пыли содержат около 70 % металлического железа и могут использоваться в качестве замены лома в конвертере. Брикеты из мелкодисперсной пыли содержат около 7 – 20 % металлического железа и могут использоваться в качестве добавки для охлаждения плавки.

Горячее брикетирование производится на установке для горячего брикетирования. Сначала пыль нагревают до 750 °С в реакторе с подвижным слоем с помощью горячего воздуха и автотермических реакций. На втором этапе брикеты формируются в цилиндрическом прессе.

Рециркулирующая пыль постепенно повышает концентрацию цинка. Когда среднее содержание цинка в пылевых брикетах достигает не менее 17 % по массе, они транспортируются перерабатывающим предприятиям для извлечения цинка. Для технической и экономической осуществимости для извлечения цинка следует обеспечить содержание цинка от 20 до 24 %, т.е. путем смешивания исходных материалов. Поскольку цинк в пыли распределен очень неравномерно, пыль с содержанием цинка значительно выше 17 мас. % также попадает в описанный здесь цикл.

Это приводит к тому, что в цикле без необходимости переносится значительное количество цинка, который многократно восстанавливается, испаряется, окисляется и брикетуется в каждом последующем цикле, что приводит к значительным колебаниям загрузки брикетов в бункере. Это, в свою очередь, не только влияет на металлургическую работу (образование шлака, скопление пыли в канале отвода отработанных газов), но и оказывает значительное влияние на тепловой баланс (горячий металл/лом). Регулярный аналитический контроль необходим для того, чтобы гарантировать, что качество получаемой стали и шлака не ухудшается из-за какого-либо чрезмерного увеличения содержания цинка.

Для оптимизации процесса была разработана онлайн-методика определения уровня цинка в пыли в режиме реального времени. Эта технология называется LIBS. Устройство непрерывно измеряет содержание цинка в пыли на конвейере.

Причина гранулирования мелкодисперсной пыли заключается в том, что даже при использовании связующих веществ ее невозможно брикетировать. Кроме того, гранулы, как правило, лучше соответствуют требованиям заказчика, таким как анализ, стабильность при хранении, отсутствие пыли, транспортабельность и простота в обращении. Кроме того, пылевые гранулы могут быть оптимизированы для дальнейшей переработки путем добавления восстановителей, других добавок и т.д. Описано горячее брикетирование и получение гранул с высоким содержанием цинка для внешнего повторного использования. Технически возможно извлекать цветные металлы из этого шлама и пыли, после чего ценные очищенные твердые частицы, содержащие железо, могут быть повторно использованы в процессе производства чугуна. Извлеченные цветные металлы могут быть дополнительно переработаны промышленностью по производству цветных металлов.

Были применены следующие методы: процессы в печи с вращающимся подом; процессы в псевдооживленном слое; реакторы с циркулирующим псевдооживленным слоем; процессы смешивания с высокой турбулентностью; плазменные процессы; многоцелевые кислородные купольные печи.

Достигнутые экологические выгоды

При применении пылевого горячего брикетирования и вторичной переработки удастся избежать захоронения твердых отходов и сэкономить ценное сырье. Количество перерабатываемой пыли составляет примерно 10 - 20 кг на тонну производимой жидкой стали. Общий выход железа увеличивается примерно на 1 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Может быть достигнута степень рециркуляции пыли, составляющая 100 %.

Для переработки мелкой пыли, с очистного оборудования (пылесборников) и шлама (полутвердая суспензия, полученная из промышленных сточных вод или при очистке сточных вод), образующихся в процессах производства чугуна и стали, для их использования в качестве сырья Nippon Steel (Япония) использует печь для

обеспыливания (RC: циркуляционная печь Resource) на заводе East Nippon Works Kashima Area и вращающийся поддон печи (RHF) на заводах East Nippon Works Kimitsu, Setouchi Works Hirohata и Hikari (NIPPON STEEL Stainless Steel Corporation), что позволяет перерабатывать всю образующуюся пыль внутри производства.

Кросс-медиа эффекты

Установка для горячего брикетирования требует энергии, но экономит сырье.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим, когда для очистки сжиженного газа используется сухое электростатическое осаждение. Некоторый опыт показал, что извлечение цинка брикетированием не является решением в системах мокрого обеспыливания из-за нестабильного осаждения в отстойниках, вызванного образованием водорода (в результате реакции металлического цинка и воды). По этим соображениям безопасности содержание цинка в осадке должно быть ограничено 8 – 10 %.

В будущем, возможно, появится возможность обрабатывать шламы и из скрубберов Вентури, но для этого потребуется дополнительная энергия для испарения воды.

Данный метод успешно используется на сталеплавильном заводе LD 3, Voestalpine Stahl GmbH (Линц, Австрия) (на этом заводе практикуется извлечение цинка в виде гранул для внешнего повторного использования), на сталелитейном заводе Gwangyang Works, POSCO Iron and Steel Company (Республика Корея) и др.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Основными движущими силами для внедрения этого метода являются ограниченные возможности и высокие затраты на удаление пыли.

5.5.3.2. Снижение содержания цинка в ломе

Описание

Использование сырья (лома) с низким содержанием цинка, как одно из условий оптимальной эксплуатации конвертерных печей.

Техническое описание

Высокое содержание цинка отрицательно сказывается на правильной работе. Поэтому переработка материала с высоким содержанием цинка ограничена.

Пыль и шламы, собираемые из устройства для обеспыливания конвертерного газа ККП, могут содержать относительно высокие концентрации тяжелых металлов, особенно цинк (Zn). Этот цинк в основном поступает из лома, загружаемого в конвертер. Выделение цинка может сильно варьироваться от одной плавки к другой в зависимости от типа загружаемого внешнего лома и условий продувки. Та же проблема, но в меньшей степени, относится к свинцу (Pb), кадмию (Cd).

Достигнутые экологические выгоды

Шлам от обеспыливания конверторного газа имеет содержание цинка приблизительно 0,1 – 0,3 %, что позволяет 100 % перерабатывать пыли на аглофабрике.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На некоторых заводах практикуется строгая политика использования лома с низким содержанием цинка.

Кросс-медиа эффекты

Цинк в основном улетучивается из конвертера в первые несколько минут продувки кислородом.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение возможно как на новых, так и на действующих заводах. Однако эта мера сильно зависит от наличия лома с низким содержанием Zn, Pb и Cd и экономической эффективности использования этого вида лома. Поэтому он применим не во всех случаях и сильно зависит от рынка металлолома. На заводе Corus (Иджмюйден, Нидерланды) процесс основан на низком содержании цинка в ломе. Также данный метод применяется в British Steel (Сканторп, Соединенное Королевство.)

Экономика

Лом с низким содержанием цинка стоит дороже и увеличивает себестоимость произведенной тонны. Ожидается, что утилизация лома с низким содержанием цинка будет затруднена. С другой стороны, использование отходов с низким содержанием цинка позволяет перерабатывать шламы и пыль от газоочистки ККП.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.5.4. Технические решения по энергоэффективности в процессе ККП

5.5.4.1. Рекуперация энергии конверторного газа

Описание

Рекуперация энергии конверторного газа предполагает эффективное использование, как физического тепла, так и химической энергии конверторного газа. Ранее большая часть химической энергии рассеивалась при сжигании на факелах.

Конвертерный газ, образующийся при продувке кислородом, выходит из горловины конвертера и впоследствии улавливается первичной и вторичной газоочистками. Этот газ имеет температуру приблизительно 1200 °С и расход приблизительно 50 – 100 Нм³/т стали. Газ содержит приблизительно 70 – 80 % оксида углерода (СО) при выходе из ККП и имеет теплотворную способность приблизительно 8,8 МДж/Нм³.

Для рекуперации энергии из сжиженного газа можно использовать две системы:

1. Сжигание конвертерного газа в газоходе конвертера и последующая утилизация полученного тепла в котле-утилизаторе для получения пара. Этот конвертерный газ можно полностью или частично сжечь, подачей атмосферного воздуха в газоход

системы первичной газоочистки. Таким образом, физическое тепло и общий расход газа в первичной системе вентиляции увеличивается, и в котле-утилизаторе может вырабатываться больше пара. Количество воздуха, смешанного с газом ККП, определяется количеством образующегося пара. В полном цикле выплавки стали (примерно 30 – 40 минут) продувка кислородом длится примерно 15 минут. Таким образом, образование пара, которое непосредственно связано с продувкой кислородом, является прерывистым.

2. Подавление сгорания конвертерного газа и направление конвертерного газа в газгольдер для последующего использования.

Сжигание конвертерного газа в системе первичной вентиляции можно подавить, предотвратив подачу окружающего воздуха от попадания в систему. Обычно это делается путем опускания выдвижной юбки с водяным охлаждением над горловиной конвертера. Таким образом, оксид углерода (СО) удерживается, и конвертерный газ можно использовать в качестве источника энергии в других местах. Газ очищается в соответствии с требованиями к сетевому газу и может быть буферизован в газгольдере. Котел-утилизатор может быть установлен для рекуперации физического тепла, которое присутствует в несгоревшем газе ККП. Следует отметить, что газ ККП не собирается во время начала и окончания продувки из-за его низкого содержания оксида углерода (СО). В течение этих периодов, которые длятся несколько минут, вместо этого он сжигается на факеле.

Достигнутые экологические выгоды

Сообщается, что рекуперация энергии из системы полного сгорания с котлом-утилизатором составляет 80 % от общего количества отходящего тепла. Когда применяется подавленное горение, только 10 – 30 % (0,1 – 0,3 ГДж/т жидкой стали) от общей выработки энергии утилизируется в котле-утилизаторе. Еще 50 – 80 % извлекается в виде химической энергии (оксид углерода (СО)) в конвертерном газе, в зависимости от коэффициента подачи воздуха. Когда газ сжигается на факеле и, таким образом, не извлекается, эта энергия теряется.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Общая рекуперация энергии при применении подавленного горения, рекуперации конвертерного газа и КПД использования физического тепла в котле-утилизаторе может достигать 90 %.

При рекуперации конвертерного газа экономия энергии составляет 0,35 – 0,7 ГДж/т жидкой стали по сравнению с сжиганием на факелах. Система без утечек, разработанная Nippon Steel Corporation (Япония), обеспечивает экономию энергии на 0,98 - 1,08 ГДж/т жидкой стали и увеличение производства расплавленной стали на 0,4 % по сравнению с сжиганием в факелах.

Кросс-медиа эффекты

Извлечение конвертерного газа требует надлежащей очистки сырого газа, чтобы соответствовать требованиям к сетевому газу. При полном сгорании дымовые газы выбрасываются непосредственно в атмосферу. Общие выбросы в атмосферу снижаются при применении подавленного горения. Большой расход дымовых газов из систем полного сгорания подразумевает более дорогостоящую и относительно менее эффективную борьбу с пылью.

Технические соображения, касающиеся применимости

На новых и действующих установках могут применяться как утилизация отходящего тепла, так и рекуперация конвертерного газа путем подавления горения. В некоторых случаях это может быть экономически нецелесообразно или, что касается надлежащего управления энергопотреблением, невозможно рекуперировать газ ККП путем подавления горения. В этих случаях газ ККП может сжигаться с образованием пара. Вид сжигания зависит от местного управления энергопотреблением.

Рекуперация энергии с помощью систем полного сгорания или систем с подавленным горением широко применяется на заводах кислородной металлургии по всему миру.

Экономика

Инвестиции, необходимые в 2007 году, составили 30,5 млн евро для текущего проекта, состоящего из газгольдера объемом 80 000 м³, воздуходувных вентиляторов, газоходов, трехходовых клапанов в системах отвода отходящего газа, мер безопасности, монтажа и инжиниринга и т.д. Около 80 % сжиженного газа будет извлечено в результате годовая экономия энергии составляет 2600 ТДж/год = приблизительно 12 евро/ГДж инвестиций. Окупаемость составляет около пяти лет с учетом экономии на покупке природного газа, затрат на эксплуатацию, кредитов на выбросы диоксида углерода (CO₂), снижения потерь при сжигании на факелах, продажи газа производителю электроэнергии и снижения выработки пара.

Движущая сила внедрения

Ресурсосбережение.

5.5.4.2. Онлайн-отбор проб и анализ стали

Описание

Кислородно-конвертерная плавка стали — это периодический процесс. Каждая партия горячего металла должна подвергаться рафинированию до тех пор, пока не будет достигнуто нужное качество стали. В целях отслеживания результата, из ванны жидкой стали отбираются пробы для анализа. Результаты анализа используются для определения дополнительного времени продувки кислородом, необходимого для достижения требуемого качества стали.

Техническое описание

Новейшие системы динамического моделирования и мониторинга достигают точности, которая делает ненужным отбор проб во время продувки. Затем в течение периода разлива отбирается контрольная проба. Эта технология устраняет выбросы, связанные с отбором проб.

Отбор проб в режиме онлайн осуществляется во время продувки кислородом с помощью вспомогательной фурмы или аналогичного устройства. Это позволяет продолжать процесс очистки во время анализа образцов. Это сокращает время производственного цикла и, следовательно, повышает производительность.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращается время одной плавки, что повышает производительность. Выбросы в атмосферу снижаются, так как нет необходимости изменять положение корпуса.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Преимуществом онлайн отбора проб и анализ стали позволяет в режиме реального времени отслеживать результаты анализа, необходимого для достижения требуемого качества стали. Исключает выброс оксид углерода (CO)₂, при отборе проб.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод может быть применен на всех новых заводах. Действующие установки нуждаются в модернизации, чтобы установить эту систему отбора проб. Большинство европейских заводов применяют онлайн-отбор проб и динамическое моделирование.

Экономика

Затраты снижаются в результате повышения производительности.

Движущая сила внедрения

Улучшение производительности.

5.5.4.3. Повышение энергоэффективности в сталеплавильном цехе за счет автоматизации

Описание

Данный метод связан с применением автоматизированных устройств в сталеплавильном цехе.

Техническое описание

В этот раздел включены два варианта автоматизации сталеплавильного цеха:

автоматическая система управления крышкой ковша;

автоматизированная система выпуска плавки из конвертера.

Автоматизированная система управления крышкой ковша. Сталеразливочный ковш используется для вторичной обработки и транспортирования жидкой стали из кислородных конвертеров на непрерывную разливку. При обычной практике ковши не покрываются в течение обработки в ковше и транспортировании, но крышка постоянно

используется для предотвращения чрезмерных потерь тепла в течение непрерывной разливки. После разливки и обслуживания ковша, находящиеся в работе, подогреваются с помощью горелок, обычно с использованием коксового или природного газа для поддержания их в нагретом состоянии до следующей разливки.

На металлургическом заводе Raahе Steel Works, в работе постоянно находится от восьми до девяти ковшей. Ковши оснащены крышками, которые удаляются только в течение выпуска из конвертера и в течение обработки в ковше. Горелки не требуются для поддержания ковшей горячими после обслуживания. Кислородные конвертеры и площадки для внепечной обработки стали оснащены стендами с крышками, на которых автоматически устанавливаются и (или) удаляются с ковша в зависимости от стадии процесса. Система является системой с “откидной крышкой”, которая также дает возможность сливать шлак после разливки без удаления крышки.

Автоматизированная система выпуска плавки из конвертера. Используя имеющуюся систему вспомогательных фурм, можно получить оценку температуры стали и содержания С в ней без необходимости наклонять конвертер в горизонтальное положение. Следовательно, выпуск плавки можно начинать в течение 2 – 3 минут после окончания продувки, в зависимости от времени последующего перемешивания.

Инфракрасная камера, которая может использоваться для отличия стали и шлака, показывает, когда шлак попадает в разливаемый поток и когда следует автоматически прекратить выпуск плавки.

Достигнутые экологические выгоды

Повышается энергоэффективность (улучшается контроль температуры) и уменьшается пылеобразование.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Автоматизированная система управления крышкой ковша. Поскольку во время цикла работы ковша теряется меньше тепла, средняя температура выпуска снизилась на 10 °С. Пониженная температура выпуска плавки дает возможность повысить на 8 кг/т долю лома в конвертере без добавки дополнительного тепла, и, таким образом, повышается производительность. Еще одна возможность состоит в производстве стали с меньшим на 8 кг/т жидкого чугуна, что эквивалентно снижению выбросов диоксида углерода (CO₂) на 15 кг/т. Отклонение температуры выпуска плавки снижается на 4 °С, что является существенным для контроля устойчивости процесса. Температура стали становится более стабильной в течение всего процесс выплавки стали, что снижает прекращения разливок на машине непрерывной разливке. Ковши практически свободны от кусков стали и шлака. Нет необходимости в дополнительной энергии на площадках обслуживания ковшей, что позволяет использовать коксовый газ для других

применений на металлургическом заводе. Крышки снижают выбросы пыли и прямое излучение тепла от сталеразливочных ковшей в течение транспортирования. Несколько улучшается ситуация с износом огнеупоров конвертеров и ковшей.

Автоматизированная система выпуска плавки из конвертера. Этот метод демонстрирует несколько основных экологических преимуществ: это снижает целевую температуру выпуска стали примерно на 15 °С. Это позволяет увеличить количество лома, следовательно, снизить содержание жидкого чугуна в шихте. При более низкой температуре выпуска на 15 °С можно снизить отношение доли жидкого чугуна примерно на 9 кг на т нерафинированной стали, что эквивалентно возможному общему снижению образования диоксида углерода (CO₂) на 16 кг на тонну нерафинированной стали. Кроме того, избегая наклона конвертера в горизонтальное положение для отбора проб после окончания продувки, уменьшается выброс горячих газов и пыли. Также, при точном определении времени окончания выпуска стали в конвертере остается меньше стали, которая сливается вместе со шлаком в шлаковую чашу. Меньшее количество стали в шлаковом ковше приводит не только к стабилизации технологического процесса, но и к уменьшению выбросов пыли при опорожнении ковшей.

Более высокая степень шлакового покрытия увеличивает срок службы футеровки и снижает потребность в огнеупорных материалах. По приблизительным оценкам, автоматизированный выпуск привел к увеличению срока службы футеровки на 20 %.

Энергоэффективность повышается не только за счет общего увеличения производительности за счет более короткого времени между выпусками стали, но также за счет снижения температуры выпуска, что может быть использовано для увеличения рециркуляции лома, а также за счет повышения выхода стали.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Автоматизированная система управления крышкой ковша, в принципе, применима для всех металлургических заводов, с учетом характеристик существующих установок. Крышки могут быть очень тяжелыми, поскольку они изготовлены из огнеупорных кирпичей. Грузоподъемность кранов и конструктивные особенности всего здания ограничивает применимость существующих установок. Имеются различные технические проектные решения для реализации системы с учетом реальных условий на заводе.

Практика автоматизированного выпуска стали из конвертера может быть применена в любом конвертерном цехе, который оснащен системами быстрой и точной регистрации температуры и содержания С в стали в конце продувки, а также системой обнаружения шлака.

Примером завода по обеим техникам является Рууки, Финляндия. Метод автоматизированной технологии выплавки стали на сталелитейном заводе SSAB Tunnpåt AB в Лулео, Швеция постепенно внедрялась в конце 1990-х годов. Первым шагом было внедрение быстрого и прямого выпуска стали с последующей автоматизацией всей последовательности выпуска, включая выпуск шлака.

Экономика

Система автоматической крышки ковша позволяет производителю стали значительно снизить производственные затраты.

Автоматизированная технология в основном связана с повышением производительности, снижением затрат на техническое обслуживание и снижением износа огнеупоров.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения технологии являются повышение производительности, лучший контроль процесса с повышенным выходом, повышение эффективности использования энергии и экономия затрат.

Движущими силами для повышения степени автоматизации процесса являются: стабилизация и увеличение производства стали и увеличение использования времени, улучшенное управление технологическим процессом, улучшенная рабочая среда, увеличенный срок службы футеровки.

5.5.4.4. Прямой выпуск стали из конвертера

Описание

Обычно для отбора проб, не дожидаясь химического анализа взятых проб (прямой выпуск), используются дорогостоящие устройства, такие как пробоотборники или системы датчиков.

Техническое описание.

В Финляндии разработана практика для достижения прямого выпуска без таких средств. На практике концентрация углерода при продувке снижается до 0,04 %, и одновременно температура ванны жидкого чугуна снижается до заданного значения. Перед выпуском плавки измеряют температуру и активность кислорода (с использованием кислородного концентрационного элемента) в жидкой стали для принятия дальнейших действий.

Коэффициент дополнительной продувки на заводе в Овако, Коверхар, Финляндия, сегодня составляет примерно 5 %.

Достигнутые экологические выгоды

Благодаря прямому выпуску достигается повышенная энергоэффективность и наблюдается положительное воздействие на окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Преимущество практики прямого выпуска заключается, главным образом, в повышении энергоэффективности. Охлаждение ванны после продувки уменьшилось на 20 °С. В то же время сокращается время от выпуска до выпуска на 20 %. Это означает значительное повышение производительности. Из-за улучшенного теплооборота объем лома увеличился на 5 % по сравнению с методами не прямого выпуска. Это означает сокращение выбросов CO₂ примерно на 15 кг/т.

Срок службы футеровки увеличивается примерно на 10 %. Благодаря увеличенному сроку службы футеровки и большему количеству рециркулируемого материала (лома) также достигается снижение воздействия на окружающую среду.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Эта практика в основном применима на установках ККП с определенными предварительными условиями. Для успешного прямого выпуска необходимы некоторые предварительные условия, такие как подходящий анализатор горячего металла и средства для удаления шлака. Наличие печи-ковша облегчает реализацию этой практики. Прямой выпуск стали используется на заводе Ovaako (Коверхар, Финляндия) с 2001 года практически для всех марок стали и касается практически всех качеств стали, за исключением некоторых специальных сталей. На долю прямого выпуска сегодня приходится 99 % всех расплавов.

Экономика

Экономические выгоды связаны с повышением производительности, снижением энергопотребления и уменьшением количества огнеупорных изделий.

Движущая сила внедрения

Повышенная энергоэффективность является движущей силой для внедрения этого метода. Другими движущими факторами являются повышение производительности, экономия средств и снижение воздействия на окружающую среду.

5.5.4.5. Непрерывная разливка полосы по форме, близкой к окончательной

Описание

Непрерывная разливка полос в форме, близкой к заданным параметрам, означает непрерывную разливку стали в полосы толщиной менее 15 мм. Процесс литья сочетается с прямой горячей прокаткой, охлаждением и намоткой полос без промежуточной печи повторного нагрева, используемой для традиционных методов литья, например непрерывного литья слябов или тонких слябов. Таким образом, такое литье представляет собой метод получения плоских стальных полос различной ширины и толщины менее 2 мм.

Техническое описание

Процесс литья можно разделить на различные методы. Все они характеризуются движущимися кристаллизаторами без использования литейного порошка. Двухвалковое литье полос в виде вертикальной разливки и прямая горизонтальная разливка полосы (которая раньше называлась прямой разливкой полосы) представляют наибольший промышленный интерес.

Достигнутые экологические выгоды

В связи с экономией энергии снижаются выбросы диоксида углерода (CO_2).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Достижимый эффект экономии энергии связан с тем, что повторный нагрев не требуется, а также на снижении уровня горячей прокатки. По сравнению с обычным литьем слябов дополнительная энергия для достижения температуры, необходимой для горячей прокатки, не требуется.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология литья полос применима как на новых, так и на действующих сталелитейных заводах. Применимость зависит также от производимых марок стали (например: не подходит для производства толстых листов с помощью этого процесса) и от ассортимента продукции отдельного сталелитейного завода. Ленточные ролики (двухвалковые ролики) эксплуатируются на заводе ThyssenKrupp Nirosta (Бохум, Германия) (400 тысяч тонн в год); Nucor Crawfordsville (Индиана, США) (400 тысяч тонн в год) и Nippon Steel (Япония).

Экономика

Существуют три основных экономических стимула для внедрения технологии литья полос: капитальные затраты, экономия энергии и требуемая площадь. Кроме того, этот метод применим для широкого спектра марок стали, а производственная мощность однолинейной литейно-прокатной машины составляет примерно 1,5 млн тонн в год.

Движущая сила внедрения

Горизонтальное литье полосы предотвращает воздействие из-за изгиба и выпрямления изделия. В частности, применение этого метода выгодно для получения марок с критическими свойствами пластичности при высокой температуре. Могут быть получены высоколегированные марки стали (в частности, с высоким содержанием алюминия (Al)), поскольку не происходит взаимодействия с литейным порошком. Экономические и экологические факторы.

5.6. НДТ при производстве стали в электродуговых печах (ЭДП)

5.6.1. Технические решения в процессе производства стали в ЭДП

5.6.1.1. Оптимизация процесса производства стали в ЭДП

Описание

Процесс производства стали в ЭДП постоянно совершенствуется с целью оптимизации и повышения производительности, что коррелирует со снижением удельного энергопотребления.

Техническое описание

Наиболее важными методами являются: (сверх) высокая мощность работы; боковые стенки и свод с водяным охлаждением; кислородно-топливные горелки и кислородная фурма; система донного выпуска; практика вспенивания шлака; ковшовая или внепечная обработка стали; автоматизированный отбор проб и добавление легирующих элементов; повышенная энергоэффективность; компьютерное управление технологическими процессами и автоматизация.

(Сверхвысокая) мощность работы основана на использовании более мощных печных трансформаторов. Решающими характеристиками печей сверхвысокой мощности являются номинальная установленная мощность, средний энергетический КПД и время использования трансформатора. Внедрение данного метода может привести к повышению производительности, снижению удельного расхода электродов и уменьшению объема удельного объема отходящего газа, но также и повышенному износу футеровки печи.

Боковые стены и свод печи с водяным охлаждением. С 1980 года стены и своды печей облицовываются панелями с водяным охлаждением, что дает возможность экономить огнеупорный материал, использовать технологию печей сверхвысокой мощности, а также повторно использовать отходящее тепло путем применения мер по рекуперации энергии. Однако экономическую целесообразность рекуперации энергии следует проверять на каждом предприятии.

Кислородно-топливные горелки и кислородная фурма способствуют равномерному расплавлению лома. Это также частично компенсирует эффект контроля максимальной потребности в электроснабжении. Обычно дополнительное поступление энергии через кислородно-топливные горелки и кислородную фурму приводит к снижению общего требуемого расхода энергии.

Система донного выпуска используется с 1983 года и широко применяется в настоящее время, поскольку это позволяет свести к минимуму количество окисленного шлака (выноса) в ковш во время выпуска. Это также позволяет экономить затраты на уменьшение количества необходимого огнеупорного материала для более быстрого слива и для снижения потерь энергии. Кроме того, это упрощает улавливание дыма. Обычно большинство новых ЭДП для углеродистой стали оснащаются системами донного выпуска. Однако некоторые старые печи, а также большинство печей для производства нержавеющей стали все еще оснащены сливным носком дуговой печи (

позволяют выпускать расплав целиком и частично, процесс хорошо контролируется, а обслуживание является простым.

Практика вспенивания шлака. Наведение пенистого шлака внутри печи улучшает теплопередачу к шихте, а также защищает огнеупорный материал внутри печи. Благодаря лучшей стабильности дуги и меньшему воздействию излучения вспенивание шлака приводит к снижению энергопотребления, расхода электродов, уровня шума и повышению производительности. Это также оказывает положительное влияние на некоторые металлургические реакции (например, между шлаком и расплавом).

