



Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство цинка и кадмия"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 19 октября 2023 года № 921.

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

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство цинка и кадмия".

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

*Премьер-Министр
Республики Казахстан*

А. Смаилов

Утвержден
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от 19 октября 2023 года № 921

Справочник по наилучшим доступным техникам "Производство цинка и кадмия"

Оглавление

- Оглавление
- Список схем/рисунков
- Список таблиц
- Глоссарий
- Предисловие
- Область применения
- Принципы применения
- 1. Общая информация
- 1.1. Структура и технологический уровень производства цинка и кадмия
- 1.2. Ресурсы и материалы
- 1.3. Производство и использование
- 1.4. Производственные площадки
- 1.5. Основные экологические проблемы
- 1.5.1. Энергоэффективность
- 1.5.2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
- 1.5.2.1. Диоксид серы (SO₂)
- 1.5.2.2. Пыль и металлы

- 1.5.2.3. ЛОС, ПХДД, ПХДФ
- 1.5.3. Сбросы загрязняющих веществ
- 1.5.4. Отходы производства
- 1.5.5. Шум и вибрация
- 1.5.6. Выбросы радиоактивных веществ
- 1.5.7. Запах
- 1.5.8. Снижение воздействия на окружающую среду
- 1.5.9. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды
- 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
- 3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
 - 3.1. Общие процессы управления
 - 3.1.1. Система менеджмента
 - 3.1.2. Проектирование и техобслуживание
 - 3.1.3. Обучение
 - 3.2. Процессы управления сырьем
 - 3.2.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья
 - 3.2.2. Размораживание
 - 3.2.3. Сушка
 - 3.2.4. Дробление, измельчение и грохочение
 - 3.2.5. Приготовление шихты
 - 3.2.6. Брикетирование, гранулирование, окатывание и другие методы компактирования
 - 3.2.7. Снятие покрытий и обезжиривание
 - 3.2.8. Методы сепарации
 - 3.2.9. Системы транспортировки и загрузки
 - 3.3. Производство первичного цинка
 - 3.3.1. Гидрометаллургический способ получения цинка
 - 3.3.1.1. Обжиг цинковых концентратов в печах КС с получением цинкового огарка и подготовка огарка к выщелачиванию
 - 3.3.1.2. Выщелачивание обожженного цинкового огарка и очистка раствора от примесей с получением нейтрального цинкового электролита
 - 3.3.1.3. Электролиз раствора с получением цинка товарного
 - 3.3.2. Пирометаллургическое производство цинка
 - 3.3.2.1. Обжиг цинковых концентратов перед дистилляцией
 - 3.3.2.2. Дистилляция цинка

3.3.2.3. Рафинирование черного цинка

3.4. Производство вторичного цинка

3.4.1. Извлечение вторичного цинка с помощью жидкостной экстракции из загрязненного вторичного сырья, в том числе аккумуляторных батарей

3.4.2. Извлечение цинка из промежуточного продукта (кек), в том числе пыли электродуговых печей для производства стали, с применением вельц-печи и печи для возгона шлака

3.4.3. Извлечение цинка из остаточных продуктов (кек) методом фьюмингования (шлаковозгонка)

3.4.4. Переплавка и рафинирование

3.5. Процессы плавки, легирования и литья цинка

3.5.1. Процессы плавления и легирования цинка

3.5.2. Цинковое литье

3.5.3. Производство цинкового порошка (пусьеры)

3.6. Получение кадмия в рамках процессов производства первичного цинка

3.6.1. Производство вторичного кадмия, в основном извлеченного из аккумуляторных батарей

4. Общие НДТ для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

4.1. Повышение интеграции производственных процессов

4.2. Система экологического менеджмента

4.3. Управление энергопотреблением

4.3.1. Повышение эффективности использования энергии: использование комбинации двух или более методов, приведенных ниже.

4.4. Контроль технологических процессов

4.4.1. Методы контроля процессов

4.4.2. Методы проектирования и контроля для скрубберов

4.4.3. Методы контроля процессов очистки стоков

4.5. Общие принципы мониторинга и контроля эмиссий

4.5.1. Компоненты мониторинга

4.5.2. Исходные условия и параметры

4.5.3. Периодический мониторинг

4.5.4. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух

4.5.5. Мониторинг сбросов в водные объекты

4.5.6. Непрерывный мониторинг

4.6. Методы контроля загрязнения земли/почвы и управления отходами

4.7. Управление технологическими остатками

4.8. Шум

4.9. Запах

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник
 - 5.1. Приемка, транспортировка и хранение сырья
 - 5.1.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов
 - 5.1.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях
 - 5.1.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов пыли
 - 5.1.3.1. Циклоны
 - 5.1.3.2. Рукавные фильтры
 - 5.1.3.3. Электрофильтры
 - 5.1.3.4. Мокрый электрофильтр
 - 5.1.3.5. Мокрый скруббер
 - 5.1.3.6. Керамические и металлические сетчатые фильтры
 - 5.2. Гидрометаллургическое производство цинка
 - 5.2.1. Производство жидкого диоксида серы из отходящих газов с высоким содержанием SO_2
 - 5.2.2. Использование десульфуризации дымовых газов для отходящих газов с низким содержанием SO_2
 - 5.2.3. Способ абсорбции/десорбции на основе полиэфира, а также на основе органического растворителя, на основе амина и неорганического растворителя для улавливания серы из отходящих газов с низким содержанием SO_2
 - 5.2.4. Техники для предотвращения выбросов ртути
 - 5.2.5. Техники для предотвращения неорганизованных выбросов от сбора отходящих газов при производственных процессах металла
 - 5.2.6. Способы предотвращения и снижения выбросов от обжига первичных материалов
 - 5.2.7. Способы предотвращения и снижения выбросов, образующихся при очистке растворов, с использованием цинкового порошка и переработке огарка
 - 5.2.8. Способы предотвращения и снижения выбросов при выщелачивании и разделении твердой и жидкой фаз
 - 5.2.9. Предотвращение и снижение образования тумана при электровиннинге внутри электролизной ванны
 - 5.2.10. Предотвращение и снижение образования сточных вод из электролизной ванны
 - 5.2.11. Способы предотвращения образования сточных вод при гидрометаллургическом производстве цинка
 - 5.2.12. Способы предотвращения и минимизации остатков и отходов при гидрометаллургическом производстве цинка

5.2.13. Способы усовершенствования утилизации кеков выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка

5.2.13.1. Пирометаллургическая переработка с целью усовершенствования утилизации кеков выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка

5.2.13.2. Технологии инертизации и прессования с целью усовершенствования утилизации кеков выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка

5.2.14. Методы регенерации тепла из гидрометаллургического производства цинка

5.3. Пирометаллургическое производство цинка

5.3.1. Способы снижения выбросов в атмосферу в пирометаллургическом производстве цинка

5.3.2. Способы снижения выбросов SO_2

5.3.3. Установки одинарного контактирования

5.3.4. Двойное контактирование/двойная абсорбция

5.3.5. Утилизации диоксида серы из отходящих газов методом мокрого катализа

5.3.6. Очистка дымовых газов с использованием щелочных растворов

5.3.7. Очистка перекисью водорода

5.3.8. Процесс очистки SO на основе растворов аминов

5.3.9. Сульфит-бисульфитный метод

5.3.10. Снижение выбросов SO_3

5.4. Первичное и вторичное производство цинка с применением оборотных схем

5.4.1. Обратная переработка металлических потоков

5.4.2. Очистка сточных вод в процессах Вельц-печи

5.5. Плавка, получение сплавов и отливка цинковых слитков (первичные и вторичные гидрометаллургические и пирометаллургические процессы)

5.5.1. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от процессов плавки

5.5.2. Предотвращение образования сточных вод

5.5.2.1. Очистка сточных вод от цинковых заводов (первичные, вторичные гидрометаллургические и пирометаллургические процессы)

5.5.2.2. Очистка сточных вод от гидрометаллургического и пирометаллургического производства цинка

5.6. Схемы производства и обратной переработки кадмия

5.6.1. Гидрометаллургическое производство кадмия

5.6.1.1. Способы предотвращения и снижения выбросов от выщелачивания и разделения твердой и жидкой фаз

5.6.1.2. Способы предотвращения выбросов от электролиза

5.6.1.3. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от гидрометаллургического производства кадмия

5.7. Пирометаллургическое производство кадмия

5.7.1. Способы предотвращения и снижения выбросов от брикетирования и окатывания металлических кадмиевых цементов

5.7.2. Способы снижения выбросов в процессах извлечения кадмия фьюмингом/конденсацией

5.7.3. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от пиromеталлургического производства кадмия

5.8. Плавка, получение сплавов и отливка кадмиевых слитков (первичный и вторичный циклы)

5.8.1. Способы предотвращения и снижения выбросов от печей плавки, переплавки, получения сплавов и отливки

5.8.2. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от процессов плавки

5.8.3. Предотвращение образования сточных вод

5.8.4. Очистка сточных вод от установок получения кадмия (первичные, вторичные гидрометаллургические и пиromеталлургические процессы)

5.9. Энергия

5.9.1. Использование тепла отходящих газов от основных технологических процессов

5.10. Управление водными ресурсами и методы очистки сточных вод

5.10.1. Повторное использование и рециркуляция

5.10.2. Методы очистки сточных вод

5.10.2.1. Химическое осаждение

5.10.2.2. Обработка слабокислой и технологической воды

5.10.2.3. Фильтрация

5.10.2.4. Метод адсорбции

5.11. Заполнение выработанного пространства шахт шлаками цинкового производства

6. Заключение, содержащее выводы по НДТ

6.1. Система экологического менеджмента

6.2. Управление энергопотреблением

6.3. Управление процессами

6.3.1. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух

6.3.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ

6.3.3. Шум

6.3.4. Запах

6.3.5. Неорганизованные выбросы

6.3.6. Организованные выбросы

6.4. Первичное производство цинка

6.4.1. Гидрометаллургическое производство цинка

6.4.1.1. Выбросы в атмосферу

- 6.4.1.2. Защита почвенных и грунтовых вод
- 6.4.1.3. Образование сточных вод
- 6.4.1.4. Отходы
- 6.4.2. Пирометаллургическое производство цинка
 - 6.4.2.1. Выбросы в атмосферу
- 6.5. Вторичное производство цинка
 - 6.5.1. Выбросы в атмосферу
 - 6.5.1.1. Организованные выбросы пыли
 - 6.5.1.2. Выбросы органических соединений
 - 6.5.1.3. Выбросы кислот
 - 6.5.2. Генерация и очистка сточных вод
- 6.6. Плавка, получение сплавов, отливка цинковых слитков и производство цинкового порошка
 - 6.6.1. Выбросы в атмосферный воздух
 - 6.6.1.1. Неорганизованные выбросы пыли
 - 6.6.1.2. Организованные выбросы пыли
 - 6.6.2. Сточные воды
 - 6.6.3. Отходы
- 6.7. Производство кадмия
 - 6.7.1. Выбросы в атмосферу
 - 6.7.1.1. Неорганизованные выбросы
 - 6.7.1.2. Организованные выбросы пыли
 - 6.7.2. Отходы
- 6.8. Требования по ремедиации
- 7. Перспективные техники
 - 7.1. Перспективные техники производства цинка
 - 7.1.1. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора
 - 7.1.2. Внедрение системы сбора и возврата конденсата
 - 7.1.3. Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду
 - 7.1.4. Гематит, гетит и ярозит техники
 - 7.1.5. Переработка цинковых кеков в печах с погружной фурмой "Корея Цинк"
 - 7.1.6. Переработка цинксодержащих пылей черной металлургии по технологии Nirron Steel - печь с вращающимся подом
 - 7.2. Водные ресурсы
- 8. Дополнительные комментарии и рекомендации
- Библиография

Список схем/рисунков

| | |
|---------------|--|
| Рисунок 3.2. | Первый этап очистки отходящего газа обжиговой печи — очистка сухого газа (устанавливается при необходимости) |
| Рисунок 3.3. | Установки, включающие в себя систему орошаемых башен или скрубберов и газа |
| Рисунок 3.4. | Упрощенная схема процесса выщелачивания |
| Рисунок 3.5. | Схема процесса выщелачивания с применением прямого выщелачивания при атмосферном давлении для повышения мощности завода |
| Рисунок 3.6. | Принципиальная схема переработки цинкового концентрата окислительным обжигом |
| Рисунок 3.7. | Технологическая схема вельц-процесса |
| Рисунок 3.8. | Схема процесса производства кадмия - завод А |
| Рисунок 3.9. | Схема процесса производства кадмия-завод В |
| Рисунок 3.10. | Технологическая схема очистки, включая производство кадмия - завод С |
| Рисунок 3.11. | Схема процесса производства кадмия-завод D |
| Рисунок 3.12. | Схема процесса производства кадмия-завод E |
| Рисунок 3.13. | Схема процесса производства кадмия- завод F |
| Рисунок 4.1. | Принцип работы теплового насоса |
| Рисунок 4.2. | Схема утилизации низкопотенциального тепла систем водооборота УКЭ с использованием тепловых насосов |
| Рисунок 4.3. | Процесс регенеративной абсорбции SO ₂ SolvR® |
| Рисунок 4.4. | Схема биофильтра |
| Рисунок 5.1. | Конструкция циклона |
| Рисунок 5.2. | Принцип работы рукавного фильтра |
| Рисунок 5.3. | Принцип действия электрофильтра |
| Рисунок 5.4. | Процесс производства жидкого диоксида серы |
| Рисунок 5.5. | Выбросы ртути в атмосферу в результате различных процессов производства цветных металлов |
| Рисунок 5.6. | Сбор паров из четвертого отверстия |
| Рисунок 5.7. | Система загрузки и выпуска |
| Рисунок 5.8. | Схема системы вторичного сбора паров для первичного процесса обработки меди |
| Рисунок 5.9. | Система вторичной вытяжки для конвертера |
| Рисунок 5.10. | Система сбора выпускных паров |
| Рисунок 5.11. | Улавливание и сокращение выбросов от подготовки материала для обжиговой печи и обжиговой печи |
| Рисунок 5.12. | Реакционный резервуар |
| Рисунок 5.13. | Схема технологического процесса сульфидизации |
| Рисунок 5.14. | Эксплуатационные характеристики процессов очистки технологических газов от SO ₂ , применяемых в цветной металлургии |
| Рисунок 5.15. | Схема привязки парового турбогенератора |

| | |
|---------------|---|
| Рисунок 5.16. | Обработка сточных вод, содержащих слабые кислоты |
| Рисунок 5.17. | Схема песчаного фильтра |
| Рисунок 7.1. | Принципиальная схема системы возврата конденсата |
| Рисунок 7.2. | Схема утилизации Zn-содержащих пылей и шламов на базе установки "колосниковая решетка - вращающаяся печь" |

Список таблиц

| | |
|--------------|---|
| Таблица 1.1. | Потребность в ресурсах для производства цинка |
| Таблица 1.2. | Удельный расход ресурсов на различных этапах технологического процесса |
| Таблица 1.3. | Целевые показатели для производства цинка |
| Таблица 1.4. | Расход электроэнергии на производство цинка и кадмия |
| Таблица 1.5. | Расход ТЭР на единицу выпуска конечной продукции при производстве цинка |
| Таблица 1.6. | Источники/процессы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цинка и кадмия |
| Таблица 1.7. | Методы предотвращения и/или снижения выбросов SO ₂ |
| Таблица 4.1. | Сравнение непрерывных и периодических измерений |
| Таблица 4.2. | Перечень загрязняющих веществ |
| Таблица 4.3. | Рекомендации по проведению мониторинга |
| Таблица 4.4. | Автоматизированная система мониторинга эмиссий |
| Таблица 4.5. | Автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха |
| Таблица 5.1. | Различные типы механических конвейеров и пневмотранспорта |
| Таблица 5.2. | Эффективность очистки при использовании циклонов |
| Таблица 5.3. | Распространенные ткани, используемые в рукавных фильтрах |
| Таблица 5.4. | Сравнение различных систем рукавных фильтров |
| Таблица 5.5. | Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров |
| Таблица 5.6. | Среднегодовые выбросы двуокиси серы на заводе Boliden |
| Таблица 5.7. | Производственные характеристики методов по удалению ртути, применяемых на заводе Boliden Ronnskar |
| Таблица 5.8. | Выбросы пыли от процесса подачи материала и обжиговой печи |

| | |
|---------------|---|
| Таблица 5.9. | Удаление пыли в секции сухой газоочистки обжиговой установки (решетка ~ 120 м ²) перед секцией мокрой газоочистки |
| Таблица 5.10. | Устранение пыли в системе мокрой газоочистки перед установкой с H ₂ SO ₄ |
| Таблица 5.11. | Данные по выбросам из отстойника при нейтральном выщелачивании с и без туманоуловителя |
| Таблица 5.12. | Данные по выбросам при вентиляции емкостей для выщелачивания |
| Таблица 5.13. | Данные по выбросам от процесса прямого выщелачивания |
| Таблица 5.14. | Данные по выбросам от ярозит-процесса на заводе А |
| Таблица 5.15. | Данные по выбросам из вентиляции электролизной ванны |
| Таблица 5.16. | Параметры использования жидких стоков в результате процесса ЭПОВ |
| Таблица 5.17. | Типичные стоки и остатки, образующиеся при гидрометаллургическом производстве и обработке цинка |
| Таблица 5.18. | Состав кека нейтрального выщелачивания |
| Таблица 5.19. | Состав Вельц-оксида при переработке кеков выщелачивания |
| Таблица 5.20. | Состав вельц-шлака после переработки кеков выщелачивания |
| Таблица 5.21. | Выбросы процесса в Вельц-печи |
| Таблица 5.22. | Критерии оценки отходов на полигонах для безопасных отходов и типичные результаты для отходов Jagofix, проверенных в соответствии с решением Совета ЕС 2003/33/CE |
| Таблица 5.23. | Критерии оценки отходов на полигонах для опасных отходов и типичные результаты для сульфидизированных отходов (ярозита и остатка серы) |
| Таблица 5.24. | Критерии испытания выщелачивания и полученные результаты для уплотненного железистого кека |
| Таблица 5.25. | Методы восстановления/абсорбции SO ₃ /H ₂ SO ₄ |
| Таблица 5.26. | Результат промывки Вельц-оксида |
| Таблица 5.27. | Сточные воды после процесса промывки Вельц-оксида |
| Таблица 5.28. | Сточные воды после процесса промывки Вельц-оксида |
| Таблица 5.29. | Меры предотвращения и/или сокращения объема сточных вод |
| Таблица 5.30. | Распределение выхода кадмия на европейских заводах по переработке цинка |

| | |
|---------------|---|
| Таблица 5.31. | Выбросы из печей плавки, переплавки, получения сплавов и отливки |
| Таблица 5.32. | Образование сточных вод и методы их очистки |
| Таблица 5.33. | Производственные характеристики при очистке слабых кислот |
| Таблица 6.1. | Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов, связанные с НДТ |
| Таблица 6.2. | Уровни концентрации загрязняющих веществ в сбросах сточных вод, поступающих в принимающие водоемы, соответствующие НДТ при производстве первичного и вторичного цинка и кадмия |
| Таблица 6.3. | Уровни выбросов пыли, связанные с НДТ при подготовке сырья |
| Таблица 6.4. | Уровни выбросов пыли, связанные с НДТ при подготовке батарей |
| Таблица 6.5. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от обращения и хранения сырья, сухой подготовки сырья для муфеля, обработки обжигом и сухой подачи |
| Таблица 6.6. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов цинка и серной кислоты в атмосферу от выщелачивания, очистки и электролиза, а также для выбросов арсина и стибина при очистке |
| Таблица 6.7. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу (за исключением тех, которые направлены на установку серной кислоты) от пирометаллургического производства цинка |
| Таблица 6.8. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов SO ₂ в атмосферу (за исключением тех, которые направлены на установку серной кислоты) от пирометаллургического производства цинка |
| Таблица 6.9. | Уровни выбросов SO ₂ , связанные с НДТ, при рекуперации серы, содержащейся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов |
| Таблица 6.10. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от гранулирования и переработки шлака |
| Таблица 6.11. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи |
| Таблица 6.12. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов общих ЛОС и ПХДД/Ф в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи |
| Таблица 6.13. | Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов HCl и HF в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных |

потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи

Таблица 6.14.

Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков и производства цинкового порошка

Таблица 6.15.

Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли и кадмия в атмосферу от пирометаллургического производства кадмия и плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков

Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Производство цинка и кадмия" (далее – справочник по НДТ). Определения терминов в этом глоссарии не являются юридическими определениями (даже если некоторые из них могут совпадать с определениями, приведенными в нормативных правовых актах Республики Казахстан).

Глоссарий представлен следующими разделами:

- термины и их определения;
- аббревиатуры и их расшифровка;
- химические элементы;
- химические формулы;
- единицы измерения.

Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

| | | |
|-------------|---|---|
| агломерат | — | спекшаяся в куски мелкая (часто пылевидная) руда размерами 5—100 мм с незначительным содержанием мелочи; |
| агломерация | — | образование спеканием относительно крупных пористых кусков из мелких частиц руды или пылевидных материалов, при котором легкоплавкая часть материала, затвердевая, скрепляет между собой твердые частицы; |
| агрегат | — | совокупность конструктивно связанных технологического оборудования и устройств, обеспечивающая проведение комплексного металлургического процесса в условиях массового и поточного производства; |

| | | |
|------------------------|---|--|
| адсорбция | — | поглощение поверхностью фазово-инородного тела (адсорбента) каких-либо веществ (адсорбатов) из смежной газовой или жидкой среды, протекающее на границе раздела фаз; |
| аммиак | — | продукт прямого синтеза из азота и водорода с эмпирической формулой NH_3 ; |
| ангидрид | — | химическое соединение какого-либо неметалла с кислородом, которое можно получить, извлекая воду из кислоты; |
| анион | — | отрицательно заряженный ион – ион, который притягивается к аноду в электрохимических реакциях; |
| анод | — | положительный электрод; |
| футеровка | — | облицовка огнеупорными, химически стойкими, а также теплоизоляционными материалами, которыми покрывается внутренняя поверхность печей, топок котлов и прочего оборудования; |
| оценка | — | изучение уровня адекватности ряда наблюдений и соответствующего набора критериев, достаточных для основных целей для принятия решения. Кроме того, сочетание анализа с мероприятиями, связанными с политикой, такими как определение проблем и сравнение рисков и выгод (таких, как оценка рисков и оценка воздействия); |
| первичное производство | — | производство металлов с использованием руд и концентратов; |
| нейтрализация | — | реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабо диссоциирующего вещества; |
| валковая дробилка | — | тип вторичной дробилки, состоящей из тяжелой рамы, на которой установлены два валька. Они приводятся в действие так, что вращаются друг к другу. Порода, подаваемая сверху, сжимается между движущимися |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| ванна | — | <p>валками, измельчается и выгружается снизу;</p> <p>раствор химических веществ для удельной поверхностной обработки, например, травильная ванна. Термин также относится к соответствующему резервуару или рабочей станции в последовательности процессов;</p> |
| вельцевание | — | <p>процесс извлечения металлов (Zn, Pb, Cd и др.) отгонкой при нагреве во вращающейся печи полиметаллических отходов свинцового, медного и оловянного производств;</p> |
| точность | — | <p>термин связан с измеренными значениями. Означает оценку того, насколько близко измерение соответствует принятому или истинному значению. для оценки точности используются химические препараты с известной чистотой и/или концентрацией. Эти растворы, называемые "стандартными", анализируются с использованием того же метода, с помощью которого измеряются образцы. Точность никогда не следует путать с погрешностью: погрешность измеряет, насколько близко аналитические результаты могут быть воспроизведены;</p> |
| доломит | — | <p>тип известняка, в карбонатной фракции которого преобладают минеральные доломиты, карбонат кальция-магния (CaMg (CO₃));</p> |
| дренаж | — | <p>естественное или искусственное удаление поверхностных и подземных вод из района, включая поверхностные потоки и грунтовые воды;</p> |
| движущая сила внедрения | — | <p>причины реализации технологии, например, другое законодательство, улучшение качества продукции;</p> <p>наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для</p> |

| | | |
|--|---|---|
| наилучшие доступные техники | — | 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; |
| уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник | — | диапазон уровней эмиссий (концентраций загрязняющих веществ), 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; |
| горелка-дожигатель | — | 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 диоксида углерода. Установки могут быть спроектированы таким образом, чтобы использовать энергоемкость необработанного газа для обеспечения большей части требуемой тепловой мощности и большей энергоэффективности; |
| камера дожигания | — | термин, применяемый к зоне, расположенной после начальной камеры сгорания, где происходит прогар газа. Также упоминается как вторичная камера сгорания или ВКС; |
| щековая дробилка | — | машина для уменьшения размера материала путем удара или дробления между неподвижной пластиной и колеблющейся пластиной; |
| модернизация | — | процесс обновления объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, |

| | | |
|----------------------------|---|---|
| грунтовые воды | — | <p>техническими условиями, показателями качества;</p> <p>часть подземных вод в зоне насыщения. Отличается от поверхностных вод;</p> |
| поверхностный сток | — | <p>часть осадков и таяния снега, которая не впитывается, а движется как поверхностный поток;</p> |
| классификация | — | <p>разделение сыпучего продукта, неоднородного по размеру частиц, на две или более фракции частиц определенного размера с помощью просеивающего устройства;</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> |
| восстановление тепла | — | <p>в этом секторе термин может означать использование технологического тепла для предварительного нагрева сырья, топлива или воздуха для горения;</p> |
| операции пуска и остановки | — | <p>эксплуатация во время деятельности, элемент оборудования или резервуар вводится, или выводится из эксплуатации либо выходит или приходит в нерабочее состояние. Регулярно колеблющиеся фазы активности не следует рассматривать как запуски или остановки;</p> |
| калибровка | — | <p>набор операций, который устанавливает при определенных условиях систематическое различие, которое может существовать между значениями измеряемого параметра и значениями, указанными измерительной системой (с соответствующими значениями, приведенными в отношении</p> |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| | | <p>конкретной "эталонной" системы, включая эталонные материалов и их принятые значения).</p> <p>Примечание: результат калибровки позволяет либо присвоить значения параметров для измерения, либо определять поправки в отношении показаний;</p> |
| катод | — | отрицательный электрод; |
| каустическая сода | — | <p>гидроксид натрия с эмпирической формулой NaOH, получаемый электролизом природных рассолов хлорида натрия или каустификацией содового раствора;</p> <p>минеральные или различные накопленные полезные ископаемые (включая уголь), имеющие достаточную ценность с точки зрения качества и количества, которые можно добывать с прибылью. Большинство руд — это смеси экстрагируемых минералов и посторонних каменистых материалов, описанных как "пустые";</p> <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> <p>подход, учитывающий более, чем одну природную среду. Преимущество данного подхода состоит в комплексной оценке воздействия предприятия на окружающую среду в целом. Это уменьшает возможность простого переноса воздействия с одной среды на другую без учета последствий для такой среды. Комплексный (межкомпонентный) подход требует серьезного</p> |
| руда | — | |
| комплексный технологический аудит | — | |
| комплексный подход | — | |

| | | |
|---------------------------|---|---|
| | | <p>взаимодействия и координации деятельности различных органов (ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т. д.);</p> |
| компонент | — | <p>вещество, помещенное в смесь, например, в сточные воды, отработанные газы или воздух;</p> |
| конденсатор | — | <p>полая цилиндрическая башня скрубберного типа, орошаемая циркулирующей водой противотоком печному газу;</p> |
| концентрат | — | <p>товарный продукт после разделения на обогатительной фабрике с повышенным содержанием ценных минералов;</p> |
| кросс-медиа эффекты | — | <p>возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому. Любые побочные эффекты и отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии;</p> |
| вторичное производство | — | <p>производство металлов с использованием остатков и/или отходов, включая переплавку и легирование;</p> |
| остаток | — | <p>материал, который непреднамеренно производится в процессе производства и может быть или не быть отходами;</p> |
| переработка отходов | — | <p>механические, физические, химические и (или) биологические процессы, направленные на извлечение из отходов полезных компонентов, сырья и (или) иных материалов, пригодных для использования в дальнейшем в производстве (изготовлении) продукции, материалов или веществ вне зависимости от их назначения;</p> |
| восстановительный процесс | — | <p>физико-химический процесс получения металлов из их оксидов , путем связывания кислорода восстановителем веществом, способным соединяться с кислородом;</p> |
| шлак | — | <p>остеклованный или частично остеклованный остаток плавки, содержащий в основном силикаты , вещества, которые не должны</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>достигнутые экологические выгоды</p> | — | <p>производиться как штейн или металл, и имеющие более низкий удельный вес, чем последние;</p> <p>основное воздействие (я) на окружающую среду, которое должны рассматриваться с помощью технологии (процесса или борьбы), включая достигнутые значения выбросов и эффективность работы.</p> <p>Экологические выгоды метода по сравнению с другими;</p> |
| <p>автоматизированная система мониторинга эмиссий в окружающей среде</p> | — | <p>автоматизированная система производственного экологического мониторинга, отслеживающая показатели эмиссий в окружающую среду на основных стационарных источниках эмиссий, которая обеспечивает передачу данных в информационную систему мониторинга эмиссий в окружающую среду в режиме реального времени, в соответствии с правилами ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля, утвержденными уполномоченным органом в области охраны окружающей среды;</p> |
| <p>сплав</p> | — | <p>металл, который представляет собой комбинацию, либо в растворе, либо в соединении, из двух или более элементов, по меньшей мере, один из которых представляет собой металл и где полученный материал имеет металлические свойства;</p> |
| <p>двойное контактирование (двойная абсорбция)</p> | — | <p>двухстадийный способ окисления диоксида серы и абсорбции сернистого газа, при котором диоксид серы после 3 слоя катализатора отводится в промежуточный абсорбер для поглощения оксида серы (VI) и затем возвращается на 4 слой катализатора для доокисления и последующей абсорбции в моногидратном абсорбере;</p> |

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| осушение | — | <p>процесс удаления воды из подземного рудника или открытого карьера, или из вмещающей горной породы или немонолитной области. Этот термин также обычно используется для снижения содержания воды в концентратах, отходах обогащения и переработанных шламах;</p> |
| отливка (заготовка) | — | <p>общий термин, используемый для изделий в их (почти) готовой обработке, сформированных путем затвердевания металла или сплава в форме (ISO 3134 – 4:1985);</p> |
| кислота | — | <p>донор протона – вещество, которое более или менее легко выделяет ионы водорода в водном растворе;</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 среды, способны причинить экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека;</p> |
| сброс загрязняющих веществ | — | <p>поступление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, недра или на земную поверхность;</p> |
| выброс загрязняющих веществ | — | <p>поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;</p> |
| легирование | — | <p>добавление в состав материалов примесей для изменения (улучшения) физических и/или химических свойств основного материала;</p> |
| ликвация | — | <p>способ рафинирования, который включает нагревание расплавленного металла до температуры, при которой</p> |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| измельчение | — | <p>растворимость примесей уменьшается, так что они могут быть разделены;</p> <p>процесс измельчения дает мелкозернистый продукт (<1 мм), где уменьшение размера достигается за счет истирания и ударов и иногда поддерживается свободным движением несвязанных средств, таких как стержни, шарики и каменная крошка;</p> |
| обезжиривание | — | <p>исключение, насколько это возможно, масла или смазки из компонента;</p> |
| маркерные загрязняющие вещества | — | <p>наиболее значимые для эмиссий конкретного вида производства или технологического процесса загрязняющие вещества, которые выбираются из группы характерных для такого производства или технологического процесса загрязняющих веществ и с помощью которых возможно оценить значения эмиссий всех загрязняющих веществ, входящих в группу;</p> |
| колошник | — | <p>верхняя часть шахтной печи (см. также шахтная печь), куда загружают рудные материалы, флюсы, топливо;</p> |
| мониторинг | — | <p>систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т.д.;</p> |
| скрап цинковый | — | <p>отходы металлургической промышленности, представляющие собой лом черных металлов с высоким содержанием шлаков и цинка. В первую очередь это промышленные остатки в плавильных агрегатах, а также расплавы, потерянные в процессе литья или перемещения стали и чугуна. Скрап в металлургии также объединяет в себе весь мелкий черный лом, да и само название, позаимствованное из</p> |

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|
| | | | английского языка, в переводе означает "отходы, лом"; |
| вторичное производство цинка | — | | производство цинка из переработанного цинка, лома или отходов других производств; |
| желоб | — | | канал, используемый для транспортировки расплавленного металла или шлака; |
| осмос | — | | прохождение жидкости из слабого раствора в более концентрированный раствор через полупроницаемую мембрану, что позволяет пропускать растворитель (воду), а не растворенные твердые вещества; |
| биохимическое потребление кислорода | — | | количество растворенного кислорода, потребляемого микроорганизмами для разложения органического вещества. Единицей измерения является мг O ₂ /л; |
| химическое потребление кислорода | — | | показатель содержания органических веществ в воде, который показывает количество кислорода (или другого окислителя), затраченное на окисление органических соединений в пробе. Количественно ХПК выражается в миллиграммах потребленного кислорода на 1 л воды (мгО/л) и используется для оценки уровня органического загрязнения природных и сточных вод; |
| топливно-энергетические ресурсы | — | | совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности; |
| измерение | — | | набор операций для определения значения количества; |
| измерительная система | — | | полный набор измерительных приборов и другого оборудования, включая все рабочие процедуры, используемые для проведения указанных измерений; |
| | | | количество, на которое наблюдаемый или приближительный результат |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| погрешность измерения | — | отличается от истинного или точного. Как правило, это происходит из-за неточности или расхождения результатов при измерении значений параметров; |
| эксплуатационные данные | — | данные о производительности по выбросам/отходам и потреблению, например, сырья, воды и энергии. Любая другая полезная информация о том, как управлять, поддерживать и контролировать, включая аспекты безопасности, ограничения работоспособности техники, качество вывода и т.д.; |
| вывод из эксплуатации | — | завершение работы установки, включая дезактивацию и/или демонтаж; |
| отходящий газ | — | общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. также выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы); |
| перспективные техники | — | техники с потенциалом улучшения экологической эффективности, но которые еще не были коммерчески применены или которые все еще находятся на стадии исследований и разработок . Потенциальное будущее НИТ; |
| печь | — | агрегат, внутри которого металлосодержащие материалы подвергаются при помощи тепловой энергии требуемым физико-химическим превращениям для того, чтобы извлекать, рафинировать и обрабатывать металлы; |
| рафинирование | — | очистка металлов от примесей; |
| регенеративные горелки | — | они предназначены для извлечения тепла из горячих газов с использованием двух или более огнеупорных масс, которые альтернативно нагреваются, а затем используются для предварительного нагрева воздуха для горения (см. также рекуперативная печь); |
| рекуперативные горелки | — | они предназначены для циркуляции горячих газов в системе горелки для восстановления тепла (см. также регенеративные горелки); |

| | | |
|---------------------|---|--|
| сточные воды | — | <p>воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека или на загрязненной территории. Дождевая вода и непряная охлаждающая вода не включаются из-за различных определений сточных вод в государствах-членах ЕС. Вместо этого дождевая вода и потребность в ее переработке рассматриваются отдельно;</p> |
| сегрегация | — | <p>то же, что и ликвидация;</p> |
| оценка соответствия | — | <p>процесс сравнения фактических выбросов загрязняющих веществ с установки (производственной единицы) с допустимыми предельными значениями выбросов в пределах определенной степени достоверности;</p> |
| разрежение | — | <p>снижение давления воздуха или продуктов сгорания в каналах сооружений и технических систем , способствующее притоку среды в область пониженного давления;</p> |
| щелочь | — | <p>акцептор протонов – вещество, которое более или менее легко поглощает ионы водорода в водном растворе;</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> |
| фильтрование | — | <p>процесс разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции;</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> |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| анализ | — | <p>исследование, а также его метод и процесс, имеющие целью установление одной или нескольких характеристик (состава, состояния, структуры) вещества в целом или отдельных его ингредиентов;</p> <p>экологические нормативы, устанавливаемые в комплексном экологическом разрешении в виде:</p> <p>1) предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий;</p> <p>2) количества потребления сырья, вспомогательных материалов, электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги;</p> <p>мерой эффективности техники для достижения определенного результата. В некоторых случаях она может быть выражена как отношение входа к выходу;</p> |
| технологические нормативы | — | <p>конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;</p> |
| эффективность | — | <p>твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе;</p> |
| прямые измерения | — | <p>химический процесс, сопровождающийся увеличением степени окисления атома окисляемого вещества посредством передачи электронов от атома восстановителя (донора электронов) к атому окислителя (акцептору электронов);</p> |
| пыль | — | <p>материал, который может реагировать с высокой степенью экзотермичности при контакте с другими материалами, в частности , воспламеняющимися веществами ;</p> |
| окислительный процесс | — | <p>процесс искусственного превращения порошкообразного или твердого материала в гранулы , в однородные по размеру и</p> |
| окислитель | — | |
| гранулирование | — | |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| дымовой газ | — | <p>единообразной формы зерна – гранулы;</p> <p>смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящего из камеры сгорания и направленного вверх по выхлопной трубе, и которая должна быть выпущена;</p> |
| токсичное вещество | — | <p>вещество, которое при вдыхании или проникновении через ротовое отверстие или кожу может вызвать нарушение ограниченного характера;</p> |
| непрерывные измерения | — | <p>круглосуточные измерения, допускающие перерывы для проведения ремонтных работ, устранения дефектов, пуско-наладочных, поверочных, калибровочных работ;</p> |
| организованный источник | — | <p>источник выделения, от которого вредные вещества в составе отходящего газа (вентиляционного воздуха) поступают в атмосферу через систему газоходов или воздухопроводов (труба, аэрационный фонарь, вентиляционная шахта и т.д.);</p> |
| организованный выброс | — | <p>выброс от стационарного источника считается организованным, если он осуществляется через специальное сооружение, систему или устройство (дымовые и вентиляционные трубы, газоходы, воздухопроводы, вентиляционные шахты, и иные), обеспечивающие направленность потока отходящих пыле- и газовоздушных смесей с помощью систем принудительной вентиляции;</p> |
| неорганизованный выброс | — | <p>высвобождение загрязняющих веществ в атмосферный воздух в виде ненаправленных диффузных потоков;</p> |
| дробление | — | <p>достигается путем обсадки руды по жестким поверхностям или ударного воздействия по поверхностям в неподвижном направлении принудительного движения;</p> |
| | | <p>любое органическое соединение, имеющее при 293,15 К давление паров 0,01 кПа или более, или</p> |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| летучее органическое соединение | — | имеющее соответствующую летучесть при определенных условиях использования; |
| флюс | — | неорганические вещества, которые добавляют к руде при выплавке из нее металлов, чтобы снизить ее температуру плавления и облегчить отделение металла от пустой породы; |
| фьюмингование | — | способ извлечения летучих компонентов из расплавленных шлаков, содержащих цинк, свинец или олово; |
| выщелачивание | — | прохождение растворителя через пористый или измельченный материал для извлечения компонентов из твердой фазы. Например, золото может быть извлечено путем кучного выщелачивания пористой руды или отходов обогащения. Другими методами являются выщелачивание резервуаров руды, концентратов или отходов обогащения и выщелачивание на месте; |
| продукт выщелачивания | — | раствор, содержащий ценный компонент или кек – осадок после выщелачивания, содержащий примеси и металлы-спутники; |
| шахтная печь | — | вид металлургических печей, предназначенных для плавки и обжига кусковых материалов, а также для термической обработки металлических изделий. Шахтные печи имеют сильно вытянутое вверх рабочее пространство круглого или прямоугольного сечения; |
| предельно-допустимая концентрация | — | максимальное количество (масса) химического вещества, признанного в соответствии с Экологическим кодексом Республики Казахстан загрязняющим, которое (которая) при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных наследственных изменений у его потомства, а также не вызывает деградацию компонентов природной среды, не нарушает устойчивость |

| | | |
|------------|---|--|
| | | экологических систем и не приводит к сокращению биоразнообразия; |
| шихта | — | смесь исходных материалов, в определенной пропорции, подлежащая переработке в металлургических, химических и других агрегатах для получения конечных продуктов заданного химического состава и свойств. В частности, в состав шихты в металлургии могут входить обогащенная руда, концентрат, флюс, шлаки, съемы, а также пыль ; |
| шлам | — | суспензия "твердое в жидком", извлекаемая из сточных вод и очистных сооружений; |
| штейн | — | смесь сульфидов, которая образуется при плавлении сульфидных металлических руд, содержащих никель, медь, кобальт и т.д.; |
| выпуск | — | действие открытия выпускного отверстия печи для удаления расплавленного металла или шлака; |
| дожигание | — | зажигание и сжигание выхлопных газов путем впрыска воздуха или использования горелки (например, для уменьшения количества СО и (летучих) органических соединений); |
| извлечение | — | оценка полноты использования исходного сырья в разделительных технологических процессах. Извлечение определяется как отношение количества извлекаемого вещества , перешедшего в данный продукт, к его количеству в исходном материале (в процентах или долях единиц). В металлургии чаще всего извлечение определяют для процессов обогащения и получаемых продуктов: концентратов, штейнов и др. При этом различают товарное извлечение, определяемое через отношение масс извлекаемого компонента в товарном продукте и сырье, и технологическое извлечение, определяемое по |

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| | | концентрациям компонента в исходных и всех конечных продуктах технологического процесса; |
| экологическое разрешение | — | документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности; |
| экономика | — | информация о затратах (инвестиции и операции) и любой возможной экономии, например, снижении потребления сырья, сборе отходов, а также связанная с возможностями техники; |
| экстракция | — | массообменный процесс извлечения компонентов из смесей экстрагентами; |
| электрод | — | проводник, посредством которого электрический ток входит или выходит из электролита в электрохимической реакции (или электрической дуге или вакуумной трубке) (см. также анод и катод); |
| электролиз | — | физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который возникает при прохождении электрического тока через раствор либо расплав электролита; |
| электролит | — | вещество, которое способно проводить электрический ток в растворе или в расплавленном состоянии; |
| электролитическое выделение | — | стадия электролитического производства, в которой используется инертный металлический анод, и нужный металл в электролите, осаждаемый на катоде; |
| электрофильтр | — | устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил; |

| | | |
|---------------------|---|---|
| эмиссия | — | <p>поступление загрязняющих веществ, высвобождаемых от антропогенных объектов, в атмосферный воздух, воды, на землю или под ее поверхность;</p> <p>комплекс административных действий, направленных на обеспечение рационального потребления энергетических ресурсов и повышение энергоэффективности объекта управления, включающий разработку и реализацию политики энергосбережения и повышения энергоэффективности, планов мероприятий, процедур и методик мониторинга, оценки энергопотребления и других действий, направленных на повышение энергоэффективности;</p> |
| энергоменеджмент | — | <p>величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции , выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы;</p> |
| энергоёмкость | — | <p>эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения деятельности объекта/ов.</p> |
| энергоэффективность | — | |

Аббревиатуры и их расшифровка

| Аббревиатура | Расшифровка |
|-------------------|---|
| ПО | предварительно обожженный тип анода |
| АО | акционерное общество |
| АСМ | автоматизированная система мониторинга |
| АБК | административно-бытовой комплекс |
| ЧМ | черновая медь |
| НД | нет данных |
| Диоксины (ПХДД/Ф) | полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и полихлорированные дибензофураны (ПХДФ) |
| НДТ | наилучшая имеющаяся техника |
| | уровни выбросов, связанные с наилучшими имеющимися техниками (НДТ-УСВ) для выбросов в |
| НДТ-УСВ | |

| | |
|-------|--|
| | атмосферу, данные в настоящих заключениях о НДТ , относятся к стандартным условиям: сухой газ при температуре 273,15 К и давлении 101,3 кПа |
| ЕС | Европейский союз |
| ТС | теплота сгорания, например, в МДж/кг |
| ЧРП | частотно-регулируемый привод |
| НПВ | нижний предел взрываемости |
| ВКВД | вращающийся конвертер с верхним дутьем, используемый для первичной плавки меди, благородных металлов и концентратов Pb, а также плавки отходов электронного оборудования |
| ТОО | товарищество с ограниченной ответственностью |
| ТЧ | см. твердые частицы. Благородные металлы: Ag, Au и МПП |
| ТЧх | твердые частицы с аэродинамическим диаметром, меньшим или равным номинальным х-микрометрам |
| КГД | компьютеризированная гидродинамика - метод моделирования, используемый для прогнозирования расхода газа температуры в мусоросжигательных установках и других системах |
| УСВ | усиленная система всасывания |
| КТА | комплексный технологический аудит |
| УКЭ | утилизация когенерационной энергии |
| МФУ | многофтористый углеводород |
| ОЦ | обжиговый цех |
| ПО | переработка отходов |
| ДК/ДА | двойное контактирование/двойная адсорбция |
| ВТО | восстановительный термический окислитель, тип горелки-дожигателя |
| ЛБМ | Лондонская биржа металлов |
| ЦЗ | цинковый завод |
| МК | металлургический комплекс |
| ЦВЦК | цех вельцевания цинковых кеков |
| ЦВЦО | цех выщелачивания цинкового огарка |
| ЦВОЦ | цех выщелачивания окиси цинка |
| НПА | нормативно-правовой акт |
| НН | не нормируется (в зависимости от контекста) |
| БПК | биологическое потребление кислорода |
| ХПК | химическое потребление кислорода |
| ТЭР | топливно-энергетические ресурсы |
| УКМК | Усть-Каменогорский металлургический комплекс |
| ПЦ | производственный цех |
| ПТФЭ | политетрафторэтилен |
| РУ | редукционная установка |
| РТО | регенеративный термический окислитель |

| | |
|----------|---|
| ТСО | точка сервисного обслуживания |
| СМПП СПП | стандартная металлоплавильная печь или стандартный процесс плавки |
| СОСВ | система очистки сточных вод |
| УОСВ | установка по очистке сточных вод |
| ДДГ | десульфуризация дымовых газов |
| ТО | термический окислитель |
| ТРГ | техническая рабочая группа |
| ТКО | термокаталитический окислитель |
| ЦМ | цветные металлы |
| ТМС | тримеркаптосульфотриазин |
| ПТ | постоянный ток (электроснабжение) |
| УФ | ультрафиолетовый луч |
| ДГГ | печь длительного горения газовая |
| ЛОС | летучее органическое соединение |
| ЭЧП | электропечь чугуноплавильная |
| ПДК | предельно-допустимая концентрация |
| УСВ | уровень сопутствующих выбросов |
| СЭУ | система экологического управления |
| ЭДП | электродуговая печь |
| СЭМ | система экологического менеджмента |
| ЭНК | экологический норматив качества |
| ЭСО | электростатический осадитель/пылеуловитель |
| ЭПОВ | электролитический процесс очистки воды |
| ЭЭД | энергоэффективный двигатель |
| СМЭЭ | система менеджмента энергоэффективности |
| ЭЦ | электролизный цех |
| ОЭСР | организация экономического сотрудничества и развития |

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 |
| CO | монооксид углерода |
| CO ₂ | диоксид углерода |
| CaO | оксид 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 | хлороводородная кислота |
| HF | фтороводородная кислота |
| HNO ₃ | азотная кислота |
| K ₂ O | оксид калия |
| MgO | оксид магния |
| MnO | оксид марганца |
| NaOH | гидроокись натрия |
| NaCl | хлорид натрия |
| CaCl ₂ | хлорид |
| | |

| | |
|---------------------------------|--|
| Na ₂ CO ₃ | карбонат натрия |
| Na ₂ SO ₄ | сульфат натрия |
| NO ₂ | диоксид азота |
| NO _x | смесь оксида азота (NO) и диоксида азота (NO ₂), выраженная в виде NO ₂ |
| SiO ₂ | диоксид кремния, оксид кремния |
| SO ₂ | диоксид серы |
| SO ₃ | триоксид серы |
| SO _x | оксиды 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 | Масса | |
| ч | час | Время | |
| К | Кельвин | Температура (Т) Разница температур (АТ) | 0 °C = 273,15 К |
| кг | килограмм | Масса | |
| 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 | Масса | 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/млрд. | частей на миллиард | Состав смесей | 1 част/млрд. = 10 ⁻⁹ |
| част/млн. | частей на миллион | Состав смесей | 1 част/млн. = 10 ⁻⁶ |
| | | | |

| | | | |
|--------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| об/мин | число оборотов в минуту | Скорость вращения, частота | |
| т | метрическая тонна | Масса | 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 | |
| Об % | процентное соотношение по объему | Состав смесей | |
| кг- % | процентное соотношение по весу | Состав смесей | |
| Вт | ватт | Мощность | 1 Вт = 1 Дж/с |

Предисловие

Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами

Настоящий справочник по НДТ представляет собой документ, включающий уровни эмиссий, объемов образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, а также заключения, содержащие выводы по наилучшим доступным техникам, и любые перспективные техники. Термин "наилучшие доступные техники" введен в Экологический кодекс Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс) в ст. 113, согласно которому под наилучшими доступными техниками понимается 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 [1].

Перечень областей применения наилучших доступных техник утвержден приложением 3 к Экологическому кодексу [1].

Структура настоящего справочника по НДТ соответствует положениям постановления Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам" (далее – Правила), содержащим цели, основные принципы, порядок разработки, область применения наилучших доступных техник. Настоящий справочник по НДТ содержит описание применяемых при производстве цинка и кадмия технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить эмиссии в окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, обеспечить

экономии ресурсов на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ [2]. Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к НДТ, а также установлены технологические показатели, соответствующие выделенным НДТ.

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий цветной металлургии (производство цинка и кадмия, свинца, меди и золота) составляет порядка 176 000 тонн в год. На сегодняшний день степень внедрения НДТ на казахстанском предприятии по производству цинка и кадмия оценивается на уровне 60 %.

При переходе на принципы НДТ прогнозируемое сокращение эмиссий в окружающую среду по отрасли составит 65 %, или снижение порядка 114 400 тонн в год.

Предполагаемый объем инвестиций 16,707 млрд. тенге согласно Отчету об экспертной оценке по цветной 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.

При разработке справочника по НДТ 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, Европейского союза, Российской Федерации, других стран и организаций с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающие техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в конкретных областях их применения:

1. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries. BREF, 2017 "Наилучшие имеющиеся технологии (НИТ). Справочный документ для цветной металлургии", EUR 28648 EN [1].

2. информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 13 – 2020 "Производство свинца, цинка и кадмия". Москва, Бюро НДТ, 2020 г. [1].

3. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М.: Эколайн, 2012 г. [2].

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48 – 2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности". Москва, Бюро НДТ [3].

5. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических

разрешений на основе НДТ/Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского. Москва, 2020 г. [1].

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 цинка и кадмия в Республике Казахстан за 2015 - 2019 годы, полученные по результатам комплексного технологического аудита и анкетирования, проведенного подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по наилучшим доступным техникам (далее – Бюро НДТ).

Также в справочнике по НДТ использованы данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, компаний, осуществляющих производство технологических систем и оборудования производства цинка и кадмия.

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, 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 Экологического Кодекса справочников по НДТ и имеет связь с:

| № п/п | Наименование справочника по НДТ | Связанные процессы |
|-------|--|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Утилизация и обезвреживание отходов | Обращение с отходами |
| 2 | Очистка сточных вод при производстве продукции | Процессы очистки сточных вод |
| 3 | Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности | Энергетическая эффективность |
| 4 | Промышленные системы охлаждения | Процессы охлаждения |
| 5 | Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты | Мониторинг эмиссий |
| | | |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | Утилизация и удаление отходов путем сжигания | Вовлечение отходящих газов в технологический процесс в качестве топливного компонента |
| 7 | Производство меди и драгоценного металла - золота | Производство серной кислоты, отходы производства меди |
| 8 | Производство свинца | Производство серной кислоты, отходы производства свинца |

Область применения

В соответствии с нормами Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие основные виды деятельности:

- производство и переработка цинка и кадмия;
- получение цинка и кадмия из промпродуктов свинцового, медного производств;
- производство цинка и кадмия из руды, концентратов или вторичных сырьевых материалов посредством металлургических, химических или электролитических процессов;
- получение цинка и кадмия из промпродуктов цинкового производства, включая пыль, шлаки, шламы сернокислотного производства, кеки цинкового производства;
- утилизация серосодержащих газов цинкового производства с последующим производством серной кислоты и иных продуктов.

Настоящий справочник по НДТ распространяется на методы как первичного, так и вторичного производства цинка и кадмия.

Первичный цинк получают из рудного сырья.

Первичное производство цинка – это производство цинка из первичного сырья, используя пирометаллургические или гидрометаллургические методы.

Вторичное производство цинка включает переработку цинксодержащих продуктов, таких как окиси цинка технические (пыли медных предприятий, содержащие цинк, катализаторы), продукты из латуни и изделия, полученные с помощью литья под давлением, цинковая стружка.

Вторичное извлечение также осуществляется:

- при переработке изгари, шлаков, цинкового порошка и гартцинка от производства горячего цинкования стального проката и металлоконструкций;
- при переработке окиси цинка (вельц-оксидов), полученной при переработке с помощью специальных технологий пылей электродуговых печей (ЭДП).

Вторичное производство – это извлечение цинка не только из цинковых кеков, но и со шлаков свинцового производства.

Вторичное производство включает переработку различных продуктов, содержащих цинк и кадмий. Также перерабатываются отходы и побочные продукты других производств: кеки, шламы, пыли и т. д.

Справочник по НДТ не распространяется на:

процессы добычи, обогащение руды и получение концентратов;

процессы поверхностной обработки металлов;

вспомогательные процессы, необходимые для бесперебойной эксплуатации производства;

внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами.

Рассматриваются вопросы обеспечения промышленности производства цинка и кадмия экологически безопасными технологиями, а также решениями проблем утилизации различных видов отходов с получением новых видов продукции или комплексным использованием техногенных отходов.

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

Производимые в Казахстане марки цинка и кадмия предусматривают чистоту металла не менее 99,9 %.

Цинк

| № п/п | Химический элемент | Цинк ЦВ | Цинк Ц0А | Цинк ЦВ0 |
|-------|--------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Zn (не менее) | 99,99 % | 99,98 % | 99,995 % |
| 2 | Pb (не более) | 0,005 % | 0,01 % | 0,003 % |
| 3 | Cu (не более) | 0,001 % | 0,001 % | 0,001 % |
| 4 | Al (не более) | 0,005 % | 0,005 % | 0,005 % |
| 5 | Sn (не более) | 0,001 % | 0,001 % | 0,001 % |
| 6 | Cd (не более) | 0,002 % | 0,003 % | 0,002 % |
| 7 | Fe (не более) | 0,003 % | 0,003 % | 0,002 % |
| 8 | As (не более) | 0,0005 % | 0,0005 % | 0,0005 % |

Кадмий

| № п/п | Химический элемент | Cd |
|-------|--------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Cd (не менее) | 99,960 % |
| 2 | Zn (не более) | 0,004 % |
| 3 | Pb (не более) | 0,020 % |
| 4 | Fe (не более) | 0,0020 % |
| 5 | Cu (не более) | 0,010 % |
| 6 | Tl (не более) | 0,003 % |
| 7 | Примеси, не более | 0,040 % |

Принципы применения

Статус документа

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

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 наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по наилучшим доступным техникам.

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по наилучшим доступным техникам определяется операторами объектов самостоятельно исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не являются обязательными к внедрению.

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

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 цинка и кадмия, структура отрасли, используемых промышленных процессах и техниках производства

цинка и кадмия в Республике Казахстан с учетом места отечественной отрасли на мировом рынке.

Раздел 2: описаны методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ.

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта с учетом особенностей производства, а также проведенной модернизации, с усовершенствованиями и модернизациями техники и технологии на данных предприятиях производства цинка и кадмия, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок производства и эксплуатации на момент написания с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны техники, 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.

1. Общая информация

Настоящий раздел Справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание отрасли цветной металлургии в Республике Казахстан, 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.

Цветная металлургия Республики Казахстан является старейшей и одной из ведущих отраслей промышленности, развитие которой базируется на значительных ресурсах полезных ископаемых и оказывает огромное влияние на формирование всего промышленного комплекса Республики Казахстан.

Цинк (Zn) - голубовато-серебристый блестящий металл средней твердости. В сухом воздухе цинк тускнеет, покрываясь тонкой пленкой оксида, защищающей металл от дальнейшего окисления. Металл высокой чистоты пластичен и его можно прокатывать в листы и фольгу.

Известно 66 минералов цинка, из которых наиболее распространенными являются минерал сфалерит, или цинковая обманка, основной компонент минерала — сульфид цинка ZnS, а разнообразные примеси придают этому веществу всевозможные цвета. Цинковую обманку считают первичным минералом, из которого образовались другие

минералы химического элемента. Среднее содержание цинка в земной коре - 8,310 - 3 %, в основных изверженных породах его несколько больше (1,310 - 2 %), чем в кислых (610 - 3 %).

Цинк является одним из базовых металлов на ЛБМ. В связи с этим производство цинка основано на стандарте Special High Grade Zinc/цинк особой чистоты (содержание цинка - 99,995 %), определяемом самой ЛБМ. В EN 1179:2003 используется обозначение марки Z1, в ASTM B6:07 - LME (Z12002). Производимые в Казахстане марки цинка предусматривают чистоту металла не менее 99,9 %. На протяжении последних лет потребление и производство цинка во всем мире растут высокими темпами.

В 2019 году производство цинка составило порядка 13 млн. тонн. По имеющимся оценкам при нынешнем уровне его добычи выявленных запасов металла хватит на несколько десятилетий, при этом объемы извлечения цинка из земной коры постоянно возрастают. Конечное использование цинка охватывает широкий спектр применений, наиболее важное из которых - защита от коррозии поверхностей различного рода стальных деталей и элементов конструкций. Другими важнейшими областями применения являются производство цинковых сплавов (латуни, бронзы, сплавов для литья под давлением) и выпуск полуфабрикатов на основе цинка. Соответствующие продукты широко применяются в строительстве, в производстве бытовых приборов и в автомобильной промышленности. Помимо постоянно возрастающей доли производства традиционных сплавов и компонентов на основе цинка его все чаще применяют при производстве специальных композиционных материалов с уникальными свойствами и назначением. На долю использования цинка в химической промышленности и при производстве композитов приходится порядка 10 %. Однако большая часть металлического цинка, как правило, потребляется сталелитейной промышленностью при производстве сталей с покрытиями. Например, в странах Европы на долю использования цинка в сталелитейной промышленности приходится более 45 % произведенного металла. Гальванизированная сталь обычно используется при изготовлении кузовов автомобилей и при производстве листов и лент, работающих в сложных агрессивных средах. Цинк также применяют в различных сплавах, в первую очередь в производстве латуни.

Кадмий (Cd) - мягкий ковкий тягучий переходный металл серебристо-белого цвета, устойчив в сухом воздухе, во влажном на его поверхности образуется пленка оксида, препятствующая дальнейшему окислению металла. Кадмий и многие его соединения ядовиты для человека, относятся к канцерогенным веществам. Кадмий относится к редким, рассеянным элементам: он содержится в виде изоморфной примеси во многих минералах и всегда в минералах цинка. С коммерческой точки зрения кадмий относится к группе малых металлов, куда также входят сурьма, висмут, хром, кобальт,

индий, магний, марганец, ртуть, селен, кремний, галлий, рений, германий. В земной коре кадмия содержится около $1,4 \cdot 10^{-5}$ % (по массе), это достаточно редкий элемент. Нигде в мире он не встречается в промышленных концентрациях, за исключением обнаруженных в 2005 году месторождений в провинции Гуйчжоу на юго-западе Китая, где его содержание составляет 2 – 8 кг/т.

Известно всего лишь 6 кадмиевых минералов. Весьма редкими минералами кадмия являются гринокит CdS , хоулиит CdS , отавит $CdCO_3$, монтепонит CdO , кадмоселит $CdSe$, ксантохроит $CdS (H_2O)_x$. Основная масса кадмия рассеяна в большом числе минералов (более 50), преимущественно в сульфидах цинка, свинца, меди, железа, марганца и ртути. Максимальная концентрация отмечена в минералах цинка и, прежде всего, в сфалерите (до 5 %), в большинстве случаев содержание кадмия в сфалерите не превышает 0,4 – 0,6 %. Единственный минерал, который представляет интерес в получении кадмия, - гринокит, так называемая "кадмиевая обманка". Его добывают вместе со сфалеритом при разработке цинковых руд. В ходе переработки кадмий концентрируется в побочных продуктах процесса, откуда его потом извлекают.

Основные области применения кадмия - производство никель-кадмиевых аккумуляторных батарей, где используются соли кадмия; производство пигментов и покрытий, где применяются как металлический порошок кадмия, так и его синтезированные сульфиды. В последние годы около 10 % металлического кадмия используется в производстве пигментов. В настоящее время никель-кадмиевые аккумуляторные батареи все чаще заменяются на литий-ионные.

Сырьем для производства цинка служат концентраты, получаемые путем обогащения цинковой руды на горно-обогатительных предприятиях, а также образующиеся в ходе металлургического производства вторичные цинкосодержащие промпродукты (кеки, пыли и прочие). Специфичным видом сырья для производства цинка в Казахстане выделяется окисленная руда месторождения Шаймерден, перерабатываемая методом вельцевания без предварительного обогащения. Крупнейшими месторождениями цинк-содержащих руд являются Шалкия (Кызылординская область), Жайрем, Ак-жал (Карагандинская область), Риддер-Сокольное, Тишинское и Малеевское (ВКО).

1.1. Структура и технологический уровень производства цинка и кадмия

Развитие металлургического производства цинка и кадмия в Казахстане связывается с дальнейшей эксплуатацией существующих цинковых заводов в городах Усть-Каменогорске и Риддере Восточно-Казахстанской области. При этом важной проблемой остается проблема сырья для указанных заводов, которые сталкиваются с нехваткой цинковых концентратов собственной сырьевой базы предприятий, что влечет необходимость загрузки существующих металлургических мощностей путем использования импортного сырья, в том числе промпродуктов (пылей). При этом часть

производимого в Казахстане цинка в концентратах горнорудными компаниями экспортируется. В среднесрочной перспективе запуск обогатительных фабрик месторождений Шалкия и Жайрем потенциально могут расширить сырьевую базу для цинковых металлургических заводов Казахстана и снизить зависимость от импортного сырья.

Ежегодное производство цинка в Казахстане составляет более 300 тыс. тонн. В основном оно сконцентрировано в Восточно-Казахстанской области, где располагается основной казахстанский производитель цинка.

ТОО "Казцинк" - крупный интегрированный производитель цинка со значительным попутным производством меди, золота, свинца, серебра. Основная сырьевая база ТОО "Казцинк" включает полиметаллические месторождения в городах Риддер и Алтай Восточно-Казахстанской области (Малеевское, Риддер-Сокольное, Долинное, Тишинское), а также иные виды сырья. Руды перерабатываются на обогатительных фабриках в городах Риддер и Алтай Восточно-Казахстанской области. Усть-Каменогорский металлургический комплекс входит в состав ТОО "Казцинк" в качестве самостоятельного подразделения с замкнутым технологическим циклом.

На долю данного предприятия приходится основное производство цинка в виде товарного цинка высшей марки и цинк-алюминиевых сплавов:

Усть-Каменогорский ЦЗ производственной мощностью более 188 тыс. тонн в год;

Риддерский ЦЗ производственной мощностью более 112 тыс. тонн в год.

Они являются вертикально и горизонтально-интегрированными комплексами, включающими цикл от добычи руды до выпуска готовой продукции, имеющие собственные месторождения сырья.

Объемы производства кадмия в год ТОО "Казцинк" составляют 1200 тонн в год.

Производство цинка в концентрате осуществляется на объектах группы компаний KAZ Minerals в Восточно-Казахстанской области, а также на месторождении Акжал – ТОО "Nova-Цинк" (дочернее предприятие открытого АО "Челябинский цинковый завод") в Карагандинской области.

Производство цинковой продукции более высоких переделов в республике незначительно.

Производственные мощности подотрасли цинка в Казахстане размещены в:

Восточно-Казахстанской области (производство);

Карагандинской области (производство);

городе Шымкент (производство).

На территории Казахстана часть произведенного цинка потребляется акционерным обществом АО "Арселор Миттал Темиртау" для выпуска оцинкованного проката.

1.2. Ресурсы и материалы

В докладе Казахстанского центра индустрии и экспорта QazIndustry на основании данных ILZSG (International Lead and Zinc Study Group) приводятся объемы мирового

производства цинка в 2019 году объемом в 13,5 млн. тонн (в 2018 году – 13,1 млн. тонн).

На рынке цинка крупнейшими конкурентами Республики Казахстан являются Российская Федерация, Австралия, Канада и США.

Мировое производство кадмия составляет более 20 тысяч тонн. Большинство кадмия в мире (приблизительно 55 %) производится в Азии и странах Тихого океана. Китай, Республика Корея, Япония, Канада, Мексика, Казахстан и США также являются основными производителями.

Вторичное производство кадмия в мире составляет около 20 % полного металлического производства. Большая часть вторичного металла производится при переработке никель-кадмиевых батарей в Азии, Европе и Соединенных Штатах. В Японии переработкой никель-кадмиевых батарей занимаются "Kansai Catalyst Company Limited", "Mitsui Mining and Smelting Company Limited" и "Toho Zinc Company Limited". В Европе переработка никель-кадмиевых батарей осуществляется на заводе "Accuras GmbH" в Германии, "Soft AB's Plant" в Швеции и "Societe Nouvelle Nouvelle D'Affinage des Metaux" во Франции. Таким образом, почти весь вторичный кадмий в никель-кадмиевых батареях утилизируется. Китай, Бельгия и Япония являются самыми большими в мире потребителями кадмия. Среди стран-поставщиков на мировом рынке кадмия среди крупных производителей выделяется доля Республики Корея в 29,52 %, Канады – 12,95 %, Японии – 10,81 %, также среди стран-поставщиков: Казахстан, Франция, Китай, Перу, Болгария, Германия и другие страны.

Факторы, оказывающие положительное влияние на стоимость цинка:

нарушение мировых поставок цинкового концентрата из-за приостановки крупных цинковых рудников, вызванной пандемией COVID-19;

закрытие и сбои в работе рудников в разных странах;

восстановление роста мировой экономики за счет реализации стимулирующих программ поддержки в различных странах;

ослабление курса американского доллара к основным мировым валютам.

Факторы, оказывающие отрицательное влияние на стоимость цинка:

переход мирового рынка цинка от дефицита к профициту;

наличие "невидимых" запасов металла на складах бирж;

восстановление добычи на крупных цинковых рудниках в Перу, Мексике, Боливии и т. д.;

замедление экономического роста в ряде развитых и развивающихся стран вследствие торговых "войн" и новых "локдаунов" из-за COVID-19.

1.3. Производство и использование

В настоящее время цинк является четвертым по потреблению металлом в мире после железа, алюминия и меди.

Около половины производимого цинка используется в цинковании, которое представляет собой процесс добавления тонких слоев цинка в железо или сталь для предотвращения образования ржавчины.

Следующее важное применение цинка — это сплав. Цинк соединяется с медью (с образованием латуни) и другими металлами с образованием материалов, которые используются в автомобилях, электрических компонентах и бытовых приборах.

Третье важное применение цинка — это производство оксида цинка (наиболее важного химического соединения цинка по объему производства), который используется в производстве резины и в качестве защитной мази для кожи.

Сульфид цинка является основным рудным минералом, из которого производится большая часть цинка в мире, но ряд других минералов, не содержащих сульфид, содержат цинк в качестве основного компонента. Большая часть раннего производства цинка была из несульфидных месторождений, однако, по мере того как эти ресурсы были исчерпаны, производство переместилось на сульфидные месторождения. За последние 30 лет успехи в добывающей металлургии привели к возобновлению интереса к месторождениям несульфидного цинка.

Первичные и вторичные источники сырья. Цинк и кадмий часто связаны между собой в рудах и концентратах. Сегодня металлургию цинка, как и других металлов (свинца, меди и др.), можно разделить на производство металла путем использования сырья, состоящего из первичных и вторичных источников. Первичное производство относится к извлечению металла из руд и концентратов. Вторичное производство относится к извлечению металла из таких вторичных цинкосодержащих материалов, как кеки, сплавы, пыли, слитки и лом.

Чистый металлический цинк, широко известный как самородный цинк, не встречается в природе в виде руды, а встречается в минералах или в ассоциации с ними, которые могут содержать такие элементы, как мышьяк, кадмий, кальций, медь, фтор, железо, свинец, марганец, ртуть, кремнезем и сера. Пыль, пары и газы, содержащие различные комбинации этих материалов, образуются на предприятиях по выплавке цинка в результате механических и пирометаллургических процессов, которые превращают руду и концентраты в товарные цинковые продукты и побочные продукты.

Способы переработки цинковых концентратов. Для извлечения цинка из концентратов применяют два способа: пирометаллургический (дистилляционный) и гидрометаллургический (электролитический).

Достоинствами пирометаллургической схемы получения цинка являются ее малостадийность, сравнительно высокое прямое извлечение цинка в металл (93 %), использование высокопроизводительного оборудования непрерывного действия и возможность перерабатывать низкокачественное сырье с высоким содержанием железа, мышьяка, сурьмы и кремнезема. Недостатки этой схемы – большой расход кокса (до 25

% от массы агломерата), большой расход электроэнергии при использовании электропечей, малая комплексность использования сырья и получение цинка низших марок, требующего рафинирования.

1.4. Производственные площадки

В структуру управления Усть-Каменогорского металлургического комплекса ТОО "Казцинк" входят следующие производства, цеха, переделы, участки:

ЦЗ;

ОЦ;

ЦВЦО;

ЦВОЦ;

ЦВЦК;

ЭЦ;

вспомогательное производство.

Режим работы основных технологических агрегатов – непрерывный с остановками на планово-предупредительные и текущие работы.

Все производства имеют общую инфраструктуру и расположены на одной производственной площадке.

В номенклатуру продукции цинкового завода входят цинк чушковый, кадмий черновой и чушковый, цинк в цинковом купоросе, клинкер, медь цементационная и другие. Исходным сырьем для производства цинка цинкового завода являются цинковые сульфидные концентраты и цинксодержащие продукты свинцового завода и других предприятий. Помимо переработки материалов из собственной сырьевой базы группы компании ТОО "Казцинк" на заводе перерабатывается сырье других производителей. Поставщиками стороннего сырья выступают Россия, Таджикистан, другие страны, казахстанские производители. Подготовка смеси шихты и, соответственно, загрузка стороннего концентрата варьируются исходя из текущих потребностей рынка сбыта продукции с ориентиром на обеспечение стабильной бесперебойной работы всех стадий производственного процесса.

Цинк получают по гидрометаллургической схеме, включающей обжиг сульфидных цинковых концентратов, классификацию огарка методом аэросепарации, двухстадийную противоточную очистку растворов, электролиз цинковых растворов и переплавку катодного цинка.

Риддерский металлургический комплекс, объекты которого расположены в городе Риддер Восточно-Казахстанской области, входит в состав ТОО "Казцинк" в качестве самостоятельного подразделения и является предприятием цветной металлургии, использующим в процессе производства пирро и гидрометаллургические операции. Цинковое производство РМК образовано на базе бывшего Риддерского цинкового завода. На РМК ТОО "Казцинк" цинк также производится по гидрометаллургической схеме, включающей обжиг сульфидных цинковых концентратов, классификацию

огарка методом аэросепарации, двухстадийную противоточную очистку растворов, электролиз цинковых растворов и плавку металла. Получаемые в цинковом производстве серосодержащие обжиговые газы утилизируются с получением серной кислоты. Цинковым производством РМК в качестве товарной продукции выпускаются: цинк металлический, серная кислота, цинковый купорос, медный кек, дроссы цинковые, кадмий металлический.

1.5. Основные экологические проблемы

Оказываемое при производстве цинка и кадмия воздействие на окружающую природную среду и здоровье человека (в независимости от применяемых технологических решений) можно разделить по степени влияния на определенный компонент экосистемы:

Атмосферный воздух

Наиболее ключевой экологической проблемой на сегодняшний день остается содержание загрязняющих веществ в отходящих газах при производстве цинка и кадмия. Поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходит на всех этапах производственного цикла и определяется лишь спецификой производственной деятельности:

- производство цинка и кадмия из первичного сырья;
- попутное извлечение цинка и кадмия из вторичного сырья;
- очистка получаемой продукции от примесей и т. д.

К загрязняющим веществам, содержащимся в выбросах в атмосферу, относятся:

диоксид серы (SO_2) – термические процессы обжига и плавки цинковых концентратов;

пыль общая, металлы и их соединения – процессы подготовки сырья, полупродуктов и готовой продукции (хранение, транспортировка, сушка, переработка, и т.д.);

окислы азота (NO_x) – восстановительные процессы;

ЛОС, ПХДД/Ф - в основном образуются при производстве вторичного цинка и кадмия.

Поверхностные и подземные воды

При производстве цинка и кадмия образуется значительное количество сточных вод. Компоненты, входящие в их состав (Zn, Cd, Pb, Hg, Se, Cu, As, Cr), очень токсичны, обладают высокой реакционной способностью, отрицательно воздействуют на биосферу, почву, гидросферу и др.

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.

Твердые остатки (полупродукты производственного процесса)

Помимо основной продукции твердыми материалами, образующимися при производстве цинка и кадмия, являются цинковые кеки, шлам очистных сооружений, оборотные полупродукты, коксовая мелочь, концентрат угольный гравитационный, вельц-шлак (клинкер), уловленная пыль дымовых газов после очистки, шламы от очистки сточных вод. Современные производственные линии, ориентированные на максимум извлечения металлов из исходного сырья и получения товарных побочных продуктов, позволяют использовать большую часть побочной продукции непосредственно на самом предприятии либо с возможностью передачи их другим специализированным предприятиям для дальнейшего восстановления и переработки (до извлечения).

1.5.1. Энергоэффективность

Реализация высокого потенциала энергосбережения в промышленности и топливно-энергетическом секторе связана, в первую очередь, с модернизацией технологических процессов производства продукции и энергетических ресурсов.

Вопросы использования энергии при оценке НДТ в цветной металлургии в целом и при производстве цинка и кадмия, в частности, имеют существенное значение. Значительная энергоемкость отрасли заставляет руководителей предприятий инвестировать в разработку энергосберегающих программ и мероприятий по повышению энергоэффективности. С этой целью на предприятиях металлургической промышленности применяются решения, хорошо знакомые специалистам в области энергоменеджмента.

Среди них – сокращение расходов на тепло- и энергоснабжение за счет использования автономных генерирующих мощностей. Значительный потенциал энергосбережения на металлургических предприятиях заключается в снижении потерь, которые вызваны эксплуатацией основного оборудования, за счет замены устаревшего оборудования на более энергоэкономичное, а также внедрения энергосберегающих технологий. К энергосберегающим мероприятиям относятся модернизация, ремонт существующего энергетического, технологического и вспомогательного оборудования и его замена на более современное и энергоэффективное. Экономному энергопотреблению способствуют внедрение энергосберегающих технологий, например, модернизация систем наружного и внутреннего освещения с применением инновационных технологий. Значительная роль в оптимизации энергопотребления принадлежит автоматизированным системам управления энергохозяйством предприятий, а также системам диспетчеризации и оперативного контроля расхода энергоресурсов.

В перспективе возможно реализовать проекты для повышения энергоэффективности предприятий (внедрение систем автоматического регулирования распределения тепла; автоматический учет энергоресурсов: сбор данных со всех

агрегатов и узлов об использовании природного газа, тепла, технической и питьевой воды; система "умного энергосбережения" - аналитический мониторинг в сфере эффективного управления энергоресурсами, позволяющий распознавать аномальные ситуации с помощью математических алгоритмов и инструментов машинного обучения и направляет уведомления ответственным пользователям. Это позволяет оперативно определять проблемы, своевременно выявлять отклонения от нормы потребления электроэнергии и сокращать затраты на ее приобретение).

Использование системы энергоменеджмента (международный стандарт ISO 50001/ национальный стандарт СТ РК ISO 50001 – 2019) является основой программы энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Вторичное использование тепла и энергии несомненно — важный фактор для предприятий цветной металлургии, отражающий высокую долю энергозатрат в себестоимости. Многие методы вторичного использования энергии относительно легки для применения при модернизации существующих производств.

Процессы производства цинка происходят при высокой температуре, и выделяемые технологические газы содержат огромное количество тепла. Для утилизации тепла используются регенерация и рекуперация тепла, различные теплообменники и котлы утилизаторы, иногда регенеративные и рекуперативные горелки. Используемые технологии индивидуальны для каждого отдельного производства.

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигаются за счет применения различных методов извлечения тепла и снижения потребления энергии.

Метод рекуперации тепла отходящих газов предполагает, что горячий отходящий газ, полученный в плавильной, обжиговой печи или конверторе, направляется в котел-утилизатор или установку испарительного охлаждения, где газ охлаждают с выработкой пара. Генерируемый пар, как правило, используется в технологическом процессе, например, при выщелачивании.

Все пирометаллургические процессы производят тепло в виде горячих газов или горячей воды. Варианты извлечения низкопотенциального тепла всегда представляли сложную проблему ввиду своей ограниченности. Тепло может быть извлечено из жидкостей при температуре около 55 °С, например, применение теплового насоса, который использует низкопотенциальное тепло оборотной воды системы водооборота металлургического завода для нагрева исходной воды на станции химводоочистки. Кроме того, тепловой насос охлаждает оборотную воду с 29 °С до 15 °С, которая затем повторно используется на вакуум-испарительной установке электролизного цеха цинкового завода, замещая частично свежую артезианскую воду.

Традиционные виды топлива или восстановители могут быть заменены отходами. В цветной металлургии в качестве топлива или восстановителей используются различные виды отходов.

Раздельная сушка концентратов и вторичного сырья при низких температурах сокращает потребность в энергии. Это связано с объемом энергии, необходимой для перегрева пара в плавильной печи, и значительным увеличением общего объема газа при производстве пара. Большой объем газа увеличивает количество тепла, отводимого из печи и, следовательно, размер вентилятора, необходимого для работы с увеличенным объемом газа. В некоторых случаях сушка может быть обусловлена необходимостью поддержания минимального уровня влажности для предотвращения выбросов пыли и (или) самовозгорания.

Источники низкопотенциальной энергии от множества технологических агрегатов пока не нашли широкого применения в промышленности. Это тепло воды, охлаждающей арматуру печей, тепло внешней поверхности печей, тепло воздушных потоков, циркулирующих в межпечном пространстве. Энергетические объекты сбрасывают тепло воды, которая охлаждается на градирнях, поступает в оборотные системы воды и теплоснабжения. Большое количество вспомогательного оборудования, имеющего высокую температуру стенок, охлаждается на воздухе, их тепло рассеивается в атмосфере. Значительные тепловые потоки образуются при остывании промежуточной и конечной продукции, при остывании жидких и твердых отходов производства (шлаки, шламы). Их тепло пока не утилизируется в полной мере. В качестве хладагентов используются вода, воздух, масло, химические смеси. Их температура невысока, однако такое тепло можно использовать в практических целях. В ряде случаев вода является участницей технологического процесса.

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными двигателями (ЭЭД) и приводами переменной скорости представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. К основным системам, в которых используются электродвигатели, относятся:

- системы сжатого воздуха;

- насосные системы;

- системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;

- системы охлаждения.

Улучшение энергетической результативности предполагает постоянный контроль за работой оборудования, входящего в список значимых энергопотребителей. Операционный контроль представляет собой определение и планирование деятельности по техническому обслуживанию оборудования и установок, связанных со значительным потреблением энергии. Для этого в отношении такого оборудования определяются критерии его результативного функционирования (операционные параметры) и поддержания в рабочем состоянии, в то время как их отсутствие или

несоблюдение могут привести к потерям энергии и отклонениям от планируемой энергорезультативности.