Информация о неблагоприятном воздействии практики получения вспененного шлака на возможности использования шлака не встречалась. Следует отметить, что использование метода вспенивания шлака невозможно для некоторых марок стали, таких как нержавеющая сталь и другие высоколегированные стали.

Ковшовая или внепечная обработка стали. Некоторые производственные этапы могут быть выполнены более эффективно в других агрегатах (таких как десульфурация, легирование, температурная и химическая гомогенизация). Технология переноса специфических операций на ковши, ковшовые печи или другие емкости была введена в 1985 году. Заявленные преимущества этой разработки заключаются в экономии энергии (чистая экономия 10 – 30 кВтч/т), сокращении времени от плавки до плавки примерно на 5 – 20 минут, повышении производительности, лучшем контроле температуры стали при нагреве, подаваемом на непрерывную разливку, возможном снижении расхода электрода (до 0,1 – 0,74 кг/т), экономии легирующих и снижение выбросов от самого процесса ЭДП. Возможным недостатком использования ковшей или других агрегатов для борьбы с загрязнением воздуха является увеличение количества источников выбросов, что требует более высоких инвестиций в оборудование для борьбы с загрязнением воздуха в виде дополнительных устройств для улавливания дыма, таких как вытяжки.

Повышенная энергоэффективность. Потребность ЭДП в электроэнергии значительно возросла с 1995 года, что приводит ко все большему нарушению работы электрических сетей, что подразумевает потери электрической энергии.

Улучшение электроснабжения с помощью эффективной силовой электроники позволяет повысить производительность и снизить общую потребность в энергии. Удельное потребление электроэнергии в 360 кВтч/т было достигнуто за счет ЭДП постоянного тока мощностью 100 МВт на предприятии ArcelorMittal (Эш-Бельваль, Люксембург).

Компьютерное управление технологическими процессами и автоматизация стало необходимым и широко используется примерно с 1982 года, поскольку высокая производительность требует эффективных систем управления потоками материалов и

данных, возникающих при выборе сырья, печи, печи-ковше и МНЛЗ. Эффективные системы управления, в частности, позволяют оптимизировать потребление энергии в печи и позволяют увеличить производительность, а также снизить выбросы пыли.

Достигнутые экологические выгоды

Указано в описании каждого метода.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Указано в описании каждого метода. Основное оборудование ПФ ТОО "KSP Steel", участвующие в производстве, оборудованы компьютерными системами мониторинга, отвечающими передовым требованиям. Компьютерное обеспечение произведено фирмами Siemens, Toshiba, CAS и другими мировыми производителями. Компьютерная система мониторинга позволяет отслеживать все параметры работы технологического оборудования и необходимые параметры ведения технологического процесса. Систематический контроль и регулирование основных контролируемых параметров газоочистной установки фильтров типа ФРО и ФРС обуславливает оптимальный режим процесса пылеулавливания, обеспечивающий самый низкий среднестатистический уровень выбросов.

Кросс-медиа эффекты

Кислородно-топливные горелки увеличивают расход отходящих газов, но, с другой стороны, они снижают общую потребность в энергии.

Боковые стены и крыши с водяным охлаждением требуют дополнительного энергопотребления примерно в 10 – 20 кВт*ч/т, но может быть компенсировано преимуществами в области доступности установки и технического обслуживания. Боковые стенки и крыши с водяным охлаждением, среди прочего, предоставили возможность применять современные технологии, такие как печи высокой мощности или сверхвысокого давления.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные методы применимы как к новым, так и к действующим установкам. Многие заводы в ЕС оснащены описанными технологиями и эксплуатируются в оптимизированных условиях.

Экономика

В зависимости от используемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Необходимость повышения производительности.

5.6.1.2. Предварительный нагрев лома

Описание

Использование физического тепла отходящего газа (приблизительно 140 кВтч/т стали) получило широкое развитие. Одним из вариантов является использование физического тепла для предварительного нагрева лома. Лом может быть

предварительно нагрет примерно до 800 – 1000 °С с помощью периодических систем и до 300 – 400 °С системой непрерывного действия перед процессом плавления ЭДП, что снижает общее потребление энергии до 100 кВтч/т жидкой стали. Такой подогрев выполняется либо в загрузочной бадье или в загрузочной шахте (шахтной печи), являющейся добавкой к электродуговой печи, или в специально спроектированной системе транспортирования лома, позволяющей непрерывную загрузку в течение процесса плавления. В некоторых случаях даже дополнительная топливная энергия добавляется в процессе подогрева.

Техническое описание

Шахтная технология была разработана поэтапно. В 1988 году компания Fuchs Systemtechnik GmbH, ныне SIEMENS VAI Metals Technologies (Германия) приступила к разработке, направленной на устранение недостатков ковшовых подогревателей лома, и выбрала прямую загрузку лома в шахту, расположенную на своде ЭДП. С помощью одной шахтной печи можно предварительно разогреть 100 % лома.

Еще одной модификацией является двухшахтная печь, которая состоит из двух идентичных шахтных печей (конструкция с двумя корпусами), которые расположены рядом друг с другом и обслуживаются одним комплектом электрододержателей. Лом частично предварительно нагревается отходящим газом, а частично - горелками в боковых стенках.

Очень эффективной конструкцией шахтной печи является дуговая электропечь с шахтой, оборудованной "пальцами". В конструкции используется уникальная система удержания лома с помощью пальцев, которая позволяет предварительно нагревать 100 % количества лома. Первая корзина с ломом подогревается в течение рафинирования предыдущей плавки, а вторая в течение плавления первой корзины. В 1994 году на заводе Nylsa в Монтеррее (Мексика), была запущена первая пальцевая шахтная печь. Благодаря использованию печи отходящий газ во время теплового цикла лом может быть предварительно нагрет до температуры приблизительно 1000 °С перед окончательной плавкой в емкости печи. Это означает значительную экономию энергии и затрат при значительном сокращении времени от плавки к плавке.

Все образующиеся выбросы от систем предварительного нагрева лома могут сжигаться в отдельной камере сгорания, расположенной дополнительно.

Достигнутые экологические выгоды

С помощью шахтных установок можно достичь очень высоких температур предварительного нагрева лома – до 800 – 1000 °С. С помощью описанных методов предварительного нагрева лома можно сэкономить энергии 70 – 100 кВтч/т стали, что составляет около 10 – 25 % от общего расхода электроэнергии. Рассчитанная на основе первичной энергии, экономия может быть выше, учитывая эффективность

энергоснабжения. Кроме того, два решения для предварительного нагрева лома сокращают время от выпуска до выпуска, поскольку для загрузки требуется меньше электроэнергии и сокращается время простоя при загрузке.

В сочетании с усовершенствованной системой очистки отходящих газов предварительный нагрев лома играет важную роль в оптимизации процесса выплавки стали в ЭДП, что связано не только с производительностью, но и с минимизацией выбросов.

В качестве побочного эффекта предварительный нагрев лома снижает выбросы неочищенной пыли примерно на 20 %, поскольку отходящий газ должен проходить через лом, который действует как фильтр. Это снижение коррелирует с увеличением содержания цинка в пыли, что способствует ее вторичной переработке.

С помощью систем непрерывной подачи лом может быть нагрет до средней температуры 300 °С, таким образом, повышается КПД печи и снижается потребление энергии. Но непрерывная подача имеет ряд дополнительных преимуществ, включая более низкий уровень шума.

Считается, что весь оксид углерода (СО) и водород (Н₂) выделились в процессе плавления и сгорают до диоксида углерода (СО₂) и Н₂О внутри подогревателя. Непрерывность процесса позволяет достичь стабильной температуры отходящих газов на выходе от 800 до 1100 °С при избытке кислорода 8 – 10 %, что обеспечивает полное разрушение ПХДД/Ф. Тем не менее, опыт по крайней мере двух установок непрерывной зарядки показал высокую концентрации выбросов ПХДД/Ф, значительно превышающие значение 0,1 нг I-ТЕQ/Нм³. Это означает, что дополнительные меры по сокращению ПХДД/Ф для обеспечения концентрации в выбросах ниже 0,1 нг I-ТЕQ/Нм³ могут потребоваться также для методов непрерывной зарядки в зависимости от конкретного случая.

В 2008 году на ЭДП Mo i Rana была реализована печь CONSTEEL. Для уменьшения выбросов пыли, диоксинов и ртути после рукавного фильтра был установлен угольный фильтр. Измерения, проведенные как до, так и после применения печи CONSTEEL, показывают, что содержание примесей и ртути уменьшилось более чем на 90 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

С момента своего запуска ни одна печь CONSTEEL не была остановлена.

Кросс-медиа эффекты

Предварительный нагрев лома выглядит очень привлекательно с точки зрения управления энергопотреблением, но может привести к значительному образованию органических загрязнителей из-за возможного присутствия органических веществ на ломе. Высокие выбросы ПХДД/Ф, хлорбензолы, полихлорированные дифенилы (ПХБ),

а также полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и другие частичные продукты горения могут образовываться из металлолома, загрязненного красками, пластмассами, смазочными материалами или другими органическими соединениями.

Эти выбросы могут быть сведены к минимуму путем дожигания отходящего газа в специально сконструированной камере дожигания, оснащенной горелками на ископаемом топливе. Из-за высокой температуры, которая должна быть достигнута для уничтожения СОЗ (стойких органических загрязнителей), присутствующих в отходящих газах, количество требуемой энергии является значительным и на порядок превышает экономию энергии, обеспечиваемую предварительным нагревом лома.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применим как к новым, так и к действующим установкам. На действующих заводах необходимо учитывать местные условия, связанные с наличием свободного места и ограничениями для установки конвейера и расположения свалки, что иногда может препятствовать установке такого оборудования. Для систем предварительного нагрева лома не требуется больше лома специального размера, чем для обычной ЭДП. Метод применяется на двухконтурной шахтной печи со встроенным предварительным нагревом в шахте: ASW (Монтеро, Франция), на шахтной печи с двумя пальцами и одношахтной печи, Чжанцзяган, П.Р. (Китай).

Экономика

Короткий срок окупаемости (порядка 1 года). Общая экономия затрат с помощью процесса CONSTEEL для плавильного цеха производительностью в млн тонн/год составляет около 9,5 евро/тонну стали.

Движущая сила внедрения

Основной движущей силой является повышение производительности, достижение более высокого выхода шихты и снижение затрат на конверсию в сочетании с меньшим воздействием на окружающую среду. Другим основным фактором является снижение электрических помех на заводах, где существует проблема с сетью электроснабжения.

5.6.2. Технические решения по снижению воздействия на атмосферный воздух

5.6.2.1. Сокращение выбросов пыли при переработке шлака

Описание

Если шлак собирается в шлаковом ковше на ЭДП, его размещают во внешние шлакосборники для затвердевания. Охлаждение шлака может быть усилено водяными брызгами, приводящими к образованию паров. Если шлак высыпается на пол, то после затвердевания он предварительно измельчается с помощью экскаваторов или лопаточных погрузчиков и впоследствии вывозится на внешнее складское помещение.

Через определенный промежуток времени шлак перерабатывается в дробильно-сортировочных устройствах с целью придания желаемой консистенции для

отделения металлов от шлака и для его дальнейшего использования в строительстве. Дробление шлака и извлечение металла могут привести к выделению пыли.

Техническое описание

Чтобы свести к минимуму выбросы пыли, дробильно-сортировочные устройства должны быть закрыты. Выбросы от дробления и просеивания впоследствии очищаются с помощью рукавного фильтра. Конвейерные ленты должны быть закрыты; места передачи могут быть увлажнены. При хранении переработанного шлака необходимо увлажнение с целью обеспыливания. Во время загрузки дробленого шлака можно использовать водяное орошение для минимизации выбросов пыли.

Достигнутые экологические выгоды

С помощью этого метода может быть достигнута остаточная концентрация пыли $< 10 - 20 \text{ мг/м}^3$.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих производствах. Примерами использования данного метода являются производства BSW (Кель, Германия), Георгсмариненхютте (Оснабрюк, Германия), Лех-Штальверке (LSW) (Майтинген, Германия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов твердых частиц.

5.6.2.2. Усовершенствованные системы сбора выбросов

Описание

Конструктивные решения для предотвращения и снижения выбросов при получении стали с помощью электродуговых печей.

Техническое описание

Первичные и вторичные выбросы должны максимально улавливаться, предпочтительно на источнике выбросов, следующий этап - очистка. Предпочтительными системами являются комбинация 4-го отверстия (в случае трех электродов, например, переменного тока) или 2-го отверстия (в случае одного отверстия, например, для печи на постоянном токе), непосредственного отвода с системами вытяжного зонта (или закрытий печи) или общего удаления из здания являются предпочтительными системами.

С помощью 4-го или 2-го отверстия первичные выбросы, образующиеся в периоды плавки и продувки, могут быть собраны почти полностью. Этот тип технологии прямого извлечения является передовым в современном процессе ЭДП для сбора первичных выбросов. Он также может быть применен к агрегатам вторичной металлургии.

В системе навесных вытяжек одна или несколько вытяжек над печью косвенно собирают дымовые газы, выходящие из печи во время загрузки, плавки, удаления шлака и выпуска (до 90 % первичных выбросов, а также вторичных выбросов). Вытяжные системы широко используются в процессе производства стали в ЭДП. В сочетании с системами прямого извлечения эффективность сбора первичных выбросов, а также вторичных выбросов повышается до 98 %. Также устанавливаются вытяжки для сбора выбросов, образующихся в агрегатах вторичной металлургии, бункерах и конвейерных лентах. Печные ограждения, также называемые кожухи сталеплавильной печи, обычно закрывают печь, ее отводной свод, а также оставляют некоторое рабочее пространство перед дверцей печи. Как правило, отходящие газы отводятся вблизи верхней части одной из стен корпуса, а подпиточный воздух поступает через отверстия в полу печи. Более сложные этапы обработки, приводящие к потерям времени и, возможно, более высоким инвестициям (например, необходимость в дополнительных механизмах открывания и закрывания дверцы рабочего окна и процедурах для загрузки и опорожнения печи) являются недостатками этого типа технологии сбора. Показатели сбора в кожухах аналогичны или обычно немного выше, чем в комбинациях сводовых дополнительных отверстий. Положительным эффектом кожухов печей является снижение уровня шума, если они сконструированы надлежащим образом. Снижение уровня шума на установке ЭДП с помощью звукозащитных корпусов может снизить средний уровень звукового давления между 10 и 20 дБ(А).

Корпуса печей также могут применяться в процессах вторичной металлургии.

Другим способом сбора вторичных выбросов от печи и других установок является полное ограждение всех установок в одном герметичном здании. Возведение таких зданий и дополнительных необходимых больших пылеулавливающих установок для достижения полного обеспыливания налагают значительные затраты. Дополнительным эффектом этой меры является снижение уровня шума, проникающего снаружи. Обычно давление в ограждающем здании ниже атмосферного для предотвращения утечки паров через случайные дверные проемы. Для высокой скорости сбора должен быть обеспечен достаточный объем экстракции. В зависимости от системы сбора объемы выпуска часто находятся в диапазоне от 600 тысяч до 1,2 млн м³/ч.

Достигнутые экологические выгоды

Комбинация прямого отвода дыма и вытяжной системы обеспечивает сбор около 98 % первичных выбросов. Кроме того, также может быть собрана значительная доля

вторичных выбросов при загрузке и сливе продукции. Комбинация устройства прямой вытяжки и корпуса печи позволяет даже достичь показателей сбора от 97 % до 100 % от общего объема выбросов пыли.

В ПФ ТОО "Кастинг" для предотвращения выбивания газа из печи через отверстия для электродов зазоры между электродами и сводом печи закрывают специальными уплотнениями. Перед подачей на пылеочистку запыленный газ подается в специальную камеру, где происходит частичное дожигание оксида углерода (СО) и его охлаждение. Для отвода неорганизованных выделений печей в периоды загрузки печи и слива металла в сталеразливочный ковш над печами в межферменном пространстве устроены вытяжные аспирационные системы в виде подкрышных зонтов, от которых запыленный газ подается на пылегазоочистку, минуя камеру дожигания оксида углерода (СО). Установки "Печь-ковш" оборудованы вытяжными зонтами, от которых запыленный газ подается на пылегазоочистку.

На электрометаллургическом заводе НЛМК-Калуга (входит в Группу НЛМК) (Россия) заменили свыше 1,5 тысяч фильтров в системах очистки воздуха. Централизованная система газоочистки электросталеплавильного цеха НЛМК-Калуга обеспечивает остаточную концентрацию пыли на уровне 5 мг/м^3 . Система улавливает более 99 % пыли, которая образуется при выплавке стали. Уловленная фильтрами пыль перерабатывается на НЛМК-Калуга для производства окатышей и отгружается потребителям для дальнейшего использования в производстве стали или строительных материалов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Необходима дополнительная энергия.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо как на новых, так и на действующих установках. Многие заводы в Европе имеют комбинацию прямого отвода отходящих газов и вытяжек (пример, ArcelorMittal в Люксембурге и др.).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Основной движущей силой является сокращение выбросов твердых частиц.

5.6.2.3. Методы борьбы с первичными и вторичными выбросами в атмосферу из электродуговых печей

Методы борьбы с первичными и вторичными выбросами в атмосферу относятся к общим первичным и вторичным выбросам. Следовательно, если первичные и

вторичные выбросы обрабатываются отдельно, указанная концентрация в качестве достижимой производительности следует сравнивать со средневзвешенным значением концентраций в первичных и вторичных выбросах, измеренных после системы сбора пыли.

5.6.2.3.1. Удаление пыли с помощью рукавного фильтра и электрофильтра

Описание

Использование сухих методов очистки для предотвращения и/или снижения выбросов твердых частиц.

Техническое описание

Рукавные фильтры очень эффективны при улавливании всех загрязняющих веществ, связанных с частицами, например тяжелых металлов, а также ПХДД/Ф, особенно при использовании адсорбирующих агентов. Для больших рукавных фильтров, которые обычно требуются на сталеплавильных заводах ЭДП, выбирается конструкция с трубчатыми тканевыми мешками длиной около 6 м и диаметром около 200 мм. Очень важный конструктивный параметр рукавных фильтров является соотношением воздуха к ткани, которое в случае процесса ЭДП часто составляет от 1 до 1.3 ($\text{м}^3/\text{мин}/\text{м}^2$).

Типичным фильтрующим материалом для применения в ЭДП является искроустойчивый полиэстер или игольчатый войлок с покрытием из ПТФЭ. Однако важной проблемой при эксплуатации рукавного фильтра является предотвращение попадания раскаленных частиц в фильтрующую среду и, таким образом, прожигания в ней отверстий. Для этой цели в каналах подачи сырого газа часто устанавливаются искрогасящие устройства, такие как циклоны.

Чистка ткани, т.е. периодическое удаление пыли, скопившейся на ткани поверхность производится либо механическим встряхиванием, либо с помощью непрерывной, полностью автоматизированной системы очистки импульсной струей (сжатым воздухом) в режиме реального времени, что означает, что технологический процесс продолжается в течение техобслуживания. Пылевые осадки, выпадающие из мешков, собираются в мусорные баки под мешками и транспортирующей системой выносятся за пределы фильтра.

На некоторых редких установках ЭДП используются ЭСФ, но с несколько меньшей эффективностью снижения выбросов.

Достигнутые экологические выгоды

При хорошо спроектированных и эксплуатируемых рукавных фильтрах достижимы годовые значения выбросов пыли в размере $1 \text{ мг}/\text{Нм}^3$, остаточные выбросы менее $5 \text{ мг}/\text{Нм}^3$ (в среднем за сутки).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Более высокие выбросы могут возникать, например, при разрушении частей рукавных фильтров. Этого можно избежать при правильной эксплуатации, которая заключается в непрерывном мониторинге выбросов пыли и последующей замене всех разрушенных рукавных фильтров. Хорошая конструкция состоит из камер с правильными размерами, что сводит к минимуму механический износ, искрогасителей и контроля температуры, а также обнаружения чрезмерного скопления пыли.

Существуют различные типы ткани, используемые для изготовления фильтровальных мешков. Некоторые допускают максимальную температуру 125 – 130 °С, другие могут использоваться при температуре до 250°С. Поток отходящего газа должен быть охлажден до подходящей температуры. Часто это делается путем смешивания первичного и вторичного потоков. Если результирующая температура все еще слишком высока, и в случае отдельной фильтрации первичного и вторичного потоков, в потоке первичного отходящего газа необходимо установить дополнительные охлаждающие устройства.

Потребление электроэнергии составляет примерно 20 – 28 кВтч/т жидкой стали для рукавных фильтров и эвакуации всего здания.

Электродуговые печи ПФ ТОО "KSP Steel" оснащены аспирационной установкой, которая позволяет снизить выброс пыли в атмосферный воздух на 95 %. Для очистки отходящих газов от пыли используются циклоны и рукавные фильтры

Отвод дымовых газов от электродуговых сталеплавильных печей ПФ ТОО "Кастинг" производится непосредственно из-под свода печей через специальное (четвертое) отверстие, откуда дымососами по системе воздуховодов запыленные газы направляются на пылегазоочистку, где установлены рукавные фильтры типа ФРО-6300 с эффективности очистки 82,59 – 83,56 % и марки "Puis Jet" (Италия) с КПД 95,73 %.

Кросс-медиа эффекты

Рукавные фильтры улавливают, по существу, пыль, включая все тяжелые металлы, которые присутствуют в виде твердых частиц при температуре фильтрации, а также органические вещества, которые адсорбируются в пыли, в том числе ПХДД и ПХДФО.

Технические соображения, касающиеся применимости

Очистка отходящих газов рукавным фильтром применима для новых и действующих установок. Большинство европейских сталеплавильных заводов ЭДП используют рукавные фильтры для удаления пыли.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Завод "Ижсталь" (Россия) в 2022 году завод завершил реализацию проекта по подключению ДСП-25 к современной системе газоочистки сталеплавильного комплекса ДСП-40, технические характеристики которой удовлетворяют жестким экологическим требованиям. В ходе работ смонтировали газопровод диаметром до 3 метров и протяженностью около 200 метров, который соединил печь ДСП-25 с

современной установкой газоочистки, на крыше цеха установили вытяжной зонт для улавливания остаточных газов, построили пылесадительную камеру для улавливания крупных взвешенных частиц. В общей сложности смонтировали более 500 тонн различных металлоконструкций. Кроме того, завод ввел в эксплуатацию новую насосно-аккумуляторную станцию и дымосос, оснастил дополнительным оборудованием участок водоподготовки. Стоимость реализации проекта порядка 300 млн рублей.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.6.2.3.2. Уменьшение содержания ПХДД/Ф посредством дожигания и тушения в сочетании с рукавным фильтром

Описание

Дожигание в камере сгорания направлено в первую очередь на полное сгорание оксида углерода (СО) и водорода (H_2), остающихся в отходящем газе, чтобы избежать неконтролируемых реакций в оборудовании для очистки газа.

Дожигание, когда оно хорошо оптимизировано (т.е. когда температура и остаточное время достаточны), снижает выбросы органических и хлорорганических соединений, таких как ПАУ, ПХД или ПХДДД/Ф. Последующее сжигание с целью дополнительной минимизации микроколичеств органических загрязнителей требует достаточного времени удерживания, степени турбулентности и температуры.

Тепло, выделяющееся при таком сгорании, обычно не рекуперруется, если только рекуперация невозможна с охлаждающей водой.

Чтобы предотвратить синтез ПХДД/Ф, необходимо обеспечить быстрое охлаждение (закалку) из паров как можно скорее после дожигания до температуры ниже 250 °С, при которой исключается любой риск первичного синтеза. В некоторых случаях это может быть достигнуто путем разбавления вторичного контура; однако в основном такое охлаждение достигается путем впрыска воды в тушильной башне.

Достигнутые экологические выгоды

Концентрации ПХДД/Ф, измеренные на двух ЭДП с последующим сжиганием и быстрым тушением, составляли от 0,102 до 0,7 нг I-ТЕQ/Нм³.

Основными причинами наблюдаемой недостаточной надежности этого метода считаются: недостаточный уровень температуры, достигнутый в камере дожигания в течение первых нескольких минут процесса плавки ЭДП, как раз в то время, когда из печи вероятен вынос наибольшего количества органических загрязнений; расстояние между камерой дожигания и тушильной башней, в данном конкретном случае из-за ситуации с дооснащением был длительным, и, таким образом, существовал постоянный потенциал для первичного синтеза.

При надлежащем дожигании с последующим быстрым охлаждением (путем разбавления воздухом или водой гашением) могут быть достигнуты концентрации выбросов ПХДД/Ф ниже $<0,1$ нг I-TEQ /Нм³. В некоторых случаях по вышеупомянутым причинам могут наблюдаться более высокие концентрации ПХДД/Ф.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Расход воды на тушение может составлять до 40 тонн в час. Тепловое сгорание перед тушением может быть достигнуто с помощью горелок на природном газе в камерах дожигания.

Кросс-медиа эффекты

Дожигание с помощью дополнительных горелок потребляет значительное количество энергии (порядка 30 кВт*ч/т). Поскольку горячие отходящие газы необходимо гасить, чтобы предотвратить первичный синтез ПХДД/Ф, энергия не может быть восстановлена.

Технические соображения, касающиеся применимости

Дожигание может применяться как на новых, так и на действующих установках. Данный метод применяется в ArcelorMittal (Гамбург, Германия), Gerlafingen Stahl AG (Герлафинген, Швейцария) и др.

Экономика

Инвестиционные затраты на тушильную башню в 1997 году составили около 1,2 млн евро. Дополнительные экономические данные отсутствуют. Это представляет собой более высокие инвестиции по сравнению с процессом адсорбции.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов ПХДД/Ф.

5.6.2.3.3. Уменьшение содержания ПХДД/Ф с помощью адсорбирующих материалов в сочетании с рукавными фильтрами

Описание

Чтобы снизить содержание стойких органических загрязнителей, особенно ПХДД/Ф, в общем объеме отходящих газов (первичные и вторичные выбросы), адсорбенты (например, активированный уголь, измельченный активированный бурый кокс или их смеси с известью) можно дозировать в вытяжной канал перед устройством для удаления пыли. Необходимое количество зависит от типа и размера адсорбента. Обычно это составляет от 20 до 150 мг/Нм³ отходящего газа. Размер измельченного активированного бурого кокса обычно составляет от 0 до 0,4 мм, в среднем 0,63 мкм. При измельчении средний размер составляет около 24 мкм, что приводит к снижению скорости дозирования. Используемые углеродсодержащие адсорбенты имеют средний размер зерен около 25 мкм.

Адсорбция происходит в три этапа; во-первых, когда поток адсорбирующего агента попадает в поток сырого газа, во-вторых, когда обогащенный адсорбентом сырой газ поступает в фильтрующее устройство, и в-третьих, (особенно при использовании рукавных фильтров), когда газовая фаза пересекает обогащенный адсорбентом слой пылевого покрытия на фильтрующей среде.

Углерод, на который адсорбируются молекулы ПХДД/Ф, отделяется от газовой фазы вместе с пылью ЭДП, содержащейся в сыром газе, на последующих рукавных фильтрах.

Достигнутые экологические выгоды

На практике достижимы концентрации остаточных выбросов ПХДД/Ф в 0,01 – 0,1 нг I-TEQ/Нм³. Эффективность удаления достаточно стабильна и надежна. Помимо адсорбции ПХДД/Ф, активированный уголь и измельченный активированный бурый кокс показали высокую эффективность отделения тяжелых металлов и определенную эффективность удаления ртути из газовой фазы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Следует обратить внимание на конечное содержание углерода в пылевой смеси, удаляемой на рукавном фильтре. Чтобы предотвратить риск воспламенения, содержание углерода в пыли ЭДП должно оставаться ниже 4 %.

Использование активированного угля или бурого кокса отличается размером частиц и эффективной адсорбцией площади поверхности и, следовательно, требуемое количество впрыска. Активированный уголь обладает самой высокой удельной свободной поверхностью и проявляет очень хороший адсорбционный эффект. Активированный бурый кокс представляет собой более экономичную альтернативу, чем активированный кокс, а мелко измельченный бурый кокс диаметром 0,024 мм также демонстрирует очень хорошую адсорбционную эффективность и обеспечивает вдвое меньшую дозировку по сравнению со стандартным бурым коксом.

Следует принять меры для предотвращения попадания искр на рукавные фильтры.

Кросс-медиа эффекты

Количество энергии, необходимое для дозирования измельченного активированного бурого угля, невелико. Фильтрующая пыль содержит порошок бурого кокса и несколько повышенное количество ПХДД/Ф.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим как к новым, так и к действующим установкам. Метод применяется на ArcelorMittal, Esch-Belval, Дифферданж и Шиффланж, на производствах в Люксембурге и др.

Экономика

Инвестиции в общий поток отходящих газов (первичных и вторичных отходящих газов) с завода ЭДП, производящего около 1 млн тонн стали в год, составляют около 500 тысяч евро.

Движущая сила внедрения

Снижение воздействия на атмосферный воздух, а также в случае Feralpi в Ризе (Германия), увеличение производственных мощностей.

5.6.3. Технические решения по снижению сбросов загрязняющих веществ

5.6.3.1. Очистка сточных вод от непрерывной разливки

Описание

Вода используется в машинах непрерывного литья заготовок для непосредственного охлаждения слябов, блюмов и других заготовок.

Таким образом, образуется поток загрязненной технологической воды. Во многих случаях эти сточные воды обрабатываются вместе с потоками сточных вод со станов горячей прокатки. После обработки вода рециркулируется.

Техническое описание

Кристаллизатор и внутренняя часть роликов обычно охлаждаются водой в замкнутом контуре и здесь не рассматриваются.

Основными загрязнителями являются взвешенные вещества и масла. Основными мерами по сокращению сбросов в воду являются высокая скорость рециркуляции наряду с осаждением и/или фильтрацией отводимых веществ. Для удаления масел (нефтепродуктов) можно использовать баки-сепараторы.

Для удаления нефтепродуктов можно использовать специальные резервуары. Распыляемая вода обычно осаждается путем фильтрации песком до или после охлаждения в испарительной градирне. Фильтрация песком помогает обеспечить низкий уровень загрязнения частицами и нефтепродуктами для достижения удовлетворительно продолжительной работы вторичных распылительных форсунок. Слив из разомкнутого контура для контроля уровня растворенных твердых частиц следует отбирать после установки фильтрации песка, чтобы свести к минимуму выброс взвешенных твердых частиц и любое загрязнение нефтепродуктами. Чтобы предотвратить засорение песчаного фильтра, перед песчаными фильтрами следует установить маслоотделитель.

Методы очистки сточных вод при непрерывном литье можно считать аналогичными методам, описанным в разделе 5.5.2.

Достигнутые экологические выгоды

Подробнее указано в разделе 5.5.2.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Подробнее указано в разделе 5.5.2.

Кросс-медиа эффекты

Подробнее указано в разделе 5.5.2.

Технические соображения, касающиеся применимости

Подробнее указано в разделе 5.5.2. применяется на заводах Германии: BSW, Кель, TSW, Трир.

Экономика

Подробнее указано в разделе 5.5.2.

Движущая сила внедрения

Подробнее указано в разделе 5.5.2.

5.6.3.2. Система водяного охлаждения с замкнутым контуром

Описание

Как правило, вода используется в процессах выплавки стали ЭДП только в связи с бесконтактным охлаждением, и только в том случае, если используется метод мокрой очистки отходящих газов. Поскольку влажная чистка применяется лишь в немногих случаях, эта тема в данном разделе дополнительно не рассматривается.

Техническое описание

Наиболее важным видом использования воды, рассматриваемым здесь, является вода, используемая для охлаждения элементов печи. Дополнительно, некоторое количество воды может быть использовано для охлаждения отходящего газа или на стадии вторичной металлургии. Вода, необходимая для охлаждающих элементов, составляет 5 – 12 м³/м²/час.

Достигнутые экологические выгоды

При применении этого метода не происходит сброса сточных вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Вторичное использование водных ресурсов.

Кросс-медиа эффекты

Система с замкнутым контуром требует дополнительной энергии для перекачки воды и ее повторного охлаждения.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод может быть применен как на новых, так и на действующих заводах. Почти все установки EAF в ЕС используют водяное охлаждение с замкнутым контуром . Preussag Stahl AG (Пайне, Германия), BSW (Кель, Германия) и многие другие заводы в ЕС.

Экономика

Рассматривается в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Ресурсосбережение.

5.6.4. Технические решения по управлению отходами

5.6.4.1. Обработка пыли ЭДП для извлечения тяжелых металлов

Описание

В зависимости от типа производимой стали из отходящего газа отделяется пыли около 10 – 30 кг/т стали. Отделенная пыль, получаемая на установках газоочистки, обычно содержит значительную долю тяжелых металлов. В случае углеродистой стали присутствуют, в основном, цинк и, в меньшей степени, свинец и в случае нержавеющей стали, помимо цинка, присутствуют значительные количества хрома и никеля (Cr и Ni).

Техническое описание

Процессы извлечения цинка и извлечения или удаления других тяжелых металлов являются подходящими вариантами для утилизации ценных ресурсов.

В принципе, существуют пирометаллургические и гидрометаллургические варианты извлечения цинка. Извлечение пыли из ЭДП более экономически целесообразно при высоких уровнях концентрации тяжелых металлов. Чтобы увеличить содержание цинка в своей пыли, некоторые операторы ЭДП перерабатывают часть образующейся пыли обратно в печи.

Достигнутые экологические выгоды

Использование пыли, содержащей железо и тяжелые металлы предпочтительнее по сравнению с утилизацией.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Тяжелые металлы токсичны и могут поддаваться выщелачиванию, что требует особого обращения при дальнейшей переработке и, возможно, утилизации.

Кросс-медиа эффекты

Переработка осажденной пыли ЭДП для обогащения цинком путем возврата ее в процесс приводит к определенным воздействиям на процесс выплавки стали, таким как увеличение потребления энергии.

Кроме того, способ добавления пыли в печь может повлиять на производительность печи. В случае гранулирования пыли перед транспортировкой/рециркуляцией требуется дополнительная энергия, поскольку может произойти гранулирование и дополнительные выбросы пыли.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим как к новым, так и к действующим установкам. В ЕС есть много заводов, на которых есть примеры утилизации пыли на внешних установках. Одним из примеров является ЭДП Мариенхютте (Грац, Австрия), где в результате обработки отходящих газов образуется около 6,9 тонн пыли в год. Пыль с содержанием цинка около 38 % обрабатывается для извлечения цинка.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Соответствие принципам обращения с отходами.

5.6.4.2. Переработка шлака ЭДП

Описание

В процессе работы ЭДП образуется около 60 – 270 кг шлака на тонну стали в соответствии с жесткими техническими требованиями. Затвердевший шлак при производстве углеродистой стали можно рассматривать как искусственную породу, аналогичную природной, состоящую из оксидов железа, кальция и кремния (FeO , CaO , SiO_2) и других оксидов: магния, алюминия, марганца (MgO , Al_2O_3 , MnO). Шлаки характеризуются высокой прочностью, хорошей устойчивостью к атмосферным воздействиям, а также высокой стойкостью к разрушению. Они также обладают свойствами, которые делают их пригодными для использования в гидротехнике. Важным критерием для использования шлака в целом является консистенция по объему, которая зависит от наличия свободной извести.

Техническое описание

Большинство шлаков из низкоуглеродистых марок стали содержат относительно мало свободной извести и подходят для различных применений, таких как дорожное строительство, земляные работы и гидротехника. Шлаки ЭДП при производстве углеродистой стали обычно соответствуют техническим требованиям к материалам, используемым в строительстве. Решающими факторами в отношении этих видов применения являются экологическая приемлемость и конструктивная пригодность. Если соблюдены требуемые законом условия для использования в строительстве, шлак должен быть измельчен, просеян и откалиброван для использования.

Компоненты железистого шлака отделяются с помощью магнитных сепараторов. Обработанный шлак используется в различных строительных целях.

Шлаки, образующиеся при производстве высококачественной стали, пока используются лишь в ограниченной степени. Возможное применение может быть также в дорожном строительстве, после предварительной обработки.

Например, на заводе Böhler Edelstahl, Капфенберг (Австрия), на тонну произведенной стали образуется около 270 кг шлака.

Этот шлак из ДСП считается непригодным для строительной промышленности из-за состава и свойств шлака (например, расширение шлака). Тем не менее, существуют также примеры, когда в качестве строительного материала используются части или даже общее количество шлака из нержавеющей стали, в частности, в случаях с более низкими требованиями к конструкции (например, шумозащитная насыпь).

Возможности использования широкого спектра шлаков вторичной металлургии ограничены. Характеристики являются решающими факторами при использовании

шлаков вторичной металлургии. Иногда они могут быть использованы в строительной области. Но значительная доля образующихся шлаков обычно утилизируется.

К методам обработки шлака относятся (могут применяться и другие методы):

обработка жидкого шлака при выпуске металла с остатками, содержащими оксид алюминия (Al_2O_3).

уменьшение шлака при выпуске металла с алюминием;

оптимизация продувки кислородом и использование некоторых восстановителей;

предотвращение образования пыли при опустошении шлаковой чаши.

Высокоосновный шлак заводов по производству нержавеющей стали содержит Ca_2S , который претерпевает фазовое превращение при охлаждении. Трансформация включает в себя определенное увеличение объема. Путем закалки (гашения) шлака можно подавить фазовое превращение и не допустить образования пыли. В компании Sandvik Materials Technology (Сандвикен, Швеция) проблема пылеобразования была решена путем опустошения шлаковых чаш, заполненных горячим и частично жидким шлаком, в ящик, окруженный подпорной дамбой (для сдерживания). Затем на шлак заливают 12 м^3 воды. Доказано, что быстрое падение температуры вместе со связыванием мелких частиц водой исключает распространение пыли на большие площади. Сама вода повторно используется через резервуар (водосборный бассейн).

Методы обработки шлака из нержавеющей стали, следующие: стабилизация шлака с использованием стабилизирующего агента для предотвращения измельчения; контроль состава шлака; сведение к минимуму выщелачивания хрома из шлаковых материалов; в элюате практически не содержится хром (Cr) (ниже предельного значения чувствительности $0,01\text{ мг/л}$) контроль разделения металла при охлаждении шлака путем дробления, грохочения, гравитационной и магнитной сепарации).

Достигнутые экологические выгоды

Переработка шлаков и повторное использование.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Методы обработки могут улучшить свойства шлаков за счет закрепления хрома в стабильной решетке шлака и могут снизить содержание хрома (Cr) в элюате. Для метода предотвращения образования пыли пыление было уменьшено более чем на 90 %.

Кросс-медиа эффекты

Обработка шлаков требует энергии. Следует обратить внимание на щелочные пары, когда шлак содержит свободный оксид кальция (CaO). Для некоторых методов наблюдается увеличение количества рециркулируемой воды, для других - в процессе необходимы дополнительные стабилизирующие агенты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применим как к новым, так и к действующим заводам по производству углеродистой стали. Дальнейшая обработка может обеспечить лучшую пригодность для использования в качестве строительного материала. К примеру, на BSW (Кель, Германия) применяется переработка шлака с последующим использованием в строительных целях, на Georgsmarienhütte GmbH (Георгсмариенхютте, Германия) применяется продажа шлака для внешней подготовки с последующим использованием в дорожном строительстве.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Соответствие принципам обращения с отходами. Также, для методов обработки отходов движущими силами внедрения являются снижение потребления энергии и общего воздействия на окружающую среду.

5.6.5. Технические решения по энергоэффективности

5.6.5.1. Отливка полосы в форме близкой к окончательной

Описание

Технологии непрерывного литья полос близкой к окончательной форме для электродугового производства стали аналогичны методам, описанным в разделе 5.5.4.5 для производства, стали с использованием кислородного конвертера.

Техническое описание

Процесс литья можно разделить на различные техники. Все они характеризуются движущимися кристаллизаторами без использования литейного порошка. Двухвалковое литье полос в виде технологии вертикального литья и прямое горизонтальное литье (которое раньше называлось прямым литьем) представляют наибольший промышленный интерес.

Достигнутые экологические выгоды

В связи с экономией энергии снижаются выбросы диоксида углерода (CO₂).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Достижимый эффект экономии энергии связан с тем, что повторный нагрев не требуется, а также на снижении трудоемкости горячей прокатки. По сравнению с обычным литьем слябов дополнительная энергия для достижения температуры, необходимой для горячей прокатки, не требуется.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология литья полос применима как на новых, так и на действующих сталелитейных заводах. Подробнее указано в разделе 5.5.4.5.

Экономика

Существуют три основных экономических стимула для внедрения технологии литья полос: капитальные затраты, экономия энергии и требуемая площадь. Кроме того, этот метод применим для широкого спектра марок стали, а производственная мощность однолинейной литейно-прокатной машины составляет примерно 1,5 млн тонн в год.

Движущая сила внедрения

Подробнее указано в разделе 5.5.4.5.

5.6.6. Методы предотвращения шумовых выбросов

Описание

Применение конструктивных и эксплуатационных методов в целях снижения и/или предотвращения шумовых воздействий.

Техническое описание

Некоторые конструктивные и эксплуатационные методы, применяемые для предотвращения шумовых выбросов, включают: ограничение некоторых шумных процессов в ночное время (например, склад металлолома, транспортировка металлолома к установкам); организация специальной информации и обучения по снижению шума для персонала; мониторинг шума на складе металлолома; конструкция зданий и установка оборудования с учетом необходимости поглощения шума; внутренняя акустическая изоляция для стен и крыши для предотвращения воздушного шума здания ЭДП; отделение печи от внешней стенки, чтобы уменьшить структурный шум от здания ЭДП; возведение физических барьеров; уменьшение высоты свободного падения металлолома с целью снижения шума и выбросов пыли при выгрузке металлолома; ограждение штабелей металлолома; непрерывная подача и расплавление лома.

Системы обеспыливания должны соответствовать высоким требованиям по снижению шума. Примеры этого метода включают следующее: установка вентиляторов с шумоизоляцией, дополнительная фиксация вентиляторов в железобетонных камерах, установка шумопоглощающих многослойных элементов в новом фильтровальном корпусе, замена профнастила существующего фильтровального корпуса многослойными элементами, определение максимальных уровней шума для отдельных установок, меры по снижению шума на существующем пылевом фильтре.

Достигнутые экологические выгоды

Благодаря системам непрерывной подачи лома и плавки, таким как CONSTEEL, уровень шума может быть снижен.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

С помощью методов, описанных выше, могут быть достигнуты значения от 37 до 50 дБ (А) люмен (1ч). Измерения на расстоянии 150 м от здания ЭДП ниже 34 дБ (А) люмен (1 час).

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо как на новых, так и для действующих производств. К примеру, на Арбед (Эш-Бельваль, Люксембург), Феральпи (Риза, Германия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущей силой внедрения является предотвращение шумовых выбросов в прилегающей к заводу зоне.

5.7. НДТ при производстве стали в индукционных печах

5.7.1. Технические решения в процессе производства стали в индукционных печах

5.7.1.1. Оптимальная конструкция печи для нагрева сырья

Описание

Индукционная печь для плавки сплавов бывает периодического и полунепрерывного действия. В этих конструкциях есть определенные отличия. В установках периодического действия загрузка шихты, выгрузка готового сырья, обработка материалов выполняется при открытом тигле, наполненном воздушными массами.

В установках полунепрерывного действия аналогичные процессы выполняют без нарушения вакуумной среды. Они автоматизированы. В результате удастся получить металл высокого качества.

Техническое описание

Конструкция индукционной печи оснащена индуктором. Он размещен в рабочей камере. Индуктор охватывает тигель. В некоторых конструкциях используют другую компоновку: индуктор не находится в рабочем пространстве оборудования. Тогда стоит учесть, что вакуумная камера, которая находится непосредственно между индуктором и тиглем, должна быть прозрачна для воздействия магнитного поля.

Последний вариант конструкции печи имеет определенные преимущества. Во-первых, у нее уменьшен объем рабочего пространства. За счет этого удастся его быстро прогреть. Во-вторых, уменьшены поверхности камеры. А это снижает

показатель натекания воздушных масс. Соответственно, уменьшается стоимость откачной системы, а также облегчаются требования к изоляционным свойствам индукторной системы.

Индукционные установки полунепрерывного действия имеют практически аналогичные конструкционные особенности. Отличие состоит в том, что желоб для заливки может убираться автоматически или вручную.

Как правило, индукционные печи полунепрерывного действия оснащают наклоняющимся тиглем. В плавильную камеру – шлюзовой камерой для подачи форм.

Нагревание шихты происходит в специальной емкости – тигле. Для этого в рабочем пространстве оборудования размещены нагревательные устройства. Их максимальная температура нагрева составляет +900 °С. В результате такого воздействия происходит дегазация обрабатываемого сырья.

Все индукционные установки оснащены специальными дозаторами для подачи нужного количества присадок (веществ для повышения качества металла), а также устройствами для отбора проб сплавов. В некоторых конструкциях предусмотрено прогревание сливного носка или желоба посредством создания сопротивления. Все зависит от конструкционных особенностей оборудования и его модификации.

Для уменьшения магнитного потока рассеивания футеровка должна быть минимальной толщины и при этом обеспечивать высокую механическую прочность [63], не растрескиваться при смене температур после слива металла и завалке холодной шихты, обладать высокой огнеупорностью и шлакоустойчивостью. Особенно жесткие требования предъявляют к огнеупорным материалам, используемым в печах высокой частоты. Помимо перечисленных требований, в огнеупорах для печей высокой частоты должны отсутствовать токопроводящие к магнитные примеси, так как частицы этих примесей в высокочастотном поле нагреваются, оплавляются и растворяют футеровку, приводя к прогоранию тигля.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов загрязняющих веществ. При плавке стали в индукционных печах на каждую тонну жидкой стали образующихся пыли и газов в 5 раз меньше, чем в электродуговых [64].

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Небольшие размеры печей позволяют помещать их в камеры, где можно создать любую атмосферу или вакуум.

Кросс-медиа эффекты

Низкая стойкость футеровки, что может привести к частому техническому обслуживанию.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Рассматривается в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Ресурсосбережение. Соответствие получаемой продукции требуемым параметрам.

5.7.1.2. Система управления выбросами загрязняющих веществ

Описание

Для индукционных печей промышленной частоты тока, тигельных и канальных для плавки чугуна и тигельных печей повышенной частоты тока для плавки стали средний удельный показатель выделения пыли составляет 0,75 – 1,50 кг/т металла, масса газообразных загрязняющих веществ незначительна.

При работе плавильных агрегатов, кроме организованных выбросов, следует учитывать неорганизованные выделения за счет неплотностей технологического оборудования и при выполнении некоторых операций производственного процесса (например, при выпуске расплавленного металла в ковши). Они составляют в среднем 40 % массы веществ, выделяемых плавильными агрегатами.

Техническое описание

Методы предварительной и последующей очистки выбросов загрязняющих веществ включают использование дефлекторов, пылесборников, циклонов, ЭФ, скрубберов барьерного типа и др., подробное описание которых приведено в разделе 5.1.2.

Техническое описание

Подробное описание приведено в разделе 5.1.2.

Достигнутые экологические выгоды

С помощью рукавных фильтров можно достичь концентрации выбросов твердых частиц в диапазоне до 20 мг/Нм³.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

См. раздел 5.1.2.

Кросс-медиа эффекты

См. раздел 5.1.2.

Технические соображения, касающиеся применимости

См. раздел 5.1.2.

Экономика

См. раздел 5.1.2.

Движущая сила внедрения

См. раздел 5.1.2.

5.7.1.3. Оптимизация процесса: оптимизация загружаемых материалов, загрузки и эксплуатации

Описание

Представлено описание оптимизации процесса.

Техническое описание

Варианты оптимизации процесса для индукционных печей без сердечника включают:

оптимизация состояния исходного сырья: включает в себя исключение ржавого и грязного сырья, использование исходного материала/лома оптимального размера и плотности, а также использование более чистых науглероживателей. Эти меры сокращают время плавления, уменьшают удельную энергию, необходимую для плавления, и/или уменьшают количество образующегося шлака;

закрытие крышки печи: окисление уменьшается, если избегать плохо подогнанных крышек и ненужных отверстий, путем быстрой загрузки или использования защитной атмосферы над расплавом водорода (H_2). Время открытия минимизируют для предотвращения потери энергии. Необходимое время открытия для загрузки, удаления шлака, измерения температуры, отбора проб и разливки варьируется от 50 % до 25 % времени плавки. Последняя цифра применима для новых печей, работающих в оптимизированных условиях. Хорошо подогнанная закрытая крышка ограничивает поверхностные тепловые потери примерно до 1 % от потребляемой мощности. В открытом состоянии потери тепла могут достигать 130 кВтч/тонну для 10-тонной установки. При плавке под закрытой крышкой нужно следить, чтобы печь не перегревалась;

работа с максимальным уровнем потребляемой мощности: печи более эффективно используют энергию, когда они работают с максимальными уровнями потребляемой мощности, и наилучшие результаты достигаются, когда доступная мощность может быть полностью использована для большей части цикла плавления. Это также включает в себя сокращение плавления при холодном запуске (оптимизация производственной программы) и обеспечение последующих действий с использованием мониторинга и компьютерного управления;

оптимизация высокотемпературных расплавов для удаления шлака (хороший баланс): накопление шлака с низкой температурой плавления может быть уменьшено путем нагрева печи до повышенных температур (1580 °C против 1450 °C в норме). Это приводит к более высокому потреблению энергии и может повлиять на металлургические характеристики расплава. Если шлак накапливается на футеровке печи, это может повлиять на электрический КПД печи. Удаление шлака требует открытия крышки печи, что приводит к тепловым потерям. Необходимо найти хороший баланс между повышением температуры расплава и практикой удаления шлака;

предотвращение образования шлака: более распространенными и более проблематичными являются случаи, когда происходит образование высокой

температуры плавления. В основном это происходит в результате загрузки песка и, в случае плавления железа, металлического алюминия в расплав. Некоторые операторы печей пытались добавить флюс и выполнить процедуры очистки, но в этом отношении профилактика лучше, чем лечение. Это включает в себя минимизацию присутствия песка и алюминия в сырье;

впрыск кислородной струи: вместо обычного обезуглероживания;

свести к минимуму и контролировать износ огнеупорных стен: срок службы огнеупора зависит от выбора материалов в зависимости от химического состава шлака (кислотный или основной), рабочей температуры (сталь, чугун, цветные металлы) и принимаемых мер. перебазировка (спекание). Срок службы может варьироваться от 50 (сталь, чугун) до 200 – 300 (чугун) плавов. Принимаются меры оперативного контроля за износом огнеупора. К ним относятся программы визуального осмотра, физических измерений и инструментального мониторинга. Меры надлежащей практики загрузки предотвращают совокупное воздействие физических дросселей и механических нагрузок. К ним относятся использование автоматических систем загрузки, горячая загрузка, предотвращение высоких падений и использование компактного и сухого лома.

Достигнутые экологические выгоды

Повышенная эффективность печи за счет сокращения времени плавки и сокращения времени простоя.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Типичная печь без сердечника может расплавить тонну железа и поднять температуру жидкого металла до 1450 °С, используя менее 600 кВтч электроэнергии. Однако на практике только несколько литейных предприятий могут еженедельно достигать такого уровня удельного потребления. Некоторые литейные заводы потребляют около 1000 кВтч на каждую тонну чугуна, произведенного их бесстержневыми печами. Обстоятельства, существующие на многих литейных предприятиях, могут ограничить возможности для хорошего управления энергопотреблением, но на самом деле почти все операции плавки без сердечника можно каким-либо образом улучшить, чтобы добиться значимой экономии количества электроэнергии, используемой на тонну перерабатываемого чугуна.

Этот метод применим ко всем новым и существующим индукционным печам. Меры по оптимизации процесса обычно применяются на литейных предприятиях Европы, использующих индукционные печи.

Экономика

Рассматривается в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Повышение эффективности работы печи.

5.7.1.4. Сбор отходящих газов

Описание

Улавливание дыма и пыли - наиболее сложная проблема для решения при установке системы сбора отходящих газов на индукционной печи без сердечника, поскольку здесь нет вытяжной шахты.

Техническое описание

Отвод газа осуществляется через крышку печи. Этот метод очень эффективен. Его используют большинство производителей печей. Вытяжка осуществляется в соответствии с режимом печи: плавка, загрузка, разливка.

И в этом случае чистота металлолома играет важную роль. Когда скрап содержит органические вещества, температура собранных газов может повыситься из-за сгорания материала, что требует использования жаропрочной стали или даже огнеупорной футеровки. Масляные отложения, образующиеся в результате конденсации масляных паров в воздуховодах, накапливают пыль и могут представлять опасность пожара, если их не удалять регулярно. При использовании чистого лома достаточно конструкции из мягкой стали, доступ к которой для очистки не требуется.

Достигнутые экологические выгоды

Улавливание дымовых газов позволяет осуществлять контролируемую откачку и обработку потока дымовых газов и сводит к минимуму как неорганизованные, так и направленные выбросы.

Кросс-медиа эффекты

Применение улавливания отходящих газов увеличивает потребление энергии. Кроме того, поскольку он позволяет очищать отходящие газы, он также будет производить пыль для утилизации или повторного использования.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Опыт эксплуатации на немецком чугунолитейном заводе показал, что крышка печи открыта в среднем в течение 25 % рабочего времени печи. Во время периодов открытия выполняются этапы процесса образования пыли, такие как подача добавок, удаление шлака и разливка. Система вытяжки кромок, установленная на крышке печи, не позволяет удалять образующиеся пары. Установка телескопического вытяжного колпака позволила эффективно улавливать выхлоп при открывании крышки топки.

Технические соображения, касающиеся применимости

Установка оборудования для улавливания отходящих газов применима ко всем новым и действующим установкам индукционных печей, как на заводах по производству черных, так и цветных металлов.