Производство серной кислоты из диоксида серы, образующейся на стадиях обжига цинковых концентратов, — экзотермический процесс, включающий несколько стадий охлаждения газа. Тепло, накапливаемое в газе при обжиге, может быть использовано для производства пара и (или) горячей воды.

Поскольку эти методы являются примерами экономии на отдельных компонентах установок, их применение и экономическая эффективность зависят от специфических условий конкретной промышленной площадки и технологического процесса.

Потребности в топливно-энергетических ресурсах значительно отличаются для различных технологий получения цинка. Они зависят от качества сырья и продукции, использования скрытого тепла или тепла отходящих газов и производства промежуточной продукции.

Таблица 1.1 характеризует ресурсоемкость отрасли производства цинка и кадмия РК [4], основана на данных КТА, проведенного в 2021 году экспертной группой. Расчет показателей выполнен по всему Единому технологическому процессу отрасли в целом на основе суммарных показателей всех Технологических этапов. Для проведения анализа и оценки фактического состояния технологических процессов путем определения ресурсоемкости, выраженной в количестве использованного сырья, материалов, электричества, тепла, воды, пара, любого вида топлива на единицу выпускаемой продукции, используются данные по фактическим максимальным и минимальным годовым данным за последние пять лет в целом с учетом разбивки по технологическим этапам. На основании указанных данных выполняется расчет удельных уровней потребления сырьевых материалов и энергоресурсов на единицу готовой продукции по единым технологическим процессам.

Таблица 1.1. Потребность в ресурсах для производства цинка*

| № п/п | Наименование сырья, материалов и энергоресурсов | Объем годового потребления | | | Расход на единицу выпуска конечной продукции или услуги | |
|-------|---|----------------------------|----------|----------|---|---------|
| | | ед. изм. | макс. | мин. | макс. | мин. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Кокс | тонн | 122420 | 51459 | 0,267 | 0,257 |
| 2 | Уголь | тонн | 180 | 180 | 0,001 | 0,001 |
| 3 | Теплоэнергия в паре ТЭЦ | Гкал | 55280 | 37665 | 0,196 | 0,188 |
| 4 | В о д а оборотная | млн м ³ | 42650076 | 42650076 | 221,559 | 212,592 |
| 5 | В о д а технологическая | млн м ³ | 18,8 | 19,3 | | |
| | | | | | | |

| № п/п | Входной поток | Значение | Ед. изм. | Выходной поток | Значение | Ед. изм. |
|-------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Концентраты цинковые | 182 824,85 - 398 696,67 | т/год | Ц и н к чушковый | 114 509 - 152 414 | т/год |
| 2 | Электроэнергия | 10 811 - 800 970 | тыс.кВт*ч/год | Кадмий металлический | | т/год |
| 3 | Пар | 6 926 - 239 751 | Гкал | | | |
| 4 | Кислород | 38 941 - 74 189 | тыс. м ³ /год | | | |
| 5 | Сжатый воздух | 48 505 - 275 647 | тыс. м ³ /год | | | |
| 6 | Тепловая энергия | 10 429 | Гкал | | | |
| 7 | Мазут | 655 - 243,7 | т | | | |

Критерием эффективности технологических цехов и установок является удельный расход энергетических ресурсов на объем переработки сырья – отношение объема потребления энергетических ресурсов к объему произведенной продукции.

Таблица 1.4. Расход электроэнергии на производство цинка и кадмия

| № п/п | Показатели | Ед. изм. | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Расход электроэнергии на производство цинка металлического | кВт*ч/т | 3891,00 | 3897,40 | 3661,08 | 3925,8 | 3809,4 | 3774,81 |
| 2 | Расход электроэнергии на производство кадмия металлического | кВт*ч/т | 7525,30 | 6422,11 | 5829,91 | 5844,47 | 5923,42 | 6 730,89 |

Таблица 1.5. Расход ТЭР на единицу выпуска конечной продукции при производстве цинка

| № п/п | Наименование этапа | Расход ТЭР на единицу выпуска конечной продукции (тут) | |
|-------|--------------------|--|-------------|
| | | макс. | мин. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Производство цинка | 502,6286876 | 482,2874322 |

Создание и интенсивное развитие энерго- и ресурсосберегающих технологий оказывают прямое влияние на снижение удельных расходов исходных материалов и энергии на единицу производимой продукции.

Потребление энергетических ресурсов на практике действующими предприятиями определяется расчетным путем, что приводит к неточности учета расхода энергетических ресурсов. Рекомендуется установка автоматизированных систем многопоточного анализа потребления на основе многофакторного анализа с использованием алгоритмов искусственного интеллекта (например, система "Energy Guide"), что позволит в автоматическом режиме оценить степень влияния либо отдельных факторов, либо сочетаний разных факторов на потребление ТЭР, что дает возможность в режиме реального времени зафиксировать сверхнормативное потребление, выявить причину возникновения перерасхода и своевременно принять меры для устранения перерасхода. Выявление степени влияния множества факторов позволяет производить нормирование потребления ТЭР с высокой точностью. Рекомендована также замена электрооборудования со сроком службы более 25 лет на более современные с меньшими значениями потерь.

1.5.2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Источником выбросов загрязняющих веществ являются следующие технологические процессы:

- подготовка (пересыпка, транспортировка и др.) и хранение сырья и материалов;
- процессы обжига цинковых концентратов;
- процессы выщелачивания цинкового огарка и окиси цинка;
- процессы вельцевания цинковых кеков;
- процессы электролиза цинка;
- процессы плавки цинка и кадмия;
- вторичные процессы;
- утилизации тепла отходящих газов;

очистка технологических газов и аспирационного воздуха с дальнейшим извлечением и возвращением очищенной пыли в технологический цикл производства;

производство серной кислоты из отходящих газов окислительной плавки сульфидных руд и концентратов;

подготовка к отгрузке готовой продукции.

В таблице 1.6 представлены загрязняющие вещества, образующиеся при производстве цинка и кадмия, с описанием процессов/источников выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 1.6. Источники/процессы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цинка и кадмия

| № п/п | Процесс | Описание | Компоненты отходящих газов |
|-------|---------|----------|----------------------------|
|-------|---------|----------|----------------------------|

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------------------------------------|---|----------------|
| 1 | Транспортировка и хранение сырья | <p>Хранение руд и концентратов, а также составляющих компонентов для приготовления шихты. Другие растворы и реагенты, использующиеся в процессе производственного процесса (кислоты, щелочи и т. д.).</p> <p>Транспортировка - перемещение/передача сырья, полупродуктов между стадиями обработки.</p> | Пыль и металлы |
| 2 | Сушка | <p>Удаление избыточного количества влаги из шихты, для предотвращения образования больших объемов пара, которые могут привести к возникновению нежелательных последствий, в том числе: аварии, сбои в управлении авто термическим процессом (уменьшение/увеличение количества потребляемой энергии), коррозионные процессы, химические реакции с образованием загрязняющих веществ.</p> | Пыль и металлы |
| 3 | Дробление, измельчение и грохочение | <p>Уменьшение размера частиц продуктов или сырья с использованием дробильных установок (валковые, щековые, молотковые, в зависимости от типа и свойств обрабатываемого исходного материала). В основном дроблению подвергается сухой материал, который как правило, является</p> | Пыль и металлы |

| | | | |
|--|--------------------------|---|---|
| | | потенциальным источником выбросов пыли. | |
| 4 | Гранулирование | Формирование мелких частиц шлака путем пропуска расплавленного шлака через поток воды или подача его в ванну с водой. В процессе грануляции могут образовываться и аэрозоли. | Мелкодисперсная пыль (может содержать цветные металлы) |
| 5 | Приготовление шихты | Процесс смешивания руд или концентратов различного качества и введение в состав образующихся смесей флюсов или восстанавливающих агентов в определенных пропорциях с целью получения стабильного заданного состава смеси (шихты). Необходимый состав смеси достигается с помощью установок для усреднения шихты, систем дозирования, конвейерных весов или с учетом объемных параметров погрузочной техники. | Пыль и металлы |
| 6 | Спекание/обжиг Плавка | Пирометаллургические процессы, основанные на изменении фазового или химического состава перерабатываемого сырья , при высоких температурах, сопровождающиеся поглощением теплоты. Температура процесса перехода из одного состояния в другое зависит от минералогического состава исходного сырья и характера газовой среды и давления. | Пыль и соединения металлов |
| | | | Диоксид серы |
| | | | Оксид углерода |
| | | | Окислы азота |
| | | | ЛОС, диоксины |
| Хлориды, фториды (в малых количествах) | | | |
| | | Шлак, получаемый при плавке, содержит различное количество ценных металлов, таких | Пыль и металлы Диоксид серы |

| | | | |
|---|--|--|---|
| 7 | Обработка шлака | как Zn, Pb, Cr, Cd, Ag и редкие металлы - германий, индий, таллий, теллур, селен, олово и другие. Высокая ценность таких шлаков обуславливает обязательную их дополнительную переработку в замкнутой технологической схеме производства. | Монооксид углерода |
| 8 | Выщелачивание и химическое рафинирование | <p>Выщелачивание основано на использовании кислоты или другого растворителя для отделения в процессе растворения металлической составляющей от оксидной руды или оксида, образовавшегося в процессе обжига перед рафинированием и электролизом.</p> <p>Под химическим рафинированием понимаются процесс конденсирования металла из паров или селективное выпадение металла в виде осадка из водного раствора. Примеси содержат впоследствии извлекаемые медь и ценные металлы. Отходящим газом является угарный газ.</p> | <p>Хлор</p> <p>Оксид углерода</p> |
| 9 | Термическое рафинирование | <p>Удаление примесей из металла, оставшихся после продувки в конвертере.</p> <p>Расплавленная смесь продувается воздухом, в результате чего металл окисляется и сера улетучивается. Другие загрязнения можно удалить с помощью флюса.</p> | <p>Пыль и металлы</p> <p>Диоксид серы</p> |
| | | Окислительно-восстановительные реакции, протекающие под | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 10 | Электролиз в солевых расплавах | действием постоянного электрического тока на электродах, погруженных в солевой расплав электролита, для выделения редких цветных металлов, в том числе свинец и цинк электролизом их сульфидов в расплавленных хлоридах. | Фториды, хлор, ПФУ |
| 11 | Выделение металлов электролизом | Электролитическое осаждение металлов | Хлор Кислотная дымка |
| 12 | Предварительная обработка вторичного сырья | Раздробление аккумуляторов | Пыль и металлы, SO ₂ , ЛОС и ПХДД/Ф |

Следует отметить, что выбросы загрязняющих веществ, в частности, SO₂, с отходящими газами при процессах обжига или плавки обрабатываются и очищаются посредством направления их на установку производства серной кислоты.

Выбросы ЛОС и ПХДД/Ф образуются при производстве вторичного цинка и кадмия, обусловлены наличием органических соединений в их составе.

Оба этих факта необходимо учитывать при определении маркерных загрязняющих веществ при производстве цинка и кадмия (первичного и вторичного).

Основная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на организованные источники выбросов с уходящими газами через дымовые трубы - порядка 93 % – 99 % от общего количества выбросов. Загрязняющие вещества в составе дымовых газов – это диоксид серы (SO₂), оксид углерода (CO), окислы азота (NO_x), пыль общая (включая в себя пыль неорганическую с содержанием кремния менее 20, 20 – 70, а также более 70 %), металлы (цинк, кадмий, свинец, ртуть, мышьяк) и их неорганические соединения, ЛОС. В выбросах также могут присутствовать другие загрязнители, такие как соединения хлора (HCl), фтора (HF), сероводород, серная кислота, которые выделяются в меньших количествах (доля их не превышает 0,5 – 1,0 % в общем объеме выбросов), но могут оказывать значительное влияние на окружающую среду вследствие их токсичных свойств.

Неорганизованные выбросы составляют незначительное количество в общей массе выбросов, однако ввиду сложности учета и контроля до сих пор остаются одной из проблем, требующих решения.

К неорганизованным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу относятся:

выделение твердых частиц при хранении, подготовке, загрузке концентрата;

утечка из печей обжига и плавления шлака, оборудования подготовки и переработка сырья;

выбросы от вспомогательного оборудования для поддержания условий работы технологического оборудования.

Выбросы основных загрязняющих веществ по технологии производства являются постоянными, осуществляемыми непрерывно в течение года, выбросы прочих загрязняющих веществ носят периодический характер.

Для защиты воздушной среды от технологических и аспирационных выбросов применяются следующие меры:

герметизация и уплотнение стыков и соединений на технологическом оборудовании и трубопроводах для предотвращения утечек вредных веществ;

очистка технологических газов и аспирационного воздуха в современных высокоэффективных пылегазоулавливающих аппаратах;

аспирация мест пылеобразования;

непрерывность процесса производства;

сигнализация и блокировка процессов производства, предотвращающих аварийные ситуации.

1.5.2.1. Диоксид серы (SO₂)

Выбросы SO₂ на ЦЗ в первую очередь определяются содержанием летучей серы в сырьевых материалах, а также зависят от общего количества сульфатных соединений и применяемого способа производства. Диоксид серы образуются в процессе сушки и плавки, конверсии и иных операций. Сера, присутствующая в обрабатываемом сырье, переходит в шлак или штейн при использовании соответствующих реагентов, штейн может использоваться в технологических процессах. Незахваченная в штейне или шлаке в процессе плавки сера обычно присутствует в виде SO₂ и может быть извлечена в виде элементарной серы, жидкого SO₂, гипса или серной кислоты. Наличие рынков для этой продукции влияет на выбор конечного продукта, но наиболее безопасным с точки зрения экологии будет производство гипса или элементарной серы в отсутствие надежных рынков сбыта для других продуктов.

Повышенное содержание диоксида серы в составе отходящих газов является одной из причин повышения температуры точки росы до 200 °С и более, что сильно затрудняет работу оборудования, используемого для очистки отходящих газов производства. Повышенные температуры газа и высокая температура точки росы обуславливают необходимость применения пылеулавливающего оборудования с высоким температурным диапазоном (циклоны с водяным охлаждением, высокотемпературные электрофильтры, рукавные фильтры с рукавами из термостойкого волокна). Применение же "мокрых" способов очистки газов может быть ограничено наличием сернистых соединений в отходящих газах ввиду высокого риска коррозии элементов системы сбора, отвода газоочистных систем.

Источниками выбросов диоксида серы при первичном производстве сырья являются:

неорганизованные выбросы от технологических установок на стадиях окисления, что требует особого внимания для соблюдения герметичности газоотводящей линии; выбросы сернокислотных установок;

выбросы остаточной серы в побочных продуктах производства (печная шихта);

неконтролируемые выбросы во время пуска/остановки технологической линии производства.

Содержание сульфатов при использовании вторичного сырья зависит от способа, который применяется при предварительной обработке. В большинстве случаев серу закрепляют в шлаке или других побочных продуктах. Мера затвердевания зависит от используемых флюсов и других металлов, связанных с процессом. В других случаях SO_2 может выделяться и требует дальнейшей обработки. Типичные величины при использовании вторичного сырья находятся в диапазоне от 50 мг/Нм³ до 500 мг/Нм³.

Совершенствующееся экологическое законодательство, а также обязательства, принимаемые многими металлургическими предприятиями по сокращению/удалению загрязняющих веществ в отходящих газах производства, способствовали появлению эффективных решений организационного и технического характера в части сокращения выбросов диоксида серы:

использование серосодержащих газов в сернокислотном производстве путем очистки от диоксида серы технологических газов на стадиях спекания, обжига или прямой плавки с последующей утилизацией на сернокислотные установки (преобразование диоксида серы (SO_2) в триоксид серы (SO_3), с получением готового продукта - серной кислоты).

извлечение серы, присутствующей в виде SO_2 в виде элементарной серы, жидкого SO_2 , гипса.

совершенствование (цифровизация) систем управления технологическими процессами для предотвращения или уменьшения неконтролируемых выбросов.

Высокие концентрации диоксида серы в отводящих газах плавильных печей и необходимость его утилизации способствовали образованию комбинированных производств.

При выборе технологических решений, применяемых для извлечения и/или сокращения выбросов SO_2 в отходящих газах, следует учитывать концентрацию диоксида серы в отходящих потоках. В таблице 1.7 представлены методы снижения выбросов для газов с содержанием $SO_2 < 1\%$ и $> 1\%$.

Таблица 1.7. Методы предотвращения и/или снижения выбросов SO_2

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

| Содержание SO ₂ < 1 % | Содержание SO ₂ > 1 % |
|---|--|
| 1 | 2 |
| <p>Впрыск извести с последующей очисткой в рукавных фильтрах.</p> <p>Очистка при помощи аминов или растворителя на основе полиэстера.</p> <p>Окисление при помощи перекиси водорода с получением серной кислоты.</p> <p>Окисление при помощи катализатора из активированного угля с получением серной кислоты.</p> <p>Двойная щелочная очистка с абсорбцией каустической содой и осаждением гипса.</p> <p>Абсорбция глиноземом и осаждение гипса (процесс Dowa)</p> <p>Скруббер с Mg(OH)₂ и кристаллизация сульфата магния.</p> <p>Реакция с серноокислым натрием и водой для получения бисульфата натрия.</p> | <p>Использование отходящих серосодержащих газов при производстве серной кислоты.</p> <p>Применяемые техники:</p> <ul style="list-style-type: none"> - серноокислотные установки одинарного контактирования; - серноокислотные двойного контактирования; - метод мокрого катализа (процесс WSA). <p>Абсорбция двуокиси серы в холодной воде с последующим вакуумным извлечением в виде жидкой двуокиси серы.</p> |

Подробное описание предлагаемых технологических решений представлено в разделе 5 справочника.

1.5.2.2. Пыль и металлы

Пыль. На металлургических заводах в процессе обжига, агломерации, плавки сульфидного сырья образуется значительное количество разнообразных по составу сухих пылей и возгонов.

В ряде процессов производства цинка и кадмия вынос пыли из шихты и переход металлов в пыль может достигать очень высоких значений.

Грубые пыли (с размером частиц несколько десятков микрон) образуются в основном за счет механического уноса перерабатываемых материалов, они близки по своему составу к исходному сырью и возвращаются в начало процесса. Тонкие пыли (порядка нескольких микрон и менее) образуются главным образом за счет конденсации паров металлов или их соединений и значительно обогащены некоторыми цветными и редкими металлами.

Основную часть тонких пылей составляют летучие металлы – свинец и цинк. Кроме того, в них концентрируются такие ценные компоненты, как кадмий, индий, таллий, селен, теллур, рений. В пыль переходят также мышьяк, хлор и фтор, значительно осложняющие их дальнейшую переработку.

Степень перехода в пыль и концентрация в них цветных и редких металлов определяются содержанием их в сырье, технологическим режимом металлургических процессов, свойствами образующихся при этом химических соединений и конструкцией систем пылеулавливания. За счет возгонки компонентов и относительно

небольшого выхода тонких пылей содержание в них редких и некоторых цветных металлов даже при неполном их извлечении в десятки раз больше, чем в концентратах, и в 100 – 200 раз больше, чем в руде.

Содержание цветных и редких металлов в пыли цинкового производства обуславливает их высокую стоимость. Их улавливание способствует рентабельности и быстрой самоокупаемости сооружаемых газоочистных установок.

Уловленная пыль, в случае необходимости выявления в составе соединений кадмия и хлора, проходит процесс выщелачивания, после чего возвращается в технологический цикл.

Перенос пыли из плавильных процессов является потенциальным источником прямых и неорганизованных выбросов пыли и металлов. Эти газы собирают и обрабатывают в газоочистительных установках, а газы, содержащие SO_2 , - на установке серной кислоты. Пыль удаляют, выщелачивают и возвращают в процесс.

Обработка шлака и закаливание также становятся источником пыли. Диапазон пыли из этих источников колеблется между $<1 \text{ мг/Нм}^3$ и 20 мг/Нм^3 .

Особому контролю подлежат неконтролируемые выбросы пыли, улавливание и очистка которых может вызвать затруднение. Основными источниками неорганизованных выбросов являются хранение и обработка материалов (сырья), пыль, прилипающая к транспортным средствам или улицам, а также открытые рабочие площадки.

Основные промышленные методы борьбы с выбросами достаточно эффективны в отношении твердых частиц и находятся в пределах 95 – 98 % от массы очищаемого газового потока. Для мелкодисперсных частиц (размером PM_{10} и менее) эффективность улавливания гораздо меньше.

Оценка выбросов пыли осуществляется в целом без разделения по фракциям.

За последние годы некоторым европейским компаниям удалось существенно сократить неорганизованные выбросы пыли путем увеличения нагрузки шахтной печи и усовершенствования процессов улавливания отходящих газов:

улавливание отходящего газа и его очистка;

сокращение времени простоя печи путем улучшения огнеупорной футеровки (таким образом, сокращая время пуска и останова, которое может способствовать увеличению выбросов, в течение ограниченного времени);

закрытие крыш технологических зданий и модернизация фильтров;

закрытие/размещение под навесом зон поставки, хранения материалов и рафинирования и установка систем улавливания отходящих газов;

улучшение процедур обработки материалов (например, увлажнение сыпучих материалов до и во время загрузки) и снижение транспортной частоты (например, использование погрузчиков с большими колесами);

установка обязательной промывки транспортных средств (для установок и наружных транспортных средств);

применение укреплений к зонам установки и проездам, оптимизация процессов очистки;

закрытие и удаление загрязнений со старых площадей размещения шлака.

Металлы. Применяемые при производстве цинка и кадмия сырье и топливо всегда содержат металлы. Их концентрация изменяется в широких пределах в зависимости от сложности технологических процессов и применяемого оборудования.

Металлы, присутствующие в процессе плавки при наличии их в сырье и топливе, могут испаряться полностью или частично в печи в зависимости от их летучести, взаимодействия с соединениями, присутствующими в газовой фазе.

Все металлы могут быть разделены в зависимости от летучести на нелетучие, полуметучие и летучие.

Нелетучие – эти металлы (такие, как Al, Ni, Fe, Cu, Ag и др.), которые обычно полностью адсорбируются и выводятся из печи в составе шлака, поэтому не циркулируют в печной системе; в отходящих газах имеются только выбросы пыли; величина выбросов пыли зависит только от эффективности пылеотделения; выбросы этих металлов крайне малы.

Полуметучие металлы или их соединения (такие как, As, Cd, Pb, Se, Zn и др.) частично переходят в газовую фазу, а затем конденсируются на сырьевом материале в холодной части печи. Полуметучие соединения в основном осаждаются в циклонах и в большом количестве почти полностью остаются в шлаке.

Летучие металлы и их соединения конденсируются на частицах сырьевых материалов при низкой температуре и потенциально образуют внутренний или внешний циклы кругооборота, если не выбрасываются с выходящими из печи дымовыми газами. Такие металлы, как свинец, селен и мышьяк и их соединения также легко переходят в газовую фазу. Металлы из внешнего цикла возвращаются в сырьевую смесь совместно с осажденной в системе пылеулавливания пылью, на которой они конденсируются.

Большая часть мышьяка в отходящих газах будет присутствовать в виде паров триоксида мышьяка (As_2O_3). Незначительная часть будет присутствовать в пыли в качестве соединений мышьяка. Очистка отходящих газов включает охлаждение газа, что приводит к конденсации и последующему удалению As_2O_3 в виде твердого вещества. Наличие металлов (таких как железо, медь, свинец, цинк и т. д.) в отходящих газах также способствовало захвату мышьяка в результате образования металлических мышьяков.

Особое место среди металлов занимает ртуть Hg. Она обладает высокой летучестью при температурах до 100 °C, практически не оседает на частицах пыли и удаляется из

печи вместе с дымовыми газами. Ртуть (Hg), присутствующая в отходящих газах как от процессов спекания, так и процессов плавки, может быть удалена на отдельной стадии удаления ртути до ухода газов на установку для регенерации серной кислоты (при наличии). Техническое решение для снижения выбросов ртути из плавильных печей может быть достигнуто путем резкого снижения температуры отходящих газов или адсорбции на активированном угле.

На сернокислотных установках ртуть концентрируется в шламах, которые в большинстве случаев подлежат размещению на отвалах.

Тщательный подбор и обеспечение соответствия используемого сырья, поступающего в печь, могут способствовать снижению выбросов металлов. При этом особое внимание следует уделять ртути. Ввиду летучести ртути могут возникнуть относительно более высокие уровни ее выбросов. Поэтому ввод ртути с горючими отходами необходимо контролировать и, если необходимо, ограничивать.

Летучие металлы (кроме части ртути) обычно связываются пылью, поэтому стратегия уменьшения выбросов металлов напрямую связана со стратегией уменьшения выбросов пыли. Эффективное возвращение пыли в процесс снижает выбросы металлов.

1.5.2.3. ЛОС, ПХДД, ПХДФ

ПХДД и ПХДФ при производстве цинка и кадмия могут образовываться в зависимости от типа применяемой технологии, конструкции используемого оборудования, условий протекания химических реакции на этапах доработки продукта, способах подготовки и подачи сырьевых материалов в плавильные печи, а также типа эксплуатируемого пылегазоочистного оборудования. Одной из причин образования диоксинов и фуранов является наличие меди в сырьевом материале, топливе и отходах, в случае использования их в качестве топлива. При этом необходимо учитывать, что ряд условий, при которых гарантируется максимальная вероятность образования ПХДД/Ф: наличие углеводородных соединений, наличие хлора, соблюдение температурного режима и времени нахождения в нем материала, а также присутствие молекулярного кислорода в отходящем газовом потоке.

Увеличению количества образуемых загрязняющих веществ в отходящих газах может способствовать наличие пластиковых остатков в шихте печи.

Концентрация летучих органических соединений в общем потоке выбросов после удаления твердых веществ составляет менее 40 мг/Нм³. Содержание окислов углерода в отходящих газах шахтных печей до этапа пылеочистки составляет менее 5 %.

1.5.3. Сбросы загрязняющих веществ

В процессах производства цинка и кадмия используется значительное количество охлаждающей воды. При этом в воду могут попадать взвешенные твердые частицы, соединения металлов и масла. Все сточные воды подвергаются очистке с целью

удаления растворенных в них металлов и твердых частиц. На ряде установок охлаждающая вода и очищенные сточные воды, в том числе ливневые, повторно используются и перерабатываются в рамках технологических процессов, но стоки разных типов (из разного типа источников) должны обрабатываться по отдельности согласно существующим требованиям.

Используемая при производстве цинка и кадмия вода в основном циркулирует в замкнутых циклах, и сброс промышленных стоков в водные объекты предприятиями отрасли незначителен. В тех случаях, когда такой сброс происходит, в стоках могут содержаться ионы таких металлов, как железо, кадмий, медь, мышьяк, никель, олово, ртуть, свинец, сурьма, цинк. Стоки также могут обладать повышенными значениями показателя кислотности за счет присутствия серной и (существенно реже и в существенно меньших объемах) соляной и плавиковой (фтористоводородной) кислот.

При введении водооборота хранилища сточных вод должны использоваться в качестве очистных сооружений. В случае сброса сточных вод в водоемы их очистка должна обеспечивать содержание каждой из загрязняющих примесей ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) или экологических нормативов качества (ЭНК) вредных веществ в воде водоемов.

Поверхностные стоки могут образовываться в результате осадков или в результате смачивания хранимого материала во избежание образования пыли.

Потенциальными источниками образования взвешенных частиц и соединений металлов являются процессы охлаждения, грануляции и выщелачивания. Обычно соответствующее оборудование либо герметизируется, что предполагает наличие оборотного цикла воды, либо оно является бесконтактным.

Количество сбрасываемой воды также является важным аспектом, поскольку некоторые установки оборудованы системами водооборота.

Масла и другие нефтепродукты могут присутствовать во вторичном сырье, а также могут вымываться с территории площадок для хранения. Их присутствие учитывается при разработке мероприятий по предупреждению загрязнения воды.

1.5.4. Отходы производства

Отходы производства образуются на стадиях гидрометаллургии, пирометаллургии, при техническом обслуживании оборудования, очистных сооружений, систем газоочистки.

Также в рамках производства образуется ряд побочных продуктов, остаточных продуктов и отходов. Образование, временное хранение, транспортировка, захоронение или утилизация отходов, образуемых в процессе эксплуатации предприятия, являются потенциальными источниками воздействия на компоненты окружающей среды.

Все образующиеся побочные продукты нуждаются в стабилизации для окончательной утилизации.

При временном и постоянном складировании отходов возможны следующие факторы воздействия на окружающую среду:

пыление с поверхности отвалов шламов, хвостохранилищ, вскрышных пород;

при загрязнении площадок для размещения отходов возможно стекание загрязненных стоков с них при выпадении атмосферных осадков;

загрязнение почв при свалках мусора, а также транспортировке отходов к месту захоронения;

при нерегулярном вывозе отходов они могут служить местами выплода личинок мух, что приведет к увеличению опасности возникновения санитарно-бактериального загрязнения при попадании мух на продукты питания.

Основными видами отходов, оказывающими значительное воздействие на окружающую среду, в том числе являются остаточные продукты выщелачивания.

Выщелачивание огарков и другого материала приводит к образованию жидкости, в которой содержится железо. Удаление железа приводит к формированию значительных количеств твердых отходов, содержащих целый ряд металлов. Утилизация этих отходов требует очень высоких стандартов герметичности и контроля.

Также аспирационная пыль, уловленная в осадительных камерах и в рукавных фильтрах, содержащая ценные для производства компоненты, возвращается в производство в качестве сырья как во внутренний процесс, так и на производство других металлов, таких как, Ge, Ga, In и As.

Твердые остатки, образующиеся после обработки жидких аспирационных растворов, представлены отходами гипса (CaSO_4) и гидроокиси металлов, которые образуются при нейтрализации сточных вод.

1.5.5. Шум и вибрация

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. Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума. 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, тщательную настройку установок, издающих шум, изменение частоты звука. Максимально допустимый уровень звука на рабочих местах производственных и вспомогательных зданиях составляет 95 дБА.

1.5.6. Выбросы радиоактивных веществ

Для понимания данного раздела необходимо четко определить, что отличие от стран Европы, где перерабатывается вторичное сырье, в Республике Казахстан используется первичное сырье, которое в свою очередь, как правило является источником радиоактивности.

При этом выбросы радиоактивных веществ, естественно присутствующих в большинстве видов ископаемого сырья и топлива, не считаются ключевыми экологическими проблемами.

Однако если радиоактивное сырье попадает в металлургический процесс, то в зависимости от технологических особенностей каждого металлургического передела радионуклидами могут быть загрязнены оборудование, а также стоки и отходы предприятия (пульпы, шламы, шлаки, пыль, фильтры и т. д.) и его продукция.

Каждое из этих загрязнений может негативно воздействовать на людей по трем основным путям:

внешнее облучение – в первую очередь за счет гамма-излучающих радионуклидов. Здесь защитой людей могут служить противорадиационные экраны, уменьшение времени контакта людей с загрязнениями, а также увеличение расстояния между людьми и загрязнениями;

внутреннее облучение ингаляционное - в первую очередь за счет альфа- и бета-излучающих радионуклидов, (здесь защитой людей могут служить индивидуальные средства защиты органов дыхания (в том числе противогазы и противопылевые маски), снижение уровня пыления радиоактивных загрязнений, использование фильтрации подаваемого воздуха и выбросов);

внутреннее облучение пероральное - в первую очередь за счет альфа- и бета-излучающих радионуклидов, (здесь защитой людей могут служить индивидуальные средства защиты рта и органов дыхания (в том числе противогазы и противопылевые маски), радиационный контроль питьевой воды и продуктов питания).

В зависимости от полученной дозы и продолжительности ее воздействия облучение приводит к снижению иммунитета, из-за чего падает сопротивляемость организма к любым другим болезням, резко повышается риск развития рака.

В целом, все вопросы, связанные с радиацией, должны быть решены на стадии проектирования производства или на основе специальных исследований, связанных с конкретной технологией переработки сырья, а также постоянным контролем сырья и продуктов производства.

1.5.7. Запах

Источниками запахов в цветной металлургии являются:

металлические пары, органические масла и растворители, сульфиды, образующиеся при охлаждении шлака и очистке сточных вод;

химические реагенты, используемые в гидрометаллургических процессах и при очистке стоков (например, аммиак);

кислые газы.

Появление запахов можно предотвратить за счет правильного проектирования, выбора соответствующих реагентов и правильной обработки материалов.

Общие принципы соблюдения чистоты и надлежащая практика проведения технического обслуживания также играют важную роль в предотвращении и контроле запахов.

Контроль запахов включает:

предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом;

сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их рассеивания и разбавления;

обработку материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно.

Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим в случае разбавления материалов с резким запахом.

1.5.8. Снижение воздействия на окружающую среду

Снижение воздействия на окружающую среду является одной из приоритетных задач при планировании, эксплуатации производственной деятельности. Выделяют следующие приоритетные направления деятельности:

управление рисками в области обеспечения экологической безопасности;

ввод в эксплуатацию природоохранных объектов;

экологический мониторинг и производственный экологический контроль;

управление системой предупреждения, локализации аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;

развитие программ энергосбережения и повышения энергоэффективности;

развитие программ по утилизации/обезвреживанию отходов производства;

реализация программ модернизации технологических процессов (оборудования);

разработка и внедрение усовершенствованных (новых) технологий для снижения нагрузки на окружающую среду;

обучение и развитие персонала в области экологической безопасности.

Для улучшения показателей в области экологической безопасности рассматриваются:

возможность последовательного перехода от реализации мероприятий по устранению ущерба к оценке потенциальных экологических рисков и внедрению мер по предупреждению негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду;

совершенствование процессов в рамках системы экологического менеджмента.

Одной из основных природоохранных задач предприятия является снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Большое разнообразие методов, способов очистки газопылевых смесей и конструкций установок связано с рядом существенных обстоятельств:

стремлением реализовать наиболее эффективные технологии очистки, рационально сочетающие процессы нейтрализации, улавливания нескольких примесей и рассеивания очищенного газа в атмосфере (создание многоступенчатых систем пылегазоочисток и их интегрирование с системами утилизации уловленных компонентов);

реализацией эколого-экономических требований обеспечения качества окружающей среды (очистка выбросов в атмосферу должна осуществляться с минимальными затратами при минимальном ущербе окружающей среде).

В соответствии с вышеназванными актуальными перспективными направлениями деятельности по снижению негативного воздействия на окружающую среду являются следующие:

совершенствование существующих и внедрение новых технологий производства продукции, при которых обеспечивается минимальное образование и поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих производств необходимо выполнять требования технологического регламента и не допускать отклонения от него. В случае возникновения аварийных ситуаций или при неблагоприятных метеорологических условиях переходить на режимы работы, не допускающие существенных загрязнений окружающей среды. Одними из мер для действующего производства являются реализация технологий снижения выбросов за счет герметизации оборудования, применение методов нейтрализации образующихся в рабочей зоне загрязняющих веществ, использование эффективных средств отведения технологических газов, а также замена изношенного оборудования и оснащение технологических объектов средствами автоматизированного контроля загрязнений;

совершенствование существующих и внедрение новых технологий очистки пылегазовых выбросов и рассеивания их в атмосфере. Прежде всего, это

конструктивное совершенствование оборудования и замена изношенных аппаратов на новые (аналогичные заменяемым или более эффективные).

К мерам, применяемым для снижения воздействия на окружающую среду, можно также отнести перевод неорганизованных источников выбросов в организованные, посредством, например, использования укрытий для открытых площадок хранения сыпучих материалов.

Особое значение имеет устройство специализированных установок очистки, обеспечивающих наибольший эффект улавливания и нейтрализации вредных примесей выбросов данного технологического объекта.

1.5.9. Ведение 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 образование/размещение отходов) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрения и применения наилучших доступных техник с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия необходимо 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, имеющих на объекте, их характера и объема, а также выявлении случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

используемых технологических решений и иных методов по очистке от загрязняющих веществ сточных вод и отходящих газов, внедрению наилучших доступных техник по сокращению норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

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

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведению сертификации производства в системе экологического менеджмента;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении разрешений на комплексное природопользование от государственного уполномоченного органа в области охраны окружающей среды;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований законодательства об охране окружающей среды и пр.

При этом следует учитывать:

взаимное влияние методов сокращения выбросов для различных загрязняющих веществ;

зависимость эффективности используемых методов сокращения выбросов/сбросов/отходов в отношении взаимных экологических аспектов и использования энергии и сырьевых ресурсов, экономики, а также нахождения оптимального баланса между ними.

Так, для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от загрязняющих веществ с процессом утилизации уловленных веществ. "В чистом виде" очистка загрязняющих выбросов малоэффективна, так как с ее помощью далеко не всегда удастся полностью прекратить поступление загрязняющих веществ в окружающую среду, т. к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого. К примеру, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок тоже вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией загрязняющих веществ. Наконец, работа большей части очистных установок требует значительных энергетических затрат, что, в свою очередь, тоже небезопасно для окружающей среды.

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

2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения наилучших доступных техник 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 цинка и кадмия" в соответствии с положениями Правил.

В рамках данной процедуры учтены международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на справочном документе Европейского союза по НДТ "Справочный документ по НДТ для производства цветных металлов" (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals

Industries), справочном документе Европейского Союза по экономическим аспектам и вопросам воздействия на различные компоненты окружающей среды "EU Reference Document on Economics and Cross-Media Effects", а также на Руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ "Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-associated Environmental Performance Levels and BAT- based Permit Conditions".

2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

Определение наилучших доступных техник основывается на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса, а также на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп:

1. Определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий.

Для каждого технологического процесса производства цинка и кадмия 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, относящихся к 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 Республике Казахстан (выявленных в результате КТА) и международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень из техник-кандидатов, представленных в разделе 5.

Для каждой техники-кандидата приведены 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 необходимые 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 учитывались отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

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

3. Оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности техники-кандидата не является обязательной, однако по решению большинства членов ТРГ экономическая оценка НДТ проводилась членами ТРГ-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.

4. 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.

Так, технологические показатели, связанные с применением НДТ, определялись в том числе и с учетом уровней национального отраслевого "бенчмарка", что подтверждено документами проведенного КТА.

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с п. 3 ст. 113 Экологического кодекса наилучшие доступные техники определяются на основании сочетания следующих критериев:

- 1) использование малоотходной технологии;
- 2) использование менее опасных веществ;
- 3) способствование восстановлению и рециклингу веществ, образующихся и используемых в технологическом процессе, а также отходов, насколько это применимо ;
- 4) сопоставимость процессов, устройств и операционных методов, успешно испытанных на промышленном уровне;
- 5) технологические прорывы и изменения в научных знаниях;
- 6) природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;
- 7) даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;
- 8) продолжительность сроков, необходимых для внедрения наилучшей доступной техники;
- 9) уровень потребления и свойства сырья и ресурсов (включая воду), используемых в процессах, и энергоэффективность;
- 10) необходимость предотвращения или сокращения до минимума общего уровня негативного воздействия эмиссий на окружающую среду и рисков для окружающей среды;
- 11) необходимость предотвращения аварий и сведения до минимума негативных последствий для окружающей среды;
- 12) информация, опубликованная международными организациями;
- 13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

2.3. Экономические аспекты применения НДТ

В соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами к определению НДТ экономическая эффективность природоохранных мероприятий может быть оценена с использованием различных методик: по чистой приведенной стоимости; по отношению затрат к ряду ключевых показателей компании: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость; по влиянию на себестоимость продукции; как соотношение годовых затрат к экологическому результату и др. Каждая из методик отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на какой-либо из аспектов финансово-экономической деятельности предприятия и может служить дополнительным источником принятия решения по НДТ.

Для настоящего справочника по НДТ основным способом проведения оценки экономической эффективности определены анализ расходования денежных средств предприятия на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от ее внедрения в виде снижения содержания загрязняющих веществ. Соотношение этих величин определяет эффективность вложенных средств на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества в годовом исчислении.

| | |
|---|---|
| Экономическая эффективность (затраты) = | Годовые затраты |
| | Общее годовое сокращение выбросов/сбросов |

Сравнение результатов расчетов по различным НДТ показывает, какая из них позволяет затратить меньше средств на одинаковое снижение загрязняющих веществ, то есть какая из НДТ экономически более эффективна.

В условиях, когда 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, принимается, что объективными данными для определения общих инвестиций на НДТ, включая капитальные вложения и затраты на техническое обслуживание, являются данные о затратах на природоохранное мероприятие "на конце трубы". То есть – затраты предприятия, направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду.

В таких условиях в расчетах "на конце трубы" в общую сумму затрат включаются только стоимость основной технологии, установки, оборудования и других компонентов субъекта НДТ, стоимость дополнительных и вспомогательных до/после очистных технологий, установок, оборудования и сооружений, а также стоимость необходимых расходных материалов, сырья и реагентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ и без которых применение НДТ невозможно технологически. Расчет затрат "на конце трубы" позволяет исключить фактор неопределенности и рассчитать объем затрат предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям.

Следует понимать, что проведение оценки экономической эффективности техники-кандидата рекомендуется только в случае существенных разногласий по

вопросу отнесения предлагаемой для внедрения техники/установки/оборудования к НДТ. Тогда детальный анализ экономической эффективности будет рассматриваться как решающая часть оценки. Кроме того, НДТ также может быть признана экономически приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной промышленной эксплуатации. Примеры расчета экономической эффективности представлены в приложении к справочнику по НДТ.

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

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов и методов, а также их комбинаций, применяемых при производстве цинка и кадмия.

3.1. Общие процессы управления

3.1.1. Система менеджмента

Эффективный менеджмент имеет существенное значение для достижения высокой результативности природоохранной деятельности. Это важный компонент НДТ.

Достижение высокой результативности требует приверженности принципам экологического менеджмента на всех уровнях менеджмента в компании: от правления или иного органа, определяющего политику компании, до руководителей объектов, участков и непосредственных операторов. Система должна определять цели и задачи, обеспечивать доведение до исполнителей соответствующих инструкций, а также информации о результатах деятельности.

3.1.2. Проектирование и техобслуживание

Должное проектирование и обслуживание являются ключом к достижению высокого уровня защиты всей окружающей среды и могут помочь выявить влияние существующих установок и любого нового или значительно измененного процесса на защиту атмосферы, воды и земли. Следует поддерживать достаточный запас важных запасных частей для обеспечения безопасности и защиты окружающей среды для того, чтобы решать проблемы и, следовательно, сводить к минимуму аварийные выбросы и их воздействие. Ряд компаний специализируется на проектировании и техобслуживании. Процедуры должного проектирования и техобслуживания включают следующие этапы:

1) рассмотрение экологических последствий (включая шум) от нового или измененного технологического процесса или сырья на самых ранних стадиях проекта и продолжение их рассмотрения через равные промежутки времени впоследствии. Формальные методы такие как анализ видов и последствий конструкционных отказов и анализ видов и последствий технологических сбоев могут быть полезными для обеспечения надежного и эффективного контроля риска;

2) рассмотрение потенциальных неорганизованных выбросов на всех стадиях;

3) использование и регистрация программы профилактического ремонта. Это должно совмещаться с диагностическими испытаниями в случае необходимости;

4) хранение запаса запасных частей для оборудования, важного с точки зрения безопасности и защиты окружающей среды [9];

5) регулярная проверка местных систем вытяжки и незамедлительное исправление дефектов или повреждений;

6) информирование всего персонала о той роли, которую они могут играть, будучи бдительными, например, в случае повреждения пылеприемных зонтов и вентиляционных трубопроводов или отказа установки. Следует пользоваться соответствующими процедурами для стимулирования вовлечения персонала и поощрения их реагирования на сообщения;

7) использование внутренней процедуры на санкционирование изменений и проведение проверок после изменений до пуска процесса.

3.1.3. Обучение

Обучение является важным фактором, и следующие пункты должны быть включены в графики обучения.

1. Весь персонал должен быть проинформирован о последствиях для окружающей среды от технологического процесса и их рабочей деятельности.

2. Должна быть четкая формулировка относительно навыков и квалификации, необходимых для каждой должности.

3. Обучение, которое проходит персонал, вовлеченный в работы с технологическим процессом, должно включать последствия для окружающей среды от их работы и порядок реагирования на аварии.

4. Запись обучения, которое проходит персонал, связанный с технологическим процессом, может быть очень полезна для обеспечения полного обучения с непрерывным введением нового материала.

5. Обучение вопросам охраны окружающей среды и последствий, которые могут воздействовать на установку, может быть также действенным для предотвращения конфликтов, которые могут повлиять на показатели охраны окружающей среды. Например, финансовые работники и группа сбыта могут иметь значительное влияние на экологические показатели. Меры по полному учету могут определить избыточное использование сырья и действительные затраты на электроэнергию и утилизацию отходов для этапов технологического процесса; незапланированные поставки и продажи могут привести к сокращению производства и вызвать аварии.

3.2. Процессы управления сырьем

3.2.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья

Руды, концентраты и вторичное сырье нередко поступают на производство в такой форме, в которой они не могут быть использованы непосредственно в основном процессе. В целях контроля качества и безопасности могут быть необходимы их сушка/

размораживание, радиационный и пироконтроль. Размер фракций материала бывает необходимо увеличить или уменьшить, чтобы интенсифицировать химические процессы или снизить окисление. Для обеспечения металлургических процессов могут добавляться специальные добавки, такие как уголь, кокс, флюсы и (или) другие шлакообразующие материалы. Флюсы добавляют, чтобы оптимизировать процесс извлечения основного металла и отделить примеси. Для того, чтобы избежать проблемы с очисткой выбросов и повысить скорость плавки может потребоваться удаление защитных покрытий.

Методы размораживания, сушки, дробления, измельчения, грохочения, приготовления шихты, брикетирования, гранулирования, окатывания, снятия покрытий и обезжиривания входят в предварительную обработку и подготовку исходного сырья.

3.2.2. Размораживание

Размораживание выполняется с целью последующей обработки смерзшихся материалов. Его приходится проводить, например, когда руды, концентраты или твердое ископаемое топливо (прежде всего уголь) выгружаются из железнодорожных составов в зимний период.

3.2.3. Сушка

Процессы сушки используются для обеспечения качества исходных материалов, соответствующего требуемым характеристикам основных технологических процессов. При выборе способов сушки необходимо учитывать экономические аспекты, доступность, надежность и особенности источников энергии, используемых при различных методах сушки, например, вращающихся сушилок, паровых и других установок непрямо́й сушки.

Наличие избыточного количества влаги в шихте может быть нежелательным по нескольким причинам:

- резкое (взрывное) образование больших объемов пара в горячей печи может привести к аварии;

- вода может провоцировать переменную потребность в тепловой энергии, что нарушает управляемость процесса и может тормозить автотермический процесс;

- раздельная сушка при низких температурах уменьшает потребности в энергии, что связано с сокращением потребления энергии, необходимой для перегрева пара в плавильной печи, который существенно увеличивает объемы и создает проблемы с эвакуацией газов из печи и дальнейшей их утилизацией;

- может возникать химическая коррозия установки и трубопроводов;

- водяной пар при высоких температурах может реагировать с углеродом с образованием H_2 и CO или угольной кислоты;

большие объемы пара могут вызвать неорганизованные выбросы, поскольку объемы технологических газов могут оказаться слишком велики и превысить мощности системы газоулавливания и газоочистки.

Сушка обычно осуществляется за счет прямого нагрева материала от сгорания топлива либо за счет косвенного нагрева с помощью теплообменных аппаратов, в которых циркулируют горячий пар, газ или воздух. Тепло, выделяемое пирометаллургическими процессами, например, в анодных печах, также часто используется для этой цели, равно как и содержащие СО отходящие газы, которые могут сжигаться с целью сушки сырья. Используются вращающиеся печи и сушилки с псевдоожиженным слоем. Высушенный материал, как правило, очень сильно пылит, поэтому для улавливания и очистки газов с высоким содержанием пыли применяются специальные системы. Собираемая пыль возвращается в технологический процесс. Высушенные руды и концентраты также могут быть пирофорными, что учитывается при проектировании системы улавливания и очистки выбросов. Отходящие газы сушильной установки могут содержать SO_2 , поэтому возникает необходимость в их очистке от соединений серы.

3.2.4. Дробление, измельчение и грохочение

Дробление, измельчение и грохочение применяются для уменьшения размера частиц продуктов или сырья с целью их дальнейшей переработки. Используются различные виды дробильных установок, такие как валковые, щековые, молотковые дробилки и мельницы с различным типом мелющих тел. Влажные или сухие материалы измельчают и при необходимости смешивают. Выбор того или иного оборудования определяется свойствами обрабатываемых исходных материалов. Главным потенциальным источником выбросов пыли является сухое дробление, поэтому здесь всегда используются системы пылеулавливания, собранная пыль из которых обычно возвращается в технологический процесс. Измельчение влажных материалов практикуется в тех случаях, когда образование пыли может вызвать серьезные проблемы и когда за измельчением непосредственно следует стадия мокрой обработки.

Гранулирование используется, в частности, для отходов производства и формирования мелких частиц шлака, которые могут применяться при пескоструйной обработке, противоскользкой подсыпке автодорог в зимний период времени. Расплавленный шлак подается в ванну с водой или пропускается через поток воды. Гранулирование также используется при производстве металлических продуктов. В процессе грануляции могут образовываться мелкодисперсные пыли и аэрозоли, выбросы которых необходимо собирать и возвращать в технологический цикл.

Вторичным источником целого ряда цветных металлов являются отработанные электронные устройства, которые измельчаются для отделения пластика и других

материалов от металлических компонентов, таким образом, появляется еще и этап разделки.

Для процесса разделки применяются различные типы фрез. Мостики перемалываются фрезой в пыль, которая удаляется интегрированным пылесосом. Технология обладает рядом существенных преимуществ: высокая скорость обработки, высокая точность, минимальные усилия, действующие на электронные устройства, возможность обработки любых нелинейных контуров плат, отличное качество обработанных кромок.

К примеру, никель-кадмиевые батареи проходят процедуру пиролиза при низких температурах для удаления пластикового покрытия, а также для того, чтобы открыть батареи. При этом газы очищаются в горелке-дожигателе, после поступают на рукавные фильтры. Кадмий и никель извлекаются из электродов, а сталь - из материала корпуса.

3.2.5. Приготовление шихты

Приготовление шихты предусматривает собственно смешивание руд или концентратов различного качества и введение в состав образующихся смесей флюсов или восстанавливающих агентов в определенных пропорциях с целью получения стабильного заданного состава смеси (шихты) для переработки в основном технологическом процессе. Приготовление шихты может осуществляться на собственных смесительных установках на стадии измельчения или во время транспортировки, хранения и сушки. Точность требуемого состава смеси достигается с помощью установок для усреднения шихты, систем дозирования, конвейерных весов или с учетом объемных параметров погрузочной техники. Приготовление шихтовой смеси может быть связано с образованием значительных объемов пыли, поэтому используются системы, обеспечивающие высокую степень улавливания, фильтрации и возврата пыли. Собранная пыль возвращается в технологический процесс. С целью уменьшения пылеобразования иногда применяется приготовление влажных шихт. Для этой цели также могут использоваться покрывающие и связывающие агенты. В зависимости от характера технологического процесса перед дальнейшей обработкой, например, перед спеканием может потребоваться брикетирование/гранулирование.

Склады для хранения цинковых концентратов и других материалов, поступающих на завод, могут быть открытыми или закрытыми. Потери материалов в закрытых складах минимальны, поэтому затраты на их сооружение окупаются быстро.

Обычно на цинковых заводах для хранения концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады с шириной 24 – 30 м и с центральной железнодорожной разгрузочной эстакадой. Склад разделен на отсеки длиной 18 м.

Каждый отсек предназначен для хранения определенного материала и имеет емкость 950 – 1300 м³. Обогреваемое днище в отсеках позволяет отогревать смерзшиеся концентраты.

Склады оборудованы также устройствами для оттаивания концентрата в контейнерах и мойки опорожненных контейнеров и местами для укладки порожней тары, подготовленной к отправке.

Операции по разгрузке контейнеров с концентратами, переноске их и погрузке порожней тары на железнодорожные платформы выполняют с помощью мостового крана.

Концентраты складывают в штабеля и выдают со склада грейферными кранами. Кран подает концентрат в небольшой приемный бункер, из которого с помощью ленточного питателя концентрат попадает на наклонный ленточный транспортер и направляется на приготовление шихты.

Емкость складских помещений должна быть такой, чтобы в них хранился запас сырья и других материалов на 10 – 30 суток работы завода.

Это дает возможность цинковому заводу работать на усредненном сырье.

3.2.6. Брикетирование, гранулирование, окатывание и другие методы компактирования

Для обработки мелкодисперсных концентратов, пыли и других вторичных материалов используются различные методы компактирования и укрупнения, включающие прессование проволоки или мелкоразмерного лома, изготовление брикетов, окатывание, гранулирование.

После добавления связующих или воды смесь подают в пресс для получения прямоугольных брикетов или во вращающийся барабан, диск или смесительную установку для получения гранул (окатышей). Связующий материал должен иметь такие свойства, чтобы брикеты, с одной стороны, обладали достаточной устойчивостью и не разрушались при подаче в печь, а с другой – легко обрабатывались (имели хорошую газопроницаемость). Используются различные типы связующих, например, лигносульфонат (побочный продукт целлюлозно-бумажной промышленности), меласса и известь, силикат натрия, сульфат алюминия или цемент. Для повышения прочности брикетов/гранул могут также добавляться различные смолы. Грубые фракции отфильтрованной пыли с фильтров печей и фильтров, используемых на стадии дробления и грохочения, перед брикетированием могут смешиваться с другими материалами [32].

Также для уменьшения пыления на последующих стадиях технологического процесса могут использоваться пылеподавляющие, покрывающие и связывающие агенты.

Грануляция представляет собой технологический процесс укрупнения мелких зерен увлажненных материалов путем окатывания их в барабанах или чашевых грануляторах до крупности 1 – 6 мм, иногда до 20 – 30 мм.

При грануляции или брикетировании используются различные типы связующих, например, лигносульфонат (побочный продукт целлюлозно-бумажной промышленности), меласса и известь, силикат натрия, сульфат алюминия или цемент. Для повышения прочности брикетов/гранул могут также добавляться различные смолы. Грубые фракции отфильтрованной пыли с фильтров печей и фильтров, используемых на стадии дробления и грохочения, перед брикетированием могут смешиваться с другими материалами.

Цель пакетирования – уплотнить легковесные некомпактные лом и отходы, получить пакеты определенной массы, размеров и плотности. Плотный материал удобно загружать в металлургические агрегаты, его плавка сопровождается меньшими потерями металлов от окисления, снижаются расходы на транспортировку сырья. Пакетированию подвергают разделанный на куски крупногабаритный лом, радиаторы, обрезь, отходы прутков, труб, кабельный лом, обмотки статоров, высечку, выштамповку, бытовой лом и др. Плотность получаемых пакетов определяется величиной прессового усилия и толщиной прессуемого материала.

В зависимости от усилия прессования гидравлические пакет-прессы делятся на прессы малой мощности с усилием прессования до 2500 кН (Б- 132, Б- 1330, ПГ- 150), прессы средней мощности – 2500 - 5000 кН (Б- 1334, ПГ- 400, СРА- 400) и прессы большой мощности – более 5000 кН (СРА- 1000, СРА- 1250).

3.2.7. Снятие покрытий и обезжиривание

Операции по снятию покрытий и обезжириванию обычно выполняются применительно к вторичному сырью для снижения содержания органических веществ в материалах, обрабатываемых в рамках некоторых основных процессов. При этом используются процессы промывки и пиролиза. Извлечь масла и снизить нагрузку на термические системы можно с помощью центрифугирования. Существенные изменения в содержании органических веществ могут приводить в некоторых печах к неэффективности процесса горения и образованию больших объемов печных газов, содержащих остаточные органические соединения. Наличие покрытий может также значительно уменьшить скорость плавки. Эти факторы могут вызвать значительные выбросы дыма, ПХДД/Ф и металлической пыли, если системы газоулавливания и сжигания недостаточно надежны. Могут возникать искры или горящие частицы, что может причинить значительный ущерб газоочистному оборудованию. Удаление покрытий из загрязненного металлолома внутри общей печи во многих случаях менее эффективно, чем удаление покрытий из измельченного материала в отдельной печи, поскольку в первом случае образуется больше шлака, однако некоторые печи специально предназначены для переработки органических примесей.

Удаление масла и некоторых покрытий осуществляется в специальных печах, например, в сушилках для стружки. В большинстве случаев для испарения масел и воды используется вращающаяся печь, работающая при низкой температуре. Применяется как прямой, так и косвенный нагрев материала. Для разрушения органических продуктов, образующихся в печи, используется дожигательная камера, работающая при высокой температуре (более 850 °С), а отходящие газы, как правило, подаются на рукавный фильтр.

Для удаления изоляции с проводов и покрытий с других материалов также часто применяется механическая зачистка. В некоторых случаях применяются криогенные методы, облегчающие удаление покрытий за счет придания им хрупкости. Также может использоваться промывка с помощью растворителей (иногда хлорированных) или с помощью моющих средств. Наиболее распространенными являются системы испарения растворителей со встроенными конденсаторами. Эти процессы также применяются для обезжиривания производимой продукции. В этих случаях для предотвращения загрязнения воды используются системы водоочистки.

3.2.8. Методы сепарации

Эти процессы применяются для удаления примесей из сырья перед его использованием. Методы сепарации чаще всего применяются для обработки вторичного сырья, а наиболее распространенной является магнитная сепарация, позволяющая удалять железные предметы.

Цель этой операции – выделить из лома и отходов ферромагнитные предметы и детали с большим количеством железных приделок.

Существует множество типов электромагнитных сепараторов для обработки лома и отходов цветных металлов, различающихся конструктивными особенностями и назначением. При выборе типа электромагнитного сепаратора учитывают крупность материала, необходимую степень извлечения железа, производительность. Полнота отделения ферромагнитных включений определяется крупностью кусков сырья, толщиной слоя и насыпной массой сырья, засоренностью, напряженностью магнитного поля и скоростью перемещения в нем сепарируемого материала.

Наиболее часто при обработке лома и отходов цветных металлов применяют электромагнитные подвесные железоотделители типа ЭПР, электромагнитные шкивы типа ШЭ, электромагнитные сепараторы. Подвесные железоотделители устанавливают над ленточными конвейерами. Электромагнитные шкивы одновременно выполняют функцию приводного барабана сортировочного конвейера и расположены в зоне разгрузки материала.

Подвесной сепаратор устанавливают вдоль или поперек оси конвейера. Железосодержащие предметы притягиваются электромагнитом к ленте и выносятся в сторону для разгрузки. Выделение из сырья магнитной фракции идет непрерывно. Разгрузка ленты сепаратора может быть непрерывной или проводится по мере

накопления на ней магнитного материала. Ферромагнитные детали размером до 5 мм и массой менее 0,08 кг подвесными сепараторами не извлекаются.

Другие методы сепарации предусматривают использование цветковых, ультрафиолетовых, инфракрасных, рентгеновских, лазерных и других систем обнаружения в сочетании с механическими или пневматическими сортировщиками.

3.2.9. Системы транспортировки и загрузки

Эти системы используются для передачи сырья, полупродуктов и готовой продукции между стадиями обработки. Применяются методы, подобные тем, которые используются для сырья, и для них характерны те же проблемы, связанные с образованием, улавливанием и извлечением выбросов пыли. В основном применяются механические системы, но также большое распространение получили пневматические системы транспортировки, где в качестве носителя применяется воздух, и которые способны наряду с транспортировкой выровнять различия в составе шихты.

Предварительно подготовленные материалы могут быть еще суше, чем сырье, и поэтому для предотвращения выбросов пыли применяются более качественные методы сбора и очистки. Конвейеры для транспортировки пылящих материалов, как правило, закрыты, и в этих случаях в чувствительных зонах, таких как точки перегрузки одного конвейера на другой, устанавливаются эффективные системы улавливания и очистки выбросов. В качестве альтернативы используют распыление воды. Для предотвращения разноса материала при обратном ходе ленты на конвейерах устанавливаются нижние очищающие скребки. Для транспортировки сыпучих материалов часто используются пневматические системы.

Некоторые материалы поступают в бочках, мешках (биг-бегах, МКР) или в другой упаковке. Если материал пылит, то его выгрузка из упаковки должна осуществляться с использованием пылеулавливающих систем, например, герметичных устройств с аспирацией, при орошении водой или в закрытых помещениях. В некоторых случаях целесообразно смешивание этих материалов с водой или увлажненным сырьем, при условии, что исключены нежелательные химические реакции. В противном случае предпочтительна их отдельная обработка в закрытых системах.

3.3. Производство первичного цинка

3.3.1. Гидрометаллургический способ получения цинка

Гидрометаллургический способ используется для извлечения цинка из сульфида цинка (сернистый цинк), оксида, карбонатных или силикатных концентратов, а также для некоторых вторичных материалов, таких как вельц-оксид. Этим способом получают около 90 % мирового производства цинка. На таких предприятиях применяется гидрометаллургический способ: RLE-процесс "обжиг-выщелачивание-электроэкстракция". Это непрерывный процесс, упрощенная схема которого представлена на рисунке 3.1.

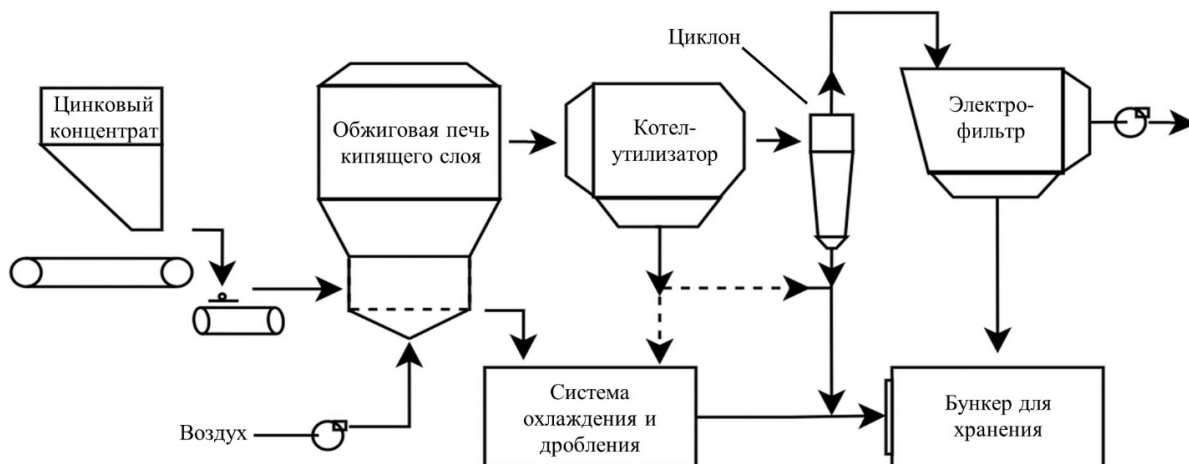


Рисунок 3.1. Упрощенная схема гидрометаллургического способа

Готовая шихта может быть приготовлена путем отбора из систем бункеров-дозаторов с помощью ленточных весов или весового питателя непрерывного действия. Окончательное смешивание и усреднение происходят в миксерах или конвейерных и дозирующих системах. Для мелкодисперсных материалов используются закрытые конвейеры или пневматические системы транспортировки. Концентраты перемешиваются, чтобы получить относительно однородную шихту. Поэтому обычная практика — отбор и анализ проб для разделения и отдельного хранения концентратов по группам, чтобы получать готовую смесь перед обжигом. Для создания хорошего кипящего слоя применяются специальные правила подготовки шихты перед обжигом или агломерацией.

После подготовки шихты выделяются следующие основные этапы процесса:

- обжиг;
- подготовка огарка;
- выщелачивание;
- очистка;
- электролиз.

Приготовление шихты предусматривает собственно смешивание руд или концентратов различного качества и введение в состав образующихся смесей флюсов или восстанавливающих агентов в определенных пропорциях с целью получения стабильного заданного состава смеси (шихты) для переработки в основном технологическом процессе. Приготовление шихты может осуществляться на собственных смесительных установках на стадии измельчения или во время транспортировки, хранения и сушки. Точность требуемого состава смеси достигается с помощью установок для усреднения шихты, систем дозирования, конвейерных весов или с учетом объемных параметров погрузочной техники. Приготовление шихтовой смеси может быть связано с образованием значительных объемов пыли, поэтому

используются системы, обеспечивающие высокую степень улавливания, фильтрации и возврата пыли. Собранная пыль, как правило, возвращается в технологический процесс. С целью уменьшения пылеобразования иногда применяется приготовление влажных шихт. Для этой цели также могут использоваться покрывающие и связывающие агенты. В зависимости от характера технологического процесса перед дальнейшей обработкой, например, перед спеканием, может потребоваться брикетирование/гранулирование.

3.3.1.1. Обжиг цинковых концентратов в печах КС с получением цинкового огарка и подготовка огарка к выпщелачиванию

Эти процессы применяются для увеличения размеров сырья или химического состава таким образом, чтобы он подходил для дальнейшей обработки. Агломерация и спекание позволяют добиться более ровного потока газа через слой в печи и снижения образования пыли, объема газа и неорганических выбросов.

Спекание и прокаливание также применяются для этих целей и к тому же они используются для регулировки химической формы смеси или для преобразования любой присутствующей серы, например, прокаливание доломита в доломитовую известь при производстве магнезии. Основным связывающим механизмом при спекании руды достигается посредством доведения руды до температуры, когда безрудные минералы начинают расплавляться, благодаря чему отдельные частицы сплавляются вместе в решетке расплавленного шлака. В некоторых случаях образование новых кристаллов на границах бывших зерен играет определенную роль в процессе спекания. Спекшийся материал обычно дробится и классифицируется, а мелкие фракции возвращаются в процесс спекания. Иногда возвращенный материал в два или четыре раза крупнее, чем полученный спеченный материал. Затем частички для подачи отправляются в плавильню.

Спекание и обжиг сульфидных руд часто производятся вместе при высоких температурах, и в этом случае получаемые газы богаты двуокисью серы. Окисление серы предоставляет необходимый для процесса жар. Обычно руда смешивается с возвращенным спеченным материалом и флюсующими добавками и может быть окатана до спекания. В случае наличия окислов, таких как во вторичном сырье, обычно также добавляется кокс.

В установках для спекания используются движущаяся колосниковая решетка, непрерывная решетка или стальная лента для транспортировки материала через зоны нагревания и охлаждения; на некоторых установках используются стальные поддоны, содержащие подачу. Газы вытягиваются вверх или вниз через слой (спекание с восходящим или нисходящим потоком). Также применяется спекающий агрегат, использующий комбинацию стадий восходящего или нисходящего потока, он в состоянии свести к минимуму объемы газа и неорганические выбросы, а также эффективно рекуперировать тепло. Иногда слой спекшегося материала используется среди колосниковой решетки, и смесь используется для защиты стальной решетки.

Спекание сульфидных руд экзотермично, хотя при других материалах в качестве топлива используется природный газ. Горячие газы обычно повторно используются для предварительного нагрева слоя или воздуха на горение. Спекшийся материал охлаждается потоком воздуха по слою или в воде. После этого спекшийся материал просеивается, а иногда дробится для получения окончательного материала для загрузки однородного размера. Мелкий материал возвращается в процесс спекания.

Прокаливание производится во вращающихся печах с псевдооживленным слоем или многоподовых печах, и обычно углерод во время процесса не добавляется. Прокаливание сульфидных концентратов играет роль стадии обжига.

Концентраты сульфида цинка (сфалерита) непрерывно подаются в печь при помощи питателей и лент забрасывателей шихты и обжигаются в закрытых обжиговых печах с кипящим слоем для получения оксида цинка и диоксида серы.

Воздушное дутье (или обогащенный кислородом воздух) вдувается через сопла подины (решетку) печи в слой материала обжиговой печи. Воздух служит несущей средой для образования кипящего слоя и источником кислорода для основной реакции. Обжиг сульфидного материала не требует дополнительного топлива, так как это экзотермический процесс.



Часть избыточного тепла после реакции поглощается пароиспарительными охлаждающими элементами (змеевиками, кессонами и т. д.), установленными в кипящем слое и связанными с системой принудительной циркуляции котла-утилизатора. Охлаждающие элементы, установленные в кипящем слое, поддерживают температуру обжига между 900 °С и 1000 °С.

Горячий газ из сухого электрофилтра поступает на установку мокрой очистки газа, которая включает в себя систему орошаемых башен или скрубберов и мокрые электрофилтры, как показано на рисунке 3.2. Использование установки мокрой газоочистки, обеспечивающей снижение содержания в газах пыли и примесей (таких как As, Sb, Se, F, Cl и Hg), гарантирует получение чистой серной кислоты (см. рисунок 3.3).

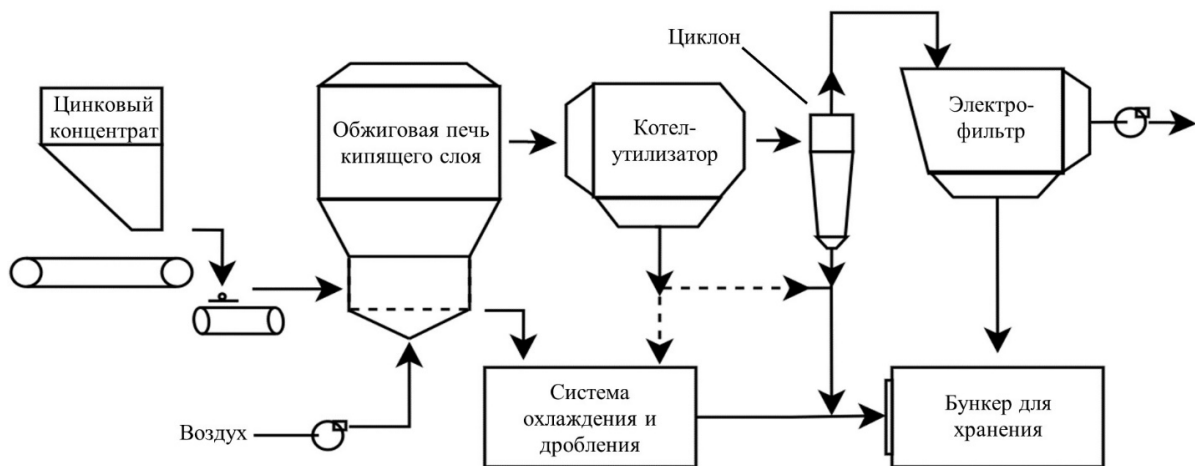
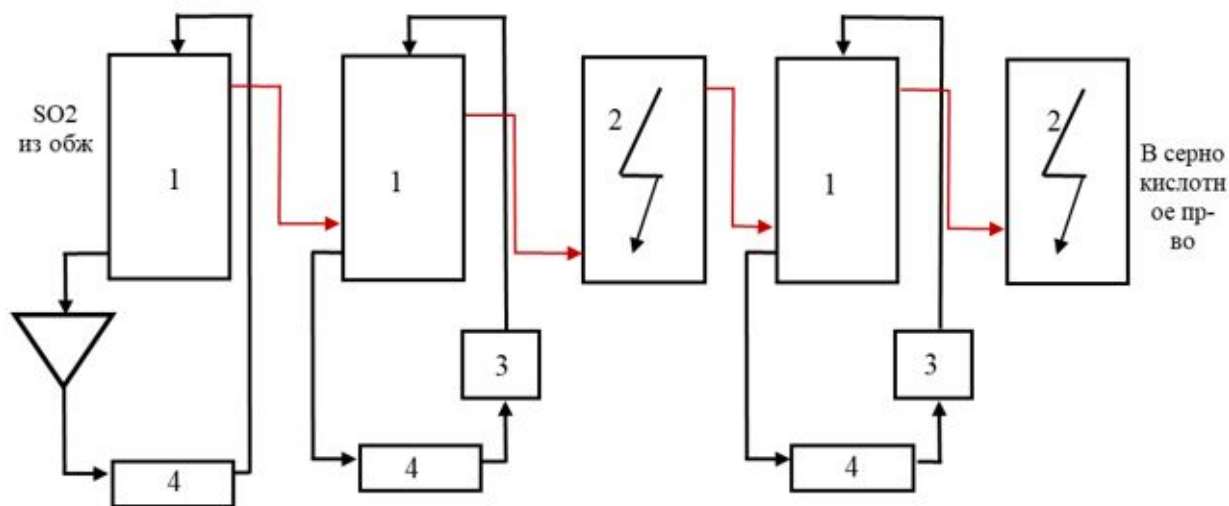


Рисунок 3.2. Первый этап очистки отходящего газа обжиговой печи — очистка сухого газа (устанавливается при необходимости)



1 — промывные башни (скруббера); 2 — мокрые электрофильтры; 3 — теплообменники (холодильники); 4 — сборники

Рисунок 3.3. Установки, включающие в себя систему орошаемых башен или скрубберов и газа

Образующиеся в башнях шламы фильтруются, промываются и частично (по возможности) перерабатываются, а частично отправляются на контролируемые отвалы для опасных веществ.

Затем диоксид серы перерабатывается в серную кислоту с помощью традиционного процесса. Отходящий газ, содержащий H_2SO_4 , подается на свечевые фильтры или скрубберы для снижения концентрации кислотных паров в виде SO_3 . Используемая в цикле очистки газа вода проходит обработку на водоочистной установке.

Из уловленного SO_2 можно также получить жидкий SO_2 .

3.3.1.2. Выщелачивание обожженного цинкового огарка и очистка раствора от примесей с получением нейтрального цинкового электролита

Оксид цинка (огарок) непрерывно забирается из печи, котла-утилизатора, циклонов (устанавливаются при необходимости) и электрофильтров и охлаждается в поворотном охладителе или охладителе псевдоожигенного слоя. В поворотном (секционном) охладителе теплообмен осуществляется путем контакта огарка с водоохлаждаемой поверхностью охладителя, в то время как в охладителе псевдоожигенного слоя огарок охлаждается путем контакта как со сжижающим газом, так и с водоохлаждаемыми поверхностями. Огарок, подлежащий охлаждению в поворотном охладителе, поступает на входной цилиндр охладителя через загрузочное устройство (например, через пластинчатый конвейер, винтовой конвейер). Секционный охладитель по существу состоит из вращающегося ротора, часто с цепным приводом. На концах ротора находятся жесткие короба для загрузки и выпуска огарка. В зависимости от размеров охладителя ротор либо вращается на концах собственного вала, либо устанавливается на движущихся зубчатых колесах, что характерно для вращающихся барабанов. Внутренняя часть ротора состоит из нескольких секторных камер, расположенных в виде кусков пирога вокруг центрального полого вала. Такая конструкция полностью погружена в водную оболочку. Секторные камеры содержат элементы конвейера - лопатки, цепи и т.д., также имеется информация об использовании охладителей псевдоожигенного слоя.

Отходящий газ из охладителя поступает в котел-утилизатор или аспирационную систему.

Мелкодисперсный обожженный материал, захваченный газом после обжига, охлаждается в котле, забирается цепным скребковым конвейером и выгружается вместе с огарком, поступающим из поворотного охладителя или охладителя псевдоожигенного слоя, в шаровую мельницу, которая перемалывает его до необходимой крупности (примерно 70 % частиц размером менее 50 мкм).

Чтобы предотвратить выброс пыли из системы транспортировки огарка, все оборудование работает при пониженном давлении, которое создается вытяжным вентилятором, а для задержания пыли обычно применяется рукавный фильтр.

Прежде чем попасть на установку выщелачивания, огарок временно помещается на хранение в бункер. Из бункера он направляется на участок выщелачивания с помощью пневматических или гидравлических систем транспортировки.

Возможно также использование гидроудаления обожженного продукта из печи КС. Огарок из печи самотеком через разгрузочные точки поступает в желоб смыва огарка, куда подается пульпа кислотностью до $80 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$. В этот желоб также

направляется пыль из циклонов, электрофильтров и других источников. Полученная пульпа поступает на участок классификации, снабженный гидроциклонами и другим оборудованием, для отделения и измельчения песковой фракции.

Выщелачивание огарка предусматривает ряд последовательных этапов, на которых применяется раствор серной кислоты с постепенно повышающейся концентрацией. Начальные этапы (выщелачивание слабокислым раствором серной кислоты или нейтральное выщелачивание) осуществляются при низких значениях кислотности и температуры (обычно при значениях pH от 4 до 4,5 и температуре 50 °С). Процесс выщелачивания выполняется в ряде реакторов с применением открытых и герметичных резервуаров и резервуаров под давлением или их комбинации (см. рисунок 3.4).

При использовании вторичного сырья после вельцевания пылей электродуговых печей вельц-оксид необходимо заранее отмыть для удаления хлоридов. Этот метод в основном применяется в компаниях, перерабатывающих пыль из электродуговой печи в вельц-печи.

Раствор после выщелачивания дополняется раствором выщелачивания с этапа удаления железного осадка. Если применяются лишь небольшое количество вторичной шихты (<10 % вельц-оксида), вторичное сырье может быть добавлено после этапа обжига.

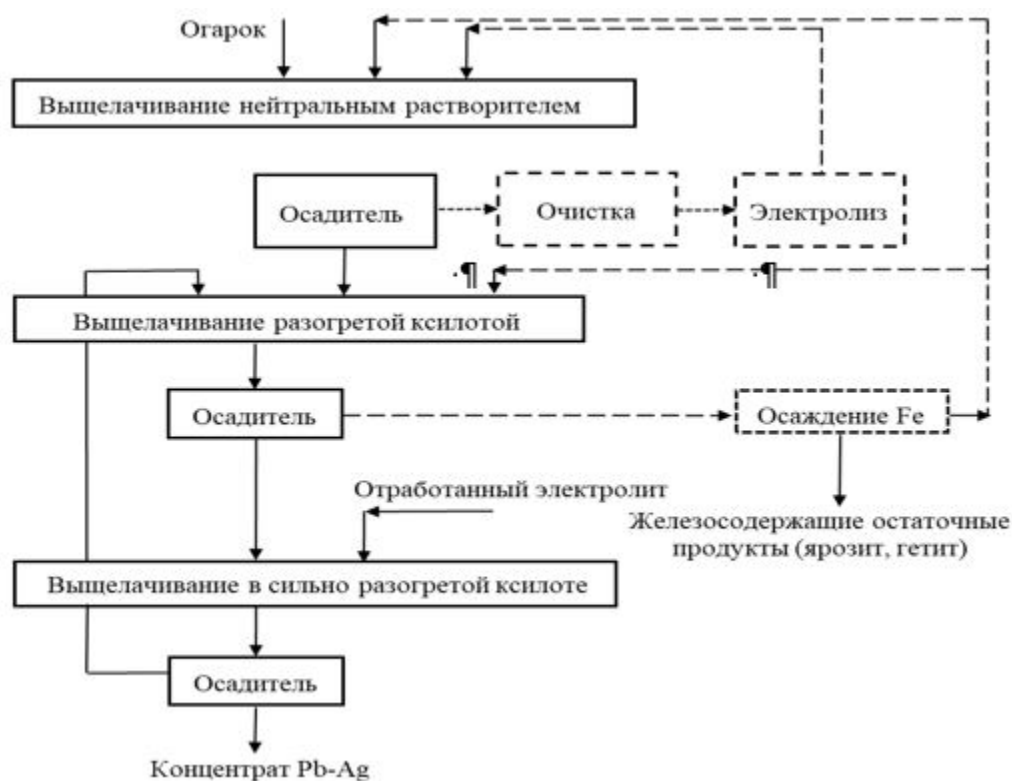


Рисунок 3.4. Упрощенная схема процесса выщелачивания

В зависимости от присутствия в огарке ферритов цинка и после первых этапов выщелачивания (нейтральным раствором вместе с раствором слабой кислоты) доля

перешедшего из шихты в выщелачивающую жидкость цинка составляет от 70 % до 95 %. Прочие металлы, такие как Cu, Cd, Co и Ni, также частично выщелачиваются. Поэтому выщелачивающая жидкость перед поступлением на электролиз должна пройти несколько этапов очистки.