Экономика

Рассматривается в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Ужесточение требований к показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Эти методы обычно используются в индукционных печах в Европе. Конкретный пример - Walter Hundhausen GmbH & co KG (Германия).

5.7.1.5. Очистка отходящих газов

Описание

Системы газоочистки дымовых газов индукционных печей должны быть высокоэффективными, так как размеры частиц, которые необходимо улавливать, малы. Рукавные фильтры широко используются для обеспыливания отходящих газов. Вместо электростатических фильтров используются рукавные фильтры, поскольку они больше подходят для больших колебаний температуры газа и концентрации твердых частиц в отходящих газах.

Техническое описание

При использовании рукавных фильтров необходимо соблюдать осторожность в отношении наличия масла в отходах, поскольку масляные пары могут конденсироваться на фильтровальной ткани, где они могут заблокировать поры и сделать удаление приставшей пыли невозможным. Также существует возможная опасность пожара. Быстрое увеличение потери давления в системе, когда поры закупориваются, быстро снижает скорость извлечения из системы. Следовательно, чтобы предотвратить загрязнение рабочего места, фильтрующий материал необходимо заменять или регенерировать (очищать) гораздо быстрее, чем при использовании чистого скрапа. Решением этой проблемы может быть использование тканей с покрытием или введение извести в воздуховоды. Кроме того, если существует вероятность сгорания паров масла в воздуховодах, процесс должен дать достаточно времени для завершения сгорания, прежде чем пар попадет в корпус фильтра. Температура газа не должна превышать расчетную температуру ткани, поэтому в этом случае может потребоваться охлаждение газов.

Обычно используемые мокрые скрубберы должны быть высокоэнергетического типа (Вентури), поскольку углеродсодержащий и металлургический дым состоит из очень мелких частиц. Для этого требуется значительная мощность вентилятора для создания достаточной турбулентности в скруббере для сбора частиц. Таким образом, расход отходящих газов сводится к минимуму за счет использования систем улавливания отходящих газов с наименьшим захватом окружающего воздуха. В нормальных условиях коррозия не является проблемой. Если в печь загружаются отверстия, содержащие смазочно-охлаждающие жидкости, следует отметить, что некоторые из этих жидкостей могут содержать серу, что может привести к образованию диоксида серы (SO_2). Это может вызвать проблемы в оборудовании,

поскольку абсорбция диоксид серы (SO₂) в скруббере приводит к подкислению воды и, в конечном итоге, к коррозии оборудования, если водоочистка не применяется.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов твердых частиц и кислотных выбросов от индукционных плавильных печей.

Кросс-медиа эффекты

Очистка отходящих газов увеличивает потребление энергии. При обеспыливании отходящих газов образуется пыль для утилизации или повторного использования. Применение методов влажного обеспыливания приводит к более высокому потреблению энергии, необходимости очистки воды перед сбросом и необходимости утилизировать или повторно использовать влажный осадок фильтров.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Очистка уловленных газов обычно выполняется с помощью фильтров. Среднесуточные значения выбросов пыли значительно ниже 10 мг/Нм³.

Этот метод применим ко всем новым и действующим установкам индукционных печей как на заводах по производству черных, так и цветных металлов.

Экономика

Данные о стоимости и расходе установки рукавного фильтра на плавильном агрегате тигельных индукционных печей производительностью 15 т/час, способной перерабатывать 120 тысяч Нм³/час, приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. Инвестиционные затраты и потребляемая мощность для рукавного фильтра в индукционных печах с различными конечными уровнями выбросов пыли, данные по Португалии за 2003 г.

№ п/п	Уровень выбросов пыли (мг/Нм ³)	Стоимость инвестиций (ЕВРО)	Потребляемая мощность (кВт)
1	2	3	4
1	<5	350 000	250
2	<20	200 000	150

Технические соображения, касающиеся применимости

Очистка дымовых газов применяется на большинстве литейных заводов черных металлов с использованием индукционных печей и на ограниченном количестве литейных предприятий цветных металлов. Внедрено на Metalodlew Foundry (Краков, Польша), Metso Lokomo Steels и Sulzer Pumps Karhula Foundry (Финляндия).

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов загрязняющих веществ.

5.7.1.6. Утилизация отходящего тепла из индукционной печи

Описание

Значительная часть электроэнергии, поступающей в индукционную плавильную печь, преобразуется в отходящее тепло. Около 20 – 30 % всей энергии, поступающей в установку, рассеивается через систему охлаждения. Контур охлаждения печи не только устраняет электрические потери в индукционной катушке, но также защищает катушку от тепла, передаваемого через футеровку печи от горячего металла в тигле. Тепло в системе охлаждения печи используется в некоторых установках для обогрева помещений, нагрева спрысковой воды и сушки сырья.

Техническое описание

Сушка лома: если металлическая шихта добавляется к расплавленной части металла в индукционно-плавильной печи, присутствие воды в ломе потенциально может быть очень опасным. Тепло охлаждающей воды печи можно отводить в воздушно-водяном теплообменнике, а вентилятор можно использовать для подачи нагретого воздуха к основанию бункеров склада.

Отопление помещений и горячее водоснабжение: система, аналогичная рассмотренной выше, может использоваться для подачи горячего воздуха в литейный цех для обогрева помещений. В качестве альтернативы используется водо-водяной теплообменник для нагрева водяного контура радиаторов или для горячего водоснабжения.

Достигнутые экологические выгоды

Повышение энергоэффективности – снижение потребления первичных природных энергоресурсов на выработку тепловой энергии.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Система рекуперации тепла с использованием охлаждающего масла индукционных печей была установлена на бельгийском литейном производстве. В литейном цехе работают две индукционные раздаточные печи, соединенные дуплексом с вагранкой.

Индукторы электропечей охлаждаются термомаслом. Термомасло нагревается до 200 – 300 °С и отдает тепло через наружный масляно-воздушный теплообменник. Перед установкой системы рекуперации тепла в воздух было отведено 1 МВт тепла. Была установлена альтернативная система для использования отработанного тепла для отопления помещений. Нагретый воздух вводится в стержневой цех. Это позволяет рекуперировать 1/3 рассеянного тепла и заменяет исходную газовую систему отопления. Внедрение оказалось возможным при невысоких затратах, так как масляно-воздушный теплообменник установлен рядом с основным цехом. Обогрев помещений в других частях литейного цеха может быть рассмотрен позже, но для этого потребуются дополнительные трубопроводы (что впоследствии приведет к дополнительным потерям).

Отопление помещений горячим воздухом: Proferro, Oudenaarde (Бельгия). Литейный завод Metso Paper в Ювяскюля (Франция).

Кросс-медиа эффекты

Перед применением рекуперации тепла необходимо выполнить ряд критериев: целесообразное применение отходящего тепла должно быть в разумных пределах, и время, в которое это рекуперированное тепло может быть использовано, должно соответствовать времени, в которое работает печь. Однако обычно доступное тепло довольно низкое. Температура охлаждающей воды не должна превышать 70 °С;

связанные с этим относительно низкие температуры означают, что теплообменники должны быть намного больше, чем те, которые обычно встречаются;

топочную воду нельзя возвращать в печи при температуре ниже 30 °С, иначе это может вызвать проблемы с конденсацией;

абсолютно необходимо поддерживать целостность контуров охлаждения. Охлаждающий контур предназначен для защиты змеевика.

Вышеупомянутые аспекты, особенно вопрос целостности печи, отговаривают большинство операторов печей даже рассматривать возможность использования тепла из контура охлаждения.

Экономика

Литейному производству, пытающемуся использовать тепло из контура охлаждения, необходимо полностью оценить выгоды, а затем сравнить их со стоимостью дополнительного оборудования и безопасностью печи и операторов.

Движущая сила внедрения

Повышение энергоэффективности литейного производства.

5.7.1.7. Дуплекс-процесс

Описание

Плавка чугуна дуплекс-процессом обеспечивает ряд технологических и организационных преимуществ, позволяя получать чугун заданного состава с высоким перегревом при минимальных затратах. Вагранка в зоне нагрева шихты имеет максимальный КПД, составляющий 50 – 60 %, в зоне плавления 30 – 40 %, а в зоне нагрева капель жидкого металла (перегрева) всего 5 – 10 %, тогда как индукционная канальная печь при перегреве имеет КПД 60 %, а тигельная — 55 %. Поэтому плавить чугун экономичнее в вагранках, а перегревать в электропечах.

Техническое описание

Дуплекс–процесс представляет собой процесс выплавки чугуна с использованием двух взаимно дополняющих плавильных агрегатов, в которых последовательно реализуются различные металлургические процессы: в первом расплавляют шихту, а во втором жидкий чугун доводят по химическому составу и подвергают температурно-временной обработке. В качестве первичных агрегатов обычно используют вагранку, дуговую или индукционную тигельную печь, а вторичного - индукционную канальную или тигельную печь, а также дуговую печь.

Достигнутые экологические выгоды

Повышение энергоэффективности, сокращение потребления кокса, сокращение отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Минимальные энергозатраты и снижение расхода кокса; возможность обеспечения постоянства химического состава чугуна стабильность которого будет тем выше, чем больше емкость второго плавильного агрегата-миксера; обеспечение стабильности условий работы вагранки на оптимальном режиме; создание буферного задела жидкого металла; уменьшение вредного влияния наследственности шихтовых материалов при длительной выдержке металла в миксере при заданной температуре перегрева; возможность получения чугуна разных марок из единого базового металла, выплавляемого в вагранках; при получении серого чугуна высоких марок, высокопрочного или ковкого чугуна меньше затраты на установку дуплекс-процесса по сравнению с затратами на установку одних электрических печей той же мощности.

Кросс-медиа эффекты

Насыщение чугуна серой при его расплавлении в коксовых вагранках. Однако возможность применения в качестве первого агрегата газовой вагранки вместо коксовой устранил этот недостаток.

Технические соображения, касающиеся применимости

На литейных заводах по производству черных металлов канальная индукционная печь в основном используется в качестве копильной печи. Является предпочтительной печью для дуплексной работы с вагранкой на горячем дутье. В этом случае ее функция заключается либо в удержании, либо в гомогенизации химического состава металла, либо в том, чтобы служить в качестве резервуара расплавленного металла для литья. Роль печи заключается не в повышении температуры металла, а скорее в предотвращении нежелательного охлаждения.

Экономика

Затраты на очистку ваграночных газов коксовых вагранок, которые содержат больше количество пыли и отравляющих газов типа оксид углерода (CO) и SiO_2

Движущая сила внедрения

Требования законодательства.

5.7.1.8. Индукционные печи средней частоты

Описание

Печи средней частоты (250 Гц) имеют более высокую удельную мощность (до 1000 кВт/тонну), чем печи сетевой частоты (50 Гц) (300 кВт/тонну). Это позволяет использовать тигель меньшего размера (в три раза меньше), что приводит к меньшим общим тепловым потерям.

Техническое описание

Тепловой КПД среднечастотных печей на 10 % выше, чем у сетевых частотных типов. Кроме того, блоки частоты сети должны работать с расплавленной пятой, составляющей до 2/3 емкости тигля, чтобы оптимизировать удельное потребление энергии, а также требуются специальные пусковые блоки для холодного пуска. Среднечастотные печи можно легко запустить с холодной загрузкой и опорожнить в конце каждой рабочей смены или плавки.

Достигнутые экологические выгоды

Повышенная энергоэффективность плавки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Значительно более низкие газопылевыбросы; существенно ниже угар металла и легирующих элементов; более низкое воздействие на питающие энергосистемы, связанное с неравномерным характером нагрузки в цикле плавки, а также отсутствием частых коротких замыканий.

Кросс-медиа эффекты

При переходе с плавки с сетевой частотой на работу со среднечастотной установкой, важно, чтобы обслуживающий персонал прошел некоторую переподготовку. Придется отказаться от формально используемых до настоящего времени методов эксплуатации и адаптировать новые специальные процедуры, предназначенные для обеспечения хорошего удельного энергопотребления. Если не уделять внимания переобучению, имеющиеся улучшения в использовании энергии могут быть реализованы не полностью.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод обычно применяется в цехах, устанавливающих новую печь.

Экономика

Рассматривается в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Повышение энергоэффективности производства.

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники, обеспечивающие достижение уровней эмиссий и технологических показателей, связанных с применением НДТ, при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких НДТ, описанных в заключении по НДТ.

Технологические показатели, связанные с применением НДТ, определяются как диапазон уровней эмиссий, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной и (или) комбинации НДТ.

В настоящем заключении по НДТ:

технологические показатели по выбросам в атмосферу выражаются как масса выбросов на объем отходящего газа при стандартных условиях (273,15 К, 101,3 кПа) за вычетом содержания водяного пара, выраженная в мг/Нм³;

технологические показатели по сбросам в водные объекты выражаются как масса сброса на объем сточных вод, выраженная в мг/л;

при фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже или в пределах диапазона указанных технологических показателей, связанных с применением НДТ, требования, определенные настоящим разделом, являются соблюденными.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т.д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса), и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов для соответствующего показателя и (или) отрасли определяются согласно действующих национальных нормативных правовых актов.

Для периодов усреднения применяются следующие определения (таблица 6.1.).

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ

№ п/п	Периодичность	Выбросы	Сбросы
1	2	3	4
1	В среднем за сутки	Среднечасовые и получасовые значения концентраций	Среднее значение за период выборки в течение 24 часов, взятое в качестве среднее пропорциональной пробы (или в виде среднее пропорциональной по времени пробы, при

		загрязняющих веществ за сутки при непрерывном контроле	условии, что демонстрируется достаточная стабильность потока) *
2	Среднее значение за период выборки	Средняя величина трех последовательных измерений, по длительности как минимум 30 минут каждое, если не указано иное **	

* для периодических процессов может использоваться среднее значение полученной величины измерений, взятых за общее время отбора проб или результат измерения, в результате разового отбора проб;

** для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб). Для любого параметра, при котором, вследствие ограничений по отбору проб или анализа, 30-минутные измерения не допустимы, применяется соответствующий период отбора проб.

6.1. Заключение по общим НДТ

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

НДТ для конкретных процессов, указанные в разделах 6.2 – 6.7 применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

6.1.1. Система экологического менеджмента

НДТ 1

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении СЭМ, которая включает в себя все следующие функции:

- 1) заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;
- 2) определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;
- 3) планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;
- 4) внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:
 - структуре и ответственности,
 - подбору кадров,
 - обучению, осведомленности и компетентности персонала,
 - коммуникации,

вовлечению сотрудников,
 документации,
 эффективному контролю технологического процесса,
 программам технического обслуживания,
 готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий,
 обеспечению соблюдения экологического законодательства;

5) проверка производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется мониторингу и измерениям, корректирующим и предупреждающим мерам, ведению записей, независимому (при наличии такой возможности) внутреннему или внешнему аудиту, для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация;

6) анализ СЭМ и ее соответствия современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

7) отслеживание разработки экологически более чистых технологий;

8) анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

9) проведение сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли (см. НДТ 11) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 8, 9, 10), также являются частью СЭМ.

Применимость

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или не стандартизованная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

6.1.2. Управление энергопотреблением, энергоэффективность

НДТ 2

НДТ является сокращение потребления тепловой и электрической энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование системы управления эффективным использованием энергии (например, в соответствии со стандартом ISO 50001)	(Общеприменимо

2	Улучшенные и оптимизированные системы для достижения плавной и стабильной обработки, работающие близко к заданным значениям параметров процесса с использованием	Общеприменимо
3	Рекуперация избыточного тепла от процессов, особенно из их зон охлаждения	Общеприменимо
4	Оптимизированное управление паром и теплом	Общеприменимо
5	Максимально интегрированное в процесс повторное использование физического тепла	Общеприменимо
6	Использование газгольдеров для всех побочных газов или других подходящих систем для кратковременного хранения и средств поддержания давления	Общеприменимо
7	Повышение давления в газовой сети при потерях энергии на факелах для того, чтобы утилизировать больше технологических газов с соответствующим повышением коэффициента использования	Общеприменимо
8	Обогащение газа технологическими газами различной теплоты сгорания для разных потребителей	Общеприменимо
9	Отопительные топки технологическим газом	Общеприменимо
10	Использование компьютеризированной системы контроля теплотворной способности	Общеприменимо
11	Регистрацию и использование температур кокса и дымовых газов	Общеприменимо
12	Адекватное определение мощности установок рекуперации энергии для технологических газов, в частности, с учетом изменчивости технологических газов	Общеприменимо

6.1.3. Мониторинг эмиссий

НДТ 3

НДТ заключается в измерении или оценке всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных

компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме онлайн, обеспечения стабильной и бесперебойной обработки, что повышает энергоэффективность и максимизацию выхода и улучшение методов технического обслуживания.

НДТ 4

НДТ является измерение выбросов загрязняющих веществ из дымовых труб от основных источников выбросов всех процессов, для которых указаны технологические показатели, связанные с применением НДТ, а также на электростанциях, работающих на технологическом газе, на металлургических заводах.

Периодичность мониторинга может быть адаптирована, если серия данных четко демонстрирует стабильность процесса очистки.

Непрерывный мониторинг проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям действующего законодательства РК.

№ п/п	Процесс	Параметр	Мониторинг, относящийся к:	Минимальная периодичность мониторинга *, *	Примечание
-------	---------	----------	----------------------------	--	------------

1	2	3	4	5	6	
1	Агломерация	Пыль	НДТ 20, 21	Непрерывное	Маркерное вещество	
		Окислы азота (NO_x)	НДТ 24			
		Диоксид серы (SO_2)	НДТ 23			
		Ртуть (Hg)***	НДТ 22	Не реже одного раза в квартал		
		ПХДД/Ф***	НДТ 25,26			
2	Производство кокса	Пыль	НДТ 36-41	Непрерывное	В соответствии с программой ПЭК	
		Окислы азота (NO_x)	НДТ 45	Непрерывное***		
				Не реже одного раза в квартал**		
		Диоксид серы (SO_2)	НДТ43, 44	Непрерывное***		Маркерное вещество
				Не реже одного раза в квартал**		
Сероводород (H_2S)	НДТ 42	Не реже одного раза в квартал				
		Пыль	НДТ 53	Непрерывное	Маркерное вещество	

3	Производство карбида кальция	Оксид углерода (CO)	НДТ 51, 52	Не реже одного раза в квартал	В соответствии с программой ПЭК
4	Производство чугуна	Пыль	НДТ 62,63,66,67	Непрерывное	Маркерное вещество
		Окислы азота (NO _x)	НДТ 69		
		Диоксид серы (SO ₂)	НДТ 68		
5	Производства стали кислородным способом	Пыль	НДТ 79-81	Непрерывное	Маркерное вещество
6	Производство стали иными способами (за исключением кислородного)	Пыль	НДТ 86, 87	Не реже одного раза в квартал	В соответствии с программой ПЭК
		Ртуть (Hg)***	НДТ 88		
		ПХДД/Ф***	НДТ 89		
		Окислы азота (NO _x)****	НДТ 9, 10		
		Диоксид серы (SO ₂)****	НДТ 9, 10		
		Оксид углерода (CO)****	НДТ 2, 9, 10		

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

1) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

2) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

3) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов. При отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенными в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов;

** частота мониторинга не применяется в случаях, когда установка эксплуатируется исключительно в целях измерения выбросов;

*** необходимость измерения применима по истечении 1 (одного) года после регистрации средств измерений и методик выполнения измерений в реестре государственной системы обеспечения единства измерений. Периодичность измерений определяется программой ПЭК либо не реже одного раза в квартал;

**** непрерывные измерения применимы для источников наибольших выбросов в атмосферу (согласно требованиям, предусмотренным порядком ведения АСМ эмиссии в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля);

***** необходимость измерения применима для производства стали способами, за исключением кислородного производства стали и производства стали в электродуговых печах.

НДТ 5

НДТ заключается в измерении выбросов загрязняющих веществ от всех источников, не относящихся к НДТ 4, но предусмотренных разделом 3, а также для электростанций, работающих на технологическом газе, для металлургических заводов. Измерения проводятся с периодичностью, предусмотренной программой ПЭК. Не применимо для неорганизованных источников.

НДТ 6

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод из очистных сооружений в водные объекты в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

№ п/п	Процесс	Параметр*	Периодичность мониторинга
1	2	3	4
1	Агломерация	Взвешенные вещества	В соответствии с программой ПЭК
		ХПК	
Тяжелые металлы: Сумма мышьяка (As), кадмия (Cd), хрома (Cr), меди (Cu), ртути (Hg), никеля (Ni), свинца (Pb) и цинка (Zn)			
2	Производство кокса	ХПК	
		БПК	
		Сульфиды летучие	
		Тиоцианаты (SCN)	
		Цианиды (CN), летучие	
		ПАУ (сумма флуорантена, бензофлуорантена, бензофлуорантена, бензопирена, инденопирена и бензоперилена)	
		Фенолы	
		Суммарное содержание азота аммонийного (NH ₄ +N), азота нитратного (

		NO ₃ --N) и азота нитритного (NO ₂ --N)
3	Производство карбида кальция	Взвешенные вещества
4	Производство чугуна	Взвешенные вещества
		Железо
		Свинец
		Цинк
		Ц и а н и д легковывсвобождаемый
5	Производство стали	Взвешенные вещества
		Железо
		Цинк
		Никель
		Общий хром
		Общее содержание углеводов

* необходимость измерений применима для веществ при условии их наличия/образования в технологическом процессе и (или) по истечении 1 (одного) года после регистрации средств измерений и методик выполнения измерений в реестре государственной системы обеспечения единства измерений.

Для мониторинга сброса сточных вод существует множество стандартных процедур отбора проб и анализа воды и сточных вод, в том числе:

случайная проба – одна проба, взятая из потока сточных вод

составная проба – проба, отбираемая непрерывно в течение определенного периода, или проба, состоящая из нескольких проб, отбираемых непрерывно или периодически в течение определенного периода и затем смешанных

квалифицированная случайная проба – составная проба из не менее чем пяти случайных проб, отобранных в течение максимум двух часов с интервалом не менее двух минут и затем смешанных.

НДТ 7

НДТ является определение порядка величины неорганизованных выбросов из соответствующих источников с помощью методов:

прямые измерения, при которых выбросы измеряются у источника, возможно измерение или определение концентрации и массы;

косвенные измерения, при которых определение выбросов проводится на определенном расстоянии от источника;

использование расчетных методов с применением коэффициентов.

По возможности прямые методы измерения являются более предпочтительными, чем косвенные методы или оценки, основанные на расчетах с применением коэффициентов выбросов.

Описание. Примерами прямых измерений являются измерения в аэродинамических трубах с кожухами или другие методы. В последнем случае измеряется площадь вентиляционного отверстия на крыше, а также рассчитывается скорость потока. Поперечное сечение плоскости измерения вентиляционного отверстия на крыше разделено на участки одинаковой площади (измерение сетки).

Примеры косвенных измерений включают использование индикаторных газов, методы моделирования обратной дисперсии и метод баланса масс с применением лазерной системы обнаружения и измерения дальности.

Расчетные методы используются на основании рекомендаций по применению коэффициентов выбросов для оценки неорганизованных выбросов пыли при хранении и транспортировке сыпучих материалов, а также взвеси пыли с дорог в результате движения транспорта.

6.1.4. Управление технологическим процессом

НДТ 8

НДТ заключается в оптимизации управления и контроля технологическим процессом, использовании, расширении и углублении производственно-технологических связей, в совместном использовании ресурсов - интеграция производственных процессов.

НДТ 9

НДТ предназначена для оптимизации управления и контроля внутренних потоков материалов с целью предотвращения загрязнения, предотвращения износа, обеспечения надлежащего качества исходных материалов, возможности повторного использования и переработки, а также для повышения эффективности процесса и оптимизации выхода металла.

Также используются методы управления ресурсами в целях оптимизации управления и контроля внутренних потоков материалов с целью предотвращения загрязнения, предотвращения износа, обеспечения надлежащего качества исходных материалов, возможности повторного использования и переработки, а также для повышения эффективности процесса и оптимизации выхода металла.

Надлежащее хранение и обращение с входными материалами и остатками производства может помочь свести к минимуму выбросы переносимой по воздуху пыли со складов и конвейерных лент, включая точки перегрузки, а также избежать загрязнения почвы, грунтовых вод и сточных вод (см. также НДТ 11).

Применение надлежащего управления интегрированными металлургическими заводами и остатками, включая отходы, от других установок и секторов позволяет

максимизировать внутреннее и/или внешнее использование в качестве сырья (см. также НДТ 13, 14, 15).

Управление материальными потоками включает в себя контролирующую утилизацию небольших частей общего количества отходов металлургического завода, которые не имеют экономического значения.

НДТ 10

Для достижения низких уровней выбросов соответствующих загрязняющих веществ НДТ заключается в выборе соответствующего качества лома и другого сырья. Что касается металлолома, НДТ должна провести соответствующую проверку на наличие видимых загрязняющих веществ, которые могут содержать тяжелые металлы, в частности ртуть, или могут привести к образованию полихлорированных дибензодиоксинов/фуранов (ПХДД/Ф) и полихлорированных бифенилов (ПХБ).

6.1.5. Управление неорганизованными выбросами при хранении, погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке материалов

НДТ 11

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в использовании нижеуказанных методов.

При использовании систем улавливания и очистки выбросов НДТ является оптимизация эффективности улавливания и последующей очистки путем применения соответствующих мер. Наиболее предпочтительным методом является сбор выбросов пыли ближе к источнику.

Общие техники включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли, как части СЭМ	Общеприменимо
2	Рассмотрение вопроса о временном прекращении определенных операций, если они определены как источник PM10, вызывающий высокие показатели окружающей среды	Требуется система мониторинга с достаточными данными (к примеру, направление и сила ветра)

К методам, применимым для предотвращения неорганизованных выбросов пыли при обработке и транспортировке сыпучего сырья относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Ориентация длинных штабелей по направлению преобладающего ветра	Общеприменимо
2	Установка ветрозащитных экранов или использование естественного ландшафта в качестве укрытия	Общеприменимо
3	Контроль влажности поставляемого материала	Общеприменимо
4	Соблюдение требований технологических регламентов во избежание ненужных перегрузок материалов и длительных простоев в незащищенных местах	Общеприменимо
5	Использование закрытых складов, размещение на укрытых конвейерах и в бункерах и т. д.	Общеприменимо
6	Строгие стандарты технического обслуживания оборудования	Общеприменимо
7	Регулярная очистка, в частности очистка и увлажнение дорог	Общеприменимо
8	Использование мобильного и стационарного пылесборного оборудования	Общеприменимо
9	Пылеподавление или пылеудаление, а также использование установки для очистки рукавных фильтров для устранения источников значительного пылеобразования	Общеприменимо
10	Применение подметально-уборочных машин с пониженным уровнем выбросов для проведения плановой уборки дорог с твердым покрытием	Применимо при наличии дорог с твердым покрытием.