Не извлеченные 5 – 30 % цинка оказываются в остаточном продукте выщелачивания вместе с нерастворимым железом, свинцовыми соединениями и прочими примесями.

Помимо емкости для перемешивания в процессе выщелачивания также применяются (для разделения твердой и жидкой фракций) емкости загустители/осветлители, а в некоторых случаях — также фильтры и центрифуги. Для отделения продуктов выщелачивания и (или) образующихся железосодержащих остаточных продуктов, направляемых на конечную утилизацию, обычно применяются вакуумные или мембранные фильтры. Существует несколько вариантов дальнейшей обработки таких остаточных продуктов.

Прямое выщелачивание — это процесс, в котором сфалеритовые руды выщелачиваются без предварительного окисления в обжиговой печи. Чтобы получить высокий выход цинка, выщелачивание происходит при высоких температурах в присутствии кислорода. Есть варианты реализации данного процесса при атмосферном давлении, а также при повышенном давлении в автоклавах. Для последних требуются более дорогое оборудование и более строгие меры безопасности, однако процесс идет быстрее.

Процесс прямого выщелачивания при атмосферном давлении имеет некоторые преимущества по сравнению с традиционным процессом:

- процесс может быть экономичен при небольших объемах обработки;

- низкие капитальные затраты;

- может применяться для повышения промежуточной мощности без значительных вложений в обжиговую печь и сернокислотную установку;

- сниженные эксплуатационные затраты;

- простота управления процессом (контролируются значения кислотности и содержания железа);

- очень гибкий процесс, позволяющий применять различные способы удаления железа;

- высокая степень извлечения Zn;

- низкое потребление энергии: требуется незначительный нагрев, или же он не требуется вообще;

- отсутствует риск взрывов;

- отсутствуют выбросы SO₂ или расплавленной серы.

С другой стороны есть также некоторые недостатки:

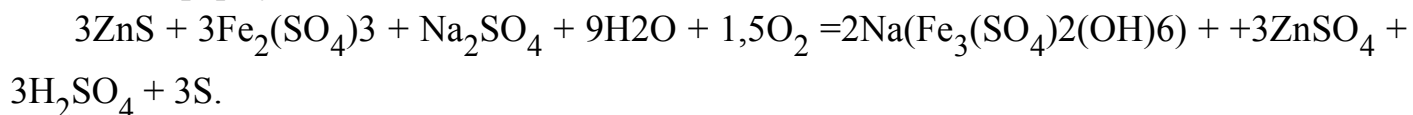
высокая себестоимость серы при отсутствии субсидий и отсутствие утилизации тепла экзотермической реакции в ходе обжига;

получение остаточной серы, которую необходимо размещать в соответствующих шламохранилищах.

Процессы прямого выщелачивания всегда являются неотъемлемой частью традиционного RLE-процесса, и только незначительная часть руды выщелачивается напрямую.

Некоторые предприятия в различных странах выщелачивают часть концентрата напрямую без стадии обжига. Процессы прямого выщелачивания при атмосферном давлении осуществляются на заводах "New Voliden" в Кокколе (с 1998 года) и Одде (с 2004 года) в Финляндии, а также Жужоу в Китае (с 2010 года). Прямое выщелачивание под давлением было внедрено на заводе "Korea Zinc" в Оснэне, Южная Корея (в 1994 году). Там железо в процессе выщелачивания остается в растворе, а затем осаждается на отдельном этапе в виде гетита, в то время как в Кокколе и Одде железо осаждается в виде ярозита одновременно с выщелачиванием сульфидов. На Жужоу железо осаждается в виде гетита.

Концентрат вместе с технологическим раствором и кислотой после электролиза подается в реакторы, где происходит выщелачивание с применением барботажа воздухом. Остаток растворенного железа в растворе после преобразования и растворенного железа из концентрата осаждается как ярозит. Суммарная реакция прямого выщелачивания и одновременного осаждения ярозита может быть выражена с помощью формулы:



Концентрат серы отделяется от шлама путем флотации и хранится отдельно от ярозита. Такая сера содержит значительное количество примесей и подлежит захоронению, что ставит процесс прямого выщелачивания в зависимость от местных условий.

Схема процесса выщелачивания, использующего прямое выщелачивание при атмосферном давлении, показана на рисунке 3.5.

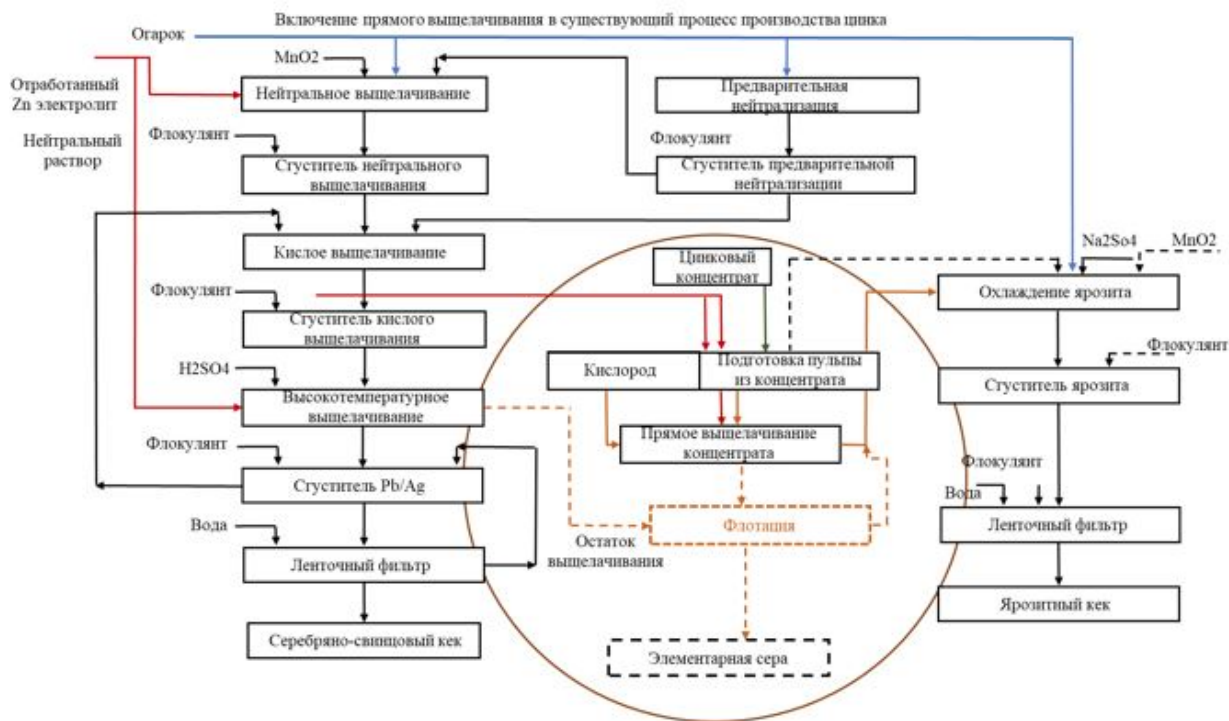


Рисунок 3.5. Схема процесса выщелачивания с применением прямого выщелачивания при атмосферном давлении для повышения мощности завода

3.3.1.3. Электролиз раствора с получением цинка товарного

Очищенный раствор как после цементационной очистки, так и после процесса экстракции поступает в цех электролиза, где цинк получают с помощью электрохимического извлечения с использованием свинцовых анодов и алюминиевых катодов. Цинк осаждается на катоды и далее поступает на переплавку, а на анодах образуется кислород. В ходе процесса электролиза цинка высвобождается серная кислота. В ходе процесса электролиза образуются выбросы аэрозоля серной кислоты, для минимизации которых могут применяться различные укрытия, а также пенообразующие реагенты. Воздух, поступающий в систему вентиляции из цеха электролиза, может очищаться от аэрозоля серной кислоты, из которого затем конденсируется кислота. Тепло, образующееся в ходе электролиза, отводится в охлаждающий цикл, который спроектирован для оптимизации водного баланса процесса, но попутно может также являться дополнительным источником выброса аэрозоля серной кислоты.

Полученный цинк осаждается на алюминиевые катоды и удаляется путем сдирки катодов, осуществляемой обычно раз в сутки. Для плавки применяются низкочастотные индукционные печи. Небольшая часть полученного цинка превращается в цинковый порошок или пыль, используемые на стадиях очистки. Порошок получают путем воздействия на поток расплавленного цинка с помощью воздуха, воды или путем его центробежного распыления, а также конденсации цинкового пара в инертной атмосфере.

3.3.2. Пирометаллургическое производство цинка

По пирометаллургической схеме в настоящее время получают около 10 % цинка (на предприятиях Республики Казахстан в настоящее время данный способ не применяется). Несмотря на ее малостадийность и возможность переработки низкосортного цинкового сырья с высоким содержанием вредных для гидрометаллургических операций примесей (железа, мышьяка, сурьмы и кремнезема), эта технология не нашла широкого применения из-за большого расхода кокса (до 25 % от массы агломерата), большого расхода электроэнергии при использовании электропечей (3 000 кВт·ч/т цинка), малой комплексности использования сырья и получения цинка низших марок, требующего рафинирования.

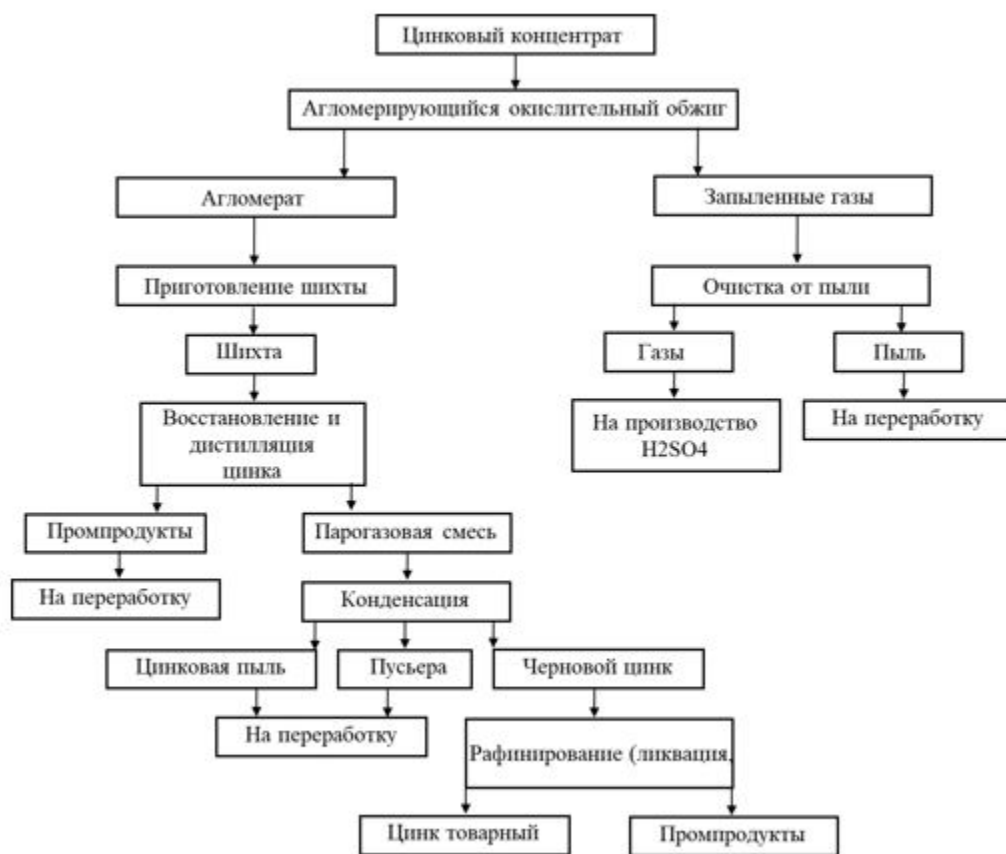


Рисунок 3.6. Принципиальная схема переработки цинкового концентрата окислительным обжигом

3.3.2.1. Обжиг цинковых концентратов перед дистилляцией

Первой операцией в этой технологии так же, как и в гидрометаллургической является обжиг цинковых концентратов, который перед дистилляцией преследует следующие цели:

возможны более полное удаление серы из цинковых концентратов, перевод цинка и других металлов в оксиды;

предварительная отгонка из концентрата летучих соединений свинца, кадмия, мышьяка, сурьмы и некоторых рассеянных элементов;

окускование мелкого материала шихты с получением кусков пористой структуры;

получение концентрированных по SO_2 газов, пригодных для производства серной кислоты.

Независимо от того, каким способом дистилляции получается цинк из огарка, необходимо чтобы нагреваемая шихта обладала достаточной пористостью, обеспечивающей хороший контакт оксида цинка с оксидом углерода, а также возможность свободного удаления образующихся цинковых паров.

Выполнение указанных условий достигается в ходе окислительно-спекающего обжига. Существует несколько способов осуществления этого процесса:

1) концентрат подвергают прямому обжигу со спеканием на агломерационной машине после предварительного перемешивания концентрата с оборотным агломератом (на 20 частей концентрата 80 частей оборотного агломерата) – процесс Робсона;

2) концентрат предварительно обжигают в многоподовых печах до содержания серы 8 – 10 %, после чего его спекают без добавки в шихту кокса или угля, за счет сгорания серы – процесс Ригга;

3) концентрат обжигают в многоподовых печах намертво и огарок спекают в присутствии кокса – процесс Болена;

4) концентрат обжигают в печах кипящего слоя и полученный огарок спекают.

Чаще всего используют окислительный обжиг на порошок в многоподовых печах или печах кипящего слоя до содержания серы в огарке 6 – 10 % и окислительно-спекающий обжиг полученного огарка на агломерационных машинах.

В ходе окислительного обжига в печах КС протекают реакции, аналогичные реакциям обжига цинковых концентратов перед выщелачиванием.

Ферритообразование при обжиге перед дистилляцией неопасно, так как ферриты цинка ($n\text{ZnO} \cdot m\text{Fe}_2\text{O}_3$) легко восстанавливаются углеродом до металлического цинка.

Так как свинец и кадмий при дистилляции снижают прямой выход цинка в металл и ухудшают качество цинка, то в ряде случаев в шихту вводят хлористые соли, чтобы перевести свинец и кадмий в летучие хлориды и увеличить степень их отгонки из шихты при обжиге.

В первой стадии удаляют основное количество серы с получением газов, достаточно концентрированных по SO_2 (5 – 8 %), чтобы перерабатывать их на сернокислотной установке, во второй стадии производят спекание огарка окислительного обжига на агломерационных спекательных машинах.

При этом происходят выгорание оставшейся серы и отгонка кадмия, германия, индия, галлия.

При агломерации благодаря большому избытку воздуха, хорошему отводу образующихся сернистых газов и высокой температуре процесса (1100 – 1200 °С) происходит интенсивное окисление сульфидов металлов до оксидов, и агломерат почти не содержит сульфатной серы.

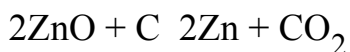
Спекание огарка достигается в результате образования сравнительно легкоплавких силикатов железа, свинца и цинка. Использование флюсов для снижения тугоплавкости и увеличения доли связующих компонентов в агломерате нецелесообразно, т. к. это ухудшает условия дистилляции.

Агломерация придает материалу необходимые физические свойства – кусковатость, пористость, механическую прочность. Полученный агломерат поступает на дистилляцию.

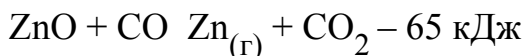
3.3.2.2. Дистилляция цинка

Дистилляция цинка включает следующие физико-химические процессы: восстановление оксида цинка до металла; испарение (возгонка) металлического цинка; конденсация паров металлического цинка.

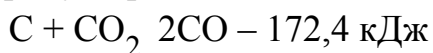
В качестве восстановителя в шихту вводят кокс. Непосредственный контакт твердого углерода с оксидом цинка сильно затруднен. Взаимодействие может происходить только в местах касания углерода с окисленными соединениями цинка. Поэтому процесс восстановления цинка твердым углеродом по нижеуказанным реакциям имеет второстепенное значение.



Основной процесс восстановления оксидов металлов при дистилляции развивается в соответствии с реакцией:



Цинк сразу же испаряется и переходит в газовую фазу в виде пара, а образующийся диоксид углерода CO_2 вызывает сдвиг реакции газификации твердого углерода в сторону образования CO :



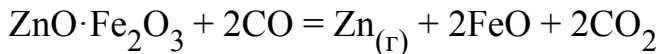
При температуре свыше 900 – 1000 °С создаются благоприятные условия для восстановления и возгонки цинка.

В дистилляционном аппарате (реторте, печи) происходит насыщение газовой фазы парами цинка. Образовавшаяся парогазовая смесь, расширяясь, проходит в конденсатор, где быстро охлаждается.

Охлаждение парогазовой смеси без изменения ее состава возможно только до определенной температуры, при которой пар цинка становится насыщенным (наступает точка росы). При дальнейшем охлаждении парогазовой смеси начнется конденсация паров цинка.

Пары цинка могут конденсироваться на поверхности пылинок шихты или углерода, которые затем улавливаются из газов в виде пыли – пусьеры.

Цинк в шихте содержится в основном в виде ZnO, который при дистилляции восстанавливается и возгоняется. Некоторая часть цинка присутствует в шихте в виде ферритов цинка. В результате взаимодействия ферритов цинка с оксидом углерода выделяются пары цинка и низшие оксиды железа:



Из ферритов цинк может быть извлечен полностью. Однако при значительном содержании феррита цинка возможно оплавление шихты, что приводит к потерям цинка в раймовке (остаток от дистилляции) и выходу из строя реторт.

Около трети производимого пирометаллургическим способом цинка приходится на дистилляционную плавку в шахтных печах ("Империл Смелтинг – процесс"). Особенность процесса – совместная переработка цинковых и свинцовых концентратов или свинцово-цинкового коллективного концентрата с отношением Zn:Pb = 2:1.

Однако переработка этим способом чисто цинковых концентратов представляет известную трудность, т. к. получение при этом достаточно прочного и крупного агломерата – задача весьма сложная. Присутствие в шихте свинца облегчает задачу получения прочного агломерата, а возможность попутного его извлечения при дистилляции цинка позволяет успешно применять этот процесс к свинцово-цинковой шихте.

Также к недостаткам процесса следует отнести низкое качество получаемого цинка, большой расход кокса, жесткие требования к качеству кокса и агломерата.

3.3.2.3. Рафинирование черного цинка

Черновой цинк идет в основном на оцинкование железа. Но большую часть дистилляционного цинка подвергают рафинированию. Применяют разные способы рафинирования: рафинирование ликвацией, дистилляцией, химическое и рафинирование ректификацией.

Ликвационное рафинирование основано на изменении растворимости металлов-примесей в расплавленном цинке при охлаждении расплава с последующим выделением металлов-примесей в отдельную металлическую фазу и разделением фаз по плотности.

Для получения более чистого цинка проводят химическое рафинирование цинка от свинца металлическим натрием. Возможна частичная очистка цинка от меди, железа и свинца путем проведения двухстадийной конденсации.

Для более полного удаления свинца и некоторых других примесей может быть применена повторная дистилляция цинка или так называемая редистилляция.

С целью получения чистого цинка высоких марок применяют последовательно ликвацию и ректификацию. Ректификация позволяет получить цинк чистотой 99,996 %, а также свинец и кадмий в отдельных продуктах.

Этот передел сравнительно дорогой и применяют его нечасто. Извлечение цинка в рафинированный металл составляет 93 – 95 %, в том числе в цинк высшей марки переходит 71 % Zn, в ликвационный – 24 %.

В дроссы переходит 2,3 % Zn, в цинковистый свинец – 1,0 %, в цинкокадмиевый сплав – 0,8 %, в гартцинк – 0,2 %. Потери составляют 0,7 %.

3.4. Производство вторичного цинка

Вторичный или переработанный цинк составляет примерно 30 % от общего объема годового потребления цинка в России. Около 50 % такого вторичного цинка перерабатывается в цветной металлургии. Особенно это характерно для цинкования и производства латуни; лом, образующийся в результате производства или переработки различных продуктов, можно перерабатывать практически сразу же.

К остаточным продуктам и ломам, занимающим значительное место при вторичном производстве цинка, относятся:

- пыль, образующаяся при производстве меди и медных сплавов;

- шлак, образующийся при переработке меди и свинца;

- остаточные продукты литья под давлением;

- зола, нижний и верхний дроссы после цинкования;

- старые кровельные и прочие листовые материалы;

- фракции цветных металлов, образующиеся при разделке старых автомобилей и других продуктов, состоящих в основном из стали;

- пыль, образующаяся при производстве стали в электродуговых печах и производстве чугуна;

- остаточные продукты, образующиеся при химическом применении цинка и от сгоревших колесных бандажей.

Технология извлечения цинка зависит от формы и содержания цинка, а также степени загрязнения продуктов. Для металлических, смешанных металло-оксидных и оксидных потоков применяются различные процессы.

Применяются физическая сепарация, плавка и прочие высокотемпературные методы обработки. Остаточные продукты, богатые цинком, применяются для производства металлического цинка, цинка высокой чистоты, цинковых сплавов, оксида цинка или продуктов, богатых оксидом цинка. Металлы с примесями или сплавы можно рафинировать, например, в дистилляционной колонне для получения цинка высокой чистоты или высокосортного оксида или использовать напрямую в процессе вторичного извлечения. Если присутствуют хлориды или прочие галоиды, то они удаляются до получения цинка гидрометаллургическим способом из-за их агрессивных характеристик.

На заводах, занимающихся вторичной переработкой цинка, проводится визуальная проверка для удаления нежелательных предметов, таких как использованные изделия из кожи, пластика, дерева и стальная проволока, часто встречающиеся в цинковой изгари, получаемой от потребителей. Все эти посторонние предметы, оказавшиеся в контейнерах с цинковым ломом, необходимо удалять.

Наиболее распространенный метод физического разделения смешанного металлического лома — это магнитная сепарация, направленная на удаление железных предметов. Методы ручного и механического разделения применяются для предварительной обработки потоков отходов, таких как аккумуляторные батареи, ртутные лампы и другие элементы электронного оборудования.

Ручное и механическое разделение применяется для удаления примесей из старого цинкового лома. Для отдельных процессов оно позволяет извлечь большее количество металлов.

Отделение тяжелых фракций и разделение по плотности (погружение/всплытие) обычно используются на ломоперерабатывающих предприятиях, но могут встречаться и в цветной металлургии, например, при переработке лома аккумуляторных батарей для извлечения пластика. В данном случае разница плотности и размеров различных частиц используется для сепарации металлов, оксидов металлов и пластиковых компонентов в водной среде.

Магнитная сепарация используется для отделения частиц железа для снижения загрязнения сплавов. Обычно для этого применяются надленточные магниты, установленные на конвейерах. Используемые для плавки цинка, свинца и алюминия, отражательные печи с наклонным подом позволяют осаждать на поде крупнофракционные тугоплавкие примеси (например, железо) и направлять их на дальнейшую переработку.

Движущиеся электромагнитные поля (вихревая сепарация) применяются для отделения алюминия от прочих материалов. В одной из вариаций данного метода движущееся электромагнитное поле служит для нагнетания расплавленного алюминия или иных металлов без прямого контакта между металлом и механическими компонентами.

Другой метод сепарации предусматривает применение цветового, ультрафиолетового, инфракрасного, рентгеновского, лазерного излучения и прочих аналогичных систем обнаружения в сочетании с механическими или пневматическими устройствами сортировки. Они используются, например, для отделения компонентов никель-кадмиевых аккумуляторных батарей от аккумуляторных батарей другого типа, и эти способы дорабатываются для применения в других сферах.

Ниже представлены отдельные примеры переработки.

1. Зола с предприятий по цинкованию заготовок, проволоки и труб по существу представляет собой смесь металлического цинка и оксида цинка. Присутствие

различных металлических соединений связано с наличием в расплаве горячего цинкования определенных легирующих элементов. Зола измельчается в шаровой мельнице для отделения соответствующих фаз. Сепарация достигается за счет продувки мельницы потоком воздуха для выноса неметаллических включений, которые затем улавливаются рукавным фильтром. В других вариантах в мельницу встраивается сито, которое пропускает мелкие неметаллические фракции, но удерживает крупные металлические частицы. В обоих случаях металлическая фракция выгружается из мельницы, плавится и отливается в слитки для продажи, повторного использования или дальнейшей переработки.

2. Нижний дросс (также называемый гартцинком или цинковым техническим цинком) — это цинково-металлическая смесь интерметаллических фаз с небольшим количеством отдельных металлических частиц, включая также свинец. Он образуется в миксерах и резервуарах, применяющихся для цинкования партиями и накопления. Если он не удаляется, качество цинкового покрытия снижается и могут возникнуть наплывы и шероховатости на поверхности покрытия, поэтому используются автоматические системы удаления. Верхний дросс — это сплав цинка-железа-алюминия, образующийся в процессе непрерывного горячего глубокого цинкования. Верхний дросс (иначе — съём с поверхности расплава) и прочие остаточные продукты литья под давлением содержат смесь металлического цинка и оксида цинка с небольшим количеством хлоридов или без них. Все схемы переработки, упоминаемые выше, применяются именно для этих материалов. То же самое относится к старым кровельным и прочим листовым материалам, а также остаточным продуктам химического применения цинка или цинковых продуктов.

3. При последовательной переработке отслуживших транспортных средств на ряде мельниц образуются измельченные остаточные продукты. После удаления неметаллической фракции частицы цветных металлов отделяются от стальных частиц путем магнитной сепарации. Для дальнейшей обработки используются методы разделения по силе тяжести, а затем для получения цинка применяется селективная плавка.

4. Пыль, содержащая цинк (смешанный оксид), может загружаться в клинкерную печь, где оставшиеся галогены и свинец отделяются путем нагрева до 1000 °С. После обработки в клинкерной печи ZnO может использоваться без дальнейшей обработки в качестве сырья для выплавки цинка.

Остаточные продукты подвергаются двухстадийной плавке в отражательной печи, работающей на газе. На первом этапе при 340 °С плавится свинец, который затем выгружается и разливается в слитки. На втором этапе температура повышается до 440 °С и плавится цинк, который также выгружается и разливается в слитки. Альтернативный процесс предусматривает применение поворотной печи с непрямым обогревом и перфорированной внутренней футеровкой. Цинк плавится и вытекает

через футеровку в печь-миксер, откуда он разливается в слитки. После этого всегда производится дальнейшее рафинирование.

3.4.1. Извлечение вторичного цинка с помощью жидкостной экстракции из загрязненного вторичного сырья, в том числе аккумуляторных батарей

Стадия жидкостной экстракции необходима для извлечения цинка из загрязненного вторичного сырья, такого как аккумуляторные батареи. Прочие источники вторичных цинковых материалов — это пыли и возгоны пирометаллургических процессов (например, образующиеся в медеплавильных печах, электродуговых печах для выпуска стали и т. д.); процессов сгорания (например, сжигание бытовых отходов, использованных шин и т. д.); вторичные оксиды цинка, образующиеся при возгонке, например, в вельц-печах или в примус-печах и т. д.

При использовании для обработки вторичного сырья данные процессы предусматривают обогащение и очистку насыщенного выщелачивающего раствора путем жидкостной экстракции для выделения из цинкового раствора галогенидов и металлов. Полученный очищенный электролит может направляться в традиционный процесс электрохимического извлечения.

Этот процесс применялся на некоторых заводах в Испании для извлечения цинка из вторичных материалов (сейчас все эти предприятия закрыты). В настоящее время (2014 год) данный процесс используется на заводе в г. Акита (Япония) для извлечения цинка из различных вторичных материалов, содержащих оксиды цинка. Также сообщалось, что данный процесс будет применяться для обработки вельц-оксида на недавно сданном в эксплуатацию предприятии по рафинированию цинка в Портовесме (Италия) и что существует еще один аналогичный реализуемый в настоящее время проект в Форест Сити (США).

3.4.2. Извлечение цинка из промежуточного продукта (кек), в том числе пыли электродуговых печей для производства стали, с применением вельц-печи и печи для возгона шлака

Вельц-оксид — это богатый цинком промежуточный продукт, используемый в процессах извлечения цинка. Его получают из остаточных продуктов, в частности, из пыли электродуговых печей для производства стали. Могут применяться вельц-печи и печи для возгона шлака.

Процесс предназначен для отделения цинка и свинца от других материалов путем восстановления, испарения и повторного окисления цинка и свинца. Пыль из электродуговых печей, другие материалы, богатые цинком, коксовая мелочь и материалы, содержащие СаО, хранятся отдельно. Для создания оптимальных условий процесса загружаемые материалы можно усреднять и гранулировать. Затем они направляются непосредственно в систему загрузки печи или на промежуточное хранение. Для контроля объема восстанавливаемых материалов (кокс) в соответствии с содержанием цинка в сырье или флюсах с целью получения желаемого качества

шлака может применяться дозирующее оборудование. В зависимости от достигаемой основности шлака существуют некоторые разновидности процесса.

Нормальная рабочая температура в Вельц-печи составляет от 1200 °С до 1400 °С. Внутри печи твердые материалы сначала сушатся, а затем нагреваются за счет встречного потока горячего газа и контактируют со стенками, футерованными огнеупорами. В зависимости от наклона, длины и скорости вращения среднее время нахождения материала в печи — от 4 до 6 ч. В сильной восстановительной атмосфере твердого слоя цинк, свинец и прочие металлы восстанавливаются. Цинк и свинец переходят в газовую фазу, а хлориды и щелочи испаряются вместе с прочими летучими металлами и элементами. Так как в печи имеется избыток воздуха, металлические пары окисляются. Смешанные оксиды выходят из печи вместе с технологическими газами и отделяются в системе газоочистки (см. рисунок 3.7).

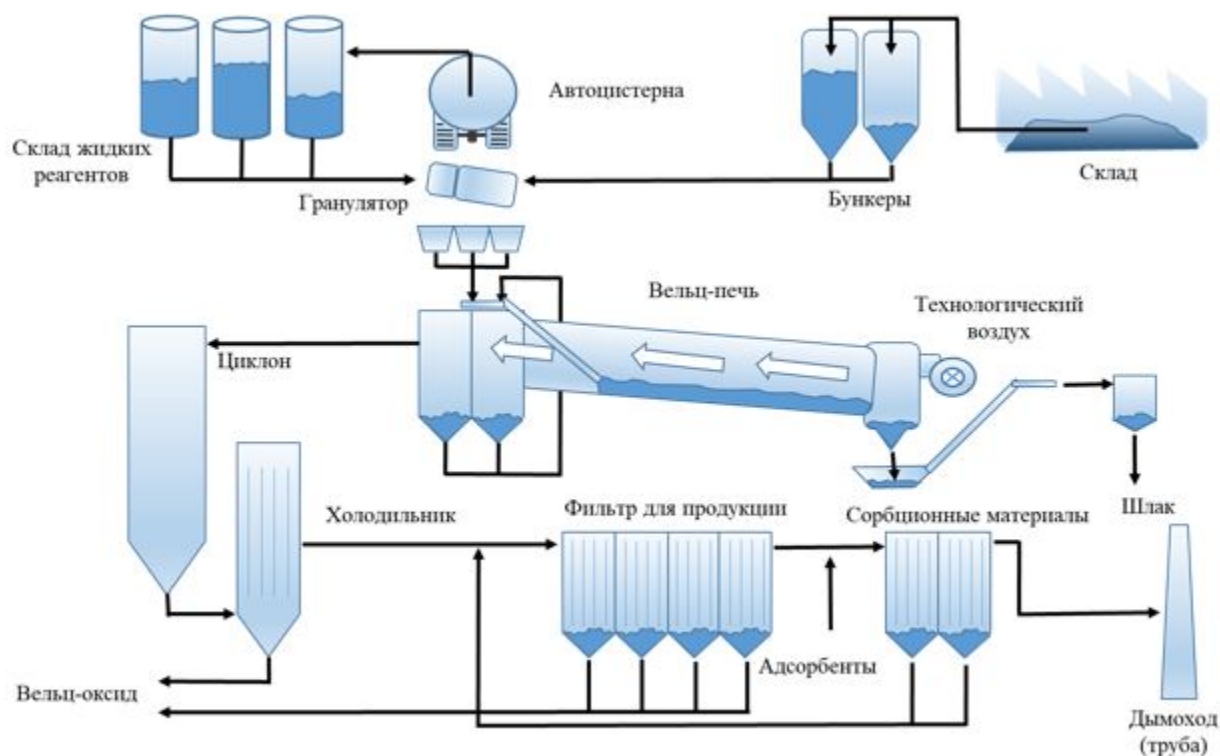


Рисунок 3.7. Технологическая схема вельц-процесса

Шихта, состоящая из пыли электродуговой печи и содержащая от 13 % до 30 % цинка, смешивается с углем и известью и загружается в вельц-печь. Эта печь имеет длину 60 м, внутренний диаметр — 3,6 м, наклон — 2 % и стандартную скорость вращения — 1 об/мин. Внутри печи твердый материал перемещается от загрузочного отверстия до выгрузки за счет вращения наклонной печи.

Процесс SDHL (получивший свое название по фамилиям изобретателей: Зааге, Диттрих, Хаше, Лангбайн) представляет собой одно из усовершенствований обычного вельц-процесса с использованием системы томас-шлака и добавлением в завершении

этапа повторного окисления железа, чтобы снизить расход энергии и повысить объем выпуска цинка. Он был запатентован в 2000 году и может использоваться на существующих вельц-установках. В обычном вельц-процессе кокс загружается на скорости, превышающей стехиометрические требования, в результате чего в шлаке находится остаточный кокс. В процессе SDHL кокс добавляется субстехиометрически (только около 70 % необходимого кокса), и часть металлического железа повторно окисляется в конце печи путем целевого добавления воздуха для создания повышенного технологического тепла.

Из-за высвобождения энергии за счет окисления железа при нормальных условиях работы не требуется дополнительно добавлять природный газ. Процесс позволяет снизить расход коксовой мелочи до 40 %, достичь более высокого объема выпуска, большего извлечения цинка и снижения выбросов CO_2 .

Результаты показывают, что система томас-шлака (полученная путем добавления извести к шихте) позволяет достичь сокращения выбросов ПХДД/Ф примерно в 10 раз, фиксации в шлаке около 60 % фтора, а также удлинения срока службы футеровки.

Система газоочистки обычно включает осадительную камеру для удаления крупной пыли, которая переносится механически и загружается напрямую обратно в печь. Горячие технологические газы охлаждаются с применением различных кулеров прямого или непрямого действия. Для выделения из охлажденных газов вельц-оксида применяются электрические или рукавные фильтры. Методы минимизации и улавливания ПХДД/Ф применяются по мере необходимости. На вельц-установках в двухэтапном процессе используется адсорбент, содержащий вельц-оксид, лигнит или активный уголь. Для минимизации выбросов летучих органических соединений может применяться камера дожигания.

Получаемый шлак непрерывно выгружается с конца печи в систему водяного охлаждения. После охлаждения и просеивания шлак процесса SDHL применяется в качестве строительного материала для полигонов отходов и может также после успешного тестирования на выщелачиваемость использоваться как материал в гражданском строительстве, например, при строительстве дорог.

Шлак вельц-процесса (клинкер), полученный при переработке остаточных продуктов, образующихся при производстве цинка, может после дробления перерабатываться во флотационных процессах. В результате флотационного процесса получают часть, богатую медью, которая возвращается в печь для плавки меди или свинца для извлечения металла. Этот метод применяется, если есть возможность надлежащей обработки хвостов. Клинкер также может использоваться в пирометаллургических процессах производства меди непосредственно.

Полученный вельц-оксид может перерабатываться несколькими способами. Основной процесс — горячее брикетирование или спекание с целью продажи

полученного продукта цинковым заводам, использующим пирометаллургический способ его получения. При высоком содержании оксида свинца для испарения свинца дополнительно также используется этап обжига. Термическая обработка вельц-оксида (прокалка) также применяется для удаления галогенов и окисления железа и сульфидной серы.

Вельц-оксид также можно промывать водой и карбонатом натрия, бикарбонатом натрия или, возможно, гидроксидом натрия в двух- или трехэтапном противоточном процессе. С помощью этих добавок хлориды металла могут осаждаться в виде карбонатов или гидроксидов металла. Помимо удаления хлорида, этот процесс промывки позволяет удалять фториды, натрий и калий. Щелочи из насыщенного раствора после первого этапа промывки можно удалять на стадии кристаллизации и получать соляной остаток и безщелочной конденсат. Соляной остаток захоранивается. Конденсат можно переработать. В данном случае весь процесс может осуществляться без образования сточных вод.

В Европе большая часть вельц-оксида промывается и далее перерабатывается на заводах, использующих процесс RLE.

Если возможно образование хлорсодержащих стоков, применяется двухэтапный процесс с последующей очисткой стоков. По сравнению с процессом промывки и кристаллизации преимущества двухэтапной промывки состоят в низком потреблении энергии, низких операционных и инвестиционных издержках и в отсутствии твердого остаточного продукта.

3.4.3. Извлечение цинка из остаточных продуктов (кек) методом фьюмингования (шлаковозгонка)

Эти процессы также используются для извлечения цинка из остаточных продуктов. В пыли из электродуговой печи, в большей части шлаков процесса плавки свинца, комплексных шлаков Zn-Cu медеплавильных заводов и в других остаточных продуктах, образующихся в процессе восстановления цинка, содержатся свинец и цинк, которые могут быть потеряны, если остаточные продукты далее не перерабатываются. Указанные материалы могут возгоняться в присутствии углерода, например, в виде угля, для извлечения свинца и цинка, и рекуперации технологического тепла.

Для достижения значений температуры, превышающих 1200 °C, с целью возгонки металлов с последующим образованием оксидов, которые далее извлекаются из газов на этапе фильтрации, используются циклонные печи или печи конвертерного типа. Циклонные печи работают в атмосфере, обогащенной кислородом, но конвертер работает при субстехиометрической атмосфере. Получаемое избыточное тепло используется в котле-утилизаторе и для генерации электроэнергии. В зависимости от результатов теста на выщелачивание и с учетом нормативных требований образующийся шлак может использоваться для целей гражданского строительства или сооружения полигонов для размещения отходов. Так, сообщается, что печь Ausmelt/

ISASMELT, многоподовая печь и погружная плазменная печь используются для переработки сталеплавильной пыли, остатков выщелачивания и пульпы от покрытия для извлечения цинка в качестве альтернативы вельц-процессу. Они, как сообщается, используются для производства, стали и других металлов из остатков в сочетании с восстановительной печью.

3.4.4. Переплавка и рафинирование

Чистый и несмешанный вторичный цинковый лом переплавляется либо рафинируется во вторичные сорта цинка. Такие примеси, как материалы, содержащие Al или Fe, если это возможно, в основном удаляются перед плавкой механическим способом на этапе сепарации. Лом, содержащий тугоплавкие примеси, может предварительно обрабатываться в сепарационной плавильной печи для отделения цинка от металлов с более высокой температурой плавления.

Плавление в основном ведется в индукционных печах. После плавления следует этап сегрегации и легирования. На первом этапе примеси могут быть частично или полностью удалены в зависимости от растворимости элемента в расплаве. При необходимости могут добавляться легирующие элементы.

3.5. Процессы плавки, легирования и литья цинка

3.5.1. Процессы плавления и легирования цинка

Плавление и легирование обычно осуществляют в тигельных печах с непрямым сжиганием топлива или в индукционных печах. Температуру регулируют таким образом, чтобы гарантированно исключить испарение цинка с образованием газовой фазы. В качестве топлива, как правило, используется газ или жидкое топливо. Газовая или нефтяная горелка может быть расположена за пределами тигля, который находится внутри нагревательной камеры, или внутри тигля в виде трубчатого обогревателя с погружением в расплав.

Прямой нагрев происходит в печах для плавки алюминия (иногда расплавленный алюминий загружают в цинковую печь вместо твердого алюминия). Прямой нагрев также применяют для цинковых печей-миксеров, которые располагают между зонами плавки и разлива.

В обоих случаях важен температурный контроль, так как температура при литье не должна превышать 60 °C для большинства составов сплавов во избежание потерь металла при угаре. Обычно в качестве добавок используются твердые вещества, но в некоторых случаях из расположенной в непосредственной близости плавильной печи добавляется расплавленный алюминий.

Если сплавы получают из сырья, содержащего примеси, то для абсорбирования примесей требуются флюсы. Стандартный флюс содержит хлорид цинка и (или) двойные соли с хлоридом аммония; некоторые флюсы состоят таким образом, чтобы исключить содержание галогенов. При добавлении таких веществ или во время чистки печи могут возникать неорганизованные выбросы пыли и газов.

Фторидсодержащие флюсы в настоящее время больше не используются, поскольку их применение может приводить к выбросам газообразных фторидных соединений, которые необходимо удалять методом мокрой очистки.

Регулярно с цинковой ванны снимают твердые дроссы, представляющие собой по химическому составу оксид цинка и хлорид цинка. Флюсы часто используются для снижения перехода цинка в дроссы. Окисная фракция в дроссах повторно используется в печи процесса Imperial Smelting либо в обжиговой печи в процессе электролиза цинка

При плавке цинковых катодов, цинковых сплавов и цинкового скрапа получают следующие промежуточные материалы:

цинковый дросс; образуется в плавильных печах, состоит из накипи, образующейся на поверхности расплавленного металла, и содержит металлический и окисленный цинк; удаляется с поверхности ванны механическим способом или вручную;

цинксодержащие пыли и газы; их улавливают из потока отходящего из плавильной печи газа с помощью газоочистного оборудования, например, рукавных фильтров.

В большинстве случаев все эти остаточные продукты перерабатываются с целью извлечения цинка.

3.5.2. Цинковое литье

Металл обычно сливают в многократно используемые литейные формы, которые изготовлены из чугуна или литой стали. Применяют стационарные литейные машины или конвейерные литейные машины непрерывного действия.

Стационарные литейные формы и конвейерные литейные машины используются для получения слябов и чушек. При получении катанки, используемой для производства проволоки, применяются машины непрерывного литья.

3.5.3. Производство цинкового порошка (пусьеры)

Цинковый порошок используют в качестве материала, применяемого в других промышленных технологиях, либо в качестве реагента для очистки технологических растворов от примесей. Расплавленный цинк, получаемый описанным выше методом, впрыскивают под давлением через распылительную форсунку и затем быстро охлаждают в инертной атмосфере для получения цинкового порошка. Для получения цинкового порошка может также использоваться метод воздушного, водяного или центробежного распыления струи расплавленного цинка. Порошок собирают в рукавных фильтрах и направляют в соответствующий процесс или на упаковку.

3.6. Получение кадмия в рамках процессов производства первичного цинка

3.6.1. Производство вторичного кадмия, в основном извлеченного из аккумуляторных батарей

Кадмий получают в виде промежуточного продукта в процессах извлечения ряда металлов. Основными источниками получения кадмия являются процессы производства цинка и свинца.

Цементат кадмия, получаемый в результате очистки цинковых растворов в процессе RLE "обжиг - выщелачивание - электроэкстракция", также можно очищать гидрометаллургическим способом. При этом цементат выщелачивается в сернокислотную среду, раствор очищается, а кадмий извлекается электрохимическим способом. Очищенный раствор $ZnSO_4$ возвращается в основной цикл получения цинка.

Цементат кадмия также можно перерабатывать путем прессования и плавления с содой для удаления цинка. При необходимости можно включить дополнительный этап дистилляции для получения кадмия высокой степени очистки.

Кадмий также извлекают в виде раствора хлорида кадмия методом ионного обмена. Раствор направляется на смотанную в барабан цинковую ленту высокого качества, погруженную в резервуар, в котором начинается реакция обмена, позволяющая получить кадмиевую губку и хлорид цинка. Губка, полученная по такой технологии, а также по технологии получения цементата или из сульфатных растворов расплавляется с хлопьями каустической соды (гидроксида натрия) с целью удаления оставшегося цинка. Полученный продукт отливают и продают, либо, в случае содержания значительного количества примесей, отправляют на последующий этап рафинирования кадмия.

Кадмий также можно извлечь из получаемых остаточных продуктов в виде карбоната. Для этого применяют методы выщелачивания и электроэкстракции.

На заводах по переработке кадмия получаемый в рамках описанных выше технологических процессов кадмий можно плавить и отливать в формы. Если кадмий недостаточно очищен, он подлежит дистилляции при высоких температурах. Образующийся при этом конденсат представляет собой кадмий с содержанием примерно 1 % цинка, а оставшийся расплав - высококачественный цинк. Получившаяся фракция кадмия плавится с каустической содой и нитратом натрия с целью удаления остаточного цинка.

Ниже представлены схемы технологических процессов для методов получения кадмия на нескольких зарубежных предприятиях (рисунки 3.8 – 3.13).

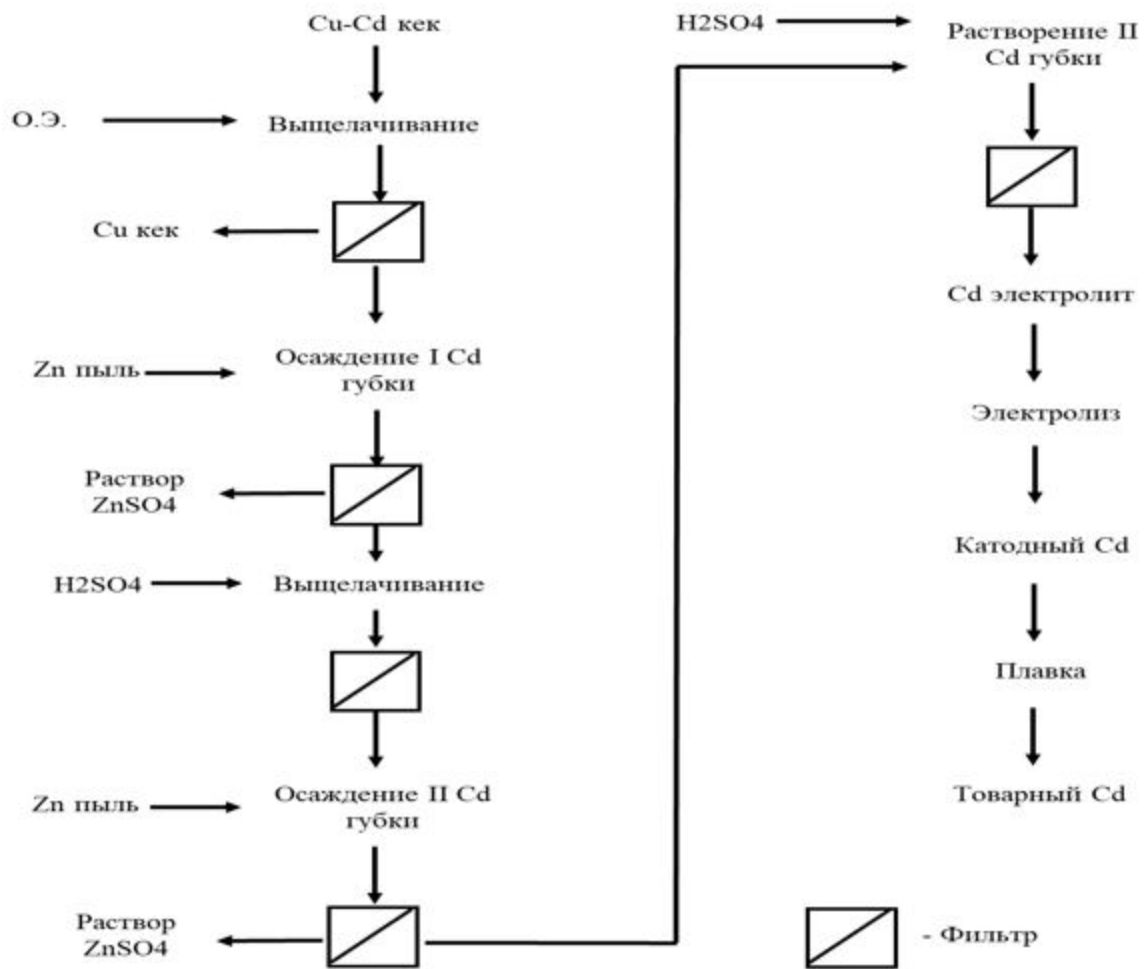


Рисунок 3.8. Схема процесса производства кадмия - завод А

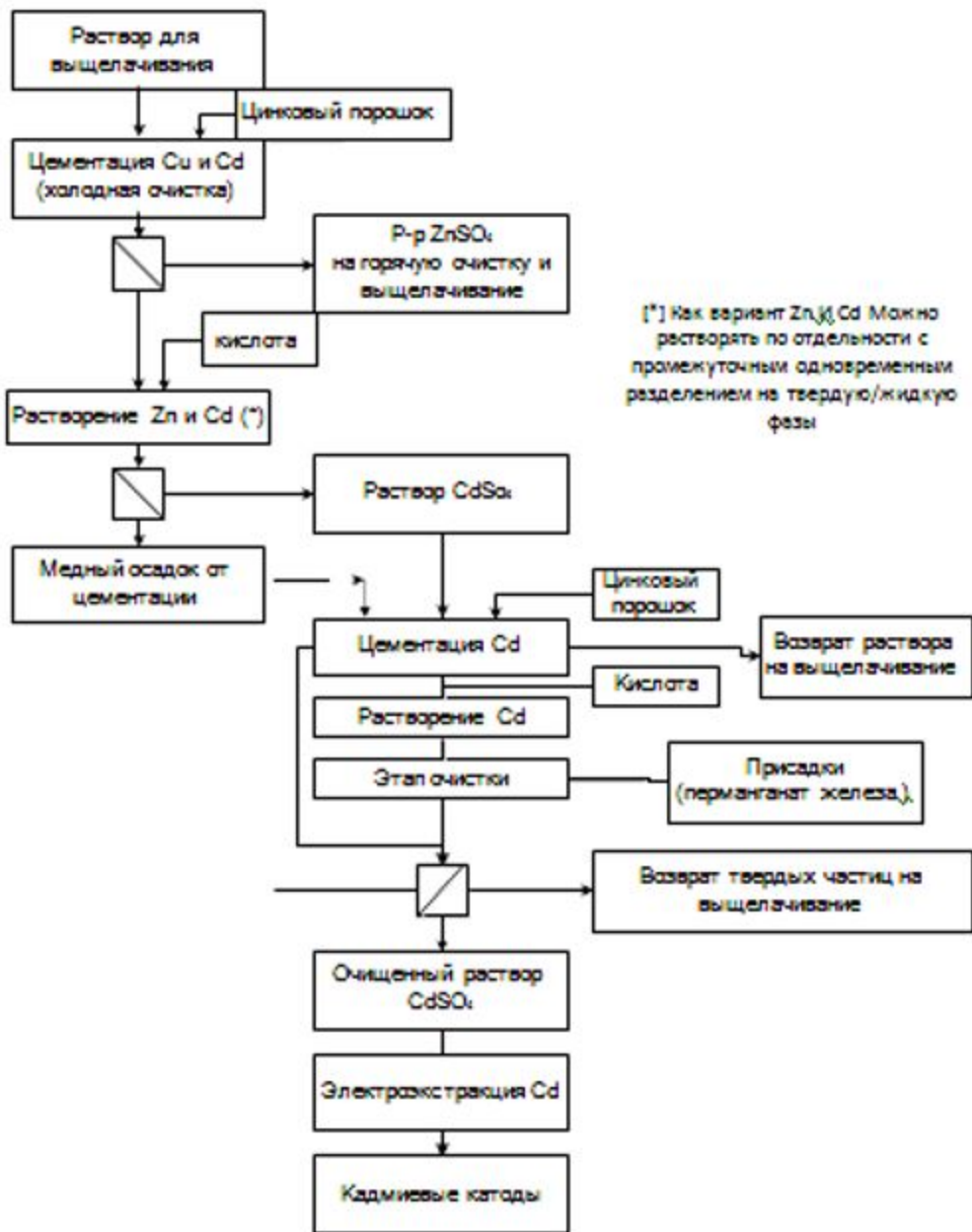


Рисунок 3.9. Схема процесса производства кадмия-завод В

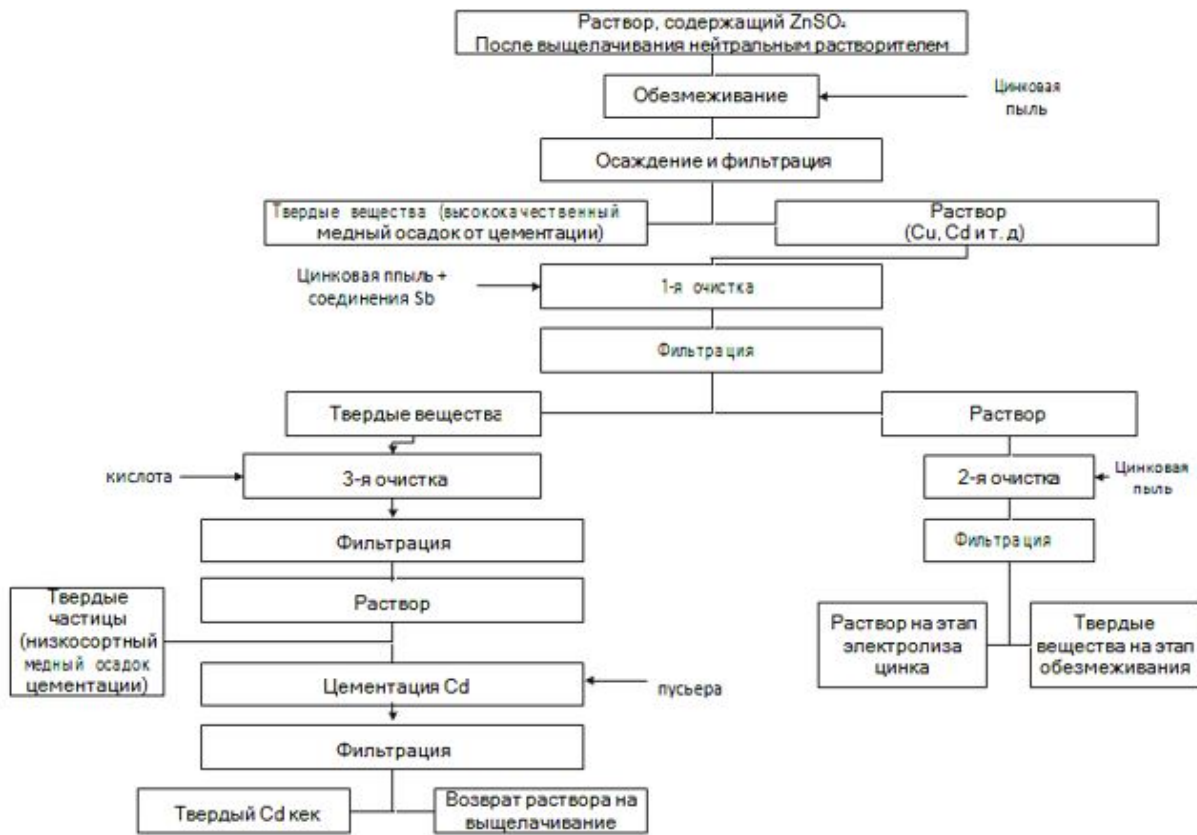


Рисунок 3.10. Технологическая схема очистки, включая производство кадмия – завод С

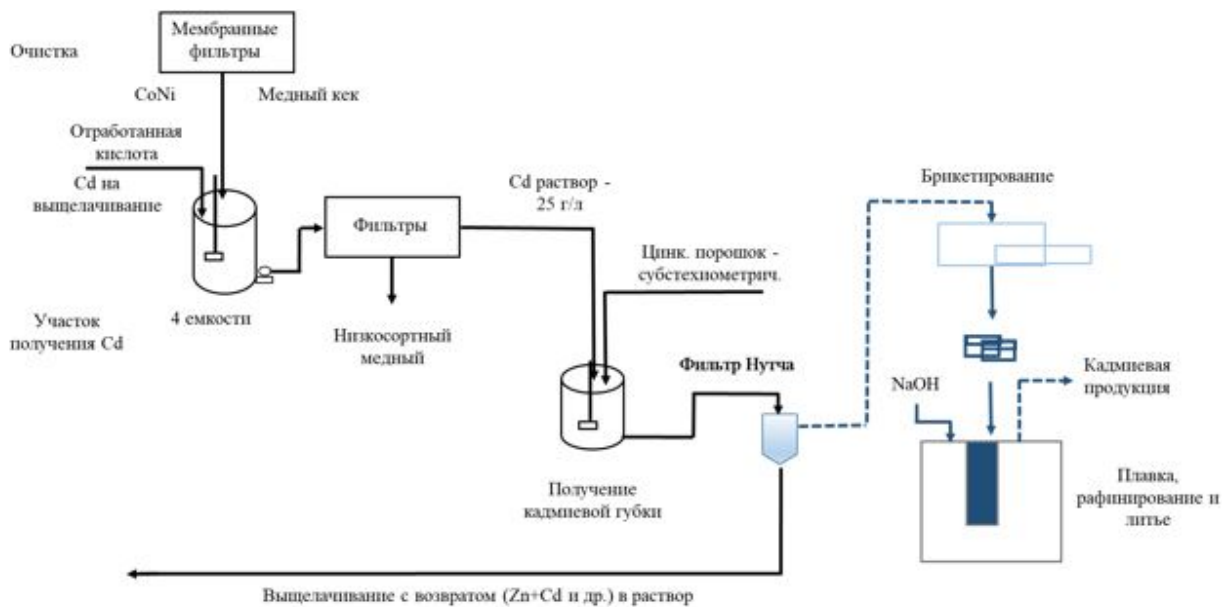


Рисунок 3.11. Схема процесса производства кадмия-завод D

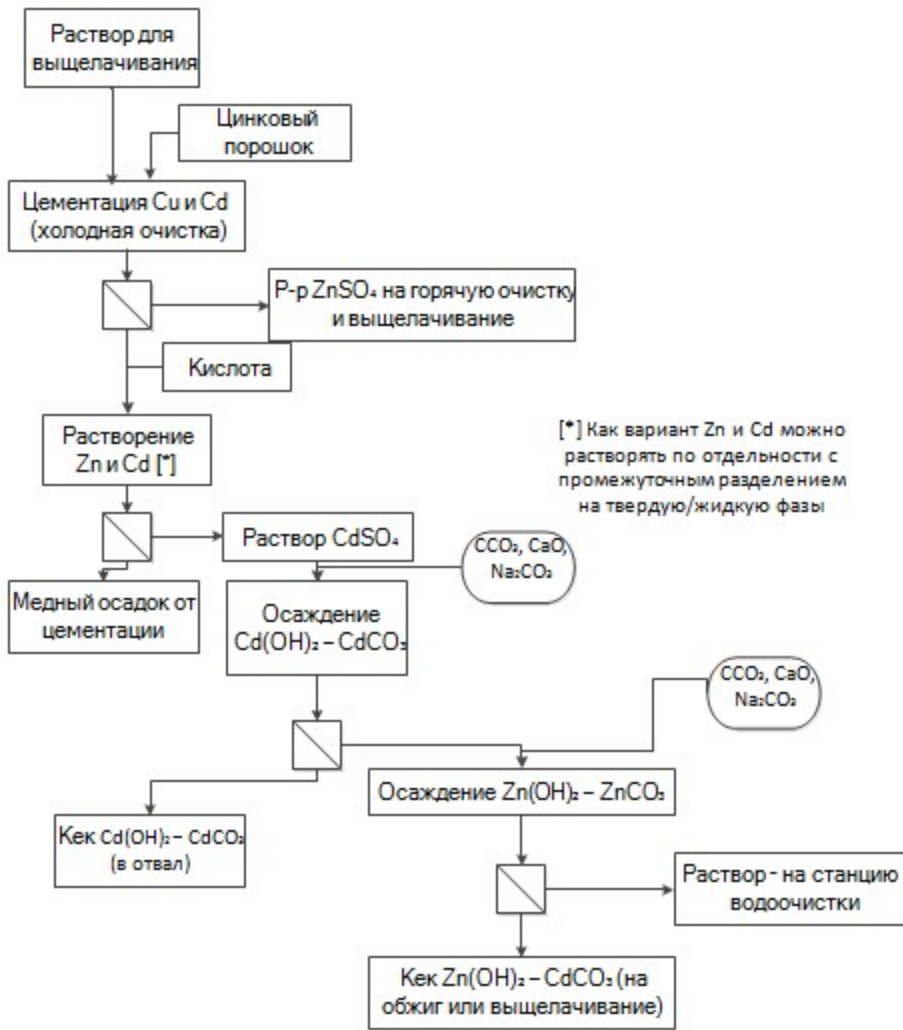


Рисунок 3.12. Схема процесса производства кадмия-завод Е

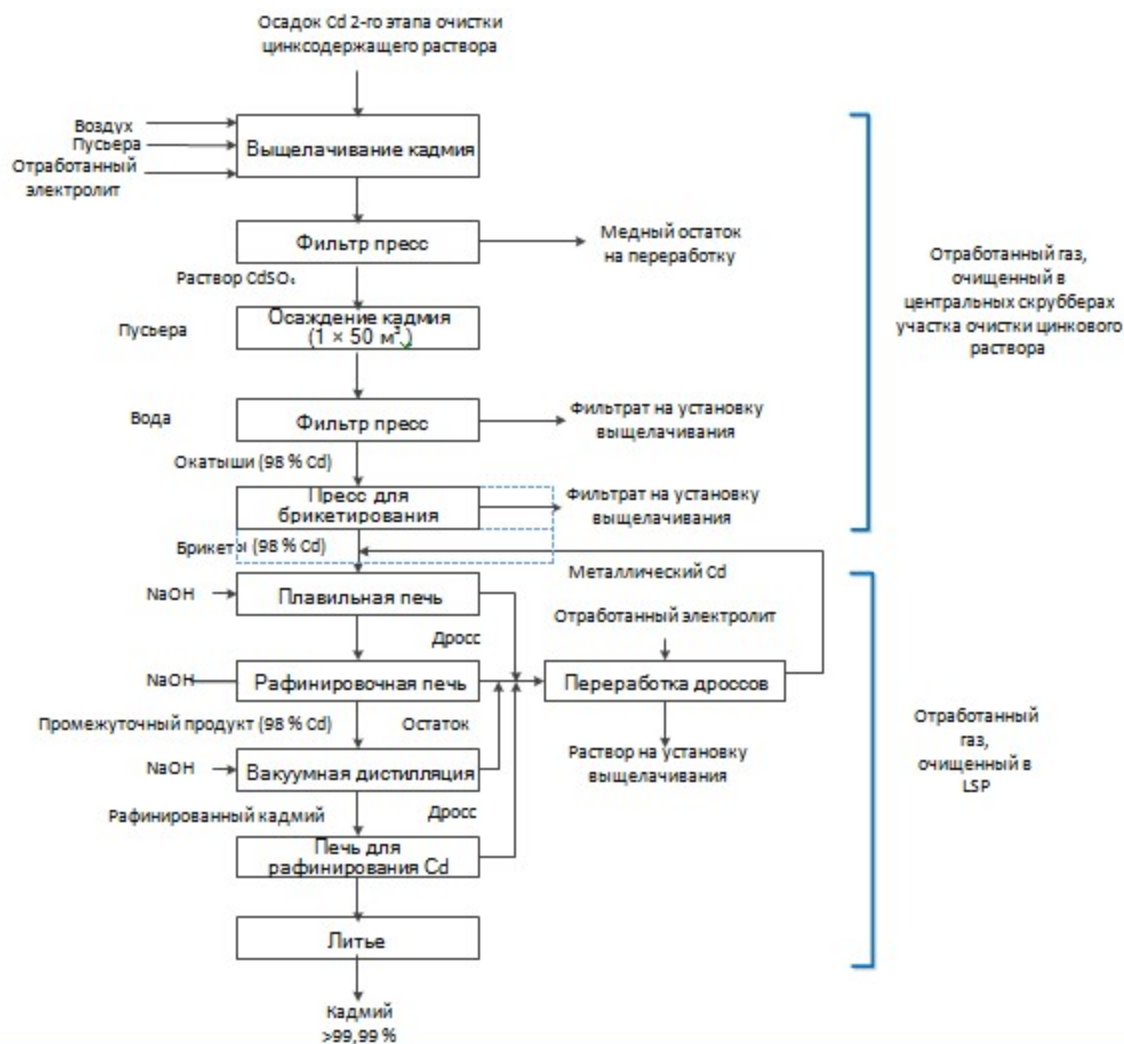


Рисунок 3.13. Схема процесса производства кадмия- завод F

Другим важным источником получения кадмия является переработка использованных никель-кадмиевых аккумуляторных батарей. Существует два типа аккумуляторных батарей: бытовые герметичные батареи и промышленные негерметичные батареи.

Основными компонентами данных аккумуляторных батарей являются:

анод: Cd;

катод: NiOH на стальной сетке;

мембраны и сепараторы: полимерные материалы и бумага;

оболочка: сталь и пластмасса;

электролит: KOH.

Процесс переработки состоит из трех этапов:

1. Сортировка.

Промышленные и бытовые аккумуляторные батареи необходимо идентифицировать и отсортировать, чтобы минимизировать количество примесей. Качество сортировки определяет чистоту извлекаемого кадмия и фракции NiFe.

2. Подготовка к переработке кадмия.

Использованные промышленные негерметичные аккумуляторные батареи. Из промышленных аккумуляторов сливают жидкий гидроксид калия и разбирают их вручную. Все содержащие кадмий детали направляются на дистилляцию кадмия. Прочие компоненты (электролит, полимеры, Fe и Ni) идут на вторичную переработку. Разборка выполняется в закрытом помещении. Вентиляция воздуха осуществляется через кассетный фильтр.

Использованные бытовые герметичные аккумуляторные батареи. Бытовые аккумуляторные батареи, которые обычно представляют собой аккумуляторы от бытовых электроинструментов и приборов в пластиковых корпусах, обычно подвергаются механической обработке для отделения пластиковой оболочки. Отделенный пластик идет на производство пластмасс или продается в качестве горючего материала.

Оставшиеся органические фракции и вода удаляются методом пиролиза при температуре 400 – 500 °С. Цель процесса - испарение воды, разложение органической фракции методом термического крекинга и ее отделение путем выпаривания из металлической фракции. Оставшаяся металлическая фракция направляется в процесс дистилляции.

Пиролиз выполняют при электронагреве или нагреве пропаном. Перед выпуском в атмосферу отходящие газы фильтруются. Разложенные углеводороды можно извлекать путем конденсации в виде маслянистых веществ, которые продаются в качестве горючих материалов или сжигаются в камере дожигания с извлечением тепла. При применении камеры дожигания используют различные методы газоочистки (например, мокрый скруббер, рукавный фильтр, активный угольный фильтр).

3. Дистилляция кадмия.

Из металлической фракции извлекают кадмий методом дистилляции. Для восстановления оксидов добавляют восстанавливающий агент (кокс). Дистиллированный кадмий имеет чистоту 99,95 %. Конденсированный жидкий кадмий можно обрабатывать путем погружения в воду для получения окатышей или отливать в чушки.

Оставшаяся металлическая фракция содержит Ni и Fe с очень небольшим количеством Cd. При необходимости фракцию Ni-Fe можно гомогенизировать путем плавки. Остаточную фракцию Ni-Fe продают производителям нержавеющей стали.

4. Общие НДТ 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.

Под общими НДТ следует понимать методы, а также связанные с ними уровни выбросов и потребления ресурсов, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Основополагающими этапами определения методов, направленных на снижение негативно воздействия на окружающую среду, рассматриваемых в данной главе, являются:

- определение ключевых экологических проблем;
- изучение методов, наиболее подходящих для решения этих ключевых проблем;
- выбор наилучших доступных имеющихся методов.

При определении наилучших доступных техник 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).

Методы могут быть представлены по отдельности или в комбинации для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в отраслях, входящих в сферу действия данного документа.

4.1. Повышение интеграции производственных процессов

Описание

Использование, расширение и углубление производственно-технологических связей в совместном использовании ресурсов.

Техническое описание

Примером интеграции производственных площадок 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. Применительно к производству цинка и кадмия плюсы интеграции состоят в следующем:

- получение цинка и кадмия из промпродуктов свинцового и медного производства;
- использование промпродуктов цинкового передела;
- использование в качестве сырья для производства серной кислоты, отходящих серосодержащих газов плавильных печей;
- переработка возгонов с использованием шлаковозгоночной установки в цинковом производстве.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей, таких как снижение выбросов диоксида серы, предотвращение и/или снижение количества образующихся твердых остатков, которые могут быть классифицированы как отход.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность используемой в связке сернокислотной установки находится на уровне 99 %. Эффективность новой сернокислотной установки по проекту канадской фирмы SNC Lavalin с применением передовой технологии двойного контактирования – двойной абсорбции, разработанной бельгийской компанией Meecs, находится на уровне 99 %. С вводом в эксплуатацию в 2014 году выбросы диоксида серы в целом по предприятию УМКК были снижены в два раза (с 69 до 34 тысяч тонн в год).

Кросс-медиа эффекты

При повышенном содержании мышьяка в промпродуктах, направляемых на медное производство, увеличивается циркуляционная нагрузка этого вещества между цинковым и медным заводами, что приводит к риску получения некачественной товарной продукции. Это обусловлено тем, что мышьяк по химическим свойствам тяготеет к меди. Необходима дополнительная переработка медных съёмов цинкового производства с целью снижения в них содержания мышьяка, например, электротермическая плавка медных шликеров, с получением тиосолей мышьяка. В дальнейшем мышьяк может быть выведен из производства в виде нетоксичного сульфида мышьяка.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для новых установок. Применимость в отношении действующих производств может быть ограничена высокими финансовыми затратами.

Экономика

Строительство медеплавильного и сернокислотного, а также реконструкция действующего свинцового и их "связка" были реализованы в рамках проекта "Новая металлургия" УМКК ТОО "Казцинк", в реализацию которого компания вложила свыше 800 млн. долларов США.

Еще одним примером межотраслевого взаимодействия можно назвать реализацию проекта по производству сульфата аммония на базе ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод". Проект основан на оптимальной сырьевой обеспеченности, так как планируется использование 380 тыс. тонн собственной серной кислоты предприятия, получаемой в сернокислотном цеху при обработке технологических газов [5]

Движущая сила внедрения

Экологическое законодательство. Экономические выгоды.

4.2. Система экологического менеджмента

Описание

Система, отражающая соответствие деятельности объекта целям в области охраны окружающей среды.

Техническое описание

Эффективность реализации мероприятий в области экологического менеджмента зависит и от степени экологической подготовки сотрудников. Для достижения экологических целей и задач руководству предприятия необходимы знания сотрудников в области охраны окружающей среды. Уровень и глубина обучения сотрудников должны зависеть от выполняемых заданий. Для обеспечения компетентности персонала необходимо определить необходимый объем знаний и навыков, а также оценить потребности в обучении и информировании различных категорий персонала с точки зрения необходимых сведений, методов подготовки, критериев компетентности. Наиболее удобным для обучения большинства категорий (рабочих, руководителей низшего звена) является использование собственных специалистов, обученных внедрению системы экологического менеджмента, для применения "каскадного" метода обучения. Контроль в системе экологического менеджмента связан с получением информации о соответствии деятельности в рамках системы экологического менеджмента с существующими экологическими требованиями, разработанной экологической стратегией и политикой, поставленными экологическими целями и задачами, а также с выявлением любых возникших отклонений от требуемого или намеченного. Необходимыми условиями результативности системы экологического менеджмента, которые обеспечивают возможность для ее пересмотра и последовательного улучшения, являются выявление несоответствий, их устранение, разработка и внедрение мер, которые бы обеспечивали предотвращение таких несоответствий в будущем. Выявленные несоответствия необходимо документировать, проанализировать, установить или предположить причины их появления, предложить и внедрить корректирующие и предупреждающие действия.

Подразумевает, но не ограничивается:

- 1) приверженность руководства, включая высшее руководство;
- 2) формулирование экологической политики, которая включает постоянное совершенствование установки со стороны руководства;
- 3) планирование и введение необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;
- 4) выполнение процедур с особым вниманием к следующему:
- 5) контроль производительности и принятие корректирующих мер с особым вниманием к следующим аспектам:
 - анализ СЭМ и ее постоянной пригодности, достаточности и эффективности со стороны высшего руководства;
 - отслеживание разработки более экологичных технологий;

учет воздействия на окружающую среду в результате вывода установки из эксплуатации на этапе проектирования новой установки и в течение всего срока ее эксплуатации;

регулярный сравнительный анализ по отрасли.

Достиженные экологические выгоды

Четкое соблюдение нормативных требований, применяемых к деятельности организации, помогает упрочить отношения с местными органами управления, снизить риск штрафных санкций, уменьшить выплаты за наносимый экологический ущерб, повысить качество выпускаемой продукции, внедрить современные технологии. Экономия сырьевых и энергетических ресурсов незамедлительно приводит, с одной стороны, к снижению воздействия на окружающую природную среду, с другой — к появлению неиспользованных экономических возможностей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Предотвращение негативного воздействия на окружающую среду во многом зависит от правильного ведения технологического процесса, выполнения технологических и иных производственных операций, а также надлежащего уровня информированности персонала в области экологической безопасности, соответствующего выполняемым работам и уровню ответственности.

В 2006 году Западно-Сибирский комбинат металлургии прошел сертификацию по стандартам ИСО 14001. На существующее положение предприятие имеет эффективную систему управления природоохранной деятельностью, которая направлена на разрешение экологических проблем, в процессе которой принимают участие все сотрудники: от управляющего до рабочего. Налаженная система управления позволяет снизить выбросы в атмосферу, в природные водоемы и предотвращает загрязнения почв за счет повышения:

дисциплины технологии;

использования современных технологий;

внедрения технического перевооружения.

Так, например, переход плавильного производства стали на прогрессивную технологию непрерывной разливки способствует снижению вредных выбросов в атмосферный воздух на 5,3 тыс. тонн в год [6].

Кросс-медиа эффекты

Отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизированная или не стандартизированная) будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения СЭМ являются:

улучшение экологических показателей;

совершенствование основы для принятия решений;

более глубокое понимание экологических аспектов деятельности предприятия, которое может быть использовано для выполнения экологических требований регулирующих органов, страховых компаний или других заинтересованных сторон (общественность);

повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции;

снижение ответственности, страхования и затрат на несоблюдение требований.

4.3.1 Управление энергопотреблением

4.3.1. Повышение эффективности использования энергии: использование комбинации двух или более методов, приведенных ниже.

Описание

Метод/оборудование

1) система управления энергоэффективностью (например, в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 и национального стандарта СТ РК ISO 50001 – 2019);

2) использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов;

3) использование отходов в качестве топлива или восстановителя;

4) низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой;

5) теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах;

6) использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями;

7) системы контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов;

8) использование тепла, выделяемого при производстве серной кислоты из диоксида серы, для предварительного нагрева газа, направляемого на установку производства серной кислоты или для выработки пара и/или горячей воды;

9) регенеративный термический окислитель.

Техническое описание

1. Техника состоит во внедрении и поддержании функционирования СМЭЭ. [7].

Функционирование СМЭЭ может быть обеспечено посредством реализации в составе существующей системы менеджмента (например, системы экологического менеджмента, далее – СЭМ) или создания отдельной системы менеджмента

энергоэффективности. Перечень элементов системы энергетического менеджмента представляет собой полный набор требований в части управленческих методов достижения высокой энергетической результативности.

2. Использование избыточного низкопотенциального тепла (например, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов [8].

Все пирометаллургические процессы производят тепло в виде горячих газов или горячей воды. Варианты извлечения низкопотенциального тепла всегда представляли сложную проблему ввиду своей ограниченности. Тепло может быть извлечено из жидкостей при температуре около 55 °С, и далее приведены два примера.

Примером является применение теплового насоса.

Тепловой насос использует низкопотенциальное тепло оборотной воды системы водооборота металлургического завода для нагрева исходной воды на станции химводоочистки. Кроме того, тепловой насос захлаживает оборотную воду с 29 – 15 °С, которая затем повторно используется на вакуум-испарительной установке электролизного цеха цинкового завода, замещая частично свежую артезианскую воду.

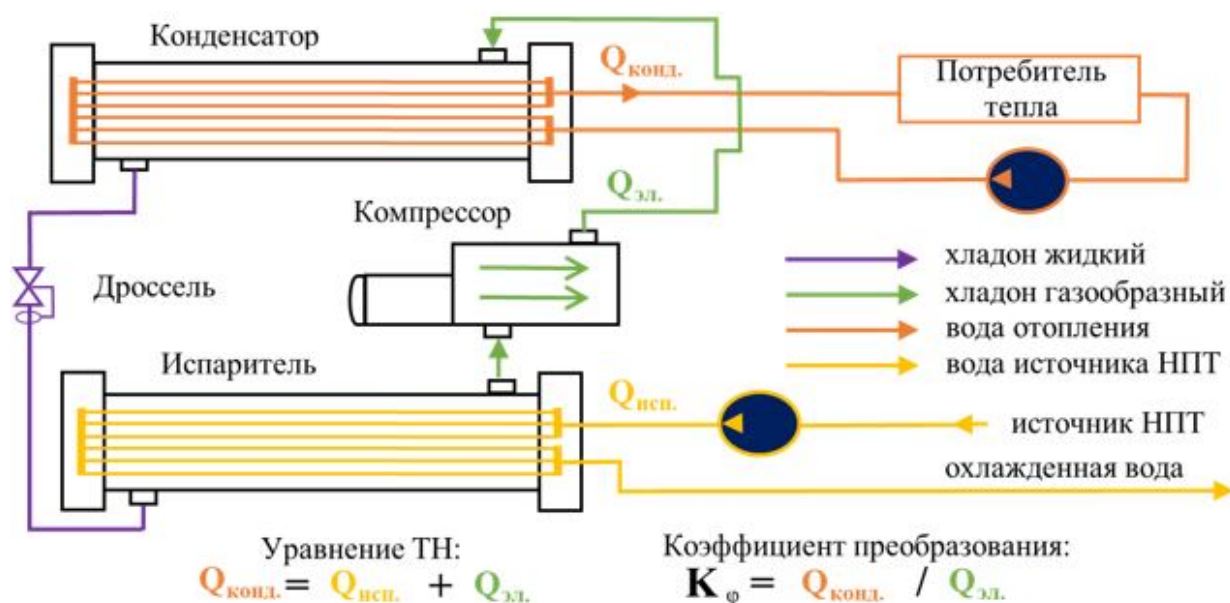


Рисунок 4.1. Принцип работы теплового насоса

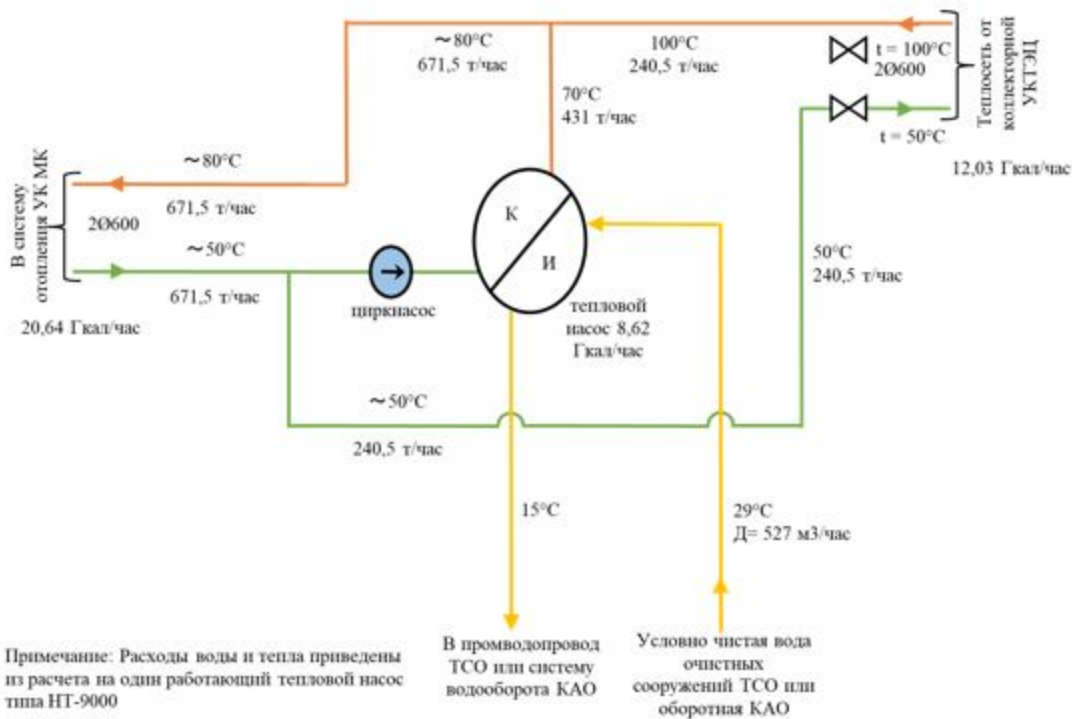


Рисунок 4.2. Схема утилизации низкопотенциального тепла систем водооборота УКЭ с использованием тепловых насосов

Использование тепла систем водооборота

Первым примером является использование воды при распылительном охлаждении металлургического шлака, которая собирается в отстойнике и проходит через теплообменник для нагрева контура, в котором используется этиленгликоль. Пользователи низкопотенциального тепла могут выделять тепло из контура через другой теплообменник.

Во втором примере низкопотенциальное тепло используется для выработки электроэнергии, что обеспечивает возможность производить электричество из нагретой сточной воды при температуре 85 °С и выше.

3. Использование отходов в качестве топлива или восстановителя [13].

Традиционные виды топлива или восстановители могут быть заменены отходами. В цветной металлургии в качестве топлива или восстановителей используются различные виды отходов. Поскольку этот метод предусматривает сжигание отходов, установка должна соответствовать требованиям Директивы по сжиганию отходов.

Зачастую отходы могут использоваться только после завершения определенных этапов предварительной обработки для получения специальных видов топлива для процесса горения.

Отдельные отходы с извлекаемой низшей теплотворной способностью, такие как отработанное масло, растворители и пластмассы, ветошь, отработанные фильтровальные рукава могут использоваться в качестве топлива для замены обычных ископаемых видов топлива при условии, что они соответствуют определенным

техническим условиям и характеристикам. Различные критерии играют решающую роль в выборе отходов, используемых в качестве топлива, поскольку они могут влиять на режим работы печи и выбросы.

Для гарантии характеристик отходов, используемых в качестве топлива, требуется применение системы обеспечения качества. В частности, такая система должна включать положения, касающиеся отбора и подготовки проб, анализа и внешнего мониторинга. Более полезную информацию можно найти в технических спецификациях Европейского комитета по стандартизации, например, CEN/TC 343 "Топливо из твердых бытовых отходов".

Еще одним примером использования отходов в качестве вторичного энергоресурса является опыт переработки шлака вельцевания (клинкера) на установке магнитной сепарации с получением металлосодержащей (магнитной) и углеродсодержащей (немагнитной) фракции. Магнитная фракция направляется на доизвлечение ценных компонентов, немагнитная используется для замены части ископаемого топлива.

4. Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой [13].

Раздельная сушка концентратов и вторичного сырья при низких температурах сокращает потребность в энергии. Это связано с объемом энергии, необходимой для перегрева пара в плавильной печи, и значительным увеличением общего объема газа при производстве пара. Большой объем газа увеличивает количество тепла, отводимого из печи, и, следовательно, размер вентилятора, необходимого для работы с увеличенным объемом газа. В некоторых случаях сушка может быть обусловлена необходимостью поддержания минимального уровня влажности для предотвращения выбросов пыли и (или) самовозгорания.

Горячие газы, образующиеся при плавке или обжиге сульфидных руд, почти всегда проходят через паровые котлы. Получаемый пар может использоваться в технологическом процессе, для производства электроэнергии. Помимо генерации электроэнергии пар используется в процессе сушки концентрата, а остаточное тепло используется для предварительного подогрева воздуха, поступающего для поддержания горения. Во многих обстоятельствах предварительная сушка сырья обеспечивает энергосбережение, потому что скрытое тепло, аккумулируемое в образующемся паре, не теряется, кроме того, уменьшается объем газов, следовательно, вентиляторы и газоочистки тоже могут быть меньшими по размеру и потреблять меньше энергии.

5. Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах [13].

Источники низкопотенциальной энергии от множества технологических агрегатов пока не нашли широкого применения в промышленности. Это тепло воды, охлаждающей арматуру печей, тепло внешней поверхности печей, тепло воздушных потоков, циркулирующих в межпечном пространстве. Энергетические объекты сбрасывают тепло воды, которая охлаждается на градирнях, поступает в оборотные

системы воды и теплоснабжения. Большое количество вспомогательного оборудования, имеющего высокую температуру стенок, охлаждается на воздухе, их тепло рассеивается в атмосфере. Значительные тепловые потоки образуются при остывании промежуточной и конечной продукции, при остывании жидких и твердых отходов производства (шлаки, шламы). Их тепло пока не утилизируется в полной мере. В качестве хладагентов используются вода, воздух, масло, химические смеси. Их температура невысока, однако такое тепло можно использовать в практических целях. В ряде случаев вода является участницей технологического процесса.

Пароиспарительное охлаждение различных конструкций высокотемпературных агрегатов – это уникальный способ, дающий возможность получать пар, одновременно охлаждая различные детали печей. В случае испарительного охлаждения печей используется скрытая теплота парообразования для отвода тепла от охлаждаемых деталей. Холодная охлаждающая вода заменяется кипящей пароводяной смесью, коэффициент теплоотдачи которой значительно выше. Создается возможность создавать различные энергетические циклы при использовании пароиспарительного охлаждения деталей печей. Пароиспарительное охлаждение дает возможность получить пар там, где ведутся технологические процессы с высоким температурным уровнем. Агрегаты, где можно охлаждать детали и получать пар, достаточно разнообразны. Это печи кипящего слоя сернокислотного производства; шахтные, плавильные, фьюминговые печи цветной металлургии и т.д. Пар практически получается при охлаждении всех внешних поверхностей высокотемпературных агрегатов.

Имеется положительный опыт применения (теплоизоляция термосифонов печей " кипящего слоя" с получением дополнительного пара).

6. Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями [13].

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными двигателями (ЭЭД) и приводами переменной скорости представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться в контексте всей системы, в которой используются двигатели; в противном случае существуют риски:

потери потенциальных выгод от оптимизации способа эксплуатации и размера систем и, как следствие, от оптимизации потребностей в электроприводах;

потерь энергии в результате применения приводов переменной скорости в неподходящем контексте.

К основным системам, в которых используются электродвигатели, относятся:

системы сжатого воздуха;

насосные системы;

системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;

системы охлаждения.

Техника состоит в применении установленной последовательности шагов по оптимизации электроприводов.

7. Системы контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов [13].

Улучшение энергетической результативности предполагает постоянный контроль за работой оборудования, входящего в список значимых энергопотребителей. Операционный контроль представляет собой определение и планирование деятельности по техническому обслуживанию оборудования и установок, связанных со значительным потреблением энергии. Для этого в отношении такого оборудования определяются критерии его результативного функционирования (операционные параметры) и поддержания в рабочем состоянии, в то время как их отсутствие или несоблюдение могут привести к потерям энергии и отклонениям от планируемой энергорезультативности.

Поддержание систем и оборудования в рабочем состоянии требует четкого формирования процедур и планов технического обслуживания, инвентаризации действующих в настоящее время процедур по обслуживанию, технических проверок, соответствующего обучения персонала.

8. Использование тепла, выделяемого при производстве серной кислоты из диоксида серы, для предварительного нагрева газа, направляемого на установку производства серной кислоты, или для выработки пара и/или горячей воды [13].

Производство серной кислоты из диоксида серы, образующегося на стадиях обжига цинковых концентратов, — экзотермический процесс, включающий несколько стадий охлаждения газа. Для повышения эффективности использования энергии применяются техники, направленные на использование избыточного тепла, образующегося в результате плавки и производстве серной кислоты.

В процессе реакции окисления диоксида серы происходит выделение тепла. Тепло, выделяемое в процессе реакции, используется для нагревания газа, поступающего на окисление.

Основным направлением в плане повышения энергоэффективности производства серной кислоты является максимальное использование тепла химических реакций, протекающих в процессе.

Пример рекуперации тепла при производстве серной кислоты.

SolvR® - система регенеративного извлечения SO₂ из отходящих газов, способная достичь почти нулевых выбросов. Запатентованная технология установки серной кислоты MECS® MAX3™ упрощает традиционную схему потока установки серной кислоты за счет объединения одной абсорбционной системы рекуперации тепла (HRS™) с MCS® Технология регенеративной очистки SO₂ SolvR®, тем самым устраняя

оборудование, сокращая затраты и повышая эффективность. Технология регенеративной очистки SO_2 SolvR[®] использует те же принципы, что и проверенная технология MECS ClausMaster[™], но с улучшенным растворителем, который снижает затраты и повышает эффективность.

Различные, общедоступные конструкции сернокислотных установок имеют свои относительные достоинства и недостатки. Революционные отличия и преимущества, предлагаемые полностью интегрированной схемой потока MAX3[™] с одним поглощением, четко показаны на диаграмме ниже.

Процесс регенеративной абсорбции SO_2 SolvR[®]



Рисунок 4.3. Процесс регенеративной абсорбции SO_2 SolvR[®]

Ключевые преимущества:

эффективный растворитель;

пар высокого давления $\geq 1,5$ тонны пара/тонна кислоты при 45 бар, 400 °С;

пар среднего давления $\approx 0,3$ тонны пара/тонны кислоты при насыщении 10 бар;

снижение выбросов SO_2 до < 20 ppmv;

снижение или поддержание использования охлаждающей воды, эквивалентное конструкции HRS[™] с двойным поглощением;

снижение энергопотребления ~ 10 % по сравнению с установкой двойной абсорбции;

сокращение использования каустиков/химикатов на ~ 50 % по сравнению с установкой двойной абсорбции со скруббером хвостового газа (или на 95 % по сравнению с одной абсорбционной установкой со скруббером хвостового газа);

снижение или поддержание общих капитальных затрат по сравнению с конструкцией HRS™ с двойным поглощением со скруббером хвостового газа для удовлетворения низких выбросов SO₂;

сокращение времени строительства месторождения благодаря модульной поставке системы SolvR®.

Система рекуперации тепла при производстве серной кислоты MECS американской технологии DuPont означает эффективное производство с парогенератором высокого и промежуточного давления и промежуточного давления для производства электроэнергии и обеспечения тепла для завода. Это целый набор уникальных технологий, в том числе технологии восстановления тепла, выполненных по принципиально новой упрощенной схеме. В результате предприятие сможет генерировать свыше 1,5 тонн пара высокого давления на каждую тонну кислоты, что на 25 % выше показателей комплексов, выполненных по традиционной схеме. Благодаря регенеративной технологии второго поколения SolvR® новый комплекс сможет кардинально снизить выбросы оксидов серы.

MECS MAX₃ является наиболее технологически передовым решением компании DuPont, предлагаемым производителям серной кислоты. Данная технология обеспечивает высокий уровень рекуперации тепла, эффективности выбросов и рентабельности затрат.

9. Регенеративный термический окислитель [13].

Регенеративная горелка-дожигатель или РТО представляют собой систему сжигания, в которой применяется процесс регенерации для использования тепловой энергии в газе и соединениях углерода с помощью огнеупорных вспомогательных оснований. Для изменения направления потока газа для очистки основания требуется система коллектора.

Каталитическая горелка-дожигатель или ТКО представляют собой систему сжигания, в которой происходит распад на поверхности металлического катализатора при более низких температурах, обычно от 350 до 400 °С.

В промышленности используются несколько систем сжигания для окисления СО, пыли или газообразного углеродистого материала в потоке газа.

Высокотемпературные горелки-дожигатели, также называемые термическими окислителями, в которых газы нагреваются до температуры от 850 до 1000 °С и выдерживаются в течение, как минимум, 0,5 секунды (при условии отсутствия хлорированных компонентов), что приводит к разрушению присутствующих ЛОС. В горелках-дожигателях используется система горения (не обязательно на непрерывной основе).

Регенеративные горелки-дожигатели, также называемые РТО, в которых применяется регенеративная система для использования тепловой энергии в газе и

углеродных соединениях с помощью огнеупорных вспомогательных оснований. Для изменения направления потока газа для очистки основания требуется система коллектора.

Каталитические горелки-дожигатели, также называемые ТКО, в которых происходит распад на поверхности металлического катализатора при более низких температурах, обычно от 350 до 400 °С.

Печи, предназначенные для сжигания отходящих газов, например, избыточного СО, для извлечения энергии.

Вертикальную шахту или выходную часть печи можно использовать в качестве горелки- дожигателя, если на данном этапе добавить дополнительный кислород.

Горелки-дожигатели уничтожают органические соединения, в том числе ПХДД/Ф, путем термического окисления. В данном процессе требуется дополнительная энергия, которая в зависимости от используемого источника энергии вырабатывается при выбросах СО₂, NOX и SO₂.

Горелки-дожигатели являются особенно полезными при выполнении операций по удалению масла и покрытия, во время которых могут вырабатываться органические соединения в высоких концентрациях. Присутствие этих компонентов в печи приводит к выработке большого объема продуктов сгорания и очень короткому времени выдерживания в печи и, следовательно, к выбросу частично сожженных газов.

Правильно спроектированные, сконструированные и подобранные по размеру для конкретного применения установки представляют собой методы, применяемые для удаления ЛОС, ПХДД/Ф, органических и углеродистых частиц или горючих газов, например, СО или Н₂. По мере возможности следует использовать рекуперацию тепла. Ниже приведены основные требования к эффективному сжиганию в горелке-дожигателе.

Достаточное время выдерживания в камере сгорания или в регенеративной системе; этот период времени должен быть достаточно продолжительным при наличии достаточного количества кислорода для обеспечения полного сгорания. Для эффективности разрушения на уровне 99 % требуемое время выдерживания составляет обычно две секунды при соответствующей температуре в зависимости от наличия хлорированных соединений. Более короткое время выдерживания и более низкие температуры могут также привести к полному разрушению ЛОС и ПХДД/Ф, но этот процесс должен быть проведен на локальном уровне в реальных рабочих условиях. Газы необходимо быстро охладить с помощью температурного интервала реформирования ПХДД/Ф. Перемешивание необходимо для обеспечения эффективного переноса тепла и массы в зоне горения и предотвращения появления

холодных пятен. Обычно это достигается с использованием горелок, которые генерируют вихревое пламя горения, а также путем установки перегородок в камере горения.

Рабочая температура составляет 200 - 400 °С выше температуры самовоспламенения самого стабильного вещества, поэтому минимальная рабочая температура должна быть выше 850 °С. Если в газовом потоке содержатся хлорированные вещества, температуру необходимо увеличить до 1100 – 1200 °С, а для предотвращения преобразования ПХДД/Ф требуется быстрое охлаждение дымовых газов.

Работа каталитических установок при более низких температурах. Для работы факельных установок требуются вихревое движение, воздух и источник воспламенения. При необходимости можно добавлять дополнительное топливо.

Микропроцессорное управление пропорции воздуха и топлива в горелках для оптимизации сгорания.

Демонстрация эффективности комбинации оборудования, рабочей температуры и времени выдерживания для подтверждения эффективного разрушения материалов, присутствующих в подаваемом газе.

Достигнутые экологические выгоды

1. Снижение энергопотребления, а также воздействия на окружающую среду.
2. Извлечение тепла и предотвращение выделения тепла.
3. Выбор видов отходов, используемых в качестве топлива, основан на ряде взаимосвязанных соображений, включая следующие основные моменты:
 - сокращение выбросов, например, CO_2 , получаемого из ископаемых видов топлива;
 - сокращение использования природных ресурсов, например, ископаемых видов топлива;
 - сокращение расстояния транспортировки;
 - предотвращение захоронения отходов на полигоне;
 - безопасный способ восстановления отходов.
- 4 - 6, 8. Улучшение управления энергопотреблением, т.е. энергосбережение.
7. Снижение энергопотребления, а также воздействия на окружающую среду.
9. Сокращение выбросов органических соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

1. Зависят от конкретного объекта.
2. Эксплуатируется с 1999 г. Низкопотенциальным теплоносителем (условно чистая вода, оборотная вода) с температурой 29 С поступают в испаритель теплового насоса, где охлаждается до 15 С, после чего направляются в сеть промышленного водоснабжения или систему водооборота.

Высокопотенциальным теплоносителем является обратная сетевая вода систем отопления, которая с температурой 50 С поступает в конденсатор теплового насоса, где нагревается до температуры 70 С, затем смешивается с прямой сетевой водой УКТЭЦ (100 С) до температуры 80 С и далее подается потребителям через существующую сеть.

Возможен также вариант подогрева воды после теплового насоса в водо-водяном подогревателе (бойлере) с использованием той же теплофикационной воды УКТЭЦ.

3. В зависимости от характеристик, таких как, например, высокие концентрации металлов, отходы, используемые в качестве топлива, могут влиять на выбросы.

В ходе исследования "Оценка применения и возможная разработка муниципального законодательства для контроля за сжиганием и совместным сжиганием отходов" было определено шесть заводов в сфере цветной металлургии, которые используют отходы в качестве топлива. Исследование было проведено институтом Окополь по поручению Европейской комиссии в 2007 году.

Отходы, используемые в качестве топлива в цветной металлургии, имеют высокую чистую теплотворную способность, например, отработанное масло с чистой теплотворной способностью 37 МДж/кг и растворители с чистой теплотворной способностью 26 МДж/кг.

Во вращающейся печи установки для обжига никеля в Австрии вместо традиционных видов топлива используются отработанные масла и растворители.

На одном из заводов в Казахстане ископаемое топливо частично заменяют немагнитной фракцией, образующейся в процессе переработки шлака вельцевания (клинкера).

4 – 8. Зависят от конкретного объекта.

9. 95 – 99 % очистки ЛОС/опасных загрязнителей воздуха.

Кросс-медиа эффекты

1. Не ожидается.

2. Как правило, энергосбережение, достигнутое в рамках одной из подсистем, реализуется и на уровне системы в целом, однако если при оптимизации не учитывается сторона производства/распределения энергоресурсов, возможна и иная ситуация. Например, сокращение потребления пара в одном из процессов может привести лишь к необходимости стравливания избыточного пара, если достигнутая оптимизация не учтена в системе производства и распределения пара.

3 – 9. Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

1. Любые организации, технологические процессы или системы.

2. Данный метод применим для комбинированных пиро- и гидрометаллургических заводов, использующих воду для охлаждения. Недостатком схемы является сезонность ее работы – только в отопительный период. Кроме того, необходимо учитывать описанные выше кросс-медиа эффекты.

3. В принципе, эти виды топлива могут использоваться, если обеспечивается полное сгорание органического вещества, а контроль за поступлением отходов и выбросами гарантирует низкий уровень выбросов, например металлов и диоксинов.

4. Применимо для процессов сушки сырья перед плавкой или обжигом

5. С учетом вышеописанных подходов НДТ могут быть отнесены для предприятий, где это применимо.

6. Общеприменимо. По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение ЧРП позволяет снизить расход электроэнергии на насосных агрегатах, вентиляторах, конвейерах, дробилках от 20 до 50 %, фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии в пределах 7 – 15 %. Дополнительно вопрос установки ЧРП должен индивидуально рассматриваться в каждом отдельном случае исходя из глубины регулирования технологического процесса, требований промышленной санитарии на рабочих местах (для вентиляторов приточно-вытяжной вентиляции).

7. Общеприменимо.

8. Применимо на предприятии с аналогичным процессом.

9. Применимость ограничена энергоемкостью отходящих газов, которые необходимо обрабатывать, поскольку отходящие газы с более низким содержанием энергии приводят к более высокому использованию топлива.

Экономика

1. Добросовестное выполнение требований в части управленческих методов достижения высокой энергетической результативности дает желаемый эффект вне зависимости от привлекаемых инвестиций и других сопутствующих мер.

2, 4. Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки). Распределение затрат на основе фактического энергопотребления.

3. По сравнению с использованием ископаемых видов топлива использование отходов в качестве топлива может снизить эксплуатационные затраты.

5. Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки).

На предприятиях фактические потери тепловой энергии через изоляцию паропроводов составляют 15 022 Гкал в год и превышают нормативные на 6 414 Гкал в год. Мероприятия по теплоизоляции позволят экономию в полном объеме. Экономия тепловой энергии при утеплении зданий АБК с классом энергоэффективности D и E, составляет 9 013 Гкал/год (67,7 млн. тенге/год). Утепление зданий предлагается осуществить путем монтажа вентилируемого фасада. Затраты составят 450 млн. тенге, срок окупаемости 6,7 лет.

6. Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки). Применение двигателей с частотно-регулируемым приводом (далее ЧРП) целесообразно при резко переменной нагрузке в зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. Применение частотно-регулируемого

электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха вытяжными системами на 6 – 26 %, приточными системами на 3 – 12 %, при этом срок окупаемости двигателей с ЧРП может составлять от 5 месяцев.

7. Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки). На заводе Augubis, г. Гамбург, инвестиционные затраты составили 10 млн. евро плюс около 7 млн евро на меры по улавливанию неорганизованных выбросов от анодной печи и разливочной машины. Потребление электроэнергии составляет 13,6 ГВтч/год.

8 – 9. Сокращение производственных затрат (зависит от конкретной установки).

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

1. Повышение эффективности деятельности предприятия в целом.

2. Повышение энергоэффективности.

3. Сокращение эксплуатационных и капитальных затрат, увеличение производительности.

4 – 9. Сокращение затрат. Обеспечение соответствия требованиям в области энергоэффективности.

4.4. Контроль технологических процессов

4.4.1. Методы контроля процессов

Описание

Совокупность методов контроля процессов и обеспечения бесперебойного и надежного хода технологического процесса.

Техническое описание

Технологический процесс и контроль за ним применяются к целому ряду процессов. Ниже приведено описание основных методов.

Проверка и выбор исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами и методами борьбы с загрязнением. К стандартным процедурам относятся следующие (большинство процессов подразумевают письменную форму):

проверка грузовых документов;

визуальная проверка соответствия доставленных материалов описанию, приведенному в контракте, и сопроводительным грузовым документам;

определение массы.

Проверка доставленных материалов для определения наличия каких-либо посторонних веществ, которые могут повлиять на окружающую среду или оборудование завода или причинить вред здоровью и безопасности:

визуальный осмотр,

выборочный проверочный анализ в зависимости от типа материала,

тест на радиоактивность;

приемка (или отбраковка) исходных материалов;
направление в зону хранения;
разгрузка, проверка и очистка транспортных средств,
если это необходимо; если необходимо и возможно:

сортировка посторонних веществ – возврат поставщику или соответствующая утилизация;

соответствующая обработка - при необходимости выполнение процесса "адаптации".

отбор репрезентативных проб для определения химического состава (путем аналитического анализа или определения гранулометрического состава) в технических или коммерческих целях.

Различные исходные материалы должны быть смешаны надлежащим образом для достижения оптимальной производительности процесса, повышения эффективности конверсии, сокращения выбросов во все компоненты окружающей среды, снижения потребления энергии, повышения качества и снижения уровня отбраковки продукции. Для определения правильных смесей сырьевого материала используются небольшие тигельные печи. Колебания влажности материала, загружаемого в печь, могут привести к значительному увеличению объема технологического газа относительно проектной аспирационной мощности, что приведет к неорганизованным выбросам.

Широкое применение получили системы взвешивания и учета исходного материала. Для этой цели широко используются весовые бункеры, ленточные весы и весовые дозаторы.

Для контроля скорости подачи материала, критических процессов и условий горения, а также добавления газов используются процессоры. Для управления процессами оцениваются перечисленные ниже параметры, а для критических параметров используются аварийные сигналы:

непрерывный мониторинг температуры, давления (или понижения давления) в печи, а также объема или расхода газа;

компоненты газа (O_2 , SO_2 , CO);

непрерывный мониторинг вибрации для обнаружения блокировок и возможных поломок оборудования;

мониторинг тока и напряжения электролитических процессов в режиме "онлайн";

мониторинг выбросов в режиме "онлайн" для контроля критических параметров процесса;

мониторинг концентрации кислоты и металлов в режиме "онлайн";

непрерывный мониторинг параметров гидromеталлургических процессов (например, pH, окислительно-восстановительный потенциал, температура);

отбор проб и анализ промежуточных и конечных растворов в гидрометаллургических процессах;

мониторинг и контроль температуры в плавильных печах для предотвращения образования металлов и оксидов металлов в результате перегрева;

мониторинг и контроль температуры электролитических ячейках для выявления горячих точек, которые указывают на короткое замыкание в ячейке.

Коэффициент кислорода в печи можно автоматически контролировать с помощью математической модели, которая позволяет прогнозировать изменения в составе подаваемого материала и температуры печи; данная модель может основываться более чем на 50 переменных процессов. В отрасли первичного алюминия математические модели также используются в сочетании с контролем условий работы ячеек для предотвращения анодных эффектов. В соответствии с докладом, начиная с 1990 года, выбросы МФУ сократились на 80 %. При производстве первичного цинка используется система автоматического управления процессом обжига для повышения стабильности слоя и сокращения количества эксплуатационных проблем, неорганизованных выбросов и остановок.

Технологические газы улавливаются с помощью герметичных или полугерметичных систем печи. Для обеспечения оптимальной скорости сбора газа и минимизации затрат на электроэнергию используются интерактивные вентиляторы с переменной скоростью.

Пары растворителя улавливаются и извлекаются по мере возможности с помощью герметичных реакторов или локального сбора паров с использованием охлаждающих установок или конденсаторов. Затем пары растворителя удаляются и сжигаются для предотвращения выбросов ЛОС и распространения запахов.

Операторы, инженеры и другие лица должны проходить регулярное обучение и оценку знаний в сфере использования инструкций по эксплуатации, описанных современных методов управления и значимости аварийных сигналов и действий, которые необходимо предпринять в случае нештатных ситуаций.

Уровни надзора оптимизируются для извлечения выгод из вышеперечисленного, при этом операторы продолжают нести ответственность.

Применяются системы охраны окружающей среды и обеспечения качества.

Исследования на предмет опасных факторов и эксплуатационной пригодности проводятся на этапах проектирования в отношении всех изменений процесса.

Используются надежные системы технического обслуживания, включая более частое привлечение специализированного обслуживающего персонала в составе команд оператора, а также пополнение специализированных групп технического обслуживания новыми единицами.

Аспекты проектирования процесса описаны в различных разделах данного документа, поскольку они являются общеприменимыми в этом секторе

промышленности. Профессиональные инженеры, обладающие опытом и знаниями об этом процессе, а также воздействию на окружающую среду и экологических требованиях, осуществляют проектирование всего процесса с должной осмотрительностью.

Шлак, металл и штейн анализируются на основе проб, отобранных с интервалами, так чтобы можно было оптимизировать использование флюсов и другого сырья, определить условия металлургического процесса и согласовать содержание металла в материалах.

Для некоторых процессов, возможно, потребуется принять во внимание специальные регламенты по сжиганию отходов.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других соединений в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эксплуатационные данные не предоставлены. Более подробная информация приведена в главах, посвященных конкретным металлам.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости, повышение энергоэффективности и культуры обслуживания.

Технические соображения, касающиеся применимости

Данные методы являются общеприменимыми для большинства заводов.

Экономика

Обоснование в составе проектной документации.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Экономия сырья.

Бесперебойный процесс эксплуатации.

4.4.2. Методы проектирования и контроля для скрубберов

Описание

Совокупность методов поддержания надлежащего функционирования скрубберов для сокращения выбросов в атмосферу.

Техническое описание

Выбор и проектирование подходящего метода борьбы с загрязнением имеют особенно важное значение. Существует несколько методов и несмотря на то, что некоторые из них кажутся очень эффективными, могут возникнуть проблемы, если не будут учтены такие характеристики, как загрузка и природа газов, пыли и других компонентов. Например, считается, что рукавный фильтр, изготовленный из современных материалов, обеспечивает лучшие экологические показатели по

сравнению с другими методами удаления пыли; однако он не может считаться универсальным из-за проблем с липкостью и истиранием в отношении некоторых видов пыли. Эти проблемы характерны для отдельных площадок и материалов, и оператор должен учитывать эти факторы в техническом задании на проектирование.

Объем, давление, температура и содержание влаги в газе являются важными параметрами и оказывают значительное влияние на используемые методы или их комбинацию. В частности, на температуру конденсации влияет каждый из указанных параметров, и изменения должны учитываться на протяжении всего производственного цикла.

Определение характеристик природы пыли или дыма имеет очень большое значение, поэтому необходимо идентифицировать любые нестандартные свойства пыли (гигроскопичность, самовоспламеняемость, липкость, абразивность и т. д.). Размер и форма частиц, смачиваемость и плотность материала также являются факторами для оптимального выбора метода. Для обеспечения надежного проектирования следует также учитывать концентрацию пыли и ее изменчивость.

Многие операторы определили, что со временем производительность может ухудшаться по мере износа оборудования и проведения технического обслуживания. При необходимости следует использовать современные системы для обеспечения непрерывного мониторинга производительности путем проведения прямого измерения отходящих газов (например, для определения содержания пыли, CO, SO₂). Например, мониторинг пыли может проводиться с помощью электродинамического метода. Этот метод основан на принципе индукции заряда, полученного при взаимодействии частиц с зондом, вставленным в трубу или канал. В качестве альтернативы можно проводить мониторинг критических параметров управления. В эти системы должны быть интегрированы системы сигнализации.

Также необходимо учесть следующие методы:

Использование систем учета реагентов.

Контроль процесса подачи реагентов и производительности установки. Непрерывный мониторинг может охватывать следующие параметры: температура, падение давления, выбросы пыли или других загрязняющих веществ, ток и напряжение, поток жидкости в скрубберах и рН. Предусмотрены аварийные сигналы, оповещающие о возникновении операционных проблем.

Обучение и оценка операторов при использовании инструкций по эксплуатации и описанных современных методов контроля.

Оптимизация уровней надзора для извлечения выгод из вышеперечисленных методов при сохранении ответственности операторов.

Использование систем охраны окружающей среды и обеспечения качества.

Использование прогностических или других математических моделей для оценки тенденций в условиях эксплуатации, например, в медной и алюминиевой отраслях промышленности, для предотвращения выбросов или оптимизации процесса.

Использование надежных систем технического обслуживания, включая более частое привлечение специализированного обслуживающего персонала в составе команд оператора.

Использование методов проверки надежности систем взвешивания.

Использование системы обнаружения поломок рукавного фильтра на основе интерфейса между устройством контроля уровня пыли и циклом очистки.

Использование небольших печей для плавки образцов сырья в целях определения оптимальных смесей сырья и флюсов и установления оптимального режима работы печи. Этот метод также используется для определения содержания металлов в каждой партии в целях согласования покупных цен.

Для достижения этих выгод, поддержания безопасных условий и проведения анализа прошлых событий и откликов процесса применяется надлежащий контроль процесса. Надежная система контроля процесса должна быть внедрена для всех современных процессов плавки и обработки цветных металлов; без хорошей системы контроля процесса операция не может считаться наилучшей имеющейся техникой.

Существуют случаи (например, доменные печи), когда требуются разработка и использование современных средств контроля процессов. Необходимо провести дополнительную работу для определения соответствующих параметров и систем контроля.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других соединений.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Информация не предоставлена.

Кросс-медиа эффекты

Повышенное использование энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила для внедрения

Сокращение выбросов.

Возможная экономия сырья.

4.4.3. Методы контроля процессов очистки стоков

Описание

Совокупность методов поддержания надлежащего функционирования установок по очистке стоков.

Техническое описание

Необходимо рассмотреть следующие методы.

Системы учета реагентов.

Контроль процесса подачи реагентов и производительности завода. Непрерывный мониторинг может охватывать следующие параметры (в зависимости от значимости процесса): температура, мутность, рН, проводимость, окислительно-восстановительный потенциал, общие ЛОС, определенные металлы и поток.

Системы охраны окружающей среды и обеспечения качества, в том числе:

обучение и оценка операторов касательно использования инструкций по эксплуатации и описанных современных методов контроля;

оптимизация уровней надзора для извлечения выгод из вышеперечисленных методов при сохранении ответственности операторов;

использование надежных систем технического обслуживания, включая более частое привлечение специализированного обслуживающего персонала в составе команд оператора.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, взвешенных твердых веществ и других соединений.

Состав жидких стоков, образующихся при применении пирометаллургических и гидрометаллургических методов, во многом зависит от получаемого металла, производственного процесса и используемого сырья. Однако жидкие стоки, образующиеся на заводе по производству цветных металлов, обычно содержат такие металлы, как медь, свинец, цинк, олово, никель, кадмий, хром, мышьяк, молибден, ртуть, а также взвешенные твердые вещества.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Важнейшими факторами, позволяющими минимизировать количество сточных вод и концентрацию загрязняющих веществ, являются:

процесс, при котором образуются сточные воды;

количество воды;

загрязняющие вещества и их концентрации;

необходимый уровень очистки, т. е. местные или региональные стандарты качества воды;

доступность водных ресурсов.

Кросс-медиа эффекты

Существует потенциал производства отходов для утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

Обоснование в составе проектной документации.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Предотвращение выбросов.

Экономия сырья.

4.5. Общие принципы мониторинга и контроля эмиссий

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. Одним из наиболее важных вопросов является контроль эффективности процессов, связанных с очисткой выбросов, сбросов, удалением и переработкой отходов для того, чтобы можно было провести анализ о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлении и устранении возможных аварий и инцидентов.

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого сырьевого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения выбросов, при этом она должна быть достаточной, чтобы получить репрезентативные данные для контролируемого параметра. В большинстве случаев для получения информации о концентрации загрязняющих веществ в отходящих потоках используются среднесуточные значения или среднее значение за определенный период выборки.

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы), а также в пределах области воздействия в тех случаях, когда это необходимо для отслеживания соблюдения экологического законодательства Республики Казахстан 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 НПА РК.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, к 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;

потенциальная 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 может быть отмечено максимальное воздействие на окружающую среду (максимальная нагрузка).

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы).

Мониторинг технологических газов предоставляет информацию о составе технологических газов и косвенных выбросах при сгорании технологических газов, таких как выбросы пыли, тяжелых металлов и SOx.

При этом для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах могут быть использованы произвольный отбор 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 прямым методом (инструментальные замеры), так и косвенным методом (расчетные методики). При этом метод, основанный на проведении инструментальных замеров, зависит от частоты отбора проб и может быть периодическим или непрерывным. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки. В таблице 4.1. приведены основные отличительные характеристики непрерывных и периодических измерений.

Таблица 4.1. Сравнение непрерывных и периодических измерений

| № п/п | Характеристика | Непрерывные измерения | Периодические измерения |
|-------|--------------------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Период отбора проб выбросы/сбросы ЗВ | Измерения охватывают все или практически все время, за которое происходят выбросы/сбросы | Отдельные замеры служат представлением данных об эмиссиях за долгосрочный период |
| | | | |

| | | | |
|---|--|---|---|
| 2 | Скорость | Возможность получения результатов в онлайн режиме | Результаты в режиме реального времени доступны только при использовании инструментальных анализаторов, отсроченные результаты при ручном отборе проб с проведением последующего лабораторного анализа |
| 3 | Усреднение результатов | Результаты могут быть усреднены на любой необходимый период (30 мин, 1 час, 24 ч и др.) | Усреднение результатов привязано к продолжительности периода отбора проб (интервал от 30 мин до нескольких часов) |
| 4 | Калибровка и отслеживаемость измерений | Автоматизированные системы мониторинга (АСМ) требуют калибровки и настройки согласно сертифицированным справочным материалам в период техобслуживания | Могут быть использованы ручные или автоматизированные методы |
| 5 | Сертификация оборудования | Сертификация оборудования доступна | Доступна сертификация переносного оборудования |
| 6 | Затраты на установку и обслуживание | Обычно выше, чем затраты на периодические измерения, 32 800 евро/год | Обычно ниже, чем затраты на АСМ 4000 евро/год |

4.5.1. Компоненты мониторинга

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, содержащиеся в эмиссиях в окружающую среду (выбросы, сбросы, отходы и др.), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

Таблица 4.2. Перечень загрязняющих веществ

| № п/п | Компонент/вещество | Определение |
|-------|--------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Пыль (общая) | Общее количество твердых частиц (в воздухе), от неорганизованных (при хранении, подготовке, транспортировке рудного сырья (|

| | | |
|----|------------------------------------|---|
| | | концентратов) и вспомогательных материалов) и организованных (дымовые трубы) источников |
| 2 | Металлы и их соединения | Zn, Cd, Pb, Hg, Se, Cu, As |
| 3 | SO ₂ | Диоксид серы |
| 4 | NO | Оксид азота |
| 5 | NO ₂ | Диоксид азота |
| 6 | CO | Оксид углерода |
| 7 | ЛОС* | Летучие органические соединения |
| 8 | ПХДД/Ф* | Полихлоридный дибензопародиоксин/фтор |
| 9 | HCl** | Газообразные хлориды, выраженные в виде HCl |
| 10 | HF** | Газообразные фториды, выраженные в виде HF |
| 11 | H ₂ SO ₄ *** | Серная кислота |

* выделяются при производстве вторичного цинка;

** выделяются в достаточно низких концентрациях, специфичны для некоторых процессов и/или применяемых реагентов, используемых в производстве;

*** при утилизации серосодержащих газов на установке производства серной кислоты.

4.5.2. Исходные условия и параметры

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать как метеорологические условия:

температура окружающей среды;

относительная влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общее погодное состояние (облачность, наличие осадков), так и технологические параметры газовой смеси:

объемный расход температура 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);
- температура катализатора;
- количество подсоединенных аспирационных установок;
- скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли электрофилтра вместо концентрации пыли;
- расход и давление очищающей жидкости (фильтрата) и перепад давления мокрого скруббера;
- датчики утечки, устанавливаемые на пылегазоочистном оборудовании (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышеперечисленным 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 фильтры), рН орошающей воды (скрубберы)) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

4.5.3. Периодический мониторинг

Периодический мониторинг - измерения (наблюдения), проводимые через определенные интервалы времени при помощи инструментальных замеров. Интервал отбора проб устанавливается исходя из цели измерений и условий эксплуатации производственного объекта, при которых необходимо проводить измерения (нормальные условия эксплуатации и/или условия эксплуатации, отличные от нормальных, если они известны заранее). В большинстве случаев частота проведения замеров регулярна - один раз в месяц, один раз в квартал или один/два раза в год. 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 отбора проб, точки отбора проб, определяемые вещества (загрязняющие вещества и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе при определении целей мониторинга. Продолжительность отбора пробы определяется как период времени, в течение которого берется проба. 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 уставной 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.

Выбросы из дымовых труб могут быть измерены путем регулярных периодических измерений в соответствующих направленных источниках выбросов в течение достаточно длительного периода, чтобы получить репрезентативные значения выбросов.

4.5.4. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух

Мониторинг выбросов в атмосферный воздух является составной частью производственного экологического контроля, а также программы повышения экологической эффективности. Виды и организация проведения производственного мониторинга регламентированы статьей 186 Экологического кодекса.

Мониторинг выбросов осуществляется для определения концентрации (количества) загрязняющих веществ в отходящих газах технологического оборудования с целью:

- соблюдения показателей выбросов предельным допустимым концентрациям, установленным и согласованным государственными органами;

- контроля протекания технологических процессов производства (сбор, хранение и подготовка сырьевых материалов, процессов, связанных с термической обработкой (обжиг/плавка), сопутствующие процессы для получения готовой продукции в соответствии с установленными стандартами;

- контроль эффективности эксплуатации пылегазоочистного оборудования;

- принятие оперативных решений в области природопользования и прогнозирования - для принятия долговременных решений.

Все методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются и определяются соответствующими национальными нормативно-правовыми актами.

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений, из которых можно выделить:

- инструментальный метод, основанный на использовании автоматических газоанализаторов, 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), а также с использованием расчетных методов, основанных на использовании методологических данных, в случаях, когда измерение выбросов технически невыполнимо или экономически нецелесообразно.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе проводится как для организованных источников выбросов, так и для неорганизованных источников.

Мониторинг концентраций ЗВ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. 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.

Приоритетными источниками выбросов загрязняющих веществ при производстве цинка и кадмия являются аспирационные газы от комплекса плавильных агрегатов и сернокислотные установки.

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).

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 может потребовать более существенных затрат, чем в случае выбросов 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 вспомогательных участков (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).

Отсутствуют методы 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 относительны или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать стандартам производственной гигиены и техники безопасности, 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, особую конфигурацию установки и т.п.

Мониторинговые наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории предприятия и в пределах области воздействия (мониторинг воздействия) проводятся согласно утвержденной Программе производственного экологического контроля.

Методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются соответствующими национальными нормативно-правовыми актами.

Таблица 4.3. Рекомендации по проведению мониторинга

| № п/п | Метод (оборудование) | Периодичность |
|-------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Параметры процесса, свидетельствующие о стабильности процесса, - таких как температура, влажность газа, содержание O ₂ , разрежение и скорость потока | Непрерывно |
| 2 | Мониторинг и стабилизация критических параметров процесса: однородность сырья, подача топлива, добавок, уровень избытка воздуха | Непрерывно |
| 3 | Выбросы пыли, SO ₂ , CO NO _x , от печей обжига/плавки | Непрерывно |
| 4 | Выбросы HCl, HF, ЛОС | Периодически (но не реже одного раза в квартал) |
| 5 | Выбросы ПХДД/ПХДФ, металлов | Периодически (но не реже одного раза в квартал) |

4.5.5. Мониторинг сбросов 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.

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 (экономическая целесообразность).

4.5.6. Непрерывный мониторинг

Непрерывный контроль выбросов включает измерение при помощи автоматических измерительных систем.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в отходящих газах или сточных водах. В некоторых случаях точные концентрации могут регистрироваться непрерывно или в виде усредненных значений в течение согласованных периодов времени (30 минут, день, сутки и т.п.). В этих случаях анализ средних получасовых и среднечасовых значений за 24 часа, а также использование процентного отображения данных могут предоставить гибкий метод представления соответствия условиям получаемых разрешений, так как средние значения могут быть легко оценены.

Непрерывный контроль может быть определен для источников выбросов и компонентов, оказывающих значительные воздействия на окружающую среду, и/или источников, где количество выбросов значительно меняется со временем. Так, например, непрерывные измерения могут проводиться на основных источниках, доля которых в общем массовом потоке установки в час составляет более 20 %. И наоборот, если выбросы источника составляют менее 10 % от годовых выбросов загрязняющих веществ.

Если выбросы загрязняющих веществ превышают один из показателей массового потока, соответствующие источники рекомендовано оборудовать измерительными приборами, способными непрерывно определять массовую концентрацию соответствующих веществ (при наличии технической возможности).

В металлургической отрасли пыль может содержать токсичные компоненты, поэтому непрерывный мониторинг пыли важен не только для оценки соответствия, но также для оценки того, имели ли место какие-либо сбои очистных установок.

Даже в случаях, когда абсолютные значения нельзя считать надежными, применение непрерывного контроля может производиться для обнаружения тенденций

в выбросах и контрольных параметрах технологического процесса или очистной установки.

Автоматизированная система мониторинга эмиссий

Таблица 4.4. Автоматизированная система мониторинга эмиссий

| № п/п | Структурный элемент | Характеристика |
|-------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Описание | Система для измерения исследуемого материала, возвращающая выходной сигнал, пропорциональный физической единице измеряемого параметра, и способная производить результаты измерений без вмешательства человека. |
| 2 | Техническое описание | Комплекс технических и информационных средств, позволяющих осуществлять непрерывный мониторинг. Информация, полученная при использовании автоматизированной системы мониторинга, должна соответствовать требованиям действующего экологического законодательства РК. Контроль основных источников выбросов ЗВ на предприятии может быть дополнен непрерывным контролем ЗВ на территории промышленной площадки в местах наиболее вероятных неорганизованных выбросов согласно производственным процессам предприятия. |
| 3 | Достигнутые экологические выгоды | - соблюдение экологического законодательства; - мониторинг в реальном времени за загрязнением атмосферы; - общедоступность информации о загрязнении атмосферы. |
| 4 | Экологические показатели и эксплуатационные данные | Зависят от конкретного объекта. |
| 5 | Кросс-медиа эффекты | Не наблюдается. |
| 6 | Технические соображения, касающиеся применимости | Общеприменима. |
| | | |

| | | |
|---|-------------------------|--|
| 7 | Экономика | <p>В 2021 году стоимость одной системы варьировалась от 70 до 350 млн. тенге в зависимости от производителя и комплектации системы.</p> <p>Эксплуатационные издержки варьируются от 2 до 30 млн. тенге/год.</p> <p>Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.</p> |
| 8 | Движущая сила внедрения | Контроль выбросов в реальном времени. |

Автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха

Таблица 4.5. Автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха

| № п/п | Структурный элемент | Характеристика |
|-------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Описание | Система для измерения исследуемого материала, возвращающая выходной сигнал, пропорциональный физической единице измеряемого параметра, и способная производить результаты измерений без вмешательства человека. |
| 2 | Техническое описание | <p>Комплекс технических и информационных средств, позволяющих осуществлять непрерывный мониторинг за состоянием загрязнения атмосферы на границе области воздействия предприятий по периметру и/или в направлении близлежащего населенного пункта.</p> <p>Загрязняющие вещества, подлежащие непрерывному мониторингу, определяются согласно действующему экологическому законодательству Республики Казахстан.</p> |
| 3 | Достигнутые экологические выгоды | <ul style="list-style-type: none"> - соблюдение экологического законодательства; - мониторинг в реальном времени за загрязнением атмосферы; - общедоступность информации о загрязнении атмосферы. |
| 4 | Экологические показатели и эксплуатационные данные | Зависят от конкретного объекта. |

| | | |
|---|--|---|
| 5 | Кросс-медиа эффекты | Не наблюдается. |
| 6 | Технические соображения, касающиеся применимости | Общеприменима |
| 7 | Экономика | В 2021 году стоимость одной системы варьировалась от 10 до 200 млн. тенге в зависимости от производителя и комплектации системы. Эксплуатационные издержки варьируются от 0,3 до 10 млн. тенге/год. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. |
| 8 | Движущая сила внедрения | Контроль выбросов в реальном времени. |

4.6. Методы контроля загрязнения земли/почвы и управления отходами

Согласно Экологическому кодексу, нормативным правовым актам, принятым в Республике Казахстан, все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и захораниваться с учетом их воздействия на окружающую среду.

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды накопление и удаление отходов производятся в соответствии с международными стандартами и действующими нормативами Республики Казахстан, а также внутренними стандартами.

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должны обеспечивать условия, при которых образующиеся отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье персонала предприятия при необходимости временного накопления производственных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом процессе или направления на объект для размещения).

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.

Характерными для производства цинка и кадмия отходами и побочными продуктами являются:

твердые остаточные продукты с высоким содержанием металлов, образующиеся в процессах плавки, шахтной плавки, фьюминговании, рафинирования, электроплавки (эти продукты считаются промпродуктами и обычно повторно перерабатываются на соответствующем этапе технологического процесса или отправляются в качестве сырья или на утилизацию на иные производства);

печи прямой плавки также являются значимыми источниками образования твердых шлаков; такие шлаки обычно уже подвергались действию высоких температур и в целом содержат небольшое количество выщелачиваемых металлов (впоследствии они после проведения определенных испытаний могут использоваться как строительные материалы);

твердые остаточные продукты также получают в результате переработки стоков; основными потоками являются гипсовые остатки (CaSO_4) и гидроксиды металлов, которые образуются на установке нейтрализации стоков (данные материалы рассматриваются как проявление побочного эффекта этих методов очистки, многие из них возвращаются в пирометаллургический процесс для дальнейшего извлечения из них металлов);

пыль или шлам, образующиеся при газоочистке (используются в качестве сырья для производства других металлов, например, Ge, Ga, In и As и прочих, либо возвращаются на плавку или же в цикл выщелачивания с целью извлечения цинка);

остаточные продукты, содержащие ртуть и селен, образуются на этапе предварительной обработки ртуть- и селенсодержащих потоков из газоочистки.

Система контролирования в области обращения с отходами основана на учете основных нормируемых параметров и характеристик, таких как:

технологические процессы и оборудование, связанные с образованием отходов;

системы транспортирования, обработки, утилизации и обезвреживания отходов;

объекты накопления и размещения отходов, расположенные на промышленной площадке и/или находящейся в ведении предприятия.

Воздействие отходов производства и потребления на компоненты окружающей среды является косвенным и выражается в загрязнении атмосферного воздуха и почвенных ресурсов при пылении или разносе компонентов отходов под воздействием ветра, попадании составляющих отходов в водные объекты с талыми водами и

атмосферными осадками, повышенном содержании микрокомпонентов, входящих в состав отходов, в растительности территории расположения производственного объекта.

4.7. Управление технологическими остатками

Описание

Набор методов сокращения образования остатков в результате металлургического процесса.

Техническое описание

Количество шлака и шлаковых отходов/пленок, производимых при плавке металлов, в основном зависит от примесей в исходном сырье, поэтому чем чище материал, тем меньшее количество твердых веществ будет образовываться. В некоторых случаях уменьшение количества твердых веществ может быть обеспечено путем тщательного выбора сырья. Например, некоторые цинковые концентраты могут содержать меньшее количество железа, а процессы, разработанные для использования этих концентратов, могут свести к минимуму образование остатков на основе железа. Ограниченная доступность и более высокая стоимость этих концентратов означают, что данное решение не подходит для широкого применения. Экономические показатели предварительной очистки должны быть сбалансированными. Если выделение примесей осуществляется путем добавления реагентов, контроль их добавления в количестве, необходимом для достижения эффективного и экономичного удаления, позволит свести к минимуму количество образующегося остатка.

С другой стороны неправильное хранение и обращение могут привести к накоплению избыточной влаги в материалах.

Образование шлаковых отходов/пленок может быть сведено к минимуму за счет оптимизации работы печи, например, уменьшение выгорания может быть достигнуто путем предотвращения перегрева расплава. Для обеспечения оптимальных условий эксплуатации применяются современные методы контроля процессов.

Для предотвращения окисления поверхности расплава в ванне можно использовать закрытую печь.

Было установлено, что существует возможность перерабатывать и повторно использовать свинцовую золу и большое количество шлака, образующегося в процессе плавки.

Полностью избежать образования отработанной футеровки и огнеупорных материалов невозможно, но уменьшение их количества может быть достигнуто путем применения следующих мер:

- тщательное строительство кирпичной футеровки печи;
- непрерывное использование печи, сокращая тем самым изменение температуры;
- осуществление теплотехнического контроля для выявления температур, выходящих за пределы рабочего диапазона;

установка охлаждающих блоков для отвода тепла из футеровки;
короткое время воздействия флюса;
отказ от использования агрессивных флюсов;
тщательная очистка печей и тиглей;
сокращение перемещения (вращения) печи;
выбор наиболее подходящих огнеупорных материалов для процесса;
контроль скорости нагрева/охлаждения, где это целесообразно.

При определенных условиях отработанная футеровка и огнеупорные материалы могут использоваться повторно в зависимости от их состава.

Огнеупорные материалы могут повторно использоваться после измельчения при выплавке первичной и вторичной меди для получения массы, поддающейся литью или выпуску, либо в качестве флюса для регулирования состава шлака. В качестве альтернативы содержащийся металл может быть отделен от материала путем перемалывания и измельчения, а отработанная футеровка и огнеупорные материалы могут повторно использоваться в строительстве или в производстве огнеупорных футеровок или огнеупорного цемента. Содержащийся металл может быть возвращен на плавильный завод или другие установки для производства цветных металлов.

Кирпичи из шахтной печи, конвертера и анодной печи могут быть полностью переработаны на установке по производству вторичной меди. Кирпичи из конвертера содержат до 1,5 % меди, а из шахтной печи - до 4 % меди. Кирпичи измельчаются, после чего извлекается медь, оставшийся материал используется для изготовления огнеупорного цемента и огнеупорной футеровки для литейной машины. Белые кирпичи повторно используются в анодной печи и в качестве цемента в шахтной печи, а черные кирпичи используются для изоляции литейного ковша. Футеровка печи измельчается, медь извлекается и возвращается для переработки, а огнеупорные детали используются для изготовления литейных форм для машины, применяемой при отливке анодов.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение отходов, отправленных на утилизацию.

Замена первичных материалов инертными шлаками для сокращения отходов или производства огнеупорного цемента и т. д., а также повторное использование материалов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Существует несколько методов сокращения количества остатков, образующихся во время производственных процессов. К важным методам относятся: уменьшение количества шлака, извлечение металлов из шлака и уменьшение количества металлов в остатках шлака. Например, на заводе по производству феррохрома в Финляндии удалось уменьшить количество остатков, образующихся в процессе экстракции феррохрома из шлака. Для отделения хрома от обработанного мелкого шлака используется установка со спиральным винтом. Хром тяжелее шлака, поэтому он

накапливается в центре спирали. Извлеченный хром может быть повторно использован в плавильном цехе, а шлак используется в качестве нового наполнителя. Отработанные наполнители используются, например, для производства цемента и асфальта. Этот метод способствует сокращению остатков, подлежащих утилизации, примерно на 10000 тонн.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения относительно применимости

Данные методы применяются к использованию материалов, подходящих для предусмотренной цели. Отработавшие огнеупорные материалы могут использоваться для изготовления огнеупорного цемента более низкого сорта или футеровки литейных ковшей, а металлургический шлак может использоваться в строительстве, при условии, что он обладает требуемой выщелачиваемостью.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила для осуществления

Сокращение затрат на утилизацию.

4.8. Шум

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами в данном секторе промышленности, а их источники встречаются во всех отраслях.

Основными источниками шума и вибрации на производстве являются вентиляционные установки, электродвигатели, компрессоры.

Образование шума сопровождает все стадии производственного процесса от подготовки сырья до процесса получения, складирования, выгрузки и отправки готовой продукции. Основными источниками образования шума на предприятиях цветной металлургии являются:

транспорт, используемый при разгрузке и погрузке сырья и материалов;

производственные процессы, связанные с пирометаллургическими операциями и измельчением материалов;

двигатели авто- и спецтехники;

трансформаторы и выпрямители;

вентиляторы (вентиляционные камеры);

компрессоры;

насосное оборудование;

транспортировка сред в системах (конвейерные ленты и др.), не имеющих оптимальных размеров;

транспортировка на территории и вблизи объекта, включая железные дороги;

очистка технологического оборудования;

срабатывание автоматических систем сигнализации и др.

Шум и вибрация могут быть измерены несколькими способами, но, как правило, они являются специфическими для каждой площадки, при этом необходимо учитывать частоту звука и местоположение населенных пунктов.

В настоящее время имеется некоторая информация о причинах и подходах для предотвращения и сведения к минимуму шума и вибрации. Влияние шума на операторов внутри установки не рассматривается в рамках данного документа.

Новые установки могут характеризоваться низким уровнем шума и вибрации. Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования (вентиляторы, насосы). Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума. Для уменьшения шума применяются следующие основные методы:

устранение причин шума в источнике его образования (тщательная настройка установок, издающих шум);

изменение направленности излучения - использование насыпей для экранирования источника шума;

рациональная планировка предприятий и цехов;

звукоизоляция (использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования);

звукопоглощение (использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум);

применение средств индивидуальной и коллективной защиты.

Наиболее действенным способом борьбы с шумом является уменьшение его в источнике образования путем применения технологических и конструктивных мер, организация правильной наладки и эксплуатации оборудования. К конструктивным и технологическим мерам, позволяющим создать механизмы и агрегаты с низким уровнем шума, относят совершенствование кинематических схем. Своевременная смазка, тщательная регулировка, подтягивание болтовых соединений, замена изношенных частей, негодных фланцев и резиновых прокладок также приводят к уменьшению шума. В борьбе с вредным действием шума на производстве большое значение имеет правильная организация периодических перерывов в работе.

Изменение направленности излучения шума достигается соответствующей ориентацией установок по отношению к рабочим местам.

При рациональной планировке наиболее шумные источники должны располагаться по возможности дальше от другого оборудования. При этом шумные источники должны оказывать минимальное влияние на жилые массивы. Уменьшение шумов достигается также применением средств коллективной и индивидуальной защиты.

Средствами коллективной защиты являются акустическая обработка рабочих помещений, улучшение герметичности дверных и др. проемов, которые позволяют уменьшить проникновение шума из этих помещений.

Одним из широко используемых на практике методов снижения шума на предприятиях является применение звукопоглощающих облицовок, которые служат для поглощения звука в помещениях с самим источником шума и в изолированных от него.

Для снижения уровня шумового воздействия возможно применение одного или комплекса мероприятий, указанных выше.

Влияние шума на операторов внутри установки не рассматривается в рамках данного документа.

4.9. Запах

Существует несколько потенциальных источников запаха в цветной металлургии. Наиболее значительными являются металлические пары, органические масла и растворители, сульфиды, образующиеся при охлаждении шлака и очистке сточных вод, химические реагенты, используемые в гидрометаллургических процессах и при очистке стоков (например, аммиак), и кислые газы. Появление запахов можно предотвратить за счет правильного проектирования, выбора соответствующих реагентов и правильной обработки материалов. Например, образование аммиака из алюминиевых шлаковых отходов/пленок может быть предотвращено путем хранения материала в сухом виде.

Методы борьбы с загрязнением, описанные ранее в этой главе, также способствуют предотвращению или устранению запахов. Общие принципы соблюдения чистоты и надлежащая практика проведения технического обслуживания также играют важную роль в предотвращении и контроле запахов.

Приоритет принципов контроля запахов:

предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом;

сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их развеивания и разбавления;

обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно.

Использование биологической среды, например, торфа или аналогичного материала в качестве субстрата для подходящих биологических видов оказалось успешным при удалении запахов. Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим в случае разбавления материалов с резким запахом. Для очистки очень больших объемов газа с низкой концентрацией пахучих материалов требуется крупная технологическая установка. Влияние шума на операторов внутри установки не рассматривается в рамках данного документа.

Методы и инструменты, используемые для контроля и борьбы с запахом, устанавливаются соответствующими национальными утвержденными нормативно-правовыми актами и стандартами.

Схема биофильтра показан на рисунке 4.4

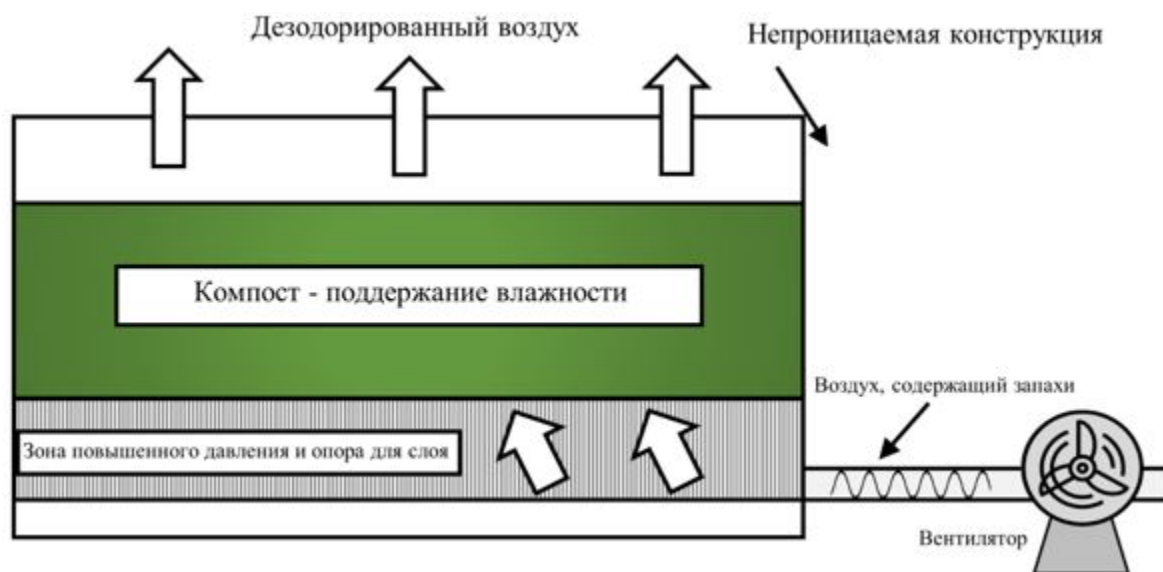


Рисунок 4.4. Схема биофильтра

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, образование отходов с применение одной или нескольких техник в целях комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды.

5.1. Приемка, транспортировка и хранение сырья

5.1.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов

Описание

Методы или совокупность методов для предотвращения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов

Техническое описание

При выборе метода предотвращения/снижения неорганизованных выбросов при хранении необходимо учитывать физико-химические свойства материала, такие как размер частиц, токсичность, содержание влаги и др. Ниже представлены методы (конструктивные и технические решения), которые общеприменимы, эффективны, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

К первостепенным методам снижения неорганизованных выбросов при хранении сырьевых материалов (руды, свинцовые концентраты, флюсы, кокс, тонкодисперсные материалы, продукты процесса агломерации, растворители и кислоты, а также материалы, содержащие водорастворимые органические соединения) на открытых площадках, необходимо изолировать данные источники путем экранирования, устройства перегородок или высадки полос вертикальной растительности (естественных или искусственных насаждений) для препятствования раздувания пыли ветром, а также сооружения укрытий для непылящих материалов. Эффективным решением для предотвращения выбросов является использование для хранения материалов, закрытых помещений (складов), закрытых емкостей (бункер, силосы) или полностью автоматизированных систем хранения. При этом необходимо учитывать следующие аспекты:

- проектирование и строительство мест хранения в соответствии с установленными стандартами, проведение своевременных ремонтных работ и технического обслуживания;

- проектирование мест хранения с учетом систем контроля и проверки складироваемых материалов для предотвращения и выявления утечек, а также своевременного сбора и удаления;

- использование герметичной упаковки;

- места хранения непылящих, нерастворимых материалов должны иметь непроницаемые и герметичные поверхности (забетонированные площадки) для предотвращения загрязнения почвенного покрова, а также должны быть оборудованы системой для сбора и отвода дренажных вод;

- места хранения восстановителей, таких как кокс, должны быть спроектированы с учетом пожароопасных свойств материала (для предотвращения возможных случаев самовозгорания необходимо проводить регулярные обследования таких участков);

- системы хранения опасных материалов (кислоты, щелочи) должны быть заключены в непроницаемые обваловки, размеры которых способны вместить по меньшей мере объем самого большого резервуара для хранения в пределах обваловки;

- раздельное хранение несовместимых материалов (например, окислители и органические материалы);

- использование водяных распылителей для подавления пыли или альтернативных методов, таких как туманообразующие распылители, для создания водяных туманов для подавления пыли без переувлажнения материала, при этом необходимо уплотнить

поверхность основания и обеспечить сбор избыточной воды, которую можно использовать в замкнутом оборотном цикле. Увлажнение сыпучих материалов, руды и пыли резко сокращает пыление по всем трактам движения и складирования этих материалов. Для проведения операции пылеподавления используют автоматические стационарные распылители и специальные автомобили. Равномерное увлажнение, предотвращающее распиливание, обеспечивают расположением и подбором форсунок, давления воды, высоты распыления. Каждый материал имеет свою предельную влажность, при которой не происходит пылевыделение, для пыли она равна 18 - 20 %.

материалы, используемые для изготовления резервуаров, должны быть устойчивы к материалам, которые в них хранятся, альтернативным методом является использование резервуаров с двойными стенками;

применение надежных систем обнаружения утечек и индикации уровня заполнения емкостей с подачей сигналов для предотвращения их переполнения;

установка оборудования для улавливания пыли/газов в точках загрузки и перегрузки как источников наибольшего пылеобразования;

регулярная очистка места хранения.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неконтролируемых выбросов пыли, металлов и других соединений

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При закрытых складах сокращаются потери материалов, следовательно, и ценностей, в ней заключенных, до минимума, что быстро окупает затраты на их сооружение. Использование интегрированных систем отбора проб позволяет определять и контролировать качество сырья, посыпающего на хранение.

Обычно на свинцово-цинковых заводах для хранения свинцовых (а также и цинковых) концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады с шириной 24 – 30 м и с центральной железнодорожной разгрузочной эстакадой. Склад разделен на отсеки длиной 18 м. Каждый отсек предназначен для хранения определенного материала и имеет емкость 950 – 1300 м³. Обогреваемое днище в отсеках позволяет отогревать смерзшиеся концентраты.

Склады оборудованы также устройствами для оттаивания концентрата в контейнерах и мойки опорожненных контейнеров и местами для укладки порожней тары, подготовленной к отправке.

Операции по разгрузке контейнеров с концентратами, переноске их и погрузке порожней тары на железнодорожные платформы выполняют с помощью мостового крана.

Концентраты складывают в штабеля и выдают со склада грейферными кранами. Кран подает концентрат в небольшой приемный бункер, из которого с помощью

ленточного питателя концентрат попадает на наклонный ленточный транспортер и направляется на приготовление шихты.

Емкость складских помещений должна быть такой, чтобы в них хранился запас сырья, флюсов и других материалов на 10 – 30 суток работы завода.

Использование интегрированных систем отбора проб позволяет определять и контролировать качество сырья, посыпающего на хранение.

В компании "Umicore" Хобокен складские помещения для сырья полностью закрыты. Проводится интенсивная уборка дорог и площадей на производственных площадках и ближайших окрестностях. Зоны интенсивного пылеподавления орошаются водой, используется ветровой барометр, в соответствии с которым обработка и перемещение сырья ограничиваются или откладываются в зависимости от погодных условий [9].

В марте 2021 года на металлургическом заводе КГНМ (Глоггов) было завершено строительство склада для свинецсодержащих материалов, оснащенного системами орошения водой и закрытой системой сбора фильтрата, для предотвращения неорганизованных выбросов [10].

Внедрение в 2020 году системы пылеподавления на открытом и закрытом складе железнорудного сырья ПАО "ММК" способствовало сокращению неорганизованных выбросов пыли на 200 тонн. Система пылеподавления, смонтированная в цехах подготовки аглошихты, состоит из двух стадий: первичное пылеподавление происходит благодаря форсуночным системам, которые обеспечивают локализацию пыли в границах склада, предотвращая тем самым пылеунос при выгрузке материала. Вторичное пылеподавление осуществляется снегогенераторами. Эффективность использования системы составляет более 70 %. Система локального пылеподавления была применена в угледобывательном цеху, в самых запыленных точках. На сегодняшний день цех оборудован пятью системами пылеподавления, что позволило добиться заявленной эффективности в 80 % [15].

В 2021 году на территории Среднеуральского медеплавильного завода (предприятие металлургического комплекса УГМК) был установлен пневмокаркасный ангар для хранения медного концентрата с функцией автоматической подкачки воздуха с интеллектуальной системой контроля. Необходимость установки надувного ангара обосновывалась необходимостью дополнительных мест хранения концентратов в период проведения капитального ремонта в медеплавильном цеху [11].

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:

эксплуатации вентиляционных систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала увлажненного в процессе пылеподавления с использованием распыления воды.

Расход воды на увлажнение материалов. Дополнительные отходы в процессе обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

При закрытых складах сокращаются потери материалов, следовательно, и ценностей, в ней заключенных, до минимума, что быстро окупает затраты на их сооружение.

В 2007 – 2008 гг. завод "Metallo-Chimique" в Бельгии инвестировал 6,5 миллионов евро в крытую зону хранения пылящих материалов. Зона хранения занимает 8000 м² и 180000 м³ и имеет максимальную емкость складских помещений в 20 000 тонн. Максимальная производительность склада - 50000 т/год.

В компании "Augubis", Гамбург, строительство крытой зоны хранения (5000 м²) со встроенными мощностями дробления, просеивания и транспортировки, подключенными к рукавному фильтру (70000 Нм³/ч), привлекло капитальных затрат в сумме 7,5 миллионов евро.

Стоимость и реализация проекта по установке пневмокаркасного ангара на Среднеуральском медеплавильном заводе оказались на более чем 80 % ниже тех, что понадобились бы при капитальном строительстве обычного склада [16].

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.1.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях

Описание

Методы или совокупность методов для предотвращения неорганизованных выбросов при транспортировке сырьевого материала, погрузочно-разгрузочных операциях.

Техническое описание

Для предотвращения выбросов неорганизованной пыли в ходе операций погрузки и выгрузки такие хранилища оборудуют одним и более рукавным фильтром. Снижения выбросов штабелями неорганизованной пыли можно добиться соответствующим увлажнением на участках загрузки и выгрузки и использованием расположенных на надлежащей высоте конвейеров. В том случае, если не удастся избежать выбросов

неорганизованной пыли, их уровень можно снизить подбором высоты разгрузки и высоты хранящегося материала. Эти операции проводят либо в автоматическом режиме либо снижением скорости разгрузки.

К мерам, применяемым по предотвращению загрязнения окружающей среды при транспортировке/перемещению сырьевого материала, промежуточных продуктов и готовой продукции, внутри технологических помещений и за их пределами, можно отнести:

- использование вакуумных систем с налаженной системой вентиляции и очистки воздуха;

- использование пневматических систем или закрытых конвейеров для транспортировки мелких и пылящих материалов с эффективными системами пылеулавливания и очистки, надежным вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли из мест разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих концентратов, флюсов, пульпы, промпродуктов;

- размещение перегрузочных конвейеров и трубопроводов на безопасных, открытых участках над поверхностью земли, для своевременного обнаружения возможных утечек и устранения их последствий;

- размещение разгрузочных площадок в пределах обваловок для возможности сбора пролитого материала;

- регулирование скорости движения ленточных конвейеров без укрытия ($<3,5$ м/с);

- размещение конвейеров для не пылящих твердых материалов под навесами;

- регулирование (уменьшение) высоты падения с конвейерных лент;

- очистка транспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для доставки или обработки пылящих материалов;

- распыление воды для увлажнения материалов в местах их обработки, а также удаления осевшей пыли из зон передвижения транспорта;

- искусственные и естественные (дождевая вода) потоки сточных вод, смывающие пыль, должны собираться и обрабатываться перед сбросом для извлечения цветных металлов;

- минимизация материальных потоков между процессами;

- использование максимально коротких маршрутов транспортировки.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неконтролируемых выбросов пыли, металлов и других соединений

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Интегрирование систем отбора проб и анализов материалов в систему обработки и транспортировки сырьевых материалов для определения их качества и подготовки дальнейших операций по переработке.

В 2019 году на заводе "KGHM" (Польша) были проведены работы по герметизации натяжных станций ленточных конвейеров концентратов и усреднительного склада использованием пневматических транспортных систем для транспортировки и обработки концентратов и мелкозернистого материала [15].

Таблица 5.1. Различные типы механических конвейеров и пневмотранспорта

| № п/п | Наименование транспортера | Ориентированность в пространстве | Экологичность | Энергопотребление при производительности 50 т/час | Надежность |
|-------|---------------------------|---|--|---|--|
| 1 | Ленточный конвейер | Горизонтальное и наклонное направление. Максимальный угол до 25°. Произвольное количество зоны загрузки. Не гибкий | Пыление во время работы. Открытая транспортировка | До 15 кВт | Срок службы ленты в зависимости от материала и режима работы 3 – 6 месяцев. |
| 2 | Пластинчатый конвейер | Горизонтальное и наклонное направление до 45° | Пыление во время работы. Открытая транспортировка | До 20 кВт | Срок службы транспортных элементов несколько лет. |
| 3 | Ковшовый конвейер | Вертикальное до 40 м или наклонное (60 - 82° к горизонтали) перемещение. Ограниченное количество зон выгрузки/ загрузки | Пыление во время транспортировки и погрузочных операциях | От 33 кВт | Срок службы тягового органа ремня или цепи в зависимости от режима эксплуатации от нескольких месяцев до нескольких лет. |
| 4 | Винтовой конвейер | Горизонтальное и вертикальное перемещение. Произвольное количество зон загрузки/ выгрузки. Не гибкий. | Пыленепроницаем | 22 - 30 кВт | Срок службы транспортируемого органа винта несколько месяцев Попадание твердых элементов в материал может привести к выходу конвейера из строя. |
| | | Горизонтальное и вертикальное | | | |

| | | | | | |
|---|-------------------------------|--|---|--|--|
| 5 | Пневмотранспор т | вертикальное перемещение. Возможность соединения длинных транспортировочных участков в о д н у транспортировочную систему. Произвольное количество зоны выгрузки. | Обязательное наличие системы аспирации. | Мощность до 55 кВт. | При работе с абразивными материалами образуется выработка на радиусных участках трассы. |
| 6 | Трубчатый цепной конвейер | Возможна горизонтальная (до 50 м), вертикальная (до 30 м) и комбинированная транспортировка . Возможность соединения длинных транспортировочных участков в о д н у транспортировочную систему. Произвольное количество зон загрузки/ выгрузки. | Пыленепроница ем на всех участках | Мощность до 11 кВт | Срок службы тягового органа цепи в зависимости от интенсивности эксплуатации от года до нескольких лет |
| 7 | Трубчатые ленточные конвейеры | Предусматривает выполнение горизонтальных и вертикальных криволинейных изгибов по трассе, не требуя дополнительных свободных площадей и устройства перегрузочных станций | Защищает перемещаемый груз от ветра и от осадков, а также полностью предотвращает пыление | Производительность и размеры оборудования подбираются исходя из потребностей | Срок службы определяется характеристиками и используемых материалов для транспортировки. |

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при: эксплуатации вентиляционных систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала увлажненного в процессе пылеподавления с использованием распыления воды.

Расход воды на увлажнение материалов. Дополнительные отходы в процессе обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду. Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.1.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов пыли

5.1.3.1. Циклоны

Описание

Оборудование для удаления пыли из технологического отходящего газа или потока отработанного газа, основанное на использовании центробежных сил.

Техническое описание

Циклоны предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при подготовительных, пирометаллургических процессах (предварительная обработка сырья, плавка/обжиг, агломерация и т. д.), а также для очистки аспирационного воздуха. Для удаления частиц из отходящего газового потока используется инерция. Принцип действия основан на создании центробежными силами двойной вихревой воронки внутри тела циклона. Входящий газ приводится в круговое движение вниз по циклону рядом с внутренней поверхностью трубки циклона. В нижней части газ поворачивается и вращается вверх по центру трубки и выходит из верхней части циклона. Частицы в потоке газа под действием центробежной силы вращающегося газа выталкиваются к стенкам циклона, но противопоставляются силе жидкостного сопротивления газа, проходящего через и из 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, скрубберы.

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 используют батарейные циклоны (мультициклоны), которые komponуют из большого количества циклонных элементов, объединенных общим пылевым бункером, и имеющих специальные устройства для закручивания газового потока. Подача газа для очистки происходит

тангенциально или аксиально, после чего газ приводится во вращение лопастями. Правильное газораспределение между циклонными элементами мультициклона является очень важным фактором, так как при неравномерном газораспределении могут произойти реверс или засорение газа. Эффективность 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.

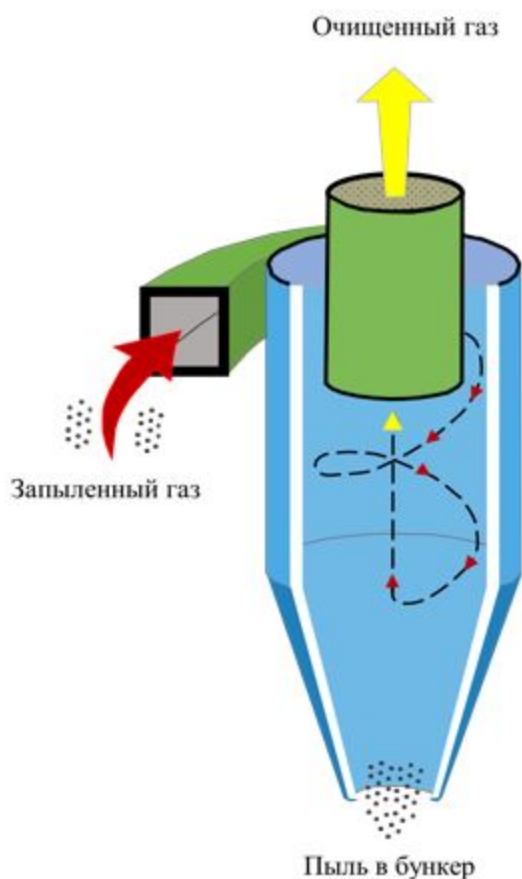


Рисунок 5.1. Конструкция циклона

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень улавливания пыли в значительной степени зависит от размера частиц, 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:

необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль. Для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер;

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;

стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше 400 °С и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа;

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;

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.

циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов;

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:

размера частиц и/или плотности;

скорости во впускном канале;

длины корпуса циклона;

числа оборотов газа в циклоне;

отношения диаметра корпуса циклона к диаметру выходного отверстия;

гладкости внутренней стенки циклона.

Эффективность снижается при:

увеличении вязкости газа;

увеличении диаметра камеры циклона;

увеличении плотности газа;

увеличении размеров канала на входе газа;

утечке 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.

В таблице 5.2 представлены некоторые показатели очистки пылегазовых потоков с использованием циклонов, используемых на заводе УКМК ТОО "Казцинк".

Таблица 5.2. Эффективность очистки при использовании циклонов

| № п/п | Процесс/ источник пыли | Применяемое оборудование | Кол-во, шт | Концентрация до очистки, г/ Нм ³ | Концентрация после очистки , г/Нм ³ | Эффективнос ть, % |
|-------|---|-----------------------------|------------|---|--|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Подготовка и транспортировка шихтовых материалов | ЦН- 15 | 6 | 1,29 | 0,36 | 70,4 |
| 2 | Транспортировка и пересыпка оборотного агломерата | ЦН- 15 | 8 | 0,762 | 0,265 | 62,1 |
| 3 | Очистка газов агломерационной машины | ЦН- 24 | 2 | 14,8 | 9,4 | 36 |
| 4 | Очистка технологических газов шахтной печи | ЦН- 24 | 2 | 12,45 | 8,3 | 30,7 |
| 5 | Очистка газов от электротермической печи | б/н | 6 | 12,5 | 4,28 | 55,4 |

Мониторинг

Уровень производительности циклона может быть определен путем мониторинга 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 0,25 – 1,5 кВт ч/1000 Нм³. Работа циклонов является источником шума, который необходимо устранять, путем ограждения оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Циклоны используются для удаления твердых частиц, размером PM_{10} . Для удаления частиц меньшего размера ($PM_{2,5}$) применяются высокоэффективные мультициклоны.

В большинстве случаев циклоны применяются в качестве предварительных очистителей для более эффективных систем, таких как рукавные фильтры (см. раздел 5.1.3.2) и электрофильтры (см. раздел 5.1.3.3), 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 высокого перепада 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 $1800 - 43000 \text{ Нм}^3/\text{ч}$ и остаточной запыленностью между $2,3$ и $230 \text{ г}/\text{Нм}^3$, эффективность улавливания составляет 90% . Для мультициклона с пропускной способностью в пределах от $36000 \text{ Нм}^3/\text{ч}$ и $180000 \text{ Нм}^3/\text{ч}$ показатели остаточной запыленности и эффективности аналогичны показателям одиночного циклона.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов твердых частиц с возможностью регенерации (повторное использование в качестве сырья) является основной движущей силой внедрения этой технологии.