К методам, применимым для предотвращения неорганизованных выбросов пыли при доставке, хранении и утилизации материалов относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Полное ограждение разгрузочных бункеров в здании, оборудованном вытяжкой фильтрованного воздуха для пылящих материалов, или бункеры должны быть оборудованы пылевыми	Общеприменимо

	перегородками и разгрузочными решетками, соединенными с системой пылеудаления и очистки	
2	Ограничение высоты падения, если это возможно, максимум до 0,5 м	Общеприменимо
3	Использование распылителей воды (предпочтительно с использованием оборотной воды) для пылеподавления	Общеприменимо
4	При необходимости установка бункеров для хранения с фильтрующими элементами для контроля запыленности	Общеприменимо
5	Использование полностью закрытых устройств для извлечения из бункеров	Общеприменимо
6	При необходимости хранение металлолома в крытых помещениях и на площадках с твердым покрытием, чтобы снизить риск загрязнения земли (используя своевременную доставку для минимизации размера склада и, следовательно, выбросов)	Общеприменимо
7	Сведение к минимуму нарушения складских запасов	Общеприменимо
8	Ограничение высоты и контроль общей формы штабелей	Общеприменимо
9	Использование хранения в здании, а не на внешних складах, если масштаб хранения является подходящим	Общеприменимо
10	Создание ветрозащитных полос естественным рельефом, земляными отмелями или посадка высокой травы и вечнозеленых деревьев на открытых площадках для улавливания и поглощения пыли без причинения долговременного вреда	Общеприменимо
11	Гидропосев отвалов и шлаковых отвалов	Общеприменимо
12	Осуществление озеленения участка путем покрытия неиспользуемых участков плодородным слоем почвы и посадки травы, кустарников и другой почвопокровной растительности	Общеприменимо

13	Увлажнение поверхности прочными пылесвязывающими веществами	Общеприменимо
14	Покрытие поверхности брезентом или покрытием (например, латексным) отвалами	Общеприменимо
15	Применение хранилища с подпорными стенками для уменьшения открытой поверхности	Общеприменимо
16	При необходимости можно было бы включить непроницаемые поверхности с бетоном и дренажем	Общеприменимо

К методу, применимому для предотвращения неорганизованных выбросов пыли при разгрузочных работах относится:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование при необходимости из-за образования пылевыведения специального разгрузочного оборудования, как правило, закрытого типа	Общеприменимо

Методы обращения и переработки шлаков включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Поддержание запасов шлакового гранулята во влажном состоянии для транспортировки и переработки шлака, поскольку высушенный доменный шлак и сталелитейный шлак могут образовывать пыль	Общеприменимо
2	Использование закрытого шлакодробильного оборудования с эффективным пылеудалением и рукавными фильтрами для снижения пылевыведения	Общеприменимо

К методу обращения с ломом относится:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Обеспечение хранения металлолома под навесом и/или на бетонном полу, чтобы свести к минимуму подъем пыли, вызванный движением транспортных средств	Общеприменимо

К методам, применимым для предотвращения неорганизованных выбросов пыли при транспортировке материалов относится:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Минимизация точек доступа с автомобильных дорог общего пользования	Общеприменимо
2	Использование оборудования для чистки колес для предотвращения переноса грязи и пыли на дороги общего пользования	Общеприменимо
3	Нанесение на транспортные дороги твердых покрытий (бетонных или асфальтовых) для сведения к минимуму образования облаков пыли при транспортировке материалов и очистке дорог	Общеприменимо
4	Ограничение движения транспортных средств по обозначенным маршрутам заборами, канавами или банками переработанного шлака	Общеприменимо
5	Увлажнение запыленных трасс водяными струями, например, при работе со шлаком	Общеприменимо
6	Обеспечение того, чтобы транспортные средства не были переполнены, чтобы предотвратить любую утечку	Общеприменимо
7	Обеспечение того, чтобы транспортные средства были покрыты брезентами для покрытия перевозимого материала	Общеприменимо
8	Минимизация количества перевозок	Общеприменимо
9	Использование закрытых или укрытых конвейеров	Общеприменимо
10	Использование трубчатых конвейеров, где это возможно, для сведения к минимуму потерь материала за счет изменения направления на участках, обычно обеспечиваемого разгрузкой материалов с одной ленты на другую	Общеприменимо
11	Передовые методы транспортировки расплавленного металла и обращения с ковшом	Общеприменимо

12	Обеспыливание точек конвейерной передачи	Общеприменимо
----	--	---------------

6.1.6. Управление водными ресурсами

НДТ 12

НДТ для рационального управления водными ресурсами заключается в предотвращении, сборе и разделении типов сточных вод, увеличении внутренней рециркуляции и использовании адекватной очистки для каждого конечного потока. Могут применяться следующие методы:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Отказ от использования питьевой воды для производственных линий	Общеприменимо
2	Увеличение количества и/или мощности систем оборотного водоснабжения при строительстве новых заводов или модернизации/реконструкции действующих заводов	Общеприменимо
3	Централизованное распределение поступающей воды	Применимость может быть ограничена существующей конфигурацией водяных контуров
4	Повторное использование воды до тех пор, пока отдельные параметры не достигнут определенных пределов	Общеприменимо
5	Использование воды в других установках, если затрагиваются только отдельные параметры воды и возможно дальнейшее использование	Общеприменимо
6	Разделение очищенных и неочищенных сточных вод	Общеприменимо
7	Использование ливневых вод	Общеприменимо

6.1.7. Управление отходами

НДТ 13

НДТ заключается в использовании интегрированных и операционных методов для минимизации отходов за счет внутреннего использования или применения специализированных процессов переработки (внутренних или внешних).

НДТ 14

НДТ заключается в максимальном внешнем использовании или переработке твердых отходов, которые не могут быть использованы или переработаны в соответствии с НДТ 13.

НДТ 15

НДТ заключается в использовании передовых методов эксплуатации и технического обслуживания для сбора, обработки, хранения и транспортировки всех твердых остатков, а также для укрытия пунктов передачи во избежание эмиссий.

6.1.8. Шум

НДТ 16

НДТ заключается в снижении уровня шума от соответствующих источников в процессах производства чугуна и стали путем использования одного или нескольких из следующих методов в зависимости от местных условий:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Реализация стратегии снижения шума	Общеприменимо
2	Ограждение шумных операций/ агрегатов	Общеприменимо
3	Виброизоляция операций/ агрегатов	Общеприменимо
4	Внутренняя и внешняя обшивка из ударопоглощающего материала	Общеприменимо
5	Звукоизоляция зданий для защиты от любых шумных операций, связанных с оборудованием для преобразования материалов	Общеприменимо
6	Строительство стен для защиты от шума, например, строительство зданий или естественных барьеров, таких как растущие деревья и кустарники между охраняемой территорией и шумной деятельностью	Общеприменимо
7	Выпускные глушители на выхлопных трубах	Общеприменимо
8	Воздуховоды и воздуходувки, расположенные в звукопроницаемых зданиях	Общеприменимо
9	Закрытие дверей и окон крытых помещений	Общеприменимо

6.1.9. Запах

НДТ 17

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом	Общеприменимо
2	Сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их развеивания и разбавления	Общеприменимо
3	Обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно	Общеприменимо

6.2. Заключение по НДТ процесса агломерации

6.2.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

НДТ 18

НДТ по энергоэффективности при производстве агломерата заключается в снижении потребления тепловой энергии на аглофабриках за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Рекуперация физического тепла из отходящего газа охладителя агломерата	Общеприменимо
2	Рекуперация физического тепла, если это возможно, из отходящего газа колосниковой решетки	Применимость для действующих установок может быть ограничена наличием места
3	Частичная рециркуляция отходящих газов	Применимость для действующих установок может быть ограничена наличием места, а также существующими техническими параметрами

6.2.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников

НДТ 19

НДТ для процессов смешивания/перемешивания заключается в предотвращении или сокращении неорганизованных выбросов пыли путем агломерации мелких материалов посредством регулирования содержания влаги (см. также НДТ 11).

6.2.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью технологические показатели (при наличии) установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции.

6.2.3.1. Выбросы пыли

НДТ 20

В целях сокращения выбросов пыли при процессах, связанных с выгрузкой, дроблением, охлаждением, сортировкой, конвейерной транспортировкой при производстве агломерата, НДТ заключается в использовании общих методов (укрытия), техник предварительной очистки и (или) использовании электрофильтров, рукавных фильтров, керамических и металлических мелкоочистных фильтров и (или) их комбинации.

Методы предварительной очистки включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Применение циклонов	Общеприменимо
2	Применение мокрых газоочистителей	Общеприменимо

Методы очистки включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Электрофильтр	Общеприменимо
2	Рукавный фильтр	Общеприменимо. На действующих установках применение может быть ограничено местом для установки
3	Керамический и металлический мелкоочистные фильтры	Общеприменимо

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с выгрузкой, дроблением, охлаждением, сортировкой, конвейерной транспортировкой при производстве агломерата:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для действующих установок при процессах, связанных с дроблением и классификацией (грохочением) технологический показатель 20 – 100мг/ Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 21.

В целях сокращения выбросов пыли при процессе агломерации НДТ заключается в использовании рукавных фильтров или электрофильтров.

Таблица 6.3. Технологические показатели выбросов пыли в процессе агломерации:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20 ^{**} , ^{***}

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** при использовании электрофильтра технологический показатель 20 – 40 мг/Нм³;

*** при использовании электрофильтра для действующих установок технологический показатель 20 – 50 мг/Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.3.2. Ртуть

НДТ 22

НДТ для первичных выбросов из агломерационных лент заключается в предотвращении или сокращении выбросов ртути за счет выбора сырья с низким содержанием ртути (см. НДТ 10) или в очистке отходящих газов в сочетании с вдуванием активированного угля или активированного буроугольного кокса (подробное описание представлено в разделе 5.1.2.3).

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.3.3. Выбросы SO_x

НДТ 23

НДТ для первичных выбросов от агломерационных установок заключается в сокращении выбросов SO_x с использованием одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Снижение поступления серы за счет использования коксовой мелочи с низким содержанием серы	Общеприменимо
2	Снижение поступления серы за счет минимизации расхода коксовой мелочи	Общеприменимо
3	Снижение поступления серы за счет использования железной руды с низким содержанием серы	Общеприменимо
	Введение соответствующих адсорбирующих агентов в газоход	

4	для отработанных газов от аглоленты перед обеспыливанием рукавным фильтром (см. НДТ 20)	Общеприменимо
5	Процесс мокрой десульфурации или регенеративного активированного угля (РАС)	Требования к пространству могут иметь значение и могут ограничивать применимость. При использовании метода РАС необходима установка пылеуловителя
6	Производство серной кислоты	Требования к пространству могут иметь значение и могут ограничивать применимость

Таблица 6.4. Технологические показатели выбросов диоксида серы (SO₂) в процессе агломерации:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Диоксид серы (SO ₂)	350 – 500 **, ***

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** при использовании техники "процесс мокрой десульфурации или регенеративного активированного угля (РАС)" 100 мг/Нм³;

*** для действующих установок 500 – 1000 мг/Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.3.4. Выбросы оксидов азота (NO_x)

НДТ 24

НДТ для первичных выбросов из агломерационных лент заключается в снижении общих выбросов оксидов азота (NO_x) за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Рециркуляция отходящих газов	Применимость может быть ограничена параметрами агломерата (продукта), а также наличием места
2	Другие первичные меры, такие как использование антрацита или использование горелок с низким содержанием оксидов азота (NO _x) для розжига	Применимость может быть ограничена характеристиками топлива
3	Процесс регенеративного активированного угля (РАС)	Общеприменимо
4	Селективное каталитическое восстановление (СКВ)	Применимо. Необходима предварительная очистка газов

Таблица 6.5. Технологические показатели выбросов NO_x в процессе агломерации:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Окислы азота (NO _x)	120 – 500**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** при использовании техники регенеративного активированного угля (РАС) 250 мг/Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.3.5. Выбросы ПХДД/Ф

НДТ 25

НДТ для первичных выбросов из агломерационных лент заключается в предотвращении и/или сокращении выбросов полихлорированных дибензодиоксинов/фуранов (ПХДД/Ф) и полихлорированных дифенилов (ПХБ) с использованием одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Отказ от сырья, которое содержит полихлорированные дибензодиоксины/фураны (ПХДД/Ф) и полихлорированные дифенилы (ПХБ) или их прекурсоры, насколько это возможно (см. НДТ 10)	Общеприменимо
2	Подавление образования полихлорированных дибензодиоксинов/фуранов (ПХДД/Ф) за счет добавления соединений азота	(Общеприменимо
3	Рециркуляция отработанных газов (см. НДТ 24).	Применимость может быть ограничена параметрами агломерата (продукта), а также наличием места

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 26

НДТ для первичных выбросов из агломерационной ленты заключается в сокращении выбросов полихлорированных дибензодиоксинов/фуранов (ПХДД/Ф) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) путем введения соответствующих адсорбирующих агентов в газоход отходящего газа аглофабрики перед обеспыливанием рукавным фильтром или усовершенствованным электростатическим фильтром.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 27

НДТ заключается в сведении к минимуму потребления воды на аглофабриках за счет максимально возможного повторного использования охлаждающей воды, если только не используются проточные системы охлаждения.

НДТ 28

НДТ заключается в очистке сточных вод аглофабрик, где используется промывочная вода или применяется система влажной очистки отходящих газов, за исключением охлаждающей воды перед сбросом, с использованием комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Отстаивание/осаждение	Общеприменимо
2	Фильтрация	Общеприменимо
3	Адсорбция	Общеприменимо
4	Нейтрализация	Общеприменимо
5	Ионный обмен	Общеприменимо

Таблица 6.6. Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/л) *, **, ***
1	2	3
1	Взвешенные вещества	≤ 30
2	ХПК	≤ 100
3	Тяжелые металлы (сумма мышьяка (As), кадмия (Cd), хрома (Cr), меди (Cu), ртути (Hg), никеля (Ni), свинца (Pb) и цинка (Zn))	≤ 0,1***

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** используемые показатели в метах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

*** в случае наличия /образования загрязняющих веществ в производственном процессе, а также при наличии в РК средств и методов измерений

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.2.5. Управление отходами

НДТ 29

НДТ заключается в предотвращении образования отходов на аглофабриках путем использования одного или комбинации следующих методов (см. НДТ 13):

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Выборочная рециркуляция отходов на месте обратно в процесс агломерации при исключении тяжелых металлов, щелочей или обогащенных хлоридами мелкодисперсных фракций пыли (например, пыли из последнего поля электростатического пылеуловителя)	Общеприменимо
2	Внешняя переработка всякий раз, когда переработка на месте затруднена	Применимость может быть ограничена условиями внешней стороны

НДТ заключается в контролируемом управлении остатками агломерационного производства, которых нельзя ни избежать, ни переработать.

НДТ 30

НДТ заключается в рециркуляции остатков (таких как пыль, шлам и прокатная окалина), которые содержат железо (Fe) и углерод (C), от агломерационного производства и других процессов на интегрированных сталелитейных заводах, обратно на агломерационную ленту, насколько это возможно.

НДТ 31

НДТ заключается в снижении содержания углеводородов в сырье для агломерации путем соответствующего отбора и предварительной обработки рециркулируемых технологических остатков.

Во всех случаях содержание углеводородов в переработанных технологических остатках должно быть <0,5 %, а содержание в шихте <0,1 %.

Методы минимизации поступления углеводородов через пыль и прокатную окалину включают следующее:

ограничение поступления угле путем отделения и последующего отбора только той пыли и прокатной окалины с низким содержанием углеводородов;

использование методов оптимизированного менеджмента может привести к существенному снижению содержания загрязняющих углеводородов в прокатной окалине;

обезжиривание прокатной окалины;

нагревание прокатной окалины примерно до 800°C, нефтяные углеводороды улетучиваются и получается чистая прокатная окалина; летучие углеводороды можно сжечь.

извлечение масла из прокатной окалины с помощью растворителя.

6.3. Заключение по НДТ коксохимического процесса

Если не указано иное, выводы по НДТ, представленные в этом разделе, могут применяться ко всем коксовым заводам.

6.3.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

НДТ 32

НДТ для коксохимического процесса заключается в максимально возможном извлечении коксового газа во время коксования.

6.3.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников

НДТ 33

НДТ для хранения пылящего угля и обращения с ним заключается в предотвращении или сокращении неорганизованных выбросов пыли с использованием одного или нескольких методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование закрытых складов или силосов/контейнеров при хранении сырья и материалов	Общеприменимо для пылящих материалов
2	Использование укрытий конвейеров (при необходимости транспортировки)	Общеприменимо
3	Ограничение высоты падения материала	Общеприменимо
4	Снижение выбросов от процессов погрузочных работ	Общеприменимо

НДТ 34

НДТ для коксохимических заводов заключается в сокращении выбросов за счет обеспечения непрерывного бесперебойного производства кокса с использованием следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Своевременное и полное техническое обслуживание камер печи, дверей печи и уплотнений рамы, подъемных труб, загрузочных отверстий и другого оборудования	Общеприменимо
2	Избегать сильных перепадов температуры	Общеприменимо
3	Комплексное наблюдение и мониторинг коксовой печи	Общеприменимо
	Очистка дверей, уплотнителей рамы, загрузочных отверстий,	

4	заслонок и подъемных труб после загрузочно-разгрузочных работ	Применимо на новых и, в некоторых случаях, на действующих установках
5	Регулирование потока газа в коксовых печах	Общеприменимо
6	Регулирование давления во время коксования и применение дверей подпружиненных гибким уплотнителем или дверей с клиновидным запором (в случае печей высотой ≥ 5 м и в хорошем рабочем состоянии)	Применимо в случае печей высотой ≥ 5 м и в хорошем рабочем состоянии
7	Использование герметичных подъемных труб для уменьшения видимых выбросов от всего аппарата, обеспечивающего проход от коксовой батареи к коллекторной магистрали, изгибам и стационарным перемышкам	Общеприменимо
8	Фиксация крышек загрузочных отверстий огнеупорной глиной (или другим подходящим герметизирующим материалом) для уменьшения видимых выбросов из всех неплотностей	Общеприменимо
9	Обеспечение полного коксования (избегание продавливания сырого кокса) за счет применения адекватных технологий	Общеприменимо
10	Установка более крупных камер коксовой печи	Применимо к новым установкам или в некоторых случаях полной замены установки на старые фундаменты
11	Где возможно, использование регулирования давления в камерах печей во время коксования	Применимо к новым установкам и может быть опцией для действующих установок; возможность установки этой технологии на действующих установках должна быть тщательно оценена и зависит от индивидуальной ситуации каждого завода

НДТ 35

НДТ для установок очистки газа заключается в предотвращении и снижении выбросов за счет использования следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
	Сведение к минимуму количества фланцев за счет сварки трубных	

1	соединений везде, где это возможно	Общеприменимо
2	Использование соответствующих уплотнений для фланцев и клапанов	Общеприменимо
3	Использование герметичных насосов	Общеприменимо
4	Предотвращение выбросов из запорных клапанов в резервуарах для хранения (подключение выхода клапана к коллектору коксового газа или сбор газов и последующее сжигание)	Общеприменимо

6.3.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

6.3.3.1. Выбросы пыли

НДТ 36

НДТ установок по измельчению угля (подготовка угля, включая дробление, классификацию (грохочение) и просеивание) заключается в предотвращении или сокращении выбросов пыли с использованием одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Закрытые здания и сооружения, использование закрытого оборудования при работе с пылеобразующими материалами	Общеприменимо
2	Использование установок по эффективному улавливанию пыли и систем сухого обеспыливания	Общеприменимо

Таблица 6.7. Технологические показатели выбросов пыли в процессах по измельчению угля (подготовка угля, включая дробление, классификацию (грохочение) и просеивание при производстве кокса:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для действующих установок технологический показатель 20 – 100мг/ Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 37

НДТ для транспортировки, хранения пылящего угля и сортировки кокса и обращения с ними заключается в сокращении выбросов пыли с использованием установок по эффективному улавливанию пыли и систем сухого обеспыливания.

Таблица 6.8. Технологические показатели выбросов пыли при процессах хранения угля и сортировки кокса при производстве кокса:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 38

НДТ заключается в оборудовании камер коксовых печей системами загрузки с уменьшенными выбросами с применением одного или нескольких методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	"Бездымная" загрузка	Общеприменимо
2	Последовательная или поэтапная загрузка	Общеприменимо
3	Одновременная загрузка в несколько загрузочных бункеров	Общеприменимо
4	Использование установок по эффективному улавливанию пыли, последующая очистка (рукавный фильтр)	Общеприменимо

Таблица 6.9. Технологические показатели выбросов пыли при загрузке угля при производстве кокса:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 50

* Среднесуточное значение или среднее значение за период выборки

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 39

НДТ для сокращения выбросов загрязняющих веществ в процессе отжига в коксовой печи заключается в использовании одного или комбинации методов, представленных ниже:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Предотвращение утечки между камерой печи и камерой нагрева за счет регулярной работы коксовой печи	Общеприменимо

2	Устранение утечки между камерой печи и нагревательной камерой	Применимо только к действующим установкам
3	Использование десульфурованного коксового газа	Общеприменимо
4	Использование методов с низким содержанием оксидов азота (NO _x) при строительстве новых батарей, таких как поэтапное сжигание и использование более тонких кирпичей и огнеупоров с лучшей теплопроводностью	Применимо только к новым установкам

Таблица 6.10. Технологические показатели выбросов пыли в процессе отжига в коксовой печи

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 40

НДТ для выдачи кокса заключается в снижении выбросов пыли за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Выдача с помощью двересъемной машины, оснащенной зонтом	На действующих заводах нехватка места может ограничивать применимость
2	Использование очистки экстракционного газа с помощью рукавного фильтра или других систем очистки	
3	Использование одноточечной или мобильной установки – вагона для тушения кокса.	

Таблица 6.11. Технологические показатели выбросов пыли для процесса выдачи кокса:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для действующих установок технологический показатель 5 – 40 мг/Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 41

НДТ при тушении кокса является снижение выбросов пыли за счет использования одного из следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование сухого тушения кокса с рекуперацией значительного количества тепла и удалением пыли при загрузке, транспортировке и просеивании с помощью рукавного фильтра	Общеприменимо
2	С использованием обычного мокрого тушения с минимальными выбросами	Может быть ограничена необходимыми параметрами установки (высота)
3	С применением стабилизационного тушения кокса	Может быть ограничена наличием места

Таблица 6.12. Технологические показатели выбросов пыли для процесса тушения кокса:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.3.3.2. Выбросы соединений серы

НДТ 42

НДТ заключается в снижении содержания серы в коксовом газе с использованием одного из следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Десульфурация абсорбционными системами	Общеприменимо
2	Мокрая окислительная десульфурация	Общеприменимо

Остаточные концентрации сероводорода (H₂S) в коксовом газе подлежат периодическому мониторингу, связанному с НДТ 4.

НДТ 43

НДТ для коксовых печей с нижним подводом газа заключается в снижении выбросов за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Предотвращение утечки между камерой печи и камерой нагрева	Общеприменимо

	за счет регулярной работы коксовой печи	
2	Устранение утечки между камерой печи и нагревательной камерой (применимо только к действующим установкам)	Применимо только к действующим установкам
3	Использование десульфурированного коксового газа	Общеприменимо

Таблица 6.13. Технологические показатели выбросов диоксида серы (SO₂) для коксовых печей с нижним подводом газа:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Диоксид серы (SO ₂)	200 - 500

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 44

Для снижения выбросов диоксида серы (SO₂) из отходящих газов с высоким содержанием диоксида серы (SO₂) и во избежание образования отходов от системы очистки дымовых газов НДТ заключается в рекуперации серы путем производства серной кислоты или других серосодержащих продуктов. Используемые технические решения при производстве серной кислоты (см. раздел 5.1.2.8):

установки одинарного контактирования;

установки мокрого катализа.

Таблица 6.14. Технологические показатели диоксид серы (SO₂), связанные с НДТ, при рекуперации серы, содержащееся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Диоксид серы (SO ₂)	800 – 1000

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.3.3.3. Выбросы NO_x

НДТ 45

НДТ для коксовых печей с нижним подводом газа заключается в снижении выбросов за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Предотвращение утечки между камерой печи и камерой нагрева за счет регулярной работы коксовой печи	Общеприменимо
2	Устранение утечки между камерой печи и нагревательной камерой (применимо только к действующим установкам)	Применимо только к действующим установкам
3	Использование методов с низким содержанием оксидов азота (NO_x) при строительстве новых батарей, таких как поэтапное сжигание и использование более тонких кирпичей и огнеупоров с лучшей теплопроводностью	Применимо только к новым установкам)

Таблица 6.15. Технологические показатели выбросов NO_x для коксовых печей с нижним подводом газа:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	NO_2	350 – 500**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для действующих установок 500 – 650 мг/Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.3.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 46

НДТ заключается в сведении к минимуму потребления воды при производстве кокса, а также максимально возможного повторного использования.

НДТ 47

НДТ заключается в том, чтобы избежать повторного использования технологической воды, содержащей значительные концентрации органических веществ (например, неочищенных сточных вод коксовых печей, сточных вод с высоким содержанием углеводов и т.д.) в качестве охлаждающей воды.

НДТ 48

НДТ заключается в предварительной очистке сточных вод от процесса коксования и очистки коксового газа перед сбросом на очистные сооружения с использованием одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
	Использование эффективного удаления смолы и полициклических ароматических углеводов (ПАУ) с	

1	использованием флокуляции и последующей флотации, осаждения и фильтрации по отдельности или в комбинации	Общеприменимо
2	Использование эффективной десорбции аммиака с использованием щелочи и пара	Общеприменимо

НДТ 49

НДТ для предварительно очищенных сточных вод от процесса коксования и очистки коксового газа заключается в использовании биологической очистки сточных вод с интегрированными стадиями денитрификации/нитрификации.

Таблица 6.16. Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

№ п/п	Параметр ⁽³⁾	НДТ-ТП (мг/л) ^{*, **, ***}
1	2	3
1	ХПК	≤220
2	БПК	≤20
3	Сульфиды летучие	≤0,1
4	Тиоцианаты (SCN)	≤4
5	Цианиды (CN), летучие	≤0,1
6	Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)	≤0,05
7	Фенолы	≤0,5
8	Суммарное содержание азота аммонийного (NH ₄ ⁺ -N), азота нитратного (NO ₃ ⁻ -N) и азота нитритного (NO ₂ ⁻ -N)	≤15 – 50

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

*** в случае наличия /образования загрязняющих веществ в производственном процессе, а также при наличии в РК средств и методов измерений.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.3.5. Управление отходами

НДТ 50

НДТ заключается в повторном использовании производственных отходов, таких как смола от водоугольной суспензии, а также избыточного активного ила с установки по очистке сточных вод обратно в угольное сырье для коксового завода.

6.4. Заключение по НДТ при производстве карбида кальция

Относится к процессам при производстве карбида кальция с использованием электротермических печей.

НДТ 51

НДТ заключается в использовании сырья соответствующего качества и характеристик, к примеру, для исключения избыточного содержания примесей в сырье, таких как оксиды железа (FeO), кремния (SiO_2), алюминия (Al_2O_3), магния (MgO) и азота (NO_x), серы (S), фосфора (P), чтобы свести к минимуму нежелательные побочные реакции и потери энергии.