5.1.3.2. Рукавные фильтры

Описание

| № п/п | Или сырье | Волокна | , кг/м ³ | льнo м возде йстви и | овре мненн o м возде йстви и | кислo ты | щелo чи | окисл яющ и е агент ы | раств орите ли | Горю честв ь | разр ыв, МПа | удли нени е, % | истир анию | 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 | X | 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 |
| 1000 | Полиоксидиазол | Оксалон | - | 250 | 270 | Х | | - | - | - | - | - | Х | - | - |
| 11 | Алюмооборосиликатное стекло | Стеклое волокно | 2540 | 240 | 315 | Х | У-П | ОХ | ОХ | Нет | 1600 - 3000 | 3 - 4 | ОП | 0,3 | - |
| 12 | | Керамическое | - | 760 | 1204 | ОХ | Х | ОХ | ОХ | Нет | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
| | | ВОЛОК НО | | | | | | | | | | | | | | | | | | - | |
| 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 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 оседает 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.

На рисунке 5.2 представлена схема (принципы) очистки газа с использованием рукавного фильтра.

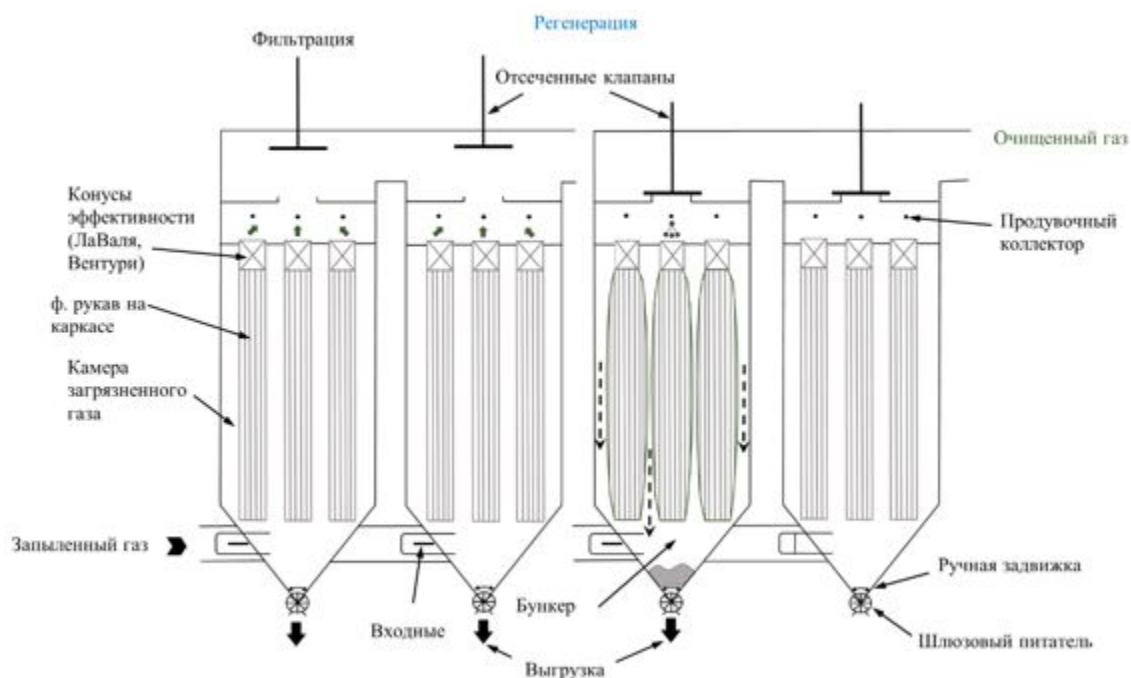


Рисунок 5.2. Принцип работы рукавного фильтра

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. Проведение надлежащего технического обслуживания. 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 расположено 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

Удаление твердых частиц размером до 2,5 мкм. Удаление 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.

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 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 5.4 приведено сравнение наиболее используемых параметров различных фильтров.

Таблица 5.4. 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.

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.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае, в (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

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в окружающую среду. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

5.1.3.3. Электрофильтры

Описание

Частицы, подлежащие удалению, заряжаются и разделяются под воздействием электрического поля. 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 [13,14,15].

Техническое описание

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. рисунок 5.3).

При этом необходимо поддержание напряжения постоянного тока в диапазоне 20 – 100 кВт. Электрофильтры ионной абразивной обработки обычно работают в диапазоне 100 – 150 кВт для обеспечения высокой эффективности сепарации. Отличительной особенностью электрофильтров является способность 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 зависят 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, возгоночные процессы.

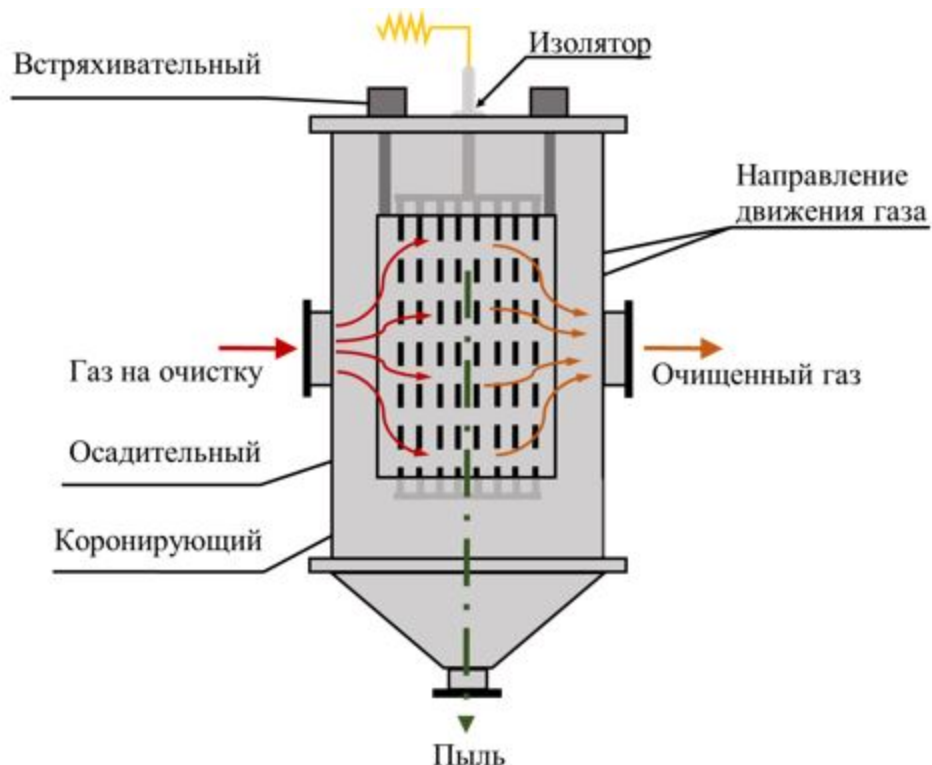


Рисунок 5.3. Принцип действия электрофильтра

Мониторинг

Необходимы своевременный контроль и техническое обслуживание. Производительность рукавного фильтра определяется на основании замера концентрации твердых частиц в потоке отходящего газа (до и после).

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли в атмосферу (улавливание твердых частиц размером менее 1 мкм). Возможность рециркуляции (повторное использование уловленной пыли). Снижение нагрузки загрязняющих веществ, направляемых на следующие этапы очистки.

Таблица 5.5. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров

| № п/п | Загрязняющее вещество | Эффективность очистки, % | | Примечание |
|-------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------|
| | | С у х о й электрофильтр | М о к р ы й электрофильтр | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|-----------------------------------|-------|-----------|--|
| 1 | Пыль (размер частиц не определен) | Н/Д | 99 - 99,2 | |
| | Пыль, аэрозоли | Н/Д | 97 - 99 | Остаточные запыленность 5 – 20 мг/Нм ³ |
| | PM ₁ | >97 | Н/Д | |
| 2 | PM ₂ | >98 | Н/Д | |
| | PM ₅ | >99,9 | Н/Д | Эффективность зависит от конкретной конфигурации установки и условий эксплуатации; указанные показатели основаны на среднечасовых значениях. |
| 3 | PM ₅ | >99,9 | Н/Д | |
| 4 | PM _{2,5} | Н/Д | 97 – 99,2 | |
| 5 | PM ₂ | >98 | Н/Д | |
| 6 | PM ₁ | >97 | Н/Д | |

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность по улавливанию твердых частиц (с минимальным размером <1 мкм) от 99 до более чем 99,99 % в диапазоне от 0,01 до >100 мкм. Электрофильтр применяются для удаления не только пыли, но и веществ, которые адсорбируются на частицах пыли, такие, как диоксины и металлы. Потребление электрической энергии электрофильтров растет экспоненциально со снижением содержания пыли в очищенном газе. Для эффективной эксплуатации электрофильтра необходим контроль температуры и влажности очищаемого потока газа. Соблюдение оптимальных рекомендуемых условий работы и проведение своевременных сервисных работ позволяют увеличить срок эксплуатации электрофильтра. Например, остаточная концентрация пыли после электрофильтра BS- 780R LurgiBischoff (Германия) на входе в сернокислотную установку не более 0,02 г/м³.

Снижение затрат при модернизации возможно за счет усовершенствования существующих установок, без полной замены.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости при оптимальных режимах работы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована, обусловлена наличием в пыли соединений тяжелых металлов и диоксинов (при сжигании вторичных энергоресурсов). Содержание этих веществ может быть основанием классификации уловленной пыли как опасного отхода.

Вероятность образования дополнительных отходов при сервисном обслуживании.

Технические соображения, касающиеся применимости

Основным недостатком электрофильтров является высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, состава пыли, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

Поэтому, несмотря на высокие показатели эффективности, применимость ограничивается риском возникновения пожаров и взрывов при увеличении концентрации окиси углерода.

Основными преимуществами использования электрофильтров являются:

- высокая эффективность пылеулавливания ($> 97\%$) даже для мелких частиц (эффективность может быть повышена путем добавления полей или зон);

- низкий перепад давления обуславливает низкую потребность в энергии, как правило, низкую (в некоторых в некоторых случаях требуется вентилятор с принудительной или нагнетательной тягой необходим для преодоления падения давления в системе перепада давления в системе);

- подходят для широкого диапазона температур, давлений и потоков газа;

- пыль может быть удалена сухим способом, что делает возможным повторное использование (для сухого электрофильтра);

- частичное удаление кислотных паров (для мокрого электрофильтра);

- мокрые электрофильтры могут удалять липкие частицы, туманы и взрывоопасную пыль;

- при напряжении более 50 кВ эффективность очистки не зависит от времени пребывания, что позволяет создавать более компактные конструкции (для мокрого электрофильтра).

Недостатки использования электрофильтров:

- менее подходит для процессов с изменяющимися газовыми потоками, температурами или концентрацией пыли (возможно использование автоматической регулировки, как компенсационных мер);

- возможный повторный унос из-за высокой скорости газа, низких показателей очистки или плохого потока газа;

- чувствительны к техническому обслуживанию и настройкам;

- требуется относительно большое пространство для размещения;

- необходимость в высококвалифицированном персонале;

- специальные меры предосторожности для защиты персонала от высокого напряжения;

- риск взрыва при использовании сухих электрофильтров;

мощность очистки зависит от удельного сопротивления частиц пыли (при использовании сухих электрофильтров);

сухие электрофильтры не рекомендуется использовать для удаления липких или влажных частиц;

коррозия вблизи верхней части проводов из-за утечки воздуха и конденсации кислоты (для мокрых электрофильтров);

высокая стоимость мокрых электрофильтров.

Экономика

Стоимость установки зависит от применяемого метода и оборудования в каждом конкретном случае определяется отдельно. Электрофильтры имеют достаточно низкие энергетические затраты на улавливание частиц, включающие потери энергии на преодоление газодинамического сопротивления аппарата, не превышающего 150 – 200 Па, и затраты энергии, обычно составляющие 0,1 – 0,5 кВтч на 1000 м³ газа.

Замена устаревших электрофильтров тонкой очистки на более современное оборудование для очистки конвертерных газов Среднеуральского медеплавильного завода позволила снизить уровень запыленности с 1 г/м³ до 0,1 г/м³ [16].

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов твердых частиц с возможностью их повторного использования. Требования экологического законодательства.

5.1.3.4. Мокрый электрофильтр

Описание

Удаление пыли путем смыва ее с поверхности электродов орошающей жидкостью, в большинстве случаев используется вода. При необходимости охлаждения газа и доведения его температуры до точки росы перед мокрыми электрофильтрами ставят мокрые пылеуловители - скрубберы. Для удаления капель воды перед сбросом отходящего газа в атмосферный воздух устанавливаются специальные механизмы (брызго-, туманоуловители) [17].

Техническое описание

Мокрые электрофильтры обычно используются на стадии удаления остаточной пыли и капель после абсорбции. Принцип действия схож с принципами работы сухих электрофильтров. В этом случае собранная пыль удаляется с пластин коллекторов или труб с помощью жидкостной пленки, образовавшейся под действием циркуляционной воды и осажденного собранного кислотного тумана. В случае высокого содержания твердых веществ могут использоваться встроенные распылительные форсунки для непрерывного распыления воды в фильтр, тем самым предотвращая образование отложений шлама на коллекторных электродах. Распыление увеличивает жидкостную

пленку на коллекторных электродах и уменьшает содержание в ней твердых веществ. В электрофильтрах мокрого типа, предназначенных для улавливания вместе с твердыми частицами мелких капелек тумана, уловленная пыль смывается с электродов водой и удаляется в виде суспензии (шлама). В таких аппаратах улавливается также пыль с высоким электрическим сопротивлением, плохо задерживаемая в электрофильтрах сухого типа. Газ предварительно увлажняют и охлаждают до температуры ниже точки росы. Кроме того, мокрые фильтры оснащены промывочными системами. Промывка осуществляется на периодической основе. Во время промывки подача высокого напряжения прерывается. Данные фильтры обладают преимуществом при удалении определенных видов пыли, оседающих на стандартных пластинах, или в случаях, когда другие компоненты газового потока препятствуют работе, например, в случае холодного влажного газа. В этом случае образуется жидкий сток, который требует дальнейшей обработки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Мокрые электрофильтры могут обеспечить практически любую степень улавливания любого типа пыли. Эффективность газоочистки с использованием электрофильтров зависит от физико-химических параметров пылегазового потока, скорости и времени пребывания газа в электрофильтре. Как правило, величина эффективности находится в диапазоне от 98 – 99,9 %.

Кросс-медиа эффекты

Значительный расход электроэнергии. Требуется большой расход воды, возникают затруднения в поддержании чистоты электродов при образовании на них шламов, которые необходимо удалять частой промывкой при снятом напряжении, что способствует образованию сточных вод, которые требуют обработки для предотвращения попадания металлов и других веществ в воду. Очищенные газы содержат больше влаги, в результате этого в отходящих печных газах может наблюдаться шлейф.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена необходимостью охлаждения отходящих газовых потоков до температуры ближе или ниже точки росы. При очистке высокотемпературных потоков охлаждение их водой способствует снижению их объема.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли и других соединений. Экономия сырья при условии возврата пыли в процесс.

5.1.3.5. 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. Также применяется для удаления арсина и стибина из выбросов [18].

Техническое 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 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 SO_2 , NH_3 , HCl , HF , летучие органические соединения и тяжелые металлы.

Для удаления арсина и стибина в основном используются следующие варианты мокрых скрубберов:

Трехступенчатый противоточный скруббер с KMnO_4 и 37 % H_2SO_4 в качестве скрубберной жидкости;

Скруббер с поперечным потоком с конденсированной водой и H_2SO_4 в качестве скрубберной жидкости, за которым следует демистер.

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.

Эффективность методов мокрой очистки пыли сильно зависит от размера твердых частиц и собираемых аэрозолей.

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, электрофильтры, рукавные фильтры) или электростатического осаждения. Эффективность очистки при этом находится в диапазоне от 90 до более чем 99 %.

Кросс-медиа эффекты

Возможно ухудшение условий рассеяния 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 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.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в атмосферный воздух. Экологическое законодательство. Экономические выгоды.

5.1.3.6. Керамические и металлические сетчатые фильтры

Описание

Работа керамических фильтров с низкой плотностью аналогична работе рукавных фильтров в плане принципов эксплуатации, общей схемы расположения и операций очистки. Вместо тканевых мешков и металлических опор используются жесткие элементы, напоминающие свечные фильтры [19].

Техническое описание

Можно привести несколько примеров использования этих фильтров в отрасли с достижением высокой эффективности удаления пыли, удаляются мелкие частицы, включая PM_{10} .

Эти фильтры имеют высокую степень термического сопротивления, и зачастую верхний предел рабочей температуры определяется на основании ограничений корпуса. Расширение опорной системы при повышении температуры также является важным фактором, так как высокая температура может оказать воздействие на уплотнение фильтрующих элементов в корпусе, что приведет к утечке из потока загрязненного газа в поток чистого газа. Системы обнаружения ошибок в режиме реального времени используются таким же образом, как и в рукавных фильтрах. Керамические и сетчатые фильтры не обладают гибкостью, как рукавные фильтры. При очистке воздушным импульсом мелкая пыль не будет удаляться так же эффективно, как при использовании

рукавного фильтра, что приведет к накоплению мелких частиц в фильтре и, следовательно, к уменьшению емкости фильтра. Этот эффект скорее всего возникнет при удалении очень мелкой пыли,

Керамические фильтры изготавливаются из алюмосиликатов и могут быть предварительно покрыты различными материалами для повышения стойкости к химикатам или кислотам, или для удаления других загрязняющих веществ. Новые элементы фильтра относительно просты в обращении, однако они становятся хрупкими после воздействия тепла, поэтому существует риск их повреждения во время технического обслуживания или при неосторожных действиях во время их очистки,

Присутствие липкой пыли или смолы представляет собой потенциальную проблему, так как их может быть трудно, очистить от элемента во время обычного цикла очистки, что может привести к значительному падению давления. Поэтому влияние температуры на собираемый материал является важным фактором при проектировании установки. При использовании подходящей конструкции для соответствующего типа пыли достигается очень низкий уровень выбросов пыли. Достижение низких уровней выбросов пыли имеет важное значение, поскольку пыль содержит значительные уровни металлов,

Также сообщалось об аналогичных показателях производительности при использовании модифицированного металлического сетчатого фильтра при высоких температурах. Эта разработка позволяет быстро установить слой пылевого осадка после очистки, пока зона находится в автономном режиме,

Правильно спроектированные, сконструированные и подобранные по размеру для конкретного применения фильтры выполняют следующие функции.

Системы размещения, монтажа и уплотнения подходят для определенного использования, являются надежными и термостойкими.

Непрерывный контроль пыли путем ее улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра. При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для идентификации отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные элементы.

Кондиционирование газа, если это необходимо.

Использование перепада давления для контроля и управления механизмом очистки.

По причине возможного забивания фильтров в определенных условиях (например, в случае липкой пыли или при использовании в воздушных потоках при температуре конденсации), они подходят не для всех целей применения. Фильтры также могут использоваться вместе с существующими керамическими фильтрами и могут подвергаться модернизации. В частности, система уплотнения может быть улучшена во время текущего технического обслуживания.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли и металлов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

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

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна, но процессы работают экономично.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли. Экономия сырья при условии возврата пыли в процесс

5.2. Гидрометаллургическое производство цинка

5.2.1. Производство жидкого диоксида серы из отходящих газов с высоким содержанием SO₂

Описание

Диоксид серы абсорбируется в холодной воде, после чего следуют вакуумная очистка и извлечение жидкого диоксида серы.

Техническое описание

Указанные процессы используются в сочетании с сернокислотной установкой для извлечения нерастворенного диоксида серы. Потенциал для производства жидкого диоксида серы обусловлен существованием местного рынка. Процесс производства жидкого диоксида серы показан на рисунке 5.4. Жидкий диоксид серы также вырабатывается во время криогенного процесса [20].

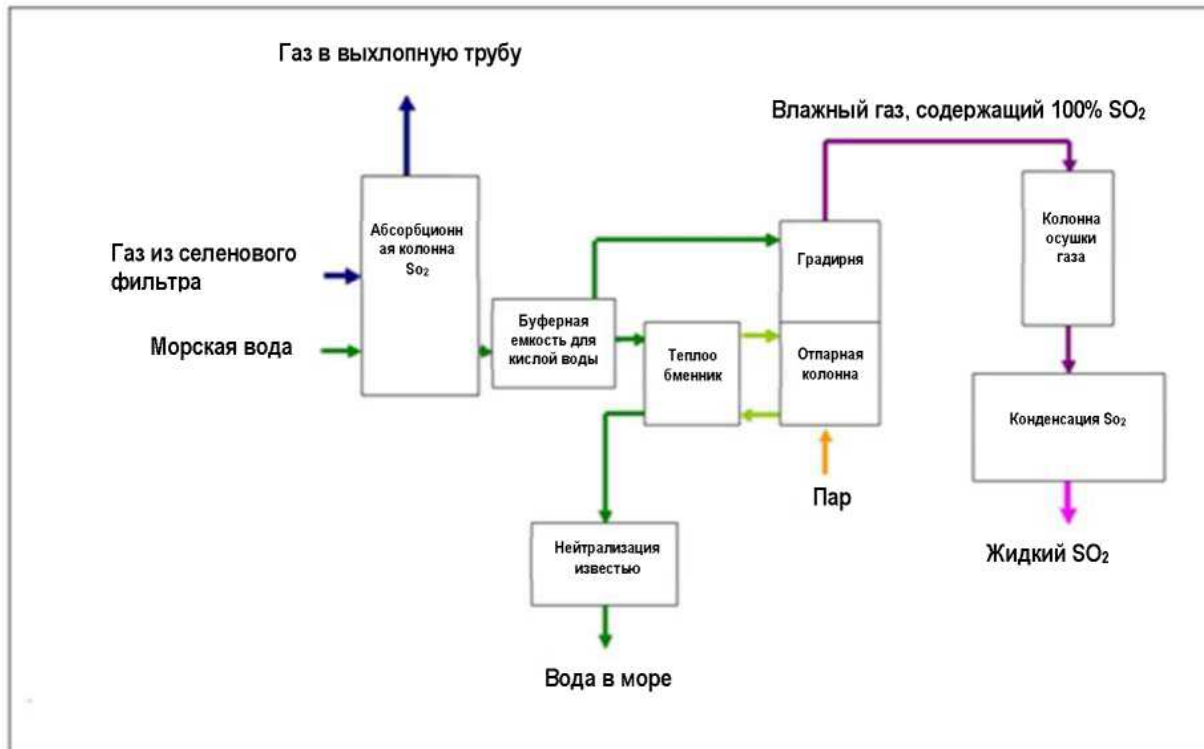


Рисунок 5.4. Процесс производства жидкого диоксида серы

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO₂ в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Обеспечение поставок диоксида серы, который может использоваться для поддержания равномерной концентрации на входе в сернокислотную установку. Среднегодовые выбросы диоксида серы показаны в таблице 5.6.

Таблица 5.6. Среднегодовые выбросы двуокиси серы на заводе Boliden

| № п/п | Год | Концентрация хвостового газа (мг /Нм ³) |
|-------|------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 2006 | 213 |
| 2 | 2007 | 155 |
| 3 | 2008 | 153 |
| 4 | 2009 | 124 |

Технические соображения, касающиеся применимости

Данный метод может применяться на установках при условии существования местного рынка жидкого диоксида серы.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Движущая сила для осуществления

Производство диоксида серы для продажи.

5.2.2. Использование десульфуризации дымовых газов для отходящих газов с низким содержанием SO₂

Описание

Удаление диоксида серы из отходящих технологических газов путем ввода щелочных реагентов (например, карбоната кальция) в виде суспензии/растворов в специальных абсорберах, их реакции с сернистыми соединениями с образованием готового вещества (серноокислый кальций). До начала процесса необходима предварительная очистка газов от пыли [21].

Техническое описание

Одним из наиболее распространенных методов десульфуризации дымовых газов является вдувание извести.

По имеющейся информации в некоторых случаях (например, в вельц-печах или печах ISF с использованием вельц-оксидов) применяется другая система десульфуризации дымовых газов, включающая скруббер, абсорбер и систему обеспечения контакта газа с циркулирующей суспензией извести. В прямоточном скруббере производятся охлаждение, увлажнение и частичная десульфуризация газов. За скруббером установлена противоточная абсорбционная колонна для снижения конечной концентрации SO₂ до уровня ниже требуемого.

Газы, содержащие сернистый газ, проходят обработку на десульфуризационной установке, в которой в качестве сорбента для SO₂ применяется суспензия карбоната кальция (известь <40 мкм) для производства чистого гипса. Газы охлаждаются, затем из них в рукавном фильтре удаляется пыль, после чего они поступают в систему десульфуризации. После десульфуризации газы направляются в двухступенчатый каплеуловитель и затем выбрасываются в трубу. Из суспензии на выходе процесса десульфуризации извлекается гипс, поступающий затем на продажу.

В данном случае циркулирующая суспензия извести откачивается из отдельных резервуаров, оборудованных механическими перемешивателями; резервуар скруббера также оборудован системой аэрации. Размер резервуаров подобран так, чтобы весь поглощенный SO₂ прореагировал с суспензией CaCO₃, все сернистые соединения окислились до сульфатов, и образовался крупнокристаллический осадок синтезированного гипса CaSO₄·2H₂O. Для улучшения окисления сульфитов до сульфатов в резервуар скруббера через пневмогидравлический аэратор подается сжатый воздух. Содержащий сульфат кальция (гипс) прореагировавший шлам с первой

ступени абсорбции направляется в систему фильтрации. После дегидратации в фильтрующем прессе гипс выгружается в контейнер для хранения, расположенный под прессом, откуда он транспортируется на склад, а затем поступает на продажу.

Система десульфуризации дымовых газов известью или карбонатами кальция применима для всех процессов, в которых содержание SO_2 на входе процесса десульфуризации составляет 2 – 15 г/м³ (примерно 0,05 – 0,5 %) при условии, что существует рынок для производимого гипса.

В случае наличия примесей или загрязнений, не позволяющих применять образующийся гипс в строительстве, возникает необходимость захоронения больших объемов пыли, содержащей карбонат и сульфат кальция. Условия захоронения будут зависеть от загрязняющих примесей.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2 .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность удаления SO_2 колеблется от 50 % до 95 %. Скорость удаления на более высоком конце этого диапазона возможна только в идеальных условиях в новых специально разработанных установках.

Челябинский цинковый завод реализует проект по установке дополнительной очистки отходящих газов двух печей вельц-цеха. Системы предполагают мокрый способ очистки, при этом отходящие газы на специальном абсорбере орошаются реагентом – суспензией извести. Заявленная степень очистки составляет 98 %. В результате реакции образуется гипс, который может быть использован в производстве строительных материалов. Ожидаемый экологический эффект – сокращение выбросов диоксида серы на 20 – 25 %.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов, а также сырья (карбоната кальция).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к новым установкам.

Имеются ограничения применимости в части образования большого потока отходов, подлежащих захоронению, а также для существующих установок – в части недостатка пространства для установки крупногабаритного оборудования и масштабной реконструкции действующей системы пылеулавливания и невозможности переработки пыли, загрязненной примесями.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO₂.

5.2.3. Способ абсорбции/десорбции на основе полиэфира, а также на основе органического растворителя, на основе амина и неорганического растворителя для улавливания серы из отходящих газов с низким содержанием SO₂

Техническое описание

Для минимизации атмосферных выбросов SO₂ как от топлива, так и от рудных концентратов, и для рекуперации энергии в виде тепла и окиси углерода используется электростанция в сочетании с одноконтантной серноокислотной установкой и процессом рекуперацией сернистого газа.

Достигнутые экологические выгоды

Восстановление тепла и CO. Сокращение выбросов SO₂.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Для отходящих газов шахтных печей для плавки меди характерны относительно высокая концентрация окиси углерода (около 10 %) и технологическое тепло. Соответственно, отходящие газы являются ценным источником энергии, но при этом они также содержат SO₂. Газы направляются на местные электростанции для использования в качестве дополнительного топлива и рекуперации тепла. Таким образом, отходящие газы на электростанции содержат SO₂ как из печных газов, так и из топливных, и поэтому подвергаются дальнейшей очистке на абсорбционно-десорбционной установке с использованием полиэфирных материалов, которые используются в процессе абсорбции/десорбции для получения газа с повышенной концентрацией SO₂.

Этот газ преобразуется в серную кислоту на одноконтантной установке. Концентрация SO₂ в отработанных газах на выходе данного процесса перед выпуском в атмосферу составляет менее 200 – 600 мг/м³.

Отходящие газы из плавильной печи после конвертирования содержат SO₂ в концентрации от 5 % до 12 %. Они очищаются и смешиваются с концентрированным газом абсорбционно-десорбционной установкой на полиэфирных материалах, концентрация SO₂ в них доводится до 12 %, после чего они направляются на серноокислотную установку. Данная установка производит серную кислоту и отходящие газы, содержащие SO₂ в концентрации 6 – 8 г/м³, которые направляются в абсорбционно-десорбционную установку на полиэфирных материалах для рекуперации

Кросс-медиа эффекты

Увеличение расхода энергии. Образование слабых кислот и сточных вод, которые требуют обработки и/или удаления.

Технические соображения, касающиеся применимости

Техника применима к технологическим газам с низким содержанием диоксида серы

Экономика

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов SO_2 .

5.2.4. Техники для предотвращения выбросов ртути

Описание

Совокупность методов сокращения выбросов ртути в атмосферу.

Техническое описание

Ртуть обладает летучестью при температурах, встречающихся в большинстве процессов устранения загрязнения, и, следовательно, для ее удаления может потребоваться применение других методов.

В случае удаления ртути до использования сернокислотной установки в производимой кислоте будут присутствовать остатки ртути; как правило, в соответствии со спецификацией, содержание вещества составляет от $<0,1$ част/млн. до $0,5$ част/млн. и эквивалентно $\sim 0,02$ мг/Нм³ в очищенном газе. Сообщается, что данный показатель достигается во всех перечисленных ниже процессах.

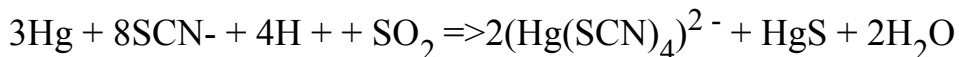
Процесс Boliden-Norzink: этот процесс осуществляется в мокром скруббере на основе реакции между хлоридом ртути и ртутью, в результате которой образуется хлорид ртути (каломель), который выпадает в осадок из очищающей жидкости. Процесс выполняется после завершения этапа промывки и охлаждения на кислотной установке, поэтому газ не содержит пыли и SO_3 , а температура составляет около 30 °С. Газ промывается в башне с уплотненным слоем с помощью раствора HgCl_2 , который вступает в реакцию с металлической ртутью в газе, что приводит к ее осаждению в виде каломеля (Hg_2Cl_2). Каломель извлекается из циркулирующего очищающего раствора и частично подвергается регенерации под действием газообразного хлора до образования HgCl_2 , который затем возвращается на стадию промывки. Полученный ртутный продукт либо используется для производства ртути, либо хранится на складе. Хлорид ртути представляет собой очень токсичное соединение ртути, поэтому данный процесс следует выполнять с большой осторожностью.

Процесс Bolchem: данный процесс реализуется в установке для производства кислоты, как и процесс Boliden-Norzink, но для извлечения используется 99 % серная

кислота. Кислота поступает из абсорбционной секции кислотной установки и вступает в реакцию окисления с ртутью при температуре окружающей среды. Полученная кислота, содержащая ртуть, разводится до 80 %, и ртуть осаждается в виде сульфида с тиосульфатом. После отфильтровывания сульфида ртути кислота возвращается на стадию абсорбции. Таким образом, кислота в данном процессе не расходуется.

Процесс Outotec: в этом процессе ртуть удаляется перед выполнением промывки на сернокислотной установке. Газ при температуре около 350 °С проходит через колонну с уплотненным слоем, где он промывается в противоточном режиме 90 %-ной серной кислотой при температуре около 190 °С. Кислота образуется на месте из SO₃, содержащегося в газе. Ртуть осаждается в виде соединения хлорида селена. Ртутный шлам извлекается из охлажденной кислоты, отфильтровывается, промывается и направляется в производство металлической ртути. Затем часть кислоты возвращается в скруббер. В качестве альтернативы извлечение ртути из газов осуществляется путем промывки раствором, содержащим ионы селена, после чего производится металлический селен вместе с селенидом ртути.

Процесс с использованием тиоцианата натрия: данный процесс применяется в печах для обжига цинка. Газообразный SO₂ промывается раствором тиоцианата натрия и ртуть извлекается в виде сульфида. Тиоцианат натрия подвергается регенерации с помощью реакции, формула которой приведена ниже:



Фильтр с активированным углем (процесс Lurgi): в данном процессе для удаления паров ртути из газового потока используется адсорбционный фильтр с активированным углем.

Наибольшее распространение получили описанные выше методы Boliden-Norzink и Outotec, но сообщается и об использовании других процессов.

Селеновый скруббер: данный метод также предполагает использование мокрого скруббера, в котором происходит реакция между аморфным селеном в серной кислоте и ртутью для удаления паров ртути высоких концентраций.

Селеновый фильтр: процесс очистки с помощью сухого скруббера, в котором аморфный селен вступает в реакцию с ртутью для образования селенида ртути.

Процесс с использованием сульфида свинца: процесс очистки с помощью сухого скруббера с использованием сульфидных конкреций свинца для удаления ртути из газового потока.

Процесс Tinfos/Miltec: процесс очистки ртути, основанный на окислении ртути в отходящих газах с помощью гипохлорита натрия. После окисления в промывной колонне ртуть осаждается в виде сульфида ртути (HgS) за счет добавления двунариевого сульфида. Сульфид ртути удаляют из процесса с помощью фильтра-пресса. Шлам, содержащий ртуть, подвергается обработке как опасный вид

отходов и утилизируется на закрытом полигоне для захоронения отходов. Выбросы ртути сокращаются примерно на 94 %.

Процесс Lurgi, применяемый для очистки от ртути: установка Lurgi для удаления ртути состоит из электростатического фильтра, используемого для удаления остаточной пыли и смол, нагревателя газа, абсорбера с уплотненным слоем, вентиляторно-демпферной системы для контроля потока газа, проходящего через установку, и оборудования для комплексного анализа газа на основе продувки азотом для поддержания низких концентраций кислорода в газе. Нагреватель необходим для нагрева газов до оптимальной температуры 60 – 85 °С; более низкие температуры газа приводят к снижению скорости реакции и конденсации влаги в уплотненном слое, а более высокие температуры могут вызвать вымывание серы из абсорбента. В 2001 году компания Eramet запустила в эксплуатацию установку для удаления ртути и сообщает, что с тех пор она работает без каких-либо перебоев. Объем газового потока, проходящего через установку, составляет около 15000 Нм³/ч. Эффективность поглощения ртути составляет 98 %. После ввода в эксплуатацию установка улавливает 94 % всей ртути из неочищенных газов. Замена абсорбера осуществляется примерно один раз в восемь месяцев и утилизируется безопасным способом. Сообщается только о следах содержания ртути в воде из скруббера.

Процесс Voliden Contech: в уплотненном слое используются шарики, покрытые селеном. Данный метод эффективен, но опыт применения ограничен производством ферросплавов в скандинавских странах

Процесс Dowa: ртуть адсорбируется на пемзу, покрытую сульфидом свинца.

Существует два других процесса снижения содержания ртути в серной кислоте, получаемой при производстве цветных металлов, но они применяются в основном из-за необходимости в повышении качества кислоты, а не в связи с воздействием на окружающую среду.

Ионообменный процесс Superlig: в данном процессе для удаления ртути из произведенной кислоты используется ионный обмен, что позволяет достигать значений концентрации ртути <0,5 част/млн [22].

Добавление йодида калия в кислоту: его концентрация при температуре около 0 °С должна быть не менее 93 %. В результате реакции осаждается йодид ртути HgI₂.

Если в процессе производства цветного металла не используется сернокислотная установка, для снижения выбросов обычно используются такие методы, как выбор сырья, впрыск активированного угля и/или других адсорбентов перед попаданием потока в рукавный фильтр. Содержание ртути в исходном материале, а также технологические циклы могут быть причиной более высокой или низкой концентрации ртути в выбросах.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов Hg в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Цель применения систем удаления ртути до подачи потока газов на сернокислотную установку заключается в снижении содержания ртути в отходящих газах для обеспечения производства серной кислоты хорошего качества. Однако системы удаления ртути (Hg) также могут применяться для сокращения выбросов ртути перед выбросом газов через выхлопную трубу.

В соответствии со спецификацией содержание ртути в серной кислоте, как правило, составляет от $<0,1$ част/млн до $0,5$ част/млн и $<0,02$ мг/Нм³ в очищенном газе. Цель данного метода заключается в сокращении выбросов и извлечении ртути, а также в производстве серной кислоты, не содержащей ртути.

В таблице 5.7 приведены методы удаления ртути, применяемые на установках по обработке меди, свинца и цинка Boliden Ronnskar, а также их производственные характеристики.

Таблица 5.7. Производственные характеристики методов по удалению ртути, применяемых на заводе Boliden Ronnskar

| № п/п | Метод | Поток (Нм ³ /ч) | Загрузка | До очистки (мкг/Нм ³) | После очистки (мкг/Нм ³) | Эффективность очистки, % |
|-------|--|----------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Процесс с добавлением хлорида/BolidenNorzink | 30 000 | Максимальная | 9879 | 30 | 99,7 |
| | | | Минимальная | 51 | 13 | 74 |
| 2 | Фильтр Dowa | 170 000 | Максимальная | 50 | 1,4 | 97 |
| | | | Минимальная | 10,5 | 1,2 | 88 |
| 3 | Селеновый фильтр | 80 000 | Максимальная | 1008 | 48 | 95 |
| | | | Минимальная | 42 | 12 | 71 |
| 4 | Фильтр с активированным углем | 80 000 | Максимальная | 1206 | 32 | 97 |
| | | | Минимальная | 37,2 | 2,7 | 93 |

Выбросы ртути, образующиеся на указанных установках по производству цветных металлов, находятся в диапазоне от $0,02$ мг/Нм³ до $0,05$ мг/Нм³. На рисунке 5.5 показан обзор эффективности применяемых методов сокращения выбросов ртути в атмосферу.

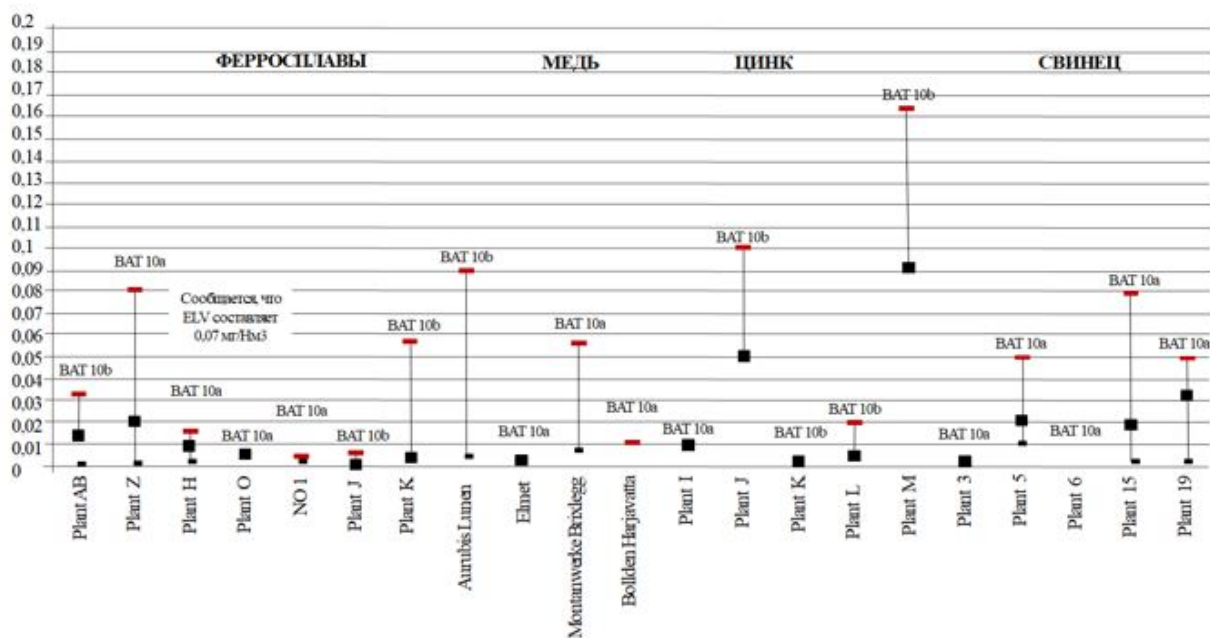


Рисунок 5.5. Выбросы ртути в атмосферу в результате различных процессов производства цветных металлов

Все операции со ртутьсодержащими отходами необходимо проводить в соответствии с действующими на территории Республики Казахстан нормативно-правовыми актами/стандартами.

Кросс-медиа эффекты

Повышенное использование энергии. Образование твердых или жидких отходов, требующих утилизации.

Технические соображения относительно применимости

Данный метод применяется в пирометаллургических процессах с использованием ртутьсодержащего сырья.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

5.2.5. Техники для предотвращения неорганизованных выбросов от сбора отходящих газов при производственных процессах металла

Описание

Совокупность методов предотвращения неорганизованных выбросов в процессе производства металлов.

Техническое описание

Эти методы основаны на профессиональном проектировании и техническом обслуживании систем сбора, а также непрерывном мониторинге выбросов в канале очищенного газа.

Приведены следующие методы:

Герметизация печи (или использование герметичных печей) в сочетании с методами контроля процессов — это метод, который следует применять, если это возможно, для предотвращения или сдерживания выбросов от технологических установок. К примерам можно отнести герметичные плавильные печи, герметичные электродуговые печи и герметичную точечную ячейку для подачи материала для производства первичного алюминия. Герметизация печи также зависит от скорости извлечения газа для предотвращения повышения давления в печи [23].

При отсутствии герметичных печей, например, при модернизации существующей открытой печи, можно использовать максимально возможное уплотнение для сдерживания печных газов. В качестве примера можно привести использование "четвертого отверстия" в крыше электродуговой печи для максимально эффективного извлечения технологических газов - см. рисунок 5.6.

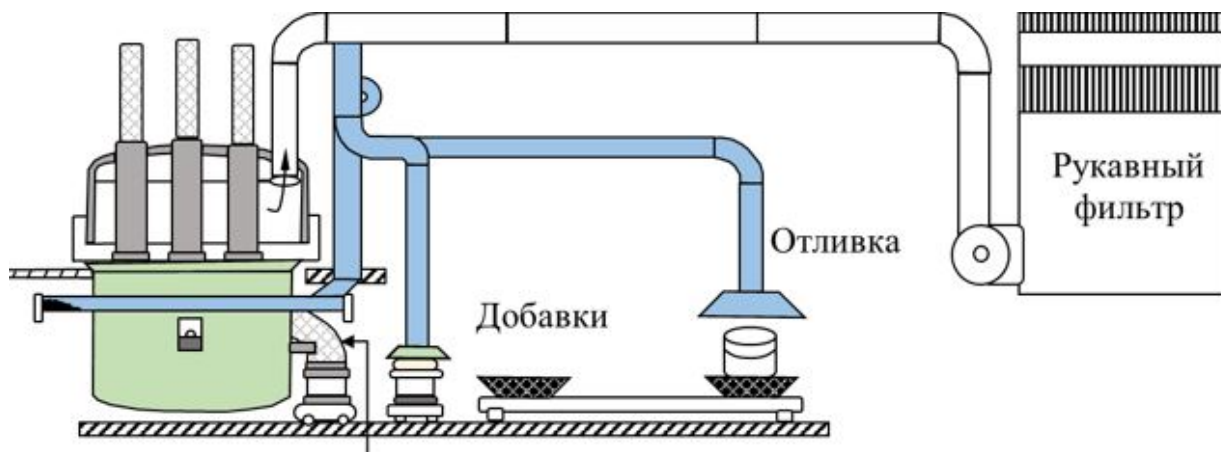


Рисунок 5.6. Сбор паров из четвертого отверстия

Использование герметичных систем загрузки в печах для предотвращения неорганизованных выбросов во время открытия печи, например, использование загрузочных ковшей, плотно прикрепленных к загрузочной дверце печи, и систем загрузки через вытяжной шкаф. Эти методы могут применяться ко всем новым и существующим процессам, включая, в частности, прерывистые процессы.

Техническое обслуживание коллекторного колпака, воздуховодов, фильтрующей системы и вентилятора является крайне необходимым для поддержания заданной скорости сбора или экстракции. Также необходимо использовать систему заслонок и альтернативных точек экстракции для обеспечения прямого всасывания газа в точки выпуска. В качестве примера можно привести случай, когда печь наклоняется для

отвода шлака или металла, а четвертая точка отбора не соединена с воздухопроводом. Заслонки также следует использовать для прямого всасывания газа в точку выпуска. Предпочтительным вариантом является автоматическое переключение заслонок.

Необходимо проводить регулярный осмотр и профилактическое обслуживание для предотвращения возникновения физического повреждения от столкновения или истирания, образования осадка в воздуховоде и на лопастях вентилятора. Этот метод применяется ко всем новым и существующим процессам.

Важной установленной практикой обеспечения надлежащего отбора газов является использование автоматических средств контроля заслонок, что обеспечивает направление усилий по отбору на источник паров, не используя при этом слишком много энергии. Средства контроля позволяют автоматически изменять точку отбора на разных этапах процесса. Например, закладка и выпуск материала из печей обычно происходят в разное время, поэтому точки закладки и выпуска материала могут быть сконструированы таким образом, чтобы они располагались близко друг к другу, чтобы требовалась только одна точка отбора. Точка отбора также предназначена для обеспечения легкого доступа к печи и хорошей скорости экстракции. Конструкция вытяжной системы должна быть надежной, при этом необходимо проводить регулярное техническое обслуживание. Этот принцип легко применяется к короткой вращающейся печи.

В качестве примера можно привести адаптацию короткой вращающейся печи. Загрузочная дверца и летки находятся на одном конце печи. Дымоотводящий колпак обеспечивает полный доступ для шлаков сквозного ковша и загрузочного конвейера.

Он также обладает достаточно прочной конструкцией, выдерживающей незначительные воздействия во время использования.

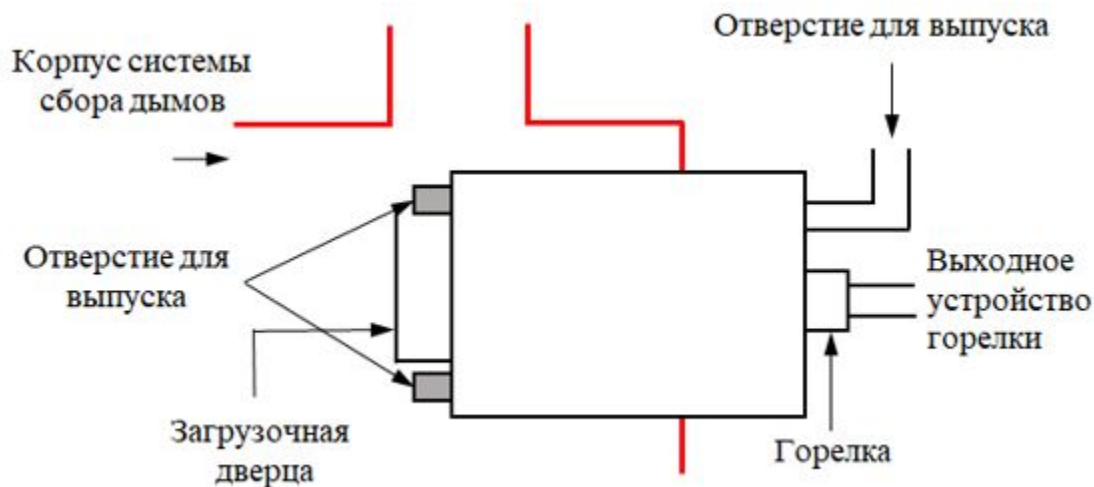


Рисунок 5.7. Система загрузки и выпуска

Принцип направления усилий по отбору газов на переменном источнике паров также может быть соблюден путем автоматического управления заслонками для извлечения основного источника паров во время рабочего цикла, например, во время загрузки или выпуска материала. Конструкция короткой вращающейся печи и вращающегося конвертера с верхним дутьем (ВКВД) также может быть полностью закрытой.

Использование КГД и индикаторов для моделирования потока печных газов. Система улавливания дыма была усовершенствована путем применения моделирования КГД к печным газам для обеспечения оптимального сбора дыма. Результатом этой работы по оценке движения потоков дыма стало использование управляемых заслонок для достижения максимальной производительности. Значительный прогресс также был достигнут путем изменения схемы загрузки сырья в электрическую восстановительную печь, предполагающую подачу небольшого количества шихты на регулярной основе вместо одновременной загрузки всей партии. Основным эффектом были сокращение колебаний, вызывающих неорганизованные выбросы, и предотвращение переохлаждения печи; результаты по уменьшению выбросов ПХДД/Ф в этом случае были значительными.

Использование дополнительных вытяжек для сбора газа. Если неорганизованные выбросы не могут быть предотвращены или сокращены до приемлемого уровня, могут использоваться вторичные системы сбора дыма. Некоторые печи могут быть оснащены дополнительными вытяжками для сбора неорганизованных выбросов во время загрузки и выпуска. Всасывающий вентилятор устанавливается непосредственно у источника паров, чтобы оптимизировать уменьшение неорганизованных выбросов. Допускается использование интеллектуальной системы для автоматического управления вентиляторами на этапах процесса, при которых вырабатываются пары. В качестве альтернативы воздух может выводиться через вентилятор, установленный на крыше, но при этом необходимо обрабатывать большой объем воздуха, который не может эффективно очищаться с помощью рукавного фильтра. К другим недостаткам относятся: высокое потребление энергии, высокие инвестиции и большие объемы отходов (используемые фильтрующие материалы). Вторичные системы сбора дыма предназначены для конкретных случаев. Потребление энергии может быть сведено к минимуму путем автоматического контроля точки отбора с помощью заслонок и управления вентилятором, поэтому системы используются по мере необходимости, например, во время загрузки или установки конвертера.

Ниже приведены некоторые примеры вторичного сбора газа.

В процессе, показанном на рисунке 5.8, скорость воздушного потока контролируется с помощью замкнутой системы управления за счет регулирования заслонок. Вентиляторы, оснащенные регуляторами скорости, используются для

минимизации потребления энергии; 875000 $\text{Nm}^3/\text{ч}$ вторичных газов улавливаются и очищаются с помощью рукавных фильтров. При этом количество потребляемой электроэнергии составляет 13,6 ГВт-ч/год, а объем пыли, улавливаемой за час, составляет 700 кг.

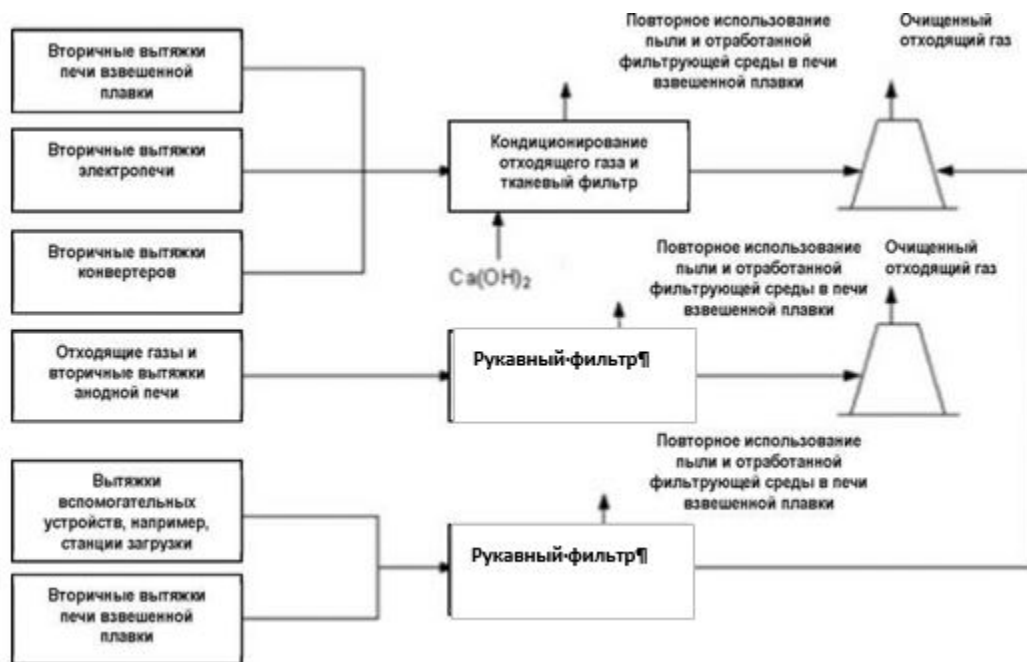


Рисунок 5.8. Схема системы вторичного сбора паров для первичного процесса обработки меди

Сбор газов из конвертера периодического действия может быть затруднен, поскольку передача ковша мешает работе улавливающих колпаков. Некоторые установки собирают все пары с контура крыши, но при этом затраты энергии увеличиваются. В другой установке используется система из трех вытяжек в дополнение к основной вытяжке. Эти вытяжки можно подключать либо к установке серной кислоты (вытяжка 1), либо к системе вторичной очистки (вытяжки 2 и 3). Во время операций наполнения и заливки отдельные вытяжки приводятся в действие от мотора и устанавливаются в положения, обеспечивающие оптимальную эффективность сбора. Система вторичного сбора газа показана на рисунке 5.9.

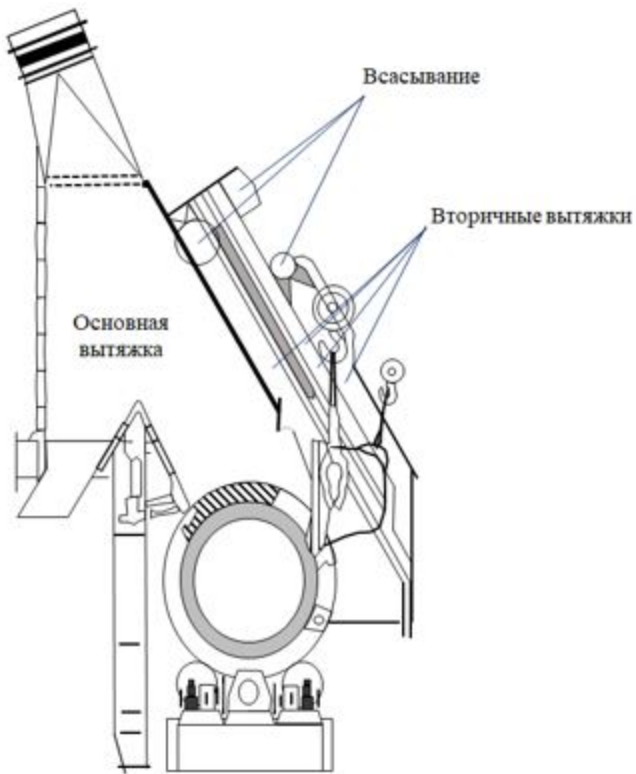


Рисунок 5.9. Система вторичной вытяжки для конвертера

Еще один пример показывает, каким образом пары при выпуске плавки из доменной печи могут улавливаться системой вторичного сбора дымов. Пылеулавливающее оборудование состоит из различных вытяжек, расположенных над леткой доменной печи, основного металлического выпускного желоба и устройства, в котором жидкий металл выливается в ковш сигарообразной формы. Собранные пары очищаются в отдельном рукавном фильтре. Система сбора выпускных паров (вид сверху доменной печи) показана на рисунке 5.10.

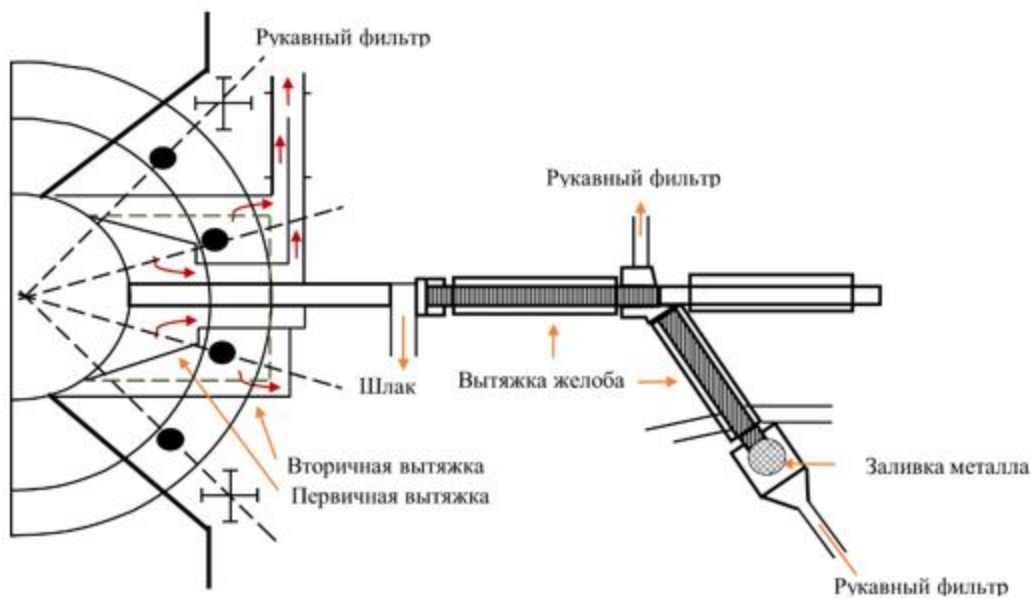


Рисунок 5.10. Система сбора выпускных паров

Использование систем третичного сбора. Газы, которые не улавливаются вторичными вытяжками, могут собираться в системе третичного сбора, которая охватывает всю рабочую зону, например, система, спроектированная по концепции "дом в доме" или "кожух сталеплавильной печи". Интеллектуальная система используется для автоматического управления вентиляторами на этапах процесса, при которых производятся пары. Данный принцип применяется в концепции "дом в доме" для предотвращения чрезмерного потребления энергии.

Достигнутые экологические выгоды

Эффективное улавливание неорганизованных выбросов металлов, пыли, двуокиси серы и других соединений.

Большая часть пыли возвращается в процесс переработки или реализуется для извлечения ценных металлов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

Кросс-медиа эффекты

Повышенное использование энергии.

Технические соображения относительно применимости

Данные методы являются общеприменимыми.

Система сбора третичного дыма, например, "дом в доме", применяется к операциям выпуска и заряда на новых установках или при значительных модернизациях существующих установок в связи с размерами печей и требованиями к пространству.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Улавливание неорганизованных выбросов.

5.2.6. Способы предотвращения и снижения выбросов от обжига первичных материалов

Описание

Технологии для рассмотрения:

влажный материал, полученный с использованием системы распыления воды, установленной на конвейерной ленте перед обжиговой печью в псевдоожигенном слое ;

полностью закрытое технологическое оборудование;

рукавный фильтр;

горячий ЭСО с циклонным пылеуловителем как дополнительный предыдущий этап;

скрубберы, влажный ЭСО и методы борьбы с выбросами ртути.

Техническое описание

Рукавный фильтр

Концентраты цинка имеют относительно высокое содержание влаги (~ 10 %), что весьма эффективно при предотвращении выбросов пыли во время их обработки, особенно при использовании полностью закрытого оборудования. В случае пылевого материала, например, материала с очень низким содержанием влаги или для обработки обожженных материалов применяются рукавные фильтры для уменьшения количества выбросов в канализацию от подготовки материала для обжиговой печи (дозировочные устройства, фрезерование и шлифование при нанесении) и вторичные выбросы от самого обжига.

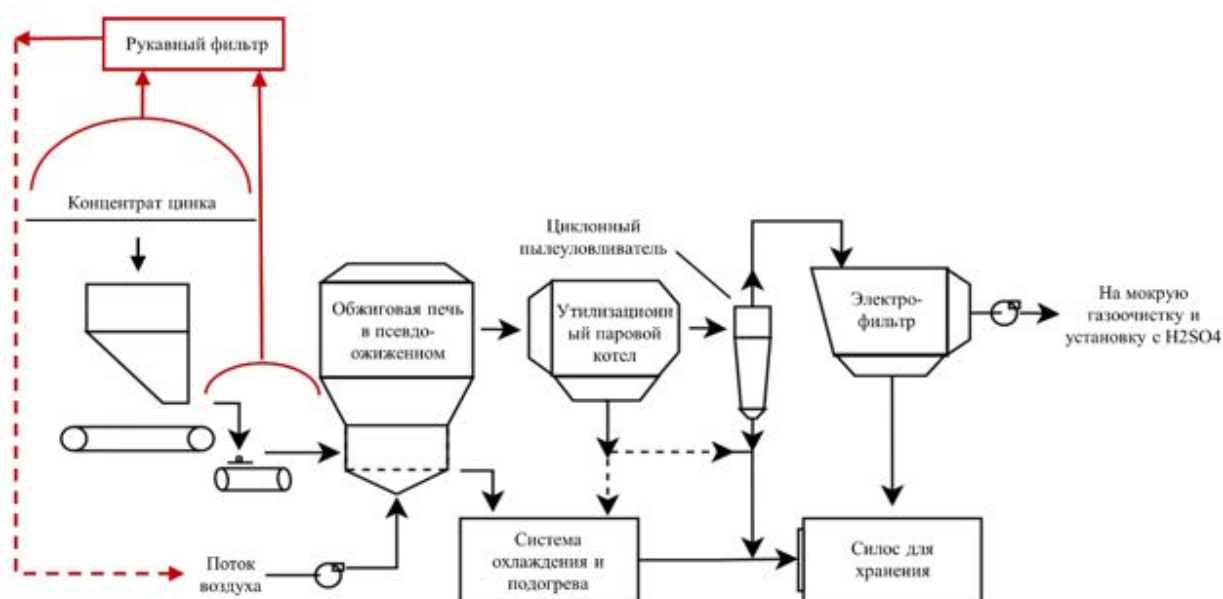


Рисунок 5.11. Улавливание и сокращение выбросов от подготовки материала для обжиговой печи и обжиговой печи

Рукавные фильтры или керамические фильтры обеспечивают лучшую эффективность удаления пыли, чем ЭСО при использовании на этом этапе процесса [24].

Горячий ЭСО с циклонными пылеуловителями как дополнительный предыдущий этап

Эта стадия сухой очистки применяется для восстановления большого объема пылевого огарка. При необходимости производят выщелачивание хлорида или кадмия до повторного использования пылевого огарка.

Скрубберы, влажные ЭСО и методы борьбы с выбросами ртути

Данный этап мокрой очистки применяется для получения отходящего газа, который подходит для подачи в установку с серной кислотой.

| | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----|------|---|---|
| 7 | Частота выборки | кол- во/ год | 0,5 | 0,33 | 1 | 2 |
|---|--------------------|-----------------|-----|------|---|---|

Немецкая установка по производству первичного цинка использует рукавный фильтр для снижения количества выбросов от вальцового станка, где измельчаются обожженные материалы. По итогам 6 измерений, выполненных в 2005 году, расход составил 9670 Нм³/ч. Выбросы пыли и металлов составили:

пыль: 1,1 – 3,4 мг/Нм³;

свинец: 0,031 – 0,132 мг/Нм³;

никель: <0,001 мг/Нм³;

цинк: 0,7 – 1,7 мг/Нм³;

мышьяк: <0,001 - 0,005 мг/Нм³.

Горячий ЭСО с циклонным пылеуловителем как дополнительный предыдущий этап

В таблице 5.9 показан пример данных по удалению сухой пыли на стадии сухой газоочистки. После сухой газоочистки поток поступает в секцию мокрой газоочистки.

Таблица 5.9. Удаление пыли в секции сухой газоочистки обжиговой установки (решетка ~ 120 м²) перед секцией мокрой газоочистки

| № п/п | Этап процесса (вывод) | Поток газа (max) (Нм ³ /ч) | Температура (max) (°С) | Пыль (max) (мг/Нм ³) |
|-------|--|--|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Обжиговая печь в псевдоожиженном слое | 88 307 | 980 | 300 000 |
| 2 | ▼ | | | |
| 3 | Утилизационный паровой котел | 88 814 | 350 | 150 000 |
| 4 | ▼ | | | |
| 5 | Циклонные пылеуловители (дополнительно) | 89 380 | 350 | 300 00 |
| 6 | ▼ | | | |
| 7 | Электрофильтр | 90 000 | 350 | 200 |

Скрубберы, влажные ЭСО и методы борьбы с выбросами ртути

В таблице 5.10 приведен типичный пример устранения пыли на стадии мокрой очистки.

Таблица 5.10. Устранение пыли в системе мокрой газоочистки перед в установке с Н₂SO₄

| Поток газа (Нм ³ /ч) | | Температура (°С) | | Пыль (мг/Нм ³) | |
|---------------------------------|--------|------------------|--------|----------------------------|--------|
| Впуск | Выпуск | Впуск | Выпуск | Впуск | Выпуск |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------|-----------------|-----------|------|-------|-------|
| 80 000 - 90 000 | 80 000 - 90 000 | 300 - 350 | < 30 | < 200 | < 0,5 |

Выход из системы мокрой газоочистки является не точкой выброса отходов, а внутренней точкой внутри замкнутого канала газоочистки. Косвенное обнаружение выбросов в этот момент достигается путем анализа качества серной кислоты.

Концентрация ртути (общая) до фильтрации может составлять от 10 мкг/м³ до 9900 мкг/м³ и после фильтрации от 3 мкг/м³ до 50 мкг/м³, что составляет 70 – 99,7 % очистки, в зависимости от применяемых технологий для удаления ртути. Последующее качество кислоты дает концентрацию ртути ниже 1 част./млн. Тем не менее, нынешняя тенденция на рынке требует серную кислоту с содержанием ртути ниже 0,5 част./млн.

Кросс-медиа эффекты

Рукавный фильтр

Увеличение потребления энергии.

Горячий ЭСО с циклонными пылеуловителями как дополнительный предыдущий этап

Увеличение потребления энергии.

Скрубберы, влажные ЭСО и методы борьбы с выбросами ртути

Сточные воды после газоочистки содержат слишком много галогенов и должны пройти обработку в установках по очистке сточных вод.

Технические соображения, касающиеся применимости

Обычно применяются легко смачиваемые материалы, закрытое технологическое оборудование и рукавные фильтры.

На производстве цинка использование горячих ЭСО, влажных ЭСО и методов борьбы с выбросами ртути требует наличия еще одной установки с серной кислотой.

Применение технологий борьбы с выбросами ртути связано с требованиями качества получаемой серной кислоты.

Экономика

Поскольку серная кислота является основным побочным продуктом в процессе обжига сернистого цинка, удобство и стоимость транспортировки кислоты конечному пользователю могут быть преградой для оборудования обжиговой установки сернистого цинка с извлечением серы в виде серной кислоты.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Экологические законодательные требования. Восстановление пыли. Производство серной кислоты с коммерчески приемлемым качеством ртути.

5.2.7. Способы предотвращения и снижения выбросов, образующихся при очистке растворов, с использованием цинкового порошка и переработке огарка

Описание

набор методов для предотвращения выбросов их выщелачивающих резервуаров и отстойников;

набор методов предотвращения выбросов от разделения твердой и жидкой фаз;
мокрые скрубберы с водой, за которыми следуют туманоуловители;
центробежные системы;
туманоуловители.

Техническое описание

Набор методов для предотвращения выбросов из выщелачивающих резервуаров и отстойников.

Резервуар должен быть закрыт крышкой во избежание неорганизованных выбросов аэрозолей. Когда процесс требует открывания крышки, необходимо принять меры предосторожности, чтобы соответствующим образом ограничить возможность выбросов (например, контроль над экстракцией/отрицательным давлением, крышками для отбора проб или очистными отверстиями, уплотнениями вала смесителя).

Если резервуар вентилируется, вентиляционная труба должна быть подключена к системе борьбы с выбросами (при необходимом уровне выбросов).

Использование центральной системы борьбы с выбросами.

Использование системы очистки одного резервуара, естественной или механической тяги.

Обрабатываемые жидкие входные и выпускные желоба возле реакционного резервуара должны быть закрыты.

Сам резервуар должен иметь затвор/отстойник выше почвы, чтобы предотвратить проливы веществ в почву.

Резервуар должен находиться в водонепроницаемой зоне в соответствии с местными экологическими нормами.

Набор методов предотвращения выбросов от разделения твердой и жидкой фаз.

Процессы выщелачивания обычно имеют одну или несколько стадий фильтрации, при которых эффективно удаляются твердые частицы из технологической жидкости. Для фильтрации остатков железа, таких как ярозит и гетит, обычно используют вакуумные фильтры и вращающиеся или горизонтальные системы конвейеров. На этом этапе возникает несколько проблем с выбросами, и следующий краткий перечень указывает на некоторые важные проблемы [25].

Вакуумные насосы/нагнетательные вентиляторы обычно используют воду в качестве герметика. На эту воду будет влиять содержание металлов в крошечных каплях, поступающих из вакуумного сепаратора, и этот процесс необходимо строго контролировать. Неисправное функционирование на конкретном этапе (этапах) сепаратора может привести к повышенному содержанию металлов в воде. Стандартная практика заключается в повторном использовании этой воды, и, поскольку вода также будет нагреваться, необходимо добавить этап охлаждения. Перед спуском воды

воздуха может потребоваться очистка сточных вод. Поскольку вода во время работы вакуумных фильтров загрязнена металлами, большинство установок использует переработанную технологическую воду с низким содержанием металлов для вакуумных насосов вместо пресной воды. Это уменьшает общее потребление воды.

Чтобы поддерживать благоприятные, безопасные условия работы, необходимо плотно закрывать вакуумные фильтры с помощью кожухов, которые собирают влажный воздух из фильтрации горячих жидкостей. Этот воздух содержит мелкие капли и, следовательно, может быть пропущен через систему борьбы с выбросами как через одну систему, так и через комплекс систем.

Очень важна промывка отделенных твердых веществ, особенно если твердый материал является окончательным остатком для утилизации. Горизонтальные ленточные фильтры позволяют использовать несколько зон промывки, которые в противоточном расположении будут очень эффективными для сокращения количества остаточных водорастворимых элементов. Другими эффективными фильтрующими устройствами являются мембранные фильтр-прессы и непрерывные ленточные фильтры, работающие под давлением. Как правило, нагретая охлаждающая вода, выпускаемая из технологических охладителей, рециркулируется в качестве промывочной воды для фильтров. Эффективность промывки фильтрационного чека увеличивается при использовании теплой воды.

Ожидаемая эффективность промывки будет варьироваться в зависимости от установки, но есть основания полагать наличие в ярозите водорастворимого цинка менее 1 % (во влажном состоянии).

Мокрые скрубберы, центробежные системы и туманоуловители для вентиляционных отверстий и дымоходов.

Чистка водой, за которой следует туманоуловитель, при которой скрубберная вода возвращается в процесс.

Центробежные системы, в которых капли вентиляционного воздуха ударяются о стенку после того, как они двигаются круговым движением от действия статического пропеллера в двухстеночном реакторе, в котором собирается жидкость и отправляется обратно в процесс.

Туманоуловители различного типа с собранным туманом и конденсатом, вытекающим обратно в резервуар вдоль вентиляционной стенки.

Достаточно правильно спроектированной дымовой трубы с гидродинамическими условиями, позволяющими рассеивать туман, часто для уменьшения выбросов тумана.

Потребность в борьбе с загрязнением также зависит от положений на месте. Резервуары, расположенные внутри плохо вентилируемого закрытого помещения, требуют использования различных систем борьбы с выбросами в реакторы, которые находятся снаружи на открытом пространстве.

Все вышеупомянутые системы борьбы с загрязнением обычно имеют эффективность более 95 %. Существуют различные проблемы, связанные с образованием окалины и засорением во всех их типах и их использованием. Чтобы эти средства борьбы с загрязнением работали должным образом, необходима профилактическая программа обслуживания.

Следует также отметить, что при установке новых систем борьбы с загрязнением следует соблюдать осторожность в отношении размещения контрольных точек или точек отбора проб, поскольку это крайне важно для соответствующего правильного отбора проб (для выполнения изокинетического метода отбора проб).

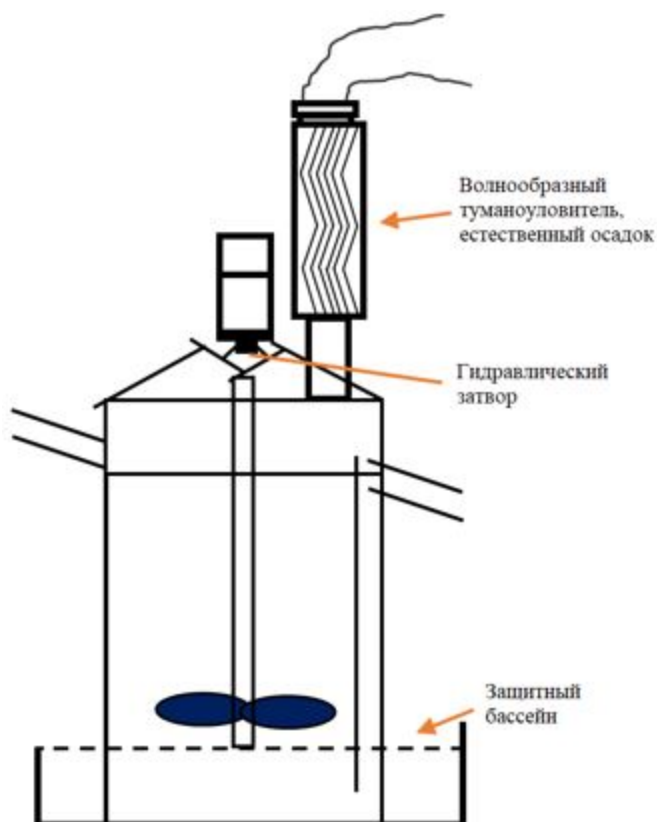


Рисунок 5.12. Реакционный резервуар

На рисунке 5.12 показан реакционный резервуар, оборудованный статическим туманоуловителем и естественной тягой. Он имеет герметичную крышку и помещается в накопительный бассейн.

Достигнутые экологические выгоды

Набор методов предотвращения выбросов из выщелачивающих резервуаров и отстойников, разделения твердой и жидкой фаз.

Предотвращение выбросов аэрозолей и тумана.

Скрубберы, центробежные системы и туманоуловители для вентиляционных отверстий и дымовых труб.

Сокращение выбросов аэрозолей и тумана.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эти установки просты и не требуют большого контроля, но их необходимо регулярно очищать для правильного функционирования.

Центральные системы сбора отходов будут более сложными, поскольку они обычно включают в себя вентиляторы и двигатели, но в процессе использования они не требуют частого обслуживания и ремонта.

Количество выбросов цинка из емкостей, обычно снижается на > 95 %.

Например, печь для выплавки цинка "Boliden Odda" с таким типом установки: в 2003 году были зарегистрированы выбросы цинка из отстойника при нейтральном выщелачивании до и после установки туманоуловителя. Результаты показаны в таблице 5.11.

Таблица 5.11. Данные по выбросам из отстойника при нейтральном выщелачивании с и без туманоуловителя

| № п/п | Характеристика | Ед.изм. | До установки | После установки |
|-------|-------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Вентил. поток | Нм ³ /ч | 6820 | 3858 |
| 2 | Содержание Zn | мкг/Нм ³ | 3311 | 264 |
| 3 | Выбросы | г/ч | 22,6 | 1,0 |
| 4 | Уменьшение кол-ва | % | - | 95,5 |

Данные, действующие для установки, по выбросам за 2011 год приведены в таблицах 5.12 - 5.14.

Таблица 5.12. Данные по выбросам при вентиляции емкостей для выщелачивания *

| № п/п | Установка | | A | A | B | D | E | F | G |
|-------|-------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Поток | Нм ³ /ч | 12 266 | 17 921 | 42 831 | 11 440 | 17 400 | 40 000 | 12 500 |
| 2 | Пыль | мг/Нм ³ | НД | НД | 6,0 | 4,5 | 0,6 | НД | 4,5 |
| 3 | Zn | мг/Нм ³ | 0,01 - 0,95 | 0,77 | 3,55 | 0,25 | 0,60 | 0,57 | - |
| 4 | Cd | мг/Нм ³ | < 0,002 | 0,008 | 0,023 | 0,184 | 0,002 | 0,005 | 0,11 |
| 5 | Pb | мг/Нм ³ | < 0,03 | 0,031 | 0,168 | 0,194 | 0,025 | 0,030 | 0,009 |
| 6 | Hg | мг/Нм ³ | НД | НД | НД | 0,03 | НД | НД | НД |
| 7 | As | мг/Нм ³ | НД | 0,022 | 0,002 | 0,019 | НД | НД | НД |
| 8 | Cu | мг/Нм ³ | НД | НД | 0,024 | 0,21 | 0,006 | НД | НД |
| 9 | Ni | мг/Нм ³ | НСНД | НД | 0,0004 | 0,17 | НД | НД | НД |
| 10 | Используемая технология | | Туманоуловитель | Кран управлен и я потоком | Отсут. | Скруббер | Отсут. | Скруббер | Отсут. |
| 11 | Частота выборки | кол-во/год | 1,00 | 0,5 | 1 | 0,2 - 2 | 3 | 12 | 3 |

* когда система борьбы с выбросами не применяется, это означает, что в потоке выбросов не наблюдается снижения потока выбросов. Однако в большинстве случаев принимаются меры предосторожности, чтобы избежать или минимизировать потоки выбросов;

для установок В и Е данные о выбросах включают выбросы в секции очистки.

Таблица 5.13. Данные по выбросам от процесса прямого выпелачивания

| № п/п | Показатели | Ед.измерения | Количество |
|-------|-------------------------|--------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Поток | Нм ³ /ч | 9 640 |
| 2 | Zn | мг/Нм ³ | 0,61 |
| 3 | Cd | мг/Нм ³ | 0,024 |
| 4 | Pb | мг/Нм ³ | 0,033 |
| 5 | As | мг/Нм ³ | 0,025 |
| 6 | Hg | мг/Нм ³ | 0,008 |
| 7 | Используемая технология | | Скруббер |
| 8 | Частота выборки | кол-во/год | 0,5 |

Таблица 5.14. Данные по выбросам от ярозит-процесса на заводе А

| № п/п | Поток | Нм ³ /ч | 8 614 |
|-------|-------------------------|--------------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Zn | мг/Нм ³ | 0,25 |
| 2 | Cd | мг/Нм ³ | 0,023 |
| 3 | As | мг/Нм ³ | 0,029 |
| 4 | Используемая технология | | Отсут. |
| 5 | Частота выборки | кол-во/год | 0,2 |

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления электроэнергии (из-за работы вентиляторов).

Экономика

Со стороны подачи воздуха установка этих технологий относительно недорогая.

Со стороны подачи воды/жидкости дорогостоящим будет строительство системы для предотвращения утечек в почву.

Это означает, что необходимо создать развитую инфраструктуру для сбора поверхностных сточных вод.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов в атмосферу.

Для установок, где операции по выщелачиванию и очистке проводятся в закрытом помещении, существует дополнительная потребность в вытяжке паров для поддержания здоровой рабочей обстановки. Как правило, это требуется на установках в странах Северной Европы с холодной зимой.

Предотвращение утечки в почву.

5.2.8. Способы предотвращения и снижения выбросов при выщелачивании и разделении твердой и жидкой фаз

Описание

Технологии для рассмотрения:

набор методов для предотвращения выбросов их выщелачивающих резервуаров и отстойников – описание техники указано в разделе 5.2.7.;

набор методов предотвращения выбросов от разделения твердой и жидкой фаз - описание техники указано в разделе 5.2.7.;

мокрые скрубберы с водой, за которыми следуют туманоуловители- описание техники указано в разделе 5.2.7.;

центробежные системы - описание техники указано в разделе 5.2.7.;

туманоуловители - описание техники указано в разделе 5.2.7.

5.2.9. Предотвращение и снижение образования тумана при электровиннинге внутри электролизной ванны

Описание

надлежащая вентиляция электролизной ванны;

использование добавок, в частности, пенообразующих добавок, для минимизации образования туманов.

Техническое описание

Надлежащая вентиляция электролизной ванны

Электролизная ванна хорошо вентилируется для защиты условий работы на предприятии. Существует две системы, которые используются для улавливания электролитного тумана.

Некомбинированная: электролизная ванна вентилируется (искусственная или естественная тяга) независимо от охлаждения электролита; градирни используют воздух извне.

Комбинированная: электролизная ванна вентилируется на счет капельной градирни, воздух из здания используется в качестве охлаждающего агента в охладителях. Таким образом, вентиляционный воздух проходит через туманоуловители, и выделяется кислотный туман.

Использование добавок, в частности, пенообразующих добавок

Добавки, особенно пенообразующие добавки, например, лакрица, костный клей, экстракт корня солодки и др. используются для минимизации образования туманов. Поддержание относительно стабильного слоя пены на поверхности раствора в

электролизных ваннах предотвращает разрыв пузырьков кислорода, образованных на анодах, на поверхности с чрезмерным выплеском небольших жидких частиц в воздух.

Достигнутые экологические выгоды

Данные о выбросах из вентиляции электролизной ванны приводятся в таблице 5.15.

Таблица 5.15. Данные по выбросам из вентиляции электролизной ванны

| № п/п | Завод | | A | B | D и E | F |
|-------|--------------------------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|---------|
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Поток | Нм ³ /ч | 1 600 000 | 1 200 000 | Через охладители | 803 439 |
| 2 | Zn | мг/Нм ³ | 0,2 | 0,04 | | 0,04 |
| 3 | SO ₃ | | НД | 0,14 | | НД |
| 4 | H ₂ SO ₄ | | НД | НД | | 0,29 |
| 5 | Используемая технология | | Отсут. | Отсут. | | Отсут. |
| 6 | Частота выборки | кол- во/год | 0,5 | 1 | | 12 |

Использование пенообразующих добавок, таких как лакрица, костный клей, экстракт корня солодки и др. и вентиляция электролизной ванны позволяют поддерживать концентрацию тумана серной кислоты в рабочей среде ниже 0,5 мг/м³ (8-часовое временное взвешенное среднее значение).

Кросс-медиа эффекты

Надлежащая вентиляция электролизной ванны

Увеличение потребления электроэнергии.

Использование добавок, в частности, пенообразующих добавок

Незначительное увеличение употребления добавок (например, лакрицы).

Технические соображения, касающиеся применимости

Являются общеприменимыми.

Экономика

Применение добавок, стабилизирующих пенообразование, влечет за собой более высокие инвестиционные затраты (хранение, обработка, подготовка и дозирующее оборудования) и эксплуатационные расходы (в основном, затраты на реагенты).

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов тумана, содержащих металлы (в основном цинк) и сульфатов в атмосферу. Сокращение воздействия кислотных туманов на операторов.

5.2.10. Предотвращение и снижение образования сточных вод из электролизной ванны

Описание

Использование системы вторичной защитной оболочки.

Техническое описание

Электролизные ванны имеют разветвленную систему вторичной защитной оболочки для удержания всех разливов, жидкостей или шламов в процессе очистки. Все собранные растворы и твердые вещества возвращаются на этап выщелачивания.

Достигнутые экологические выгоды

Все разливы и жидкости или суспензии в процессе очистки собираются в системе вторичной защитной оболочки и возвращаются в максимальном количестве на этап выщелачивания. Только в исключительных обстоятельствах, например, во время важных работ по техническому обслуживанию или в период, когда общий водный баланс не позволяет объему собранного раствора влиться в канал с раствором цинка, эта жидкость является частью собранного раствора, которая направляется на центральную станцию очистки сточных вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Информация отсутствует.

Кросс-медиа эффекты

Информация отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Информация отсутствует.

Экономика

Требуются инвестиции для систем защитной оболочки, промежуточных резервуаров-хранилищ и схем рециркуляции. Существуют также затраты, связанные с центральной очистной установкой сточных вод.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение количества сточных вод для обработки на центральной станции очистки сточных вод. Производство цинка на установке.

5.2.11. Способы предотвращения образования сточных вод при гидрометаллургическом производстве цинка

Описание

Замкнутая система с максимальной внутренней рециркуляцией обогащенной водой потоков.

Техническое описание

Процесс ЭПОВ в основном представляет собой замкнутую систему в отношении раствора сульфата: серная кислота, образующаяся при электролизе, возвращается на этап выщелачивания, где она используется для растворения цинка и других элементов из огарка; затем раствор сульфата цинка проходит очистку и подается в электролиз. Следовательно, в гидрометаллургических реакциях сульфаты и вода не расходуются, а систематически используются повторно. Эта замкнутая система является самым важным способом предотвращения образования сточных вод.

Однако на практике необходимо обеспечивать постоянную защиту водного баланса установки. С одной стороны, часть воды исчезает из потока за счет испарения из резервуаров и отстойников, а также в градирнях, и в виде влаги в составе побочных продуктов и отходов (например, фильтрационный кек: медный цемент, свинец и серебросодержащие выщелачивания остатки, железистый кек) и, возможно, от процесса прокачки примесей. С другой стороны, в канал поступает дождевая вода, вода для промывки фильтрационного кека, вода для операций очистки (например, периодическая очистка анода и катода) и вода для герметизации насоса.

Для извлечения металлов, сульфатов и облегчения функционирования УОСВ стандартный подход к установке ЭПОВ заключается в рециркуляции вод, содержащих металлы и сульфаты, после операций очистки, промывки фильтрационного кека и т. д. в общий канал технологического раствора:

в максимальной степени, что позволяет водный баланс установки (по объему);

до тех пор, пока состав воды не вызывает вопросов по химическому составу или отсутствуют риски в гидрометаллургическом процессе.

В этом контексте потоки сточных вод, содержащие органические соединения (например, загрязненные маслом), обычно считаются непригодными для рециркуляции, поскольку органические соединения могут оказывать вредное воздействие на очистку или электролитный процесс. Кроме того, сточные воды с высокой концентрацией галогенов (Cl, F, Br) или щелочных металлов (Na, K, Mg), не подлежат вторичной переработке в основном канале или только в ограниченном объеме, поскольку эти примеси накапливаются в процессе и/или могут вызвать химические/технические проблемы в электролитическом процессе (например, хлоридная коррозия алюминиевых катодов, образование токсичного газообразного хлора на анодах) или на других этапах гидрометаллургического процесса. Эти сточные воды направляются непосредственно в ЭПОВ.

Сухие твердые материалы от разливов и очистки в секциях обжига и отливки (например, загружаемый материал для обжиговой печи, огарок, пыль, циркулирующая в печи, шлак), если это возможно, проходят этап сушки, если они будут использоваться в секции обжига; если они вторично обрабатываются в секции выщелачивания и очистки, воду можно использовать до тех пор, пока водный баланс остается удовлетворительным.

Помимо основного канала с сульфатом цинка использование основных жидких стоков, возникающих в процессе ЭПОВ, приведено ниже в таблице 5.16.

Таблица 5.16. Параметры использования жидких стоков в результате процесса ЭПОВ

| № п/п | Процесс | Операция/источник | Параметры использования |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|
| | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--|---|
| 1 | Обжиговая печь - Установка с кислотой | Мокрая газоочистка обжиговых газов | УОСВ (содержащие галогены) |
| | | Удаление воздуха из котла и каналов замкнутого контура охлаждения | Для влажной газоочистки или выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |
| | | Очистка/разлив | Для выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |
| 2 | Выщелачивание - Очистка | Очистка/разлив | Для выщелачивания и/ или очистки (основной канал с сульфатом цинка) |
| | | Промывка фильтрационного кека | Для выщелачивания и/ или очистки (основной канал с сульфатом цинка) |
| | | Чистка мокрой газоочисткой | Для выщелачивания и/ или очистки (основной канал с сульфатом цинка) в случае нещелочной промывки или УОСВ в случае щелочной промывки (включая щелочные (земляные) металлы) |
| | | Этап вымывания магния | УОСВ (включая щелочные (земляные) металлы) |
| 3 | Электролиз | Отстойники | Для выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |
| | | Очистка анодов и катодов | Для выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |
| 3 | Электролиз | Другие виды очистки | Для выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |
| | | Очистка/розлив | Для выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |
| 4 | Отливка | Очистка/розлив | Для выщелачивания (основной канал с сульфатом цинка) |

Некоторые потоки воды в зависимости от качества после определенных операций могут использоваться для других целей, поэтому возможен отказ от использования пресной воды и/или снижается объем чистого потока для УОСВ.

Можно привести несколько примеров конкретного применения: вода после процессов непрямого охлаждения (например, охлаждающий барабан для огарка, формы для отливки), собранная загрязненная дождевая вода или грунтовые воды/вода после процесса восстановления, могут использоваться для промывки фильтрационного кека, как и вода для герметизации насоса для формирования котловой воды или для очистки.

Если концентрация щелочного металла (жесткость) и галогена в потоке воды низкая, ее можно использовать для охлаждения.

Повторное использование стоков УОСВ обычно ограничено или невозможно из-за повышенных уровней содержания галогенов и (земляных) щелочных металлов.

Достигнутые экологические выгоды

Восстановление металлов и сульфатов.

Сокращение объемов использования воды.

Облегчение загрузки УОСВ (снижение объемов образования отходов, снижение потребления энергии и использования реагентов и уменьшение количества выбросов).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень, в которой установка может повторно использовать многоводные потоки, а также технические и экологические характеристики для этого, являются настолько специфичными для конкретного участка, что имеет смысл оценка только в каждом конкретном случае. Данные по этому вопросу отсутствуют.

Кросс-медиа эффекты

Повышенный риск отказа от процесса выделения цинка (с возможными негативными последствиями для окружающей среды и/или безопасности).

В зависимости от общего водного баланса переработка многоводных потоков в основной процесс канала может увеличить потребление энергии, в частности, если необходимо испарение избыточной воды.

В отдельных случаях, например, когда (слегка) загрязненная вода используется вместо пресной воды для приготовления деминерализованной воды, то могут увеличиваться расходы на реагенты и/или потребление энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Все установки на основе процесса ЭПОВ используют замкнутую систему применительно к раствору сульфата.

Возможности и ограничения установки, что касается повторного использования некоторых многоводных потоков, являются специфическими для определенного участка и региона. Они зависят от факторов:

общего водного баланса, на который в свою очередь влияют климатические и сезонные условия (которые в значительной степени определяют характеристики испарения и охлаждения), а также процессы и рыночные условия (например, наличие/отсутствие этапа вымывания (например, вымывание магния, продажа очищенного раствора);

планировки установки (например, расстояние между этапами процесса, на котором поток доступен/может быть доступен, и местом, где данный поток может быть использован);

уровней концентрации примесей в процессе, таких как галогенов и (земляных) щелочных металлов, которые в значительной степени зависят от состава исходного

сырья установки (особенно относительного количества вторичного исходного сырья) и от наличия/отсутствия конкретных операций вымывания (например, этап удаления гипса, этап удаления хлора, вымывание магния).

Экономика

Поскольку возможности установки для повторного использования определенных многоводных потоков, а также его технический проект, очень специфичны для конкретного участка, то экономику проекта следует оценивать для каждого конкретного случая.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Восстановление металлов и сульфатов. Сокращение объемов использования пресной воды. Облегчение загрузки УОСВ (снижение объемов образования отходов, снижение. Потребление энергии, использование реагентов и уменьшение количества выбросов).

5.2.12. Способы предотвращения и минимизации остатков и отходов при гидрометаллургическом производстве цинка

Описание

Переработка или повторное использование остатков и отходов при гидрометаллургическом производстве цинка.

Техническое описание

Концентраты содержат примеси, которые удаляются и осаждаются на последующих стадиях процесса в виде твердого материала (например, пыль), жидкости или шлама. Обработка концентрата может привести к образованию пылевых остатков, которые перерабатываются и смешиваются с концентратами. Когда пыль слишком мелкая, необходима предварительная обработка, например, микрогранулирование. Ни один из видов остатков, полученных в результате данного процесса, не нуждается в специальной обработке. Процесс обжига полностью закрыт. Благодаря защитному корпусу минимизируются выбросы остатков от технологических процессов и потоки отходов.

Производят удаление ртути из газа для обжига, и в результате осаждается остаток, содержащий ртуть. Данный остаток смешивает со слабой кислотой и отделяют фильтрованием. После отделения его можно стабилизировать и утилизировать. Альтернативно остаток можно дополнительно обработать дистилляцией для получения чистой металлической ртути. В процессе "Болиден-Норцинк" добываемая металлическая ртуть образуется при добавлении процесса электролитического выделения. При отсутствии процесса электролитического выделения стабильные соединения ртути могут быть изъяты с помощью безопасной утилизации. Ни одна обжиговая печь для цинка ЕС- 28, использующая процесс "Болиден-Норцинк", не

производит металлическую ртуть путем электролиза; ртуть, образующаяся в процессе узкополосной ЧМ, классифицируется как отходы и должна быть стабилизирована и утилизирована в соответствии с действующим законодательством (например, на полигоне или в соляной шахте). Объем производимых ртутьсодержащих отходов может значительно уменьшаться путем дистилляции.

Количество удаленной ртути полностью зависит от диапазона концентрации ртути в сырье. Стандартная концентрация может составлять 0,2 – 0,6 кг/т Zn (остаток после фильтрации) или 0,05 - 0,2 кг/т Zn чистой дистиллированной металлической ртути.

Остатки, образующиеся при гидрометаллургическом выщелачивании и очистки, осаждаются на разных стадиях процесса. Количество осадков зависит в основном от качества концентратов и эффективности осаждения. Одной из основных фракций остатков при гидрометаллургическом процессе является железистый кек (в виде ярозита или гетита). Железистый кек утилизируется в основном на полигонах в соответствии с действующим законодательством (регулирование утилизацией отходов, разрешение на размещение отходов в окружающую среду). Количество образующегося железистого кека частично зависит от типа осадка (гетит или ярозит), но более существенно зависит от содержания железа в концентратах. Не существует технологий для минимизации данной концентрации. Концентраты с низким содержанием железа могут использоваться для предотвращения образования железистого кека, но доступность этого типа концентрата очень ограничена. В ЕС существует только один завод, на котором обрабатываются исключительно концентраты с низким содержанием железа. Для обеспечения данного процесса, были подписаны долгосрочные контракты с крупной шахтой, которая имеет запасы концентратов с низким содержанием железа: шахта "Century Mine" в Австралии. Поскольку запасы шахты "Century Mine" находятся на грани истощения, в будущем возникнут трудности с обеспечением сырья для установки по рафинированию цинка исключительно на концентратах с низким содержанием железа.

Элементы, отличные от цинка, присутствующие в исходном материале загрузки, необходимо извлечь и удалить, чтобы получить чистый цинк и избежать накопления таких элементов в замкнутом гидрометаллургическом канале. Некоторые из этих экстрагированных элементов сосредоточены в товарных "изолированных или транспортируемых промежуточных продуктах" и зарегистрированы в соответствии с Регламентом ЕС, касающимся правил регистрации, оценки, санкционирования и ограничения использования химических веществ (REACH). Такими экстрагированными элементами или побочными продуктами являются:

медь (Cu) в медный цемент;

кобальт-никель (Co-Ni) в Co-Ni-цементе;

кадмий в кадмиевом опеке, иногда с дальнейшим рафинированием для внутреннего использования или продажи в виде кадмиевых слитков; альтернативно, Cd может быть утилизирован в безопасном месте утилизации в соответствии с законодательством;

свинец и серебро в полупродукте $PbSO_4 \cdot Ag$ или остатке Pb и т. д.;

марганец в осадке Mn (после внутренней переработки);

цинковый шлак (после внутренней переработки);

другие "промежуточные продукты", которые при изоляции могут пройти процесс восстановления и использоваться дальше, например, германий, индий и галлий.

Образование других остатков процесса необходимо свести к минимуму, инертизировать и утилизировать на территории или за пределами производства:

газоочистное осаждение, например, содержащее в небольшой концентрации свинца, селена и ртути;

железистый кек, возможно содержащий остаток прямого выщелачивания;

остаток от этапа удаления гипса;

нейтрализующий осадок с УОСВ.

Достигнутые экологические выгоды

Максимальное получение товарных "промежуточных продуктов", которые должны обрабатываться и использоваться внутри/за пределами производства.

Минимальное получение отходов, которые необходимо очистить и утилизировать.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Типичные стоки и остатки, образующиеся при гидрометаллургическом производстве и обработке цинка, приведены в таблице 5.17.

Таблица 5.17. Типичные стоки и остатки, образующиеся при гидрометаллургическом производстве и обработке цинка

| № п/п | Кек/Остатки | Процесс формирования | Кол-во (кг/т Zn) | Дальнейшие параметры процесса |
|-------|--|--------------------------------------|------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Пыль от хранения и обработки концентрата | Обработка концентрата | НС | Переработка в процессе с подачей концентрата |
| 2 | Пыль от процесса обжига | Процесс обжига. Сухая газоочистка | НС | Прохождение через гранулятор и затем добавляется в силос огарка вместе со сливом силоса из обжиговой печи |
| | | | | Стабилизация и окончательная утилизация на полигоне, в солевой шахте или безопасное хранение в |

| | | | | |
|---|---|----------------------------------|------------|--|
| 3 | Ртутьсодержащий остаток (после фильтрации) | Удаление Hg (секция газоочистки) | 0,3 - 0,6 | соответствии с действующим законодательством об утилизации отходов. Процесс "Болиден-Норцинк", включая ЭВ, для производства товарного продукта. |
| 4 | Очищенная металлическая ртуть (после дистилляции) | Дистилляция после удаления Hg | 0,05 - 0,2 | Стабилизация и окончательная утилизация на полигоне, в солевой шахте или безопасное хранение в соответствии с действующим законодательством об утилизации отходов. |
| 5 | Остатки, содержащие свинец и серебро | Выщелачивание | 0,3 - 0,5 | Зарегистрированы как транспортируемый полупродукт в соответствии с регламентом REACH. Перерабатывается в качестве сырья наружными установками. Может утилизироваться на полигоне или в солевой шахте в соответствии с действующим законодательством об утилизации отходов. |

Кросс-медиа эффекты

Использование химических веществ для осаждения (например, цинковая пыль, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , Na_2S , NaHS , CuSO_4).

Увеличение потребления энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

В целом данный метод может использоваться в разных процессах, но его применение крайне зависит от местных условий (например, для установки на суше,

расположенной возле крупной реки или в небольшом заливе, ключевым фактором является исходный материал установки).

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Экологическая рациональность деятельности установки.

Повторное использование природных ресурсов.

5.2.13. Способы усовершенствования утилизации кеков выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка

5.2.13.1. Пирометаллургическая переработка с целью усовершенствования утилизации кеков выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка

Описание

Пирометаллургическая переработка в Вельц-печи

Техническое описание

Вельц-процесс для пирометаллургической переработки цинка для кека выщелачивания аналогичен тому, который применяется для извлечения цинка из пыли из электродуговой печи (ЭДП) на сталеплавильном производстве. Основное различие заключается в отличии газового потока, так как исходный материал тоже отличается. Кек выщелачивания содержит сульфаты, которые разлагаются в виде газа SO_2 . Поэтому Вельц-печи, в которых обрабатываются кеки выщелачивания, применяют адаптированную газоочистку [26].

В польской компании "ZGH Boleslaw" приблизительно 90 % цинка перерабатывается на нейтральной стадии выщелачивания. Оставшийся цинк остается в практически нерастворимых ферритах цинка, которые составляют 20 – 25 % от общей массы огарка. Типичный состав кека выщелачивания приведен в таблице 5.18.

Таблица 5.18. Состав кека нейтрального выщелачивания

| № п/п | Элемент | Концентрация (%) | Элемент | Концентрация (%) |
|-------|---------|------------------|-----------------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Zn | 14,5 - 20,0 | SiO ₂ | 1,8 - 2,5 |
| 2 | Pb | 7,5 - 11 | S | 6,5 - 9,0 |
| 3 | Fe | 20,0 - 30,0 | S (в виде SO ₄) | 3,5 - 6,5 |
| 4 | Cd | 0,25 - 0,35 | H ₂ O | 18,0 |
| 5 | As | 0,2 - 0,3 | - | - |
| 6 | Mn | 0,4 - 0,6 | - | - |
| 7 | Cu | 0,15 - 0,25 | - | - |

Ферриты цинка перерабатываются в двух Вельц-печах (40 метров в длину и с внутренним диаметром 2,6 м), имеющих три зоны. Сброшенный материал состоит из смеси ферритов и максимум 10 % песка и 40 % кокса или антрацита.

Газы печи переносят богатую цинком пыль, полученную в результате работы печи, через пылеуловительную камеру, затем камеру смешивания и трубчатый охладитель с принудительным воздушным потоком, а затем в рукавный фильтр. Оксидный Вельц-продукт собирают в выходной секции охладителя и рукавного фильтра. Затем пылевидные газы проходят этап финальной десульфуризации во влажном скруббере, где известняк вступает в реакцию с SO_2 и кислородом, в результате чего получается гипс.

Достигнутые экологические выгоды

Устранение необходимости длительного хранения ярозита или гетита в отстойниках

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При стандартной эффективности извлечения цинка 85 – 87 %, Вельц-оксид имеет типичный состав, указанный в таблице 5.19.

Таблица 5.19. Состав Вельц-оксида при переработке кеков выщелачивания

| № п/п | Элемент | Концентрация (%) | Элемент | Концентрация (%) |
|-------|---------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Zn | 45 - 52 | SiO ₂ | 0,3 - 1,0 |
| 2 | Pb | 15 - 21 | S | 1,5 - 4,5 |
| 3 | Fe | 2,0 - 5,0 | F | 0,10 - 0,12 |
| 4 | Cd | 0,6 - 1,2 | Cl | 0,5 - 1,5 |
| 5 | As | 0,15 - 0,25 | - | - |
| 6 | Mn | 0,08 - 0,15 | - | - |

После этого Вельц-оксид направляется на нейтральное выщелачивание или в СМПП.

Типичный диапазон состава шлака из печи приведен в таблице 5.20.

Таблица 5.20. Состав вельц-шлака после переработки кеков выщелачивания

| № п/п | Элемент | Концентрация (%) | Элемент | Концентрация (%) |
|-------|---------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Zn | 2,6 - 3,5 | Cd | 0,004 - 0,006 |
| 2 | Fe | 25 - 35 | As | 0,01 - 0,1 |
| 3 | Pb | 0,8 - 2,0 | SiO ₂ | 10 - 14 |

Данный шлак может использоваться в качестве инертных наполнителей для операций засыпки при условии, что это соответствует национальным требованиям.

Выбросы в процессе работы Вельц-печи после очистки в рукавном фильтре и скруббере составляют:

SO₂: 1 кг/т продукта;

NO_x: 2,5 кг/т продукта;

CO₂: 40 кг/т продукта;

PM₁₀: 0,3 кг/т продукта;

шлак: 2,5 т/т продукта;

синтетический гипс с установки ДГГ: 200 кг/т продукта;

сточные воды (охлаждение шлака): 0,007 м³ на тонну продукта, обработанного на местной установке по очистке сточных вод.

Концентрации выбросов приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21. Выбросы процесса в Вельц-печи

| Год | Pb | Cd | Пыль | SO ₂ | NO _x | ПХДД/Ф |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| | мг/Нм ³ | мг/Нм ³ | мг/Нм ³ | мг/Нм ³ | мг/Нм ³ | нг МТЭ/Нм ³ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2011 | 0,180 | 0,009 | 3,5 | 415,27 | 19,27 | 0,200 |

Вельц-печь по переработке гидрометаллургического шлама потребляет:

восстановитель (кокс, антрацит): 1,25 т/т продукта;

SiO₂: 0,2 т/т продукта;

природный газ: 85 Нм³/т продукта;

электрическую энергию: 270 кВтч/т продукта;

сжатый воздух: 600 Нм³/т продукта,

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии. Прямые выбросы CO₂. Потенциально большее количество выбросов пыли, требующих соответствующего улавливания. Сульфатный/сульфидный шлам из системы скрубберов SO₂.

Элементы, которые плохо образуют/не образуют пену в Вельц-процессе: Cu, Ni, Co и Ag, и/или мало применяются/не применяются (теряются в шлаке), могут отрицательно влиять на характеристики шлама выщелачивания.

Технические соображения, касающиеся применимости

Данная технология применима к нейтральным кекам выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка, которые не содержат избыточных количеств ферритов цинка (менее 10 % от общего количества цинка остается не выщелоченным в ферритах цинка после нейтрального выщелачивания) и/или высоких концентраций драгоценных металлов.

Экономика

Трудно составить экономическую оценку, но, если более 10 % от общего количества цинка нуждалось в пирометаллургической переработке (фьюминговании)

до того, как его повторно вводили в гидрометаллургический процесс и отправляли на электролиз, этот процесс был бы энергоемким и экономически нежизнеспособным.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Устранение опасных отходов (ярозита), которые подлежат утилизации. Увеличение объема производства цинка

5.2.13.2. Технологии инертизации и прессования с целью усовершенствования утилизации кеков выщелачивания от гидрометаллургического производства цинка

5.2.13.2.1. Технология Jarofix

Описание

Технология Jarofix включает в себя смешивание осадка ярозита в процессе выщелачивания ферритов цинка с заданными соотношениями портландцемента, извести и воды [27].

Техническое описание

В результате реакции осаждения ярозита $[\text{NH}_4\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ и портландцемента, извести и воды формируется химически и физически стабильный материал, который снижает уровень долгосрочной непрочности, связанной с утилизацией железистого кека, при сопутствующих технологических преимуществах. Поддержка минералогических исследований старых продуктов Jarofix свидетельствует о том, что ярозит реагирует со щелочными составляющими цемента с образованием различных стабильных этапов, включающие цинк и другие растворимые металлы. Сохранение щелочных этапов при использовании Jarofix обеспечивает его долгосрочную экологическую стабильность.

Данная технология еще не доказала свою эффективность в отношении гетита.

Достигнутые экологические выгоды

Стабилизация ярозита в качестве отходов, которые могут быть утилизированы на полигонах для безопасных веществ, что устраняет необходимость их хранения в отстойниках.

В случае утилизации отходов необходимо меньше места, поскольку, в отличие от отстойников, не требуются затоны для хранения веществ.

Потенциальное использование для мелиорации земель.

Примером использования Jarofix для восстановления земли является восстановление карьера, охватывающего гору для добычи гравия.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В целях контроля качества материала Jarofix подвергают выщелачиванию с использованием кислого или буферного раствора. Если полученная концентрация равна или превышает концентрацию, указанную для этого типа загрязнителя в

соответствии с национальными спецификациями, материал считается токсичным продуктом выщелачивания и может не подходить для его восстановления. Однако результаты показывают, что полученный материал Jarofix имеет очень низкое содержание выщелачиваемого металла.

Критерии оценки отходов основаны на степени выщелачивания в воде на этапе прибытия на полигон. В таблице 5.22 приведены типичные результаты для отходов Jarofix, проверенных в соответствии с этими критериями, с заводов, применяющих данный метод в Европе (заводы С и F).

Таблица 5.22. Критерии оценки отходов на полигонах для безопасных отходов и типичные результаты для отходов Jarofix, проверенных в соответствии с решением Совета ЕС 2003/33/СЕ

| № п/п | Параметр | Предельное значение продукта выщелачивания жидкость/твердое вещество = 10 л/кг | |
|-------|--|---|---|
| | | Критерии оценки отходов на полигонах для безопасных отходов (мг/кг сухого вещества)** | Протестированный материал Jarofix (мг/кг сухого вещества)** |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Сурьма | 0,7 | < 0,05 |
| 2 | Мышьяк | 2 | 0,059 |
| 3 | Барий | 100 | 1,72 |
| 4 | Кадмий | 1 | < 0,01 |
| 5 | Хром (общее кол-во) | 10 | 0,414 |
| 6 | Медь | 50 | < 0,05 |
| 7 | Ртуть | 0,2 | < 0,0010 |
| 8 | Свинец | 10 | 6,40 |
| 9 | Молибден | 10 | 2,41 |
| 10 | Никель | 10 | < 0,05 |
| 11 | Селен | 0,5 | < 0,05 |
| 12 | Цинк | 50 | 0,613 |
| 13 | Хлорид | 15 000 | 89,0 |
| 14 | Фторид | 150 | 11,0 |
| 15 | Сульфат | 20 000 | 13370 |
| 16 | DOC | 800 | 12 |
| 17 | TDS (полная минерализация) | 60 000 | 27 760 |
| 18 | TVOC (общие летучие органические соединения) | * | 2200 |
| 19 | АНК (мг CaCO ₃) | * | 282 |
| 20 | Уровень pH | * | > 10 |

* опасные отходы, приемлемые для утилизации на полигонах для неопасных отходов, максимальное значение ТВОК составляет 50 000, необходимо провести анализ АНК, а уровень рН должен быть > 6;

** оценка показателей производится на основании международного стандарта BS EN 12457 - 4:2002.

Кросс-медиа эффекты

Использование портландцемента в качестве реагента, что связано с увеличением массы образующегося остатка (приблизительно 1,15 тонны Jarofix на тонну произведенного ярозита).

Технические соображения, касающиеся применимости

Данный метод применим к ярозитному железистому кеку от производства цинка.

Экономика

Данные по данному вопросу отсутствуют, однако конфиденциальное изучение процессов по стабилизации остатков ярозита вынесло заключение, что процесс Jarofix является наиболее экономичным способом соблюдения местного законодательства по охране окружающей среды.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Снижение запасов отложений для выщелачиваемых железистых кеков. Требования к экологическому регулированию.

5.2.13.2.2. Процесс сульфидизации

Описание

Процесс сульфидизации заключается в добавлении NaOH и Na₂S в осадки ярозита, чтобы получить стабилизированную форму

Техническое описание

В процессе сульфидизации осадки ярозита, образующиеся во время выщелачивания ферритов цинка, проходят этап сульфидизации для получения стабильной формы остатка, который соответствует критериям выщелачивания утилизации отходов на полигоне для отходов. Сульфидизация является подходящей методикой для переработки ярозита, но она также подходит для переработки остатков серы из прямого выщелачивания отдельно или вместе с ярозитом.

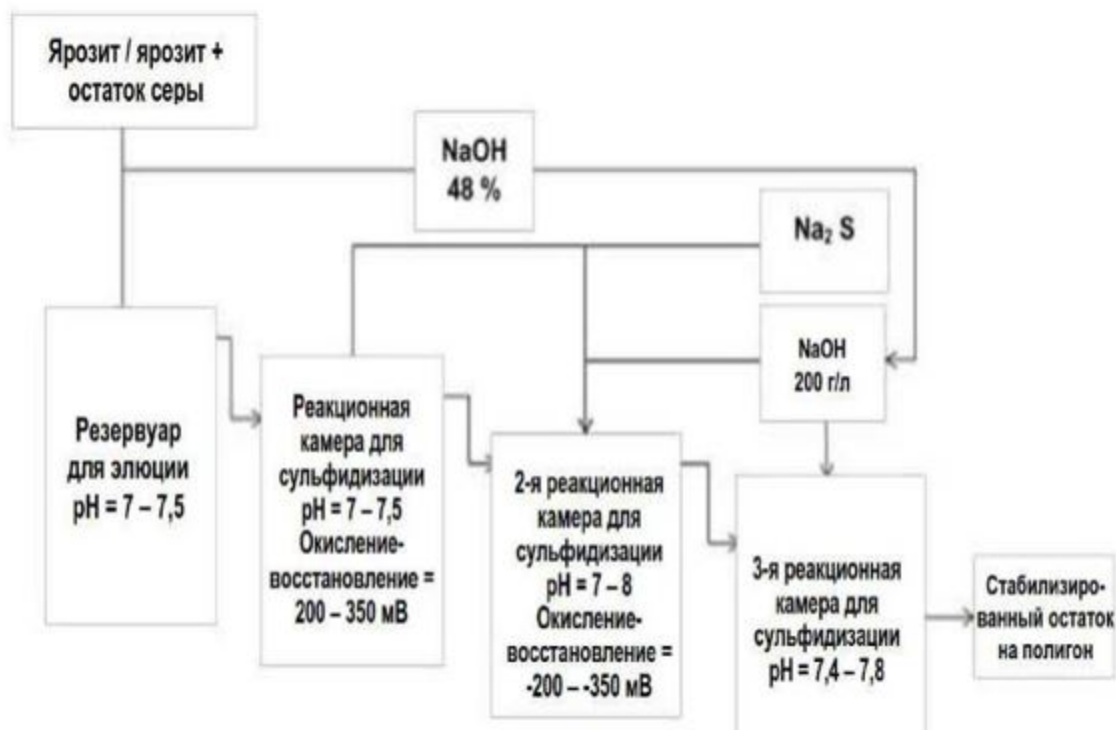


Рисунок 5.13. Схема технологического процесса сульфидизации
Достигнутые экологические выгоды

Стабилизация ярозита как опасных отходов, которые затем утилизируются на полигонах для опасных отходов.

Требуется меньше места на полигоне, чем для процесса Jarofix. Хотя стабилизированные отходы закачиваются в виде необработанного осадка на полигон, переброшенная вода циркулирует обратно в процесс производства цинка, поэтому не возникает проблем с переизбытком объема воды.

Экономия природных ресурсов, поскольку сульфидизированный ярозит обладает геотехническими свойствами, позволяющими использовать материал в строительстве дамб и других сооружений на полигоне.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Испытание на растворимость и анализ проводят в соответствии со стандартом EN 12457 – 3 и другими соответствующими стандартами, упомянутыми в законодательстве об отходах.

Таблица 5.23. Критерии оценки отходов на полигонах для опасных отходов и типичные результаты для сульфидизированных отходов (ярозита и остатка серы)

| № п/п | Параметр | Критерии оценки отходов на полигонах для безопасных отходов Ж/Т 10 (мг/кг сухого вещества)** | Сульфидизированный ярозит + остаток серы Ж/Т 10 (мг/кг сухого вещества) |
|-------|----------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Сурьма | 5 | 0,83 |

| | | | |
|----|-----------------------------|------------------|---------|
| 2 | Мышьяк | 25 | 0,02 |
| 3 | Барий | 300 | 0,3 |
| 4 | Кадмий | 5 | 0,29 |
| 5 | Хром (общее кол-во) | 70 | < 0,03 |
| 6 | Медь | 100 | 0,08 |
| 7 | Ртуть | 2 | 0,001 |
| 8 | Свинец | 50 | 6,5 |
| 9 | Молибден | 30 | 0,08 |
| 10 | Никель | 40 | 0,97 |
| 11 | Селен | 7 | < 0,12 |
| 12 | Цинк | 200 | 21 |
| 13 | Хлорид | 25 000 | 43 |
| 14 | Фторид | 500 | < 16 |
| 15 | Сульфат | 50 000 | 21 000 |
| 16 | DOC* | 1000 | 19 |
| 17 | TDS (полная минерализация) | 100 000 | - |
| 18 | Общие ЛОС | 6 % | < 0,2 % |
| 19 | АНК (мг CaCO ₃) | Необходим анализ | |

* DOC - растворенный органический углерод;

** Ж/ Т - жидкость / твердое вещество.

Кросс-медиа эффекты

Необходима система рециркуляции воды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Данная техника применима к ярозитному железистому кеку от производства цинка.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Снижение запасов отложений для выщелачиваемого железистого кека. Требования к экологическому регулированию.

5.2.13.2.3. Уплотнение железистого кека

Описание

Уплотнение железистого кека состоит в уменьшении содержания в нем влаги с помощью пресс-фильтра высокого давления и добавления извести или других веществ. Полученный фильтрационный кек удаляют в резервуаре, и каждый слой спека дополнительно уплотняют специальным тяжелым оборудованием.

Техническое описание

Уплотнение - это технология увеличения участка хранения железистого кека. Классический способ хранения гетита и ярозита состоит в перекачке суспензии в водохранилище (с пластиковыми стенами и дном) для отстоя, а затем откачивают очищенный раствор на поверхности обратно на установку для извлечения цинка, в то время как отстоянный твердый материал остается на дне водохранилища. Водохранилище постепенно заполняется спеком до полного заполнения. В конце своего срока эксплуатации водохранилище накрывают. Данный тип традиционного хранения называется гидравлическим хранилищем.

Технология уплотнения включает фильтрование гетита с помощью пресс-фильтра высокого давления (15 – 30 бар) с добавлением извести или других агентов для снижения присущей выщелачиваемости металлов. Фильтрационный кек транспортируется в резервуар, аналогичный типу, используемому для классического хранения (или в действующее пустое водохранилище), и затем каждый слой спека уплотняется с помощью особой тяжелой техники. Конечное содержание влаги в хранящемся железистом кеке значительно ниже, чем в стандартном водохранилище (уменьшение объема влаги с 60 – 65 % до 35 %, например, в установке "Nyrstar" в Балене, Бельгия) и, благодаря твердым свойствам спека, он может быть сформирован в насыпь. Благодаря этому увеличивается емкость хранилища в два-четыре раза в зависимости от конечной высоты насыпи. Хранилище постепенно накрывают, чтобы свести к минимуму попадание дождевой воды, подлежащей обработке на очистных сооружениях или в процессе производства цинка.

Данная технология еще не была испытана для ярозитного кека.

Достигнутые экологические выгоды

Необходим меньший объем площади на полигоне из-за более плотного железистого кека.

Снижение риска случайной утечки, поскольку проницаемость хранящегося материала чрезвычайно низкая и находится в том же порядке, что и глина. Выщелачиваемость металлов может быть уменьшена путем добавления извести или других добавок.

Отсутствие водного раствора сверху твердого материала.

Меньшие объемы потери цинка, связанные с отбракованным железистым кеком, поскольку остаточное содержание влаги намного ниже (- 65 %).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Удельная проницаемость (пропускная способность) может быть уменьшена до примерно $<10^{-9}$ м/с.

В таблице 5.24 приведены типичные результаты для уплотнения шламов для очистки сточных вод, применяющих данный метод в Европе (заводы E и P).

Таблица 5.24. Критерии испытания выщелачивания и полученные результаты для уплотненного железистого кека

| № п/п | Параметр | Критерии испытания выщелачивания: NEN 12457 - 2 - S4; Ж/Т = 10 л/кг; уровень pH 7; 24 -ч | |
|-------|----------------------------|--|---|
| | | Типичные значения: Испытанный гетит + 5 % СаО (мг/кг сухого вещества) | Типичные значения: Испытанный шлам УСОВ (мг/кг сухого вещества) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Сурьма | 0,21 | 0,24 |
| 2 | Мышьяк | < 0,04 | < 0,04 |
| 3 | Барий | 0,38 | 0,34 |
| 4 | Кадмий | 2,40 | 0,48 |
| 5 | Хром (общее кол-во) | 0,02 | 0,02 |
| 6 | Хром (VI) | < 0,20 | < 0,20 |
| 7 | Медь | 0,055 | 0,11 |
| 8 | Ртуть | 0,0026 | 0,079 |
| 9 | Свинец | 0,19 | 0,9 |
| 10 | Молибден | 0,25 | 0,31 |
| 11 | Никель | < 0,04 | < 0,04 |
| 12 | Селен | 0,12 | 0,38 |
| 13 | Цинк | 11 | 2,2 |
| 14 | Хлорид | 257 | 384 |
| 15 | Фторид | 91,5 | 80,2 |
| 16 | Сульфат | 17 600 | 16 000 |
| 17 | DOC | 14 | 34 |
| 18 | TDS (полная минерализация) | 24 000 | 24 000 |
| 19 | Общие ЛОС | < 1,2 % | < 1,2 % |
| 20 | Уровень pH (KCl) | 7,67 | 8,13 |

Кросс-медиа эффекты

Отсутствие стабилизации отходов. Увеличение потребления энергии для уплотнения железистого кека. Использование извести (0 – 5 %).

Технические соображения касательно применимости

Данная технология применима к гетитовому кеку от производства цинка, а также к богатому гипсом шламу УСОВ.

Экономика

Известно, что затраты сопоставимы с гидравлическим хранением (для не уплотненных осадений в водохранилище). Существует смещение от капитальных затрат (необходима меньшая площадь водохранилища) к эксплуатационным расходам (пресс-фильтр + переработка + уплотнение на месте).

Эксплуатационные расходы (штатная численность, обслуживание, энергия, добавки и т. д.) составляют около 20 – 25 тыс. евро.

Капитальные затраты (строительство, фильтры, насосы, контейнеры, местная инфраструктура, но без учета стоимости земли и строительства водохранилища) составляют около 11 млн. евро вместимостью 100 тыс. кг/г.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Оптимальное использование земли. Увеличенный срок службы действующих водохранилищ.

5.2.14. Методы регенерации тепла из гидрометаллургического производства цинка

Описание

Технологии для рассмотрения:

утилизационный паровой котел;

турбина.

Техническое описание

Печные газы выпускаются из выходной трубы обжиговой печи вблизи верхней части печи, к рядом находящемуся утилизационному паровому котлу, предназначенному для горизонтального потока газа, где удаляется большая доля захваченной кальцинированной пыли и газы охлаждаются от приблизительно 1000 °С до 350 °С или ниже. Температура конденсации влажного отходящего газа, содержащего SO₂, предусматривает нижний предел работы котла, так как в этой части процесса необходимо избегать конденсации коррозионных паров.

Котел представляет собой блок с искусственной циркуляцией (например, котел Ламонта), состоящий из нескольких испарительных установок и одного комплекта трубчатки пароперегревателя в потоке газа и внешнего парового барабана.

Горячая вода непрерывно циркулирует между паровым барабаном и несколькими испарительными установками, а также охлаждающими катушками печи, в то время как пар, исходящий из парового барабана, проходит через перегреватели перед отправкой в паровые распределительную коробку. Система охлаждения огарка может использоваться в качестве дополнительной системы рекуперации тепла, подключенной к утилизационному паровому котлу.

Используя турбины, энергия из перегретого пара с температурой 290 – 400 °С и давлением 4 МПа перерабатывается либо в виде электрической энергии, либо непосредственно механической энергией (например, для запуска нагнетательного вентилятора с псевдооживленным слоем или различных вытяжных вентиляторов на установках газоочистки и серной кислоты). Тепло от пара низкого давления, выходящего из турбин, используется затем для требований к технологическому

процессу цинковой установки и отопления помещения. Некоторые установки используют пар низкого давления для запуска турбогенератора для выработки электроэнергии. Выбор зависит от условий местного энергетического рынка.

Комплектуемое оборудование к котлу включает в себя мощные электрические питающие насосы и циркуляционные насосы, которые функционируют благодаря резервным блокам паровой турбины. Высокотехнологичная система управления прибором позволяет практически полностью контролировать работу котла. Кроме того, потребность в чрезвычайно чистой питательной воде для котлов требует использования установок для деминерализации и котлов для впрыска реактивов.

Огарок как из обжиговой печи, так и из утилизационного парового котла охлаждается как во вращающемся охладителе, так в охладителе с псевдоожиженным слоем. Поэтому вода проходит через охладитель без контакта с огарком и таким образом осуществляется теплообмен. После охлаждения огарка полученную теплую воду можно использовать на других стадиях гидрометаллургического процесса (например, пополнение технологических потерь воды из-за испарения, очистки). Обычно для повторного использования воды требуется предыдущая ступень охлаждения, которая может быть достигнута посредством контакта воздух-жидкость (градирни) или дополнительного охлаждения посредством теплообмена. В таких распространенных случаях рекуперация тепла не происходит.

Охлаждающая вода из вальцового станка имеет более низкое качество, чем вода для паровой турбины высокого давления. Эта охлаждающая вода чаще всего повторно используется в процессе, например, для промывки фильтрационного кека.

Дополнительный источник тепла будет поступать от установки с серной кислотой в виде экономайзера для предварительного подогрева подаваемой воды, поступающей в систему утилизационных паровых котлов.

Достигнутые экологические выгоды

Переработка теплоты, выделяющейся при экзотермической реакции, и превращение ее в электричество и пар низкого давления для технологического и производственного отопления.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Типичные показатели рекуперации энергии для заводов с ЭПОВ: 3,5 МДж/т Zn.

Кросс-медиа эффекты

Информация отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется для заводов с ЭПОВ.

Экономика

Так как в любом случае требуется охлаждение газа, дополнительные затраты на восстановление энергии в основном связаны с инвестициями в турбину для выработки электроэнергии.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Восстановление энергии.

5.3. Пирометаллургическое производство цинка

5.3.1. Способы снижения выбросов в атмосферу в пирометаллургическом производстве цинка

Описание

Технологии для рассмотрения:

скруббер Вентури;

рукавный фильтр.

Техническое описание

Скруббер Вентури

На единственной установке в ЕС, вырабатываемой цинк пирометаллургическим способом, скрубберы Вентури применяются на следующих этапах процесса [28]:

область формирования кокса;

блок подготовки заряда агломерационной установки;

агломерация;

установка шихтоподготовки СМПП;

струйный конденсатор;

гранулирование шлака.

Рукавный фильтр

На единственной установке в ЕС, вырабатываемой цинк пирометаллургическим способом, рукавные фильтры применяются на следующих этапах процесса:

агломерационная установка;

камера дробления шлака;

СМПП;

процесс Нью-Джерси.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли и летучих металлов (Zn, Pb или Cd).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Не представлены

Кросс-медиа эффекты

Увеличение объема использования энергии.

Технические соображения касательно применимости

Информация отсутствует.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов ЗВ в атмосферу.

5.3.2. Способы снижения выбросов SO₂

Важное значение для цинковой промышленности имеет утилизация серы из бедных по содержанию SO₂ газов. С бедными газами уносятся тысячи тонн серы.

На большинстве заводов мира утилизация серы при обжиге цинковых концентратов не превышает 40 %. На производство серной кислоты обычно направляют газы с содержанием сернистого ангидрида не менее 3,5 %. Газы камер зажигания и хвостовой части машин, содержащие 0,5 – 1,0 % SO₂, выбрасываются в атмосферу. Предельно допустимые концентрации SO₂ в отходящих газах – 0,001 г/м³. Выбросы газов с содержанием SO₂ 0,5 – 1,0 % приводят к сильному загрязнению воздушного бассейна вокруг металлургического предприятия. Кроме того, сама сера, содержащаяся в обжиговых газах, представляет большую ценность.

Утилизация серы из бедных обжиговых газов на различных заводах осуществляется разными способами. На болгарском свинцовом заводе эти газы направляются на нейтрализацию содой с получением в качестве товарного продукта соли NaHSO₃ (бисульфита натрия). На канадском заводе "Трейл" утилизация агломерационных газов, содержащих 2 – 2,5 % SO₂, проводится с помощью адсорбции их аммиаком и последующим разложением сульфата аммония для получения богатых по сернистому ангидриду газов, которые используются для производства серной кислоты [29].

5.3.3. Установки одинарного контактирования

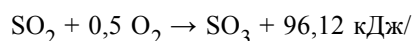
Описание

Технологический процесс получения серной кислоты стандартным контактным способом основан на преобразовании SO₂ в SO₃ с помощью серии из слоев катализаторов.

Техническое описание

Обжиговые газы после очистки их от основного количества пыли в сухих электрофильтрах поступают на промывку. После очистки в промывных системах обжиговые газы поступают в сушильное отделение. Осушенный газ поступает в контактные аппараты для окисления сернистого ангидрида в серный.

Окисление диоксида серы (SO₂) до триоксида (SO₃) происходит по реакции:



кг

Процесс окисления диоксида серы происходит в контактных аппаратах на четырех слоях ванадиевого катализатора. В качестве катализатора используются контактные массы различных марок в виде гранул, таблеток или колец. В процессе реакции окисления диоксида серы происходит выделение тепла. Тепло, выделяемое в процессе реакции, используется для нагревания газа, поступающего на окисление.

После контактных аппаратов газ поступает в абсорбционное отделение. Сущность процесса абсорбции состоит в поглощении серной кислотой триоксида серы из газовой фазы. Абсорбция серного ангидрида производится в моногидратных абсорберах серной кислотой концентрацией 97,5 – 98,3 %, поступающей на орошение с температурой 55 - 80 °С.

Очищенный газ очищаются от брызг и тумана серной кислоты с помощью фильтров-туманоуловителей.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов SO₂.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Необходимыми условиями нормального течения процесса абсорбции являются равномерное распределение орошающей кислоты по сечению абсорбера, а также стабильность концентрации и температуры кислоты. Равномерное распределение орошающей кислоты по сечению башни достигается при помощи распределительной плиты, расположенной внутри башни над насадкой.

Технология одинарного контактирования используется для переработки металлургических газов цинкового производства Усть-Каменогорского металлургического комплекса. Степень контактирования составляет не ниже 96 %. Концентрация SO₂ на входе перед контактным аппаратом – не менее 7 %, на выходе – 0,3 % [20].

Кросс-медиа эффекты.

При отсутствии этапа предварительной очистки газа степень конверсии достаточная низкая.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Требования природоохранного законодательства.

5.3.4. Двойное контактирование/двойная абсорбция

Описание

Сущность метода двойного контактирования состоит в том, что после частичного окисления сернистого ангидрида в серный, технологический газ выводят из контактного аппарата с целью дальнейшего его окисления [30].

Техническое описание

Наличие триоксида серы тормозит конверсию двуокиси серы и поэтому для достижения более эффективной конверсии двуокиси серы наиболее часто применяется процесс с двойным контактом/двойной абсорбцией в тех случаях, когда содержание диоксида серы в газе достаточно высоко. В этом случае триоксид серы поглощается в 98 % серной кислоте после второго или третьего прохода, что позволяет добиться конверсии большего количества диоксида серы при последующих проходах. После этого идет следующая стадия абсорбции триоксида серы. В ходе данного процесса двуокись серы, содержащаяся в газе, превращается в трехокись серы под действием контакта, когда газы проходят через слой катализатора из пентоксида ванадия. Основными особенностями метода двойного контактирования, которые необходимо учитывать при данном процессе, являются повышенная концентрация сернистого ангидрида в газе и наличие промежуточной абсорбции. Общими преимуществами систем двойного контактирования с двойной абсорбции являются:

общая эффективность и изученность технологических решений;

отсутствие жидких сточных вод и соответственно дополнительных расходов по их очистке и нейтрализации;

высокие фонды рабочего времени технологических систем и отдельного оборудования;

относительно низкие рабочие температуры рабочих сред;

легко осуществимые пуск и остановка.

При ДК/ДА выход энергетического пара гораздо ниже в сравнении с системами одинарного контактирования, в связи с затратами тепла на промежуточный подогрев газа перед второй стадией контактирования.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов диоксида серы в атмосферу. Снижение затрат на сырье и материалы. Исключено образование сточных вод и как следствие, необходимость их очистки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение метода двойного контактирования позволяет значительно уменьшить содержание SO_2 в хвостовых газах, кроме того, уменьшается объем газа в контактном и абсорбционном отделениях. Степени контактирования варьируются в пределах 99 – 99,8 % при концентрации диоксида серы в отходящих газах не выше 0,03 %.

Рекомендуемая температура эксплуатации должна быть ниже максимальных температур катализатора на 20 °С. Соблюдение данного условия обусловлено

возможными колебаниями концентрации SO_2 при использовании в качестве сырья, отходящих печных газов. Эти колебания могут вывести из строя катализатор. Тот же эффект достигается при более низких температурах и, следовательно, очень важно поддерживать необходимый уровень температуры, примерно на 10 - 30 °C выше стандартной, что приводит к значительному снижению скорости конверсии.

Удаление примесей (предварительная очистка) перед процессом двойного контактирования необходимо для защиты катализатора и получения серной кислоты товарного качества. Очистка позволяет снизить концентрации большинства металлов до приемлемых уровней в производимой кислоте. Предварительная очистка потока газа обычно включает ряд стадий в зависимости от загрязняющего вещества, присутствующего в газовом потоке. Эти стадии могут включать охлаждение с рекуперацией тепла, горячий электростатический фильтр, очистку для удаления ртути и т. п., а также мокрый электростатический фильтр. Слабая кислота, образующаяся в секции очистки газа, обычно содержит 1 – 50 % H_2SO_4

Из трубы могут выбрасываться кислотные туманы, и там, где это необходимо, можно использовать туманоуловители свечного типа или мокрые скрубберы.

Кросс-медиа эффекты

Образование твердых или жидких растворов (слабые кислоты), которые требуют обработки и/или утилизации. Необходимость очистки от брызг и тумана серной кислоты.

Любые NO_x , присутствующие в очищаемых на установке серной кислоты газах, абсорбируются производимой кислотой. Если концентрации высокие, то получается коричневая кислота, а это может быть неприемлемо для потенциального покупателя. Следовательно, проблема заключается в потенциале продажи. Если серная кислота коричневая в связи с органическими соединениями, можно добавить перекись водорода для удаления цвета.

Технические соображения, касающиеся применимости

Данный метод применяется в пирометаллургических процессах с использованием сульфидного сырья. Для сокращения выбросов SO_2 в отходящих газах менее 0,5 – 1 кг/т серной кислоты необходимы либо снижение исходной концентрацию SO_2 в газе, что приведет к ухудшению технико-экономических показателей работы системы, либо строительство дополнительной установки доочистки отходящих газов. Конверсия с двойным контактом/двойной абсорбцией сложная и дорогая, но можно использовать и установку с одиночным контактом с обессериванием остаточного газа для достижения более низких остаточных концентраций SO_2 . Гипс может производиться для внешних продаж. Эти возможности могут привести к экономии энергии и меньшему образованию отходов, но затраты следует сравнить для конверсии в местных условиях.

Если рынок сбыта для гипса отсутствует, то следует предусмотреть затраты на свалку гипса.

В 2007 году технология производства серной кислоты из металлургических газов с использованием установки двойного контактирования, разработанная фирмой "SNC Lavalin", была внедрена на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе. На установку для производства серной кислоты направляются сернистые печные (с содержанием SO_2 – 8 - 25 %) и конвертерные газы (SO_2 – 1 - 6,4 %). Концентрация диоксида серы после смешивания газовых потоков составляет не более 12 %. Концентрация получаемой серной кислоты серная кислоты 92,5 - 94 % и 98 - 98,5 % [20].

Позже, в октябре 2009 года, похожая технология была внедрена на Среднеуральском медеплавильном заводе для переработки отходящих газов металлургического производства. Степень преобразования диоксида серы в триоксид по схеме ДК/ДА составляет минимум 99,7 % [17].

Экономика

Конверсия с двойным контактом/двойной абсорбцией сложная и дорогая. Гипс может производиться для внешних продаж. Эти возможности могут привести к экономии энергии и меньшему образованию отходов, но затраты следует сравнить для конверсии в местных условиях. Если рынок сбыта для гипса отсутствует, то следует предусмотреть затраты на свалку гипса.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в атмосферный воздух. Экологическое законодательство. Экономические выгоды.

5.3.5. Утилизации диоксида серы из отходящих газов методом мокрого катализа

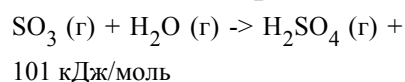
Описание

Обработка влажных технологических газов цинкового производства, основанная на извлечении газообразного диоксида серы и получении серной кислоты товарного качества [31].

Техническое описание

Одной из широко применяемых технологий мокрого катализа является процесс (WSA - "серная кислота из мокрого газа"), который представляет собой каталитический процесс переработки влажного технологического газа, который восстанавливает 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 цинкового производства после очистки их от основного количества пыли в сухих электрофильтрах с температурой 200 – 250 °С поступают в коллектор перед промывкой цинковых 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 охлаждения очищенный газ поступает в конвертер, который содержит ванадиевый катализатор, который был специально разработан для данного применения. В присутствии катализатора SO_2 преобразуется в SO_3 . В зависимости от концентрации SO_2 и требуемой степени конверсии используются 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, применяется в качестве предварительно нагрева исходного газа с целью повышения энергетической эффективности. На выходе из конвертера газ охлаждается, что позволяет образовавшемуся 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 составляет минимум 99,7 %, что практически полностью исключает выбросы SO_2 в атмосферу. Процесс (WSA) основан на конденсации кислоты (а не на поглощении), которая особенно подходит для газов, содержащих 1 – 4 % SO_2 . Отсутствие необходимости предварительной осушки технологического газа перед подачей его на установку WSA способствует исключению образования сточных вод и потери серы.

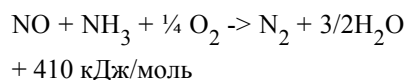
Экологические показатели и эксплуатационные данные

Основными особенностями процесса являются:

- 95 – 99 % удаление и восстановление содержания серы;
- производство серной кислоты товарного качества;
- рекуперация технологического тепла;
- низкое потребление воды для охлаждения;
- отсутствие отходов сточных вод.

Процесс легко адаптируется к работе с газами, содержащими примеси, такие как NO_x . Перед конвертером SO_2 может быть установлен реактор селективной

каталитической нейтрализации (SCR) для обработки NO_x . Аммиак вводится в поток газа перед реактором SCR в стехиометрическом количестве по отношению к NO_x в газе. NO_x преобразуется в азот и воду в соответствии с реакцией:



Технология WSA была внедрена на Усть-Каменогорском металлургическом заводе в 2004 году для утилизации газов свинцового и цинкового производства. Степень контактирования составляет не ниже 98 %. Концентрация SO_2 на входе перед контактными аппаратом – не более 6,5 %, на выходе – 0,13 %. Установка позволяет получать серную кислоту с концентрацией 97,5 - 98 % и 92,5 - 94 % после разбавления [18].

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 SO_2 от 3 – 5 %, однако для газов ниже 3 %, требуется дополнительное тепло, которое обычно подается с помощью газового нагревателя. При концентрациях свыше 6 % 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.

Экономика

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов SO_2 в атмосферный воздух. Сокращение расходов сырья. Экономические выгоды.

5.3.6. Очистка дымовых газов с использованием щелочных растворов

Описание

Удаление SO_2 из дымовых газов путем ввода (например, карбоната кальция) в отходящий газовый поток в виде суспензии/растворов в специальных абсорберах, их

реакции с сернистыми соединениями с образованием готового вещества (серноокислый кальций). Перед схемой ДДГ необходима предварительная очистка дымовых газов от твердых частиц (пыли).

Техническое описание

При использовании в качестве сорбента карбонат кальция, известняк <40 мкм после предварительной обработки поступает (дробления) в бак приготовления известняковой суспензии, оборудованный механическими мешалками. Размеры резервуаров обеспечивают полную реакцию поглощенного SO_2 с суспензией CaCO_3 , окисление соединений серы до сульфатов. Для улучшения окисления сульфитов до сульфатов в резервуар скруббера через пневмогидравлический аэратор подается сжатый воздух. Далее суспензия по линиям подается в скруббер и накапливается в его нижней части в виде шлама с образованием крупного кристаллического остатка синтетического серноокислого кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Дымовые газы с низким содержанием SO_2 , предварительно охлажденные и очищенные в электро- или рукавном фильтре от пыли до нормируемого значения, также подаются в систему ДДГ. Так как наиболее эффективным способом десульфуризации является противоточное движение газов и суспензии, то из нижней части скруббера суспензия подается в среднюю часть скруббера и распыляется форсунками в виде мелкокапельного раствора. Количество форсунок определяется на этапе проектирования. Очищенные дымовые газы, пройдя через систему промывных каплеуловителей, выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу (использование "мокрой трубы" исключает необходимость подогрева очищенного газа).

После завершения первой стадии абсорбции реакционные шламы со сточной водой, содержащие главным образом сульфат кальция (серноокислый кальций), направляются в систему фильтрации и очистки воды. После обезвоживания в фильтровальном прессе серноокислый кальций выгружается непосредственно в контейнер для хранения, расположенный под прессом, откуда он транспортируется на склад и затем реализуется на рынке. Очищенная вода возвращается в систему сероочистки. В скруббер постоянно поступают свежая суспензия и часть рециркулируемого промежуточного продукта, т. к. в нем содержится некоторое количество непрореагировавшего сорбента. Для предотвращения появления отложений на стенках скруббера предусмотрена система перемешивания суспензии в нижней части скруббера.

В качестве сорбента также может быть использован раствор NaOH (каустика или кальцинированной соды).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2 .

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эффективность удаления SO_2 при использовании извести колеблется в пределах 50 – 95 %, при использовании NaOH – может достигать 99 %. Скорость удаления при более высоком значении этого диапазона возможна только в идеальных условиях при использовании новых, специально разработанных установок.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов, а также сырьевых ресурсов (веществ, используемых в качестве сорбента). В случае отсутствия спроса на рынке необходимо образование дополнительных объемов отходов.

Потребление электроэнергии при использовании скрубберов на основе натрия ниже благодаря меньшей скорости рециркуляции насоса по сравнению с известковыми скрубберами и низкому перепаду давления. Однако натриевый скруббер требует обработки стоков Na_2SO_3 . Стоки обычно окисляются до Na_2SO_4 и могут быть размещены на специализированных площадках.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к новым установкам. Касательно применимости на действующих заводах возможно необходима модернизация технологической линии (замены существующего очистного оборудования) в случае низкой производительности существующего пылеулавливающего оборудования и других факторов:

недостаточный объем емкости установленного рукавного фильтра, в случае улавливания дополнительных объемов пыли при его использовании совместно для улавливания пыли и сернистого кальция;

использование прямого впрыска в действующий фильтр возможно при достаточных показателях температуры, влажности и времени выдерживания.

Недостатки, ограничивающие применимость:

при повышенном значении pH на стенках оборудования (скруббер насосы и трубопроводы) образуется мягкий налет (сульфит кальция);

при низких значениях pH образуется твердый налет (сульфат кальция).

Это факторы приводят к снижению производительности оборудования и как следствие снижению эффективности удаления SO_2 . Использование извести, обогащенной магнием, помогает увеличить эффективность очистки от SO_2 и снижает вероятность образования накипи. Более высокое соотношение жидкости и газа в известковых скрубберах приводит к повышению эффективности и снижению образования накипи. Однако оба эти фактора увеличивают стоимость системы.

Скрубберы на основе натрия обычно намного меньше, чем скрубберы на основе извести, благодаря реактивности реагента и возможности использования внутренних частей башни для большего контакта газа с жидкостью. Кроме того, возможность образования накипи снижается практически до нуля, поскольку скруббер на основе натрия работает в кислотном режиме. Стоимость поставок каустика и

кальцинированной соды также выше, чем извести, поэтому затраты на реагенты будут выше.

Экономика

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO₂. Экологическое законодательство.

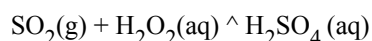
5.3.7. Очистка перекисью водорода

Описание

См. ниже.

Техническое описание

Для окисления SO₂ до образования серной кислоты используется перекись водорода (H₂O₂).



Очистка выполняется посредством прямого контакта в прямоточной оросительной башне и последующей противоточной очищающей башне. Концентрация полученной кислоты может достигать 50 % H₂SO₄. Кислота может быть переработана для использования на сернокислотной установке в качестве разбавителя или реализована как побочный продукт.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO₂.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На заводе Aurubis (Гамбург) отходящий газ (содержание SO₂ от 0,1 % до 2 %) улавливается, затем либо используется для разбавления технологических газов, обрабатываемых на сернокислотной установке, либо очищается на установках с использованием H₂O₂. Для эффективности поглощения SO₂ концентрация серной кислоты в этом процессе составляет 30 – 35 %. Уровни SO₂ в газе после очистки находятся в диапазоне от 20 до 350 мг/м³ (в соответствии со среднесуточными непрерывными измерениями).

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов и реагентов (перекись водорода).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Инвестиционные затраты на приобретение очистных установок. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO₂. Экологическое законодательство.

5.3.8. Процесс очистки SO₂ на основе растворов аминов

Описание

Использование регенеративной системы очистки SO₂, основанной на использовании аминов [35].

Техническое описание

В данной технологии для достижения высокоэффективной селективной абсорбции SO₂ из различных газовых потоков используют водный раствор амина. В качестве абсорбента используется Cansolv Absorbent DSTM, специально разработанный для очистки газов в металлургических производствах, обладающий оптимальными показателями по селективности извлечения диоксида серы. Газ, содержащий SO₂, подается сверху в абсорбционную колонну, а аминовый раствор подается снизу колонны, тем самым используется противоточный поток. Может использоваться абсорбционная колонна с псевдоподвижным слоем или распылительного типа, расположенная таким образом, чтобы обеспечить максимальный контакт между амином и газом. Амин, содержащий SO₂, проходит из нижней части колонны через теплообменник и поступает в верхнюю часть регенерационной колонны. В регенерационной колонне в смесь амина и SO₂ подается пар, тем самым происходит отделение SO₂ из аминového раствора.

Водяной пар, насыщенный SO₂, проходит через конденсатор, который удаляет воду из потока до точки насыщения SO₂. Конденсат подается обратно в верхнюю часть башни, и насыщенный SO₂ выводится из системы в качестве конечного продукта.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO₂.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

К примеру, эффективность очистки технологии Cansolv SO₂, на основе растворов аминов, составляет более 98 % для газовых потоков, содержащих от 0,5 % до 5 % SO₂. Основным продуктом является насыщенный водой газ SO₂, который может быть реализован или переработан. Установка Cansolv может обрабатывать газовые потоки с содержанием твердых частиц до 40 мг/Нм³, что позволяет производить очистку

газовых потоков после электрофильтров, скрубберов Вентури или систем газоочистки на основе рукавных фильтров. Так, ОАО "ГМК" Норильский никель при реконструкции производства серы на медном заводе в рамках реализации "Серной программы" были рассмотрены технологии очистки отходящих газов от SO_2 методом его концентрирования для возможности использования для производства серосодержащей продукции. Для реализации проекта была выбрана система Cansolv (Shell), которая показала самые низкие показатели остаточного содержания SO_2 в дымовых газах – 0,001 – 0,0015 %. [32].

На сегодняшний день известны и другие системы концентрирования SO_2 с использованием водных растворов.

Технология регенеративного восстановления SO_2 , SolvR компании MECS основана на использовании экологически безопасного абсорбционного растворителя. Система может быть интегрирована в сернокислотные установки для снижения выбросов SO_2 или использована для концентрации газового потока перед установкой серной кислоты при больших объемах отходящих газов и низким содержанием SO_2 . Концентрация SO_2 в отходящих газах заявлена как 20 ppm и менее. Технология SolvR была использована в комплексе с технологией производства серной кислоты MECS для медеплавильных заводов корпорации Codelco (Чили), крупнейшего производителя меди в мире.

Технология DSR компании Keyon Process Co., LTD. Данный технологический метод основан на использовании нетоксичного, экологически безопасного растворителя (абсорбента), предназначенного для избирательного поглощения SO_2 .

Абсорбированный диоксид серы впоследствии извлекается из растворителя, после чего регенерированный растворитель может быть использован повторно для очистки. Эффективность восстановления SO_2 составляет более 99,5 %, концентрация SO_2 в отходящих газах после очистки - не более 35 мг/Нм³. Дополнительно в процессе использования технологии DSR могут быть снижены концентрации ртути и твердых частиц (не более 5 мг/Нм³). Технология была внедрена на молибденовом заводе Jinduicheng (Китай).

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов и реагентов. Использование пара в процессе Cansolv делает этот процесс довольно энергоемким, чем очистка с использованием щелочных растворов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Установка Cansolv может обрабатывать газовые потоки с содержанием твердых частиц до 40 мг/Нм³, что позволяет производить очистку

газовых потоков после электрофильтров, скрубберов Вентури или систем газоочистки на основе рукавных фильтров.

Экономика

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO₂. Экологическое законодательство.

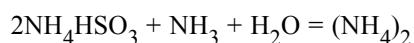
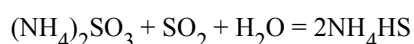
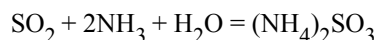
5.3.9. Сульфит-бисульфитный метод

Описание

Диоксид серы поглощается раствором сульфит-бисульфита аммония, который образуется при пропускании газа, содержащего SO₂, через водный раствор аммиака.

Техническое описание

Процесс образования сульфит-бисульфитного раствора, основанного на взаимодействии SO₂, содержащегося в очищаемом газе с водой и аммиаком:



Из бисульфита (гидросульфита) получают сульфит, который вновь поглощает SO₂.

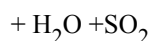
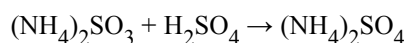
Полученный сульфит-бисульфитный раствор можно утилизировать следующим образом:

сжигать:



отгружать потребителю;

получать SO₂ при взаимодействии с серной кислотой:



Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO₂.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Степень извлечения 95 – 98 %.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные расходы реагентов, используемых для регенеративного процесса. Наличие квалифицированного персонала.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов SO_2 . Экологическое законодательство.

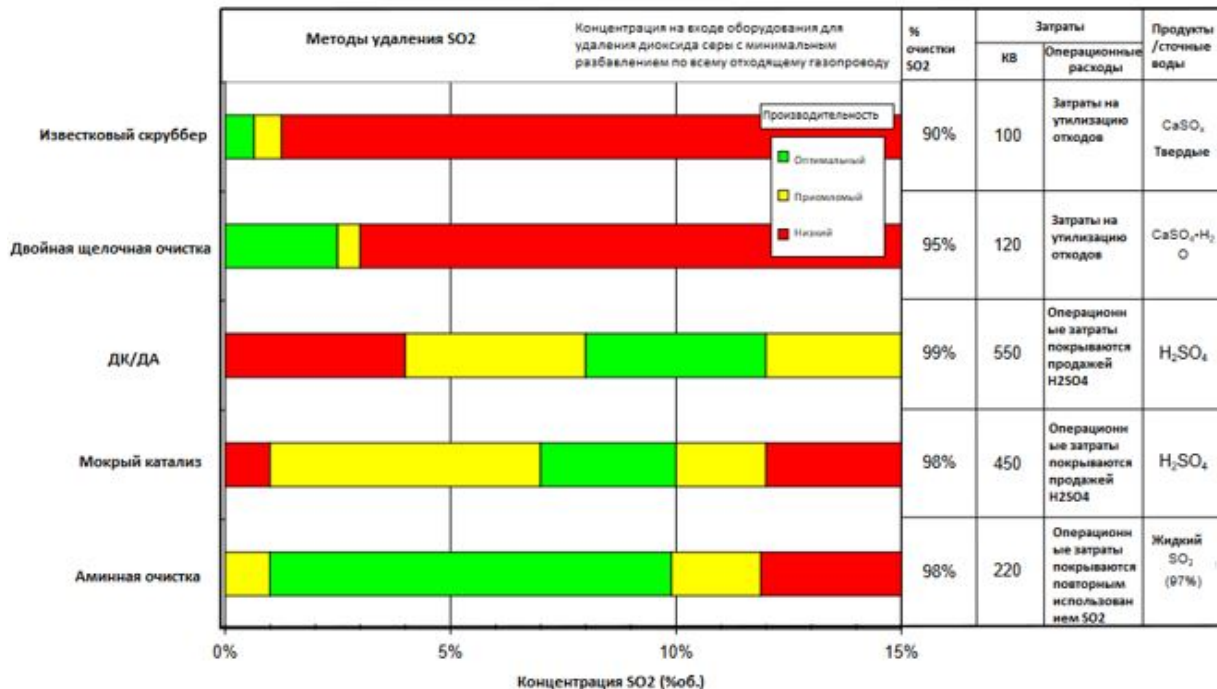


Рисунок 5.14. Эксплуатационные характеристики процессов очистки технологических газов от SO_2 , применяемых в цветной металлургии

5.3.10. Снижение выбросов SO_3

Описание

Снижение выбросов SO_3 и H_2SO_4 в виде туманов и брызг посредством применения одной или комбинации мер, представленных ниже.

Техническое описание

Выбросы туманов SO_3 или H_2SO_4 происходят из-за неполной абсорбции (процессы сухого контакта), а также в результате неполной конденсации при процессе мокрого катализа. Снижение выбросов достигается путем ведения регулярного мониторинга и контроля параметров процесса, таких как:

обеспечение постоянства производственных процессов – источников SO_2 -газа, минимизация колебаний уровня SO_2 во входящих потоках;

достаточное осушение входного газа и воздуха для сжигания в процессах без использования воды (процессы сухого контактирования);

использование большей площади конденсации (для процесса мокрого катализа);
 оптимизация распределения кислот;
 эффективность свечных фильтров и их контроль;
 циркулирующие объемы;
 концентрация и температура абсорбирующей кислоты;
 мониторинг тумана $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$.

В таблице 5.25 представлены методы, используемые для снижения выбросов $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$.

Таблица 5.25. Методы восстановления/абсорбции $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$

| № п/п | Наименование | Достижимые уровни выбросов | |
|-------|--|---|--|
| | | мг/Нм ³ в виде H_2SO_4 | кг $\text{SO}_3/$ на тонну H_2SO_4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Высокоэффективные свечные фильтры (волоконистые туманоуловители) | <50 | <0,14 |
| 2 | Мокрая очистка | - | - |
| 3 | Сетчатый фильтр | <100 | <0,07 |
| 4 | Электрофильтр | <20 | <0,03 |
| 5 | Мокрые электрофильтры | - | - |

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов SO_3 или тумана H_2SO_4 .

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На сернокислотном производстве УМКМ газ очищается от брызг и тумана серной кислоты в электрофильтрах, осадителе тумана MECS и выбрасывается в атмосферу, пройдя санитарный коллектор, через санитарную трубу. Содержание SO_2 в очищенном газе составляет не более 0,3 %. Содержание тумана и брызг H_2SO_4 – не более 40 мг/Нм³ [18].

Кросс-медиа эффекты

Расход химикатов и энергии при мокрой очистке.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от технических характеристик, в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов SO_3 . Экологическое законодательство.

5.4. Первичное и вторичное производство цинка с применением оборотных схем

5.4.1. Обратная переработка металлических потоков

Общие технологии, используемые для уменьшения неорганизованных выбросов при приеме, хранении и переработке первичного и вторичного сырья.

5.4.2. Очистка сточных вод в процессах Вельц-печи

Описание

кристаллизация;

осаждение;

комбинированный процесс (кристаллизация и осаждение).

Техническое описание

Поскольку большая часть сточных вод образуется при промывке Вельц-оксида, очистка сточных вод предназначена специально для обработки этих вод. Другие небольшие потоки сточных вод доходят до установки очистки сточных вод [52].

Кристаллизация

Одним из видов удаления щелочей и галогенов из насыщенного раствора для выщелачивания на первом этапе промывки является применение процесса кристаллизации для получения солевого кека и щелочного конденсата. На этапе кристаллизации удаляется 30 – 35 % общего количества галогенов. Солевой кек сливают или утилизируют под землей, а обработанный отходящий поток может быть повторно направлен на промывочную установку. Конденсат с этапа кристаллизации перенаправляют на новый этап промывки, в конечном счете весь процесс может выполняться без образования сточных вод.

Осаждение

Когда концентрация галогенов в сточных водах приемлема для ее слива в водоприемник, можно применять другую технологию очистки сточных вод. Для этого добавляют серосодержащие добавки, коагулянты и флокулянты для осаждения растворенных металлов. После стадии фильтрации и нейтрализации очищенный сток поступает в канализационную систему или поверхностный водный объект.

Комбинированный процесс

Если существует возможность слива ограниченного количества галогенов, то можно применить этап частичной кристаллизации для удаления некоторых видов галогенов. Затем оставшуюся часть сточных вод обрабатывают путем осаждения. Завод I предоставил данные о двухэтапной очистке сточных вод. Первым этапом является классическое осаждение гидроксидом. На втором этапе добавляют специальный жидкий реагент для осаждения ионов металлов, который является более эффективным, но и дороже NaHS .

Достигнутые экологические выгоды

Кристаллизация

Устранение образования сточных вод.

Частичное удаление галогенидов.

Осаждение

Удаление металлов из сточных вод (осаждение сульфидов).

Комбинированный процесс

Частичное удаление сточных вод.

Частичное удаление галогенидов.

Удаление металлов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Таблица 5.26. Результат промывки Вельц-оксида

| № п/п | Компонент (%) | Непромытый Вельц-оксид | Промытый Вельц-оксид (трех- или двухэтапная промывка) |
|-------|------------------|------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Цинк | 58 - 63 | 63 - 68 |
| 2 | Свинец | 7 - 10 | 9 - 11 |
| 3 | Сера | 0,5 - 1 | < 0,15 |
| 4 | Фтор | 0,4 - 0,7 | 0,08 - 0,15 |
| 5 | Хлор | 4 - 8 | 0,05 - 0,15 |
| 6 | K ₂ O | 1,5 - 2 | 0,1 - 0,2 |

Таблица 5.27. Сточные воды после процесса промывки Вельц-оксида

| № п/п | Компонент (мг/л) | Сточные воды после очистки с NaHS |
|-------|------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Цинк | 0,01 - 1,0 |
| 2 | Свинец | 0,01 - 0,20 |
| 3 | Кадмий | 0,01 - 0,10 |

Таблица 5.28. Сточные воды после процесса промывки Вельц-оксида

| № п/п | Завод | Q* | | I** | | M*** | |
|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | | ср. знач. | макс. | ср. знач. | макс. | ср. знач. | макс. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
|----|-------|-------------------|--------|--------|---------|---------|--------|------|
| 1 | Поток | м ³ /ч | 195 | НД | 330 | НД | 28,2 | НД |
| 2 | Zn | мг/л | 0,04 | 0,46 | 0,03 | 0,06 | 1,43 | 5,28 |
| 3 | Cd | мг/л | 0,0020 | 0,024 | 0,0007 | 0,006 | 0,05 | 0,25 |
| 4 | Pb | мг/л | 0,0031 | 0,105 | 0,0067 | 0,019 | 0,68 | 2,76 |
| 5 | As | мг/л | 0,0123 | 0,2 | < 0,001 | < 0,001 | 0,17 | 0,64 |
| 6 | Cu | мг/л | 0,0003 | 0,0015 | < 0,01 | < 0,01 | 0,03 | 0,19 |
| 7 | Fe | мг/л | 0,06 | 0,18 | < 0,05 | < 0,05 | 0,3 | 0,46 |
| 8 | Cr | мг/л | 0,0015 | 0,0034 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,01 | 0,1 |
| 9 | Cl- | мг/л | 2780 | 5300 | 635 | 993 | НД | НД |
| 10 | F- | мг/л | 3,89 | 7 | 0,68 | 0,93 | НД | НД |

| | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|------|-----|------|-----|-----|------|------|
| 11 | SO ₄ ²⁻ | мг/л | 996 | 1600 | 155 | 269 | 1994 | 2945 |
|----|-------------------------------|------|-----|------|-----|-----|------|------|

* завод Q: процесс осаждения;

** завод I: частичная кристаллизация для удаления галогенов + процесс осаждения;

*** завод M: осаждение + флокуляция + коагуляция + фильтрация (выбросы не подходят для прямого сброса).

Кросс-медиа эффекты

Кристаллизация

Увеличение потребления энергии (из-за испарения) и образование твердых отходов или солевого раствора.

Осаждение

Использование химических веществ для осаждения ионов металлов.

Комбинированный процесс

Увеличение потребления энергии (из-за испарения и образования твердых отходов или солевого раствора).

Использование химических веществ для осаждения ионов металлов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Объемы кристаллизации зависят от местных условий. Когда сброс хлоридов невозможен, выполняется 100 % кристаллизация. Примером может служить завод "Befesa" во Фрайберге.

Когда возможен сброс ограниченного количества хлоридов, применяется процесс частичной кристаллизации, например, на заводе "Pontenossa" в Италии, где около трети общего количества галогенов, содержащихся в Вельц-оксиде, удаляют на установке для кристаллизации.

Экономика

Данный процесс широко используется и является экономически эффективным. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Удаление металлов (законодательство об охране окружающей среды). Оптимизация продукта. Сокращение выбросов фтора, хлора и щелочей в водоприемник (местное законодательство об охране окружающей среды).