Применяемые методы могут включать:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использовать высушенный кокс с содержанием влаги менее 2 %, с зольностью менее 15 % (оптимально 10 %), а также (для замкнутых печей) с размером зерна от 3 до 25 мм	Общеприменимо
2	Обеспечивать уровень содержания магния в извести в пределах 2 % и размер зерен от 6 до 50 мм. Использовать известь (обычно негашеную), которая должна быть как можно более мягкой, чтобы обеспечить снижение содержания CO_2 до уровня менее 2 %	Общеприменимо

НДТ 52

НДТ заключается в проектировании, обеспечении функционирования и надлежащей эксплуатации завода по производству карбида кальция в целях экономии сырья и энергии и снижения воздействия производства карбида кальция (CaC_2) на окружающую среду. В частности, применяются следующие методы:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	На заводе по производству карбида кальция с замкнутой печью использовать 930 кг извести (94 % CaO), 550 кг кокса (сухого, 10 % золы), 20 кг электродного материала и 3200 квт·ч электрической энергии соответственно на тонну CaC_2 и использовать энергозапас оксида углерода (CO) печного газа или применять печной газ в качестве технологического сырья	Общеприменимо

2	На заводе по производству карбида кальция с печью открытого типа (где не происходит сбор газа СО) экономить сырье и энергию и сокращать воздействие производства на окружающую среду, также используя возможность выбора более широкого ассортимента используемого сырья и большую гибкость процесса	Общеприменимо
---	--	---------------

НДТ 53

На заводах по производству карбида кальция, где используются замкнутые печи, НДТ заключается в использовании одного или комбинации следующих методов, направленных на снижение выбросов загрязняющих веществ. К применяемым методам относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Полный сбор печного газа	Применимо для заводов, производящих карбид кальция
2	Система сухого обеспыливания для очистки печного газа	
3	Система гидрообеспыливания для очистки печного газа	
4	Сбор и обработка дымов при выпуске плавки	Общеприменимо

Таблица 6.17. Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с подготовкой, выплавкой и упаковкой при производстве карбида кальция:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	1 – 5 ^{**} , ^{***}

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для закрытых и открытых печей по производству карбида кальция;

*** для действующих установок 5 – 20 мг/ Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 54

НДТ заключается в очистке сточных вод заводов по производству карбида кальция, где используется система гидрообеспыливания для очистки печного газа, с использованием методов или комбинации методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Отстаивание/осаждение	Общеприменимо
2	Нейтрализация	Общеприменимо

Таблица 6.18. Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/л) *, **
1	2	3
1	Взвешенные вещества	30

* Среднесуточное значение или среднее значение за период выборки

** Используемые показатели в метах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

НДТ 55

НДТ в части энергоэффективности заключается в повторном использовании печного газа в качестве топлива.

6.5. Заключение по НДТ процесса производства чугуна

Если не указано иное, выводы по НДТ, представленные в этом разделе, могут применяться ко всем доменным печам.

6.5.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

НДТ 56

НДТ для рационального использования ресурсов доменных печей заключается в снижении потребления кокса путем непосредственного вдувания восстановителей, таких как пылевидный уголь, мазут, тяжелые нефтепродукты, гудрон, нефтяные остатки, коксовый газ, природный газ и отходы, такие как металлические остатки, отработанные масла и эмульсии, маслянистые остатки, жиры и отходы пластмасс по отдельности или в сочетании.

Применимость вдувания газа зависит от наличия газа, который можно эффективно использовать в других местах металлургического завода

Применимость ввода пластика зависит от местных и рыночных условий, от состава используемых отходов.

НДТ 57

НДТ заключается в поддержании бесперебойной непрерывной работы доменной печи в устойчивом режиме для минимизации выбросов и снижения вероятности осадки шихты.

НДТ 58

НДТ заключается в использовании отводимого доменного газа в качестве топлива.

НДТ 59

НДТ предназначена для рекуперации энергии давления колошникового газа при наличии достаточного давления колошникового газа и низких концентраций щелочных металлов.

НДТ 60

НДТ заключается в предварительном подогреве топливных газов в воздухонагревателе или воздуха в воздухонагревателе для оптимизации процесса сжигания.

Применимость предварительного подогрева топлива зависит от эффективности печей.

6.5.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников

НДТ 61

НДТ для литейного двора (летки, желоба, пункты загрузки чугуновозных и миксерных ковшей, скиммеры) заключается в предотвращении или снижении неорганизованных выбросов пыли за счет использования одного или нескольких методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Укрытие желобов	Общеприменимо
2	Оптимизация эффективности улавливания неорганизованных выбросов пыли и дыма с последующей очисткой отходящих газов	Общеприменимо
3	Подавление дыма с помощью азота при выпуске, где это применимо и где не установлена система сбора и обеспыливания для выбросов при выпуске	Общеприменимо

6.5.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

6.5.3.1. Выбросы пыли

НДТ 62

НДТ для процессов подготовки шихты (смешивания, перемешивания, дробления, классификации), транспортировки шихты, загрузки из бункеров-накопителей установок вдувания угольной пыли заключается в минимизации выбросов пыли и, при необходимости, пылеулавливания с последующим обеспыливанием с помощью одного или комбинации следующих методов.

Методы предварительной очистки включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Применение циклонов	Общеприменимо
2	Применение мокрых газоочистителей	Общеприменимо

Методы очистки включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Электрофильтр	Общеприменимо
2	Рукавный фильтр	Общеприменимо. На действующих установках применение может быть ограничено местом для установки

Таблица 6.19. Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с подготовкой, транспортировкой шихты, загрузки из бункеров-накопителей установок вдувания угольной пыли при производстве чугуна:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для действующих установок при процессах, связанных с дроблением и классификацией (грохочением) технологический показатель 20 – 100мг/ Нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 63

НДТ для литейного двора (летки, желоба, пункты загрузки чугуновозных и миксерных ковшей, скиммеры) заключается в снижении выбросов пыли за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Электрофильтр	Общеприменимо
2	Рукавный фильтр	Применимость может быть ограничена наличием места

Таблица 6.20. Технологические показатели выбросов пыли для литейного двора (летки, желоба, пункты загрузки торпедных ковшей, скиммеры), связанные с применением НДТ:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 64

НДТ заключается в использовании футеровки желобов, не содержащей смолы.

НДТ 65

НДТ заключается в минимизации выбросов доменного газа во время загрузки за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	БЗУ с первичным и вторичным выравниванием давления	Общеприменимо
2	Система рекуперации газа или вентиляции	Применимо для новых установок. Для действующих установок применимо в случаях, когда печь имеет безконусную систему загрузки
3	Использование доменного газа для повышения давления на колошнике доменной печи	Общеприменимо

НДТ 66

НДТ заключается в снижении выбросов пыли из доменного газа за счет использования одного или нескольких методов:

Методы предварительной очистки включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Дефлекторы	Общеприменимо
2	Пылесборники	Общеприменимо
3	Циклоны	Общеприменимо
4	Электрофильтры	Общеприменимо

Методы последующей очистки включают:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Скрубберы барьерного типа	Общеприменимо
2	Скрубберы Вентури	Общеприменимо
3	Скрубберы с кольцевым зазором	Общеприменимо
4	Мокрые электрофильтры	Общеприменимо
5	Дезинтеграторы	Общеприменимо

Таблица 6.21. Технологические показатели пыли в процессах, связанных с очисткой доменного газа при производстве чугуна:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 10

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 67

НДТ для доменных воздухонагревателей заключается в сокращении выбросов за счет использования десульфурованного и обеспыленного избыточного коксового газа, обеспыленного доменного газа, обеспыленного конвертерного газа и природного газа по отдельности или в комбинации.

Таблица 6.22. Технологические показатели выбросов пыли для доменных воздухонагревателей при производстве чугуна:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 10

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

6.5.3.2. Выбросы диоксида серы (SO₂) и оксидов азота (NO_x)

НДТ 68

НДТ для доменных воздухонагревателей заключается в сокращении выбросов за счет использования десульфурованного и обеспыленного избыточного коксового газа, обеспыленного доменного газа, обеспыленного основного кислородного доменного газа и природного газа по отдельности или в комбинации.

Таблица 6.23. Технологические показатели выбросов диоксида серы (SO₂) для доменных воздухонагревателей при производстве чугуна:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Диоксид серы (SO ₂)	100 – 200

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

НДТ 69

НДТ для доменных воздухонагревателей заключается в сокращении выбросов за счет использования десульфурованного и обеспыленного избыточного коксового газа, обеспыленного доменного газа, обеспыленного основного кислородного доменного газа и природного газа по отдельности или в комбинации.

Таблица 6.23. Технологические показатели выбросов диоксидов азота (NO_x) для доменных воздухонагревателей при производстве чугуна:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Оксиды азота (NO _x)	50 – 100

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

6.5.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 70

НДТ для потребления воды и сброса при очистке доменного газа заключается в минимизации и максимально возможном повторном использовании промывочной воды, например, для грануляции шлака, при необходимости, после обработки фильтром с гравийным слоем.

НДТ 71

НДТ для сточных вод, образующихся при очистке доменных газов, заключается в использовании флокуляции (коагуляции) и отстаивании, а также при необходимости снижения легко выделяющегося цианида.

Таблица 6.24. Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/л) *, **, ***
1	2	3
1	Взвешенные вещества	≤ 30
2	Железо (Fe)	≤ 5
3	Свинец (Pb)	≤ 0,5
4	Цинк (Zn)	≤ 2
5	Цианид легковысвобождаемый	≤ 0,4

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** используемые показатели в метах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

*** в случае наличия /образования загрязняющих веществ в производственном процессе, а также при наличии в РК средств и методов измерений.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.5.5. Управление отходами

НДТ 72

НДТ заключается в контролируемом управлении остатками доменной плавки, которых нельзя ни избежать, ни переработать, т.е. предотвращении образования отходов в доменном процессе с использованием одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Надлежащий сбор и хранение для облегчения конкретной переработки	Общеприменимо
2	Переработка крупной пыли, образующейся при газоочистке доменной печи (ДП), и пыли, образующейся при обеспыливании литейного двора, на месте, с должным учетом	Общеприменимо

	влияния выбросов завода, на котором она перерабатывается	
3	Переработка шлама с помощью гидроциклона для удаления осадка с последующей переработкой крупной фракции на месте	Применяется во всех случаях, когда влажного обеспыливания, а также с учетом содержания цинка
4	Переработка шлака, предпочтительно путем гранулирования	Применимо при наличии внешнего спроса

НДТ 73

НДТ для сведения к минимуму выбросов при переработке шлака заключается в конденсации дыма, если требуется уменьшение запаха.

6.6. Заключение по НДТ при производстве конвертерной стали

Если не указано иное, выводы по НДТ, представленные в этом разделе, могут быть применены ко всем кислородно-конвертерным процессам и разливке стали.

6.6.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

НДТ 74

НДТ заключается в сборе, очистке и хранении конвертерного газа для последующего использования в качестве топлива. Применимость может быть ограничена экономическими аспектами, а также в некоторых случаях нецелесообразностью утилизации путем подавления сжигания.

НДТ 75

НДТ заключается в снижении энергопотребления за счет использования автоматизированных устройств в сталеплавильном цехе.

НДТ 76

НДТ заключается в оптимизации процесса и снижении энергопотребления за счет использования процесса прямого выпуска плавки после продувки. Применяются методы онлайн-отбора проб и анализа стали.

Применимость обусловлена наличием соответствующего анализатора/устройства, наличие печи-ковша облегчает внедрение технологии.

НДТ 77

НДТ заключается в снижении энергопотребления за счет использования непрерывной разливки полосы, близкой к заданной форме, если это оправдано качеством и номенклатурой производимых марок стали.

Применимость зависит от производимых марок стали и от ассортимента продукции отдельного сталелитейного завода. На действующих заводах применимость может быть ограничена компоновкой оборудования и имеющимся пространством.

6.6.2. Выбросы загрязняющих веществ от неорганизованных источников

НДТ 78

НДТ заключается в минимизации выбросов пыли:

из отверстия кислородной фурмы за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Укрытие отверстия фурмы во время продувки кислородом	Общеприменимо
2	Вдувание инертного газа или пара в отверстие фурмы для рассеивания пыли	Применимо для действующих установок
3	Использование других альтернативных конструкций уплотнений в сочетании с устройствами очистки фурмы	Общеприменимо

для вторичного обеспыливания при переливании чугуна: в сведениях к минимуму с помощью методов, интегрированных в технологический процесс, таких как общие методы предотвращения или контроля неорганизованных выбросов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Независимый отвод и использование пылеулавливающих устройств для каждого подпроцесса в конвертерном цехе	Применимость ограничена для действующих установок
2	Надлежащее управление установкой десульфурации для предотвращения выбросов в атмосферу	Применимость ограничена для действующих установок
3	Общая герметизация установки десульфурации	Применимость ограничена для действующих установок
4	Содержание в исправности крышки, когда ковш для заливки чугуна не используется, и очистка ковшей для заливки чугуна и регулярное удаление настывшей или же применение системы отвода под крышей	Применимость ограничена для действующих установок
5	Выдержка ковша для заливки чугуна перед конвертером в течение примерно двух минут после заливки жидкого чугуна в конвертер, если не применяется система вытяжки с крыши	Применимость ограничена для действующих установок
	Компьютерное управление и оптимизация процесса производства стали, например, для	

6	предотвращения или уменьшения выбросов (т. е. когда шлак вспенивается до такой степени, что он вытекает из конвертера)	Применимость ограничена для действующих установок
7	Уменьшение переливов при выпуске за счет ограничительных элементов, вызывающих переливы, и использования средств для локализации разливов	Применимость ограничена для действующих установок
8	Закрытие дверей в помещении с конвертером во время продувки кислородом	Общеприменимо
9	Непрерывное видеонаблюдение за крышей на наличие видимых выбросов	Применимость ограничена для действующих установок
10	Использование вытяжной системы под крышей	Общеприменимо

6.6.3. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

6.6.3.1. Выбросы пыли

НДТ 79

НДТ для утилизации газа кислородного конвертера путем подавления сжигания заключается в максимальном извлечении конвертерного газа во время продувки и его очистке с использованием следующих методов в сочетании:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование процесса подавления сжигания	Общеприменимо
2	Предварительное обеспыливание для удаления крупной пыли с помощью методов сухой сепарации (например, дефлектор, циклон) или мокрых сепараторов	Общеприменимо
3	Пылеудаление за счет:	
3.1	Сухое обеспыливание (например, электрофильтр)	Общеприменимо
3.2	Мокрое обеспыливание (например, мокрый электрофильтр или скруббер)	Применимо для действующих установок

НДТ для утилизации газа кислородного конвертера при продувке кислородом в случае полного сжигания заключается в снижении выбросов пыли за счет использования одного из следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Сухое обеспыливание (например, ЭСФ или рукавный фильтр)	Общеприменимо
2	Мокрое обеспыливание (например, мокрый ЭСО или скруббер)	Применимо для действующих установок

Таблица 6.25. Технологические показатели выбросов пыли при утилизации газа кислородного конвертера при производстве конвертерной стали:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 50

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 80

НДТ для вторичного обеспыливания в процессах предварительной обработки жидкого чугуна заключается в использовании соответствующих закрытых корпусов и эффективной вентиляции с последующей очисткой отходящих газов с помощью ЭСФ или рукавного фильтра.

Таблица 6.26. Технологические показатели выбросов пыли для вторичного обеспыливания в процессах предварительной обработки жидкого чугуна:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 81

НДТ для переработки шлака на месте заключается в снижении выбросов пыли за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Эффективное отдаление шлакодробилки и просеивающих устройств с последующей очисткой отходящих газов, при необходимости	Общеприменимо
2	Транспортировка переработанного шлака ковшовыми погрузчиками	Общеприменимо
3	Удаление или увлажнение отходов с мест перегрузки конвейера	Общеприменимо
4	Увлажнение отвалов шлака при хранении	Общеприменимо
5	Использование водяных туманов при загрузке дробленого шлака	Общеприменимо

Таблица 6.27. Технологические показатели выбросов пыли при переработке шлака на месте:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.6.4. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 82

НДТ заключается в предотвращении или сокращении водопотребления и выбросов сточных вод в результате первичного обеспыливания конвертерного газа с использованием одного из следующих методов, изложенных в НДТ 79:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Сведение к минимуму промывочной воды и максимально возможное ее повторное использование (например, для грануляции шлака) в случае применения мокрой обеспыливания	Общеприменимо

НДТ 83

НДТ заключается в минимизации сброса сточных вод при непрерывной разливке за счет использования следующих методов в сочетании:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Удаление твердых частиц путем флокуляции, осаждения и/или фильтрации	Общеприменимо
2	Удаление масла в скимминговых емкостях или любом другом эффективном устройстве	Общеприменимо
3	Рециркуляция охлаждающей воды и воды от создания вакуума в максимально возможной степени	Общеприменимо

Таблица 6.28. Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/л) *, **, ***
1	2	3
1	Взвешенные вещества	≤ 20
2	Железо (Fe)	≤ 5
3	Цинк (Zn)	≤ 2

4	Никель (Ni)	≤0,5
5	Общий хром (Cr)	≤0,5
6	Общее содержание углеводов (C _n H _m)	≤5

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** используемые показатели в метках выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

*** в случае наличия /образования загрязняющих веществ в производственном процессе, а также при наличии в РК средств и методов измерений.

6.6.5. Управление отходами

НДТ 84

НДТ заключается в предотвращении образования отходов с использованием одного или комбинации следующих методов (см. НДТ 13):

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Надлежащий сбор и хранение для облегчения переработки	Общеприменимо
2	Переработка крупной пыли, образующейся при газоочистке конвертера, пыли вторичной обеспыливания и прокатной окалины от непрерывной разливки обратно в сталеплавильные процессы с учетом влияния выбросов завода, на котором они перерабатываются	Общеприменимо
3	Переработка конвертерного шлака и мелочи конвертерного шлака на месте для различных применений	Общеприменимо
4	Переработка шлака (например, в качестве заполнителя в материалах или для строительства)	Применимость ограничена наличием спроса
5	Использование фильтрационной пыли и шлама для внешнего извлечения железа и цветных металлов, таких как цинк, в цветной металлургии	Применимость обусловлена процессом очистки конвертерного газа методом сухого электростатического осаждения
6	Использование отстойника для шлама с последующей рециркуляцией крупной фракции в аглодомной или цементной промышленности, когда гранулометрический состав позволяет провести разумное разделение	Общеприменимо

НДТ заключается в контролируемом управлении остатками основного кислородного процесса, которые невозможно ни избежать, ни переработать.

6.7. Заключение по НДТ при производстве стали в электродуговых, индукционных и других печах, не включенных в раздел 6.6.

Если не указано иное, выводы по НДТ, представленные в этом разделе, могут применяться ко всем сталеплавильным и литейным производствам в электродуговых, индукционных и иных печах, не включенных в раздел 6.6.

6.7.1. Энергоэффективность и ресурсосбережение

НДТ 85

НДТ заключается в снижении энергопотребления за счет использования непрерывной разливки полосы, близкой к заданной форме, если это оправдано качеством и номенклатурой производимых марок стали.

Применимость зависит от производимых марок стали и от ассортимента продукции отдельного сталелитейного завода. На действующих заводах применимость может быть ограничена компоновкой оборудования и имеющимся пространством.

6.7.2. Выбросы загрязняющих веществ от организованных источников

6.7.2.1. Выбросы пыли

НДТ 86

НДТ заключается в достижении эффективного пылеудаления с использованием одного из методов, перечисленных ниже, а также последующей очистки:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Сочетание прямого удаления отходящих газов (4-е или 2-е отверстие) и вытяжных систем	Общеприменимо
2	Системы прямого извлечения газа и шумопылезащитного кожуха	Общеприменимо
3	Непосредственный отвод газа и общее отведение из здания (дуговые электропечи малой мощности (ЭДП) могут не требовать непосредственного отведения газа для достижения той же эффективности удаления).	Общеприменимо
4	Рукавный фильтр	Общеприменимо

Таблица 6.29. Технологические показатели выбросов пыли при производстве стали:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3

1	Пыль	5 – 20
---	------	--------

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 87

НДТ для переработки шлака на месте заключается в снижении выбросов пыли за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Эффективное отдаление шлакодробилки и просеивающих устройств с последующей очисткой отходящих газов, при необходимости	Общеприменимо
2	Транспортировка непереработанного шлака ковшовыми погрузчиками	Общеприменимо
3	Удаление или увлажнение отходов с мест перегрузки конвейера	Общеприменимо
4	Увлажнение отвалов шлака при хранении	Общеприменимо
5	Использование водяных туманов при загрузке дробленого шлака	Общеприменимо

Таблица 6.30. Технологические показатели выбросов пыли при переработке шлака на месте:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Пыль	5 – 20

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.7.2.2. Выбросы ртути и ПХДД/Ф

НДТ 88

НДТ заключается в предотвращении выбросов ртути путем исключения, насколько это возможно, сырья и вспомогательных материалов, содержащих ртуть (см. НДТ 9 и 10). Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 89

НДТ заключается в предотвращении и снижении содержания полихлорированных dibenzodioxin/фуранов (ПХДД/Ф) и полихлорированных бифенилов (выбросы ПХБ), избегая, насколько это возможно, сырья, содержащего ПХДД/Ф и ПХД или их прекурсоры (см. НДТ 9 и 10), и используя один или комбинацию следующих методов в сочетании с соответствующей системой пылеудаления:

№ п/п	Техники	Применимость

1	2	3
1	Соответствующее дожигание	Применимость обусловлена наличием свободного пространства, имеющаяся система газоходов
2	Соответствующее быстрое гашение	Общеприменимо
3	Впрыскивание адекватных адсорбентов в воздуховод перед обеспыливанием	Общеприменимо

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.7.3. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 90

НДТ заключается в минимизации потребления воды в процессе ЭДП за счет использования замкнутых систем водяного охлаждения для максимально возможного охлаждения печных устройств, если только не используются прямоточные системы охлаждения.

НДТ 91

НДТ заключается в минимизации сброса сточных вод при непрерывном литье за счет использования следующих методов в сочетании:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Удаление твердых частиц путем флокуляции, осаждения и/или фильтрации	-
2	Удаление масла в скимминговых емкостях или любом другом эффективном устройстве	-
3	Рециркуляция охлаждающей воды и воды от создания вакуума в максимально возможной степени	-

Таблица 6.31. Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ в водные объекты:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/л) *, **, ***
1	2	3
1	Взвешенные вещества	≤ 20
2	Железо (Fe)	≤ 5
3	Цинк (Zn)	≤ 2
4	Никель (Ni)	≤ 0,5
5	Общий хром (Cr)	≤ 0,5
6	Общее содержание углеводородов (C _n H _m)	≤ 5

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** используемые показатели в метах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

*** в случае наличия /образования загрязняющих веществ в производственном процессе, а также при наличии в РК средств и методов измерений

6.7.4. Управление отходами

НДТ 92

НДТ заключается в предотвращении образования отходов с использованием одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Надлежащий сбор и хранение для облегчения специализированной обработки	Общеприменимо
2	Извлечение и рециркуляция на месте огнеупорных материалов из различных процессов и внутреннего использования, например, для замены доломита, магнезита и извести	Общеприменимо
3	Использование фильтровальной пыли для внешнего извлечения цветных металлов, таких как цинк, в цветной металлургии, при необходимости, после обогащения фильтровальной пыли путем рециркуляции в электродуговую печь (ЭДП)	Применимость может быть ограничена наличием спроса
4	Отделение окалины от непрерывной разливки в процессе водоподготовки и извлечение с последующей рециркуляцией, например, в аглодоменной или цементной промышленности	Применимость может быть ограничена наличием спроса
5	Внешнее использование огнеупорных материалов и шлаков от электродуговых печей (ЭДП) в качестве вторичного сырья, если это позволяют рыночные условия	Применимость может быть ограничена наличием спроса

НДТ заключается в контролируемом управлении остатками процесса ЭДП, которых нельзя ни избежать, ни переработать.

6.7.5. Физические воздействия

НДТ 93

НДТ заключается в снижении уровня шума от установок и процессов электродуговых печей (ЭДП), генерирующих высокие звуковые энергии, путем использования комбинации следующих строительных и эксплуатационных технологий в зависимости от местных условий (в дополнение к методам, перечисленным в НДТ 16) :

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Сооружение здания ЭДП таким образом, чтобы поглощать шум от механических ударов, возникающих при работе печи	Общеприменимо
2	Применение и установка кранов, предназначенных для транспортировки грузочных корзин, с учетом предотвращения механических ударов	Общеприменимо
3	Специальное применение звукоизоляции внутренних стен и крыш в здании электродуговой печи	Общеприменимо
4	Отделение корпуса печи ЭДП и наружной стены здания для снижения шума	Общеприменимо
5	Размещение процессов, генерирующих высокую звуковую энергию (т.е. ЭДП и установки обезуглероживания) в основном здании	Общеприменимо

6.8. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве чугуна и стали являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов.

Величина воздействия деятельности производственных объектов производство чугуна и стали на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления и водоотведения, эффективности работы очистных сооружений, качественной характеристики сброса сточных вод на поля фильтрации и рельеф местности. Качественный состав сбрасываемых сточных вод обусловлен составом вод, используемых на водоснабжение предприятия, составом используемого сырья, спецификой технологических процессов, составом промежуточных продуктов, либо составом готовых продуктов, существующих систем очистки сточных вод.

Образующиеся в результате производственных и технологических процессов отходы могут передаваться на утилизацию/переработку сторонним организациям на

договорной основе, частично используются для собственных нужд при заполнении выработанного пространства, часть возвращается в производство.

Согласно Кодекса под ремедиацией признается комплекс мероприятий по устранению экологического ущерба посредством восстановления, воспроизводства компонента природной среды, которому был причинен экологический ущерб, или, если экологический ущерб является полностью или частично непоправимым, замещения такого компонента природной среды.

Таким образом, в результате деятельности предприятий по производству чугуна и стали следующие негативные последствия наступают в результате загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего перехода загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другую:

загрязнение земель и почв в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на поверхность почв и дальнейшая их инфильтрация в поверхностные и подземные воды;

воздействие на животный и растительный мир.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля, причиненного в результате антропогенного воздействия, и при закрытии и (или) ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчѣте или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должна предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Кодекса (ст. 131 – 141 раздела 5) и Методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания, или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того чтобы, с учѣтом их текущего, или будущего утвержденного целевого назначения, участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека, и не причинял ущерб от еѢ деятельности в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

7. Перспективные техники

Данный раздел содержит информацию о новейших техниках, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

В процессе подготовки справочника НДТ составители и члены ТРГ проанализировали целый ряд новых технологических, технических и управленческих решений, которые обсуждаются как в зарубежных странах, так и в России. Это решения направлены на повышение эффективности производства, сокращение негативного воздействия на окружающую среду, оптимизацию ресурсопотребления. Они еще не получили широкого распространения, и надежными сведениями о внедрении их на двух предприятиях составители справочника не располагают.

Далее в тексте эти решения описаны применительно к процессам производства чугуна и стали.

7.1. Прямое восстановление железа

Восстановление железа из железорудного сырья (без плавления, при сравнительно низких температурах) с использованием различных восстановителей – газов, твердого С, газов и твердого С совместно.

Процесс ведется при температуре менее 1000 – 1200 °С, при которой пустая порода руды не доводится до шлакования, примеси (кремний (Si), марганец (Mn), фосфор (P), сера (S)) не восстанавливаются, и металл получается чистым в виде пористого материала, который принято называть губчатым железом. Процессы получения губчатого железа осуществляются в различных агрегатах: шахтных, трубчатых, туннельных, муфельных, отражательных, электронагревательных печах, ретортах периодического действия, конвейерных машинах, реакторах с кипящим слоем и др. Иногда эти агрегаты соединены в комплексы, в которых наиболее часто сочетаются с электропечью (электродоменной или дуговой) для получения жидкого металла (чугуна и стали). Железо прямого восстановления (губчатое железо) в основном производят в виде металлизированных окатышей: холодных CDRI (Cool Direct Reduced Iron) или горячих HDRI (Hot Direct Reduced Iron), а также горячбрикетированного железа HBI (Hot Briquetted Iron). Чаще всего губчатое железо применяют как высокочистую добавку к стальному лому. Наиболее стабильный спрос на губчатое железо отмечается в странах с недостаточными мощностями доменного производства и поставками стального лома. Чугун или углеродистый полупродукт получают во вращающихся печах или в электропечах, прямо связанных с печью восстановления, где восстановителем является твердое топливо. Чугун, полученный внедоменными методами, не отличается от обычного доменного; в ряде случаев получают полупродукт с меньшим содержанием некоторых примесей, чем в чугуне. Передел чугуна и полупродукта на сталь производится в известных сталеплавильных агрегатах без затруднений, а в случае полупродукта — с несколько меньшими затратами, чем передел доменного чугуна.

Использование железа прямого восстановления позволяет исключить из цепочки производства стали выбросы аглококсодоменного цикла, снизить негативное влияние

металлургического производства на окружающую среду, в том числе за счет уменьшения выбросов углекислого газа и др. в атмосферу.

Прямое восстановление железной руды до железа с использованием водорода (H-DRI), что полностью исключает использование ископаемого топлива.

В ЕС разрабатываются H-DRI в рамках 18 проектов, инициированных почти всеми сталелитейными предприятиями ЕС, а также некоторыми новыми участниками сектора

Другой альтернативой водородной технологии DRI-EAF является сочетание технологии DRI с технологией погружной дуговой печи под флюсом. Это позволит выплавлять DRI перед изготовлением стали в основной кислородной печи. Этот маршрут позволит сталелитейным предприятиям сохранить часть своих существующих активов - основную кислородную печь, которая позволяет получать различные материалы. Компании ArcelorMittal на своем Дюнкерк (ArcelorMittal, 2021), и Thyssenkrupp на своем заводе в Дуйсбурге (thyssenkrupp, 2020) объявили о планах по интеграции водородной печи с кислородной печью. В 2021 году в Китае была запущена установка, работающая на водородном газе, по технологии "Energiron", для этого будет использоваться составной газ с концентрацией водорода 70 %, выбросы углекислого газа сократятся до 125 кг/тонну сырья.

Электролитические процессы, при которых железная руда восстанавливается исключительно с помощью электричества, при высокой температуре (электролиз расплавленного оксида) или низкой температуре (электрофильтрация).

Использование железа прямого восстановления при выплавке стали (в основном, в электродуговых печах) позволяет производить наиболее высококачественный, экономически выгодный (с относительно низкой энергоемкостью) и экологически чистый металл без примесей серы (S) и фосфора (P). Концепция загрузки электродуговых печей (ЭДП) продукцией DRI-HBI дает возможность использовать более высокую энергию плавки при увеличении производительности печи. Однако его можно также загружать в мартеновские и конвертерные печи (вместо металлолома). Доменный процесс в таком производстве полностью исключен.

Одним из существенных недостатков DRI является окисляемость при перевозках. Поэтому в мире продается только 20 – 25 % всего производимого железа прямого восстановления. Остальное DRI используется в собственном производстве. Потенциально DRI может быть использован на любых рынках, где производится сталь.

На сегодня в мире наиболее широко распространены технологии прямого восстановления железа компании Midrex (США), установки которой работают во многих странах с 1971 года. Лидирующие позиции в DRI эта компания удерживает до сих пор (Оскольский электрометаллургический комбинат, который за 1983 – 1987 годы построил и запустил четыре модуля Midrex, общей мощностью 1,67 млн тонн металлизированных окатышей DRI в год, и Лебединский ГОК, который с 1999 года

выпускает брикеты HRI мощностью 0,9 млн тонн в год). Железо прямого восстановления почти полностью используется в электрометаллургии. Доменный процесс в таком производстве полностью исключен.

7.2. Перспективные техники в агломерации

7.2.1. Спекание верхнего слоя

Спекание верхнего слоя означает, что определенную смесь побочных продуктов/остатков, которые содержат нефть/углеводороды, доводят до содержания воды примерно на 7 %, а затем осаждают с помощью подающего барабана на основной слой агломерата. Для воспламенения этого второго слоя используется второй запальный колпак с выходной мощностью от 25 до 35 % от выходной энергии основной горелки. Для достижения высокого качества агломерата из второго слоя побочных продуктов/остатков агломерата, содержащих углеводороды, необходимо соблюдение физико-химических условий процесса.

7.2.2. Применение технологии газовой агломерации

Технология газовой агломерации может быть осуществлена на любой ленточной агломашине (после реконструкции) на шихте, подготовленной и окомкованной обычными методами, но без добавления твердого топлива, при использовании высококалорийного газа. При работе на низкокалорийном доменном газе в шихту необходимо добавлять твердое топливо до ~ 2 % углерода (C) в шихте. Способ осуществляется путем установки специальных горелок над спекаемой шихтой по длине агломашинны

Технология газовой агломерации без использования твердого топлива обеспечивает повышение качества агломерата по прочности, восстановимости, снижение содержания серы. Отсутствие в спекаемом слое твердого топлива приведет к существенному уменьшению выбросов пыли, оксида углерода (CO), серы (SOx) и азота (NOx). Опробована в опытно-промышленном режиме на агломашине площадью 50 м² на доменном газе калорийностью 930 ккал/Нм³, удельная производительность достигала 1,6 т/м² в час.

7.2.3. Применение активной извести

Технология введения активной извести в агломерационную шихту способствует повышению эффективности ее использования, увеличению высоты спекаемого слоя, повышению производительности агломашинны, сокращению выбросов пыли за счет

повышения качества окомкования и агломерата. Для получения активной извести необходимо строительство на аглофабрике участка по обжигу извести. Опробована в промышленном масштабе.

7.2.4. Подготовка агломерационной шихты к спеканию: дозирование, смешивание, окомкование

Применение нового современного оборудования для смешивания и окомкования шихты (высокоинтенсивные смесители) гарантирует повышение качества агломерата, снижение расхода коксовой мелочи, уменьшение выбросов пыли, CO, SO_x, NO_x. Промышленно освоенная техника.

7.2.5. Онлайн-мониторинг химического состава агломерата (в том числе FeO в агломерате)

Уровень развития техники лазерно-искровой спектromетрии (LIBS) предоставляет возможность организовать онлайн элементный анализ железорудного сырья и FeO в агломерате. Аналитико-программные блоки SuPerMagnag и Laser Distance Analyzer Spectrometry MAYA позволяют в потоке определять состав агломерата, отдаваемого в доменный цех (оксиды железа (FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄), основность и др. химические компоненты в агломерате). Технологическая схема управления доменной плавкой на основе онлайн контроля шихты. Система онлайн-мониторинга позволяет отслеживать химический состав агломерата в режиме реального времени, сокращает время корректирующего воздействия с 4 до 1 часа, делает возможным определение фактического Fe, Si, Ca, Mg, основности, оксидов железа в каждом загруженном агломератом вагоне. На текущий момент на мировом рынке нет стандартного оборудования, внедрения ведутся на заводе Dillingen Rogeza (Германия) и ПАО "НЛМК" (Россия).

7.2.6. Автоматическое дозирование флюсов в аглошихте

Химический состав сырьевых материалов для агломерационного производства значительно варьируется. Это одна из главных проблем на пути получения стабильного по содержанию железа и основности агломерата. Автоматический контроль химического состава сырья в режиме реального времени с помощью лазерного анализатора Laser Distance Analyzer Spectrometry MAYA позволяет получать в режиме on-line информацию об этих параметрах агломерационной шихты с ее использованием для оперативных корректировок состава шихты. Разработанная в ПАО "НЛМК" (Россия) на базе лазерного анализатора MAYA автоматическая система дозирования флюсов позволяет стабилизировать основность агломерата, что ведет к сокращению расхода кокса в доменных печах. Внедрено в ПАО "НЛМК". Применение лазерного анализатора MAYA на конвейере подачи железорудной смеси перед дозированием

флюсов, позволяет видеть тренды изменения химического состава (железо (Fe), оксид кальция (CaO), диоксид кремния (SiO₂), оксид магния (MgO)) в железорудной смеси в режиме реального времени и автоматически корректировать дозировку флюсов.

7.2.7. Применение полимерных (и минеральных) связующих для окомкования

В настоящее время применение полимерных добавок Anyonic Polimer Dispersant (APD) внедрено на некоторых предприятиях Японии (NSC, JFE), Европы и Бразилии. В России на некоторых аглофабриках проводились обширные исследования различных полимерных добавок и получены положительные результаты. Ввод в агломерационную шихту полимерных добавок влияет на увеличение производительности агломашин, в частности увеличение вертикальной скорости спекания, которое достигается за счет повышения качества окомкования шихты (средний диаметр, прочность гранул и др.), что сопровождается снижением пылеобразования, а также эмиссий оксида углерода (CO).

7.2.8. Применение современных зажигательных горнов

В настоящее время существует несколько конструкций зажигательных горнов, предлагаемых различными мировыми компаниями. В промышленности эксплуатируются зажигательные горны с различным расположением горелок: на торцевых стенах со стороны входа в горн тележек с шихтой и со стороны их выхода; на боковых стенах; на своде. Замена зажигательного горна на современный вертикальной конструкции позволяет: - уменьшить длину горна (2 – 5 м) – повышения производительности агломашин (не менее чем на 3 тонны в час); - снизить затраты топлива (тепла) на работу горна в 2 – 3 раза (стандартные значения новых горнов 40 – 70 МДж/м³); - сократить расход газа (на 20 – 50 % и выше); - увеличить выход годного на 3 – 5 % за счет равномерного распределения тепла при нагреве; - сократить затраты на огнеупоры и услуги по ремонту, экономия времени увеличение межремонтного (или технического обслуживания) интервала (замена футеровки горна 1 раз в 6 лет отдельные конструкции до 8 лет).

7.2.9. Использование тепла воздуха после охладителей агломерата

Применение технологии утилизации тепла воздуха охлаждения агломерата способствует снижению затрат энергии на производство агломерата. Для сбора нагретого воздуха от охладителей устанавливаются улавливающие зонты, через которые нагретый воздух направляется в циклоны для удаления абразивной пыли и после этого по трубопроводам может подаваться: - на теплообменники для выработки пара или горячей воды, с возможностью последующей выработки электроэнергии; - на горелки зажигательного горна для снижения расхода газообразного топлива; - в

защитный колпак агломерационной машины, устанавливаемого после зажигательного горна.

7.2.10. Установка горнов подогрева (перед зажигательным горном) и температурной выдержки (после зажигательного горна)

Целью установки горнов подогрева и температурной выдержки является использование теплоты подогретого воздуха, подаваемого с охладителя агломерата, снижение тепловых потерь излучением от верхнего раскаленного слоя шихты, покидающей зажигательный горн, и как следствие, снижение расхода газообразного и твердого топлива на процесс агломерации. Подогрев агломерационной шихты осуществляется за счет подогретого воздуха, отводимого от охладителя агломерата. Подогрев шихты в горне подогрева достигает 200 °С (20 – 25 МДж/т агломерата). При этом установка горна подогрева позволяет сократить расход энергии на зажигание шихты до 25 МДж/т агломерата и расход газообразного топлива на 40 – 50 %. Горн выдержки представляет собой металлический короб без днища, располагаемый за зажигательным горном. Его назначение сократить потери теплоты излучением от верхнего раскаленного слоя агломерационной шихты, покидающей зажигательный горн. Экономия теплоты в этом случае составляет около 35 МДж/т агломерата и равноценный этой экономии теплоты расход твердого топлива.

7.2.11. Применение экспертных систем для оптимизации спекания агломерата

Главным преимуществом современной аглофабрики является высокий уровень АСУ ТП и оснащение современными экспертными системами не ниже 2 уровня. В настоящее время на мировых аглофабриках популярны следующие экспертные системы: VAiron Sinter optimizer, SinterXpert. Такие системы включают несколько управляющих модулей и саму экспертную систему, которая позволяет проводить автоматический анализ параметров работы аглофабрики, выдавать рекомендации персоналу, прогнозировать параметры работы, основываясь на математических моделях процессов, проводить автоматические корректировки. Системы имеют высокий уровень визуализации процесса производства агломерата. Экспертная система последнего поколения VAiron Sinter optimizer внедрена на аглофабрике № 1 Dragon Steel (Тайвань). Позволяет оптимизировать технологический процесс от усреднения шихтовых материалов до выпуска готового агломерата, основываясь на материальном и тепловом балансе процесса агломерации. За счет использования эффективных алгоритмов система осуществляет регулирование параметров работы аглофабрики в целом и агломашин в частности: стабилизация основности агломерата, режим возврата, скорость агломашин, высота слоя, показатели зажигания и др. Основные технические эффекты от внедрения VAiron Sinter optimizer: - стабилизация качества агломерата за

счет снижения (среднеквадратичного отклонения (СКО) показателя основности на 15 %; - снижение расхода коксовой мелочи на 3 %; - повышение производительности до 5 %.

Sinter Optimization обеспечивает полную историю технологических процессов параметров процесса, включая рецепт, химические и физические свойства сырья свойства материалов, а также измерения процесса для всестороннего анализа как положительных, так и отрицательных условий процесса спекания. Общая функция экспертной системы по агломерации заключается в том, чтобы обеспечить оптимизировать работу агломерационной машины при минимальном взаимодействии с оператором. Это решение противодействует технологическим колебаниям процесса, вызванным, например, изменениями в составе и качестве сырья состава и качества сырья, человеческих факторов и условиями технологического процесса.

Для оптимизации состава агломерата также может быть рассмотрен вопрос использования регрессивной сверточной нейронной сети (RCNN) для оптимизации состава агломерата (SCORN). SCORN представляет собой регрессионную модель с одним входом и несколькими выходами. Продукция агломерационной установки используется в качестве входных данных модели SCORN, а выходными данными являются оптимизированные агломерационные составы. Модель SCORN может предсказать оптимальные составы для спекания, чтобы снизить потребление сырья, снизить затраты и увеличить прибыль. Создавая новую структуру нейронной сети, модель RCNN обучается увеличивать свои возможности извлечения признаков для производства спекания. Практическое применение этой прогностической модели может не только сформулировать соответствующие производственные планы без подачи материалов, но и дать лучшие входные параметры спеченного сырья в процессе спекания. Практическое применение этой прогностической модели может не только сформулировать соответствующие производственные планы без подачи материалов, но и дать лучшие входные параметры спеченного сырья в процессе спекания.

7.3. Перспективные техники при производстве кокса

7.3.1. Технология частичного брикетирования шихты

Угольная шихта подвергается измельчению до крупности менее 3 мм и поступает в сушилку-классификатор, в которой происходит сушка и разделение шихты на два класса: мелкий и крупный. Затем крупный уголь подвергается скоростному нагреву до 350 °С в трубчатом подогревателе в потоке воздуха. Мелкие классы угля с температурой ~160 °С после сушилки-классификатора поступают в двухвалковые прессы и подвергаются горячему брикетированию, после чего объединяются с крупными классами и загружаются в коксовую печь.

Технологический процесс имеет следующие главные отличительные особенности:

применение скоростного нагрева шихты позволяет сократить продолжительность коксования, снизить затраты энергии на коксование и повысить прочность кокса;

на печах применяется система обогрева с малым выбросом оксидов азота (NO_x): использована схема с одноступенчатым подводом газа и трехступенчатым подводом воздуха в сочетании с рециркуляцией продуктов сгорания. Новая технология обеспечивает возможность получения из шихты с 50 %-ным участием слабоспекающихся углей кокса, прочность которого по показателю DI15150 выше 84 % , что определяет пригодность получаемого кокса для использования в доменной печи.

7.3.2. Технология выдачи и косвенного тушения кокса Kress / KIDC

Технология представляет собой способ беспылевой выдачи и косвенного сухого тушения кокса, обеспечивающий предотвращение выбросов при выдаче и тушении кокса. В соответствии с этим способом, получившим название KIDC, выдача кокса производится в стальной вагон-контейнер, идентичный по форме и размеру печной камере. Контейнер затем перевозится на тушильную станцию и орошается водой, в результате чего обеспечиваются мягкие условия охлаждения кокса без контакта его с водой. Опробование этого способа на заводе "Грэнит Сити" фирмы "Нэшнл стил" (США) в 1987 г. показало принципиальную пригодность его для предотвращения выбросов как при выдаче, так и при тушении кокса. Внедрена на заводе "Спарроус Пойнт" фирмы "Бетлихем стил".

7.3.3. Технология улавливания и очистки выбросов при обработке дверей печных камер

С целью уменьшения выбросов, образующихся при основных технологических операциях обработки дверей и печей (снятии дверей печных камер перед выдачей, их очистке, забрасывании насыпи, выравнивание насыпной поверхности и установке дверей на место), предусмотрена установка аспирации и очистки на коксовой стороне батареи.

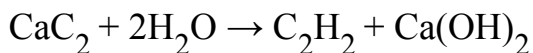
Установка состоит из двух зонтов, газоходов, рукавного фильтра и дымососа. Один зонт предназначен для захвата выбросов от печи и имеет возможность перемещения по направлению к печи с одновременным присоединением к стационарно расположенному газоходу. Другой зонт размещен над механизмом чистки дверей.

Газоходы от зонтов соединяются в общий газоход, направляемый к рукавному фильтру и далее к дымососу. В газоходе имеется искрогаситель, предотвращающий попадание раскаленных частиц в рукавный фильтр. Материал рукавов термоустойчив до 550 °С. Объемы выбросов сокращаются на 93,8 %. Установка внедрена на ПАО "Кокс" (Россия).

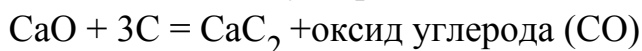
7.4. Перспективные техники при производстве карбида кальция

7.4.1. Технология производства карбида кальция, виды печей и оборудования

CaC_2 – бинарное неорганическое соединение кальция с углеродом. В чистом виде представляет собой белое твердое кристаллическое вещество. При взаимодействии с водой карбид кальция разлагается с бурным выделением ацетилена и большого количества тепла. Из-за содержания примесей при добавлении воды выделяется неприятный запах. Разложение карбида кальция происходит и под влиянием атмосферной влаги:



В производстве карбида кальция участвуют два элемента: CaO известный также как негашеная известь и углеродные соединения в виде кокса (антрацита, каменного угля):



Процесс получения карбида кальция проводят в мощных руднотермических печах непрерывного действия прямого нагрева. В таких печах электрическая энергия преобразуется в тепловую непосредственно в нагреваемом материале. Электроэнергия вводится в реакционное пространство с помощью электродов, сама реакционная зона является электрическим проводником.

Печи для производства карбида кальция подразделяются по конструктивным особенностям:

по форме ванны: круглые, прямоугольные и круглые со скошенной передней стенкой;

по состоянию колошника: открытые, частично укрытые и закрытые;

по типу электродов: печи с круглыми электродами и печи с плоскими электродами;

по расположению электродов: печи с линейным расположением электродов и печи с расположением электродов по углам треугольника.

Основными узлами любого типа карбидной печи являются: ванна, электроды, электрододержатель (электродные колонны), механизм перепуска электродов, короткая сеть, тракт шихтоподачи, узлы слива расплава, зонт.

Ванна печи. Ванны карбидных печей бывают круглые, эллиптические, квадратные и прямоугольные. Форму ванны печи определяет расположение электродов. В трехфазных печах электроды располагаются либо по треугольнику, либо в один ряд. При расположении по треугольнику электроды имеют круглое сечение, а при расположении в ряд они могут быть круглого или прямоугольного сечения.

Так как карбид кальция изготавливается в крупных электротермических печах в рамках чрезвычайно энергоемкого процесса при высокой температуре в результате реакции извести с углеродистыми компонентами, и, следовательно, стоимость электроэнергии имеет решающее значение для экономики производства карбида. Для снижения потерь теплоты поверхность охлаждения ванны должна быть возможно

меньшей, поэтому наиболее выгодной является круглая форма. В этой связи все современные карбидные печи представляют собой трехфазные печи, где электроды размещены симметрично вокруг центра. Преимущество правильно спроектированных круглых печей заключается в возможности достижения высоких коэффициентов мощности, а также позволяет исключить электрическую асимметрию нагрузки сети (появление так называемой "мертвой фазы").

Футеровка печи. Футеруется ванна огнеупорными кирпичами (шамот, плавненный корунд), укладываемыми по периферии, и угольными блоками в зонах соприкосновения футеровки с расплавом.

Конструкция футеровки предусматривает возможность тепловых деформаций всей футеровки. Для этого зазор между вертикальными стенками кожуха и футеровкой заполняют мелкодисперсным электрокорундом и листовым асбестом, а зазор между углеродной футеровкой и кладкой из огнеупорных кирпичей – углеродистой набивочной массой, имеющей высокую пластичность.

Футеровка ванны карбидной печи предназначена не только для защиты кожуха ванны от химического взаимодействия с расплавом, но в основном для его защиты от термического разрушения и для снижения теплотерь при проведении высокотемпературных реакций. Это достигается созданием футеровки необходимого размера и наличием в конструкции футеровки температурных разрывов, представляющих собой зоны с высоким термическим сопротивлением.

Укрытие печи. Укрытия бывают частичные и полные. Используются нескольких типов частичных укрытий.

Первый тип состоит из газovorонки и периферийного укрытия по периметру ванны, что позволяет улавливать до 80 % реакционных газов.

Второй тип укрытия устанавливается в центральной части печи и закрывает межэлектродную зону и часть колошника за электродами. Благодаря такой конструкции степень улавливания реакционных газов достигает 95 %, сохраняется возможность обслуживать колошник, система эвакуации печного газа работает под небольшим избыточным давлением.

Третий тип укрытия характеризуется тем, что вся поверхность колошника укрыта, а шихта подается в своеобразные воронки, расположенные вокруг каждого электрода. Высота воронки обычно не превышает 1 м, ширина зазора между стенкой воронки и стенкой электрода не менее трех диаметров наибольших кусков шихтовых материалов. Под укрытием поддерживается небольшое избыточное давление.

Герметичное укрытие наиболее удобно на круглой печи, которая позволяет создать жесткую самонесущую конструкцию, которая не поддерживается в центре. Кроме того, на круглых печах предусмотрена возможность подъема всего свода на 1,0 – 1,2 м, что позволяет более активно проводить ремонтные работы.

За последние годы развитие ведется в направлении надежных закрытых печей среднего размера, более подходящих для рыночной ситуации и требований относительно имеющихся сырьевых материалов. Благодаря полностью закрытой конструкции побочный продукт – оксид углерода (СО) - может быть рекуперирован. Отработанный газ из печи фильтруется или очищается для удаления выносимых из слоя твердых частиц. Часть выходящего из печи газа может быть использована в качестве топлива для сушки углеродсодержащих компонентов шихты, использования в качестве источника энергии для отопительной системы и др. Излишки отработанного газа сжигаются.

Печи закрытого типа кроме снижения теплопотерь, позволяют значительно уменьшить расход рабочей силы, при этом позволяют создать лучшие условия работы в цеху.

Электроды. На карбидных печах используются самоспекающиеся электроды круглого или прямоугольного сечения. Электрод состоит из кожуха и набивочной массы. Кожух предназначен для формования тела электрода в процессе коксования набивочной электродной массы. По мере срабатывания электрода кожух наращивают сверху.

Одной из перспективных технологий получения карбида кальция является применение полых электродов и подача через полость мелкой шихты.

Благодаря тому, что электроды являются полностью замкнутыми и глубоко погруженными в шихту, можно через отверстия электродов рекуперировать побочный продукт в виде газа-носителя (оксид углерода (СО)) вместе с подачей мелких частиц кокса и извести непосредственно в зону реакции.

В настоящее время разработаны устройства для автоматического регулирования мощности печи, скорости питания ванны шихтой, положением электродов печи. Разработаны программы, алгоритм и схемы управления процессом выплавки карбида кальция.

Компьютерная схема рассчитывает и поддерживает оптимальную температуру процесса при помощи регулирования положения электродов, подаваемой мощности, а также управления подачей извести и коксика и их соотношением. Шихта подается в измельченном виде через полый электрод в реакционную зону при помощи газа-носителя. Такая система управления позволяет получать карбид кальция с большим содержанием CaC_2 на единицу расходуемой извести.

Также преимущество самоспекающихся электродов заключается в простоте изготовления, более низкой стоимости (в 2 раза по сравнению с угольным и в 5 раз по сравнению с графитированным) и возможность создания электрода большого сечения для ввода больших токов.

Электрододержатель состоит из двух основных узлов: мантии и головки. Мантия служит для обеспечения температурного режима коксования электродной массы, головка – для электрического соединения электрода с короткой сетью.

Механизм перемещения электродов служит для подъема и опускания электродов с целью поддержания электрического сопротивления реакционной зоны в заданных пределах. Ход гидроподъемника 1000 – 1200 мм.

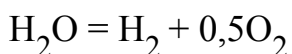
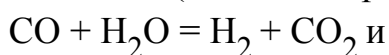
Механизм перепуска электродов предназначен для поддержания постоянной рабочей длины электродов при их срабатывании и наращивании.

Тракт шихтоподачи печи должен обеспечивать: равномерное и непрерывное питание колошника печи; герметизацию печи за счет собственного гидравлического сопротивления слоя шихты, находящейся в тракте; минимальную сегрегацию шихты; минимальное истирание шихты.

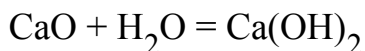
Схема тракта шихтоподачи закрытой карбидной печи состоит из бункеров, течек, газо- и шихтоотсекателей, системы продувки инертным газом.

Наличие мелкой фракции в извести неизбежно возникает при долгом взаимодействии извести с влагой воздуха в процессе транспортировки и хранения. Мелкая фракция должна выделяться отдельно и использоваться в качестве корректировочной. Шихтовая известь – это известь, в которой должна отсутствовать фракция 0 – 6 мм. В этой связи в современных технологических процессах перед подачей извести в печь предусматривается отделение мелкой фракции путем грохочения.