5.5. Плавка, получение сплавов и отливка цинковых слитков (первичные и вторичные гидрометаллургические и пирометаллургические процессы)

5.5.1. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от процессов плавки

Описание

Восстановление или осаждение богатого кадмием цементита от гидрометаллургического производства цинка[32].

Техническое описание

Очистка

Данная процедура состоит в извлечении кадмия из процесса обработки цинка в качестве обогащенного кадмием цемента на этапе очистки для дальнейшего его концентрации и рафинирования (электролиз или пирометаллургический процесс) и, наконец, превращения его в товарный кадмиевый металл или соединения кадмия.

Осаждение

Процедура извлечения кадмия из процесса обработки цинка в качестве обогащенного кадмием цемента на этапе очистки с применением комплекса гидрометаллургических операций с целью превращения кадмия в осадок, богатый кадмием (например, цемент (Cd металл), $\text{Cd}(\text{OH})_2$), который утилизируется в строго контролируемых условиях.

Достигнутые экологические выгоды

Очистка

Процесс без использования воды.

Осаждение

Помимо целевых отходов кадмия для захоронения на полигонах в результате данного процесса отсутствует образование отходов: все технологические потоки вторично обрабатываются на этапе обработки кадмия или в потоке цинковой установки. Объем остатков, подлежащих утилизации, относительно невелик, так как процесс протекает с высокой концентрацией кадмия (не менее 20 %). Условия утилизации отходов соответствуют действующему законодательству. Это означает, что остатки перед утилизацией необходимо стабилизировать (например, добавить известь) на месте или на полигонах для улучшения его физических свойств (например, выщелачивания).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Процент осаждения богатого кадмием осадка для утилизации на полигоне зависит от рыночного спроса.

Очистка

Использование реагентов. При осаждении кадмия из раствора в процессе очистки или на этапе обработки кадмия используют цинковую пыль (стехиометрическое количество в 1,1 – 1,6 раза в соответствии с реакцией $\text{Cd}^{2+} + \text{Zn}^0 \rightarrow \text{Cd}^0 + \text{Zn}^{2+}$).

Увеличение потребления энергии (электричество требуется при электролизе и плавке/отливке для преобразования кадмия в его металлическую форму).

Осаждение

Применяется метод осаждения кадмия в виде гидроксида кадмия добавлением извести или NaOH. В данном случае кадмий получается в неметаллическом виде, который в дальнейшем необходимо перевести в вид металла способом электролиза или цементации.

Образуются концентрированные кадмиевые отходы.

Технические соображения, касающиеся применимости

С точки зрения типа процесса, процесс очистки является более сложным и менее устойчивым процессом, чем осаждение: раствор сульфата кадмия должен быть очищен до его обработки в секции электролиза, тогда как требования к качеству раствора сульфата кадмия, из которого будут осаждены отходы, являются менее жесткими.

Оборудование, необходимое для процесса очистки (реакционные резервуары, отстойники, электролизные ванны, плавильная печь, литейное оборудование), является более универсальным, чем для процесса осаждения (реакционные резервуары, отстойники, фильтр).

Выбор заводом процесса в значительной степени зависит от рыночных условий (т. е. рынок кадмия слишком мал, чтобы использовать весь теоретически произведенный кадмий), возможности/условия утилизации, а также наличие необходимого оборудования и опыта и т. д. Эти условия могут быть специфичными для определенного региона или участка и могут со временем изменяться.

Экономика

Количественные данные отсутствуют, но стоимость и преимущества обоих процессов сильно зависят от рыночных условий (цена кадмия, краткосрочный или долгосрочный рынок), возможности/условия утилизации (цена, расстояние до полигона), инвестиционные затраты и эксплуатационные расходы (рабочая сила, энергия, реактивы). Эти условия могут быть специфичными для определенного региона или участка и могут со временем изменяться.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Движущими факторами для реализации одного из этих двух процессов являются: рентабельность/стоимость в краткосрочной и долгосрочной перспективе; воздействие на окружающую среду (формирование/предотвращение формирования отходов, потребление электричества и реактивов);

способность соблюдать законодательство в области охраны окружающей среды и здоровья человека.

5.5.2. Предотвращение образования сточных вод

5.5.2.1. Очистка сточных вод от цинковых заводов (первичные, вторичные гидрометаллургические и пирометаллургические процессы)

В большом количестве установок охлаждающая вода и очищенные сточные воды, включая дождевую воду, воду из системы контроля захоронения отходов и воду из рекультивации почвы и т. д., повторно используется или вторично обрабатывается в процессе. Некоторые виды сточных вод могут задерживаться и должны быть обработаны для удаления растворенных металлов и твердых веществ перед сбросом. Традиционно проводится осаждение гидроксидом/карбонатом. В некоторых случаях комбинированный или двухэтапный процесс осаждения используют с гидроксидным

этапом, за которым следует сульфидный этап. Дополнительный сульфидный этап обеспечивает снижение содержания металлов до более низкой концентрации, чем при осаждении гидроксидом.

5.5.2.2. Очистка сточных вод от гидрометаллургического и пирометаллургического производства цинка

Описание

В данном разделе описываются следующее:

предварительная обработка определенных видов сточных вод (например, слабокислая слитая вода после очистки мокрого газа обжиговой печи) до отправки их на очистные сооружения;

установка по очистке сточных вод на основе неорганического процесса (за гидроксидным осаждением следует при необходимости сульфидное осаждение);

очистка сточных вод на основе биологического процесса.

Техническое описание

Предварительная очистка

Типичным примером предварительной очистки является то, что она выполняется на слабокислых отходах после очистки мокрого газа обжиговой печи. Эта вода подвергается действию газа, так что выделяется часть растворенного SO_2 . Поток SO_2 вводится в основной газовый поток из обжиговой печи, так что этот SO_2 проходит очистку, в то время как количество сульфидов/сульфатов, которые необходимо очищать в УОСВ, также уменьшается. Кроме того, спонтанно образующиеся твердые соединения, содержащие ртуть и/или селен, могут присутствовать в слабокислой жидкости. Удаление этого шлама (в отстойнике или фильтре) до того, как поток будет отправлен на центральную установку очистки сточных вод, облегчает процесс очистки на СОСВ [34].

Оценка того, целесообразно ли проводить предварительную обработку определенных видов сточных вод, может быть сделана только в каждом конкретном случае, поскольку решающие параметры могут быть специфическими для конкретного завода или региона (например, условия сброса сточных вод, ограничения состава отходов для захоронения отходов или обработки).

Кроме того, когда осаждение применяется на двух или более этапах (см. ниже), иногда может быть полезно не собирать все сточные воды в одном канале, а проводить разделение между двумя (или более) "семьями", например, тяжеловесные воды - (например, остатки от очистки влажного газа обжиговой печи – это называется промывные кислоты) и слегка загруженные воды (например, дождевая вода). В этом случае последнее может войти в процесс после первого этапа, что может быть

полезным в отношении общих эксплуатационных затрат. Но данный фактор необходимо оценивать в каждом конкретном случае (например, стоимость двухэтапной канализационной системы в значительной степени зависит от плана завода).

Установка очистки сточных вод

Для цинкового завода с годовой производительностью 250 тыс. т общий поток, подлежащий обработке на центральной УОСВ, составляет порядка 100 – 300 м³/ч. Применяются только методы, которые способны с технической и расходной точки зрения обрабатывать большое количество потоков.

В неорганическом процессе, а также в биологическом процессе основной целью является осаждение металлов и других соединений в виде нерастворимых или едва растворимых соединений на одном или нескольких этапах. Твердые вещества отделяются от потока воды путем осаждения и/или фильтрации на одном или нескольких этапах.

Установка очистки сточных вод с применением неорганического процесса

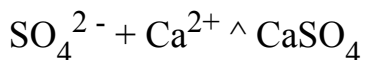
Как правило, применяется процесс осаждения гидроксидом. Регулирование уровня рН до значения в диапазоне от 9 до 10,5 обычно достигается путем добавления щелочных реагентов, таких как известь или гидроксид натрия, поскольку большинство видов сточных вод является кислотными, металлы осаждаются в виде гидроксидов.

Обычно данный этап нейтрализации и осаждения проводится при одном значении уровня рН. В некоторых случаях это делается на двух или более этапах, где могут применяться различные значения уровня рН.

Общее уравнение для осаждения гидроксида:

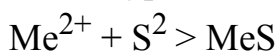


Почти все сточные воды цинкового завода содержат значительное количество сульфатов и имеют низкий уровень рН (поскольку они содержат серную кислоту). Добавляя известь (негашеная известь, каустическая известь) для нейтрализации и осаждения гидроксидов, сульфаты одновременно удаляются из воды в виде гипса (пока равновесный уровень не достигнет около 1,6 г/л сульфата):



В некоторых случаях гидроксидное осаждение комбинируется с сульфидным осаждением или сульфидное осаждение следует после него путем добавления NaHS или Na₂S (например, одновременное осаждение в одном и том же реакторе, как многоэтапное осаждение). Поскольку растворимость сульфидов металлов ниже, чем у соответствующего гидроксида металла, сульфидный этап способен удалять металлы с меньшей концентрацией, чем концентрация гидроксида в осадках.

Общее уравнение для сульфидного осаждения:



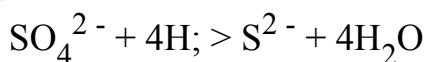
Гидроксидное и/или сульфидное осаждение является ключевым моментом процесса по очистке сточных вод. Однако в некоторых конкретных случаях добавляются дополнительные этапы для удаления элементов, которые удалены не полностью. Потребность в этих этапах определяется в каждой конкретной ситуации (например, наличие типичных элементов, жесткие нормы выбросов). Некоторые примеры: фтор может быть частично осажден в виде CaF_2 путем добавления извести или другого источника кальция при уровне pH 9,5, а мышьяк можно частично удалить путем совместного осаждения путем добавления солей железа.

Разделение твердой и жидкой фаз обычно осуществляется путем осаждения в цилиндрическом отстойнике, пластинчатом отстойнике или другом типе отстойника (то есть концентраторе, отстойном резервуаре, осветлителе, осадочном бассейне). В некоторых случаях разделение завершается с помощью процесса фильтрации (например, песочного фильтра). Для улучшения характеристик осаждения и/или фильтрации могут использоваться флокулянт-коагулянтные добавки.

Неорганический процесс наиболее часто используется в ЕС на заводах по гидрометаллургическому производству цинка. Этот процесс также применяется на единственном в ЕС заводе по пиromеталлургическому производству цинка.

Установка по очистке сточных вод с применением биологического процесса

Только на одном европейском заводе используется биологический процесс для производства сульфидных ионов в реакционной смеси. Слабая кислота, которая является отводом от мокрой газоочистки, имеет высокую концентрацию сульфата (10 – 25 мг/л) и обрабатывается в первую очередь. Ионы сульфата восстанавливаются до сульфидных ионов (S^{2-} , HS^-) водородом и сульфатвосстанавливающими бактериями на установке биологической очистки сточных вод:



Водород выделяется из природного газа и пара в установке реформинга. Цинк и другие металлы вступают в реакцию с сульфидными ионами и осаждаются в виде сульфида металла:

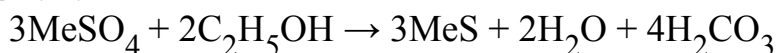


Таким образом, общая реакция имеет следующую формулу:

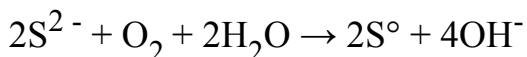


Концентрация сульфатов и металлов после этой очистки все еще слишком высока для непосредственного слива, а вода проходит очистку на другом этапе вместе с другими видами сточных вод от производства (а также с грунтовыми водами после восстановительных работ). Здесь также используются сульфатвосстанавливающие

бактерии для осаждения металлов сульфидом, но в этом случае в качестве донора электронов вместо водорода используется этанол. Общая реакция имеет следующую формулу:



Поскольку повышенные концентрации свободных металлов в потоках сточных вод токсичны для сульфатвосстанавливающих бактерий, раствор в реактор подается разубоженным. Для снижения концентрации сульфида в сбрасываемой воде применяется восстановление сульфидных ионов в элементарную серу аэробными бактериями в биологическом реакторе:



Все сульфиды и осадок биомассы вторично обрабатываются на этапе обжига для извлечения металлов в цехах по производству цинка и серы в виде серной кислоты.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов металлов в воду. Содержание металлов вытекающего выходящего потока после биологического процесса аналогично содержанию в очищенной воде после эффективной очистки сточных вод с добавлением неорганических сульфидных добавок (NaHS , Na_2S), поскольку химическая структура в обоих процессах одинакова (на основе слабой растворимости сульфидов металлов).

Сокращение выбросов сульфатов в воду. Биологический процесс имеет дополнительный положительный эффект в том, что снижается содержание сульфатов в очищенной воде. Может быть достигнута концентрация сульфатов - около 600 мг/л в сравнении с концентрациями около 1600 мг/л в классическом неорганическом процессе УОСВ.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В таблице представлены меры, ориентированные не только на предотвращение и/или снижение объемов образуемых сточных вод, но и снижение объемов водопользования и как следствие снижение 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 5.29. 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. | Сокращение 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. | Сокращение 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. |
| 5 | Разработка программ производственного экологического контроля, в которых отражается информация 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. | Оптимизация процесса обработки сточных вод и обеспечение 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. |

На цинковом заводе УМКК используются внутрицеховая система повторного использования воды и внутрицеховая система оборотного водоснабжения. Сточные воды от шахтных печей, шлаковозгонной установки и электроотстойников используются для охлаждения технологического оборудования. Снижение температуры повторно-используемой воды производится за счет продувки данной системы оборотной общекомбинатовской водой. Образующиеся сточные воды проходят очистку для возможности дальнейшего их использования в технологическом

процессе предприятия (оборотная вода), условно-чистые сточные воды, которые после охлаждения на градирнях ОС в полном объеме также отводятся в общекомбинатовскую оборотную систему промводоснабжения для дальнейшего использования.

Техническая модификация системы охлаждения контактной установки на заводе " Aurubis" (Гамбург) в 2018 году посредством повышения уровня температуры для обеспечения возможности разделения централизованного теплоснабжения и строительство трубопровода централизованного теплоснабжения до границы завода способствовали предотвращению сброса 12 млн. м³ охлаждающей воды в р. Эльба [35].

Кросс-медиа эффекты

Установка по очистке сточных вод с применением неорганического процесса

Использование нейтрализующих веществ (известь, гидроксида натрия), сульфидных источников (NaHS, Na₂S) и флокулянтов.

Отходы производства.

Установка по очистке сточных вод с применением биологического процесса

Использование нейтрализаторов (известь, гидроксид натрия) и флокулянтов. Потребность в меньшем количестве нейтрализаторов, чем при неорганическом процессе.

Использование природного газа, этанола или других источников углерода.

Увеличение потребления энергии (необходимость в обеспечении минимальной температуры около 30 °С).

Технические соображения, касающиеся применимости

Установка по очистке сточных вод с применением неорганического процесса

Является общеприменимой технологией, поэтому технологическая информация относительно доступна.

Установка по очистке сточных вод с применением биологического процесса

Данный процесс является более сложным и более чувствительным, чем неорганический процесс. Минимальная температура должна составлять около 30 °С, что снижает общую применимость этой технологии; необходима оценка в зависимости от местных условий.

Экономика

Установка по очистке сточных вод с применением неорганического процесса

Технология применяется в масштабах отрасли.

Установка по очистке сточных вод с применением биологического процесса

Так, строительство ливненакопителя, который обеспечивает сбор ливневых и промышленных стоков филиала АО "Уралэлектромедь" направлено на улучшение экологической обстановки и рациональное использование водных ресурсов - стоки планируется направлять на станцию нейтрализации для очистки, для возможности повторного использования в производстве [36].

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов металлов и других загрязняющих веществ в воду.

5.6. Схемы производства и оборотной переработки кадмия

5.6.1. Гидрометаллургическое производство кадмия

5.6.1.1. Способы предотвращения и снижения выбросов от выщелачивания и разделения твердой и жидкой фаз

Используемые техники:

система центральной аспирации;

мокрый скруббер.

Кросс-медиа эффекты

В случае конкретного цеха по производству кадмия, все оборудование подключается к центральной системе аспирации, а отходящий газ обрабатывается в мокром скруббере, Отвод промывного раствора возвращается на этап выщелачивания цинка [37].

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и сокращение выбросов в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Не представлены.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется в определенных цехах по выщелачиванию кадмия.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила для осуществления

Сокращение выбросов в атмосферу. Гигиена труда.

5.6.1.2. Способы предотвращения выбросов от электролиза

Техническое описание

Покрытие электролизных ванн пластиковым брезентом или защитными планками.

Как и при цинковом электролитическом процессе, но в меньших объемах кадмий осаждается из очищенного раствора сульфата кадмия на алюминиевые стартовые катоды, а на анодах образуется кислород. Кислородные пузырьки, которые лопаются на поверхности, образуют кислотные пары (аэрозоль). Чтобы уменьшить объемы эти выбросов паров, электролизные ванны покрывают пластиковым брезентом или размещают отдельные пластиковые защитные планки над/между электродами.

Объемы неорганизованных выбросов пыли можно уменьшить эффективной уборкой, например, гарантируя, что проливы жидкостей и твердых веществ,

содержащих кадмий, будут ликвидированы без задержки, сохраняя пол влажным на данном участке.

Экологический эффект

Предотвращение выбросов кислотных паров и неорганизованных выбросов пыли.

Технические соображения касательно применимости

Обычно применяется для любой кадмиевой электролизной ванны.

Экономика

Относительно ограниченные капитальные затраты на пластиковые защитные планки. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Предотвращение выбросов в атмосферу. Гигиена труда.

5.6.1.3. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от гидрометаллургического производства кадмия

Описание

Восстановление или осаждение богатого кадмием цементита от гидрометаллургического производства цинка.

Техническое описание

Очистка

Данная процедура состоит в извлечении кадмия из процесса обработки цинка в качестве обогащенного кадмием цемента на этапе очистки для дальнейшего его концентрации и рафинирования (электролиз или пирометаллургический процесс) и, наконец, превращения его в товарный кадмиевый металл или соединения кадмия.

Осаждение

Процедура извлечения кадмия из процесса обработки цинка в качестве обогащенного кадмием цемента на этапе очистки с применением комплекса гидрометаллургических операций с целью превращения кадмия в осадок, богатый кадмием (например, цемент (Cd металл), $Cd(OH)_2$), который утилизируется в строго контролируемых условиях.

Достигнутые экологические выгоды

Очистка

Процесс без использования воды.

Осаждение

Помимо целевых отходов кадмия для захоронения на полигонах в результате данного процесса отсутствует образование отходов: все технологические потоки вторично обрабатываются на этапе обработки кадмия или в потоке цинковой установки. Объем остатков, подлежащих утилизации, относительно невелик, так как процесс протекает с высокой концентрацией кадмия (не менее 20 %). Условия утилизации

отходов соответствуют действующему законодательству. Это означает, что остатки перед утилизацией необходимо стабилизировать (например, добавить известь) на месте или на полигонах для улучшения его физических свойств (например, выщелачивания).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Процент осаждения богатого кадмием осадка для утилизации на полигоне зависит от рыночного спроса.

Кросс-медиа эффекты

Очистка

Использование реагентов. При осаждении кадмия из раствора в процессе очистки или на этапе обработки кадмия используют цинковую пыль (стехиометрическое количество в 1,1 – 1,6 раза в соответствии с реакцией $Cd^{++} + Zn \rightarrow Cd + Zn^{++}$).

Увеличение потребления энергии (электричество требуется при электролизе и плавке/отливке для преобразования кадмия в его металлическую форму).

Осаждение

Осаждение кадмия в неметаллической форме (например, в виде гидроксида) требует добавления извести или NaOH.

Образуются концентрированные кадмиевые отходы.

Технические соображения, касающиеся применимости

С точки зрения типа процесса процесс очистки является более сложным и менее устойчивым процессом, чем осаждение: раствор сульфата кадмия должен быть очищен до его обработки в секции электролиза, тогда как требования к качеству раствора сульфата кадмия, из которого будут осаждены отходы, являются менее жесткими.

Оборудование, необходимое для процесса очистки (реакционные резервуары, отстойники, электролизные ванны, плавильная печь, литейное оборудование), является более универсальным, чем для процесса осаждения (реакционные резервуары, отстойники, фильтр).

Выбор заводом процесса в значительной степени зависит от рыночных условий (т. е. рынок кадмия слишком мал, чтобы использовать весь теоретически произведенный кадмий), возможности/условия утилизации, а также наличие необходимого оборудования и опыта и т. д. Эти условия могут быть специфичными для определенного региона или участка и могут со временем изменяться.

Экономика

Количественные данные отсутствуют, но стоимость и преимущества обоих процессов сильно зависят от рыночных условий (цена кадмия, краткосрочный или долгосрочный рынок), возможности/условия утилизации (цена, расстояние до полигона), инвестиционные затраты и эксплуатационные расходы (рабочая сила, энергия, реактивы). Эти условия могут быть специфичными для определенного региона или участка и со временем изменяться.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Движущими факторами для реализации одного из этих двух процессов являются: рентабельность/стоимость в краткосрочной и долгосрочной перспективе; воздействие на окружающую среду (формирование/предотвращение формирования отходов, потребление электричества и реактивов); способность соблюдать законодательство в области охраны окружающей среды и здоровья человека.

5.7. Пирометаллургическое производство кадмия

5.7.1. Способы предотвращения и снижения выбросов от брикетирования и окатывания металлических кадмиевых цементов

Описание

Технологии для рассмотрения:
система центральной аспирации;
мокрый скруббер.

Техническое описание

Раствор сульфата кадмия закачивается в резервуар для осаждения кадмия. Затем добавляют цинковую пыль и осаждают кадмий в виде мелких гранул. Гранулы отделяют от раствора в нутч-филт্রে, промывают и брикетируют при помощи гидравлического пресса. Брикетты складывают в закрытых контейнерах для транспортировки на завод по переработке кадмия. Содержание кадмия составляет >98 %. Исходный раствор повторно обрабатывают в секции выщелачивания цинка.

Оборудование подключено к центральной системе аспирации, а отходящий газ очищается во влажном скруббере. Промывной раствор выпускается в секции выщелачивания цинка.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Информация не представлена.

Кросс-медиа эффекты

Информация отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Информация отсутствует.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Экологически безопасный процесс для реализации с разумными затратами.

5.7.2. Способы снижения выбросов в процессах извлечения кадмия фьюмингованием/ конденсацией

Описание

Технологии для рассмотрения:

рукавный фильтр;

ЭСО;

мокрый скруббер.

Техническое описание

При использовании низкотемпературной схемы брикеты из кадмия плавятся в печи под слоем каустической соды. Шлак удаляют и отливают в небольшие слитки. Жидкий кадмий отправляется в печь для рафинирования [38].

В печи для переработки расплавленный кадмий обрабатывают каустической содой для удаления цинка. Смесь перемешивают в течение нескольких часов. Затем процесс перемешивания останавливают, удаляют шлак и заливают в небольшие формы для слитков. Данный металл содержит > 99,5 % кадмия и отправляется на процесс вакуумной дистилляции.

В процессе вакуумной дистилляции кадмий отделяется от компонентов, которые имеют более низкое давление паров. Дистилляционная установка функционирует в вакууме, а металл выпаривается при температуре, близкой к температуре плавления. Менее летучие компоненты конденсируются и возвращаются в печь. Высококачественный кадмий собирается в виде конденсата и отливается в слитки.

Все оборудование для переработки кадмия подключено к центральной системе аспирации. На заводе F отходящий газ очищается в ЭСО перед выбросом в окружающую среду. Собранную пыль из ЭСО периодически вымывают водой. В секции выщелачивания цинка используется элюат. На заводе В применяется скруббер, а на заводе D - рукавный фильтр.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В таблице 5.30 показано распределение выхода кадмия для заводов В, Е (последний этап рафинирования кадмия для завода Е происходит на заводе В) и F (схема гидрометаллургической/вакуумной дистилляции при производстве кадмия).

Таблица 5.30. Распределение выхода кадмия на европейских заводах по переработке цинка

| № п/п | Вводимый материал (%) | Завод В | Завод Е | Завод F |
|-------|-----------------------|---------|---------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|--|--------|-----------------------------|------------------|
| 1 | Очищенный металл кадмия | 90,4 | 14 | Около 70 |
| 2 | Кадмий как примесь в побочных продуктах (Концентраты Cu и Pb-Ag) | 9,4 | 41 | 20 - 25 |
| 3 | Утилизация отходов кадмия | НД | 35 (отходов Cd) + 5 (гетит) | 5 - 10 (Jarofix) |
| 4 | Кадмий для утилизации со шламом от УОСВ | 0,1 | 5 | Около 0,1 |
| 5 | Кадмий в выбросах в атмосферу | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 6 | Кадмий в выбросах в воду | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |

Кросс-медиа эффекты

Информация отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология является эффективной только при наличии спроса на очищенный кадмий пирометаллургическим способом.

Для безотходной работы процесс должен быть интегрирован в гидromеталлургический процесс переработки цинка.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов ЗВ в атмосферу.

5.7.3. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от пирометаллургического производства кадмия

Все остатки проходят вторичную переработку/повторно используются во внутренних или внешних процессах.

5.8. Плавка, получение сплавов и отливка кадмиевых слитков (первичный и вторичный циклы)

5.8.1. Способы предотвращения и снижения выбросов от печей плавки, переплавки, получения сплавов и отливки

Описание

Технологии для рассмотрения:

рукавный фильтр;

ЭСО;

мокрый скруббер.

Техническое описание

Высококачественный кадмий отливается вручную из печи для рафинированного кадмия в виде шаров, слитков или в других формах. Отливки разрезают и упаковывают в картонные коробки с пластмассовой облицовкой или в большие мешки. Отходы от процесса отливки и резки переплавляются в специальной печи и отливаются заново.

Печи подключены к центральной системе аспирации. Отходящий газ очищают в скруббере или ЭСО перед выбросом в окружающую среду. Собранную пыль из ЭСО периодически вымывают водой. В секции выщелачивания цинка используется элюат. Аналогичным образом отвод из скруббера можно обработать на цинковой установке.

Отходы из плавильных печей перерабатываются на цинковой установке.

Достигнутые экологические выгоды

Отсутствие образования отходов.

Очень низкий уровень выбросов при помощи ЭСО.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В таблице 5.31 приведены данные заводов по выбросам от различных процессов производства кадмия.

Таблица 5.31. Выбросы из печей плавки, переплавки, получения сплавов и отливки

| № п/п | Завод | | В | | D | | F | |
|-------|-------------------------|--------------------|----------------|-------|-----------------|-------|--|-------|
| | | | ср.знач. | макс. | ср.знач. | макс. | ср.знач. | макс. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Поток | Нм ³ /ч | 4 950 | НД | 10 087 | НС | 7 500 | НС |
| 2 | Пыль | мг/Нм ³ | 0,106 | 0,264 | 1,5 | 2,5 | 0,06 | 0,19 |
| 3 | Cd | мг/Нм ³ | 0,093 | 0,232 | 0,090 | 0,16 | 0,001 | 0,006 |
| 4 | Используемая технология | | Скруббер | | Рукавный фильтр | | ЭМП | |
| 5 | Частота выборки | Кол-во/год | 1 | | 1 | | 12 | |
| 6 | Cd процесс | | Плавка катодом | | Плавка с содой | | Плавка с содой и вакуумная дистилляция | |

Кросс-медиа эффекты

Информация отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Информация отсутствует.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Законодательство об охране окружающей среды. Гигиена труда.

5.8.2. Предотвращение и минимизация остатков и отходов от процессов плавки

В процессе плавки отходы не образуются. Все промежуточные остатки вторично обрабатываются в процессе.

5.8.3. Предотвращение образования сточных вод

Описание

Предотвращение образования сточных вод от процессов отливки кадмия.

Техническое описание

При использовании данной схемы производства сточные воды не образуются.

Все растворы обрабатываются в замкнутом цикле. Вытекающий поток после прохождения мокрого скруббера используется в секции выщелачивания цинка.

Охлаждающая вода не применяется.

Достигнутые экологические выгоды

Отсутствие сточных вод.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Отсутствие образования сточных вод.

Кросс-медиа эффекты

Информация отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

Информация отсутствует.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Минимизация выбросов кадмия в окружающую среду.

5.8.4. Очистка сточных вод от установок получения кадмия (первичные, вторичные гидрометаллургические и пирометаллургические процессы)

Описание

Очистка сточных вод от установок получения кадмия.

Техническое описание

Когда металлургическая установка получения кадмия интегрирована с металлургической установкой получения цинка, все потоки сточных вод из кадмиевой секции в итоге очищаются на общей установке по очистке сточных вод.

Когда кадмиевая секция не интегрирована в установку получения цинка, и когда процесс выполняется с окончательным выпуском в водоприемник, применяются те же самые технологии, описанные выше, с дополнительными поглотительными башнями (если этого позволяет общий объем потока).

Достигнутые экологические выгоды

Небольшое количество выделения кадмия в водоприемнике.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Информация отсутствует.

Кросс-медиа эффекты

Применение реагентов. Конечные остатки проходят процессы инертизации и утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Возможность использования определяется местными условиями.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Соблюдение положений Рамочной директивы по водной среде и национальных требований.

5.9. Энергия

5.9.1. Использование тепла отходящих газов от основных технологических процессов

Описание:

котел-утилизатор;

установка испарительного охлаждения.

Техническое описание

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигаются за счет применения методов рекуперации тепла отходящих газов. Горячий отходящий газ, полученный в плавильной, обжиговой печи или конверторе, направляется в котел-утилизатор или установку испарительного охлаждения, где газ охлаждают с выработкой пара. Генерируемый пар, как правило, используется в технологическом процессе, например, при выщелачивании [39].

В качестве примера повышения эффективности использования пара на одном из предприятий по производству свинца и меди рассматривается возможность замещения редуционной установки котла-утилизатора на паровой турбогенератор. Пар, производимый на котлах-утилизаторах ISA-печей медного и свинцового заводов, имеет рабочее давление 40 бар и не может напрямую быть передан потребителям под таким давлением, так как магистральные паропроводы промышленной площадки рассчитаны на рабочее давление до 6 бар. Для снижения давления вырабатываемого пара от 40 бар до значения 6 бар в составе оборудования котлов-утилизаторов предусмотрена редуционная установка (РУ). Нужно отметить, что при дросселировании пара на РУ безвозвратно теряется часть его потенциальной энергии. Предлагается вывести из схемы РУ и параллельно РУ установить паровой турбогенератор с противодавлением, который будет нести одновременно две функции:

использование энергии пара с первичным давлением 40 бар для вращения парового турбогенератора с понижением давления пара до требуемого давления 6 бар и последующей передачей его в сеть потребителя;

выработка электроэнергии для собственных нужд предприятия за счет потенциала пара ранее теряемого при дросселировании его на РУ.

Предлагаемая схема привязки парового турбогенератора не исключает возможность раздельной работы (по выбору) либо редукционной установки, либо парового турбогенератора.

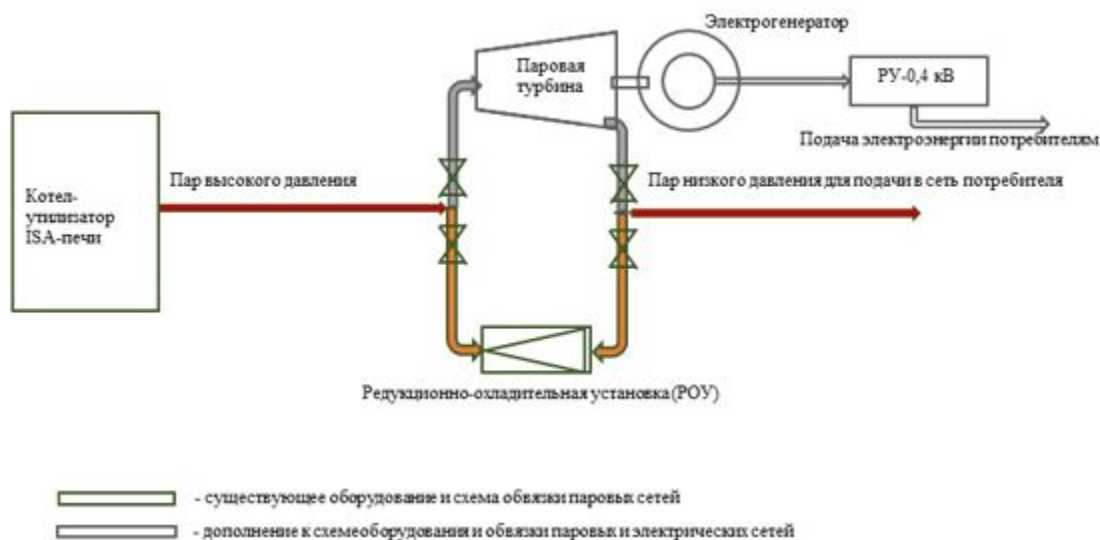


Рисунок 5.15. Схема привязки парового турбогенератора

Достигнутые экологические выгоды

Переработка теплоты, выделяющейся при экзотермической реакции, и превращение ее в электричество и пар низкого давления для технологического и производственного отопления.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Типичные показатели рекуперации энергии для заводов с ЭПОВ: 3,5 МДж/т Zn.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется для заводов с ЭПОВ.

Экономика

Так как в любом случае требуется охлаждение газа, дополнительные затраты на восстановление энергии в основном связаны с инвестициями в турбину для выработки электроэнергии.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности, сокращение производственных затрат.

5.10. Управление водными ресурсами и методы очистки сточных вод

Любая вода, не подлежащая переработке или повторному использованию, подлежит очистке для уменьшения концентрации загрязняющих веществ, таких как металлы, кислотообразующие вещества и твердые частицы, в конечных стоках, сбрасываемых в природные водные объекты. В целях уменьшения концентрации загрязняющих веществ в воде можно использовать технологии очистки в конце производственного цикла, например, 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 объекта. Для определения оптимального способа минимизации объемов конечных стоков и концентрации загрязняющих веществ необходимо принимать во внимание следующие наиболее важные факторы:

- процесс, являющийся источником стоков;
- объем воды;
- загрязняющие вещества и их концентрацию;
- возможности повторного использования в процессах;
- доступность водных ресурсов.

5.10.1. 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 в цветной металлургии для сокращения образования жидких отходов, сбрасываемых в составе 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.

Повторное использование воды, полученной в результате мойки, ополаскивания и очистки оборудования, помимо снижения нагрузки на сточные воды имеет преимущество восстановления продукта и увеличения выхода продукции, при условии, что вода циркулирует в самом производственном процессе. Для этого требуется оборудование для сбора, буферизации или хранения сточных вод, что может быть ограничивающим фактором. Существуют и другие возможности рециркуляции стоков в технологический процесс вместо их сброса: например, дождевая вода может собираться и использоваться для подачи в скрубберы; рециркуляция конденсатов. Ниже представлена информация о видах образуемых сточных вод на предприятии, их очистки для возможности повторного использования.

Таблица 5.32. Образование сточных вод и методы их очистки

| № п/п | Виды образуемых сточных вод | Технологический процесс (источник образования) | Методы очистки стоков | Примечание |
|-------|-------------------------------|--|---|--|
| 1 | Техническая вода | Повреждение кислотных аккумуляторов | Нейтрализация и осаждение | Повторное использование в процессе, насколько это возможно. |
| 2 | Вода для непрямого охлаждения | Охлаждение печей | Использование добавок с более низким потенциальным воздействием на окружающую среду | Использование герметичной системы охлаждения. Мониторинг системы для обнаружения утечек. |
| | | | Отстаивание. | Отстаивание или другой метод |

| | | | | |
|---|-----------------------------|--|--|--|
| 3 | Вода для прямого охлаждения | Выплавка Pb. | Осаждение, если необходимо | обработки. Закрытая система охлаждения. |
| 4 | Грануляция шлака | Cu, Ni, Pb, драгоценные металлы, ферросплавы | Отстаивание. Осаждение, если необходимо | Повторное применение в замкнутой системе. |
| 5 | Скруббер (продувка) | Мокрые скрубберы. Мокрый ЭСФ и скрубберы на кислотных установках | Нейтрализация. Отстаивание. Осаждение, если необходимо | Обработка путем продувки. Повторное использование потоков слабых кислот, если это возможно. |
| 6 | Поверхностная вода | Все процессы | Отстаивание. Осаждение, если необходимо. Фильтрация | Уборка дворов и дорог. Надлежащее хранение сырья. |

Одной из проблем является количество сбрасываемой воды, поскольку на некоторых установках используются системы рециркуляции больших объемов воды. Одним из факторов, который необходимо учитывать при оценке воздействия сбросов, является масса содержащихся в них загрязняющих веществ.

Водоочистная станция Nyrstar Balen в Бельгии, действующая с 2016 года, перекачивает 100 м³/ч загрязненных подземных вод на глубину около 150 метров. Перекачиваемая вода максимально используется в промышленных производственных процессах, таких как промывка газов, образующихся в процессе обжига, и для промывки фильтров из процесса выщелачивания [40].

Полученные сточные воды затем тщательно очищаются для соблюдения строгих ограничений качества сточных вод, особенно для концентраций металлов. Сточные воды подвергаются физико-химической обработке, которая включает в себя повышение pH и осаждение металлов. В качестве заключительной стадии очистки применяется фильтрация песками Sibelco для удаления оставшихся загрязняющих частиц. Водоочистная станция Nyrstar работает 24/7 [45].

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.

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 могут быть ограничены в случаях возможного негативного влияния на качество конечной продукции при использовании компонентов как побочные продукты или соли, а также проводимость раствора.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Необходимость применения обусловлена следующими факторами:

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).

5.10.2. Методы очистки сточных вод

Необходимость снижения концентрации загрязняющих веществ, таких как металлы, кислотообразующие вещества и твердые частицы путем очистки конечных сточных вод, сбрасываемых в природные водные объекты, которые не подлежат переработке или повторному использованию, является обязательным условием рационального природопользования. 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. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие типов сточных вод. 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 (Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Zn);

органические показатели: общий органический углерод, ПХДД/ПХДФ.

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на обработку вод, определяется составом и особенностями сточных вод конкретных возможностей применения. 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.

Ниже приведены методы очистки, которые применяются в производстве цинка и кадмия.

5.10.2.1. Химическое осаждение

Описание

Данный метод заключается в добавлении реагентов, таких как гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий или сочетания реагентов в целях корректировки значения рН и повышения интенсивности осаждения растворимых металлов.

Техническое описание

Химическое осаждение используется главным образом для удаления растворимых ионов металлов из стоков. Осаждение растворимых металлов из сточных вод может выполняться путем корректировки значения рН. В стоки добавляется реагент, например, гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий или комбинация реагентов, что приводит к образованию нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации и осаждения. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче поддаются отделению, и часто используются для повышения производительности системы очистки. По крайней мере на одном из

заводов применяется биологический процесс для получения сероводорода, который используется для осаждения металлов в форме сульфидов [41].

Осаждение обычно применяется для удаления из стоков таких металлов, как железо, свинец, цинка, хром, марганец и т. д. Гидроксиды металлов, как правило, нерастворимы, поэтому для их осаждения обычно используется гидроксид кальция.

Аналогичным образом сульфиды металлов также нерастворимы, и в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и тримеркаптосульфотриазин (ТМС). Для получения H_2S также применяется биологический способ путем использования сульфатвосстанавливающих бактерий, при этом газ переносится на стадию осаждения газом-носителем. Осаждение сульфидов может привести к уменьшению концентраций определенных металлов в очищенных стоках в зависимости от значения pH и температуры, а сульфиды металлов могут быть повторно использованы в процессе плавки. С помощью данного метода можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

Растворы сульфата цинка очищаются на стадии биологической конверсии с помощью водорода, обеспечивающего поступление электронов, который вырабатывается путем преобразования природного газа и пара. Сульфид цинка производится со скоростью 10 тонн в сутки и затем возвращается в плавильную печь.

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.

В целях максимального повышения эффективности удаления металлов процесс очистки следует проводить при различных значениях pH с использованием различных реагентов. Выбор реагента и значение pH - это факторы, играющие основную роль при осаждении металлов. Следует иметь в виду, что степень растворимости также зависит от температуры.

Еще одним важным фактором является валентное состояние металла в воде. Например, в случае хрома его шестивалентная форма - хромат - значительно лучше растворяется, чем трехвалентная форма. В этом случае для удаления хрома путем осаждения хромат необходимо восстановить, как правило, с помощью SO_2 при низком значении pH.

Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения главным образом зависит от следующих факторов:

- выбор химического осаждающего реагента;
- количество добавляемого осаждающего реагента;
- эффективность удаления осаждаемого металла;
- поддержание необходимого значения pH в течение всего процесса очистки;

использование железистых солей для удаления определенных металлов;
использование флокулянтов или коагулянтов;
изменение состава сточных вод;
присутствие комплексообразующих ионов.

Наиболее важным фактором в обеспечении максимальной эффективности удаления металлов является выбор осаждающих реактивов. Существуют примеры, подтверждающие тот факт, что использование реагентов на основе сульфидов может обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. 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, например, при высоких значениях рН образуется растворимый анион цинка - цинкат.

Состав стоков меняется в зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие типов сточных вод. Зачастую для оптимизации производительности требуется адаптация технологических параметров.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов в воду.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер 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

Использование энергии. Использование добавок. Образование отходов, требующих утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Увеличение производительности.

5.10.2.2. Обработка слабокислой и технологической воды

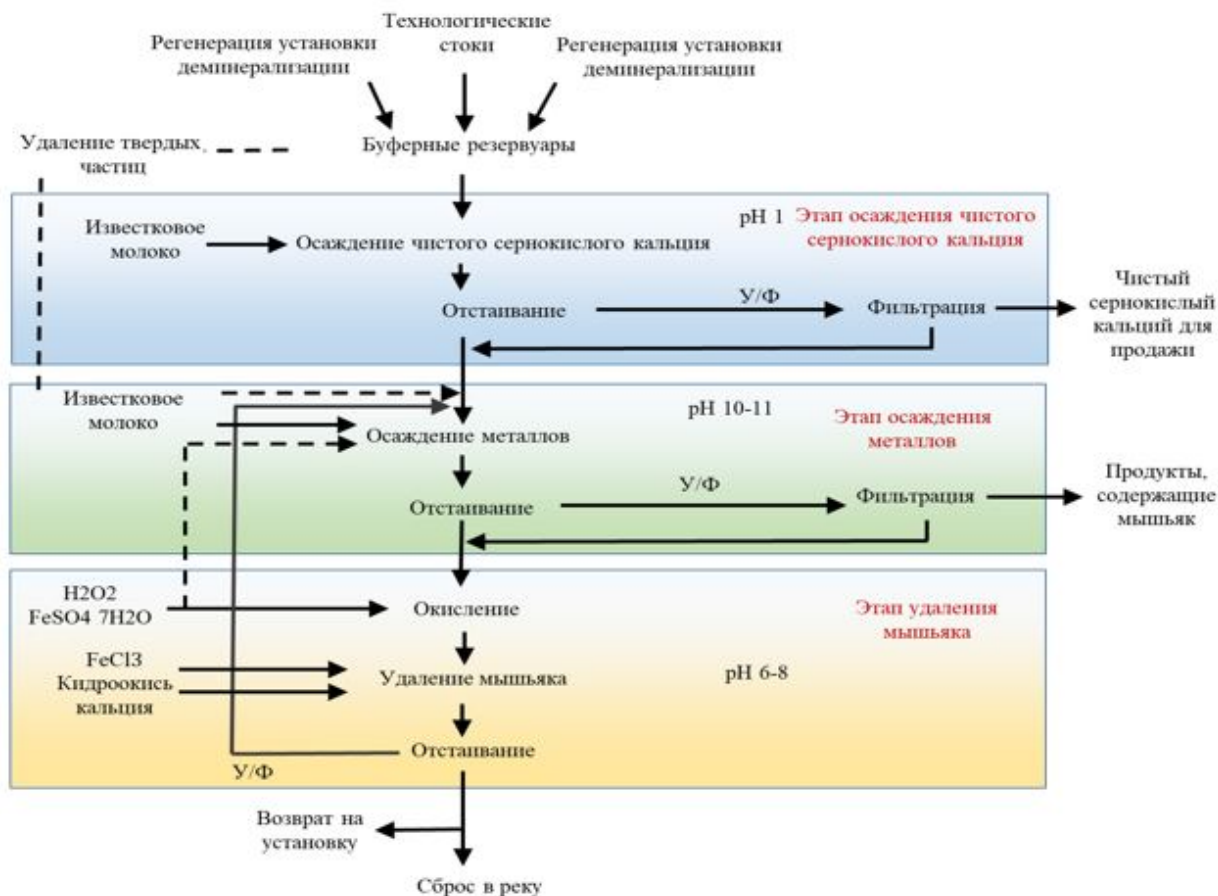
Описание

Очистка сточных вод, содержащих слабые кислоты, поступающие с сернокислотной установки, или различные кислые промывочные воды, с помощью гидроксида кальция и сульфата железа.

Техническое описание

Схема процесса представлена на рисунке 5.16.

Рисунок 5.16. Обработка сточных вод, содержащих слабые кислоты



Минимальный сброс сточных вод. Сокращение выбросов в воду и потребления воды. Производство чистого сернокислого кальция.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные и достигнутые результаты приведены в таблице 5.33.

Таблица 5.33. Производственные характеристики при очистке слабых кислот

| № п/п | Параметр | Диапазон * | Единица измерения |
|-------|------------------|------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Условия на входе | | |
| | | | |

| | | | |
|---|--------------------------------|------------|---------------------|
| | Поток | 35 | м ³ /ч |
| | Состав: | | |
| 2 | H ₂ SO ₄ | 60 | г/л |
| | Cu | 2100 | мг/л |
| | Hg | 15 | мг/л |
| | As | 2200 | мг/л |
| | Pb | 2600 | мг/л |
| | Ni | 7 | мг/л |
| | Cd | 110 | мг/л |
| | Пыль общая | 200 | мг/л |
| 3 | Сточные воды ** | | |
| | Поток | 31,2 | м ³ /ч |
| | pH | 9,5 | |
| | Cu | 0,1 - 0,5 | мг/л |
| | Hg | 0,05 | мг/л |
| 4 | As | 0,05 - 0,2 | мг/л |
| | Pb | 0,1 - 0,5 | мг/л |
| | Ni | 0,1 - 0,5 | мг/л |
| | Cd | 0,01 - 0,2 | мг/л |
| 5 | Гипсовый шлам | | |
| | | 6 - 7 | т/ч |
| | | 40 - 50 | % влаги |
| | | ~30 - 35 | % CaSO ₄ |
| | | ~ 1 | % As |
| | Количество | ~ 1 | % Cu |
| 6 | Состав | ~ 1 - 2 | % Fe |
| | | ~ 0,01 | % Hg |
| | | ~ 1 | % Pb |
| | | ~ <0,1 | % Ni |
| | | ~ <0,1 | % Cd |

* среднесуточные значения концентрации металлов указаны на основании квалифицированных случайных проб или суточных проб, пропорциональных расходу;

** расчетные данные с учетом изменений в стоке.

Производимый сернокислый кальций содержит более 96 % Ca SO₄ - 2H₂O.

Кросс-медиа эффекты

Сведения о межсредовых последствиях отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

Затраты на оборудование составили 2,5 млн. евро, а расходы на установку - от 4,5 до 5,2 млн. евро. Электричество: 200 кВтч. Известковое молоко (10 %); 15 м³/ч; H₂SO₄ (10 %); 0,8 м³/ч; FeSO₄·7H₂O; 80 кг/ч.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Эффективная очистка слабых кислот для производства товарного продукта.

5.10.2.3. Фильтрация

Описание

Фильтрация представляет собой отделение твердых частиц от сточных вод, проходящих через проницаемую среду. Наиболее распространенной фильтрующей средой является песок [42].

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 установки 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, например, осадков или гидроксидов 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 устройства стандартного песчаного фильтра приведена на рисунке 5.17.

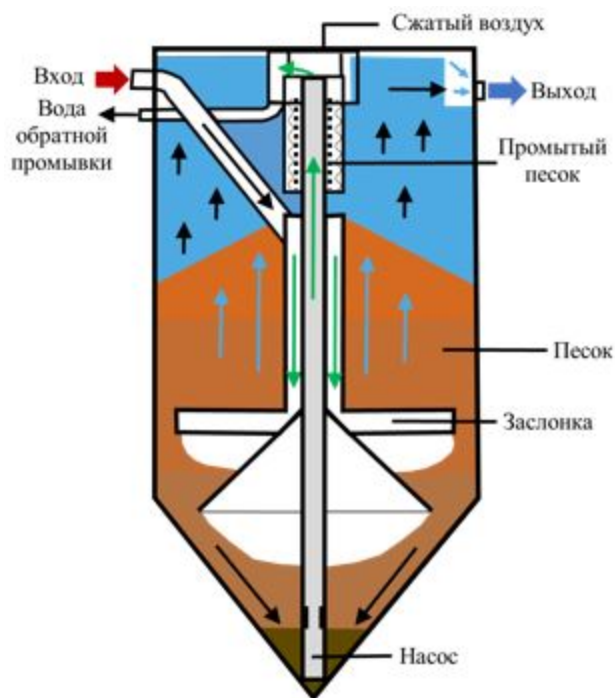


Рисунок 5.17. Схема песчаного фильтра

Чтобы добиться желаемого результата при удалении очень мелких частиц используются 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, например, частицы воды 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.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Возможность регенерации искусственных материалов, использованных в качестве загрузок.

В 2020 году на заводе "Aurubis Bulgaria" (Пирдоп) 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 [40].

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила для осуществления

Сокращение сбросов в водные объекты.

5.10.2.4. Метод адсорбции

Описание

Данный метод представляет собой процесс фильтрации, в котором в качестве фильтрующей среды используется активированный уголь.

Техническое описание

Процесс заключается в поглощении вещества из раствора поверхностным слоем твердого адсорбента.

Процессы сорбции – гетерогенный процесс улавливания металлов из растворов на поверхности (адсорбция) или всем объемом (абсорбция) сорбирующим веществом. В качестве сорбирующего вещества применяется активированный уголь, глины – бентониты, ионообменные смолы, шунгиты и цеолиты, раствор экстрагента в органических растворителях (керосин) и многое др. Необходимо подчеркнуть, что ежегодно разрабатываются новые виды и типы сорбентов (нанотрубки и подобное), ионообменных смол более сотни в год. Применение того или иного сорбирующего агента зависит конкретно от условий, типа металла, pH, присутствия мешающих и загрязняющих веществ и мн. др. Выбор сорбента производится на основании технического задания – цель и задачи, условия и параметры, определяется опытным путем и вносится в проект установки проектной организацией [43].

Самым распространенным адсорбентом является активированный уголь.

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 проскок 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 проскоков через фильтры.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов органических веществ, ртути и драгоценных металлов в воду

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависит от конкретного объекта

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение сбросов в водные объекты.

5.11. Заполнение выработанного пространства шахт шлаками цинкового производства

Описание

Заполнение шахтных пустот отходами цинкового производства

Техническое описание

Закладка выработанного пространства применяется для управления горным давлением, снижения потерь полезных ископаемых в недрах, выемки законсервированных охранных целиков, предотвращения подземных пожаров и внезапных выбросов угля и газа, уменьшения деформаций поверхности земли и охраны от разрушения объектов на подрабатываемых территориях, оставления в шахте породы от проходческих работ, повышения безопасности горных работ. В зависимости от полноты заполнения выработанного пространства закладка выработанного пространства может быть полной или частичной (в виде охранных полос при поддержании выработок). По способу транспортировки закладочного материала и формирования из него массива закладка разделяется на гидравлическую, пневматическую, твердеющую, самотечную, механическую. Гидравлическую закладку впервые начали применять в 80-е годы 19 века в США и с 1894 г. в Германии. Первые опыты по использованию сжатого воздуха для доставки закладочных материалов по трубопроводам проведены в 1904 - 1905 гг. в Германии. В промышленном масштабе

пневматическая закладка впервые применена в Германии в 1924 г. на руднике "Дойчланд". Твердеющая закладка впервые использована в 1924 г. на золоторудной шахте "Бракпан" (Южная Африка) [44].

Гидравлическая закладка основана на использовании потока воды для транспортировки по трубопроводам закладочного материала и заполнения им выработанного пространства. В сравнении с другими способами закладки выработанного пространства она получила наибольшее распространение в угольной промышленности. Достоинства гидравлической закладки — высокая плотность (усадка 10 - 20 %) и устойчивость закладочного массива, возможность подачи закладочного материала в забой с поверхности без перегрузок по трубопроводам значительной протяженности, возможность совмещения добычных работ и закладки выработанного пространства при применении механизированных комплексов, высокая производительность работ (до 400 м³/ч, иногда выше). К основным недостаткам относятся необходимость ввода в шахту значительного количества воды, что осложняет общий режим работы шахты, вынос мелких фракций из массива на откаточные выработки, необходимость осуществления специальных мероприятий по управлению отработанной водой. Применение в качестве закладочных материалов песка и хвостов обогатительных фабрик снижает удельный вес расходов на их подготовку и транспортировку до 30 - 40 %.

Пневматическая закладка основана на использовании энергии сжатого воздуха для перемещения по трубопроводу закладочного материала и заполнения им выработанного пространства. Область применения та же, что и у гидравлической закладки. Закладочный материал спускают с поверхности на закладочный горизонт по ребристому трубопроводу и далее его транспортируют в вагонетках или конвейерами до участковых закладочных установок с полустационарными пневмозакладочными машинами барабанного типа, обслуживающими несколько забоев в пределах 500 м. Вторая технологическая схема характерна для глубоких шахт, отрабатывающих тонкие угольные пласты, и основана на использовании подземных централизованных или участковых дробильно-сортировочных установок с применением стационарных пневмозакладочных машин камерного типа или полустационарных барабанного типа.

По третьей схеме передвижная дробильно-закладочная установка располагается вблизи участка производства закладочных работ (в пределах 60 – 80 м) и используется для возведения бутовых полос из породы, получаемой при проходке подготовительных выработок с подрывкой.

Твердеющая закладка основана на использовании трубопроводного гидравлического и пневматического транспорта твердеющих закладочных смесей и заполнении ими выработанного пространства. Применяется преимущественно в горнорудной, а также в угольной промышленности для создания искусственных целиков при камерностолбовых системах и при отработке угольных пластов длинными

столбами по простиранию, создания искусственной кровли или почвы при слоевых системах, а также возведения ограждающих и поддерживающих полос и перемычек. Литые твердеющие смеси используют при разработке пологих залежей, камерных системах и слоевой выемке с большим объемом закладочных работ и при наличии дешевых вяжущих. Приготовление литых твердеющих закладочных смесей ввиду сложности технологического процесса и большого количества применяемого оборудования производится чаще всего в стационарных условиях на поверхности. Эти смеси подают с поверхности самотеком либо насосами по главному и участковым трубопроводам с последующим пневмоподдувом для увеличения расстояния транспортирования, а при неглубоком залегании - через специальные закладочные скважины.

При небольших объемах закладочных работ, связанных с отработкой горизонтальных или пологих месторождений средней мощности, при выемке полезных ископаемых заходками практикуют приготовление жестких твердеющих смесей в процессе пневмотранспортирования сухого заполнителя и вяжущего смешиванием их с водой, подаваемой на конечном участке в закладочный трубопровод. Готовые жесткие твердеющие смеси доставляют в выработанное пространство также механическим транспортом.

Применение данной технологии возможно при обосновании отсутствия загрязнения компонентов окружающей среды (грунтовых вод, грунта) после закладки пустот.

Достигнутые экологические выгоды

Данная технология применяется как способ рекультивации опасных объектов. Экологическая утилизация отходов производства. Минимизация накопления отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Основное достоинство пневматической закладки - простота возведения массива с относительно высокой плотностью и полнотой заполнения выработанного пространства (усадка 20 – 30 %). Недостатки - высокий расход энергии (10 – 15 кВт•ч на 1 м³ закладочного материала), большой износ оборудования и трубопроводов, значительное пылеобразование.

Основные достоинства твердеющей закладки – незначительная усадка (не свыше 3 - 5 %), обеспечивающая сохранность земной поверхности в любых горнотехнических условиях, возможность отработки законсервированных целиков, обеспечение безопасности работ и полноты извлечения полезных ископаемых. Основные недостатки - высокая стоимость и технологическая сложность приготовления многокомпонентных твердеющих смесей.

Экономика

Сокращение производственных затрат на утилизацию отходов производства, ликвидацию и рекультивацию опасных объектов.

Движущая сила внедрения

Сокращение затрат. Экологическая утилизация отходов производства.

6. Заключение, содержащее выводы по НДТ

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими. Технологические нормативы устанавливаются в комплексном экологическом разрешении и не должны превышать соответствующие технологические показатели (при их наличии), связанные с применением наилучших доступных техник по конкретным областям их применения, установленные в заключениях по наилучшим доступным техникам.

Уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, определяются как диапазон уровней эмиссий, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, и применяются в местах непосредственного выделения загрязняющих веществ в окружающую среду, на источнике выброса/сброса.

Уровни выбросов в атмосферу, соответствующие НДТ, указанные в настоящем разделе, относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса выбрасываемых веществ на объем сбросных газов при стандартных условиях (273,15 К, 101,3 кПа) в мг/м³.

НДТ по сбросам в воду относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса сбрасываемых веществ на объем сточных вод, в мг/л.

Для периодов усреднения применяются следующие определения (см. таблица 6.1).

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ

| № п/п | | Выбросы | Сбросы |
|-------|--------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | В среднем за сутки | Среднечасовые и получасовые значения концентраций ЗВ за сутки при непрерывном контроле | Среднее значение за период выборки в течение 24 часов, взятое в качестве среднее пропорциональной пробы (или в виде среднее пропорциональной по времени пробы, при 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;

Определение иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов в настоящем проекте справочника по НДТ является нецелесообразным.

Иные технологические нормативы, 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 нормативов 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 нормативы потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивные 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.

6.1. Система экологического менеджмента

НДТ 1

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении СЭМ (см. раздел 4.2.), 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 природоохранного законодательства.

5. Проверку производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется:

мониторингу и измерению;

корректирующим и предупреждающим мерам;

ведению записей.

6. Независимый (при наличии такой возможности) внутренний или внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация.

7. Анализ СЭМ и ее соответствие современным требованиям, полноценность и эффективность со стороны высшего руководства.

8. Отслеживание разработки экологически более чистых техник.

9. Анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации.

10. Проведение сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли (см. НДТ 6) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 4), 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.

6.2. Управление энергопотреблением

НДТ 2

Повышение эффективности использования энергии: использование комбинации двух или более техник, приведенных ниже *.

| № п/п | Техника/оборудование | Применимость |
|-------|---|---|
| 1 | Система управления энергоэффективностью (например, в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 и национального стандарта СТ РК ISO 50001 – 2019) (см. раздел 4.3). | Общеприменимо |
| 2 | Использование избыточного тепла (например, пара, горячей воды или горячего воздуха), образующегося при реализации основных процессов (см. раздел 4.3.1.) | Применим для пирометаллургических процессов |
| 3 | Использование отходов в качестве топлива или восстановителя (см. раздел 4.3.1.). | Общеприменимо |
| 4 | Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой (см. раздел 4.3.1.) | Общеприменимо |
| 5 | Теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды (см. раздел 4.3.1.) | |
| 6 | Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств как, например, вентиляторы (см. раздел 4.3.1.) | Общеприменимо |
| 7 | Системы контроля, которые автоматически активируют включение местных отсосов пыли или отходящих газов только при возникновении выбросов (см. раздел 4.3.1.) | Общеприменимо |
| | Использование тепла, выделяемого при производстве | |

| | | |
|----|--|--|
| 8 | серной кислоты из диоксида серы, для предварительного нагрева газа , направляемого на установку производства серной кислоты, или для выработки пара и/или горячей воды (см. раздел 4.3.1.) | Применяется только для завода по получению цветных металлов, включая производство серной кислоты или жидкого SO ₂ |
| 9 | Регенеративный термический окислитель (см. раздел 4.3.1.) | Применяется только в том случае, если требуется снижение загрязнения огнеопасным загрязняющим веществом |
| 10 | Использование тепла отходящих газов от основных технологических процессов (см. раздел 5.9.1.) | Общеприменимо |

* методы 1,2,4–7 - ИТС 13–2020 "Производство свинца, цинка и кадмия", стр. 167, Бюро НДТ, Москва, 2020 год; 3 – 2.12.2.5 стр.94, BREF NON EU 2017.

6.3. Управление процессами

НДТ 3

Наилучшей доступной техникой являются измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени (см. раздел 4.4.), обеспечения стабильности и бесперебойности технологических процессов, что повысит энергоэффективность и позволит максимально увеличить производительность и усовершенствовать процессы обслуживания. НДТ заключается в обеспечении стабильной работы процесса с помощью системы управления процессом вместе с комбинацией техник:

контроль качества исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами;

подготовка шихты определенного состава для достижения оптимальной эффективности переработки, снижения потребления энергии и сокращения выбросов в окружающую среду, образования отходов;

использование систем дозирования и взвешивания исходного сырья;

применение автоматизированных систем для контроля скорости подачи материала, критических параметров и условий технологического процесса, включая сигнализацию , условия сгорания и добавки газа;

непрерывный мониторинг температуры, давления (или понижения давления) в печи , а также объема или расхода газа;

мониторинг критических технологических параметров оборудования, применяемого для предотвращения и/или сокращения выбросов в атмосферу, таких как температура газа, дозирование реагентов, перепад давления, ток и напряжение электрофильтров, расход очищающей жидкости и pH;

мониторинг запыленности и содержания ртути в отходящих газах перед направлением их на установку по производству серной кислоты для заводов, включающих производство серной кислоты;

мониторинг и контроль температуры в плавильных и металлоплавильных печах для предотвращения образования дыма от перегрева металла и оксидов металлов;

оперативный мониторинг вибраций для обнаружения засоров и возможного выхода из строя оборудования;

оперативный мониторинг показателей переменного тока, напряжения и температуры электрических контактов в электролитических процессах;

контролирование подачи реагентов и производительности установки по очистке сточных вод посредством мониторинга температуры, мутности, рН, проводимости и расхода в режиме реального времени.

НДТ 4

Для снижения организованных выбросов пыли и металлов НДТ заключается в применении системы управления техническим обслуживанием, в которой особое внимание уделяется поддержанию эффективности систем пылеподавления и пылеулавливания как части системы экологического менеджмента (см. НДТ 1).

6.3.1. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух

НДТ 5

НДТ является измерением выбросов загрязняющих веществ из дымовых труб от основных источников выбросов всех процессов, для которых указаны уровни, связанные с НДТ, а также вторичных производствах, взаимосвязанных с основными производственными процессами (например, утилизация технологических газов отходящих печей на сернокислотных установках) (см. раздел 4.5.4.).

Периодичность мониторинга может быть адаптирована, если серия данных четко демонстрирует стабильность процесса очистки.

НДТ заключается в мониторинге выбросов в атмосферу в соответствии с национальными и/или международными стандартами, который должен обеспечивать предоставление данных эквивалентного качества и производиться с частотой, приведенной ниже.

| № п/п | Параметр | Контроль, относящийся к : | Минимальная периодичность контроля ⁽⁶⁾ |
|-------|--|---------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Пыль ⁽¹⁾ | НДТ 18 | Непрерывное ⁽²⁾ |
| | | НДТ 18 | Один раз в квартал ^{*(2)} |
| 2 | Мышьяк и его соединения, выраженные как As | НДТ 17, НДТ 18 | Один раз в квартал [*] |
| | | НДТ 15, | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 3 | Кадмий и его соединения, выраженные как Cd | НДТ 16, НДТ 17, НДТ 18 | Один раз в квартал * |
| 4 | Медь и ее соединения, выраженные как Cu | НДТ 17, НДТ 18 | Один раз в квартал * |
| 5 | Свинец и его соединения, выраженные как Pb | НДТ 15, НДТ 16, НДТ 17, НДТ 18 | Один раз в квартал * |
| 6 | Другие металлы, при необходимости ⁽³⁾ | НДТ 15, НДТ 16, НДТ 17, НДТ 18 | Один раз в квартал * |
| 7 | SO ₂ ⁽⁴⁾ | НДТ 21 | Непрерывно или один раз в квартал ⁽²⁾ |
| 8 | NO _x , выраженный как NO ₂ | НДТ 23 | Непрерывно или один раз в квартал ⁽²⁾ |
| 9 | Летучие органические соединения (ЛОС) | НДТ 19 | Непрерывно или один раз в квартал ⁽²⁾ |
| 10 | ПХДД/Ф | НДТ 19 | Один раз в квартал * |
| 11 | H ₂ SO ₄ | НДТ 19 | Один раз в квартал * |

* согласно ПЭК, но не реже одного раза в квартал. Данная периодичность применяется к контролю основных источников технологических выбросов. В отношении других источников (мехмастерские, раскомандировки, склады, неорганизованные источники и т.п.) периодичность отражает сроки предоставления отчетности и может включать расчетные методы.

(1) для источников выбросов пыли при хранении и обработке сырья, при скорости потока менее 10000 Нм³/ч, мониторинг может быть основан на измерении косвенных параметров на основании требований технологического регламента;

(2) непрерывные измерения применимы для источников наибольших выбросов в атмосферу (более 500 т/год). В случае неприменимости непрерывного измерения НДТ заключается в увеличении частоты проведения периодического мониторинга;

(3) зависит от состава используемого сырья;

(4) для расчета выбросов SO₂ можно использовать баланс массы, основанный на измерении содержания серы в каждой из потребляемых партий анодов;

(5) при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

с) 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, определенных в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов.

(б) частота мониторинга не применяется в случаях, когда установка эксплуатируется исключительно в целях измерения выбросов.

6.3.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ

НДТ 6

НДТ заключается в использовании соответствующих стандартов для отбора проб воды и мониторинге сбросов в месте выпуска сточных вод из очистных установок в соответствии с национальными или другими международными стандартами, обеспечивающими предоставление данных эквивалентного качества.

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 (См. Раздел 4.5.5.).

| № п/п | Загрязняющее вещество | Периодичность отбора проб |
|-------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Ртуть (Hg)* | Один раз в квартал |
| 2 | Мышьяк (As) | Один раз в месяц |
| 3 | Кадмий (Cd) | Один раз в месяц |
| 4 | Медь (Cu) | Один раз в месяц |
| 5 | Свинец (Pb) | Один раз в месяц |
| 6 | Цинк (Zn) | Один раз в месяц |
| 7 | Сульфат (SO ₄) | Один раз в месяц |
| 8 | Взвешенные вещества | Один раз в месяц |

* не является веществом, определяющим эмиссии всего производства, может выделяться только на отдельных технологических операциях.

НДТ 6а

Автоматизированная система мониторинга сбросов загрязняющих веществ

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

| № п/п | Структурный элемент | Характеристика |
|-------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Описание | Система для измерения исследуемого материала, возвращающая выходной сигнал, пропорциональный физической единице измеряемого параметра, и способная производить результаты измерений без вмешательства человека. |
| 2 | Техническое описание | Комплекс технических и информационных средств, позволяющих осуществлять непрерывный мониторинг за состоянием сбросов предприятия: 1) температура (C^0); 2) расходомер ($m^3/час$); 3) водородный показатель (рН). |
| 3 | Достигнутые экологические выгоды | - соблюдение экологического законодательства; - мониторинг в реальном времени за загрязнением водных ресурсов; - общедоступность информации о загрязнении водных ресурсов. |
| 4 | Экологические показатели и эксплуатационные данные | Зависят от конкретного объекта. |
| 5 | Кросс-медиа эффекты | Не наблюдается. |
| 6 | Технические соображения, касающиеся применимости | Общеприменима. |
| 7 | Движущая сила внедрения | Контроль сбросов в реальном времени. |

НДТ 6б

Сокращение сбросов загрязняющих веществ со сточными водами: очистка сточных вод, образующихся при производстве цинка и кадмия, с целью удаления металлов и сульфатов. Используемые техники указаны в разделе 5.10.

| № п/п | Техника/оборудование | Применимость |
|-------|--|--------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Химическое осаждение | Общеприменим |
| 2 | Обработка слабокислой технологической воды | Общеприменим |
| 3 | Фильтрация | Общеприменим |
| 4 | Метод адсорбции | Общеприменим |

Используемые технологические показатели установлены в точке выпуска после установки по очистке сточных вод.

Таблица 6.2. Уровни концентрации загрязняющих веществ в сбросах сточных вод, поступающих в принимающие водоемы, соответствующие НДТ при производстве первичного и вторичного цинка и кадмия.

| № п/п | Параметр | НДТ-ТП (мг/дм ³)* |
|-------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Мышьяк и его соединения | <0,1 |
| 2 | Кадмий (Cd) | <0,1 |
| 3 | Медь (Cu) | <0,2 |
| 4 | Ртуть (Hg) | <0,05 |
| 5 | Свинец (Pb) | <0,5 |
| 6 | Цинк (Zn) | <1 |
| 7 | Взвешенные вещества | <25 |

*

(1) среднесуточное значение;

(2) используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод.

6.3.3. Шум

НДТ 7

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании комбинации техник (см. раздел 4.8):

тщательный контроль и своевременное обслуживание оборудования;

использование (установка) препятствий, между источником шума и принимающим объектом (подходящими препятствиями являются, например, защитные стены, валы/насыпи и здания);

заключение шумных установок или компонентов в звукопоглощающие структуры;

использование противовибрационных опор и соединений для снижения шума, издаваемого технологическим оборудованием, либо использование малозумного оборудования (при возможности);

изменение частоты звука с использованием шумоподавителей.

6.3.4. Запах

НДТ 8

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании комбинации техник (см. раздел 4.9.):

1) предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом;

2) сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их развеивания и разбавления;

3) тщательное проектирование, эксплуатация и обслуживание любого оборудования, которое может генерировать различные запахи;

4) обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно.

Выбросы в атмосферный воздух

НДТ 9

Для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от печей и вспомогательных устройств (аспирационные газоздушные потоки, вентиляционный воздух и др.) при первичном и вторичном производстве цинка и кадмия НДТ заключается в сборе, обработке выбросов в централизованной системе очистки отходящих газов:

отходящие потоки из различных источников собираются, смешиваются и обрабатываются в единой централизованной системе очистки отходящих газов, разработанной для эффективной обработки загрязняющих веществ, присутствующих в каждом из потоков. При этом следует не допускать смешивания потоков не совместимых по химическому составу.

Применимостью ограничена для существующих установок в связи с конструктивными особенностями и расположением установок (необходимость дополнительных площадей).

6.3.5. Неорганизованные выбросы

НДТ 10

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли как части системы экологического менеджмента (см. НДТ 1), который включает в себя:

определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;

определение и реализацию соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

НДТ 11

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов НДТ заключается в сборе неорганизованных выбросов как можно ближе к источнику и их последующей обработке (см. раздел 5.1.).

НДТ 12

Наилучшей доступной техникой являются предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении и транспортировке материалов путем применения одного или нескольких методов (см. раздел 5.1.).

При использовании систем улавливания и очистки выбросов наилучшей доступной техникой является оптимизация эффективности улавливания и последующей очистки путем применения соответствующих мер. Наиболее предпочтительным методом является улавливание выбросов пыли ближе к источнику.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении и транспортировке сырья, относятся:

соблюдение технологических требований технологических регламентов во избежание ненужных перегрузок материалов и длительных простоев в незащищенных местах;

использование закрытых складов или силосов/контейнеров при хранении сырья и материалов, таких как концентраты, флюсы и мелкие материалы, оборудованных системой фильтрации и вытяжки воздуха для пылящих материалов (в противном случае бункеры должны быть оснащены пылезадерживающими перегородками и разгрузочными решетками, соединенными с системой пылеудаления и очистки);

использование укрытий при хранении материалов на открытых площадках;

использование герметичной упаковки при хранении материалов или вторичных материалов, содержащих водорастворимые органические соединения;

использование системы водяного орошения (желательно с использованием оборотной воды) для пылеподавления;

установка пылегазоулавливающего оборудования в местах передачи (вентиляционные отверстия силосов, пневматические системы передачи и точки передачи конвейеров) и опрокидывания пылеобразующих материалов;

проведение регулярной очистки зоны хранения и при необходимости увлажнение водой;

в случае хранения на открытом воздухе располагать вдоль продольной оси отвалов по преобладающему направлению ветра;

создание ветрозащитных ограждений с использованием естественного рельефа, земляных насыпов или путем посадки высокой травы и вечнозеленых деревьев на открытых участках для улавливания и поглощения пыли;

ограничение высоты падения материала с конвейерных лент, механических лопат или захватов, если возможно, до не более чем 0,5 м;

регулировка скорости открытых ленточных конвейеров ($< 3,5$ м/с);

строгие стандарты технического обслуживания оборудования.

НДТ 13

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов пыли при подготовке (дозирование, смешивание, перемешивание, дробление, сортировка) первичных и вторичных материалов НДТ заключается в применении одного или нескольких приведенных методов (см. раздел 5.1.):

использование закрытых конвейеров или пневматических систем при передаче пылеобразующих концентратов, флюсов и мелкозернистого материала;

использование закрытого оборудования при обращении с пылеобразующими материалами (если используется бункер-дозатор), оснащенного системами пылегазоулавливания с последующей очисткой;

в случае, если смешивание осуществляется на открытом пространстве, предпочтительно использование систем пылеподавления, таких как водяные оросители ;

гранулирование сырья, если применимо, исходя из технологического процесса.

НДТ 14

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при предварительной обработке сырья и материалов (таких как сушка, разборка, спекание, брикетирование, гранулирование и дробление аккумуляторов, сортировка и классификация) при вторичном и первичном производстве цинка и кадмия НДТ заключается в использовании описанных в НДТ 13 (1, 2).

НДТ 15

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при процессах загрузки, плавки и выгрузки при первичном и вторичном производстве цинка и кадмия НДТ заключается в комплексном использовании технических решений, приведенных ниже:

закрытые здания и сооружения в сочетании с другими методами улавливания неорганизованных выбросов;

предварительная обработка пылеобразующего сырья, например, гранулирование; использование герметичных систем загрузки с системой вытяжки воздуха;

использование герметичных или закрытых печей с герметизацией двери для процессов с прерывистой подачей и выходом, что способствует поддержанию положительного давления внутри печи на этапе плавления и предотвращению неорганизованных выбросов;

эксплуатация печи и газовых магистралей под отрицательным давлением и достаточной скорости извлечения газа для предотвращения повышения давления и разгерметизации;

оборудование мест загрузки и выгрузки, ковшах и зоне дросселирования пылеулавливающим оборудованием (вытяжки/кожухи);

установка вентиляционных систем для отведения газоздушных потоков от основных источников пылегазообразования (на новых установках) – применимость может быть ограничена для существующих установок в связи с необходимостью больших площадей;

герметизация печей для поддержания в печи некоторого разрежения, достаточного для предотвращения утечек и выбросов летучих веществ;

поддержание температуры в печи на минимально необходимом уровне;

оборудование защитного кожуха для ковша во время выпуска плавки;

оборудование пылеулавливающими системами зоны загрузки и выпуска плавки, соединенными с системой фильтрации для очистки улавливаемых потоков;

подбор и подача сырья в соответствии с типом печи и применяемыми методами сокращения выбросов (см. раздел 5.1.).

НДТ 16

В целях предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при переплавке, рафинировании и литье при производстве первичного и вторичного цинка и кадмия НДТ заключается в использовании комбинации приведенных ниже методов (см. раздел 5.1.):

контроль температуры расплава;

закрытие крышкой котла во время реакции рафинирования и добавления химических веществ;

оборудование укрытий/колпаков над тигельной печью или котлом с системой вытяжки воздуха, а также в точках отвода и промывки;

использование закрытых механических сборщиков для удаления пылевидных шлаков/остатков.

НДТ 17

НДТ является определением порядка величины неорганизованных выбросов из соответствующих источников с помощью методов:

прямые измерения, при которых выбросы измеряются у источника, возможны измерение или определение концентрации и массы;

косвенные измерения, при которых определение выбросов проводится на определенном расстоянии от источника;

использование расчетных методов с применением коэффициентов выбросов.

По возможности прямые методы измерения являются более предпочтительными, чем косвенные методы или оценки, основанные на расчетах с применением коэффициентов выбросов (см. раздел 4.5.).

Описание

Примерами прямых измерений являются измерения в аэродинамических трубах с кожухами или другие методы. В последнем случае измеряется скорость ветра и 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.

6.3.6. Организованные выбросы

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью уровни эмиссий установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции

НДТ 18

В целях сокращения выбросов пыли и металлов при процессах, связанных с предварительной подготовкой сырья (прием, обработка, хранение, дозирование, смешивание, перемешивание, сушка, дробление, нарезка и сортировка) при производстве цинка и кадмия (кроме аккумуляторных батарей) НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (одного или комбинации) (см. раздел 5.7.2.; 5.8.1.).

Уровни выбросов пыли, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Уровни выбросов пыли, связанные с НДТ при подготовке сырья

| Параметр | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* |
|----------|-------------------------------|
| 1 | 2 |
| Пыль* | ≤5** |

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021 г. ≤ 20 мг/нм³.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 6.

НДТ 19

Для сокращения выбросов пыли и металлов при подготовке батарей (дробление, сортировка и классификация) при производстве вторичного кадмия НДТ заключается в использовании рукавного фильтра или мокрого скруббера (см. раздел 5.6; 5.7).

Уровни выбросов, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4. Уровни выбросов пыли, связанные с НДТ при подготовке батарей

| Параметр | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* |
|----------|-------------------------------|
| 1 | 2 |
| Пыль | ≤5 |

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 6.

6. 4. Первичное производство цинка

6.4.1. Гидрометаллургическое производство цинка

6.4.1.1. Выбросы в атмосферу

6.4.1.1.1. Неорганизованные выбросы

НДТ 20

В целях сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу от подготовки подачи сырья и самой подачи НДТ заключается в использовании одной из или обеих техник, приведенных ниже (см. раздел 5.1.).

| № п/п | Техника |
|-------|---------------|
| 1 | 2 |
| 1 | Мокрая подача |

| | |
|---|--|
| 2 | Полностью закрытое технологическое оборудование , подключенное к скрубберу |
|---|--|

НДТ 21

В целях снижения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу от обработки обжигом, НДТ заключается в использовании одной или обеих техник, приведенных ниже (см. раздел 5.2.5).

| № п/п | Техника |
|-------|--|
| 1 | 2 |
| 1 | Выполнение операций при отрицательном давлении |
| 2 | Полностью закрытое технологическое оборудование , подключенное к скрубберу |

НДТ 22

В целях снижения неорганизованных выбросов в атмосферу от выщелачивания, разделения и очистки твердой и жидкой фаз НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник, приведенных ниже (см. раздел 5.2.8).

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Накрывание цистерн крышками | Общеприменимо |
| 2 | Покрытие входов и выходов желобов с технологической жидкостью | Общеприменимо |
| 3 | Подключение резервуаров к центральной системе предотвращения выбросов с механической тягой или к однобаковой системе предотвращения выбросов | Общеприменимо |
| 4 | Покрытие вакуумных фильтров с помощью вытяжек и подключение их к системе предотвращения выбросов | Применяется только к фильтрации горячих жидкостей на этапах выщелачивания и разделения твердой и жидкой фаз |

НДТ 23

В целях сокращения неорганизованных выбросов в атмосферу от электролитического выделения НДТ заключается в использовании добавок, особенно пенообразователей, в электролизерах (см. раздел 5.2.9.).

6.4.1.1.2. Организованные выбросы

НДТ 24

В целях сокращения выбросов пыли и металла в атмосферу из-за обработки и хранения сырья, сухой подготовки сырья для муфеля, сухой подачи сырья и обработки обжигом НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (см. раздел 5.3.1).

Таблица 6.5. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от обращения и хранения сырья, сухой подготовки сырья для муфеля, обработки обжигом и сухой подачи

| Параметр | НДТ -УСВ (мг/Нм ³)* |
|----------|---------------------------------|
| 1 | 2 |
| Пыль | < 5** |

* как среднее значение за период выборки;

** для предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021 г. ≤ 20 мг/Нм³.

НДТ 25

В целях сокращения выбросов цинка и серной кислоты в атмосферу от выщелачивания, очистки и электролиза, а также сокращения выбросов арсина и стибина при очистке НДТ заключается в использовании одной и/или комбинации техник, приведенных ниже (см. раздел 5.3).

| № п/п | Техника |
|-------|-------------------------|
| 1 | 2 |
| 1 | Скруббер мокрой очистки |
| 2 | Каплеуловитель |
| 3 | Центрифугальная система |

Таблица 6.6. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов цинка и серной кислоты в атмосферу от выщелачивания, очистки и электролиза, а также для выбросов арсина и стибина при очистке

| № п/п | Параметр | НДТ -УСВ (мг/Нм ³)* |
|-------|---|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Zn | < 1 |
| 2 | H ₂ SO ₄ | < 10 |
| 3 | Сумма AsH ₃ и SbH ₃ | < 0,5 |

* как среднее значение за период выборки.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

6.4.1.2. Защита почвенных и грунтовых вод

НДТ 26

В целях предотвращения загрязнения почвенных и грунтовых вод НДТ заключается в использовании водонепроницаемой обваловки для резервуаров, используемых во время выщелачивания или очистки, и системы защитной обваловки цехов электролиза (см. раздел 5.5.2; 5.2.11; 5.2.12).

6.4.1.3. Образование сточных вод

НДТ 27

В целях снижения потребления пресной воды и предотвращения образования сточных вод НДТ заключается в использовании комбинации техник, приведенных ниже (см. раздел 5.5.2).

| № п/п | Техника |
|-------|---|
| 1 | 2 |
| 1 | Возврат слитой жидкости из котла и воды из замкнутых контуров охлаждения ротора на мокрую очистку газом или на стадию выщелачивания |
| 2 | Возврат сточных вод из операций по очистке/разливов ротатора, электролиза и литья на стадию выщелачивания |
| 3 | Возврат сточных воды из операций очистки/разливов выщелачивания и очистки, промывания фильтрационного осадка и мокрой очистки газом до стадии выщелачивания и/или очистки |

6.4.1.4. Отходы

НДТ 28

В целях снижения количества отходов, отправляемых на утилизацию, НДТ заключается в организации операций на объекте, чтобы облегчить повторное использование технологических отходов или, в противном случае, переработку технологических отходов, в том числе с помощью использования одной из или комбинации техник, указанных ниже (см. раздел 5.5.1, 5.6.1.3, 5.7.3, 5.8.2).

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Повторное использование пыли, собранной в бункере для концентратов, и обработка в рамках технологического процесса (вместе с подачей концентрата) | Общеприменимо |
| 2 | Повторное использование пыли, собранной в процессе обжига, через бункер для обжига | Общеприменимо |
| 3 | Повторная переработка остатков, содержащих свинец и серебро, в качестве сырья на внешней установке | Применяется в зависимости от содержания металла и доступности рынка/процесса |
| 4 | Переработка остатков, содержащих Cu, Co, Ni, Cd, Mn в качестве сырья на внешней установке для получения продукта, отвечающего требованиям рынка | Применяется в зависимости от содержания металла и доступности рынка/процесса |

НДТ 29

Для того, чтобы выщелачивающие отходы были пригодны для окончательного удаления, НДТ заключается в использовании одной из техник, приведенных ниже.

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|---------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| | | Применяется только для нейтральных отходов |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Пирометаллургическая обработка в вельц-печи (см. раздел 5.2.13.1) | выщелачивания, которые не содержат слишком много ферритов цинка и/или не содержат высоких концентраций благородных металлов |
| 2 | Процесс Jarofix (см. раздел 5.2.13.2.1) | Применяется только для ярозитных остатков железа. Ограниченная применимость в связи с существующим патентом |
| 3 | Процесс сульфидирования (см. раздел 5.2.13.2.2) | Применяется только для остатков ярозита железа и прямых выщелачивающих остатков |
| 4 | Уплотнение остатков железа (см. раздел 5.2.13.2.3) | Применяется только для остатков гетита и богатого гипсом шлама с установки по очистке сточных вод |

НДТ 29а

Процесс Jarofix состоит из смешивания ярозитного осадка с портландцементом, известью и водой.

НДТ 29б

Процесс сульфидирования состоит из добавления NaOH и Na₂S к остаткам в резервуаре для промывания осадка и в сульфидирующих реакторах.

НДТ 29с

Уплотнение остатков железа включает снижение содержания влаги с помощью фильтров и добавление извести или других веществ.

6.4.2. Пирометаллургическое производство цинка

6.4.2.1. Выбросы в атмосферу

6.4.2.1.1. Организованные выбросы пыли

НДТ 30

Чтобы уменьшить выбросы пыли и металла в атмосферу (кроме тех, которые направляются на установку серной кислоты) из пирометаллургического производства цинка НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (см. раздел 5.1.).

Применимость

В случае высокого содержания органического углерода в концентратах (например, около 10 %) рукавные фильтры не могут применяться из-за засорения, а также могут использоваться другие техники (например, скруббер мокрой очистки).

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.7.

Таблица 6.7. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу (за исключением тех, которые направлены на установку серной кислоты) от пирометаллургического производства цинка

| Параметр | НДТ -УСВ (мг/Нм ³)* |
|----------|---------------------------------|
| 1 | 2 |

*

- (1) как среднесуточное значение, так и среднее значение за период выборки;
- (2) если рукавный фильтр не применяется, верхний предел диапазона составляет 10 мг/Нм³.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

НДТ 31

В целях снижения выбросов SO₂ в атмосферу (кроме тех, которые направляются на установку серной кислоты или жидкого SO₂) от пирометаллургического производства цинка НДТ заключается в использовании техники мокрой десульфуризации (см. раздел 5.3.2.). Также применим для гидрометаллургического производства цинка.

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.8.

Таблица 6.8. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов SO₂ в атмосферу (за исключением тех, которые направлены на установку серной кислоты) от пирометаллургического производства цинка

| Параметр | НДТ -УСВ (мг/Нм ³)* |
|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 2 |
| SO ₂ | <500 |

*

- (1) ;ак среднесуточное значение, так и среднее значение за период выборки;
- (2) ;ля предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021 г., до выбора техники очистки с минимальным воздействием на объекты окружающей среды и аробации в промышленных условиях: 50 - 1000 мг/Нм³.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

НДТ 32

Для снижения выбросов SO₂ из отходящих газов с высоким содержанием 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 5.3.3). Применим также для гидрометаллургического производства цинка.

установки одинарного контактирования;

установки ДК/ДА (двойное контактирование/двойная абсорбция);

установки мокрого катализа.

Уровни выбросов, связанные с НДТ, представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9. Уровни выбросов SO₂, связанные с НДТ, при рекуперации серы, содержащейся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов

| № п/п | Тип процесса преобразования | Коэффициент преобразования, %** | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* |
|-------|--|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Одноконтактный завод серной кислоты | -*** | 800 - 1000 |
| 2 | Двухконтактный завод серной кислоты | >99,8 | |
| 3 | Установка мокрого катализа (процесс WSA) | >98*** | |

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** коэффициент преобразования, включающий абсорбционную колонну, без учета эффективности последующей очистки хвостовых газов;

*** показатели с учетом доочистки хвостовых газов.

6.5. Вторичное производство цинка

6.5.1. Выбросы в атмосферу

6.5.1.1. Организованные выбросы пыли

НДТ 33

В целях снижения выбросов пыли и металла в атмосферу от гранулирования и переработки шлака НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (см. раздел 5.1.).

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.10.

Таблица 6.10. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от гранулирования и переработки шлака

| Параметр | НДТ-УСВ (мг/Нм ³)* |
|----------|--------------------------------|
| 1 | 2 |
| Пыль | ≤5 |

* как среднее значение за период выборки.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

НДТ 34

В целях снижения выбросов пыли и металла в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (см. раздел 5.1.3).

Применимость

Рукавный фильтр не может применяться для операции шлакования (когда необходимо уменьшить хлориды вместо оксидов металлов).

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.11.

Таблица 6.11. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи.

| | |
|----------|---------------------------------|
| Параметр | НДТ -УСВ (мг/Нм ³)* |
| 1 | 2 |
| Пыль | 2 - 5 |

*

(1) как среднесуточное значение, так и среднее значение за период выборки;

(2) если рукавный фильтр не применяется, верхний предел диапазона может быть выше, вплоть до 15 мг/Нм³;

(3) ожидается, что выбросы пыли будут направлены к более низкому пределу диапазона, если выбросы мышьяка или кадмия превышают 0,05 мг/Нм³.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

6.5.1.2. Выбросы органических соединений

НДТ 35

В целях снижения выбросов органических соединений в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник, приведенных ниже.

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Введение адсорбента (активированный уголь или буроугольный кокс), за которым следует рукавный фильтр и/или ЭСО (см. раздел 5.1, 5.2.6) | Общеприменимо |
| 2 | Термический окислитель (см. раздел 4.3.1.) | Общеприменимо |
| 3 | Восстановительный термический окислитель (см. раздел 4.3.1.) | Не может применяться по причинам безопасности |

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.12.

Таблица 6.12. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов общих ЛОС и ПХДД/Ф в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи

| № п/п | Параметр | Ед. измерения | НДТ -УСВ |
|-------|-----------|------------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Общие ЛОС | мг/Нм ³ | 2 - 20* |
| 2 | ПХДД/Ф | нг МТЭ/Нм ³ | < 0.1** |

* как среднесуточное значение, так и среднее значение за период выборки;

** как среднее значение за период выборки не менее шести часов.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

6.5.1.3. Выбросы кислот

НДТ 36

В целях снижения выбросов HCl и HF в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи НДТ заключается в использовании одной из техник, приведенных ниже.

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Введение адсорбента, за которым следует рукавный фильтр (см. раздел 5.1.) | Плавление металлических и смешанных металлических/окислительных потоков Вельц-печь |
| 2 | Скруббер мокрой очистки (см. раздел 5.6.1.1) | Шлаковозгонная печь |

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.13.

Таблица 6.13. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов HCl и HF в атмосферу от плавления металлических и смешанных металлических/окислительных потоков, а также из шлаковозгонной печи и вельц-печи

| № п/п | Параметр | НДТ -УСВ (мг/Нм ³)* |
|-------|----------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | HCl | < 1,5 |
| 2 | HF | < 0,3 |

* как среднее значение за период выборки.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

6.5.2. Генерация и очистка сточных вод

НДТ 37

В целях сокращения потребления пресной воды при работе вельц-печей НДТ заключается в использовании многоступенчатого противоточного промывания (см. раздел 5.4.2.).

Описание

Вода, поступающая с предыдущего этапа промывания, фильтруется и повторно используется на следующем этапе промывания. Можно использовать два или три этапа, что позволяет в три раза снизить потребление воды по сравнению с одноступенчатым противоточным промыванием.

НДТ 38

В целях предотвращения или сокращения выбросов галогенидов в воду со стадии промывки в процессе работы вельц-печи НДТ заключается в использовании кристаллизации (см. раздел 5.4.2.).

6.6. Плавка, получение сплавов, отливка цинковых слитков и производство цинкового порошка

6.6.1. Выбросы в атмосферный воздух

6.6.1.1. Неорганизованные выбросы пыли

НДТ 39

В целях сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу от плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков НДТ заключается в использовании оборудования под отрицательным давлением (см. раздел 5.2.7, 5.2.8).

6.6.1.2. Организованные выбросы пыли

НДТ 40

В целях сокращения выбросов пыли и металла в атмосферу от плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков и производства цинкового порошка НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (см. раздел 5.1).

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.14.

Таблица 6.14. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли в атмосферу от плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков и производства цинкового порошка

| Параметр | НДТ-УСВ (мг/Нм ³)* |
|----------|--------------------------------|
| 1 | 2 |
| Пыль | ≤5 |

* как среднее значение за период выборки.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

6.6.2. Сточные воды

НДТ 41

В целях предотвращения образования сточных вод от плавки и отливки цинковых слитков НДТ заключается в повторном использовании охлаждающей воды (см. раздел 5.4.2.).

6.6.3. Отходы

НДТ 42

В целях снижения количества отходов, отправляемых на утилизацию от плавки цинковых слитков, НДТ заключается в организации операций на объекте, чтобы облегчить повторное использование технологических отходов или в противном случае переработку технологических отходов, в том числе с помощью использования одной или обеих техник, указанных ниже (См Раздел 5.5.1).

| № п/п | Техника |
|-------|---|
| 1 | 2 |
| 1 | Использование окисленной фракции цинковых шлаков и пыли, содержащей цинк, из плавильных печей в обжиговой печи или в процессе гидрометаллургического производства цинка |
| 2 | Использование металлической фракции цинковых и металлосодержащих шлаков от отливки катодов в плавильной печи или извлечение в виде цинковой пыли или оксида цинка на установке по очистке цинка |

6.7. Производство кадмия

6.7.1. Выбросы в атмосферу

6.7.1.1. Неорганизованные выбросы

НДТ 43

В целях снижения неорганизованных выбросов в атмосферу НДТ заключается в использовании одной или обеих техник, приведенных ниже (см. раздел 5.7.1.).

| № п/п | Техника |
|-------|--|
| 1 | 2 |
| 1 | Центральная вытяжная система, подключенная к скрубберу для выщелачивания и твердо-жидкостной сепарации в гидрометаллургическом производстве, для брикетирования/гранулирования и выделения газов в пирометаллургическом производстве и для процессов плавления, легирования и литья. |
| 2 | Покрытие ячеек для этапа электролиза в гидрометаллургическом производстве. |

6.7.1.2. Организованные выбросы пыли

НДТ 44

В целях сокращения выбросов пыли и металла в атмосферу от пирометаллургического производства кадмия и плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник, приведенных ниже.

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Рукавный фильтр (см. раздел 5.1) | Общеприменимо |
| 2 | ЭСО (см. раздел 5.2.6) | Общеприменимо |
| 3 | Скруббер мокрой очистки (см. раздел 5.6.1.1) | Применимость может быть ограничена в следующих случаях: - очень высокие скорости потока отходящего газа (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод). - в засушливых районах (из-за большого объема воды и необходимости очистки сточных вод) |

Уровни выбросов, связанные с НДТ: см. таблицу 6.15.

Таблица 6.15. Уровни выбросов, связанные с НДТ, для выбросов пыли и кадмия в атмосферу от пирометаллургического производства кадмия и плавки, получения сплавов и отливки цинковых слитков

| № п/п | Параметр | НДТ-УСВ (мг/Нм ³)* |
|-------|----------|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Пыль | ≤5 |
| 2 | Cd | < 0,1 |

* как среднее значение за период выборки.

Связанный мониторинг находится в НДТ 6.

6.7.2. Отходы

НДТ 45

В целях снижения количества отходов, отправляемых на утилизацию от гидрометаллургического производства кадмия НДТ заключается в организации операций на объекте, чтобы облегчить повторное использование технологических отходов или в противном случае переработку технологических отходов, в том числе с помощью использования одной из техник, указанных ниже (см. раздел 5.7.3, 5.8.2).

| № п/п | Техника | Применимость |
|-------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Извлечение кадмия из цинкового процесса в качестве, обогащенного кадмием цементата в секции очистки, его дополнительное концентрирование и очистка (электролизом или пирометаллургическим процессом) и, наконец, его преобразование в кадмий или соединения кадмия, отвечающие требованиям рынка | Применяется только в том случае, если существует экономически выгодный спрос |
| 2 | Извлечение кадмия из цинкового процесса в качестве, обогащенного кадмием цементата в секции очистки, а затем применение набора гидрометаллургических операций с целью получения осадка, богатого кадмием (например, цемент (металл Cd), $Cd(OH)_2$), который подвергается захоронению на полигонах, а все другие технологические потоки повторно перерабатываются на кадмиевой установке или в потоке цинковой установки | Применяется только в том случае, если имеется подходящий полигон для промышленных отходов |

6.8. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве цинка и кадмия являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов.

Наиболее ключевой экологической проблемой на сегодняшний день остается содержание загрязняющих веществ в отходящих газах при производстве цинка и кадмия. Поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходит на всех этапах производственного цикла и определяется лишь спецификой производственной деятельности:

производство цинка и кадмия из первичного сырья;
попутное извлечение цинка и кадмия из вторичного сырья;
очистка получаемой продукции от примесей и т. д.

Величина воздействия деятельности объектов цинковой промышленности 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 могут использоваться для собственных при заполнении выработанного пространства шахт, часть возвращается в производство после извлечения составных металлов, образующихся в процессе восстановительных реакций

Согласно Экологическому кодексу 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 цинка и кадмия 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 отчете или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы

восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического 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 контрольного мониторинга в сроки и периодичность для того, чтобы с учетом их текущего или будущего утвержденного целевого назначения участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека и не причинял ущерб от его 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.

2.1. Перспективные техники производства цинка

2.1.1. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора

Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора РКФ 20/1,4 – 40 – 1300, установленного за шлаковозгоночной печью в ПЦ СЗ, внедрение клапана с программным управлением, регулирующего в автоматическом режиме содержание концентрации солей жесткости котловой воды и объемов сброса воды непрерывной продувки.

Сокращение потерь тепловой энергии со сверхнормативной непрерывной продувкой.

В процессе парообразования в котле повышается концентрация солей и других растворенных соединений. Высокие концентрации солей приводят к пенообразованию, образованию накипи на внутренних поверхностях нагрева котлов. Концентрация солей должна тщательно контролироваться и регулироваться с помощью продувок котла.

Для определения концентрации соледержания в котловой воде плавильщики, обслуживающие котел, ежедневно, а при необходимости ежемесячно производят отбор проб котловой воды. Затем необходимо доставить анализы в лабораторию ТСО сервисного цеха. Через 5 – 6 часов будут готовы результаты анализов котловой воды. На основании результатов регулируется расход непрерывной продувки.

Принцип работы заключается в автоматическом регулировании количества продувки. Клапан продувки с электрическим приводом управления служит для управляемого периодического отвода солей жесткости из барабана котла. Содержания солей жесткости в котловой воде контролируется методом электропроводимости. При превышении уровня допустимой проводимости позиционный привод открывает клапан продувки. Когда проводимость снова опускается ниже допустимого уровня, привод переводит клапан в рабочее состояние экономичной продувки. При отключении котла

привод приводит клапан в закрытое состояние. При обслуживании и ручной регулировке привод можно отсоединить.

Автоматизация контроля непрерывной продувки даст:

исключения сверхнормативных потерь тепловой энергии;

исключения превышения солесодержания в котловой воде;

высокую надежность и безопасность применения вследствие простоты конструкции

;

элементарное ручное или автоматизированное управление;

механизацию ручного труда;

устранение рисков получения травмы персоналом при отпоре проб анализов котловой воды и их транспортировке в лабораторию ТСО сервисного цеха;

повышение эффективности работы котла-утилизатора.

2.1.2. Внедрение системы сбора и возврата конденсата

В процессе проведения энергетического аудита предприятия были выявлены места сброса конденсата в канализацию, что приводит к потерям тепловой энергии, содержащейся в нем, а также химически очищенной воды.

Предлагается возможность возврата конденсата на отделение химводоочистки. Конденсат смешивается с сырой водой перед химводоочисткой. В результате этого будет экономиться тепловая энергия, необходимая для нагрева сырой воды и артезианской воды.

Расход тепловой энергии в виде пара на нужды отопления и вентиляции составил 44 259 Гкал в 2018 г. Исходя из общего расхода тепловой энергии в виде пара на нужды отопления и вентиляции был определен объем невозвращаемого конденсата.

В связи с отсутствием учета потребления пара теплообменным оборудованием расчет объема сбрасываемого конденсата производился на основании паспортных данных расхода пара и времени наработки соответствующего оборудования.

Предполагается установить две системы сбора и возврата конденсата для двух групп потребителей пара, определенных исходя из их географического расположения. У каждой из групп необходима установка отдельной конденсатной станции. Установка отдельной конденсатной станции для участка по производству огарка ЦЗ не требуется. В расширительный бак конденсатной станции будет поступать конденсат от всех потребителей соответствующей группы. Конденсатные насосы будут направлять конденсат на отделение химводоочистки.

Принципиальная схема системы возврата конденсата представлена ниже.

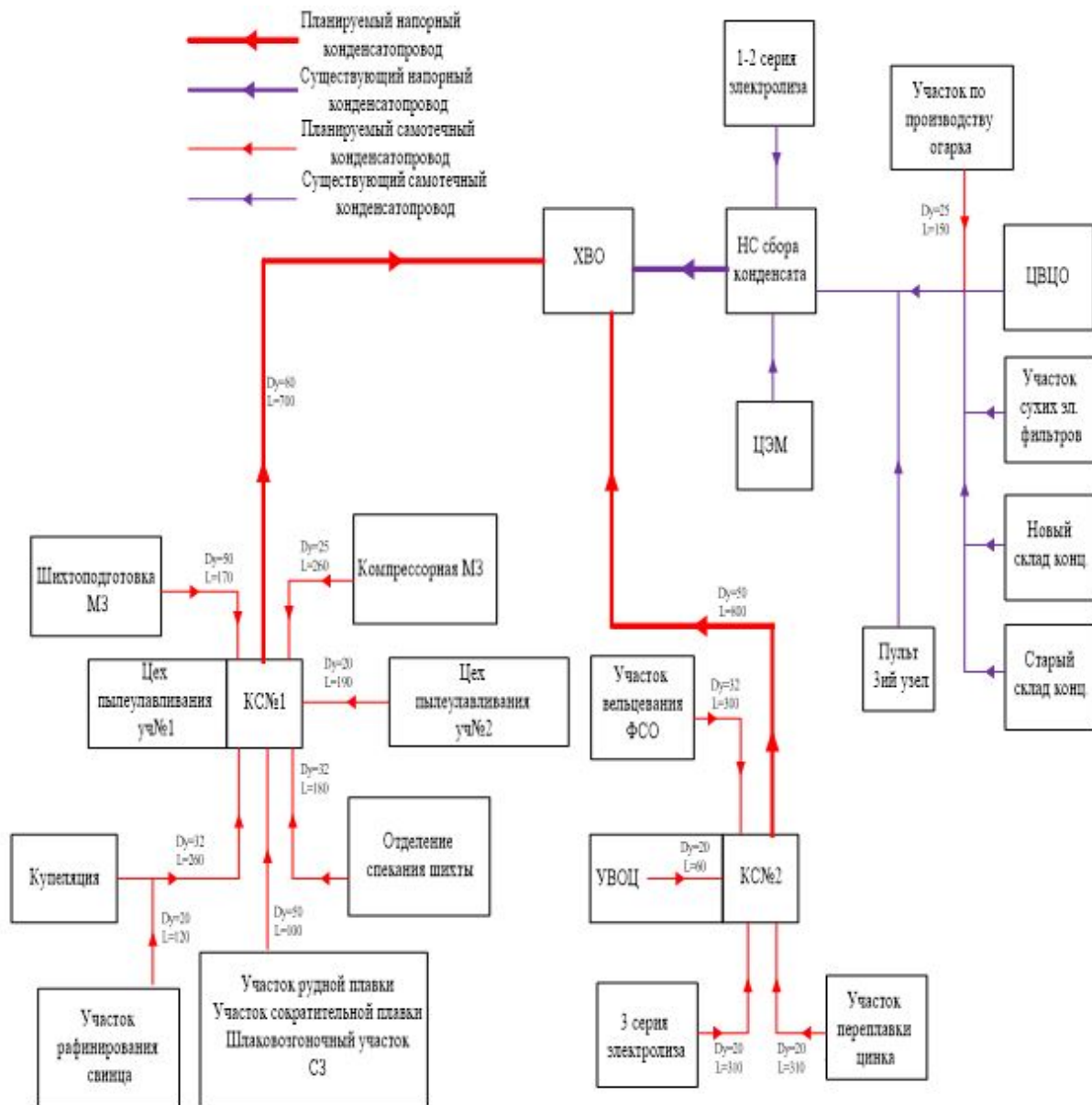


Рисунок 7.1. Принципиальная схема системы возврата конденсата

2.1.3. Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду

Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду.

В процессе проведения визуального осмотра и инструментальных измерений было выявлено, что частично на нужды отопления и вентиляции используется пар, что влечет за собой:

- невозврат конденсата на источник пароснабжения;
- завышенное потребление тепловой энергии на отопление потребителями (10 – 15 %) из-за отсутствия возможности регулирования теплопотребления;
- увеличенные потери тепловой энергии (5 – 10 %);
- завышенные потери тепловой энергии в паровых сетях относительно водяных (5 – 10 %).

Данная техника позволит улучшить управление энергопотреблением.

2.1.4. Гематит, гетит и ярозит техники

В настоящее время существует три схемы гидрометаллургической переработки цинковых кеков:

выщелачивание кека под давлением с выделением металла из раствора в виде гематита - гематит-процесс;

выщелачивание кека при атмосферном давлении с выделением металла из раствора в виде гетита - гетит-процесс;

выщелачивание кека при атмосферном давлении с выделением металла из раствора в виде ярозита - ярозит-процесс.

Процесс гематит (первый способ) на основе осадка выщелачивания в автоклаве при температуре 110 – 180 °С и концентрации серной кислоты начальная (150 – 180 г/л и 40 – 50г/л). В этих условиях цинк, медь, редкие металлы и железо практически полностью переходят в раствор, из которого можно вывести большую часть железа, используя явление гидролиза с выделением железа в форме гематита (Fe₂O₃). Этот метод используется в промышленности только на двух заводах: японский завод "Индузима" компании "Акитазинк" и завода "Dattelh" в Германии.

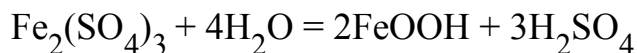
По сравнению с ярозит процессом гетит процесс, позволяет перерабатывать железосодержащих продуктов (более 60 % Fe), что позволяет отправить его на металлургические комбинаты. Недостатком этого процесса является необходимость сложного дорогостоящего оборудования - автоклавов. Гетитная технология включает в себя следующие этапы: высокотемпературное кислотное выщелачивание цинкового осадка; восстановление трехвалентного железа до двухвалентного состояния; нейтрализация раствора, окисление и осаждение железа в виде гетита.

По гетитной технологии цинковых кеков выщелачивание затратит 6 – 8 часов при температуре пульпы 95 °С до остаточного содержания свободной серной кислоты 50 – 60 г/л. Полученный свинцовый кек, содержащий до 25 % Pb, 3 - 4 % цинка, драгоценных металлов и пустую породу, направляется на свинцовый завод. Выход кека составляет около 30 – 33 % от исходного веса цинкового кека. В растворе, полученном при выщелачивании цинкового осадка, значительная часть железа находится в виде сульфата – Fe₂(SO₄)₃. Для предотвращения преждевременного гидролиза железа при нейтрализации раствора, разделения редких металлов трехвалентное железо восстанавливается необожженным цинковым концентратом, таким образом, реакция протекает:



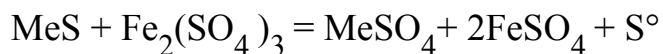
Восстановление железа проводят при 97 °С. В течение 3 – 4 ч полученный фильтр сульфидных кек, содержащий до 20 % цинка и 50 % серы, отправляется на обжиг вместе с оригинальным цинковым концентратом. Раствор, содержащий 20 г/л серной кислоты, 20 – 30 г/л двухвалентного железа и 1 г/л трехвалентного железа, подвергают

нейтрализации. В качестве катализатора, используя цинковый огарок, в то время как реакция продолжается $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{ZnO} = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$, содержание серной кислоты в растворе уменьшается до 3 г/л. В этом случае выпадает в осадок трехвалентное железо. Сокращенный после нейтрализации раствора продукт возвращают на выщелачивание, а раствор в осадок гетита. Операции осаждения железа проводят при температуре 90 – 95 °С в течение 6 ч путем дальнейшей нейтрализации раствора с огарка до рН 1,5 – 2,5 и окисления двухвалентного железа кислородом воздуха. Окисленное железо гидролизуется с образованием труднорастворимых гетита по реакции:



Осадок гетита сгущают и фильтруют. Полученный кек содержит до 50 % железа и 3 – 4 % цинка. Раствор после отделения гетита направляют на выщелачивание цинкового огарка. По гетитной технологии из цинковых кеков извлекаются в раствор, %: 80 Zn, 80 Cd и 70 Cu. Преимущества технологии помимо высокого извлечения цинка, кадмия и меди в растворе, включают в себя: очистку растворов сульфата цинка на 60 - 70 % примесей, таких как мышьяк, сурьма, германий, фтор; максимальное обогащение свинцового кека свинцом и благородных металлов; легкая фильтруемость осадка гетита (500 - 1000 кг/м³ в час); использование обычного оборудования.

В настоящее время наибольшее применение получили ярозитная технология переработки цинкового кека, включающая стадии: высокотемпературное выщелачивание осадка в смеси отработанного электролита с технической серной кислотой, осаждение кека после выщелачивания; фильтрации сгущенного кека; промывка и сушка осадка на фильтре свинца; нейтрализация раствора после высокотемпературного выщелачивания, осаждение шлама после нейтрализации раствора, окисление и осаждение железа из железосодержащих растворов сульфат цинка в виде ярозита, отстаивания суспензии, фильтрации, промывки и сушки ярозитового кека. При переработке цинковых кеков по ярозитной технологии кек обрабатывают отработанным электролитом в смеси с серной кислотой с содержанием 150 – 200 г/л при температуре 90 – 95 °С в течение 4 – 6 ч до достижения остаточной кислотности раствора 60 – 90 г/л. При высокой температуре и кислотности раствора ферриты и сульфиды металлов разлагаются по реакциям:

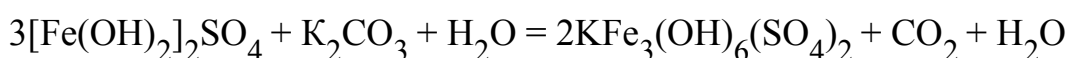


здесь, Me - цинк, медь, кадмий.

Извлечение металлов в сульфатный раствор после высокотемпературного кислого выщелачивания кеков составляет %: 94 - 95 Zn; 93 - 94 Cu; 94 - 95 Cd; 70 - 80 Fe; 90 As; 65 Ni; 60 Co; 16 Sb. Высокая температура выщелачивания раствора содержит 20 - 25 г/л

железа в основном в трехвалентной форме и значительное количество мышьяка. Пульпу после выщелачивания подают на операцию отстаивания, осветленный раствор и сгущенную пульпу фильтруют. Твердый остаток от выщелачивания свинцового кек, обогащенных серебром и золотом, после промывки сушат и отправляют на предприятия по выплавке свинца. Раствор, содержащий цинк, кадмий, медь, редкоземельные металлы и железо, направлен на нейтрализацию кислоты до 10 г/л. Нейтрализацию растворов высокотемпературного выщелачивания проводят с целью создания необходимых условий для последующего осаждения железа в виде ярозита. Нейтрализация серной кислоты в растворе осуществляется путем подачи в раствор вельц-оксидов или огарка оксид цинка. После нейтрализации раствора твердой фазы пульпы отделяют от раствора в сгустителе. Сгущенную пульпу возвращают на выщелачивание кек и осаждения железа в форме ярозита. Ярозит - процесс основан на осаждении из раствора железа в виде нерастворимых комплексных соединений железа и щелочных металлов (натрия, калия) или аммония. Общая формула соединений: $MeFe_3(SO_4)_2 \cdot (OH)_6$, где Me - Na, K, NH_4 .

Образование ярозита происходит в присутствии ионов калия, натрия или аммония в растворе по следующим реакциям:



Для окисления двухвалентного железа используют марганцевую руды (MnO_2) или воздух, обогащенный кислородом. Осаждение железа проводят при температуре 90 – 95 °С. после окисления железа в раствор вводят поташ соды (Na_2CO_3) или аммиачную воду (NH_4OH), цинковый огарок добавляют для нейтрализации раствора до pH от 1.0 до 1.5. Ярозит осадок сгущают и фильтруют с промывкой. Продолжительность осаждения железа зависит от исходной концентрации ионов трехвалентного железа в растворе и, как правило, составляет 3 – 4 ч. За это время практически все трехвалентное железо и до 90 % мышьяка и сурьмы осаждаются в железистый кек, который содержит только 2 – 3 % цинка.

Технология ярозитная по сравнению с гетитной имеет следующие преимущества: значительно меньшие потери цинка с кеком. Содержание цинка в осадке методом гетитной - 3 – 4 %, и ярозита может быть уменьшена до 2 - 3 %; снижение объемов производства в железистых кек, кек получается с более высоким содержанием железа; ярозит гораздо лучше отстаивается, фильтруется и промывается, потому что он имеет кристаллическую структуру; малый расход реагентов, используемых для образования ярозита, поскольку последние содержат небольшое количество натрия, калия или аммония.

Недостатком ярозитной технологии по сравнению с гетит является ухудшение очистки раствора от примесей, которые почти полностью вытекает из гидроксидов железа (мышьяк, сурьма, германий и другие), а также то, что должны быть дополнительно очищено от остатков железа.

2.1.5. Переработка цинковых кеков в печах с погружной фурмой "Корея Цинк"

процесс OXY Cup;

технология Fastmet;

процесс Primus;

реактор ISASMELT.

Вельц-процесс заключается в углетермическом восстановлении цинка и последующей его возгонке в газовую фазу. Перерабатываемые цинкосодержащие шламы и пыли, окомкованные с твердым восстановителем (коксом), загружают во вращающуюся трубчатую печь, где происходит нагрев шихты до 1200 °С. Шихта в печи перемещается в противотоке с отходящими газами. В ходе процесса происходит восстановление цинка и свинца, которые возгоняются и удаляются из печи вместе с отходящими газами, а затем улавливаются в системе газоочистки. Уловленный продукт содержит в среднем 50 – 60 % от общей массы. Zn с некоторым содержанием других примесей (Pb, Cd и др.). Побочным продуктом является смесь шлака с металлическим железом, которая имеет ограниченную сферу использования и низкую цену для реализации возможным потребителям. Главными недостатками данной технологии являются большой расход топлива и загрязнение цинкового концентрата оксидами железа.

Процесс OXY Cup – это технология переработки окускованной шихты из пыли и шламов металлургических заводов в шахтной печи OXY Cup, которая представляет собой современную модификацию вагранки. В верхней части печи (колошник) располагается загрузочный бункер, ниже находится камера газоотвода. При такой конструкции исключается задымление колошника печи во время работы. Средняя часть печи (шахта) служит для предварительного нагрева шихтовых материалов и завершается зоной расплавления металла и шлака. В нижней части (горн) размещаются металлоприемник и устройство для разделения металла и шлака. Частицы ZnO, образующиеся при окислении газообразного цинка в области низких температур, имеют очень небольшие размеры и уносятся из печи с пылью. В результате переработки по технологии OXY Cup получают горячий металл, шлак и колошниковую пыль с содержанием цинка 2530 % массы, что является сырьем для дальнейшей переработки. Основными недостатками технологии являются большее потребление топлива по сравнению с другими технологиями переработки пылей и шламов металлургического производства и получение полупродукта в виде колошниковой пыли, которую необходимо направить на дальнейшую переработку с целью извлечения цинка.

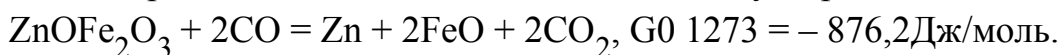
Технология Fastmet это переработка пылей и шламов, основанная на углестермическом восстановлении железа и цинка в кольцевой печи. Железо прямого восстановления, полученное в данном процессе, имеет следующий химический состав, % мас., соответственно: С – 3,0 – 4,0; S – 0,15 – 0,5; Feобщ. – 85 – 90; Fемет – 75 – 78; FeO – 10 – 15; оксиды пустой породы – 5 – 10. Данный продукт (с высоким содержанием оксидов пустой породы и вредных примесей) не является высококачественным и может использоваться только в качестве добавки в шихту доменных печей и кислородных конвертеров. Использование такого сырья в электросталеплавильных печах недопустимо. Одним из немногих преимуществ данного процесса является возможность переработки шламов и пыли доменного, конвертерного и электросталеплавильного производств, имеющих повышенное содержание цинка, с получением железа прямого восстановления [45].

Технология Fastmelt появилась в результате дальнейшего развития технологии Fastmet, что было связано с необходимостью поиска путей очистки ценного цинксодержащего продукта от оксидов пустой породы и вредных примесей (S, P и т.д.). Данная технология по сути представляет собой процесс Fastmet, дополненный электропечью чугуноплавильной (ЭЧП) для производства чугуна из железа прямого восстановления, полученного по технологии Fastmet. Переплавленные в ЭЧП металлизированные продукты очищаются от оксидов пустой породы, частично рафинируются от вредных примесей. В результате получается чугун, близкий по составу доменному, но, как правило, имеющий повышенное содержание серы и фосфора. Основные проблемы процесса Fastmelt связаны с низкой термостойкостью огнеупоров ЭЧП и высоким энергопотреблением.

Процесс Primus является двухстадийным, включающим на первой стадии использование многоподовой печи MNF (MNF от английского "multiple-hearth furnace"), предназначенной для сушки, нагрева и начального восстановления железа, на второй – электродуговой печи EAF (EAF от английского "electric arc furnace") с плавильным блоком Primus. При таком аппаратурном оформлении технология позволяет провести полное восстановление железа из шихты и получить расплав металла, а также извлечь цинк, который окисляется и конденсируется. Высокое потребление энергоресурсов при переработке пылей и шламов является недостатком данной технологии, что сказывается на себестоимости конечных продуктов. Разработка технологии переработки железоцинксодержащего техногенного сырья. Авторами предложен метод переработки пылей и шламов металлургического производства, основанный на восстановительной плавке брикетированной шихты в кольцевой печи с вращающимся подом [46].

Извлечение железа и цинка из пылевидного техногенного сырья металлургического производства основано на восстановлении ценных компонентов из их кислородсодержащих форм углеродсодержащими материалами. За счет твердого

углерода ценные элементы из шихты восстанавливаются частично, данный процесс играет второстепенную роль. Основным восстановителем является СО (твердофазный углерод участвует в разложении CO_2 с получением угарного газа, способствующего ускорению получения элементарного цинка). Поскольку железо содержится в шихте в виде оксидов Fe_2O_3 , то при термическом воздействии СО восстанавливает их до чистого железа по схеме: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$. Часть восстановленного железа соединяется с углеродом коксовой подсыпки и образуется карбид железа Fe_3C (т. е. происходит науглероживание железа). Активное восстановление цинка монооксидом углерода наступает при 906°C с переходом его в парообразное состояние: $\text{Zn} + \text{CO} = \text{Zn} + \text{CO}_2$. Основная часть цинка переходит в парообразное состояние при 1100°C . Большая часть цинка связана в пыли с железом в виде феррита $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, который довольно хорошо восстанавливается монооксидом углерода:



Цинк из феррита цинка восстанавливается быстрее, чем из чистого оксида цинка при более низкой температуре, и процесс идет ступенчато, но оксид цинка восстанавливается только после полного восстановления железа из оксида железа, при этом ZnO может восстанавливаться образованным элементарным железом. Восстановленный цинк вместе с печными газами отводится из печи и улавливается в аппаратах газоочистки. Затем уловленные цинковые возгоны направляются на окислительный обжиг в тарельчатую печь для удаления галогеносодержащих компонентов (Cl, F). Гранулы металлического железа получают нагревом материала: оксид металла, содержащийся в шихте, взаимодействует с углеродсодержащим восстановителем и восстановительным газом, полученным в результате восстановления оксида металла. Для того, чтобы оксид металла восстанавливался из твердого состояния, необходим дальнейший нагрев полученного восстановленного железа в восстановительной атмосфере, который обеспечит его науглероживание, получение расплава железа с дальнейшей коагуляцией частиц восстановленного железа без попадания в него включений шлака. Для этого в шихту необходимо добавить источник CaO (например, известняк) для регулирования шлаковых компонентов в брикете, т.е. для поддержания CaO/SiO_2 в диапазоне от 0,6 до 1,8. При правильно подобранной основе шлаковых компонентов содержащаяся в брикете сера поглощается шлаком, полученным во время восстановительной плавки и полученные гранулы чугуна имеют содержание данного примесного элемента на уровне 0,05 %. После восстановительного обжига в печи продукты выгружаются и отправляются на охлаждение, а затем при помощи магнитной сепарации производится отделение гранулированного чугуна от шлака. Предлагаемый метод аналогичен технологии Fastmet, но имеются различия в

температурных режимах обжига, а также в качественных характеристиках готовой продукции. Если по технологии Fastmet полученное железо прямого восстановления (губчатое железо) имеет содержание основного элемента 85–90 % с включениями оксидов пустой породы, то по предлагаемой авторами технологии получения железа прямого восстановления (гранулированный чугун) содержание основного металла составляет не менее 95 % при отсутствии в его составе оксидов пустой породы. Также важным различием в химических составах гранулированного чугуна и губчатого железа является содержание серы, которое составляет 0,040,05 % мас. и 0,150,5 % мас., соответственно.

Реактор ISASMELT™ представляет собой вертикальный цилиндр, а главной особенностью процесса является фурма ISASMELT™, которая опускается через свод печи, при этом только наконечник фурмы погружается в ванну расплавленного шлака. Шихта подается в печь сверху и вступает в реакцию с содержимым ванны при подаче воздуха и кислорода через фурму. Подаваемый воздух и кислород создают высокотурбулентную ванну, что способствует быстрому протеканию реакций и теплопередаче.

Через фурму, расположенную по центру печи, осуществляется подача воздуха, кислорода и топлива в расплавленную ванну. Высота фурмы рассчитана таким образом, чтобы ее наконечник находился чуть ниже поверхности расплавленного шлака в печи. Дутье в виде воздуха, кислорода и топлива, подаваемое через фурму, способствует интенсивному перемешиванию жидкого материала, что обеспечивает тесное взаимодействие шихты с кислородом. Застывший слой шлака на поверхности фурмы защищает ее от агрессивной среды печи. Отходящие газы реакций, проходящих внутри печи, поднимаются в верхнюю часть печи и поступают в котел-утилизатор, где накопившееся тепло улавливается для производства пара, а охлажденные газы направляются в электрофильтр для последующей очистки от пыли перед отправкой на сернокислотную установку.

В процессе плавки уровень жидкого расплава в печи поднимается и падает. В отличие от форсунок фурму можно поднимать и опускать автоматически и вручную для того, чтобы откорректировать положение ее наконечника.

Продукты процесса плавки ISASMELT™ разгружаются из нижней части печи через водоохлаждаемое выпускное отверстие (летку).

Процесс выпуска осуществляется посредством полуавтоматического механизма и может быть периодическим или непрерывным.

2.1.6. Переработка цинксодержащих пылей черной металлургии по технологии Nippon Steel - печь с вращающимся подом

Описание

Технология, предлагаемая к рассмотрению: утилизация пыли доменных печей путем брикетирования и восстановительного обжига в печи с вращающимся подом [47]. На выходе получаем два продукта:

1) очищенные от цинка и большинства вредных примесей металлизированные окатыши (DRI), которые можно отправлять как обратно в доменную печь, так и реализовывать сталеплавильным предприятиям;

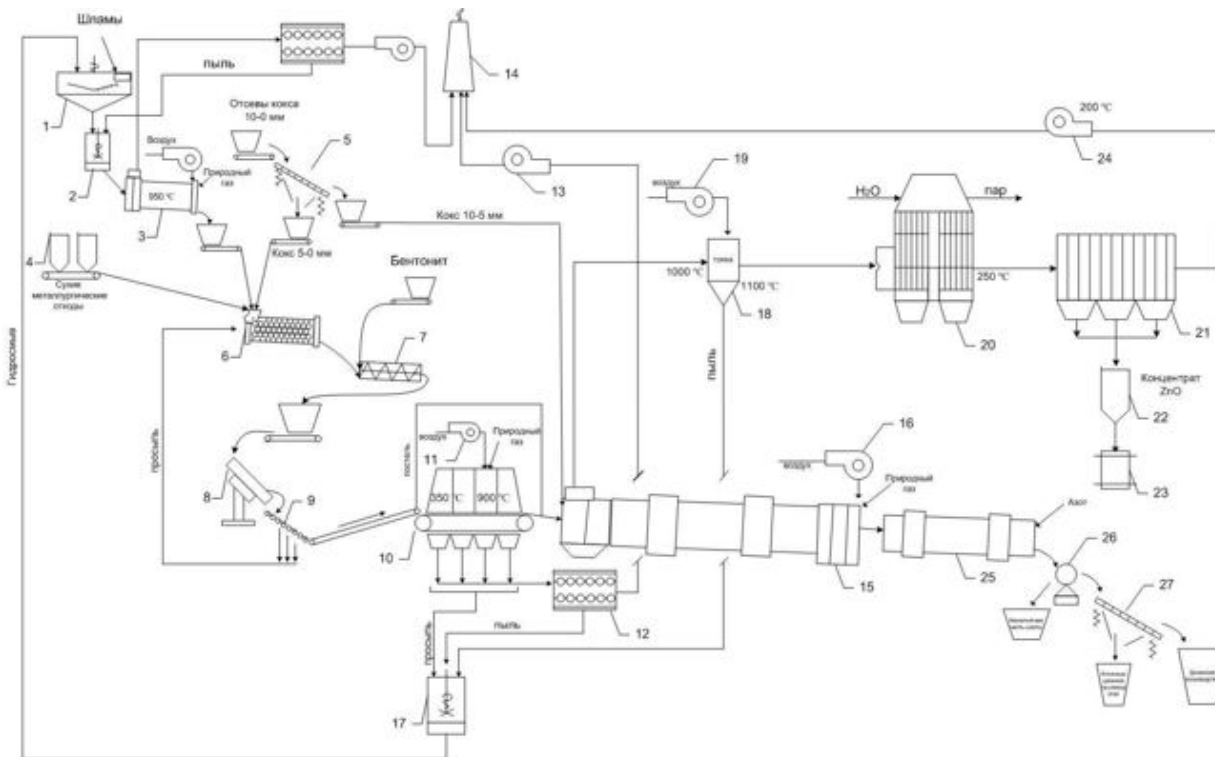
2) оксид цинка, собранный в рукавном пылеулавливателе.

Как правило, что плавильные реакторы и шахтные печи сопровождаются большим выносом пыли (6 – 8 % от загружаемой шихты) по сравнению с установками на базе печей с вращающимся подом и вращающихся (трубчатых) (0,7 – 1,0 %). Последнее обстоятельство приведет к значительному сокращению концентрации оксида цинка в уловленной пыли. Из группы процессов на основе печей с вращающимся подом рассмотрим широко освоенную технологию FASTMET и РОМЕЛТ [48].

Смешанные металлургические шламы пульпопроводами подаются в сгустители 1. Пульпа с влажностью до 40 %, перемешанная и усредненная в промежуточных сборниках 2, подается в сушильные барабаны 3, где шламы подсушиваются до влажности 6 – 8 %. Сухие отходы (влажность до 1 %) принимаются в силосы 4, оснащенные аспирационными устройствами. Отсевы кокса (крупность 10 – 0 мм) подаются на грохот 5 для разделения на классы 10 – 5 мм и 5 – 0 мм. Подсушенные шламы и сухие пыли в заданном соотношении с коксом крупностью 5 – 0 дозируются на сборный конвейер и подаются в шаровую барабанную мельницу 6 для измельчения. Измельченная усредненная шихта и бентонитовый порошок подаются в расходные бункеры, из которых дозируются в интенсивный шнековый смеситель 7. Смешанная шихта поступает в бункер перед чашевым окомкователем 8 для выдержки бентонита. В окомкователе происходит формирование сырых окатышей крупностью 10 – 20 мм. Смеситель и окомкователь снабжены устройствами подачи воды для обеспечения влажности шихты 9,0 – 9,2 %. Сырые окатыши подаются на роликовый питатель 9, который отсеивает некондиционные окатыши (9 мм). Просыпь роликового питателя системой конвейеров возвращается в шаровую барабанную мельницу 6. Уложенные на колосниковую решетку 10 сырые окатыши подвергаются термообработке (сушка до 350 °С и нагрев до 900 °С). С учетом высоких термических нагрузок для защиты колосников предусматривается укладка постели из подогретых упрочненных окатышей, отбираемых из разгрузочного желоба решетки. Горн колосниковой решетки отапливается природным газом. Отходящие газы транспортируются в систему пылеулавливания 12, откуда после очистки сбрасываются в трубу 14.

Упрочненные окатыши перегружаются в загрузочную головку вращающейся печи 15, куда также подается фракция отсева кокса 10 – 5 мм. Во вращающейся печи, отапливаемой природным газом, происходит восстановление оксидов цинка, железа и сопутствующих элементов, содержащихся в упрочненных окатышах.

Восстановительная атмосфера в пересыпающемся слое окатышей обеспечивается за счет твердого топлива, находящегося как внутри окатышей, так и дополнительно загружаемого в печь. Восстановленный цинк под действием высокой температуры (до 1150 °С) испаряется и выносится с отходящими газами через загрузочную головку печи. Отходящие газы транспортируются в циклонную топку 18, где происходят их дожигание, а также улавливание выносимой из печи пыли крупных фракций. Пыль, улавливаемая в циклонной топке и батарейных циклонах колосниковой решетки, а также просыпь из-под колосниковой решетки, убираемая гидросмывом, поступают в промежуточный сборник 17, откуда подаются в сгустители. После дожигания отходящие газы проходят через котел-утилизатор 20, где их температура снижается до 200 – 250 °С и происходит парообразование поступающей воды. Одновременно происходит конденсация парообразного цинка в твердое агрегатное состояние. Охлажденный газ поступает на очистку в рукавный фильтр 21. Уловленная пыль крупностью 0,03 – 100 мкм представляет собой концентрат ZnO, который собирается в силос 22, снабженный аспирационными устройствами. Концентрат ZnO из силоса поступает на упаковочную линию 23 и отгружается на склад концентрата, откуда транспортируется на предприятия потребители. Восстановленные окатыши со степенью металлизации железа ~40 % из вращающейся печи перегружаются в барабанный холодильник с водяным охлаждением 25, в котором их температура снижается до 100 °С. Для предотвращения окисления металлизированных окатышей узел загрузки выполнен герметично, а рабочее пространство холодильника заполнено азотом. Охлажденные окатыши поступают на барабанный магнитный сепаратор 26, где происходит выделение золы кокса из потока материала. Сепарированные окатыши поступают на грохот 27, где выделяется кондиционный класс 8 – 18 мм, направляемый в доменное производство. Некондиционная мелочь (8 мм) направляется в агломерационное производство. Рассмотренная схема обладает следующими преимуществами. Во-первых, она позволяет, кроме решения экологических проблем, получить два вида продукта: товарный концентрат оксида цинка и предвосстановленные железосодержащие окатыши для дальнейшего доменного передела. Во-вторых, эта схема конкурентоспособна с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат. В-третьих, используется относительно недорогое и коммерчески освоенное оборудование.



1 – сгустители, 2 – промежуточные сборники, 3 – сушильные барабаны, 4 – силосы, 5 – грохот, 6 – барабанная мельница, 7 – шнековый смеситель, 8 – чашевый окомкователь, 9 – роликовый питатель, 10 – колосниковая решетка, 11 – вентилятор, 12 – батарейные циклоны, 13 – дымосос, 14 – дымовая труба, 15 – вращающаяся печь, 16 – вентилятор, 17 – промежуточный сборник, 18 – циклонная топка, 19 – вентилятор, 20 – котел-утилизатор, 21 – рукавный фильтр, 22 – силос, 23 – упаковочная линия, 24 – дымосос, 25 – барабанный холодильник, 26 – магнитный сепаратор, 27 – грохот

Рисунок 7.2. Схема утилизации Zn-содержащих пылей и шламов на базе установки "колосниковая решетка - вращающаяся печь"

2.2. Водные ресурсы

Установка обратного осмоса для очищения сточной воды из производства цинка и кадмия

Применение установки обратного осмоса для очищения использованной технологической и охлаждающей воды из производства цинка и кадмия изучается на демонстрационной установке промышленного масштаба. Цель - снижение сточной воды для утилизации, что приводит к сниженным выбросам металлов и меньшей потребности в свежей воде. Возникающие сточные воды и восстановленные металлы возвращают в плавильную печь.

Использование гранулированного материала для эффективного удаления тяжелых металлов

На заводе Aurubis (Гамбург) [49], ведущим мировым поставщиком цветных металлов и одним из крупнейших переработчиков меди в мире, в пилотном режиме

проводится эксплуатация установка, основанная на использовании запатентованного гранулированного материала на минеральной основе, который эффективно удаляет тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества из воды. Результаты первоначальных испытаний показывают положительные результаты, в настоящее время планируются работы по расширению проекта, что в конечном итоге позволит рециркулировать и повторно использовать больше сточных вод для дальнейшего сокращения использования подземных вод.

Осаждение и флотация

Отстаивание представляет собой метод выделения из жидкости твердых частиц, при котором используется сила тяжести для отделения нерастворимых комплексов металлов и твердых частиц из жидких стоков.

Для выделения крупных флоккулированных осадков или плавающих частиц, таких как частицы пластика, из стоков путем выноса их на поверхность суспензии используются методы флотации.

Отстаивание может осуществляться в различных сосудах-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. Данный метод может использоваться для выделения твердых частиц из сточных вод, которые использовались для грануляции шлама или производства корольков металла.

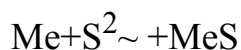
Флотация может служить альтернативой отстаиванию. Флотация может выполняться с помощью растворенного воздуха. Воздух растворяется во взвешенной среде под давлением и выделяется из раствора при сбросе давления в виде крошечных пузырьков воздуха, прикрепленных к взвешенным частицам. В результате частицы всплывают на поверхность, после чего флоккулированный осадок можно легко снять с поверхности жидкости

Биологическая очистка

На одном из заводов для получения ионов сульфида используется биологический процесс [50]. Слабая кислота, образующаяся при мокрой очистке газа, содержит сульфаты в высокой концентрации (10 – 25 мг/л). Сульфаты восстанавливаются до ионов сульфида с помощью газообразного водорода и сульфато-восстанавливающих бактерий в установке биологической очистки сточных вод:



Водород вырабатывается из природного газа и пара в установке реформинга. Цинк и другие металлы вступают в реакцию с S^{2-} и осаждаются в виде сульфида металла:



После такой обработки значения концентраций сульфатов и металлов по-прежнему остаются слишком высокими для прямого сброса, и вода проходит еще один этап очистки вместе с другими производственными и грунтовыми стоками. В этом процессе также используются сульфатовосстанавливающие бактерии для осаждения металлов в виде сульфидов, однако в этом случае в качестве донора электронов вместо водорода применяется этанол.

Сульфиды металлов и суспензия биомассы используются вторично в качестве концентрата на этапе обжига.

Содержание металлов в стоках в этом биологическом процессе аналогично содержанию металлов в воде, очищенной с помощью наиболее эффективного метода очистки сточных вод путем добавления неорганических сульфидов ($NaHS$, Na_2S) главным образом потому, что химическая основа обоих процессов, по сути, одинакова (низкая растворимость сульфидов металлов). Данный биологический процесс оказывает положительное воздействие, поскольку снижается содержание сульфатов в очищенной воде.

Данный метод может применяться для очистки слабых кислот при отсутствии других вариантов восстановления, а также для очистки стоков, образующихся в процессе электролиза с предварительным обжигом и выщелачиванием, при их смешивании с загрязненными грунтовыми водами.

Ионный обмен

Ионообменный процесс иногда применяется в качестве заключительного этапа очистки при удалении металлов из технологических сточных вод [56]. С помощью ионного обмена удаляются нежелательные ионы металлов из сточных вод путем их переноса на твердую матрицу при одновременной отдаче равного количества других ионов, хранящихся на каркасе ионообменника. Как правило, ионообменный процесс используется при концентрации металлов менее 500 мг/л.

Емкость ионообменника ограничена количеством ионов, хранящихся на каркасе. Поэтому необходимо проводить регенерацию ионообменника с помощью соляной кислоты или каустической соды. В некоторых случаях, например, при удалении селена и рения из отходящих газов печи для обжига молибденита, ионообменники подлежат периодической замене для извлечения металлов силами самого завода или на специализированных заводах.

Некоторые специальные ионообменники могут использоваться для удаления определенных металлов из сточных вод. Такой избирательный процесс ионного обмена гораздо более эффективен при очистке стоков от токсических металлов. Кроме того, колонна может обеспечивать очень высокий уровень очистки и эффективность при работе со смешанными стоками.

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Первым этапом разработки справочника было проведение КТА, в процессе которого была дана экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству цинка и кадмия, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей и степень воздействия предприятий на окружающую среду. Также был проведен анализ соответствия технологий, используемых при производстве цинка и кадмия, принципам НДТ.

Основными целями экспертной оценки являлись определение технологического состояния цинкового производства РК на существующее положение, а также оценка предприятий в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с Директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и/или сбросах (о комплексном предупреждении и контроле загрязнений), а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

При КТА были проведены анализ и систематизация информации цинкового производства о применяемых технологиях, оборудовании, выбросах и сбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, а также других аспектах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении на основании литературных источников, нормативной документации и экологических отчетов.

Для сбора информации предприятиям были направлены анкетные формы на основании утвержденных шаблонов. Анализ представленных данных от предприятий позволяет сделать вывод о недостаточности информации по различным аспектам применения технологий, в том числе по технологическим показателям. Не приведены к стандартным условиям (сухой газовый поток при температуре 273 К и давлении 101,3 кПа) показатели выбросов ЗВ, представленные в отраслевых отчетах по производству цинка и кадмия. Не предоставлялись фактические (замерные) нормализованные показатели по ЗВ с учетом поправки на содержание кислорода в отходящем газе. В данной редакции справочника использовались фактические имеющиеся результаты, предоставленные предприятиями.

Структура Справочника по НДТ разработана согласно действующих НПА РК, а также по результатам проведенного КТА.

К перспективным техникам отнесены не только отечественные разработки, но также и передовые техники, применяемые на практике международные техники, не внедренные на предприятиях в Республике Казахстан.

По итогам подготовки справочника по 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 и целях пересмотра маркерных загрязняющих веществ и диапазонов уровней эмиссий, связанных с применением НДТ (технологических нормативов);

внедрение автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических нормативов 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 отрасли цветной металлургии на окружающую среду.

Библиография

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021.
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам";
3. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries. BREF, 2017.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 13 - 2020 "Производство свинца, цинка и кадмия".
5. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М.: Эколайн, 2012.
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48 – 2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности" Москва, Бюро НДТ.

7. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ/Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского. Москва, 2020.

8. Отчет об экспертной оценке цветной металлургии Республики Казахстан на соответствие принципам наилучших доступных технологий. Глава 5. Производство цинка и кадмия. НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных программ", 2021.

9. "Методика определения нормативов эмиссий в окружающую среду" Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 10 марта 2021 года № 63. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 11 марта 2021 года № 22317.

10. Кобелева И. В. Концепция процессно-системного управления качеством окружающей среды на промышленном предприятии/ Основы экономики, управления и права. // № 1. – 2012. - с 67 - 69.

11. <https://www.urm-company.ru/about-us/blog/155-ekologiya-metallurgii/>

12. СТ РК ISO 50001 - 2019: Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию.

13. <https://www.unicore.com/en/sustainability/environment/#sustainable>.

14. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 "Об утверждении нормативов потребления".

15. Miedź S.A., Grupy Kapitałowej. Raport Zintegrowany KGHM Polska KGHM// Polska Miedź S.A. – 2021.

16. <https://www.metalinfo.ru/ru/news/136659>.

17. Сайт производителя оборудования <https://www.durr.com/ru/products/environmental-technology/exhaust-gas-and-air-pollution-control/part-x-separation-processes/part-x-pw>.

18. Карих, П.И. Применение при фильтрации промышленных газов в черной и цветной металлургии фильтровальных материалов в микромембраной / П.И. Карих // Пылегазоочистка. – 2011 – № 1. – С. 15 – 17.

19. Балашов А.М. Способ повышения эффективности электрофильтров для очистки выбросов предприятий металлургического комплекса.// Тенденции развития науки и образования. - № 2. – 2020. С. 84 – 92.

20. Санаев Юрий Иванович. Обеспыливание газов электрофильтрами / изд. "Кондор-Эко". – 2009. - 214 с.

21. Сайт производителя оборудования <http://ukzto.kz/stati/proizvodstvo-elektrofiltrov-dlya-predpriyatij.html>.

22. Сайт производителя оборудования <https://www.durr.com/ru/products/environmental-technology/exhaust-gas-and-air-pollution-control/part-x-separation-processes/part-x-pw>.

23. <https://www.nipponsteel.com/>.

24. Морозов Ю.М. Корягин В.С. Высокоэффективное газоочистное оборудование. Результаты эксплуатации и внедрения // Охрана окружающей среды и природопользование, 2010, №3.29 - 31 с .

25. Красный Б. Л., Иконников К. И., Вартанян М. А., Родимов О. И. Получение пористой проницаемой керамики на основе карбида кремния для фильтрации горячих дымовых газов (обзор) // Новые огнеупоры. 2019. № 7. С. 36 – 42.

26. Цейтлин М. А., Райко В.Ф., Товажнянский Л.Л., Шапоров В.П. Абсорбционная очистка газов в содовом производстве – НТУ "ХПИ". – 2004.

27. Сайт фирмы производителя Kawasaki Heavy Industries <https://global.kawasaki.com/en/corp/profile/index.html>.

28. Г.Г.Бардавелидзе, И.С.Берсенева, В.А.Горбачев, В.В.Кашин, Р.А.Полуяхтов. Технология утилизации цинксодержащих металлургических отходов с получением оксида цинка и предвосстановленных железорудных окатышей/Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. № 9. - 2015. С. 3 - 6.

29. Л. А. Кормина, Ю. С. Лазуткина Технологии очистки газовых выбросов Барнаул – 2019.

30. Сайт производителя оборудования <https://sovplym.ru/products/sfs/>.

31. В. Х. Шаймарданов Процессы и аппараты технологий сбора и подготовки нефти и газа на промыслах учебное пособие / Под ред. В. И. Кудинова. М. - 2013. 508 с (<https://gas-cleaning.ru/article/skrubber-venturi-princip-raboty-harakteristiki-preimushchestva-i-nedostatki>).

32. В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: справочное издание: В 2 -х книгах. Книга 1. / – М.: Теплотехник, 2004. – 688 с.

33. Anil Sinha, Vasant G Havanagi, V.K. Arora, Alok Ranjan. Recycling Jarofix Waste as a Construction Material for Embankment and Sub Grade/Journal of Solid Waste Technology and Management. 2012. - 38(3). -P. 169 – 181.

34. Сайт производителя оборудования <https://uralactiv.kz/ventilyatsiya-polipropilenovaya/skrubbery/vertikalnye/venturi/>.

35. Носков А.С., Пай З.П. Технологические методы защиты атмосферы от вредных выбросов на предприятиях энергетики / СО РАН Новосибирск. - 1996. – 156 с.

36. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – М.:Химия. – 1999. – 472 с.

37. Сайт производителя оборудования <https://pronpz.ru/ustanovki/proizvodstvo-h2so4.html>.

38. <https://zincum.eco/#technology> https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/inline-files/NFM_Russian_ENV-2021-00513.pdf.

39. С.В. Карелов, С.В. Мамяченков, О.С. Анисимова, А.С. Кирпиков исследование комплексной электроцементационной очистки растворов при переработке цинксодержащих техногенных отходов // Записки Горного института. Т.166. Санкт-Петербург, 2005.

40. Красногорская Н.Н. Сапожникова Е.Н. Набиев А.Т. Головина А.В. Легуш Э.Ф. Пестриков С.В. физико-химическое сопоставление реагентных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов// Успехи современного естествознания. № 2. – 2004. – С 47 – 58.

41. Сайт производителя оборудования <https://www.aurubis.com/>.

42. <https://profile.ru/news/dk/ugmk/uralelektromed-stroit-livnenakopitel-velic-hinoy-s-dvuxetazhnyj-dom-366158/>.

43. А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. Способы предотвращения и снижения выбросов от выщелачивания и разделения твердой и жидкой фаз. Пенза.. 2004.

44. Бархатов, В. И. Отходы производств и потребления — резерв строительных материалов : монография / Изд-во Челяб. гос. ун-та, - 2017. - 477 с.

45. Марченко, Н. В. М30 Металлургия тяжелых цветных металлов: электрон. учеб. пособие / Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 394 с.

46. Nyrstar hobart triennial public environment report 2018 – 2020 version 2 submitted 28 april 2021 (<https://epa.tas.gov.au/Documents/New%20Electrolysis%20Plant%20%28Cell%20House%29%2C%20Nyrstar%20Hobart%20-%20Annexure%20-%202018-2020%20Public%20Environment%20Report.PDF>).

47. Ю.П. Перельгин, О.В. Зорькина, С.Н. Николаева. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 80 с.

48. Жданова А.В., Иларионов С.А. Очистка сточных вод гальванического производства от загрязнений тяжелыми металлами// Вестник Пермского университета/ вып. 1(5). – 2012. – С 54 - 62.

49. Сайт производителя оборудования <https://me-system.ru/tehnologii/sorbtsiya/>.

50. И.Н. Савич Порядок и варианты технологии подземной разработки руд с закладкой выработанного пространства// Горная промышленность. №2.- 1999.

51. Сайт производителя оборудования <https://www.industrialfurnace.com/mhf-101>.

52. Сайт фирмы Kobelco производитель оборудования <https://www.kobelco.co.jp/english/products/ironunit/fastmet/>.

53. Сайт производителя оборудования <https://www.nipponsteel.com/>.

54. Абоносимов Д.О., Лазарев С.И. Применение мембранных технологий в очистке сточных вод гальванопроизводств. // Вестник ТГТУ. – Т.20. №2.- 2014.- С 306 - 313.

55. Сайт производителя оборудования <https://www.aurubis.com/>.

56. Chuichulcherm S., Nagpal S., Peeva L., Livingston A. Treatment of metal-containing wastewaters with a novel extractive membrane reactor using sulfate-reducing bacteria. //J. Chem. Technol. and Biotechnol. 2001, vol. 76,(1), с. 61 - 68.

Приложение
к справочнику по наилучшим
доступным техникам
"Производство цинка и кадмия"

Примеры расчета экономической эффективности

Изложенные подходы были использованы на примере расчетов экономической эффективности процесса доочистки сточных вод цинкового завода путем применения следующих техник:

адсорбция с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах;

адсорбция с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в блоке сорбционных фильтров;

обратный осмос.

Объем поступающей воды составил 320 м³/ч (2 803 м³/год) со сбросом рыбохозяйственного назначения. Параметры содержания загрязняющих веществ в поступающей воде до и после очистки с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах представлены в таблице:

Таблица 1. Параметры содержания загрязняющих веществ в поступающей воде до очистки и после очистки с использованием активированного алюмосиликатного адсорбента.

| № п/п | Загрязняющее вещество | Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³ | |
|-------|-----------------------------|---|---------------|
| | | до очистки | после очистки |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Взвешенные вещества | 12,0 | 7,5 |
| 2 | Свинец (Pb) | 0,025 | 0,020 |
| 3 | Цинк (Zn) | 0,11 | 0,01 |
| 4 | Кадмий (Cd) | 0,006 | 0,001 |
| 5 | Железо (Fe) общее | 0,10 | 0,07 |
| 6 | Мышьяк (As) | 0,030 | 0,02 |
| 7 | Медь (Cu) | 0,006 | 0,006 |
| 8 | Кальций (Ca) | 115,0 | 100,0 |
| 9 | Нефтепродукты | 0,05 | 0,05 |
| 10 | Хлориды (Cl) | 200,0 | 150,0 |
| 11 | Сульфаты (SO ₄) | 295,0 | 230,0 |
| 12 | Ртуть (Hg) | 0,0002 | 0,0002 |

| | | | |
|----|---------------|--------|--------|
| 13 | Селен (Se) | 0,0026 | 0,0026 |
| 14 | Марганец (Mn) | 0,02 | 0,01 |
| 15 | Теллур (Te) | 0,002 | 0,002 |

Исходными данными для первого варианта стали сведения о реализованном на цинковом заводе способе доочистки промышленных сточных вод методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах.

Для расчета капитальных вложений принято, что для входящей на доочистку сточных вод в объеме 320 м³/ч используются следующие технологические установки/оборудование и расходные материалы:

5 бетонных резервуаров размером 5,6х5,6х6 м с 2,5 м слоем адсорбента, общей стоимостью 10 млн. тенге из расчета 2 млн. тенге за один резервуар;

трубопроводная обвязка резервуаров общей протяженностью 70 пог.м стальной 2 мм трубы 50Ø, общей стоимостью 164 150 тенге из расчета 2 345 тенге /пог.м;

10 центробежных насосов производительностью 66 м³/ч, общей стоимостью 1 645 тыс. тенге из расчета 164 500 тенге за каждый;

адсорбент в объеме 392 м³ для единовременной засыпки во все фильтры, общей стоимостью 260 288 000 тенге из расчета цене 664 000 тенге /м³.

По результатам расчетов общая сумма капитальных вложений определена в размере 272 097 150 тенге.

Операционные расходы предусматривают запасы адсорбента для восполнения объема при истирании в ходе эксплуатации в количестве 39,2 м³ в год, общей стоимостью 26 028 800 тенге из расчета цене 664 000 тенге/м³. Кроме того, необходима периодическая активация сорбента для улучшения его адсорбирующих свойств путем промывки активаторами: 4 - 5 % раствор щелочи NaOH в количестве 64 т, общей стоимостью 12 240 000 из расчета 191 250 тенге/т; 4 - 5 % раствор сульфата магния MgSO₄ в количестве 64 т, общей стоимостью 21 216 000 тенге, из расчета 331 500 тенге /т.

Сумма операционных расходов определена в размере 59 484 800 тенге.

Общие расходы предприятия по доочистке промышленных сточных вод методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах составили 331 581 950 тенге (расчеты приведены в таблице 2).

Для сопоставимости различных денежных единиц все стоимости приведены в валюте приобретения по курсу Национального банка Казахстана на дату расчета.

Таблица 2. Расчет капитальных и операционных затрат на доочистку промышленных сточных вод свинцового завода способом адсорбции с применением

активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах.

| № п/п | Наименование затрат | Ед.изм. | Кол-во | Стоимость за единицу (в валюте приобретения) | Общая стоимость (по курсу Национального банка РК на дату расчета) https://nationalbank.kz/ru/exchangerates/ezhednevnye-oficialnye-rynochnye-kursy-valyut | | | |
|-------|--|----------------|--------|--|--|------------|----------|----------|
| | | | | | 1 ₸ | 7,04 ₸ | 432,78 ₸ | 462,51 ₸ |
| | | | | | тенге | рубль | доллар | евро |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I. | Капитальные затраты | | | | | | | |
| 1 | Безнапорный однослойный фильтр | | | | | | | |
| 1.1 | резервуар 5,6x5,6x6 м | шт. | 5 | 2 000 000 ₸ | 10 000 000 | 1 420 455 | 23 106 | 21 621 |
| 1.2 | трубопроводная обвязка | пог.м | 70 | 2 345 ₸ | 164 150 | 23 317 | 379 | 355 |
| 1.3 | центробежный насос | шт. | 10 | 164 500 ₸ | 1 645 000 | 233 665 | 3 801 | 3 557 |
| 2. | адсорбент | м ³ | 392 | 664 000 ₸ | 260 288 000 | 36 972 727 | 601 433 | 562 773 |
| | Капитальные затраты, всего | | | | 272 097 150 | 38 650 163 | 628 719 | 588 305 |
| II. | Операционные расходы | | | | | | | |
| 1. | Адсорбент (потери на истирание) | м ³ | 39,2 | 664 000 ₸ | 26 028 800 | 3 697 273 | 60 143 | 56 277 |
| 2. | Активаторы | т | | | | | | |
| 2.1 | 4 - 5 % раствор щелочи NaOH (замена 1 раз в мес.) | т | 64 | 101 250 ₸ | 12 240 000 | 1 738 636 | 28 282 | 26 464 |
| 2.2 | 4 - 5 % сульфат магния MgSO ₄ (замена 1 раз в 4 мес.) | т | 64 | 331 500 ₸ | 21 216 000 | 3 013 636 | 49 023 | 45 871 |
| | Операционные | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------|-------|--------|--------|---------------|----------|---------|----------|--------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| 3 | вещества | 25,00 | 12 | 7,5 | 5 250,00 | 21,000 | 2 | 4,50 | 0,026 | 1 5 789,62 | 2 242,84 | 36,48 | 34,14 |
| 4 | Свинец (Pb) | 0,50 | 0,025 | 0,02 | 14,00 | 0,056 | 0,0041 | 0,00500 | 23,657 | 5 921 106,25 | 841 066,23 | 1 3 681,56 | 1 2 802,12 |
| 5 | Цинк (Zn) | 1,00 | 0,11 | 0,01 | 7,00 | 0,028 | 0,0021 | 0,10000 | 1,183 | 11 842 212,50 | 1 682 132,46 | 2 7 363,12 | 2 5 604,23 |
| 6 | Кадмий (Cd) | 0,10 | 0,006 | 0,001 | 0,70 | 0,003 | 0,0002 | 0,00500 | 23,657 | 118 422 125,00 | 16 821 324,57 | 273 631,23 | 256 042,30 |
| 7 | Мышьяк (As) | 0,10 | 0,03 | 0,02 | 14,00 | 0,056 | 0,0041 | 0,01000 | 11,829 | 5 921 106,25 | 841 066,23 | 1 3 681,56 | 1 2 802,12 |
| 8 | Медь (Cu) | 0,20 | 0,006 | 0,006 | 4,20 | 0,017 | 0,0012 | - | - | 19 737 020,83 | 2 803 554,10 | 4 5 605,21 | 4 2 673,72 |
| 9 | Ртуть (Hg) | 0,05 | 0,0002 | 0,0002 | 0,14 | 0,001 | 0,00004 | - | - | 592 110 625,00 | 84 106 622,87 | 1 368 156,16 | 1 280 211,51 |
| 10 | Железо (Fe) общее | | 0,1 | 0,07 | 49,00 | 0,196 | 0,0144 | 0,03000 | 3,943 | 1 691 744,64 | 240 304,64 | 3 909,02 | 3 657,75 |
| 11 | Кальций (Ca) | | 115 | 100 | 7 0 000,00 | 280,000 | 21 | 15,00000 | 0,008 | 1 184,22 | 168,21 | 2,74 | 2,56 |
| 12 | Нефтепродукты | | 0,05 | 0,05 | 35,00 | 0,140 | 0,0103 | - | - | 2 368 442,50 | 336 426,49 | 5 472,62 | 5 120,85 |
| 13 | Хлориды (Cl) | | 200 | 150 | 105 000,00 | 420,000 | 31 | 50,00000 | 0,0024 | 789,48 | 112,14 | 1,82 | 1,71 |
| 14 | Сульфаты (SO ₄) | | 295 | 230 | 161 000,00 | 644,000 | 47 | 65,00000 | 0,0018 | 514,88 | 73,14 | 1,19 | 1,11 |
| 15 | Селен (Se) | | 0,0026 | 0,0026 | 1,82 | 0,007 | 0,0005 | - | - | 45 546 971,15 | 6 469 740,22 | 105 242,78 | 9 8 477,81 |
| 16 | Марганец (Mn) | | 0,02 | 0,01 | 7,00 | 0,028 | 0,0021 | 0,01000 | 11,829 | 11 842 212,50 | 1 682 132,46 | 2 7 363,12 | 2 5 604,23 |
| 17 | Теллур (Te) | | 0,002 | 0,002 | 1,40 | 0,006 | 0,0004 | - | - | 59 211 062,50 | 8 410 662,29 | 136 815,62 | 128 021,15 |
| 18 | Всего по всем веществам | | 622,35 | 487,69 | 341 384,26 | 1365,537 | 100 | 134,66 | 76,14 | 874 632 907,33 | 124 237 628,88 | 2 020 964,25 | 1 891 057,29 |

Расчеты показывают, что применение активированного алюмосиликатного сорбента в безнапорных фильтрах снизит содержание загрязняющих веществ, по сравнению с их содержанием в исходной воде (графа 4 таблица 3) на значения, указанные в графе 9 таблицы 3. При этом денежные расходы предприятия на снижение содержания соответствующего загрязняющего вещества на 1 мг/дм³ составят значения, указанные в графе 10 таблицы 3 (в тенге на 1 мг/дм³).

При этом рассчитан основной показатель оценки экономической эффективности НДТ – затраты предприятия на 1 кг сокращенного количества по каждому из видов загрязняющих веществ, включая маркеры (графа 13 таблица 3).

Таким же образом проведена оценка экономической эффективности других способов доочистки воды: методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в сорбционных фильтрах и способом обратного осмоса (Таблица 4).

Таблица 4. Оценка экономической эффективности затрат на доочистку промышленных сточных вод различными методами (адсорбция с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах и сорбционных фильтрах; обратный осмос).

| № п/п | Показатель | Единица измерения | Методы доочистки | | |
|-------|------------|-------------------|---|--------------------|----------------|
| | | | Применение активированного алюмосиликатного адсорбента в различных фильтрах | | Обратный осмос |
| | | | безнапорный однослойный фильтр | Сорбционный фильтр | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|-------|------------|------------|------------|
| 1 | Капитальные затраты | \$ | 628 719 | 595 926 | 1 239 135 |
| 2 | Операционные расходы | - " - | 137 448 | 128 613 | 0 |
| 3 | ВСЕГО затраты | - " - | 766 167 | 724 539 | 1 239 135 |
| 4 | Экономическая эффективность затрат на 1 килограмм сокращенного загрязняющего вещества в год | \$/кг | | | |
| 5 | Взвешенные вещества | - " - | 36,48 | 34,50 | 59,01 |
| 6 | Свинец | - " - | 13 681,56 | 12 938,20 | 22 127,42 |
| 7 | Цинк | - " - | 27 363,12 | 25 876,41 | 44 254,83 |
| 8 | Кадмий | - " - | 273 631,23 | 258 764,09 | 442 548,34 |

| | | | | | |
|----|-------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|
| 9 | Мышьяк | - " - | 13 681,56 | 12 938,20 | 22 127,42 |
| 10 | Медь | - " - | 45 605,21 | 43 127,35 | 73 758,06 |
| 11 | Ртуть | - " - | 1 368 156,16 | 1 293 820,45 | 2 212 741,71 |
| 12 | Железо общее | - " - | 3 909,02 | 3 696,63 | 6 322,12 |
| 13 | Кальций | - " - | 2,74 | 2,59 | 4,43 |
| 14 | Нефтепродукты | - " - | 5 472,62 | 5 175,28 | 8 850,97 |
| 15 | Хлориды | - " - | 1,82 | 1,73 | 2,95 |
| 16 | Сульфаты | - " - | 1,19 | 1,13 | 1,92 |
| 17 | Селен | - " - | 105 242,78 | 99 524,65 | 170 210,90 |
| 18 | Марганец | - " - | 27 363,12 | 25 876,41 | 44 254,83 |
| 19 | Теллур | - " - | 136 815,62 | 129 382,04 | 221 274,17 |
| 20 | ВСЕГО по всем веществам | - " - | 2 020 964,25 | 1 911 159,66 | 3 268 539,08 |

Получив аналогичные показатели эффективности затрат различными способами доочистки, можно сравнить какой из них более эффективен с точки зрения годовых затрат предприятия на природоохранные мероприятия.