Кокс является очень гигроскопичным материалом, способным за счет поглощения влаги увеличивать свою массу до 20 %. Наличие влаги способствует дополнительному расходу сырьевых материалов и электроэнергии. Использование влажного кокса помимо увеличения расхода сырьевых материалов и электроэнергии также влияет на безопасность (особенно при повышении мощности на печи). По реакциям



образуется водород, который может привести к взрыву печи. Возможно также протекание реакции



и спекания мелкой фракции шихты (Ca(OH)_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , C) и последующего обрушения в горячую зону печи с массовым восстановлением окислов и последующим выбросом раскаленной шихты и горячих газов в зону рабочей площадки обслуживающего персонала.

Ввиду того, что кокс транспортируется по железной дороге в вагонах-хопперах или полувагонах, есть большая вероятность поступления кокса повышенной влажности в период осадков. Однако, кокс при подаче в печь должен иметь влажность не более 2 %.

В связи с вышеизложенным в современных комплексах предусматривается сушка кокса в сушильном барабане. В качестве топлива для сушки кокса могут использоваться отходящие газы, образующиеся в процессе плавки и улавливаемые зонтом печи. После сушки кокс также должен проходить грохочение на вибрационном грохоте, где фракция меньше 3 мм отсеивается, а нужная фракция смешивается с известью и подается на колошник печи.

Узлы слива карбида кальция. В трехфазных печах с размещением электродов в ряд, где ванна имеет форму эллипса или прямоугольника, выпускные отверстия расположены с одной стороны печи. В круглых трехфазных печах, с размещением электродов по треугольнику, выпускные отверстия расположены по окружности, против каждого электрода.

Для выпуска расплава карбида кальция предусмотрено механическое открытие печи или прожигание отверстия для выпуска (лУтки) электрической дугой. Прожиговый электрод представляет собой обожженный электрод диаметром 10 - 12 см. Современные установки для выпуска, оснащенные гидравлическим манипулятором, могут выполнять все операции для слива расплава (Открытие, шуровка, закрытие) тем самым сокращая численность персонала, занимающегося функциями выпуска. Жидкий расплав карбида кальция выпускается из печи периодически.

В настоящее время, в промышленной технологии производства карбида кальция расплав выпускают из печи либо в охлаждаемый барабан, или в изложницы. В обоих случаях имеет место потеря литража продукта. Однако, в первом случае потери литража карбида кальция составляют от 5 до 30 л/кг, во втором - от 2 до 3 л/кг в зависимости от содержания CaC_2 в карбиде. Это происходит за счет контакта расплава и кристаллического материала с воздухом при его выпуске и охлаждении.

При выпуске расплава в барабан образующиеся гранулы имеют большую поверхность контакта с воздухом и большие потери литража. В результате снижается выход годного продукта.

В целях охлаждения слитого карбида кальция большинство современных заводов по производству карбида используют метод блочного литья. В этом случае жидкий карбид кальция сливается в изложницы или чугунные тигли и затвердевает в форме блока. После охлаждения примерно до 400°C блок дробят, как правило, до размера < 100 мм. Далее с помощью просеивания, дальнейшего дробления или измельчения достигается необходимый градационный состав. Установленные в процессе измельчения магнитные сепараторы позволяют удалить все магнитные примеси. Данный способ наиболее предпочтителен по сравнению с использованием охлаждаемого барабана, ввиду получения карбида кальция с более высоким литражом, а также за счет простоты в эксплуатации и обслуживании. При этом недостатком данного метода является значительное увеличение времени охлаждения продукта

Дробление, фракционирование и упаковка карбида кальция. Дробление карбида кальция производится в щековых дробилках. Величину кусков можно регулировать путем соответствующего изменения расстояния между нижними концами щек дробилок.

На дробление направляются блоки, отсортированные по качеству и остывшие до температуры 50 – 60С. Ниже этой температуры охлаждать блоки не рекомендуется, так как при более низкой температуре карбид кальция начинает заметно разлагаться влагой воздуха с выделением ацетилена. Куски карбида при этом разваливаются и образуется карбидная пыль, которая не имеет ценности как товарный продукт и поэтому является потерей производства.

Дробленный карбид направляется в отделение сортировки, где сортируется по величине кусков и упаковывается в металлические барабаны.

Карбид кальция всегда содержит примеси ферросилиция, присутствие которого понижает его качество. Для удаления ферросилиция на пути движения дробленого карбида кальция от дробилок к сортировочным барабанам устанавливается электромагнитный сепаратор, который представляет из себя вращающийся барабан, через который перекинута лента резинового транспортера. Электромагнит внутри барабана расположен так, что электромагнитное поле приходится всегда лишь на половине барабана, обращенной к приемной воронке. При таком распределении поля куски ферросилиция остаются на ленте в то время, когда куски карбида кальция сваливаются в приемную воронку сортировочного барабана. Когда лента с приставшими кусками ферросилиция проходит дальше, она попадает в зону, где отсутствует электромагнитное поле и куски ферросилиция в этом месте сваливаются в специальную воронку.

Сортировка дробленого карбида кальция производится во вращающихся барабанах, в которых сортируется по величине кусков. Каждый сорт направляется по отдельной линии в соответствующий бункер. Из этих бункеров сортированный карбид кальция ссыпается в металлические барабаны, в которых и упаковывается. Для наполнения карбидом кальция барабаны устанавливаются на специальные вибрационные площадки, смонтированные под бункерами. Это позволяет лучше распределять и укладывать куски карбида при наполнении барабана.

Система очистки отходящих газов. Основными выбросами в результате производства CaC_2 являются пыль, диоксид углерода (CO_2) и окислы азота (NO_x), образующиеся в основном при сжигании печного газа, богатого оксидом углерода (СО). Печной газ оксида углерода (СО) является побочным продуктом производства карбида кальция.

Выбросы пыли могут наблюдаться на различных этапах всего производственного процесса. Основным источником выбросов пыли является насыщенный пылью печной

газ. Другими источниками выброса пыли служат обработка сырья, сушка кокса, обеспыливание сырья, отвод жидкого карбида кальция из печи и последующая обработка изготовленного карбида кальция до его хранения

Современные электропечи имеют полностью замкнутую конструкцию, что позволяет собирать, очищать и затем использовать насыщенный пылью печной газ, содержащий побочный продукт – оксид углерода (CO), а не сжигать его в факелах.

Следует отметить, что в случаях применения печей открытого типа CO не собирается и, следовательно, не является пригодным для использования побочным продуктом производства карбида кальция. Вместе с тем, у этого процесса есть и другие преимущества, такие как возможность выбора более широкого ассортимента используемого сырья и чрезвычайно высокая гибкость процесса.

В случае сухого обеспыливания печной газ фильтруется, например, с помощью автономных фильтровальных свечей из керамоволокна (рукавных фильтров). Их поверхности очищаются в автономном режиме струйными импульсами предварительно очищенного газа или азота. При этом может быть достигнуто окончательное содержание пыли в $<1 \text{ мг/Нм}^3$. В завершение горячий печной газ охлаждается в теплообменнике.

Следует отметить, что в случаях использования печей открытого типа окончательное содержание пыли составляет $<3 \text{ мг/Нм}^3$. При этом необходимо учитывать значительное разбавление отработанного газа.

Как показывает опыт других производств – использование рукавных фильтров давно стало обычной практикой.

Насыщенный оксидом углерода (CO) печной газ после очистки, как правило, используется в качестве топлива. Излишки газа с высоким содержанием оксида углерода (CO) сжигаются в факеле. Известны различные области применения печного газа.

7.4.2. Использование отходов угледобычи при производстве карбида кальция

Способ получения карбида кальция, согласно которому коксозольный остаток термической переработки окисленных бурых углей состава, масс. %: оксид кальция (CaO) - 4.75, углерод (C) - 34.5, оксид железа (Fe_2O_3) - 6.6, диоксид кремния (SiO_2) - 5.0, магний (Mg) - 3.3, оксид алюминия (Al_2O_3) - 1.6, сера (S) - 0.1, остальное 0,5, смешивают с 12,9 – 28,3 % от массы смеси карбоната кальция в виде известняка, подвергают высокотемпературной плавке при 2000 – 2100 °С, охлаждают, разделяют карбид кальция (CaC_2) и ферросилиций, получают карбид кальция (CaC_2) с литражом 275 – 285 л/кг и содержанием ферросилиция 0,1 – 0,2 масс. %. Использование отходов угледобычи позволяет снизить себестоимость карбида кальция на 30 %.

Недостатками способа являются технологические сложности при эксплуатации производства и ухудшение технико-экономических и экологических показателей процесса, обусловленные значительным содержанием примесей (железа, кремния, магния).

7.4.3. Использование отходов пластмасс при производстве карбида кальция

Способ производства карбида кальция заключается в использовании реакции обмена, содержащего углерод соединения с CaO в электродуговой печи. В качестве содержащего углерод соединения используют измельченные отходы пластмасс, которые в присутствии тонкодисперсного CaO (массовое соотношение CaO к отходам пластмасс составляет 1:0,5-3) обрабатывают во вращающейся трубчатой печи. Процесс получения исходного материала (шихты) для производства карбида кальция идет в две стадии: сначала проводят пиролиз при 400 – 800 °С, а затем кальцинирование при 1000 – 1300 °С образовавшегося на первой стадии продукта, представляющего собой смесь оксида кальция и пиролизного кокса. После охлаждения до 500 °С мелкие фракции (менее 3 мм) смеси карбида кальция с коксом отделяют, а крупные (более 3 мм) подают в закрытую карбидную печь как исходный материал для получения карбида кальция. Полученный карбид кальция содержит 82 % карбид кальция (CaC₂).

Известный способ дает возможность утилизации пластмассовых отходов и открывает малозатратный углеродистый компонент для процесса производства карбида кальция, однако он малоэффективен применительно к технологии получения карбида кальция, так как осуществляется в несколько стадий, что существенно влияет на продолжительность технологического процесса и качество целевого продукта.

7.5. Перспективные техники при производстве чугуна

7.5.1. Доменная плавка с высоким расходом кислорода и природного газа ("кислородная плавка")

Доменная плавка на кислородном дутье и природном газе приведет к отказу от воздухонагревателей дутья, повысит восстановительный потенциал газов в печи, в том числе за счет большой доли водорода, ускорит процессы восстановления, позволит уменьшить высоту доменной печи и снизить требования к прочности кокса, сократит его потребность. Доменный газ не будет содержать балластный азот, с меньшими затратами можно будет осуществить отмывку колошникового газа от диоксида углерода (CO₂).

7.5.2. Десиликонизация чугуна в желобе ДП или чугуновозном ковше

Основные цели десиликонизации:

уменьшение количества шлака и расхода флюсов; - увеличение выхода железа и марганца;
существенное сокращение теплотерь со шлаком;
снижение расхода и потерь огнеупоров;
создание условий для дефосфорации и десульфурации чугуна;
стабилизация процесса выплавки стали в конвертере и повышение качества стали.

7.5.3. Применение на доменных печах АСУ-ТП, повышающих эффективность доменной плавки путём непрерывного автоматического контроля состояния печи и измерения технологических параметров с их анализом и рекомендациями по оптимизации и прогнозированию теплового состояния печи

Применение на печах с БЗУ автоматизированной системы контроля, оптимизации и прогноза доменной плавки с модулями контроля, оптимизации и прогноза гарантирует безошибочность ведения доменной плавки для достижения высоких технико-экономических показателей и минимизации расхода кокса. Применение на печах с БЗУ автоматизированной системы непрерывного контроля и оптимизации зоны плавления с помощью математических моделей теплового состояния печи, которая позволяет вести постоянный автоматический контроль параметров зоны плавления. Это дает повышение эффективности работы, в том числе экономию расхода кокса и срока службы доменных печей

7.6. Перспективные техники при производстве стали в конвертерах

7.6.1. Новая (контактная оптоволоконная) система контроля температуры жидкой стали (в конвертере и на установках "ковш-печь")

Система может устанавливаться в любой огнеупорной конструкции, в том числе в существующих огнеупорных изделиях. Расходной частью при этом является только оптоволокно. Измерение возможно проводить как непрерывно, так и дискретно. Применение данной системы позволит: в непрерывном режиме осуществлять измерение температуры в конвертере и на установках "ковш-печь"; снизить расход ферросплавов на 5 – 10 % за счет точной информации о температуре расплава во время внепечной обработки на установках "ковш-печь".

7.6.2. Утилизация тепла горячих слябов

Технология предполагает строительство футерованных термосов-накопителей для обеспечения замедленного охлаждения слябов толщиной 355 мм, что позволит улучшить качество выпускаемой продукции, снизить теплотери в окружающую среду и улучшить условия труда на складе слябов.

7.7. Перспективные техники при производстве стали в электродуговых печах

7.7.1. Повышение мощности печных трансформаторов

Повышение максимального вторичного напряжения с 1000 В до 1350 – 1600 В позволит увеличить мощность печных трансформаторов без увеличения плотности тока в электродах с сохранением расхода электродов на прежнем уровне.

7.7.2. Технологии нагрева лома

В процессе нагрева лома в корзинах в помещении цеха выделяются загрязняющие вещества. Как правило, металлический лом содержит масла, пластмассы и другие горючие материалы. При нагреве эти материалы возгоняются и горят с образованием токсичных газообразных химических соединений. Технология нагрева лома в установке с рециркуляцией газов решает эту проблему. Газы, охладившиеся после нагрева корзины с ломом, возвращаются в камеру дожигания, установленную на тракте прямого отсоса газов из рабочего пространства печи. В этой камере газы смешиваются с высокотемпературными газами, отводимыми из печи, и дополнительно нагреваются горелками, что приводит к достаточно полному разложению и выгоранию токсичных выделений из лома. Из камеры дожигания примерно 60 % газов возвращается в камеру для нагрева лома в корзине. Остальные газы направляются по газоходу на газоочистку. Таким образом, большая часть уходящих из печи газов с помощью дополнительного дымососа циркулирует между камерой дожигания и установкой нагрева лома.

7.8. НДТ при производстве стали в индукционных печах

7.8.1. Шахтные электросталеплавильные печи

Особенностью конструкции шахтной электросталеплавильной печи является наличие шахты, в которой производится подогрев металлолома перед загрузкой его в печь. Такая шахта устанавливается сверху над сводом обычной дуговой печи. Шахта может быть одна или две. Температура, до которой можно подогреть металлолом составляет 800 °С. Экономия электроэнергии за счет такого предварительного подогрева металлолома составляет 70...100 кВт·ч/т. Через шахту загружается до 60 % металлолома, остальной (например, крупногабаритный) загружается в саму ванну печи, для этого шахта отодвигается в сторону. Цикл плавки составляет 35...50 минут от выпуска до выпуска. Кроме экономии электроэнергии обеспечивается также сокращение расхода электродов на 30 % и повышение производительности на 40 %.

SIMETAL EAF Quantum – самое современное конструкторское решение печи с подогревом металлолома. На настоящий момент установлена одна печь на заводе

мексиканской сталелитейной компании Talleres y Aceros S.A. de C.V. (г. Тиаса). Масса плавки по выпуску составляет 100 тонн, но при этом масса болота (металл и шлак, оставленный после предыдущего выпуска) составляет 70 тонн.

7.8.2. Двухкорпусные печи

Двухкорпусные печи в первую очередь характеризуются повышенной производительностью. Такая печь состоит из двух ванн (корпусов) и одной системы питания с одним (печь постоянного тока) или тремя (печь переменного тока) электродами, которые переставляются с одной ванны на другую.

Пока в одном корпусе идет плавка металла с помощью электродов в другом корпусе происходит подогрев шихты отходящими газами из первого корпуса или газовыми горелками. При этом время плавки сокращается на 40 %, а за счет подогрева шихты достигается снижение расхода электроэнергии на 40...60 кВт·ч/т. Встречаются печи, в которых электроды установлены на двух ваннах, однако в этом случае теряется экономический эффект от сокращения капитальных затрат на строительство агрегата.

К примеру, агрегат CONARC (CONverter + electric ARC furnance). Этот агрегат также имеет два корпуса печи, но помимо одного комплекта электродов на нем установлена и фурма для подачи кислорода (как в конвертере). Преимуществом данного агрегата является возможность выплавки стали из жидкого чугуна и металлолома (или DRI) практически в любых пропорциях.

Во избежание перегрева ванны из-за происходящих во время продувки процессов окисления углерода, кремния, марганца и фосфора (C, Si, Mn и P), в печь добавляют охладители в виде металлолома или DRI. После завершения продувки, кислородную фурму переставляют на второй корпус (или отводят в сторону), а на первый корпус устанавливают электроды. На этой стадии в печь добавляют оставшееся количество твердой шихты и начинают ее расплавление с помощью электродов.

После достижения необходимой температуры металл выпускают в ковш. Затем процесс циклически повторяется снова. Таким образом, выплавка стали идет одновременно в двух корпусах печи, а электроды и фурма переставляются на них поочередно, что обеспечивает высокую производительность агрегата, которая на 30 % выше, чем у двух обособленных агрегатов аналогичной емкости). Время плавки составляет от 40 до 60 мин.

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник подготовлен в рамках государственного задания по бюджетной программе 044 "Содействие ускоренному переходу Казахстана к зеленой экономике путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций" в соответствии со статьей 113 Кодекса.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности и экспертом по экономике.

Подготовка настоящего справочника осуществлялась при участии ТРГ, созданной приказом Председателя Правления Центра. В состав ТРГ вошли представители субъектов промышленности по соответствующим области применения справочника по НДТ отраслям, государственные органы в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научные и проектные организации, экологические и отраслевые ассоциации.

На первом этапе разработки справочника проведен КТА - экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству чугуна и стали, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей, и степень воздействия предприятий на окружающую среду.

Оценка соответствия технологий, реализованных на предприятиях производству чугуна и стали, принципам НДТ, была выполнена в соответствии с Методикой проведения экспертной оценки технологических процессов организаций на соответствие принципам НДТ.

Целью экспертной оценки являлось определение настоящего технологического состояния предприятий по производству чугуна и стали и их оценка в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с ст.113 Кодекса, Директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений), а также Методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника.

Был проведен анализ и систематизация информации отрасли производства чугуна и стали в целом, о применяемых в отрасли технологиях, оборудовании, сбросах и выбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, других факторов воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсо-потреблении с использованием литературных данных, изучения нормативной документации и экологических отчетов.

При подготовке справочника по НДТ изучался европейский подход внедрения НДТ.

Структура справочника по НДТ разработана по результатам проведенного КТА и анализа особенностей структуры отрасли по производству чугуна и стали РК, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены передовые технологии на стадии НИР и НИОКР, применяемые на практике или в качестве опытно-промышленных установок.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и технологических показателей, связанных с применением НДТ ;

внедрение АСМ эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов горнодобывающей и горнообогатительной отрасли на окружающую среду.

9. Библиография

1. Экологический Кодекс Республики Казахстан. Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК. – Парламент Республики Казахстан. –Нур-Султан. – 2021. – 549 с.

2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам"- Нур-Султан. - 2021. – 17 с.

3. Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 25 июня 2021 года № 212. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 июля 2021 года № 23279 "Об утверждении Перечня загрязняющих веществ, эмиссии которых подлежат экологическому нормированию" – Нур-Султан. – 2021. – 4 с.

4. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности. -Нур-Султан. -2012. – 24 с.

5. Best Available Techniques Reference Document for Iron And Steel Production, JRC Reference report - 2013. – 627 с.

6. Best Available Techniques Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry, JRC Reference report 2022. – 852 с.

7. Best Available Techniques Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry. – 2007. – 666 с.

8. Reference Document on Economics and Cross-Media Effects (ECM REF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB – 2006. – 175 с.
9. Best Available Techniques Reference Document for Waste Treatment – 2018. -851 с.
10. Best Available Techniques Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency- 2009. – 430 с.
11. Отчет Проекта ОЭСР по НДТ - Этап 4 - Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ – 2020. -
12. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 26-2021 "Производство чугуна, стали и ферросплавов" - 2021. – 577 с.
13. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности" - 2017.
14. Регенеративная горелка: справочник. В 2 т./Г.М. Дружинин, И. М. Дистергефт; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Г.М.Дружинина. - Екатеринбург: АМК "День РА", 2019. - 1128 с.
15. Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов. Учебное пособие. — Томск: Юргинский технологический институт, Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 196 с.
16. Муканов Д. Металлургия Казахстана: состояние, инновационный потенциал
17. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 169 "Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека". – 2015.
- 18 Скобелев Д.О., Степанова М.В. Энергетический менеджмент: прочтение 2020 Руководство по управлению энергопотреблением для промышленных предприятий. Москва: Издательство "Колорит", 2020. 92 с
19. Щелоков Я. М. Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Екатеринбург: УрФУ. 2010. 390 с.
20. СТ РК ISO 50001-2019: Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию
21. ИТС 48-2017. Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности - Москва: Бюро НДТ, 2017. – 165 с.
22. Skobelev D. O. Environmental Industrial Policy In Russia: Economic, Resource Efficiency And Environmental Aspects. In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. Vol. 19. Is. 5.3. С. 291-298.
23. World Bureau of Metal Statistics (WBMS)
24. ILA, ILA comments on D3, 2013
25. Industrial NGOs, NFM data collection, 2012.

26. VDI 3790 part 3, Emission of gases, odours and dusts from diffuse sources - Storage, transshipment and transport of Bulk Materials, 2008.
27. AP 42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors
28. оксид углерода (CO)M, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the
29. US EPA, Air Pollution Control Technology Fact Sheet - Cyclones, United States Environmental Protection Agency, 2003.
30. CEN, ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use, 2015.
31. ISO 50001:2018 Energy management systems. Requirements with guidance for use, IDT
32. Technical Instructions on Air Quality Control-Luft,2021 Вохмяков А.М. Компьютерное моделирование газодинамики в рабочем пространстве печи, оснащенной скоростными рекуперативными горелками / А.М.
33. Вохмяков, М.Д. Казяев // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ'2012) с международным участием. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. - С.25-28.
34. Смольков А.Н. Системы прямого и косвенного отопления печей с применением рекуперативных горелок типа VICR / А.Н. Смольков, G. Wohlschlaeger // Печетрубостроение: тепловые режимы, конструкции, автоматизация и экология: труды международного конгресса. – М: "Теплотехник", 2004. – С. 118-125.
35. Тинькова С.М., Прошкин А.В., Веретнова Т.А., Востриков В.А. Металлургическая теплотехника: учебное пособие (электронный вариант лекций) // Институт цветных металлов и золота" ФГОУ ВПО "Сибирский Федеральный Университет". – Красноярск, 2007. – 193 с.
36. Бурокова А.В., Рахманов Ю.А. К вопросу рекуперации теплоты газов печей термообработки металлических изделий / Научный журнал НИУ ИТМО. Серия " Экономика и экологический менеджмент" №1, 2014
37. Методика прогнозирования теплотехнической эффективности использования рекуперативных горелок/А.Б. Бирюков, П.А. Гнители, Я.С. Власов// "Вестник ИГЭУ", Вып. 1, 2018 г. - с.13-19
38. <https://www.metalinfo.ru/ru/news/136659>
39. <https://ugmk.com/press/news/na-sumze-ustanovili-naduvnoy-angar-dlya-khraneniya-mednogo-kontsentrata/>
40. <https://www.sumz.umn.ru/ru/press/news/tonkoy-ochistki/>
41. <https://www.metalinfo.ru/ru/news/130405>

42. <https://elessentct.com/technologies/mecs/technologiestechnologies-mecsdupont-clean-technologies-mecs-processes/mecsr-solvrr-technology-for-regenerative-so2-recovery/>

43. https://www.ugmk.com/press/corporate_press/ummc_newspaper/na-ppm-zavershen-ocherednoy-etap-stroitelstva-livnenakopitelya/

44. https://www.eng.nipponsteel.com/english/whatwedo/steelplants/ironmaking/dry_desulfurization_and_denitrification_system/

45. Энциклопедия промышленной химии Ульмана, 2001 г.

46. Мишин Ю. Тенденции глобализации горно-металлургического комплекса / Национальная металлургия №12006

47. Муқанов Д. Индустриально-инновационное развитие Казахстана: потенциал и механизмы реализации. -Алматы: Дайк-Пресс, 2004. - 274 с.

48. Smets, T., S. Vanassche and D. Huybrechts (2017), Guideline for determining the Best Available Techniques at installation level, VITO, Mol, https://emis.vito.be/sites/emis/files/study/resume/en/Leidraad_BBT_op_bedrijfsniveau_English.pdf.

49. Постановление Правительства РК №187 от 1/04/2022г. "Об утверждении перечня пятидесяти объектов I категории, наиболее крупных по суммарным выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду на 1 января 2021 года".

50. Параграф 4 "Плата за негативное воздействие на окружающую среду" Ст.576, Гл . 69, Раздел 18 "Платежи в бюджет" Налогового Кодекса РК

51. Ст.328 "Нарушение нормативов допустимого антропогенного воздействия на окружающую среду" Кодекс об административных правонарушениях РК

52. <https://www.ugmk.com/press/news/na-baze-sumza-postroyat-zavod-po-proizvodstvu-sulfata-ammoniya/>

53. https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/mtf/kafedry/MTO/MU/Metallurgicheskie_tehnologii.pdf

54. Глинков Г.М., Маковский В.А. Металлургия, 1999 г.

55. <https://tgstat.ru/channel/@severstal/1345>

56. Инновационные комплексные решения по очистке отходящих газов в черной металлургии. Технические решения для очистки запыленных газовых потоков Д. А. Серебрянский, канд. техн. наук, руководитель лаборатории газоочистки; М. Н. Королев, заместитель генерального директора; М. В. Антонов, инженер-конструктор; И. О. Тяпкина, инженер (ООО "НТЦ "Бакор", Россия, г. Москва, г. Щербинка)

57. <https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b1190.pdf>

58. <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=20712227&AN=155608860&h=NrOnAkp%2fvAIEfJ1MTimPgxFRPyFhi04ldwEC5o62Re6i3%2fQMSJ1e46oucNqKfzXgmd83XmTfG9eNf9C%2b169g%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%3d>

26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d20712227%26AN%3d155608860

59. https://studref.com/521750/ekologiya/metod_selektivnogo_nekataliticheskogo_vosstanovleniya_snkv

60. <https://www.vstnews.ru/ru/archives-all/2010/2010-2/300-razrabotka-i-primenenije-otstojnikov>

61. <https://e-him.ru/?page=dynamic§ion=55&article=722>

62. <https://www.vstnews.ru/ru/archives-all/2010/2010-2/300-razrabotka-i-primenenije-otstojnikov>

63. <http://cms.arsu.kz/api/elibrary/open-file?rid=3660&fid=3617>

64. http://nf.misis.ru/download/mt/Ekology_metallurg_proizvodstva.pdf

65. Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности. Сборник статей 8. – М.: Издательство "Перо", 2017. – 220 с.

66. Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности. Сборник статей 5. – М.: Издательство "Перо", 2016. – 68 с.

67. Агентство по охране окружающей среды Австрии, 2004 г.

68. Европейский союз федераций химической промышленности, 2002 г.

69. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14M0009585#z239>

70. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 "Об утверждении нормативов потребления";

71. Фролов Ю.А. Агломерация. Технология. Теплотехника. Управление. Экология. М.: Metallurgizdat. 2016. 672 с.

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel

Production, European IPPC Bureau, Seville, 2012: Электронный ресурс: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF>