



Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 11 ноября 2023 года № 999

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

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота".

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

*Премьер-Министр
Республики Казахстан*

А. Смаилов

Утвержден
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от 11 ноября 2023 года № 999

Справочник по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота"

Оглавление

- Оглавление
- Список схем/рисунков
- Список таблиц
- Глоссарий
- Предисловие
- Область применения
- Принципы применения
- 1. Общая информация
 - 1.1. Структура и технологический уровень производства меди и драгоценных металлов
 - 1.2. Ресурсы и материалы
 - 1.3. Производство и использование
 - 1.4. Производственные площадки
 - 1.5. Энергоэффективность
 - 1.5.1 Производство меди
 - 1.5.2. Производство драгоценных металлов
 - 1.6. Основные экологические проблемы

- 1.6.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
- 1.6.2. Сбросы загрязняющих веществ
- 1.6.3. Отходы производства
- 1.6.4. Шум и вибрация
- 1.6.5. Запах
- 1.6.6. Снижение воздействия на ОС
- 1.6.7. 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. Процессы производства меди
 - 3.1.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья
 - 3.1.2. Производство первичной меди
 - 3.1.3. Производство вторичной меди
 - 3.2. Процессы производства драгоценных металлов
 - 3.2.1. Технология производства золота
 - 3.2.2. Технологии производства серебра
 - 3.2.3. Технологии производства металлов платиновой группы
 - 3.2.4. Извлечение драгоценных металлов из медеелектролитных шламов
 - 3.2.5. Металлургия платиновых металлов
4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов
 - 4.1. Повышение интеграции производственных процессов
 - 4.2. Система экологического менеджмента
 - 4.3. Эффективное использование энергии
 - 4.4. Управление технологическим процессом
 - 4.5. Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ
 - 4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
 - 4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты
 - 4.6. Управление отходами
 - 4.7. Управление водными ресурсами
 - 4.8. Управление технологическими остатками
 - 4.9. Шум
 - 4.10. Запах
5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник
 - 5.1. Техники при производстве меди и драгоценных металлов

- 5.1.1. Техники для эффективного использования энергии
- 5.1.2. Техники по предотвращению и снижению неорганизованных выбросов загрязняющих веществ при хранении, обработке и транспортировке сырья
- 5.1.3. Техники по предотвращению и снижению организованных выбросов загрязняющих веществ
- 5.1.4. Водопотребление и водоотведение
- 5.2. Техники при производстве меди
 - 5.2.1. Техники по снижению выбросов в процессе предварительной обработки сырья
 - 5.2.2. Техники по снижению выбросов при первичном и вторичном производстве меди
 - 5.2.3. Техники по снижению выбросов при вторичном производстве меди
 - 5.2.4. Техники по обращению с отходами
 - 5.2.5. Энергоэффективность
- 5.3. Техники при производстве драгоценных металлов
 - 5.3.1. Техники по снижению выбросов от процессов предварительной обработки сырья (дробление, просеивание, смешивание)
 - 5.3.2. Техники по снижению выбросов при пирометаллургических процессах производства сплава Доре
 - 5.3.3. Техники предотвращения и сокращения выбросов в процессе аффинажа золота (электролитическое рафинирование)
 - 5.3.4. Техники по снижению выбросов в процессе аффинажа золота (гидрометаллургическое рафинирование)
 - 5.3.5. Техники по снижению выбросов при сушке и прокаливании золота
 - 5.3.6. Техники по снижению выбросов при плавке готовой продукции
 - 5.3.7. Техники по обращению с отходами
- 6. Заключение, содержащее выводы по НДТ
 - 6.1. Общие НДТ при производстве меди и драгоценных металлов
 - 6.1.1. Система экологического менеджмента
 - 6.1.2. Энергоэффективность
 - 6.1.3. Управление технологическим процессом
 - 6.1.4. Неорганизованные выбросы
 - 6.1.5. Мониторинг выбросов в атмосферу
 - 6.1.6. Выбросы ртути
 - 6.1.7. Выбросы окислов азота
 - 6.1.8. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты и их мониторинг
 - 6.1.9. Шум
 - 6.1.10. Запах
 - 6.2. НДТ при производстве меди

- 6.2.1. Использование вторичного сырья
- 6.2.2. Энергоэффективность
- 6.2.3. Выбросы в атмосферу
- 6.2.4. Загрязнение почвы и грунтовых вод
- 6.2.5. Отходы
- 6.3. НДТ при производстве драгоценных металлов
- 6.3.1. Выбросы в атмосферу
- 6.3.2. Охрана почвы и грунтовых вод
- 6.4. Требования по ремедиации
- 7. Перспективные техники
- 7.1. Перспективные техники производства меди
- 7.1.1. Процессы LUREC и BAYQIK
- 7.1.2. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора
- 7.1.3. Перевод тепло потребляющего оборудования с пара на горячую воду
- 7.1.4. Водные ресурсы
- 7.2. Перспективные техники производства драгоценных металлов
- 8. Дополнительные комментарии и рекомендации
- Библиография

Список схем/рисунков

Рисунок 1.1.	Укрупненная потоковая схема потребления энергоресурсов
Рисунок 1.2.	Структура нормативных валовых эмиссий медного завода в атмосферу
Рисунок 1.3.	Структура нормативных валовых эмиссий завода по производству драгоценных металлов в атмосферу
Рисунок 1.4.	Классификация сбросов сточных вод
Рисунок 3.1.	Обобщенная технологическая схема гидрометаллургического процесса
Рисунок 3.2.	Общая технологическая схема производства вторичной меди
Рисунок 3.3.	Принципиальная схема аффинажа золота
Рисунок 3.4.	Технологическая схема процесса по методу Миллера
Рисунок 3.5.	Основные этапы переработки серебросодержащего сырья
Рисунок 4.1.	Сточные воды и методы обращения с ними
Рисунок 5.1.	Рекуперативная горелка ECOMAX®
Рисунок 5.2.	Паротурбинная установка ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод"
Рисунок 5.3.	Схема устройства электрофильтра (показаны только две зоны)

Рисунок 5.4.	Схема устройства мокрого электрофилтра
Рисунок 5.5.	Схема устройства циклона
Рисунок 5.6.	Рукавный фильтр с обратной продувкой (с одним отделением цикла очистки)
Рисунок 5.7.	Система очистки обратной продувки пульсирующей струей
Рисунок 5.8.	Система очистки воздухом низкого давления
Рисунок 5.9.	Радиальный мокрый скруббер
Рисунок 5.10.	Грануляция расплавленного металла (шлака)
Рисунок 5.11.	Замкнутый цикл водооборота
Рисунок 5.12.	Пример рециркуляции охлаждающей воды
Рисунок 5.13.	Схема процесса очистки слабокислых стоков
Рисунок 5.14.	Схема печи для обжига в КС и системы очистки газа
Рисунок 5.15.	Система улавливания "дом-в-доме"
Рисунок 5.16.	Типичная схема газоочистки для сернокислотной установки
Рисунок 5.17.	Типичная сернокислотная установка двойной абсорбции
Рисунок 5.18.	Принципиальная схема установки получения/регенерации серной кислоты методом мокрого катализа
Рисунок 5.19.	Переработка медного шлака в электродуговой печи
Рисунок 7.1.	Принципиальная технологическая схема переработки сплава Доре с применением вакуумной дистилляции

Список таблиц

Таблица 1.1.	Горно-обогатительные мощности
Таблица 1.2.	Энергозатраты металлургической переработки (ГДж /т) на получение катодной меди
Таблица 1.3.	Удельное потребление электроэнергии предприятиями Казахстана
Таблица 1.4.	Удельный расход электроэнергии при производстве драгоценных металлов
Таблица 1.5.	Оценка соответствия эмиссий предприятий по производству меди технологическим показателям, связанным с НДТ производства меди
Таблица 4.1.	Характеристики непрерывных и периодических измерений
Таблица 4.2.	Перечень загрязняющих веществ
Таблица 4.3.	Рекомендации по проведению мониторинга
Таблица 5.1.	Основные направления повышения энергоэффективности
Таблица 5.2.	Обзор методов удаления пыли

Таблица 5.3.	Сравнение характеристик наиболее часто используемых параметров различных систем фильтрации
Таблица 5.4.	Потенциальные источники стоков, образующихся при гидрометаллургическом производстве цветных металлов
Таблица 5.5.	Обзор источников сточных вод и методов минимизации и очистки стоков при производстве меди
Таблица 5.6.	Примеры оборотного водоснабжения и повторного использования сточных вод при производстве меди
Таблица 5.7.	Результативность переработки слабокислых стоков
Таблица 5.8.	Соответствующие параметры для централизованной системы сбора и удаления газа в Aurubis Hamburg
Таблица 5.9.	Соответствующие параметры для централизованной системы сбора и удаления газа в Aurubis Pirdop
Таблица 5.10.	Остаточные продукты и отходы, образующиеся при производстве меди, и возможные варианты обращения с ними
Таблица 6.1.	Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов, связанные с НДТ
Таблица 6.2.	Контролируемые показатели
Таблица 6.3.	Технологические показатели выбросов в атмосферу ртути (кроме тех, которые направляются на завод по производству серной кислоты) в результате пирометаллургического процесса с использованием сырья, содержащего ртуть
Таблица 6.4.	Перечень контролируемых показателей в сточных водах
Таблица 6.5.	Технологические показатели сбросов в водный объект, связанные с НДТ при производстве меди и драгоценных металлов
Таблица 6.6.	Технологические показатели выбросов пыли при приемке, хранении, обработке, транспортировке, учете, смешивании, измельчении, сушке, резке и сортировке сырья
Таблица 6.7.	Технологические показатели выбросов пыли при сушке концентрата
Таблица 6.8.	Технологические показатели выбросов пыли при выплавке меди в печах и конвертерах
Таблица 6.9.	Технологические показатели выбросов пыли
Таблица 6.10.	Технологические показатели выбросов пыли от печи для выдержки вторичной меди
Таблица 6.11.	Технологические показатели выбросов пыли при переработке шлаков
Таблица 6.12.	Технологические показатели пыли в выбросах при первичном и вторичном производстве медных анодов

Таблица 6.13.	Технологические показатели выбросов пыли при анодной отливке
Таблица 6.14.	Технологические показатели выбросов пыли от медеплавильной печи
Таблица 6.15.	Технологические показатели выбросов летучих органических соединений при пиролизической обработке медной стружки, а также при сушке, обезжиривании, плавке вторичного сырья
Таблица 6.16.	Технологические показатели выбросов ПХДД/Ф в результате пиролизической обработки медной стружки, плавки, огневого рафинирования и конвертирования при производстве вторичной меди
Таблица 6.17.	Технологические показатели выбросов SO ₂ при рекуперации серы, содержащейся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов
Таблица 6.18.	Технологические показатели выбросов SO ₂ при первичном производстве меди
Таблица 6.19.	Технологические показатели выбросов SO ₂ при вторичном производстве меди
Таблица 6.20.	Технологические показатели выбросов серной кислоты от процесса электролитического рафинирования, промывочной камеры машин для обдирки катодов и машины для промывки отработанных анодов
Таблица 6.21.	Уровни выбросов SO ₃ /H ₂ SO ₄ , связанные с НДТ
Таблица 6.22.	Технологические показатели выбросов пыли от всех операций, связанных с образованием пыли, таких как дробление, просеивание, смешивание, плавка, сжигание, обжиг, сушка и переработка
Таблица 6.23.	Технологические показатели выбросов NO _x при гидрометаллургических процессах, включая растворение/выщелачивание азотной кислотой
Таблица 6.24.	Технологические показатели выбросов SO ₂ от плавильно-металлургической установки по производству сплава Доре
Таблица 6.25.	Технологические показатели выбросов SO ₂ от гидрометаллургического производства, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки
Таблица 6.26.	Технологические показатели выбросов HCl и Cl ₂ от гидрометаллургического производства, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки
Таблица 6.27.	Технологические показатели выбросов NH ₃ при гидрометаллургическом производстве с использованием аммиака или хлорида аммония

Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота" (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 разделен на следующие разделы:

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

Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

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;

проверка уровня адекватности набора наблюдений и соизмеримого набора критериев, достаточных для поставленных целей при принятии решения.

оценка	—	Кроме того, сочетание анализа с действиями, связанными с политикой, такими как выявление проблем и сравнение рисков и выгод (например, оценка рисков и оценка воздействия);
первичное производство	—	производство металлов с использованием руд и концентратов;
первичные выбросы	—	выбросы, поступающие непосредственно в атмосферу от печей и не распространяющиеся на участки, окружающие печи;
нейтрализация	—	реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабо диссоциирующего вещества;
вторичные выбросы	—	выбросы, выходящие из футеровки печи или во время операций, таких как загрузка или слив, и которые улавливаются вытяжкой;
наилучшие доступные техники	—	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;
технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник	—	уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/Нм ³ , мг/дм ³) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях

годовые капитальные затраты	—	<p>эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;</p> <p>равный или равномерный платеж, производимый каждый год в течение срока полезного использования предлагаемой техники. Сумма всех платежей имеет ту же "приведенную стоимость", что и первоначальные инвестиционные расходы. Годовая капитальная стоимость актива отражает альтернативную стоимость владения активом для инвестора;</p>
восстановление тепла	—	<p>использование технологического тепла для предварительного нагрева сырья, топлива или воздуха для горения;</p>
катод	—	<p>отрицательный электрод;</p> <p>подход, учитывающий более, чем одну природную среду.</p>
комплексный подход	—	<p>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 взаимодействия и координации деятельности различных органов (ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т.д.);</p>
концентрат	—	<p>товарный продукт после обогащения на обогатительной фабрике с повышенным содержанием ценного полезного ископаемого;</p>
кросс-медиа эффекты	—	<p>возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому. Любые побочные эффекты и</p>

		отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии;
плавиковая кислота	—	раствор фтористого водорода (HF) в воде;
шлак	—	продукт высокотемпературного взаимодействия компонентов шихты, состоящий в основном из сплава оксидов;
действующая установка	—	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 действие настоящего справочника по НДТ;
автоматизированная система мониторинга эмиссий в окружающую среду	—	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;
двойное контактирование (двойная абсорбция)	(_	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;

загрязняющее вещество	—	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;
выброс загрязняющих веществ	—	поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;
маркерные загрязняющие вещества	—	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;
мониторинг	—	систематическое наблюдение за изменениями определенных химических или физических характеристик выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т.д.;
измерительная система	—	полный набор измерительных приборов и другого оборудования, включая все рабочие процедуры, используемые для проведения указанных измерений;
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; они предназначены для циркуляции горячих газов в системе горелки для

рекуперативные горелки	—	восстановления тепла. См. также: регенеративные горелки;
качество	—	безразмерная доля любого компонента в руде, выраженная часто в процентах, граммах на тонну (г/т) или частях на миллион (м.д.);
дожигание	—	воспламенение и сжигание выхлопных газов за счет подачи воздуха или использования горелки (например, для уменьшения количества СО и (летучих) органических соединений);
выщелачивание	—	прохождение растворителя через пористый или измельченный материал для извлечения компонентов из жидкой 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.
техники	—	под техниками понимаются как используемые технологии, так и способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, применяемые к проектированию, строительству, обслуживанию, эксплуатации, управлению и выводу из эксплуатации объекта;
окислитель	—	материал, который может реагировать с высокой степенью экзотермичности при контакте с другими материалами, в частности , воспламеняющимися веществами ;
гранулирование	—	процесс искусственного превращения порошкообразного или твердого материала в гранулы , в однородные по размеру и единообразной формы зерна – гранулы;
		выброс от стационарного источника считается организованным, если он осуществляется через специальное сооружение, систему или

организованные выбросы	—	<p>устройство (дымовые и вентиляционные трубы, газоходы, воздуховоды, вентиляционные шахты, и иные), обеспечивающие направленность потока отходящих пыле- и газозвудушных смесей с помощью систем принудительной вентиляции;</p> <p>высвобождение загрязняющих веществ в атмосферный воздух в виде ненаправленных диффузных потоков;</p>
неорганизованные выбросы	—	<p>любое органическое соединение, имеющее при 293,15 К давление паров 0,01 кПа или более или соответствующую летучесть при определенных условиях использования;</p>
летучие органические соединения	—	<p>бесцветный газ или жидкость, являются основным промышленным источником фтора;</p>
фтористый водород	—	<p>твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического, любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе;</p>
пыль	—	<p>действие открытия выпускного отверстия печи для удаления расплавленного металла или шлака;</p>
выпуск (при плавке металла)	—	<p>конечный газовый выброс, содержащий летучие органические соединения или другие загрязняющие вещества из выхлопной трубы или оборудования для борьбы с загрязнением воздуха;</p>
выхлопные газы	—	<p>стадия электролитического рафинирования, при которой металлический анод растворяется, а металл осаждается на катоде. В ячейке откладываются примеси, называемые анодным шлаком.</p>
электрорафинирование	—	<p>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</p>
электролиз	—	

эмиссия

—

через раствор либо расплав электролита;

поступление загрязняющих веществ, высвобождаемых от антропогенных объектов, в атмосферный воздух, воды, на землю или под ее поверхность.

Химические формулы и элементы

Химическое соединение

Наименование



триоксид мышьяка



сульфат кальция (гипс)



серная кислота



кремнефтористоводородная кислота



пероксид водорода



соляная кислота



фторид водорода



азотная кислота



хлорид ртути (II), сулема



хлорид ртути (I), каломель



сульфид ртути



йодид ртути



оксид калия



гидроксид калия



оксид магния, магнезия



гидроксид магния



карбонат магния



сульфат магния



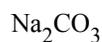
оксид марганца



гидроксид натрия (каустическая сода)



гидрокарбонат натрия



карбонат натрия



диоксид азота



собирательное название оксидов азота NO и NO₂



гидрат аммиака



хлорид аммония



оксид свинца



кремнезем, оксид кремния



диоксид серы

SO ₃	триоксид серы
SO _x	оксиды серы - SO ₂ и SO ₃
ZnO	оксид цинка
CaO	оксид кальция, известь
CaCO ₃	карбонат кальция
CaSO ₄ ·2H ₂ O	сульфат кальция, гипс
CaMg[CO ₃] ₂	доломит

Символ	Наименование	Символ	Наименование
Cu	медь	Pt	платина
Au	золото	Zn	цинк
Ag	серебро	Pb	свинец
As	мышьяк	Ge	германий
Hg	ртуть	Ga	галлий
Se	селен	Te	теллур

Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатура	Определение
АСМ	автоматизированная система мониторинга
АО	акционерное общество
БМЗ	Балхашский медеплавильный завод
ДМ	драгоценные металлы
ЕС	Европейский союз
ЖМЗ	Жезказганский медеплавильный завод
ЗВ	загрязняющее вещество
ИК	инфракрасное излучение
КТА	комплексный технологический аудит
КП	концентрат платиновый
КС	кипящий слой
ЛОС	летучие органические соединения, не относящиеся к метану
МПГ	металлы платиновой группы
МДГ	метод десульфуризации отходящих газов
МКР	мягкий контейнер разовый
НД	нет данных
НДТ	наилучшая доступная техника
НН	не нормируется (в зависимости от контекста)
ОС	окружающая среда
ПАВ	поверхностно-активные вещества
ПДВ	предельно-допустимый выброс
ПДК	предельно-допустимая концентрация
ПДС	предельно-допустимый сброс

ПХДД	полихлорированные дибензодиоксины
ПХДФ	полихлорированные дибензофураны
PM	particulate matter — твердые частицы
PK	Республика Казахстан
РПМ	редкий платиновый металл
PTO	регенеративный термический окислитель
PS	Peirce-Smith (конвертер)
СЭМ	система экологического менеджмента
СЭнМ	система энергетического менеджмента
СВСГ	сероводородсодержащий газ
ТОО	товарищество с ограниченной ответственностью
ТРГ	техническая рабочая группа
ТВРС	Top-blown rotary converter (поворотный конвертер с верхним дутьем)
УКМК	Усть-Каменогорский металлургический комбинат
ЭНК	экологический норматив качества
ЭСО/П	электростатический осадитель/пылеуловитель
ЭФ	электрофильтр

Единицы измерения

Символ измерения	единицы	Название измерения	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 мощности	тепловой	тепловая мощность, теплоэнергия	

Нм ³	нормальный кубический метр	объем	при 101.325 кПа, 273.15 К
Па	паскаль		1 Па = 1 Н/м ²
част/млр.	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
В	вольт	напряжение	1 В = 1 Вт/1 А (А - Ампер, сила тока)

Предисловие

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

Справочник по НДТ разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс).

При разработке справочника по НДТ учтены наилучший мировой опыт, аналогичный и сопоставимый справочный документ Европейского союза по наилучшим доступным техникам "Справочный документ по НДТ для производства цветных металлов" (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries), официально применяемый в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим, экологическим условиям и сырьевой базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

Область применения справочника по НДТ, технологические процессы, оборудование, технические способы, методы в качестве наилучшей доступной техники для конкретной области применения, отнесение техники к НДТ в соответствии с методологией определения НДТ, а также технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности наилучших доступных техник для технологического процесса, определены технической рабочей группой по разработке

справочника по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота".

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий цветной металлургии (производства цинка и кадмия, свинца, меди и золота) составляет порядка 176 000 т/год. На сегодняшний день степень внедрения НДТ на казахстанских предприятиях по производству меди оценивается на уровне 78 %, по золоту - 91,4 %.

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

Предполагаемый объем инвестиций 39,489 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.

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

Информация о сборе данных

Для разработки справочника информация об уровнях выбросов, сбросах, образовании отходов, технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве меди и драгоценных металлов в Республике Казахстан, была собрана в процессе проведения комплексного технологического аудита, правила проведения которого включаются в Правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам. Перечень объектов для комплексного технологического аудита утвержден технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота".

Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса справочников по НДТ.

Справочник по НДТ "Производство меди и драгоценного металла – золота" имеет связь с:

Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий
Утилизация и обезвреживание отходов	Обращение с отходами

Производство свинца	Производство серной кислоты, отходы производства свинца
Производство цинка и кадмия	Производство серной кислоты, отходы производства цинка

Область применения

В соответствии с приложением 3 Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на производство цветных металлов, а также в соответствии с п.п .2 п.12 Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденных постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 (далее - Правила), на следующий перечень основных и дополнительных видов деятельности и технологических процессов:

производство меди из руд, концентратов или вторичных сырьевых материалов посредством пирометаллургических, гидрометаллургических и электролитических процессов;

выплавку медных заготовок, включая производство сплавов, в том числе из вторичных продуктов, на плавильных производствах;

производство медного порошка и медного купороса;

утилизацию серосодержащих газов медного производства с последующим производством серной кислоты и иной продукции;

производство драгоценных металлов из шламов, концентратов, природных концентратов (шлиховое золото), шлаков, кеков, вторичных сырьевых ресурсов посредством гидрометаллургических, пирометаллургических и электрохимических процессов и производство слитков золота.

Область применения настоящего справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота".

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

хранение и подготовка сырья;

хранение и подготовка топлива;

производственные процессы (пирометаллургические, гидрометаллургические и электролитические);

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

хранение и подготовка продукции;

производство серной кислоты из отходящих газов медного производства.

Справочник не распространяется на:

добычу и обогащение руды;

получение концентратов;

производство проволоки;

поверхностную обработку металлов;

поверхностную обработку металлов;

вспомогательные процессы, необходимые для бесперебойной эксплуатации производства, а также на внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами;

вопросы, касающиеся обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

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

Принципы применения

Статус документа

Справочник по 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 НДТ, 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, содержащее 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 обязательным 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 анализу при пересмотре справочника по НДТ.

Раздел 1: представлена общая информация о производстве меди и драгоценных металлов, структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях по производству меди и драгоценных металлов.

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

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок по производству меди и драгоценных металлов с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, каталог методов и связанный с ними мониторинг, используемый для:

- предотвращения или снижения выбросов в атмосферу;
- предотвращения или снижения сбросов в водные объекты;
- предотвращения или сокращения образования отходов.

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 основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребления энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

1.1. Структура и технологический уровень производства меди и драгоценных металлов

Современное состояние металлургии меди характеризуется следующими особенностями [2]:

1. В промышленную переработку поступают руды с содержанием меди от 0,5 мас. % и выше.

2. Около 90 % всей руды подвергается флотационному обогащению, а 10 % поступает непосредственно в металлургические переделы – на плавку и выщелачивание.

3. Основным способом получения металлической меди является пирометаллургический, с плавкой руд и концентратов на штейн и последующим конвертированием штейна. Этим способом в настоящее время получают около 90 % меди. Значительная часть штейна до настоящего времени выплавляется в отражательных печах, в отдельных случаях применяют агломерацию концентратов с последующей плавкой в шахтных печах или электроплавку обожженных или подсушенных концентратов. В последнее время все шире используются новые процессы, наиболее перспективными из которых являются взвешенная плавка, кислородно-факельная плавка, плавка в жидкой ванне ("Процесс Ванюкова") и другие. Разработаны и внедрены технологии, совмещающие плавку с конвертированием. В Японии уже в 1975 г. 59,5 % штейна было получено взвешенной плавкой, а 4,4 % концентрата переработано непрерывным процессом "плавка–конвертирование" по способу фирмы Митцубиси. Пирометаллургический способ получения меди имеет ряд ограничений: большой масштаб производства (порядка 100 тысяч тонн черновой меди в год); потребность в концентрате с содержанием меди 25 – 30 % или богатой руде с 2 % меди; необходимость полного использования серы концентрата или руды.

4. Черновая медь, полученная при конвертировании штейнов, как правило, поступает на огневое рафинирование и электролитическое рафинирование.

5. Шламы электролитического рафинирования подвергаются комплексной переработке для извлечения Au, Ag, Se, Te и др. элементов.

6. Около 20 % меди получают гидрометаллургическими методами из водных растворов. Преимуществами этих методов являются низкий расход энергии, улучшение условий труда и менее отрицательное по сравнению с пирометаллургическими методами воздействие на окружающую среду. Недостатками являются невозможность попутного извлечения благородных металлов, низкая интенсивность, громоздкость оборудования.

Мировое производство меди достаточно консолидировано. Почти 35 % этого металла производится пятью крупнейшими компаниями Codelco (Чили), Freeport-McMoRan (США), Glencore (Швейцария), BHP Billiton (Австралия), Southern Copper (Мексика). Эти компании почти 80 % меди получают из первичного сырья (то есть осуществляют полный цикл переработки) и 20 % производят в результате переработки поступающего лома. В Европе наиболее крупными производителями меди являются: Польша, Португалия и Болгария. Каждый завод способен осуществлять выпуск широкого ассортимента медной продукции. Несмотря на современный кризис, медь по-прежнему остается востребованным металлом. Одними из серьезных недостатков, присущих этому производству, являются экологические проблемы. Оценка выбросов на медеплавильных заводах показала высокий уровень загрязнения окружающего воздуха. В его составе присутствует большое количество вредных для здоровья химических соединений (кадмий, ртуть, мышьяк, свинец, оксиды азота и углерода) [3].

За последние шесть лет по сведениям Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан объем добычи медных руд в Казахстане возрос с 38,4 млн. тонн в 2014 году до 119,8 млн. тонн в 2019 году, выпуск медных концентратов с 9,4 млн. тонн до 15,8 млн. тонн и меди в медных концентратах с 458,8 тысяч тонн до 568,5 тысяч тонн. По данным годового отчета Nornickel добыча меди в мире в 2019 году составила около 20,7 млн. тонн, первое место в мире по добыче занимает Чили, на который приходится 25 % мировой добычи (5,2 млн. тонн), на Казахстан приходится около 2,7 % мировой добычи меди (560 тысяч тонн) и 12-ое место в мире по объемам добычи меди.

В Казахстане крупными недропользователями на добычу меди являются ТОО "Корпорация Казахмыс", "KAZ Minerals" PLC, ТОО "Казцинк".

К числу крупнейших относятся Джезказганское месторождение медистых песчаников, месторождения медно-порфирового типа Актогайское и Айдарлы. Добычу медьсодержащих руд на территории Республики Казахстан осуществляют дочерние компании АО "Корпорация Казахмыс", дочерние структуры АО "Казцинк", ТОО "Актюбинская медная компания", ТОО "Майкаинзолото". Все эти предприятия имеют мощности по выпуску меди в медном концентрате.

Добыча и выплавка меди в Казахстане сосредоточены в центральной и восточной частях Республики Казахстан. Крупнейшие предприятия медной промышленности – Балхашский и Жезказганский горно-металлургические комбинаты. Они работают на медных рудах Коунрада, Саяка и Жезказгана. Полиметаллическая промышленность развита на востоке и юге Казахстана. На Алтае находятся старейшие центры этой отрасли – Риддер и Усть-Каменогорск.

В настоящее время в Казахстане разведано 199 промышленных месторождений золота, практически во всех регионах страны, в том числе 127 коренных

месторождений, 40 комплексных, 32 рассыпных. Основная доля запасов приходится на руды медных и полиметаллических месторождений (68 %). Наиболее крупными из собственно золоторудных месторождений являются - Васильковское (разведанные запасы - 360 тонн золота) и Бакырчик 277. Запасы серебра Казахстана разведаны более чем в 100 месторождениях, при этом основная доля (около 60 %) приходится на полиметаллические (медно-свинцово-цинковые) месторождения. Уровень содержания серебра в рудах этих месторождений находится на уровне от 40 до 100 г/тонну. Около 25 % запасов серебра республики сосредоточено в месторождениях медистых песчаников (Жезказганское и др.), где содержание серебра составляет 10 – 20 г/тонну.

Доля собственно золото-серебряных руд в общем объеме запасов и добычи серебра незначительна.

При обогащении медных руд драгоценные металлы извлекаются в медные концентраты. При дальнейшей переработке медных концентратов в металлургическом цикле дочерних объединений компании "Казахмыс" - ПО "Жезказганцветмет" и ПО "Балхашцветмет" основной объем серебра сосредотачивается в медеэлектролитных шламах.

1.2. Ресурсы и материалы

Сырьем для производства черновой меди служат концентраты, получаемые путем обогащения медной руды на горно-обогатительных предприятиях, а также вторичные материалы.

Важной составной частью поставляемого для рафинирования и последующей обработки меди сырья являются вторичные материалы (лом цветных металлов), содержащие медь. Медь может быть извлечена из большинства изделий, для изготовления которых она применяется, и возвращена в процесс производства без потери качества при вторичной переработке. Практически 100 % вновь образующегося или технологического медного лома перерабатывается; кроме того, согласно некоторым исследованиям, до 95 % медного лома старых изделий поступает на рынок и также перерабатывается.

Сырьем для производства драгоценных металлов являются шламы, концентраты, природные концентраты (шлиховое золото), шлаки, кеки, вторичные сырьевые.

Перечень горно-обогатительных предприятий и источников, перерабатываемых на них руд, приведен в таблице 1.1.

Таблица .. Горно-обогатительные мощности

№ п/п	ГОК/ предприятие	Сырьевая база	Производительность, млн . т/год
1	2	3	4
1	ТОО "Казцинк"		
1.1	Горно-обогатительный комплекс "Алтай"	Малеевский рудник	5,5
		Долинный рудник	

1.2	Риддерский горно-обогатительный комплекс	Тишинский рудник Шубинский рудник Риддер-Сокольный рудник	-
2	ТОО "Корпорация "Казахмыс"		
2.1	Балхашская обогатительная фабрика	Месторождения Шатырколь, Конырат, Саяк и Тастау	11,5
2.2	Жезказганская обогатительная фабрика	Жезказганское месторождение, Жыландинская группа месторождений и Жаман-Айбат	25,0
2.3	Карагайлинская обогатительная фабрика	Месторождения Нурказган, Абыз, Акбастау и Кусмурын	1,7
2.4	Нурказганская обогатительная фабрика		4,0
3	ТОО "KAZ Minerals"		
3.1	Фабрика по переработке сульфидных руд	Месторождения ТОО "KAZ Minerals Aktogay"	50,0
3.2	Фабрика по переработке сульфидных руд	Месторождения ТОО "KAZ Minerals Bozshakol"	25,0
3.3	Завод по отмывке коалинизированных руд		5,0

1.3. Производство и использование

Основными источниками производства меди является рудное и вторичное сырье, доля которого в настоящее время составляет около 40 %. Это объясняется главным образом истощением природных запасов медных руд [4].

В Казахстане начало производства меди лежит в 1930 – 1940-х гг. Сегодня промышленные предприятия республики являются одними из самых крупных экспортеров данного металла. Казахстанская рафинированная медь в больших объемах экспортируется в страны Европы, такие как Германия и Италия. В Казахстане осуществляют свою деятельность по добыче и являются крупнейшими производителями меди три крупных недропользователя: ТОО "Корпорация "Казахмыс", KAZ Minerals PLC и ТОО "Казцинк". Крупнейшими медными рудниками в Казахстане являются:

месторождение Актогай, которое находится на юго-востоке Казахстана, примерно в 250 км от казахстанско-китайской границы, расположено в Аягозском районе Абайской области, в 22 км к востоку от железнодорожной станции Актогай, минеральные ресурсы месторождения оцениваются в размере 121 млн тонн окисленной и 1,597 млрд тонн сульфидной руд при среднем содержании меди 0,33 % и 0,37 %, соответственно;

месторождение Бозшаколь, которое расположено на севере Казахстана в Павлодарской области, на территории, подчиненной городу Экибастуз, минеральные

ресурсы месторождения оцениваются в размере 1,17 млрд тонн руды при среднем содержании меди 0,36.

В 1970 – 1980 годах в СССР в опытно-промышленном масштабе испытывался способ кучного (отвального) выщелачивания для извлечения меди из забалансовых медных руд и отвалов Коунрадского (Балхаш), Кальмакырского (Алмалык), Волковского (Красноуральск) месторождений и медно-цинковых руд Николаевского месторождения Восточно-Казахстанского медно-химического комбината (Усть-Таловка). Извлечение меди из продуктивных растворов осуществляли методом цементации на железной стружке. В настоящее время в Казахстане вновь возрос интерес к гидрометаллургическому методу переработки медных руд в связи с возможностью применения экстракционной технологии, позволяющей получать катодную медь высокой чистоты при значительной экономической эффективности. Исследования по возможности применения экстракционной технологии для переработки различных видов казахстанского сырья ведутся во ВНИИцветмет с 1997 года, начиная с совместного проекта научно-технического сотрудничества Казахстана и Японии в области разработки экологически чистой технологии добычи и переработки минерального полиметаллического сырья. Наиболее крупная организация в Казахстане, перерабатывающая окисленные медные руды в настоящее время, – предприятие группы KAZ Minerals, расположенное на месторождении "Актогай". Производительность предприятия – 25 тысяч тонн катодной меди в год. На месторождении выделяется несколько типов окисленных медных руд, отличающихся по вещественному составу и технологическим свойствам: вулканиты, диориты и гранодиориты. Среднее содержание меди в рудах – 0,4 - 0,5 %. Породные минералы представлены кварцем, полевыми шпатами, серицитом, хлоритом, кальцитом и доломитом в различных соотношениях в зависимости от типа руд. Выщелачивание осуществляется в отвалах на руде карьерной крупности [5].

Производительная мощность медного завода УК МК ТОО "Казцинк" по выпуску катодной меди составляет 70 тысяч тонн/год с содержанием меди в товарной продукции в 99,99 %.

ТОО "Казахмыс Смэлтинг" - производящая 90 % меди в Казахстане. Деятельность охватывает получение рафинированной меди на двух медеплавильных металлургических заводах, годовой проектной мощностью до 400 – 440 тыс. тонн меди в год.

С учетом специфических свойств меди и ее сплавов основными потребителями их являются электротехника и электроника (до 50 – 55 % в виде провода, шнуры, кабели, шины, обмотки электродвигателей и трансформаторов); машиностроение (теплообменники, радиаторы); авто-, авиа- и транспортное машиностроение; производство товаров народного потребления.

Производство – извлечение драгоценных металлов из добытых комплексных руд, концентратов и других полупродуктов, содержащих драгоценные металлы, а также из лома и отходов (вторичного сырья). Сюда же относится и аффинаж.

К драгоценным металлам относятся золото, серебро, платина и платиноиды – палладий, осмий, иридий, рутений и родий [6]. Благородные металлы можно условно разделить на три группы; металлы серебра, золота и платиновой группы (последние включают платину, палладий, родий, рутений, иридий и осмий). Наиболее значимыми их источниками являются руды драгоценных металлов, а также побочные продукты, полученные при переработке других цветных металлов (в частности, анодные шламы медного производства и выщелачивающие остатки, неочищенный металл от производства цинка и свинца) и переработанный материал [6]. Благородные металлы по сравнению с другими металлами имеют более высокую химическую устойчивость в различных средах и в первую очередь в отношении образования кислородных соединений. Золото и серебро – металлы, соответственно, желтого и белого цвета. Они имеют гранцентрированную кубическую решетку, отличаются исключительной ковкостью и тягучестью. Тепло- и электропроводность обоих металлов весьма высоки: серебро в этом отношении превосходит все другие металлы, золото уступает лишь меди и серебру. Отличительными особенностями этих элементов являются склонность к комплексообразованию и легкость восстановления большинства их соединений до металлов [8].

Доля их в общем объеме горнодобывающей промышленности мира незначительна и составляет около 0,00005 %, в то же время благодаря их высокой стоимости в ценностном выражении это составляет примерно 5 %. Иными словами, стоимостное выражение добычи благородных металлов приблизительно в 100000 раз выше за единицу массы любого (кроме алмаза) другого полезного ископаемого.

Золото относится к благородным металлам. Низкая химическая активность является важным и характерным свойством этого металла. На воздухе, даже в присутствии влаги золото практически не изменяется. Золотые изделия, изготовленные в глубокой древности, в неизменном виде сохранились до наших дней. Даже при высоких температурах золото не взаимодействует с водородом, кислородом, азотом, серой и углеродом. Золото легко растворяется в царской водке, насыщенной хлором соляной кислоте, в водных растворах цианидов щелочных и щелочноземельных металлов в присутствии кислорода.

Источниками получения металлического золота являются: золотосодержащие руды; полиметаллические золото-свинцово-цинковые и платино-медно-никелевые сульфидные руды; вторичное сырье – промышленный и бытовой золотосодержащий лом и отходы.

Золотосодержащие месторождения разделяются на два вида: россыпные, в которых золото присутствует в свободном виде среди обломочных рыхлых отложений (песков),

и коренные, которые содержат золото в свободном или связанном состоянии в твердых кристаллических породах.

В полиметаллических рудах носителями золота служат многие сульфидные минералы, особенно такие, как пирит, халькопирит и галенит. Золотосодержащие руды – это вкрапленные породы, содержащие вкрапления металлического золота, его селенидов и теллуридов в различных горных породах, чаще всего в кварце или сульфидах [9].

Золото обладает уникальным комплексом физических и химических свойств, которых не имеет ни один другой металл. Оно очень технологично, из него легко изготовить сверхтонкую фольгу и микронную проволоку, оно хорошо паяется и сваривается под давлением, золотые покрытия легко наносятся на металлы и керамику. Золото почти полностью отражает инфракрасные лучи, сплавы обладают каталитической активностью. Такая совокупность полезных свойств золота является причиной его широкого использования в важнейших отраслях современной техники: электронике, технике связи, космической и авиационной технике, ядерной энергетике и т. д.

1.4. Производственные площадки

В Казахстане осуществляют свою деятельность по добыче и являются крупнейшими производителями меди три крупных недропользователя:

ТОО "Казцинк";

ТОО "Корпорация "Казахмыс";

ТОО "KAZ Minerals Aktogay".

Основными золотодобывающими компаниями Казахстана являются:

"Altyntau Kokshetau" (Васильковское золоторудное месторождение);

"Kazakhmys Holding" (рудники Центрального региона);

"KAZ Minerals" PLC ("Бозшаколь" и "Актогай");

"Полиметалл" (Варваринское, Комаровское, Бакырчик);

"Алтыналмас" (Акбакайское месторождение и проект Пустынное);

"Казахалтын" (рудники Аксу, Жолымбет, Бестобе);

"Nordgold" (рудник Суздаль).

В Казахстане золото перерабатывается на трех аффинажных заводах: Усть-Каменогорском металлургическом комплексе ТОО "Казцинк" (мощность 52 тонн/год), в аффинажном цеху Балхашского медеплавильного завода ТОО "Корпорация Казахмыс" (мощность 10 тонн/год) и аффинажном заводе ТОО "Тау-Кен Алтын" в г. Астана (мощностью 25 тонн/год).

1.5. Энергоэффективность

Повышение энергоэффективности играет важную роль, выступая в качестве индикатора воздействия процесса на окружающую среду.

Черная и цветная металлургия занимают ведущее место в потреблении энергетических ресурсов и представляют одну из основных составляющих энергетического баланса промышленности. По энергоемкости производство меди находится на третьем месте после производства стали и алюминия [2]. Одними из важнейших направлений в цветной металлургии являются внедрение в металлургическое производство ресурсосберегающих технологий, оборудования и дальнейшее их развитие.

1.5.1. Производство меди

В энергопотреблении производства меди основными технологическими процессами выступают процессы шихтоподготовки, плавки, конвертирования и электрорафинирования, реализуемые путем использования электрической энергии и энергии топлива. Важнейшим свойством сырья цветной металлургии является способность к значительному выделению тепла при его переработке. Большое количество энергии выделяется в процессе пирометаллургической плавки различного сырья, к которому относятся сульфидные медные концентраты и полупродукты их переработки. Эта энергия образует значительную часть вторичных энергетических ресурсов.

Основными энергоресурсами, используемыми при производстве меди, являются электроэнергия, топливо (мазут, дизельное топливо, уголь) и тепловая энергия. Укрупненная потоковая схема потребления энергоресурсов приведена на рисунке 1.1. Уровень потребления того или иного ресурса существенным образом зависит от используемого оборудования и способа производства. При гидрометаллургическом способе производства основным энергоресурсом является электроэнергия. При пирометаллургическом способе существенную роль играет топливная составляющая. На предприятиях Казахстана используются оба способа получения меди. Предприятия УКМК ТОО "Казцинк" и ТОО "Kazakhmys Smelting" используют пирометаллургический способ, а на предприятии ТОО "KAZ Minerals Aktogay" применяется гидрометаллургический способ.



Рисунок .1. Укрупненная потоковая схема потребления энергоресурсов

Большинство металлургических процессов осуществляется при высоких температурах и связано с затратами тепловой энергии. Нужные температуры достигаются сжиганием топлива либо за счет использования электроэнергии. Как показывает опыт развития металлургического производства, в течение последних нескольких десятилетий технология переработки медного сырья во всем мире совершенствуется на основе разработки и освоения автогенных процессов. Автогенной называют плавку без затрат топлива, осуществляемую за счет тепла, получаемого при окислении составляющих шихты. При переплаве сульфидного сырья автогенность обеспечивается за счет сгорания сульфидов шихты. Это является важнейшим свойством сырья цветной металлургии- обеспечивать значительное выделение тепла при его переработке. Такая энергия образует существенную часть вторичных энергетических ресурсов. Она составляет более 30 % от общего количества вторичных энергоресурсов в цветной металлургии [10].

На предприятиях цветной металлургии Казахстана используется оборудование различных типов, с разной степенью энергоэффективности. В целом рассматриваемые предприятия, использующие пирометаллургическую технологию, отличаются шихтоподготовкой и типом плавильных печей. Например, для получения штейна используются печи Ванюкова, Айза-печи и рудотермические печи.

На Усть-Каменогорском металлургическом комплексе, входящем в группу ТОО "Казцинк", производство меди осуществляется по технологии Isasmelt и Isaprocess компании "Xstrata technology" (Австралия), которая предусматривает использование современного плавильного оборудования с дальнейшей утилизацией уходящих газов от Isasmelt-печи и конвертеров в котле-утилизаторе. Такая схема, кроме использования

автогенного режима горения, позволяет в полной мере использовать тепло уходящих газов.

На Балхашском медеплавильном заводе ТОО "Kazakhmys Smelting" используются плавильные печи Ванюкова. В них происходит плавление медьсодержащего сырья путем окисления кислородом дутья компонентов шихты. Как указывалось выше, использование автогенных процессов приводит к существенному сокращению топливной составляющей в энергобалансе. С целью утилизации тепловой энергии от медеплавильных печей и конвертеров также используются котлы-утилизаторы.

Наименее эффективное оборудование установлено на Жезказганском медеплавильном заводе ТОО "Kazakhmys Smelting". На данном предприятии для плавки сырых медных концентратов применяются рудотермические печи. Как правило, расход электроэнергии при электроплавке медных концентратов зависит от их состава и влажности и колеблется от 380 до 550 кВт·ч/т шихты.[10] При электроплавке потери теплоты меньше, чем при отражательной плавке, главным образом за счет отсутствия топочных газов. Однако, если электроэнергия поступает от внешних источников, то необходимо учитывать и коэффициент полезного действия электростанций. Следует учесть, что тепловой коэффициент полезного действия даже при отражательной плавке при рациональном использовании теплоты отходящих газов может быть более высоким, чем при использовании рудотермических печей [10].

В таблице 1.2. проведены энергозатраты металлургической переработки (ГДж/тонн) на получение катодной меди при различных процессах [11].

Таблица 1.2. Энергозатраты металлургической переработки (ГДж/тонн) на получение катодной меди

№ п/п	Процесс	Энергозатраты
1	2	3
1	Отражательная плавка сырой шихты	35,1
2	Отражательная плавка огарка	30,9
3	Электроплавка	42,9
4	Взвешенная плавка (Оутокумпу)	18,9
5	Кислородно-факельная планка	21,2
6	"Норанда"	24,0
7	"Мицубиси"	19,7

В целом рудотермическая плавка не удовлетворяет большинству современных требований. Существенным недостатком такого процесса является еще и то, что не используется теплотворная способность сульфидов шихты (тепло, которое могло бы быть получено при их сжигании в печи).

На предприятии ТОО "KAZ Minerals Aktogay" используется гидрометаллургический способ производства катодной меди с использованием современного технологического оборудования. Основным энергоресурсом является

электроэнергия. Топливная составляющая играет незначительную роль в данном процессе.

В BREF и ИТС 3–2019 "Производство меди" [11,12] приведен диапазон (общего) потребления электроэнергии для ряда технологических процессов с применением медного концентрата. Он составляет от 14 ГДж (3 889 кВтч) до 20 ГДж (5556 кВтч) на тонну катодной меди (пункт В.3 уровни потребления, приложение В). Уровни потребления электрической энергии приведены для справки и не устанавливают уровни энергетической эффективности. Удельные расходы других энергоресурсов в BREF-NFS и ИТС 3-2019 не приведены.

В таблице 1.3. представлены данные удельного потребления электроэнергии на производство меди двумя предприятиями Казахстана.

Таблица .3. Удельное потребление электроэнергии предприятиями Казахстана

№ п/п	Предприятие	Способ	Удельный расход электроэнергии, кВт.ч/т
1	2	3	4
1	1	Пирометаллургический	2 237
2	2	Гидрометаллургический	10 265

Удельные расходы энергоресурсов существенным образом зависят от многих факторов, прежде всего от способа производства и состава используемого оборудования. Большое значение имеет наличие современных систем регулирования и утилизации тепловой энергии. В разделе 5 подробно описываются способы снижения энергоемкости при производстве меди.

1.5.2. Производство драгоценных металлов

В себестоимости продукции расходы энергоресурсов при производстве драгоценных металлов занимают небольшую долю. Это обусловлено как технологическими процессами, так и высокой добавленной стоимостью конечной продукции. Основными видами энергоресурсов являются: электроэнергия, дизельное топливо, мазут, природный газ, кокс и др.

В технологическое оборудование производства драгоценных металлов входят электропечи, реакторы с мешалкой и паровой рубашкой, тигли плавильные и электролизеры. В качестве энергоресурсов используются пар, мазут, дизельное топливо и электроэнергия.

Целевые показатели удельных расходов электроэнергии при производстве драгоценных металлов [6] приведены в таблице 1.4.

Таблица .4. Удельный расход электроэнергии при производстве драгоценных металлов

№ п/п	Процесс	Ед. измерения	Значение
1	2	3	4
1	Переработка шлама	кВт/кг драгоценных металлов	≤39

2	Аффинаж (производство драгоценных металлов)	кВт/кг драгоценных металлов	≤7,1
---	---	-----------------------------	------

1.6. Основные экологические проблемы

Главной экологической проблемой медной промышленности является загрязнение атмосферного воздуха и воды. Медеплавильные производства обычно располагают собственными мощностями по водоподготовке и замкнутыми водооборотными циклами. Большая часть побочных продуктов и отходов поступает на вторичную переработку. Из-за потенциальной опасности ряда твердых отходов и жидких стоков, если они хранятся и обращаются с нарушением установленных требований, имеется существенный риск загрязнения почвы.

В выбросах предприятий цветной металлургии в целом и медеплавильных заводов, в частности, основные объемы загрязняющих веществ приходятся на такие элементы, как диоксид серы, пыль, оксиды азота, оксид углерода, металлы и их соединения (в зависимости от состава исходного сырья это, прежде всего, медь, мышьяк, ртуть, свинец, кадмий и др.), летучие органические соединения (общие и органический углерод), полихлордibenзодоксины/фураны (ПХДД/Ф).

Исторически наиболее острой экологической проблемой, связанной с производством меди из первичного сырья, являются выбросы диоксида серы, составляющие 75 – 80 % от общего объема загрязняющих веществ в отходящих газах, образующихся при обжиге и плавке сульфидных концентратов.

Основные экологические проблемы при производстве вторичной меди также связаны с отходящими газами, образующимися при работе различного типа печей. Например, при наличии небольшого количества хлора во вторичном сырье имеется вероятность образования ПХДД/Ф, в связи с чем предпринимаются усилия по решению вопроса об уничтожении этих опасных соединений.

Все больше внимания как при первичном, так и при вторичном производстве меди уделяется неорганизованным выбросам. Для улавливания неорганизованных выбросов технологических газов необходимо тщательное проектирование технологических установок и процессов.

Используемая при производстве меди 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.

Аффинаж драгоценных металлов предполагает использование большого количества реагентов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Сюда относятся прежде всего такие реагенты, как:

хлор;
концентрированная азотная кислота;
концентрированная соляная кислота;
серная кислота;

органические реагенты и органические растворители (при использовании экстракционных процессов).

Серьезную опасность представляет проблема сбора, хранения и переработки вторичного сырья. Так, отходы электронной промышленности, вторичный электронный лом включают в свой состав органические составляющие (пластик различных видов, материалы на основе поливинилхлорида, фенолформальдегида), а также практически полный набор тяжелых металлов. Такие металлы, как свинец, сурьма, ртуть, кадмий, мышьяк, входящие в состав компонентов электронной техники, переходят под воздействием внешних условий в органические соединения, которые могут растворяться в производственных растворах и становятся сильнейшими ядами. Утилизация пластиков, содержащих ароматические углеводороды, органические хлорпроизводные соединения, является насущной экологической проблемой предприятий.

1.6.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Производство меди

Технология производства меди подразумевает использование плавильной печи, работающей в непрерывном режиме, для производства медного штейна и периодического процесса - для конвертирования и рафинирования меди. Основными этапами производства меди являются: шихтоподготовка (прием и складирование материалов, загрузка в шихтовочные бункера, дозирование и смешивание материалов, передача шихты ленточными транспортерами в медеплавильный цех, плавка шихты на штейн, конвертирование медного штейна, огневое рафинирование черновой меди, электролитическое рафинирование анодной меди.

В выбросах медеплавильных заводов основные объемы загрязняющих веществ приходятся на такие элементы, как диоксид серы, пыль, оксиды азота, оксид углерода, металлы и их соединения (в зависимости от состава исходного сырья это, прежде всего, кадмий, медь, мышьяк, ртуть, свинец и др.), летучие органические соединения (общие и органический углерод), полихлордибензодиоксины/фураны (ПХДД/Ф).

Наибольшее количество выбросов приходится на диоксид серы, который образуется в процессе обжига и плавки сульфидных концентратов.

Диоксид серы

Наиболее значимыми источниками выбросов диоксида серы являются участки обжига, плавки и конвертирования при производстве меди из первичного сырья с применением сульфидных концентратов. При этом возможно образование неорганизованных выбросов, которые могут улавливаться несколькими способами.

Диоксид серы может также выбрасываться в атмосферу на этапе сушки концентрата (в основном при сжигании топлива на горелках) и на этапе первичного рафинирования, поскольку черновая медь содержит от 0,03 % до 1 % растворенной серы. Концентрация обычно очень низка, поэтому в случае необходимости применяется простая скрубберная очистка.

В отдельных случаях, в зависимости от используемого материала, частичный обжиг и плавку огарка не применяют, а обжиг медных концентратов осуществляется одновременно с плавкой. Применение для плавки герметичных печей позволяет эффективно улавливать диоксид серы. Кислородное обогащение позволяет добиваться высокой концентрации диоксида серы. В результате удается минимизировать образование отходящих газов и уменьшить габариты систем очистки и сернокислотных установок. Очень высокий уровень обогащения кислородом может увеличить концентрацию триоксида серы в газах, попадающих на сернокислотную установку. Повышенное содержание триоксида серы в газе, поступающем из печи, поглощается скруббером, что увеличивает количество слабой кислоты, идущей на переработку, использование и утилизацию.

На рисунке 1.2 представлены данные по выбросам загрязняющих веществ медного завода Усть-Каменогорского металлургического комплекса.

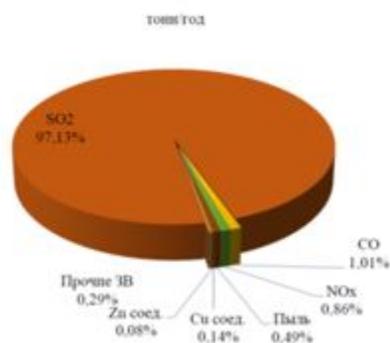


Рисунок 1.2. Структура нормативных валовых эмиссий медного завода в атмосферу

Основной объем диоксида серы образуется от процесса плавки в айза-печи (ISASMELT Cu) и конвертирования, а также стационарных горелок (газ от нагрева ванны при вводе печи ISASMELT Cu в эксплуатацию после остановки, газ от нагрева печи во время нахождения в режиме "горячего" резервирования), горелок выпускного желоба печи ISASMELT Cu (газ от нагрева шлако-штейновой смеси во время ее подачи в электропечь) от электропечи (технологические газы после первого охлаждения подсосами воздуха и аспирационные газы электропечи). Основной вклад в годовой нормативный выброс диоксида серы вносят:

плавка в айза-печи (ISASMELT Cu) и конвертирование (технологические газы);

аспирационные газы процесса плавки в айза-печи (ISASMELT Cu), стационарные горелки, аспирационные и технологические газы электропечи.

Пыль и соединения металлов

Выбросы пыли и соединений металлов могут возникать на большинстве этапов технологического процесса. Значительное количество выбросов возникает на этапе обработки, хранения, сушки и переработки сырья.

Организованные и неорганизованные выбросы пыли на этапах плавки, конвертирования и рафинирования могут быть значительными. Эти выбросы также имеют большое значение, поскольку на соответствующих технологических этапах предусмотрено удаление из меди летучих металлов, таких как цинк и свинец, а также небольшого количества мышьяка и кадмия, а указанные металлы содержатся в отходящих газах и частично в пыли.

Комплексы плавки первичного сырья обычно достаточно герметичны, что позволяет минимизировать неорганизованные выбросы пыли. Для этого проводится качественное техническое обслуживание печей и отводящих каналов, а улавливаемые газы до передачи на сернокислотную установку обрабатываются системами пылеудаления.

При эксплуатации печей, используемых для вторичной плавки, образуются значительные объемы неорганизованных выбросов, особенно при загрузке материалов и выпуске металла. При работе с вторичными печами шихта загружается через закрытую систему загрузки; неорганизованные выбросы образуются в летке печи и выпускном желобе, улавливаются с помощью специальных вытяжных зонтов и направляются в систему газоочистки. Собранные газы обычно охлаждаются, после чего из них с помощью электростатических и рукавных фильтров удаляется пыль. При этом обычно достигается высокая эффективность фильтрации. Вследствие дозированного поступления материалов на этапах конвертирования и огневого рафинирования, а также на этапе плавки далеко не всегда обеспечивается необходимый уровень герметичности. Подача и транспортировка штейна, шлака и металла в таком режиме предполагают образование значительных объемов неорганизованных выбросов. При использовании ковшовой системы транспортировки может снижаться эффективность улавливания газа вытяжными зонтами, особенно при использовании конвертеров Пирса – Смита (Peirce-Smith -далее PS) или других подобных конвертеров. Для улавливания или снижения выбросов, образующихся при загрузке или выпуске металла из печи, конвертеры либо закрываются, либо оборудуются вытяжными зонтами вторичного улавливания. Отходящий газ из зоны укрытия или вытяжного зонта подвергается очистке. Метод очистки зависит от содержания SO₂. Газы, образующиеся при конвертировании штейна, имеют большую концентрацию SO₂, при этом в любом случае необходимо удалить оксиды металлов (мышьяка, свинца и т. д.). Подача флюса и других материалов "через зонт" может минимизировать "открытие" конвертера и тем

самым сократить время отсоединения конвертера от системы улавливания первичных газов. Выпуск штейна более высокого качества предполагает уменьшение количество загрузок из ковша и, таким образом, сокращает образование неорганизованных выбросов газа. Снижение неорганизованных или неулавливаемых выбросов очень важно. Решение этого вопроса зависит от эффективности улавливания первичных, а иногда и вторичных газов.

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.

Выбросы металлов значительно зависят от состава пыли, образующейся в рамках применяемых технологических процессов. Состав может быть очень разным и зависит от технологического процесса, являющегося источником пыли, и характера перерабатываемого сырья. Например, пыль, образующаяся в конвертере для плавки скрапа, полностью отличается от пыли с конвертера штейна, при этом состав пыли изменяется в зависимости от этапов технологического процесса (загрузка, продувка, отливка и т. д.).

Оксиды азота

Стадии производства меди обычно реализуются при высоких температурах, а также с применением кислорода. Это сокращает парциальное давление азота в пламени и снижает объемы образования оксидов азота при условии, что в очень горячих зонах азот присутствует в небольших количествах. Согласно полученным данным стандартные уровни выбросов оксида азота при переработке вторичной меди составляют от 50 до 500 мг/Нм³ в зависимости от печи и типа технологической операции. Применение высокоэффективных технологий (например, Contimelt) требует установления баланса между использованием энергии и достигнутым значением NO_x.

Оксиды азота, образующиеся в ходе первичных процессов, в основном поглощаются производимой серной кислотой.

Моноксид углерода (угарный газ)

В процессе плавки с применением печей, в которых необходимо поддерживать восстановительную атмосферу, могут образовываться значительные концентрации угарного газа. Это происходит, в первую очередь, при плавке высококачественной меди в шахтных печах, сопровождающейся литьем в формы или производством катанки, так как выпуск такого рода продукции требует контроля уровня кислорода для

достижения максимальной электрической проводимости меди. Таким образом, процесс протекает в восстановительных условиях, и содержание окиси углерода, стандартный показатель для которой составляет около 5 000 мг/Нм³, в отходящих газах может увеличиться.

Для минимизации содержания СО и поддержания качества продукции могут также использоваться системы контроля горелок. Можно установить систему сигнализации в зависимости от уровня СО.

Для удаления СО можно использовать дожигание при стандартных концентрациях в диапазоне от 10 до 200 мг/Нм³. Электрические печи, используемые при очистке шлака и для восстановительных процессов, обычно работают с дожиганием либо непосредственно в самой печи, либо в специальной реакционной камере.

Летучие органические соединения

Органические соединения могут выбрасываться в атмосферу при первичном производстве на этапе сушки в зависимости от используемых для переработки руды и материалов, а также применяемого при сушке топлива. ЛОС также могут выбрасываться в атмосферу путем испарения из резервуаров и утечек из трубопроводов. Наиболее значимыми источниками сырья для вторичного производства являются материалы, полученные на этапе переработки скрапа, плавки и рафинирования. Этап конвертирования вторичной меди также является потенциальным источником выбросов, если в конвертер догружается скрап, загрязненный органическими материалами, и при этом не обеспечивается их полное сгорание. В первую очередь это относится к неорганизованным выбросам. Летучие органические соединения могут выбрасываться в атмосферу, если в качестве сырья используются маслянистые материалы. Их количество может достигать от 5 до 100 г на тонну меди или от 1 до 10 мг/Нм³. Летучие органические соединения могут также образовываться при обезжиривании или экстракции растворителем.

Полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ)

Среди выбрасываемых органических соединений могут находиться ПХДД/Ф, образующиеся при неполном сжигании содержащегося в сырье масла и пластика, а также в результате первичного синтеза, в случае, если газы охлаждались недостаточно быстро. Расплавленный скрап, загрязненный органическими материалами, также является потенциальным источником выброса ПХДД/Ф при производстве заготовок.

По имеющимся данным при первичной плавке и конвертировании применяются высокие рабочие температуры, способные разложить органические соединения, но присутствующий диоксид серы заново провоцирует синтез ПХДД/Ф.

Использование в качестве основного сырьевого материала электронного лома, содержащего невоспламеняющиеся бромированные покрытия и элементы, может привести к образованию смешанных галогенизированных диоксинов. Условия для

образования ПХДД/Ф могут возникать при переплавке/рафинировании меди, в частности, при использовании ломов и стружки, содержащих примеси хлоринов, присутствующих в используемых смазочно-охлаждаемых эмульсиях.

В таблице 1.5 представлены данные по фактическим выбросам загрязняющих веществ от казахстанских предприятий по производству меди.

Таблица 1.5. Оценка соответствия эмиссий предприятий по производству меди технологическим показателям, связанным с НДТ производства меди

№ п/п	Процесс	Е д . измерения	Значение	Показател ь BREF EU	Диапазон значений технологических показателей казахстанских предприятий			
					Предприятие 1		Предприятие 2	
				технологи ческие показатели	макс.	мин.	макс.	мин.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сокращен и е выбросов ртути в воздух (за исключен ием тех, которые направлю тся на сернокисл отную установку) о т пирометал лургическ и х процессов, в которых применяет ся сырье, содержаш ее ртуть (BREF НДТ 0.11 / ИТС НДТ 13.10)	Ртуть и еЕ соединени я	мг/Нм ³	0,01 - 0,05	0,018496	0,000043	-	-
		Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5	4,6	1,7	3315	800
	Сокращен и е организов	Мышьяк и е г о соединени я, кроме водорода	мг/Нм ³			0		

2	анных выбросов, образующихся при приемке, хранении, обработке, транспортировке, учете, смешивании и, измельчении, сушке, резке и скрининге сырья при первичном и вторичном производстве меди (BREF НДТ 0.37/ ИТС НДТ 3.23)	мышьяковистого			0			
		Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	мг/Нм ³		7,4	7,0		
		Летучие органические соединения (только при производстве вторичной меди)	мг/Нм ³		-	-		
		Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца, в пересчете на свинец	мг/Нм ³		2,5	1,0		
Сокращенные выбросы образующихся от сушки концентрата при производстве первичной меди (BREF	Пыль общая	мг/Нм ³	3 - 5	4,6	1,7	714	148	
	Мышьяк и его соединения, кроме водорода мышьяковистого	мг/Нм ³		0	0			
	Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	мг/Нм ³		7,4	7,0			
	Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца	мг/Нм ³			1,0			

3	НДТ 0.38/ ИТС НДТ 3.23)	винца, в пересчете на свинец			2,5			
4	Сокращен и е организов анных выбросов, образующ ихся при первичной выплавке меди в печах и конвертор а х выбросах, кроме тех, которые направляют ся на завод по производс тву серной кислоты и ли жидкого SO2(BREF НДТ 0.39/ ИТС НДТ 3.24)	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5	3,8	0,6	756	594
Мышьяк и е г о соединени я, кроме водорода мышьяков истого		мг/Нм ³		0,062	0,021			
Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)		мг/Нм ³		0,5	0,3			
Свинец и е г о соединени я, кроме тетраэтилс винца, в пересчете на свинец		мг/Нм ³		0,412	0,140			
	Сокращен и е организов анных выбросов,	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 4	3,8	0,6		
Мышьяк и е г о соединени								

5	образующихся при вторичной выплавке меди в печах и конверторах и переработке вторичных продуктов для производства меди выбросах, кроме тех, которые направляются на завод по производству серной кислоты (ВРЕФ НДТ 0.40/ ИТС НДТ 3.25)	я, кроме водорода мышьяковистого	мг/Нм ³		0,062	0,021		
		Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	мг/Нм ³		0,5	0,3		
		ПХДД/Ф	мг/Нм ³	< 0.1				
		ЛОС	мг/Нм ³	3 – 30				
		Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца, в пересчете на свинец	мг/Нм ³		0,412	0,140		
6	Для снижения выбросов пыли и металлов в атмосферу из печи для выдержки вторичной меди НДТ предусматривается использование рукавного фильтра. (ВРЕФ НДТ 0.41/ ИТС НДТ 3.27)	Пыль общая	мг/Нм ³	≤ 5,0	3,8	0,6		
		Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	мг/Нм ³		0,5	0,3		
7	При переработке шлака с высоким содержанием		мг/Нм ³	2 - 5	3,8	0,6		

	ем меди (BREF НДТ 0.42)	Пыль общая						
8	Сокращение организмов выбросов пыли и металлов в выбросах, образующихся при первичном и вторичном производстве медных анодов (BREF НДТ 0.43/ ИТС НДТ 3.26)	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5	3,8	0,6	121	12
		Мышьяк и его соединения, кроме водорода мышьяковистого	мг/Нм ³		0,062	0,021		
		Медь, оксид меди, сульфат меди, хлорид меди (в пересчете на медь)	мг/Нм ³		0,5	0,3		
		ПХДД/Ф (только при вторичном производстве меди)	мг/Нм ³	< 0.1	8,2	1,5		
		Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца, в пересчете на свинец	мг/Нм ³		0,412	0,140		
Сокращение организмов выбросов пыли и металлов в атмосферу и 3 анодной отливки при производстве первичной и вторичной меди (Пыль общая	мг/Нм ³	< 5 - 15	3,8	0,6	200	12	
	ПХДД/Ф (только при вторичном производстве меди)		< 0.1					

9	ВРЕФ НДТ 0.44)		мг/Нм ³					
10	Сокращен и е выбросов SO ₂ в атмосферн ый воздух о т первичног о производс тва меди, з а исключен и е м направляе мых на установки п о производс тву серной кислоты (ч) (ВРЕФ НДТ 0.49/ ИТС НДТ 3.33)	Серы диоксид	мг/Нм ³	50 – 500	1532,96	42,9	12701	1964,6
11	Сокращен и е выбросов серной кислоты в атмосферн ый воздух о т процесса электроли тического рафиниров ания, промывоч н о й камеры	Серная кислота	мг/Нм ³			0,3		

машин для обдирки катодов и машины для промывки отработанных анодов (ИТС НДТ 3.35)				0,5			
--	--	--	--	-----	--	--	--

Производство драгоценных металлов

Источниками выбросов в атмосферу при производстве драгоценных металлов являются процессы:

- сжигания;
- операции по предварительной обработке;
- плавки (плавильные печи);
- выщелачивания и очистки;
- жидкостной экстракции;
- электролиза;
- окончательного этапа восстановления и преобразования.

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при производстве драгоценных металлов, являются:

- оксиды азота (процессы горения, кислотное озонение);
- диоксиды серы (процессы сжигания, плавки и электролиза);
- пыль, металлы и их соединения (подготовительные и пирометаллургические операции);
- хлор и пары соляной кислоты (процессы электролиза, выщелачивания и дистилляции);
- аммиак и хлорид аммония;
- ЛОС и ПХДД/Ф (для ПХДД/Ф: процессы сжигания и плавки; для ЛОС: процессы жидкостной экстракции и дистилляции).

На рисунке 1.3 представлена информация по структуре выбросов ЗВ на примере завода по производству драгоценных металлов УКМК.

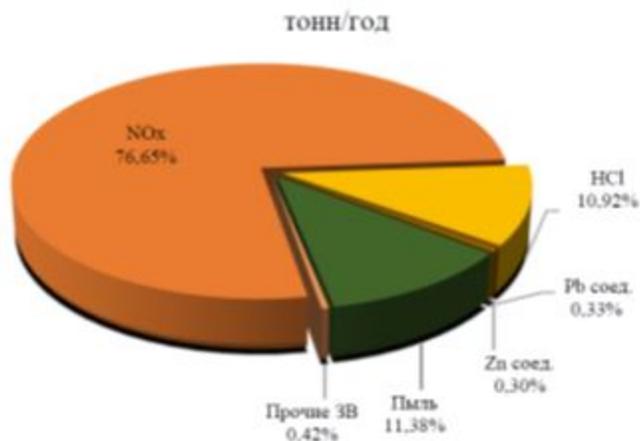


Рисунок .3. Структура нормативных валовых эмиссий завода по производству драгоценных металлов в атмосферу

Оксиды азота

Основными газообразными соединениями, образующимися при аффинаже драгоценных металлов, являются оксиды азота (NO_x). Их можно дифференцировать на NO и NO₂. Оксиды азота образуются в гидрометаллургических процессах растворения драгоценных металлов в азотной кислоте (серебро, палладий) и царской водке (золото, платина, палладий), в процессе электролитического рафинирования серебра, при упаривании царсководочных растворов, удалении азотной кислоты, переработке маточных растворов.

Диоксид серы и серная кислота

Выбросы диоксида серы для аффинажного производства малохарактерны. Они образуются при сгорании топлива и в том случае, когда электролитическое рафинирование серебра осуществляется в сернокислых электролитах. В то же время они являются типичными при переработке шламов в процессах обжига (особенно) и выщелачивания и могут достигать около 900 мг/м³.

Хлор и соляная кислота

Хлор используют для растворения металлов методом гидрохлорирования, а также при сухом хлорировании при высоких температурах в процессе аффинажа. Эти газы образуются в процессах упаривания и электролиза. При упаривании растворов образуется азеотропная смесь с концентрацией примерно 20 масс.%. Этот факт учитывается на различных переделах. Хлор широко применяется в процессе Миллера.

Аммиак

Аммиак образуется в технологических процессах аффинажа золота, а также на тех переделах, где применяют соли аммония.

Пыль и соединения металлов

Пыль может возникнуть в результате проведения таких операций, как:

смешение компонентов шихты в смесителе для сыпучих материалов до начала плавки;

очистка драгоценных металлов и других металлосодержащих отливок следов шлака до начала отбора проб или плавки;

дробление шлака, отработанных тиглей и огнеупорных материалов в дробилке;

смешение, дробление, просеивание сырья, содержащего драгоценные металлы, в виде порошков;

измельчение (дробление) и хранение промежуточных продуктов, полученных при сушке и прокаливании.

Пыль и металлы принципиально могут выделяться в любых пирометаллургических процессах, таких как сжигание, обжиг, плавка и купелирование, присутствовать в неорганизованных выбросах.

В состав пыли могут входить некоторые металлы и их летучие соединения.

Основной объем пыли общей образуется от плавильных печей и печей для нагрева крышек изложниц, от технологического оборудования, баковой и прочей аппаратуры.

При производстве драгоценных металлов очистке от пыли подвергаются вентиляционные газы закрытого отделения аффинажа золота, серебра, платины и металлов платиновой группы.

1.6.2. Сбросы загрязняющих веществ

Производство меди

Производство цветных металлов с помощью пирометаллургических и гидрометаллургических процессов связано с образованием различных видов сточных вод. Классификация основных источников наиболее существенных стоков представлена на рисунке 1.4.



Рисунок .4. Классификация сбросов сточных вод

Показанные на рисунке 1.4. стоки могут содержать соединения металлов, присутствующие в технологических процессах, и оказывать существенное воздействие на окружающую среду. Даже в незначительных концентрациях некоторые металлы, такие как ртуть или кадмий, очень токсичны. Токсическое воздействие некоторых соединений металлов обусловлено тем, что в определенных химических условиях металлы могут легко поступать в природные водотоки в виде растворимых соединений, быстро и необратимо ассимилируясь в пищевую цепь [47].

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 меди 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.

Поверхностные стоки могут образовываться в результате осадков или увлажнения 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 вымываться с территории площадок для хранения. Их присутствие учитывается при разработке мероприятий по предупреждению загрязнения воды.

Производство драгоценных металлов

Основными источниками потенциальных сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты при производстве драгоценных металлов являются:

поверхностный водоотвод;

вода, использованная для прямого охлаждения;

вода, использованная для непрямого охлаждения;

вода, использованная в процессе выщелачивания (при отсутствии оборотной системы водоснабжения);

вода, использованная для процесса электролитического выделения;

вода, использованная в система очистки газа.

Основными загрязняющими веществами при производстве драгоценных металлов, содержащимися в стоках, являются металлы и их соединения.

Наилучшим вариантом предотвращения вредного влияния сточных вод на окружающую среду следует считать организацию частичного или полного водооборота и повторное использование сточных вод в производственном цикле.

1.6.3. Отходы производства

Пирометаллургическое производство цветных металлов характеризуется образованием большого количества отходов производства, основными из которых являются шлаки. Так на медеплавильных заводах при производстве тонны меди выделяется 2 – 4 тонн шлаков плавильного, конвертерного и рафинировочного переделов. Комплексное использование техногенных отходов, к которым относятся шлаки, создает предпосылки для экономии природных ресурсов и укрепления минерально-сырьевой базы цветных металлов.

Согласно данным [12] большие объемы медьсодержащих продуктов сосредоточены именно в шлаках: 31 млн тонн отходов Балхашского горнометаллургического комбината (БГМК) содержат 250 тысяч тонн меди. Практическое отсутствие у БГМК собственных сырьевых источников (Коньратский и Саякский рудники на стадии выработки, Шатыркульский рудник осваивается) почти наполовину компенсируется добычей меди флотационным обезмеживанием отвальных шлаков. Однако, несмотря на вовлечение шлаков в технологический цикл, проблема их утилизации остается нерешенной и требует разработки дополнительных технологических мероприятий.

На УКМК шлаки медного производства 100 % перерабатываются на обогатительной фабрике компании для доизвлечения ценного компонента с получением флотационного медного концентрата.

Одним из перспективных направлений переработки шлаков представляется их восстановительная обработка с переводом железа в металлическое состояние, которое может рассматриваться в качестве матрицы, цементирующей медь из кислотных растворов, например, отработанного медного электролита этого же предприятия. Процесс цементации основан на различии в величинах нормальных потенциалов меди и металла-осадителя. Наиболее распространенными осадителями для меди являются железная стружка, железный порошок или железный скрап достаточно дефицитные и дорогие материалы.

Попутное извлечение меди и др. компонентов, присутствующих в шлаке, также позволит повысить комплексность использования сырьевых источников и сделать переработку экономически оправданной.

Аспирационная пыль, уловленная в осадительных камерах и 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 и As.

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

1.6.4. 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 antivибрационных 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 [18].

1.6.5. 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.

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

1.6.6. Снижение воздействия на ОС

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 предприятий является снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Большое разнообразие методов, способов очистки газопылевых смесей и конструкций установок связано с рядом существенных обстоятельств.

Это, во-первых, стремление реализовать наиболее эффективные технологии очистки, рационально сочетающие процессы нейтрализации, улавливания нескольких примесей и рассеивания очищенного газа в атмосфере. Результатом этого явились создание многоступенчатых систем пылегазоочисток и их интегрирование с системами утилизации уловленных компонентов.

Во-вторых, это реализация эколого-экономических требований к обеспечению наилучшего качества окружающей среды. Это значит, что очистка выбросов в

атмосферу должна осуществляться с минимальными затратами при минимальном ущербе природным системам.

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

1. Совершенствование существующих и внедрение новых технологий производства продукции, при которых обеспечиваются минимальное образование и поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих производств необходимо, во-первых, выполнять требования технологического регламента и не допускать отклонения от него. В случаях возникновения аварийных ситуаций или неблагоприятных метеорологических условий переходить на режимы работы, не допускающие существенного загрязнения окружающей среды. Во-вторых, это реализация технологий подавления выбросов за счет герметизации оборудования, применение методов нейтрализации образующихся в рабочей зоне вредных веществ, использование эффективных средств эвакуации технологических газов. В-третьих, это замена изношенного оборудования и оснащение технологических объектов средствами автоматизированного контроля загрязнений.

2. 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).

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

1.6.7. 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, снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрение и применение наилучших доступных технологий с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

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

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

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

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

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

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведении сертификации производства в системе экологического менеджмента;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении экологических разрешений от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

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

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от вредных веществ с процессом утилизации уловленных веществ. "В чистом виде" очистка вредных выбросов малоэффективна, так как с ее помощью далеко не всегда удается 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, если отходы воды не обрабатываются должным образом. 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 вредных веществ. Наконец, работа большей части очистных сооружений 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 вредных для окружающей среды веществ.

2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ организована НАО "Международный центр зеленых

технологий и инвестиционных проектов" в лице бюро НДТ (далее – центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Производство меди и драгоценного металла – золота" в соответствии с положениями постановления Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам".

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 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 основываются 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 меди и драгоценных металлов определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6.1. настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенного комплексного технологического аудита (КТА) предприятий по 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 в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень из (количество) техник-кандидатов, представленный 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 основывалось на сведениях, полученных в ходе 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 использовано 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 национальных показателей, что подтверждено отчетами проведенных 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 основными способами 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 включается 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 наилучшим доступным техникам "Производство меди и драгоценного металла – золота".

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 меди и драгоценных металлов.

3.1. Процессы производства меди

3.1.1. 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. Из соображений 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 проблем с очисткой выбросов и для повышения скорости плавки может потребоваться удаление защитных покрытий.

Методы размораживания, сушки, дробления, измельчения, грохочения, приготовление шихты, брикетирования, гранулирования, окатывания, снятие покрытий и обезжиривание входят в предварительную обработку и подготовку исходного сырья.

3.1.1.1. 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.

3.1.1.2. 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 содержащиеся CO отходящие газы, которые могут сжигаться с целью сушки сырья. Используются вращающиеся печи и сушилки с псевдосжиженным 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.

3.1.1.3. 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 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.

3.1.1.4. 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, 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 могут потребоваться брикетирование/гранулирование.

Склады для хранения медных 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 медных заводах для хранения концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады с шириной 24 – 30 м и 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 медному заводу работать на усредненном сырье.

3.1.1.5. 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 мелкогабаритного лома, изготовление брикетов, окатывание, гранулирование (как упоминалось выше).

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.

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.

Цели пакетирования – уплотнить легковесные некомпактные лом и отходы и 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).

3.1.1.6. 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 [16]. 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 большего шлака [17], однако некоторые печи специально предназначены для переработки органических примесей.

Удаление масла и некоторых покрытий осуществляется в специальных печах, например, 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 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.

3.1.1.7. Методы сепарации

Эти процессы применяются для удаления примесей из сырья перед его использованием. Методы сепарации чаще всего применяются для обработки вторичного сырья, а наиболее распространенным является метод магнитной сепарации, позволяющий 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 цветных, ультрафиолетовых, инфракрасных, рентгеновских, лазерных и других систем обнаружения в сочетании с механическими или пневматическими сортировщиками.

3.1.1.8. 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.

3.1.2. Производство первичной меди

Существует несколько процессов/комбинаций процессов для производства и плавки меди и медных сплавов.

Первичную медь (из рудного первичного сырья) можно получать с помощью пирометаллургических и гидрометаллургических процессов. В настоящее время основным сырьем (свыше 85 % исходного сырья) для пирометаллургического процесса получения первичной меди являются медные и коллективные сульфидные концентраты (содержание Cu – от 15 % до 45 %). В меньшей степени используются оксидные/сульфидные полиметаллические руды и еще реже – битуминозные руды. Сульфидные концентраты состоят из сложных медно-железных сульфидов, которые получают путем флотации из руд с содержанием меди от 0,2 % до 3 %. Дополнительно при производстве первичной меди используют флюсы (кварциты, известь, песок и т. д.), добавки/реагенты (железо, углерод и т. д.) и вторичное сырье (медный лом, дроссы, известковый шлам, отработанные абразивные материалы, шлак, пыль и т. д.) [19].

3.1.2.1. Пирометаллургический способ

Пирометаллургический способ включает ряд этапов в зависимости от типа перерабатываемого концентрата. Большая часть концентратов сульфидные, и этапы их переработки включают обжиг, плавку, конвертирование, рафинирование и электролитическое рафинирование [20].

3.1.2.1.1. Обжиг медных концентратов

Обжиг в металлургии меди используют при переработке высокосернистых бедных по меди концентратов и руд. Цель обжига состоит в удалении части серы и окислении некоторого количества железа для перевода их оксидов в шлак при последующей плавке. В шихту, как правило, вводят флюсующие добавки (кварц, известняк) для получения шлака выбранного состава. При обжиге решаются и другие задачи: получение газов, пригодных для получения серной кислоты, усреднение, разогрев шихты.

Основным способом обжига медных концентратов является обжиг в кипящем слое (КС). Сущность обжига в КС состоит в продувке слоя шихты восходящим потоком воздуха или обогащенного кислородом дутья со скоростью, обеспечивающей "кипение

" материала. Обжиг в КС – высокопроизводительный процесс, конструкция обжиговых печей проста, процесс легко механизуется и автоматизируется. Отходящие газы содержат 12 – 14 % SO_2 , их используют для получения серной кислоты.

3.1.2.1.2. Плавка концентрата на штейн

Перед плавкой концентратов в печах взвешенной плавки с целью снижения содержания в них влаги с 7 – 8 % их сушат (примерно 0,2 %). Для плавки в шахтных печах концентрат высушивается до 3,5 – 4 % и брикетируется.

Для сушки медных концентратов используется два типа сушилок:

роторные сушилки, обогреваемые горячими отходящими газами, которые образуются при сгорании топлива;

паровые сушилки со змеевиком.

Роторная сушилка представляет собой вращающийся барабан. Горячий газ, получаемый при сжигании топлива, контактирует с влажным концентратом, и содержащаяся в концентрате вода переходит в газ.

Паровые сушилки нагреваются паровыми змеевиками. Производительность зависит от давления пара; за счет увеличения давления до 18 – 20 бар производительность может возрасти. Для поглощения влаги из концентрата через него продувается небольшое количество воздуха.

Обычно обжиг и плавку проводят одновременно в одной печи при высоких температурах для получения расплава, который можно разделить на штейн (сплав сульфидов металлов) и шлак, состоящий из оксидов. Флюсы, содержащие оксиды кремния и кальция, обычно добавляют в шихту для образования шлака. Отходящие газы поступают на переработку, где служат сырьем для производства серной кислоты, реже – жидкого SO_2 или элементарной серы. Этап плавки служит для отделения сульфида меди от других твердых примесей, присутствующих в руде, путем образования силикатов, в частности, силикатов железа. Это возможно из-за более высокого сродства меди к сере по сравнению с другими металлическими примесями.

При переработке медного концентрата с низким содержанием серы и высоким содержанием органического углерода отходящие газы с высоким энергетическим потенциалом могут быть использованы в качестве дополнительного источника при производстве электроэнергии.

Существует два базовых процесса плавки: плавка в жидкой ванне и плавка в газовой среде (взвешенная плавка). В этих процессах применяют обогащение дутья кислородом для получения автогенного или почти автогенного режима. Использование кислорода также повышает концентрацию диоксида серы, что позволяет эффективнее утилизировать отходящие газы в установках, использующих серу (обычно для производства серной кислоты или жидкого диоксида серы).

3.1.2.1.3. Конвертирование

Для переработки первичного сырья применяются процессы конвертирования медного штейна. Процесс конвертирования медного штейна – это процесс периодического действия (циклический). Периодический процесс конвертирования штейна реализуется в два этапа. Чаще всего процесс проводят в цилиндрической бочкообразной печи-конвертере (Пирса – Смита) с добавлением кварцевого флюса. На первом этапе происходит окисление железа и части серы с образованием шлака и газообразного диоксида серы; шлак периодически сливается и подвергается дальнейшей переработке с целью извлечения меди. Традиционно продувка на первом этапе осуществляется в несколько стадий с постепенным добавлением штейна. На втором этапе, т. е. при продувке меди, сульфид меди окисляется до черновой меди (содержание меди – 96,0 – 99,2 %) и дополнительно образуется диоксид серы. В конце продувки черновую медь сливают. Управление процессом направлено на контроль уровня остаточной серы и кислорода в черновой меди. Диоксид серы поступает на переработку.

Реакция первого периода протекает с большим выделением тепла, а также летучих металлических примесей, таких как свинец и цинк, которые затем улавливаются в очистных установках в виде возгонов и пыли и направляются для последующей переработки. Выделяемое тепло может также использоваться для плавки анодного скрапа и другого медного лома без дополнительного первичного тепла. Концентрация диоксида серы зависит от типа печи, содержания кислорода в дутье и стадии конвертирования.

Конвертер Пирса – Смита относится к агрегатам периодического действия. Они представляют собой цилиндрические печи с расположенными по боковой поверхности фурмами для подачи воздуха/кислорода. Для периодического конвертирования первичного медного сырья в черновую медь на некоторых предприятиях применяются поворотные конвертеры с верхним дутьем (Top-blown rotary converter- далее TBRC).

3.1.2.1.4. Огневое рафинирование в анодной печи

Следующим этапом очистки меди от примесей, которой подвергается черновая медь, полученная на этапе конвертирования, является огневое рафинирование. Процесс рафинирования предусматривает два этапа:

окислительный за счет подачи воздуха;

восстановительный за счет восстановителя (например, углеводородов) для снижения содержания оксидов меди и более полного ее извлечения.

При пирометаллургическом (огневом) рафинировании металлов решаются две задачи:

1) частичное или полное удаление примесей;

2) получение однородных по структуре плоских отливок (с минимальной газонасыщенностью), имеющих постоянную массу, толщину и форму, удобную для

погрузочно-разгрузочных операций и соответствующих требованиям эффективного электролитического рафинирования.

Существует несколько разновидностей рафинирования в зависимости от свойств основного металла и сопутствующих примесей.

Данный метод представляет собой селективное окисление примесей кислородсодержащим реагентом и их ошлакование. Избыток кислорода удаляется путем проведения операции восстановления.

Физико-химической основой процесса являются:

меньшее сродство к кислороду у рафинируемого металла по сравнению с удаляемыми примесями;

ограниченная растворимость оксидов элементов-примесей в объеме расплава металла и меньшая их удельная плотность, чем у рафинируемого металла;

более быстрая и полная восстановимость оксидов основного металла до элементного состояния.

В качестве окислителя используют газообразные (чаще всего воздух или смесь водяного пара и воздуха) и твердые (окалина, оксиды рафинируемого металла) вещества.

При огневом рафинировании сначала через расплавленный металл продувают воздух для окисления примесей и окончательного удаления серы (стадия окисления). На этой стадии образуется небольшое количество шлака, который необходимо удалить перед началом следующей стадии. На следующей стадии (восстановление или дражнение/полинг) добавляют восстановитель, например, природный газ, сырую древесину, для частичного удаления кислорода, растворенного в жидкой меди и восстановления ее окислов. В качестве восстановителя может также использоваться аммиак, но это приводит к повышению уровня NO_x . В странах ЕС при первичной и в некоторых случаях вторичной плавке применяют цилиндрические поворотные печи (анодные печи). Эти печи похожи на конвертер Пирса – Смита и имеют фурмы для подачи газа. В них загружают расплавленную медь, медный лом и отработанные медные аноды. В некоторых процессах используют отражательные печи с погружными фурмами для подачи воздуха, в которые загружают твердую или расплавленную медь (конвертерную медь или медный лом). Некоторые отражательные печи являются наклоняющимися (Maerz) и оснащены фурмами. Горячий газ от анодных печей часто используют для сушки, получения пара и других целей. Расплав меди иногда перемешивают путем вдувания азота через пористые пробки в печи. Это повышает однородность металла и эффективность плавки [21].

3.1.2.1.5. Электролитическое рафинирование

Процесс электролитического рафинирования анодной меди осуществляется в водном растворе серной кислоты и сульфата меди с использованием тонких катодных

основ из электролитной меди, нержавеющей стали или титана. Нержавеющие или титановые матрицы, на которых происходит наращивание медного осадка, являются катодными основами многократного использования.

Аноды и катоды помещают в электролизные ванны, располагая электроды в ваннах вертикально, параллельно друг другу. Все аноды соединяются с положительным, а катоды - с отрицательным полюсом источника постоянного тока. При включении ванн в сеть постоянного тока происходят электрохимическое растворение меди из анода в электролит, перенос катионов через электролит и осаждение ее на катоде. Примеси при этом в основном распределяются между шламом (твердым осадком на дне ванн) и электролитом.

При электрическом рафинировании выделяются другие металлы, содержащиеся в анодах; менее благородные металлы, такие как никель, растворяются в электролите, а более благородные металлы, такие как драгоценные металлы, селен и теллур, образуют анодные шламы, которые осаждаются в электролизерах. Анодные шламы периодически удаляются из камер и извлекаются ценные металлы (см. раздел 3.2, драгоценные металлы).

Концентрация других растворенных металлов будет возрастать в электролите, так как они не осаждаются на катоде. Для удаления примесей, растворенных во время электрического рафинирования, часть электролита выводится из системы на очистку. В типичных процессах очистки электролита используется электролиз меди, или на некоторых заводах медь выделяется в виде сульфата меди. Выпаривание, кристаллизация и дальнейшая очистка извлекают никель в виде сульфата никеля. Следующие методы используются для обработки и извлечения мышьяка: экстракция растворителем; осаждение во время окончательного электролиза меди; осадка из черной кислоты. В некоторых случаях производятся продувка арсената меди и рециркуляция в сырье для плавильной печи.

Удаление примесей в процессе электрорафинирования анодной меди направлено на производство катодной меди.

Следует отметить, что уровень содержания примесей в аноде влияет на качество катода; содержание примесей в аноде в свою очередь зависит от химического состава концентрата или вторичного сырья и технологии, по которой получена черновая и анодная медь.

Современная тенденция заключается в увеличении размера ванн, установке большего числа электродов и использовании катодной основы из нержавеющей стали. Рост эффективности заметен, когда эти факторы сочетаются с высоким уровнем контроля качества анодов. Контроль качества необходим для обеспечения заданной геометрии, хорошего электрического контакта и требуемой чистоты анода. Применение бесосновой технологии сокращает затраты электролиза меди (отсутствует матричный передел для получения стартерных катодных основ из

электролитической меди), обеспечивает стабильно высокий коэффициент использования тока (97 % и выше). Для современных цехов электролиза характерна высокая степень автоматизации замены катодов и анодов, сдирки катодов с катодной основы из нержавеющей стали.

3.1.2.1.6. Переработка богатых медью шлаков

Шлаки, образующиеся на этапе плавки первичного сырья на штейн с содержанием меди более 30 % и на этапах конвертирования, богаты медью и перерабатываются с применением нескольких технологий. Одним из таких процессов является использование электропечи для отстаивания и проведения реакции взаимодействия шлака, содержащего окислы меди, с углеродом в форме коксовой мелочи или собственно электродами, получением медного штейна и обедненного по меди шлака. Процесс переработки шлака в электропечи может быть как непрерывным, так и периодическим. Конвертерный шлак также может быть переработан в электрической печи. Альтернативной технологией являются процессы флотации: шлак охлаждают, измельчают и направляют на флотацию с получением флотационного концентрата с высоким содержанием меди, который поступает на плавку. При наличии соответствующего спроса шлаки после переработки могут применяться в строительстве, включая дорожное, для сооружения набережных и других аналогичных целей, а также для пескоструйной обработки, так как часто обладают лучшими свойствами по сравнению с альтернативными материалами. Мелкозернистый железистый материал также используется в качестве заполнителя при производстве цемента.

Шлаки с высоким содержанием меди, такие как конвертерные и рафинировочные шлаки, также повторно перерабатываются на этапе плавки.

3.1.2.1.8. Производство медного купороса

В процессе электролиза электролит загрязняется примесями и обогащается медью. Накопление меди происходит главным образом за счет того, что анодный выход по току меди больше катодного выхода вследствие образования на аноде некоторого количества ионов Cu^+ . Обогащению электролита медью способствует также химическое растворение в нем катодной и анодной меди и содержащихся в анодах ее оксидов.

Для предупреждения накопления примесей и удаления избытка меди электролит подвергают обновлению (регенерации). Для регенерации часть электролита выводят из ванн. Количество выводимого электролита рассчитывают по предельно допустимой концентрации ведущей примеси, накопление которой идет наиболее быстро. Обычно такими примесями являются никель и мышьяк.

Вывод электролита на регенерацию практически осуществляется во время организации его обязательной непрерывной циркуляции в электролитных ваннах. Помимо частичного обновления электролита циркуляция должна обеспечивать

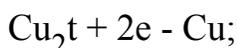
выравнивание его состава в межэлектродном пространстве. Это обеспечивает получение качественных катодных осадков и снижение раствора электроэнергии. Циркуляция должна обеспечивать смену всего электролита за 3 - 4 часа.

Циркуляция электролита проводится путем его подачи с одного торца ванны и вывода с противоположного торца (перпендикулярно электродам).

Во время циркуляции электролит по пути из напорного бака к ваннам подогревают паром до 50 – 55 °С, что способствует снижению его электрического сопротивления.

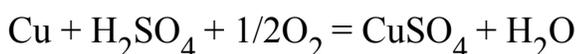
На медном производстве регенерацию электролита с целью его обезмеживания проводят электролизом с нерастворимыми (свинцовыми) анодами, а также получением медного купороса.

При электролитическом способе медь осаждается из раствора на катоде, а на свинцовых анодах выделяется кислород:



В результате этих двух реакций раствор обедняется медью и обогащается свободной серной кислотой. После частичного обеднения медью электролит возвращается в основной электролиз. Осаждение меди электролизом с нерастворимыми анодами характеризуется повышенным расходом электроэнергии на 1 тонну меди (до 3000 – 3500 кВт*ч) вследствие высокого напряжения на ванне, которое составляет 2 - 2,5 В и складывается из потенциалов образования меди и кислорода из ионов.

При получении медного купороса электролит нейтрализуют в присутствии воздуха анодным скрапом или специально приготовленными гранулами меди. В результате протекания следующей реакции раствор обогащается медью и обедняется серной кислотой:



Затем полученный раствор упаривают и направляют в кристаллизаторы, где при охлаждении из него выделяются кристаллы медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Для интенсификации процесс получения медного купороса проводят в вакуумных кристаллизаторах.

Кристаллизацию медного купороса проводят в три стадии. Раствор после третьей стадии процесса, содержащий 50 – 60 г/л Cu, подвергают электролитическому обезмеживанию в ваннах с нерастворимыми анодами. В результате электролиза получают рыхлый катодный осадок меди, загрязненный мышьяком и сурьмой, который отправляют на медеплавильные заводы, и раствор, содержащий ~ 1 г/л Cu, который откачивается на нейтрализацию.

Для упаковки готового продукта используют полиэтиленовые мешки или мягкие контейнеры. Дозирование и упаковку медного купороса в полиэтиленовые мешки осуществляют в автоматическом режиме на линии упаковки. Дозировку и упаковку

купороса медного в мягкий контейнер типа МКР производят путем взвешивания на подкрановых весах на узле затаривания.

3.1.2.2. Гидрометаллургические процессы

Гидрометаллургия – извлечение элементов из сырья с помощью жидкофазных растворителей и последующее выделение их из растворов в форме металлов или моноосадков.

Этот процесс обычно применяется для переработки окисленных руд или смешанных окисленных/сульфидных руд непосредственно на территории рудника, где есть достаточно места для формирования участков выщелачивания и переработки. Этот процесс особенно эффективен для руд, из которых трудно произвести концентрат с помощью традиционных технологий, и которые не содержат драгоценных металлов. Общая схема гидрометаллургического процесса представлена на рисунке 3.1.

Основными стадиями гидрометаллургической технологии являются:

1) подготовка сырья; эта операция способствует более быстрому, полному, селективному выщелачиванию ценного металла, известны механические способы (дробление, измельчение) и физико-химические, связанные с изменением фазового состава сырья (прокалка, обжиг, спекание, гидротермальное активирование, обезжиривание вторичного сырья и др.);

2) выщелачивание, т. е. перевод металла в раствор с последующим отделением нерастворимого остатка методами отстаивания, фильтрации, центрифугирования и промывки остатка;

3) подготовка раствора: очистка от посторонних примесей физико-химическими методами (осаждение в форме труднорастворимых соединений, цементация, сорбционно-экстракционное разделение), концентрирование раствора приемами упаривания, сорбции и экстракции с последующим получением при десорбции и рекстракции обогащенной жидкой фазы;

4) выделение из раствора ценного элемента в форме металла (электролиз, автоклавное осаждение газом) или соединения (кристаллизация, химическое осаждение, дистилляция).

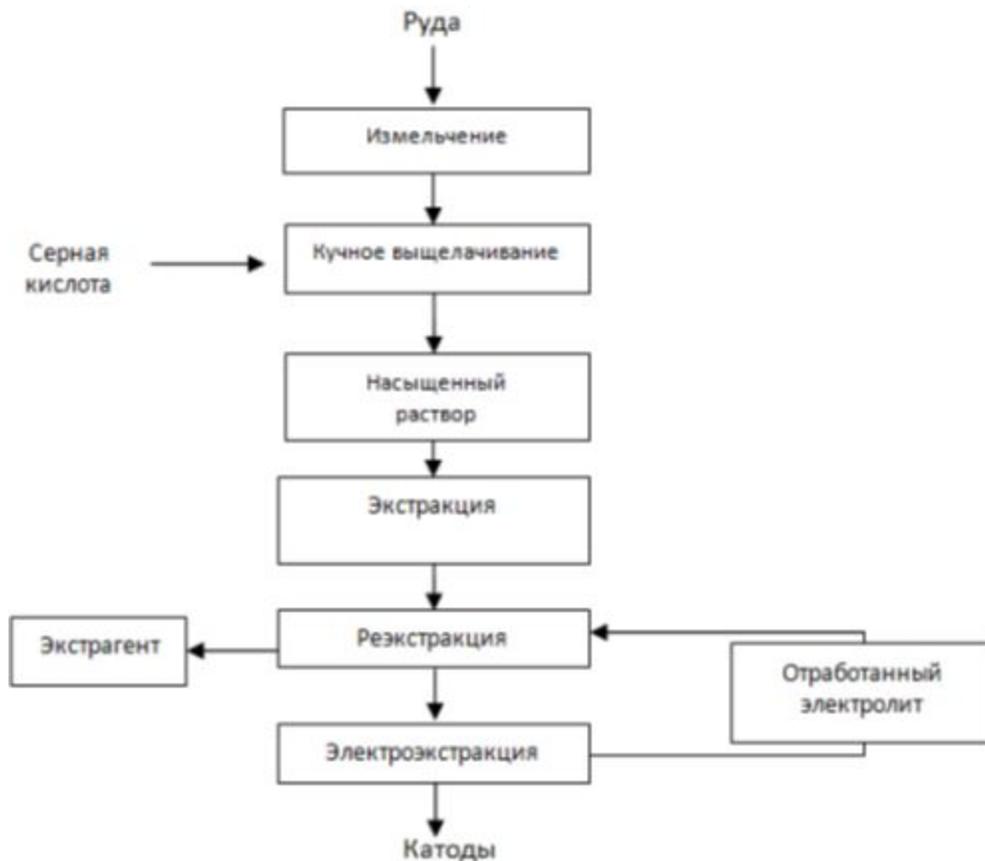


Рисунок .. Обобщенная технологическая схема гидрометаллургического процесса

3.1.2.2.1. Рудоподготовка

Для кучного выщелачивания добытую руду подвергают измельчению путем дробления перед укладкой на непроницаемые подложки, установленные под вкладышем. Если руда очень проницаема, может потребоваться незначительное или полное дробление, необходимо обеспечить выщелачивающий контакт с минеральными частицами, который обеспечивается за счет эффективной фильтрации.

3.1.2.2.2. Выщелачивание

Эффективность выщелачивания оценивается:

извлечением – степенью перехода извлекаемого элемента по отношению к его содержанию в исходном сырье, %;

скоростью процесса (масса извлекаемого элемента в единицу времени возрастает с увеличением температуры, концентрации реагентов, интенсивности перемешивания, удельной поверхности, дисперсности сырья);

селективностью – степенью извлечения ценного элемента по отношению к сопутствующим примесям: чем меньше скорость и извлечение, тем больше селективность выщелачиваемого элемента;

удельным расходом реагента – расходом химиката на массовую единицу извлекаемого металла; этот показатель зависит от фазового состава сырья, регенерации растворителя и организации замкнутой по растворителю схемы;

свойствами получаемых пульп, влияющих на показатели их отстаивания и обезвоживания; они определяются дисперсностью и фазовым составом твердой фазы, вязкостью и плотностью пульп, температурой.

Процессы выщелачивания классифицируются по:

типу растворителя (щелочной, кислотный, солевой, органические и комплексообразующие реагенты);

способу осуществления (периодическое, непрерывное, одно-многостадийное, прямоточное и противоточное);

окислительно-восстановительным условиям среды (окислительное, восстановительное, нейтральное);

аппаратурному оформлению (кучное, подземное выщелачивание, перколяционное, агитационное);

величине давления (при атмосферном или избыточном – автоклавные условия);

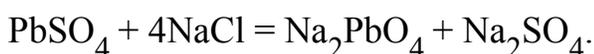
использованию подготовительных операций (прямое или с предварительной подготовкой).

Характеристика растворителей

Эффективность действия растворителя при выщелачивании определяется температурой, концентрацией, продолжительностью, крупностью сырья.

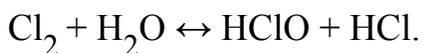
Вода является наиболее доступным растворителем и эффективна при извлечении растворимых сульфатов, хлоридов металлов, в том числе и из продуктов обжига.

Водные растворы солей (сульфаты и хлориды Fe (III)). Химия их действия иллюстрируется нижеприведенными реакциями:



Это достаточно эффективные растворители, обеспечивающие развитие реакций при $T > 373 \text{ K}$, однако они дороги, получаемые растворы загрязняются балластными солями, что осложняет регенерацию растворителя и извлечение ценного компонента.

Хлорная вода – вода, насыщенная хлором:



При обычных условиях в 1 дм^3 воды растворяется $2,26 \text{ дм}^3 \text{ Cl}_2$. В зависимости от кислотности среды возможно предпочтительное присутствие Cl_2 (в кислых средах), HClO (pH 4 – 7,5) и ClO^- (при pH > 7,5).

Хлорная вода активно растворяет металлы, сульфиды:



$Me + Cl_2(aq) = Me_2^{+} + 2Cl^{-}$, в том числе с образованием комплексов типа $[MeCl_4]^{2-}$.

Хлорную воду используют для выщелачивания поликомпонентных сплавов, руд благородных металлов, молибденовых концентратов.

Токсичность, дороговизна, проблемы регенерации ограничивают области применения этого растворителя.

Способы и схемы выщелачивания

Выщелачивание осуществляют в периодическом и непрерывном режимах. В первом случае исходное сырье и реагенты загружают в реактор, обеспечивая перемешивание при заданных параметрах, и обрабатывают пульпу до тех пор, пока не будут достигнуты требуемые показатели (извлечение, селективность). Затем содержимое реактора выгружают, а его готовят к следующей операции, которую повторяют при тех же параметрах и условиях.

Непрерывный режим выщелачивания осуществляется в серии реакторов; пульпа из расходной емкости с помощью насоса закачивается в первый реактор, а затем непрерывно, один за другим, перетекает в последующие реакторы. Число реакторов и время пребывания пульпы в них выбирают с таким условием, чтобы в последнем реакторе были достигнуты требуемые показатели выщелачивания. Подобные схемы эффективны при большом масштабе производства, поскольку рационально используется аппарат во времени (нет потерь его на загрузку и выгрузку, нагрев и охлаждение, подачу и сброс давления), проще автоматизация и механизация, меньше эксплуатационные затраты (меньше потерь тепла, трудозатраты), но капитальные затраты больше (насосное хозяйство, расходные и приемные емкости, обвязка и арматура).

В зависимости от числа стадий различают одно- и многостадийное (двух- / трех-) выщелачивание. При прямоточном выщелачивании исходная пульпа непрерывно проходит все аппараты каскада и выгружается из последнего. Противоточное выщелачивание реализуют тогда, когда необходимо достичь более полного извлечения ценного металла (даже в ущерб селективности); с этой целью остатки от первой стадии обрабатываются исходным растворителем (выше концентрация и сильнее вскрывающая способность); получаемый вторичный кек считают отвальным для данного процесса, а раствор возвращают на первую стадию, т. е. обрабатываемое сырье и растворитель перемещают по встречным маршрутам.

Это более рациональная схема, однако при этом неизбежно накопление сопутствующих примесей в оборотном растворе, что ухудшает показатели выщелачивания и сортность извлекаемого металла. Для поддержания оптимального состава раствора часть его выводят на отдельную переработку (глубокое выпаривание, нейтрализация, сорбционно-экстракционная очистка и др.).

Кучное выщелачивание. Сущность технологии заключается в равномерном орошении сырья растворителем, обеспечении условий для растворения извлекаемого металла, количественном сборе продукционного раствора и извлечении из него металла в форме товарного продукта. Реализация технологии осложняется единовременной обработкой огромных масс сырья большими объемами бедных растворов, отдаленностью от промышленных зон и проблемами энергообеспечения, обеспечения рабочей силой, а также влиянием метеорологических факторов (дожди, засуха, паводки).

3.1.2.2.3. Подготовка раствора

Продуктовые растворы после выщелачивания накапливаются в пруду накопителе и подаются насосами на завод жидкостной экстракции и электролиза. Схема переработки растворов состоит из трех стадий: параллельно-последовательной экстракции, одной стадии реэкстракции и электролиза.

3.1.2.2.4. Экстракция и реэкстракция

Эти процессы используют для концентрирования разбавленных растворов, содержащих не более 1 % извлекаемого металла, или селективного его выделения из поликомпонентного раствора.

Процесс основан на способности ряда органических веществ, не смешивающихся с водой, селективно образовывать с ионами металлов соединения и извлекать их в органическую фазу.

Основные термины, используемые при описании процессов экстракции:

экстрагент – органическое вещество, образующее с извлекаемым металлом, соль или комплекс, которые растворимы в органической и практически нерастворимы в водной фазах;

разбавитель – органическая жидкость, служащая для растворения экстрагента;

экстракт, рафинат – продукты экстракции, соответственно органическая и водная фазы;

реэкстракт – обогащенная водная фаза, получаемая после реэкстракции насыщенной металлоорганической фазы.

Экстрагенты используются в смеси с разбавителями (керосин, бензол, толуол); они нерастворимы в водной среде, имеют высокую температуру вспышки, более 340 К, узкий интервал перегонки. Подбирая тип разбавителя, можно подавлять или усиливать экстракцию ионов. Требования, предъявляемые к разбавителям, во многом аналогичны требованиям, предъявляемым к экстрагентам.

Чем больше коэффициент распределения или отношение "органическая: водная" фаз, тем меньше требуется стадий экстракции. Разделение считается эффективным при $b > 1,6$.

Наибольшее применение в гидрометаллургии получили экстракторы типа смесителей-отстойников. Каждый аппарат состоит из секций, включающих

смесительную и отстойную камеры. Растворы движутся внутри секции прямоточно, а через аппарат – противоточно. В смесительной камере установлена турбинная мешалка, вращающаяся со скоростью 400–600 мин.; она обеспечивает смешение водной и органической фаз, перекачивание смеси на соседнюю ступень и поддерживает заданный уровень раствора в камерах.

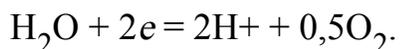
Недостатками экстракции являются пожароопасность и токсичность реагентов, потери экстрагентов с водной фазой; они особенно значительны в пульповых процессах (0,5 – 1 кг/тонну).

Основные затраты при экстракции приходятся на подготовку исходного раствора, приобретение дорогого оборудования, организацию противопожарной безопасности, поставку реагентов (экстрагент, реэкстрагент, корректоры кислотности) и восполнение потерь экстрагента.

3.1.2.2.5. Электролиз меди

Используется для обработки растворов с повышенным содержанием металлов ($\geq 25 - 40$ г/дм³), применяя нерастворимые аноды. В результате на катоде восстанавливаются ионы металла:

$Me^{n+} + ne = Me$, а на аноде протекает реакция с образованием молекулярного кислорода:



Этот способ используют для извлечения меди, а также цинка, кадмия, сурьмы, никеля, серебра и ряда других металлов, получая компактные или порошкообразные осадки.

В процессе осаждения растворы обедняются по извлекаемому металлу, одновременно в эквивалентном соотношении регенерируется реагент-растворитель (например, серная кислота при обработке сульфатных растворов), что позволяет организовать замкнутую схему по растворителю.

3.1.3. Производство вторичной меди

Для производства вторичной меди в подавляющем большинстве случаев применяют пирометаллургические процессы. Этапы процесса зависят от содержания меди во вторичном сырье, гранулометрического состава и содержания других элементов [22, 23]. Как и для первичной меди разработано несколько этапов для удаления этих примесей и возврата металлов из получаемых отходов [24].

Вторичные материалы, идущие на переработку, могут содержать органические материалы, такие как покрытие, или смазку, в связи с чем в технологический процесс вводят этапы обезжиривания и снятия покрытия или применяют печи и системы газоочистки соответствующей конструкции. Цели – увеличить мощность для переработки возросшего объема газа, нейтрализовать летучие органические соединения и минимизировать образование ПХДД/Ф или разрушить их. Тип предварительной

обработки или используемой печи определяется наличием органических веществ, типом загружаемых материалов, т. е. содержанием меди, других металлов и их состоянием (является ли материал окисленным или металлическим).

При плавке загрязненного латунного лома в конвертере для разделения содержащихся в нем металлов производятся возгонка или ошлакование других элементов сплава с получением черновой меди и пыли из фильтров с высоким содержанием цинка.

Этапы производства меди из вторичного сырья в целом аналогичны этапам производства первичной меди, но в качестве сырья обычно используются окисленные или металлические материалы, что, соответственно, определяет иные производственные условия. Плавка вторичного сырья происходит в нейтральных или восстановительных условиях.

3.1.3.1. Этап вторичной плавки

Плавку сырья низкого и среднего качества проводят в печах различного типа: шахтных, плавильных мини-печах, поворотных конвертерах с верхним дутьем (TBRC), плавильных печах Ausmelt/ISASMELT, отражательных и наклонных печах [25]. Для плавки лома высокого качества (> 99 % Cu) используются системы Contimelt.

Тип печи и этапы производственного процесса зависят от содержания сырья, его размерных и других характеристик. Таким образом, плавка и рафинирование вторичной меди являются комплексным процессом, и тип вторичного материала, который можно перерабатывать, зависит от конкретного имеющегося оборудования и печи [26]. Схема технологического процесса производства вторичной меди представлена на рисунке 3.2.

Железо (в виде железистой меди, обычного железного лома и т. д.), углерод (в виде кокса или природного газа) и флюс добавляют по мере необходимости для восстановления оксидов металла, и процессы ведутся в соответствии с используемым типом шихты. В результате восстанавливающей плавки происходит возгонка, в первую очередь, цинка, олова и свинца, которые выделяются в форме оксидов вместе с отходящими газами и собираются в системе сбора пыли. Содержание пыли, диоксида серы, ПХДД/Ф и ЛОС в отходящих газах печей зависит от состава сырья. Для последующей очистки после отделения пыли отходящие газы направляются на мокрую пылегазоочистку [27]. Собранная пыль поступает на дальнейшую переработку для восстановления металлов, извлеченных из шихты.

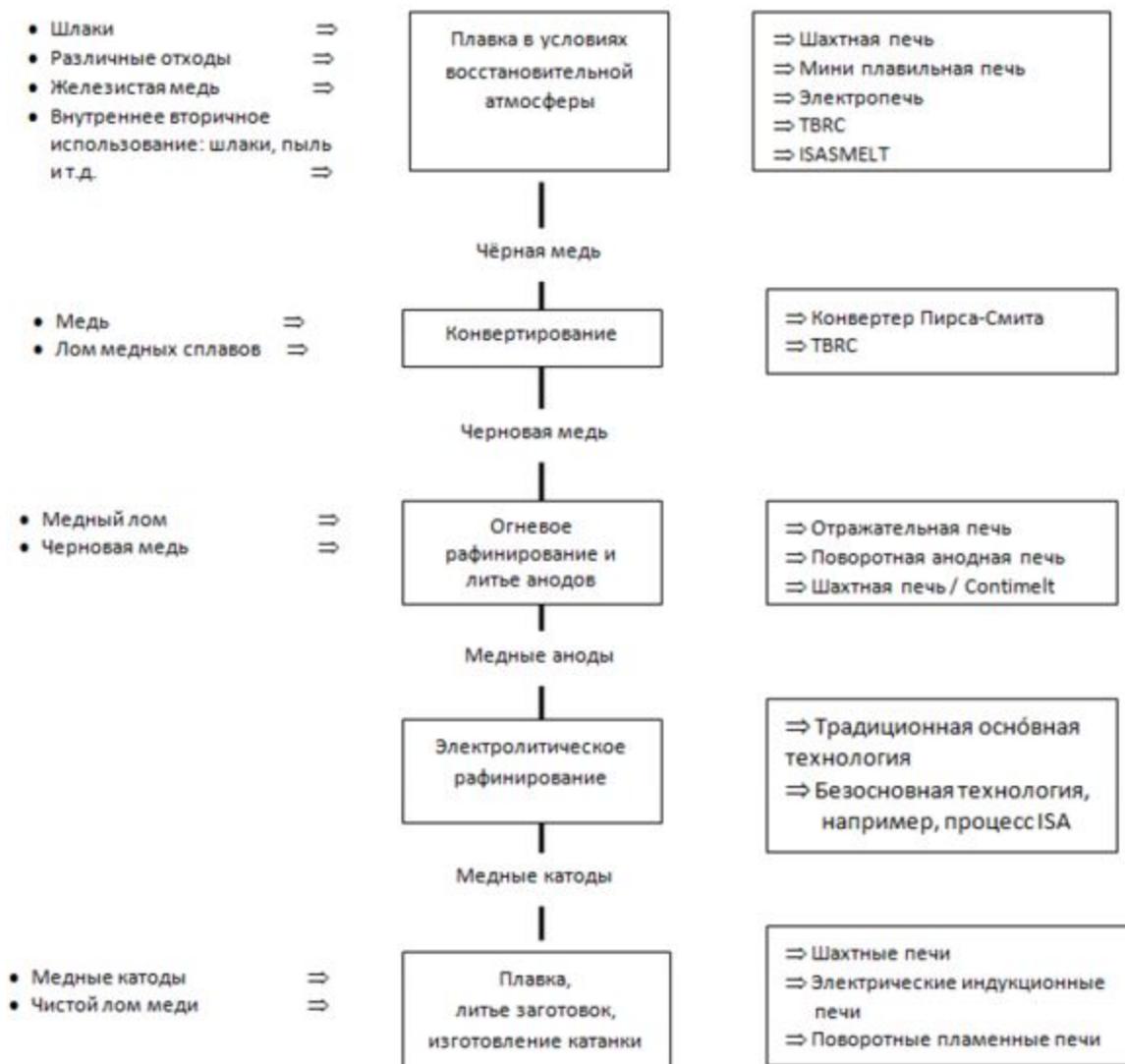


Рисунок .2. Общая технологическая схема производства вторичной меди

В плавильной мини-печи осуществляют плавку лома, содержащего железо и олово, для получения вторичной меди. В данном случае на первом этапе железо выступает как восстанавливающий элемент для получения металлической меди. Затем в расплав для окисления железа и других присутствующих металлов (свинца и олова), которые выходят в шлак, вдувают кислород. Окисление железа обеспечивает необходимую температуру процесса, а избыточное тепло рекуперируется.

Процесс KRS проводят в печи Ausmelt/ISASMELT [28]. Эта передовая технология заменяет традиционную технологию восстановления цветных металлов из вторичного сырья путем плавки в шахтной печи/конвертере. Типичным исходным материалом является образующееся после плавки и рафинирования меди вторичное сырье, содержащее медь и драгметаллы, отходы литья, металлообработки, или поставляемые предприятиями по переработке медьсодержащих отходов электронный лом, лом медных сплавов, богатые медью шлаки, медные дроссы, пыль из циклонов и фильтров, шлам осаждения и шламы волочения проволоки.

В целом в электрических печах перерабатывают тот же материал, что и в KRS или шахтных печах. Загрузка электрической печи на одну тонну получаемой черновой меди меньше, чем для шахтной печи, которая в отличие от электрической печи не может работать без обратного шлака.

3.1.3.2. Конвертирование, огневое рафинирование, переработка шлака и электролитическое рафинирование, переработка чистого лома сплавов

Печи для конвертирования и рафинирования аналогичны печам для переработки первичной меди; системы переработки шлака и электрорафинирования также похожи. Главное различие в том, что в конвертерах, применяемых во вторичном производстве, производятся плавка металла или черной меди, а не штейна. В качестве топлива для поддержания температуры плавки в них добавляют кокс или природный газ, а в первичных конвертерах необходимая температура обеспечивается штейном [26]. Во вторичных конвертерах элементы, присутствующие в небольших количествах, такие как железо, окисляются и переходят в шлак, а другие металлы, такие как цинк или олово, возгоняются. В них получают черновую медь, которая затем поступает на огневое рафинирование. Теплота реакции окисления, выделяющаяся при продувке конвертера, служит для возгонки металлических компонентов, а подача шлакообразующих добавок позволяет сформировать слой шлака и перевести в него железо и часть свинца. Поскольку тепловой баланс конвертеров, работающих на металле, достаточно напряжен (тепла экзотермических реакций, как правило, не хватает), в конвертер добавляют коксик или подогревают природным газом. Чистый высококачественный медный лом напрямую загружается для плавки в печи огневого рафинирования.

Шламы электрорафинирования и отработанные растворы также служат источником драгметаллов и таких металлов как никель. Для их извлечения применяют технологии, аналогичные тем, которые используются при первичном процессе.

Медные сплавы, такие как бронзы и латуни, также используются в качестве вторичного сырья в ряде процессов. Если они загрязнены или смешаны с другими сплавами, то они перерабатываются в процессе вторичной плавки и рафинирования.

Чистый сплав применяется непосредственно для производства полуфабрикатов. Чистый материал плавят в индукционных печах, после чего разливают в формы для последующих этапов производства. Производство сплава заданной марки обеспечивается путем анализа и контроля состава шихты без значительных добавок первичного металла. Оксид цинка получают из пыли, оседающей на фильтрах.

Для извлечения меди из растворов сульфата меди, образующихся при выщелачивании "грязной" меди, или в гидрометаллургическом процессе извлечения раствором используется метод электроэкстракции. В процессе электроэкстракции здесь используются инертные аноды, например, свинцовые или титановые, а в качестве катодов – матрицы из нержавеющей стали или медные пластины. Ионы меди

извлекаются из раствора и оседают на катодах также, как при электрорафинировании. Сдирка катодов происходит так же, как и при использовании постоянной катодной основы. Электролит циркулирует по серии ванн до тех пор, пока из него будет извлечена вся медь. После этого электролит возвращается в цикл экстракции растворителем. Часть электролита выводят из циркуляции для контроля примесей на этапе экстракции растворителем.

Процесс электроэкстракции обычно реализуется в две стадии. На первой из электролита извлекают медь до уровня, при котором еще можно получить товарные медные катоды. На второй стадии электроэкстракции (обезмеживания) из электролита в катоды извлекают медь до уровня 1 – 2 г/л. Напряжение в экстракционных ваннах приблизительно в пять раз выше, чем в ваннах для электролиза меди с растворимыми медными анодами. Периодически из оборота "растворение – электроэкстракция" выводят часть обезмеженного электролита из-за обогащения раствора металлами – примесями, такими как никель, мышьяк, цинк, железо.

Процесс электролитического рафинирования анодной меди осуществляется в водном растворе серной кислоты и сульфата меди с использованием тонких катодных основ из электролитной меди, нержавеющей стали или титана. Нержавеющие или титановые матрицы, на которых происходит наращивание медного осадка, являются катодными основами многократного использования (процесс Mount ISA, безосновная технология Outotec и система Noranda/Kidd Creek) [29, 30]. Аноды и катоды помещают в электролизные ванны, располагая электроды в ваннах вертикально, параллельно друг другу. Все аноды соединяются с положительным, а катоды – с отрицательным полюсом источника постоянного тока. При включении ванн в сеть постоянного тока происходят электрохимическое растворение меди из анода в электролит, перенос катионов через электролит и осаждение ее на катоде. Примеси при этом в основном распределяются между шламом (твердым осадком на дне ванн) и электролитом.

В результате электролитического рафинирования анодной меди получают товарные медные катоды, медеэлектролитный шлам, анодные остатки и отработанный загрязненный металлами электролит.

3.2. Процессы производства драгоценных металлов

С каждым годом наблюдается увеличение спроса на драгоценные металлы, что вызывает настоятельную необходимость наряду с поиском новых источников усовершенствования существующих технологий их производства. Указанное обстоятельство предполагает в первую очередь повышение полноты и комплексности использования первичного и вторичного сырья. Возрастающий объем и одновременное снижение качества поступающего на переработку сырья требуют разработки и внедрения высокоэффективных процессов, обеспечивающих получение селективных концентратов драгоценных металлов и самих металлов, сокращение объемов незавершенного производства, снижение энергозатрат, уменьшение потерь

драгоценных металлов, возможность автоматизации процессов, улучшение условий труда.

Драгоценные металлы можно условно разделить на три группы: металлы серебра, золота и платиновой группы. Наиболее значимыми источниками являются руды драгоценных металлов, побочные продукты, полученные при переработке других цветных металлов (в частности, анодные шламы из производства меди и кеки выщелачивания, и неочищенный металл из производства цинка и свинца), и переработанный материал.

И за рубежом, и в Российской Федерации, и в Казахстане практически на всех заводах переработка сырья, содержащего драгоценные металлы, осуществляется с использованием гидрометаллургических (в случае золота и серебра) и электрохимических процессов. Они характеризуются высокой производительностью и уровнем автоматизации, хорошими экономическими и экологическими показателями.

Многие из этих процессов являются коммерчески конфиденциальными и доступны только общие описания. Производственные процессы обычно выполняются в различных сочетаниях для извлечения драгоценных металлов, которые присутствуют в конкретном сырье.

3.2.1. Технология производства золота

Существуют различные варианты технологий получения золота, которые описываются принципиальной схемой, приведенной на рисунке 3.3.

В качестве исходного первичного сырья используют россыпное или рудное золото. В металлургии меди извлекают так называемые "попутные" золото и серебро. Исходным сырьем для получения золота может быть также лом ювелирных и технических изделий. Они отличаются по количественному и фазовому составу.

Драгметаллы концентрируют в золотосеребряном сплаве (сплав Доре), который получают из медеелектролитных шламов, образующихся в процессе производства катодной меди.



Рисунок 3. Принципиальная схема аффинажа золота

Следует отметить, что данный сплав в зависимости от состава перерабатываемых шламов содержит золото и серебро в разных соотношениях, и это обстоятельство необходимо учитывать при выборе способа дальнейшей переработки сплава Доре, а также оборотных продуктов аффинажного производства. При значительном (более 15 – 20 %) содержании серебра в сплаве Доре производится перевод серебра в раствор (как правило, азотнокислый) химическим или электрохимическим способами.

Форма нахождения золота и других драгоценных металлов в исходном сырье обуславливает подход к способам его переработки, которые базируются на химических свойствах драгоценных металлов.

Согласно схеме (рисунок 3.3.) богатое по золоту сырье подвергают вскрытию, причем самыми распространенными способами являются растворение золота в царской водке либо гидрохлорирование (пропускание хлора через раствор HCl). В случае растворения HCl в царской водке появляется дополнительная операция удаления избытка азотной кислоты из раствора после вскрытия. Независимо от выбранного способа именно на этой головной стадии происходят более тонкое разделение золота и серебра и образование двух продуктов, перерабатываемых отдельно, — золотосодержащего раствора и серебросодержащего твердого осадка.

Золото выделяют из раствора, применяя разные приемы. Это могут быть:

- восстановление с получением порошка золота под действием таких восстановителей, как сульфит натрия, сульфат железа (II), нитрит натрия);
- электрохимическое выделение с получением золота на катоде;
- экстракция золота.

Получаемый в результате восстановления порошок золота переплавляют на аноды и подвергают электролитическому рафинированию. Именно этот процесс является

завершающей операцией получения золота высокой чистоты (99,99 %) на подавляющем большинстве предприятий. Рафинирование ведут в электролизерах с растворимыми золотыми анодами, в качестве электролита служат солянокислые растворы золотохлористоводородной кислоты или раствор царской водки, катоды — титановые пластины, на которые в результате электролиза осаждаются золото. В случае, если реализуется экстракционная технология, то золото выделяют из солянокислого (2 – 5 М HCl) раствора три-н-бутилфосфатом, а реэкстракцию его из органической фазы осуществляют раствором восстановителя, того же сульфита натрия [20].

Полученный порошок металлического золота по чистоте отвечает золоту высокой пробы.

Заключительной стадией технологической схемы производства золота является получение слитков различной массы и гранул, отвечающих требованиям государственных стандартов [31].

На тех предприятиях, которые перерабатывают упорное золотосодержащее сырье (главным образом рудное золото), практически повсеместно реализуется цианидная технология, которая предполагает цианирование концентратов с переводом золота в раствор в виде прочных цианидных комплексов с последующим выделением золота из растворов двумя известными и хорошо отработанными путями:

восстановлением цинковой пылью;

сорбцией на активированном угле или ионите.

Оба эти процесса можно рассматривать как процессы предварительного концентрирования золота. Они не являются высокоселективными и предполагают обязательное проведение аффинажных операций по приведенной на рисунке 3.4. схеме. Именно цианидная технология таит в себе основные экологические опасности, связанные с выбросами высокотоксичных веществ в атмосферу и сбросами с отработанными растворами.

До настоящего времени не утратил своего значения для аффинажа золота хлорный метод Миллера, который был предложен еще в конце XIX века. Он получил распространение для аффинажа сплавов Доре, содержащих от 70 % до 90 % золота и от 7 % до 30 % серебра, а также медь, железо, цинк. Его суть заключается в том, что при пропускании газообразного хлора через расплав перерабатываемого исходного сырья все содержащиеся в нем компоненты переходят в форму хлоридов, за исключением золота.

Термодинамика этого процесса такова, что золото начинает реагировать с хлором только после того, как прохлорируются примеси, включая серебро. Хлориды в виде шлака собираются на поверхности расплава, затем отделяются от него: из них получают серебро, а золото, полученное по методу Миллера, также дополнительно аффинируют электрохимическим путем до необходимой степени чистоты (рисунок 3.4.).

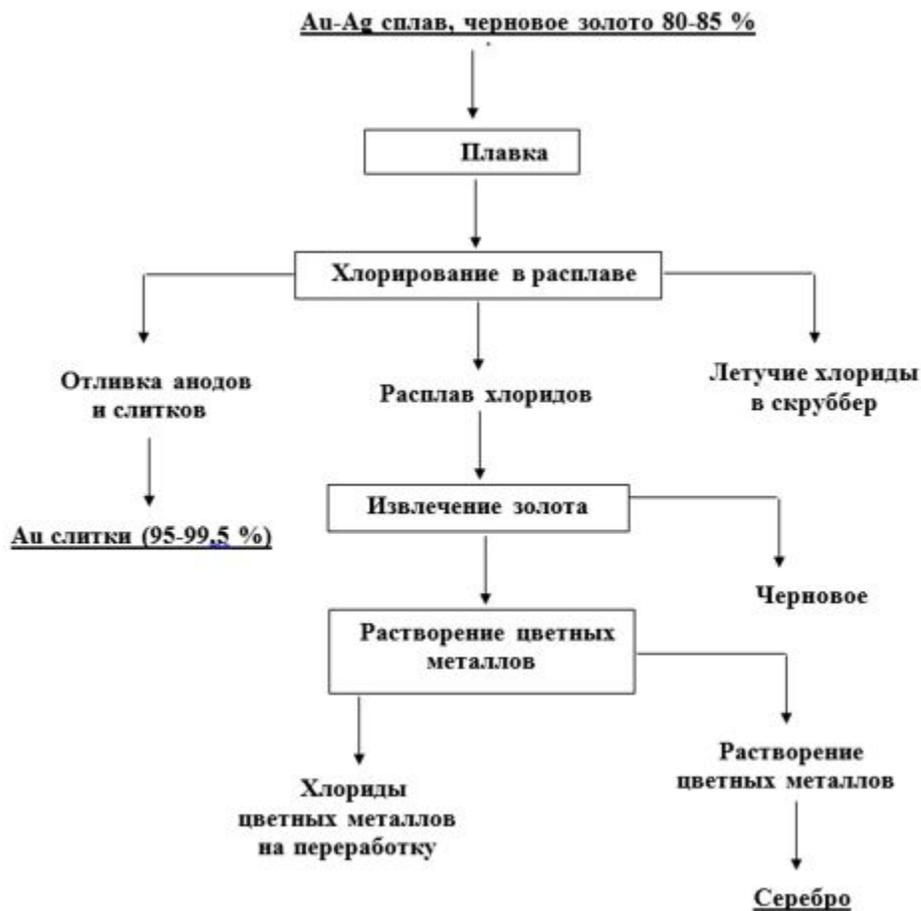


Рисунок .4. Технологическая схема процесса по методу Миллера

Пирометаллургические операции (коллектирующие плавки) применимы и к отдельным видам бедного вторичного сырья, однако только после его классификации и отделения от примесей органических соединений и материалов. Это относится не только к золотосодержащему сырью, но и материалам, содержащим другие драгоценные металлы (серебро, МПГ).

3.2.2. Технологии производства серебра

В Казахстане запасы серебра в основном связаны с месторождениями комплексных полиметаллических руд, поэтому серебро добывается попутно, а получение металлического серебра связано с переработкой различных видов техногенного сырья.

Поскольку серебро по своим химическим свойствам близко золоту, для него применимы приемы избирательного выщелачивания цианидными растворами с последующим осаждением на цинковой пыли (процесс Меррил-Кроу) [32]. Они используются более 100 лет и являются основными для получения серебра из рудного сырья. Образующийся цинковый цементат подвергается аффинажу.

При переработке свинцово-цинковых руд на стадии рафинирования свинца серебро накапливается в так называемой "цинковой пене" [33]. Ее перерабатывают

электротермическим способом: цинк отгоняют при температуре 1250 °С, а полученный серебросодержащий свинец плавят в купеляционных печах на сплав Доре.

Следует подчеркнуть, что в технологии производства серебра, когда исходное сырье содержит примеси меди, селена, теллура, нередко проводят плавки с добавлением флюсов — соды, буры, которые вводят в количестве 1,5 – 3 % от массы загружаемого металла. Плавка является основным источником потерь драгоценных металлов, именно поэтому так велик интерес к гидрометаллургическим технологиям.

При переработке медеэлектролитных шламов и цинковой пены конечной стадией является получение серебряно-золотого сплава.

Таким образом, на аффинажные заводы поступают преимущественно:

сплав Доре;

цинковые цементаты;

хлоридные шлаки или иные продукты, в которых серебро присутствует в виде хлорида.

Кроме того, нельзя не указать на такие виды вторичного сырья, как электронный лом, лом серебряных изделий и т.п.

Основные этапы технологии переработки серебросодержащего сырья показаны на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5. Основные этапы переработки серебросодержащего сырья

В процессах переработки золотосеребряного сплава возможны различные варианты разделения серебра и золота: например, в результате растворения в азотной кислоте в раствор переходит серебро, а золото остается в твердом остатке; при растворении

сплава в царской водке образуется труднорастворимый хлорид серебра, а золото растворяется. Для достижения максимальной степени разделения драгоценных металлов при выщелачивании азотной кислотой рекомендуется, чтобы содержание серебра в сплаве превышало концентрацию золота в 2 – 3 раза [34]. Как правило, после растворения в азотной кислоте полученный раствор нитрата серебра очищается от примесей и направляется на электролиз с получением катодного серебра.

Если сплав содержит порядка 95 % серебра, 3 % золота, примеси меди, свинца, железа, никеля, селена, он непосредственно подвергается электролитическому рафинированию. Его переплавляют в аноды, а электролитом служит водный раствор нитрата серебра с добавкой свободной азотной кислоты. Содержание примесей, особенно золота и меди, в анодах строго регламентируется.

Целесообразно рассмотреть вариант электроэкстракционной технологии аффинажа золотосеребряного сплава. Он предусматривает получение катодного серебра, золотого шлама и концентрата платиновых металлов. Согласно этой технологии, сплав Доре растворяют в азотной кислоте в присутствии ионов аммония под давлением выделяющейся газовой фазы. При взаимодействии оксидов азота и ионов аммония происходят выделение азота и регенерация связанной кислоты. Золото и частично платина с палладием переходят в нерастворимый осадок — золотой шлам. Полученный азотнокислый раствор подвергают сорбционной очистке от платиновых металлов, а также гидролитической очистке от меди, теллура и других примесей. Очищенный раствор подвергают электроэкстракции с получением катодного серебра.

Целесообразность рассмотрения варианта электроэкстракционной технологии аффинажа золотосеребряного сплава справедлива не для всех предприятий, так как подходит только для очень узкого по параметрам исходного материала и является весьма требовательной по содержанию примесей.

3.2.3. Технологии производства металлов платиновой группы

Технология аффинажа металлов платиновой группы относится к наиболее сложным и многооперационным, поскольку эти элементы обладают общностью химических свойств. Попутно с МПГ при переработке платиновых концентратов, получаемых из шламов медно-никелевого производства, товарными продуктами являются золото, серебро, селен, теллур, кобальт, сера.

Помимо платиновых концентратов (КП) для получения платины используется природный концентрат, так называемая шлиховая платина, уникальное сырье с содержанием ~75 % платины в виде природного сплава платины и железа (минерал ферро-платина).

К другим видам сырья для получения платины стоит отнести:

отработанные автомобильные катализаторы;

электронный лом, содержащий платину и другие платиновые металлы;

катализаторные сетки, выработавшие срок службы;

отходы стекольной промышленности (например, фильтры для протяжки стекловолокна);

иные виды катализаторов, в частности, платинорениевые катализаторы, изделия электротехнической промышленности, отходы химической промышленности.

В случае палладия наряду с вышеперечисленными источниками в качестве богатого вторичного сырья можно рассматривать также технологический лом — стоматологические сплавы.

Сложность аффинажа МПГ обусловлена и тем обстоятельством, что платиновые концентраты являются основным исходным сырьем и характеризуются высоким содержанием примесей. Например, содержание редких платиновых металлов (РПМ) в концентрате КП-2 не превышает всего 3,5÷4,5 %. Это обуславливает высокие затраты на аффинаж и большие объемы незавершенного производства.

Существующая технология переработки шламов направлена на извлечение платины, палладия и золота. Общее извлечение драгоценных металлов и извлечение РПМ в селективные концентраты остается низким: так, степень извлечения иридия является в настоящее время самой низкой и в случае концентрата КП-1 составляет 40 %.

Важно подчеркнуть, что технология получения МПГ, в первую очередь платины и палладия, чрезвычайно консервативна, в ее основе лежит идея переработки платиновой руды, сформулированная еще в XVIII веке и заключающаяся в растворении концентрата в царской водке, последующем осаждении из раствора платинохлористоводородной кислоты гексахлороплатината (IV) аммония и его прокаливании при температуре 1000 °С, с получением металлической платины. Из раствора после отделения платины выделяют палладий осаждением его в виде труднорастворимой соли *транс*-дихлородиамминпалладия (II), которую также прокаливают с целью получения металлического палладия. Безусловно, это только ключевые моменты технологии. Им сопутствует множество переделов, обеспечивающих селективность осаждения труднорастворимых солей платины и палладия. Сюда относится и стадия удаления избытка азотной кислоты (при растворении концентрата в царской водке), и операция "доводки" растворов перед осаждением гексахлороплатината (IV) аммония, чтобы обеспечить присутствие в нем сопутствующих платиновых металлов в определенных степенях окисления (иридия — в степени окисления +3, палладия — в степени окисления +2). Необходимость последней операции вызвана тем, что разделение близких по свойствам МПГ обеспечивается тонкими различиями в термодинамических и кинетических свойствах их хлоридных комплексов.

Растворение в царской водке обеспечивает отделение платины и палладия от суммы редких платиновых металлов (рутений, родий, иридий), которые концентрируются в нерастворимом остатке. Исключением является осмий, который ввиду летучести его тетраоксида отделяют отгонкой в газовую фазу на головной стадии аффинажа любого

сырья, содержащего осмий. Обогащенный по осмию концентрат КП-4 в настоящее время пока не производится ввиду незначительной потребности в нем. В процессе обогащения шламов осмий вместе с селеном концентрируется в кеках газоочистки и в таком виде складывается.

Способ растворения исходного сырья в царской водке отличается высокой степенью извлечения платины и палладия в раствор, но имеет ряд существенных недостатков:

высокий расход реагентов (300÷400 % от стехиометрии);

бурное выделение токсичных оксидов азота;

наличие в образующихся растворах значительного количества нитрат-ионов, что делает невозможным их дальнейшую переработку без проведения дополнительных операций.

В настоящее время на большинстве предприятий используют вскрытие КП в растворе соляной кислоты с использованием в качестве окислителя пропускаемого через пульпу газообразного хлора в титановых реакторах при механическом перемешивании и температуре 70÷90 °С. При осуществлении этой операции выделяющиеся при выщелачивании газы используются для регенерации растворителей, а также как самостоятельные вскрывающие реагенты. Кроме того, высокие концентрации газообразного хлора способствуют переходу МПГ в составе комплексных соединений в высшие степени окисления, и они начинают работать как сильные окислители, ускоряя процесс растворения.

Однако способ гидрохлорирования характеризуется довольно медленной кинетикой

Так, для растворения 100 кг сырой платины в растворе соляной кислоты с концентрацией 300÷350 г/дм³ при соотношении т: ж = 1:3 необходимо проводить процесс в течение 12÷16 ч. По сравнению с растворением в смеси соляной и азотной кислот гидрохлорирование обладает меньшим расходом реагентов (100÷200 % от стехиометрии). Отделение платины и палладия от РПМ достигается за счет подбора оптимальной концентрации кислоты, температуры и окислительно-восстановительного потенциала реакционной среды.

Как отмечалось выше, выделение платины из растворов основано на способности платины (IV) образовывать малорастворимое соединение гексахлороплатинат (IV) аммония — $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$. В процессе его осаждения хлорид аммония необходимо вводить с избытком для снижения растворимости осаждаемой соли.

Необходимо обратить внимание на то, что в растворе большая часть платины должна находиться в степени окисления +4, чтобы обеспечить высокий выход гексахлороплатината (IV) аммония (комплексная соль $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_4]$, подобно $(\text{NH}_4)_2[\text{PdCl}_4]$, хорошо растворима). При этом палладий и иридий в степени окисления +4

также образуют нерастворимые гексахлорометаллаты, изоструктурные с гексахлороплатинату (IV) аммония.

Выделение палладия возможно в форме транс-дихлородиамминпалладия (II) $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$. Для его осаждения в солянокислый раствор постепенно вводят гидрат аммиака. Так как его приливают постепенно, то первоначально часть палладия переходит в катионную форму тетраамминпалладий (II), а другая часть остается в виде тетрахлоропалладат (II) — иона. Выпадает соль Вокелена, которая при дальнейшем добавлении аммиака растворяется с образованием тетраамминпалладий (II) дихлорида. К полученному раствору постепенно прибавляется соляная кислота: при этом выпадает светло-желтый кристаллический осадок транс-дихлородиамминпалладия (II).

Восстановление выше указанных солей до металлического состояния возможно несколькими методами. Наиболее распространен способ прокаливания при температуре $800\div 1200\text{ }^\circ\text{C}$.

Рассмотренный метод аффинажа МПГ является осадительным, а осадительные методы наиболее просты для реализации в технологической практике, в том числе и в аппаратурном оформлении.

Таким образом, в течение многих десятилетий в практике аффинажа на отечественных и зарубежных аффинажных предприятиях использовались и используются до сих пор схемы, которые насчитывают десятки взаимосвязанных операций с многочисленными оборотами растворов и полупродуктов, приводящими к потерям драгоценных металлов. Чрезвычайно трудоемки операции перевода МПГ в раствор с применением царской водки, спекания с пероксидом бария нерастворимых остатков, концентрирующих сумму РПМ, сплавления со свинцом и цинком и др.

3.2.4. Извлечение драгоценных металлов из медеэлектролитных шламов

Сульфидные медные руды, как правило, содержат некоторое количество золота и серебра. В процессе переработки этих руд основная масса благородных металлов концентрируется в анодных шламах, получаемых при электролитическом рафинировании меди.

Кроме благородных металлов, шламы содержат значительное количество теллура и селена. Поэтому технологические схемы переработки анодных шламов предусматривают извлечение из них как золота и серебра, так и селена и теллура.

Выход анодных шламов зависит от чистоты анодной меди и составляет примерно 0,4 - 1,0 % от массы анодов.

Вещественный состав анодных шламов весьма сложен и зависит от состава анодной меди и условия ведения электролиза.

Современные способы переработки медеэлектролитных шламов включают следующие основные операции:

обезмеживание шламов;

извлечение части или всего количества селена и теллура;

окислительную плавку на серебрянозолотой сплав (металл Доре) и продукты, служащие сырьем для доизвлечения оставшихся селена и теллура.

Операция обезмеживания имеет своей целью возможно более глубокое удаление меди, а также частичное освобождение от сурьмы и мышьяка. Крупную фракцию шлама (скрап), по составу близкую к анодной меди, отделяют классификацией и возвращают в плавку на аноды.

Дальнейшее обезмеживание можно производить различными способами:

метод выщелачивания меди разбавленной серной кислотой (10 - 15 %), где растворение ведут при нагревании до 90 - 95⁰С и продувке воздухом;

окислительный обжиг, сульфатизирующий, обжиг и спекание с содой и тд.

Независимо от способа обезмеживания конечная операция переработки шламов – плавка на серебрянозолотой сплав. Огарок смешивают с кварцевым песком и содой, служащими флюсами. В качестве окислителя в шихту добавляют селитру. Плавку ведут в отражательной печи при температуре 1300⁰С.

В результате плавки получают металл Доре. Полученный металл Доре (содержащий 96 – 98 % серебра и золота) отправляют на аффинаж.

3.2.4.1. Аффинаж золота и серебра

Сырье и подготовка его к аффинажу

Цели аффинажа – разделить благородные металлы и получить их в чистом виде.

Аффинаж золота и серебра осуществляют на специализированных аффинажных заводах.

Поступающие на аффинаж материалы подвергают приемной плавке с целью получения однородного по химическому составу сплава, опробования, частичного удаления нежелательных примесей и получения нужной формы сплава для последующей переработки. Приемную плавку осуществляют в электрических индукционных печах.

Золотосеребряные сплавы вследствие содержания в них цинка, свинца, меди и примесей других неблагородных металлов, а также металлов платиновой группы склонны к ликвидации, что затрудняет их опробование. Основные факторы, определяющие неоднородность золотосеребряных слитков:

форма и толщина изложницы;

размер слитка;

температура расплавления;

отливка сплава.

Для правильного опробования сложных по составу сплавов следует отбирать пробу из расплавленного металла после снятия шлаковой покрывки непосредственно из печи, где происходит перемешивание металла током высокой частоты. Небольшую пробу

отливают в изложницу в виде тонкого слитка. Быстрое охлаждение такого слитка обеспечивает достаточную однородность сплава.

При переплавке ртутисодержащего материала (с остаточным содержанием ртути 0,05 – 0,1 %) с выделяющимися парами ртути механически увлекаются благородные металлы. Пары ртути улавливают в специальной конденсационной системе. Собранная ртуть содержит 0,04 – 0,12 % золота и 0,004 – 0,02 % серебра.

Хлорный процесс

Сущность метода заключается в продувании газообразного хлора через расплавленный рафинируемый металл. Хлор в первую очередь взаимодействует с неблагородными металлами и серебром; золото и металлы платиновой группы реагируют в последнюю очередь.

Образующиеся расплавленные хлориды неблагородных металлов и серебра не растворяются в металлическое золото и, имея меньшую плотность, всплывают на поверхность. Отделение хлоридов от золота не представляет труда. Часть хлоридов неблагородных металлов переходит в газовую фазу.

Аффинаж хлорированием дешевле электролитического процесса и пригоден для рафинирования золота любой чистоты. Основные недостатки- получение недостаточно чистого золота, существенные потери серебра и платиновых металлов, которые остаются в очищенном золоте.

3.2.4.2. Принципиальная схема производства драгоценных металлов

Серебро получают методом электролиза из сплавов серебряно-золотых. В качестве электролита используется водный раствор азотно-кислого серебра. В процессе серебряного электролиза происходит разделение золота и серебра. Золото выпадает в виде шлама, а серебро в виде кристаллов серебра. Кристаллическое серебро после кислой и нейтральной промывки направляют на плавку в индукционные электропечи для получения товарного серебра. Золотосодержащий шлам обрабатывают раствором азотной кислоты с целью его обогащения по золоту. Обогащенный шлам (черновое золото) отправляют на производство золота. Золото получают способом электролиза (электроаффинажирования) и гидрометаллургическим способом. Катодное золото после электролиза и порошковое золото, полученное гидрометаллургическим способом, подвергаются плавке в индукционных электропечах и разливу в товарные слитки. В процессе электролиза многокомпонентного серебряно-золотого сплава происходит накопление примесей в серебряном электролите, поэтому серебряный электролит подвергается периодической гидролитической очистке от микропримесей с использованием перманганата калия, при этом поддерживается концентрация таких примесей, как платина, палладий, теллур, коллоидное золото на уровне, позволяющем получать чистое кристаллическое серебро. При проведении гидролитической очистки

серебряного электролита от примесей получается гидратный обогащенный по платине и палладию кек, который передается на производство платиновых металлов с целью их извлечения.

Для производства драгоценных металлов применяются технологическое оборудование: индукционные электропечи для плавки серебра и золота, реакторы с мешалками и паровыми рубашками для обогрева пульпы, нутч-фильтры, электролизные ванны для электролиза серебра, электролизеры для электрорафинирования золота, изложницы анодные и слитковые для разлива серебра и золота, печь подогрева крышек и изложниц.

В производстве драгоценных металлов выделяются переделы: передел производства серебра, передел производства золота, передел производства платиновых металлов.

3.2.4.3. Производство серебра

Технологический процесс производства серебра включает в себя следующие стадии : приготовление электролита, электролиз (электролитическое рафинирование) серебра, плавка кристаллического серебра в слитки и гранулы, гидролитическая очистка серебряного электролита, переработка отработанного серебряного электролита.

В качестве электролита при электролитическом рафинировании серебра используют водный раствор азотнокислого серебра, содержащий свободную азотную кислоту.

Для электролиза серебра используются электролизные ванны с коническим дном. Электролитическое рафинирование серебра основано на анодном растворении электрическим током серебряно-золотого сплава в растворе азотнокислого серебра. При этом получают кристаллическое серебро, золотосодержащий шлам, отработанный электролит. Осевшее на катодных листах кристаллическое серебро счищают специальными скребковыми устройствами сдирки, подвергают кислой и нейтральной промывке и направляют на плавку. Плавку кристаллического серебра в слитки или гранулы проводят в трех индукционных электропечах в графито-шамотных тиглях. Разливку расплавленного серебра производят в анодные изложницы или чугунные слитковые изложницы. Золотосодержащий шлам обрабатывают раствором азотной кислоты с целью его обогащения по золоту не менее 85 %. Обогащенный шлам (черновое золото) отправляют на аффинаж для получения чистого золота.

В процессе электролиза многокомпонентного серебряно-золотого сплава происходит накопление примесей в серебряном электролите, поэтому серебряный электролит подвергается периодической очистке от микропримесей, включающей гидролитическую очистку, при этом поддерживается концентрация таких вредных примесей, как платина, палладий, теллур, коллоидное золото на уровне, позволяющем получать чистое кристаллическое серебро. Операция гидролитической очистки проводится в реакторе с мешалкой. При гидролитической очистке используются в качестве окислителя - перманганат калия и нейтрализатора – известковое молоко или

кальцинированная сода. При проведении гидролитической очистки серебряного электролита от примесей получается гидратный кек. При обработке гидратного кека раствором азотной кислоты в реакторе происходят растворение гидратных и карбонатных форм серебра, меди, свинца и обогащение твердого остатка по платине и палладию. Пульпа фильтруется на нутч-фильтре. После фильтрации раствор, содержащий серебро и цветные металлы, передается на операцию осаждения хлорида серебра, а обогащенный гидратный кек после промывки собирается в контейнер и передается на производство платиновых металлов с целью их извлечения.

Переработка отработанного серебряного электролита включает гидролитическую очистку, операции цементации серебра и осаждения серебра в виде хлоридов. Для получения высококачественного серебра необходимо ограничивать накопление вредных примесей в электролите. Эта задача решается путем вывода отработанного электролита на гидролитическую очистку с дальнейшим цементационным осаждением серебра в виде металлического порошка цинковой пылью, либо в виде хлорида серебра с последующей металлизацией. Осаждение серебра, металлизация хлорида серебра производятся в реакторах с мешалкой. Порошок серебра после плавки разливается в аноды и подвергается электрорафинированию в ваннах. Цветные металлы в виде раствора передаются в основное металлургическое производство в оборот.

3.2.4.4. Производство золота

Технологический процесс производства золота включает в себя стадии: получение черного золота из золотого шлама серебряного электролиза, аффинаж золота, плавка и розлив золота в товарные слитки.

Полученный в процессе электрорафинирования серебряно-золотых сплавов (серебряный электролиз) золотосодержащий шлам, содержащий около 30 % золота и 60 % серебра, обрабатывают раствором азотной кислоты с целью его обогащения по золоту не менее 85 %. Обогащенный шлам (черновое золото) отправляют на аффинаж золота.

Аффинаж золота производится по двум технологическим схемам – электрорафинирование анодов из черного золота, с получением чистого катодного золота; химическое растворение черного золота с последующим селективным осаждением чистого порошкового золота (гидрометаллургическая схема рафинирования черного золота). Комбинация двух технологий позволяет гибко управлять процессом аффинажа, выводить платиноиды из золотого передела.

Электрорафинирование золота включает три основные операции: подготовка золотосодержащего сырья к анодной плавке, приготовление электролита, электролиз золота.

В процессе подготовки золотосодержащего сырья к анодной плавке электролитическому рафинированию подвергаются аноды, полученные при плавке золотосодержащего сырья, содержащие не менее 92 % золота. В процессе плавки

анодный металл легируют на заданный состав, соответствующий требованиям для электролиза золота. При легировании используют слитки золота, остатки анодов, порошки глубокого осаждения, золотой шлам.

Приготовление электролита производится непосредственно в электролизере. В качестве электролита при электролизе золота используется раствор золотохлористоводородной кислоты, получаемой при растворении черного золота в смеси соляной и азотной кислот.

Аффинаж электролизом золота позволяет получать металл высокой чистоты. Электролиз основан на анодном растворении электрическим током золотого сплава в растворе золотохлористоводородной кислоты и осаждении золота на катоде. Для электролиза золота используются электролизеры. Осажденное на титановом катоде, катодное золото сдирают один раз в сутки. Листы катодного золота промывают раствором соляной кислоты с целью отмывки катодного осадка от маточного электролита. Золото отделяют от раствора соляной кислоты и промывают дистиллированной водой, сушат и передают на товарную плавку золота. Растворы от товарного осаждения золота направляют на операцию глубокого осаждения золота.

Гидрометаллургическая схема рафинирования черного золота включает следующие операции: растворение черного золота в царской водке, осаждение товарного порошка золота сульфитом натрия, глубокое осаждение золота из растворов.

В гидрометаллургической схеме растворению в царской водке подвергается черновое золото, полученное при переработке золотого шлама электрорафинирования серебра. Черновое золото растворяют в реакторе с паровой рубашкой. После окончания процесса растворения золота содержимое реактора сливается на нутч-фильтр и фильтруется. Фильтрат перекачивается в сборник чистого золотосодержащего раствора и далее поступает на операцию осаждения товарного золота. Осадок хлорида серебра промывают на фильтре минимальным объемом воды, выгружают в контейнер и передают на анодную плавку серебра.

В реактор для осаждения товарного порошка золота заливается золотосодержащий раствор, при необходимости раствор разбавляется дистиллированной водой и включается мешалка для перемешивания раствора. В реактор небольшими порциями загружаются мочевины (карбамид) и затем твердый сульфит натрия. При загрузке сульфита температура в реакторе поднимается до $60 \div 80$ °С и происходит выделение порошкового золота.

На глубокое осаждение золота поступают растворы от товарного осаждения золота, содержащие $15 - 20$ г/дм³. В реактор для глубокого осаждения золота заливается раствор, включается мешалка, в реактор загружается твердый сульфит натрия. Появление черного осадка при добавлении сульфита натрия свидетельствует об окончании осаждения золота. Порошок от глубокого осаждения золота промывается

водой, снимается с нутч фильтра в контейнер и после сушки поступает на плавку золотых анодов.

Плавке и розливу в товарные слитки подвергается катодное золото после электролиза, а также порошковое, полученное гидрометаллургическим способом. Плавка золота производится в тигле, помещенном в индукционную электропечь. Расплавленное золото с чистой поверхностью переливается в тигель-миксер и тельфером перемещается к разливочному столу для розлива золота в слитки.

К обратной продукции производства золота и серебра относятся пыли вентиляционных систем, бой тиглей от плавки золота и серебра, шлак и зола от анодных плавки серебра, сгораемые и несгораемые технологические продукты, которые направляются в плавильный цех, либо отделение по производству сплавов драгметаллов плавильным способом.

3.2.5. Металлургия платиновых металлов

Сырьем для получения платиновых металлов служат: шлиховая платина, извлекаемая при разработке и обогащении россыпей; концентраты, получаемые в результате обогащения и гидрометаллургической обработки анодных шламов электролиза меди или никеля; лом вторичных платиновых металлов и другие остатки производства.

Обращенные анодные шламы, полученные на разных заводах, имеют состав, изменяющийся в широких пределах в зависимости от состава исходного сырья.

4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

В данном разделе описываются общие 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.

Основополагающими этапами определения методов, направленных на снижение негативно воздействия на окружающую среду, рассматриваемых в данном разделе, 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.

Существует много процессов, вариаций оборудования и методов, используемых при производстве меди и драгоценных металлов. Многие из техник и отдельных этапов производственных процессов являются общими, поэтому, они описываются вместе.

Общие этапы:

- системы управления;
- управление энергией;
- мониторинг;
- управление сырьевыми материалами;
- управление водопотреблением и сточными водами;
- управление отходами.

Производство меди и драгоценных металлов может осуществляться различными способами, различающимися потреблением тепла (топлива), энергии и природных материальных ресурсов. Сам процесс производства сопровождается эмиссией в окружающую среду различных веществ, оказывающих негативное влияние на окружающую среду: пыль, вредные и токсичные газы, соединения металлов, органические вещества и др.

В данном разделе приведены техники, применение которых возможно при производстве меди и драгоценных металлов.

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 свинца плюсы интеграции состоят в следующем:

- получение свинца из промпродуктов цинкового и медного производства;
- использование промпродуктов свинцового передела в виде штейно-шпейзовой смеси при производстве меди;
- использование в качестве сырья для производства серной кислоты отходящих серосодержащих газов плавильных печей;

переработка возгонов, полученных методом извлечения из шлаков свинцовой плавки цинка и свинца 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 %. С вводом в эксплуатацию этой установки в 2014 году выбросы диоксида серы в целом по предприятию УКМК были снижены в два раза (с 69 до 34 тысяч тонн/год).

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 тысяч тонн собственной серной кислоты предприятия, получаемой в сернокислотном цеху при обработке технологических газов [85].

Кросс-медиа эффекты

При повышенном содержании мышьяка в промпродуктах, направляемых на медное производство увеличивается циркуляционная нагрузка этого вещества между свинцовым и медным заводами за счет переработки свинцово-медных оборотов, что приводит к риску получения некачественной товарной продукции. Это обусловлено тем, что мышьяк по химическим свойствам имеет родство с медью. Необходима дополнительная переработка медных съёмов свинцового 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 [79].

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" УКМК ТОО "Казцинк", в реализацию которого компания вложила свыше 800 млн долларов.

Движущая сила внедрения

Экологическое законодательство. Экономические выгоды.

4.2. Система экологического менеджмента

Описание

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

Техническое описание

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. СЭМ является наиболее действенной и эффективной, когда она образует неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки, в частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, а это означает, что управление окружающей средой – это непрерывный процесс, а не проект, который в итоге подходит к концу. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основано на цикле PDCA (планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы, такой как ISO 14001:2015, могут повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. Однако не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

Стандартизированные системы (ISO 14001:2015) и не стандартизированные системы в принципе применяются к организациям, настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

Заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия).

Анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), а также применимых правовых требований, касающихся окружающей среды.

Экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента.

Планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями.

Выполнение процедур, требующих особого внимания:

а) структура и ответственность;

б) набор, обучение, информированность и компетентность персонала, чья работа может повлиять на экологические показатели;

в) внутренние и внешние коммуникации;

г) вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;

д) документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, а также соответствующих записей);

е) эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

ж) программа технического обслуживания;

з) готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и/или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;

и) обеспечение соответствия экологическому законодательству;

Обеспечение соблюдения природоохранного законодательства.

Проверка работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

а) мониторинг и измерение;

б) корректирующие и превентивные действия;

в) ведение записей;

г) независимый внутренний и внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;

Обзор СЭМ и ее постоянная пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства.

Подготовка регулярного ежегодного экологического отчета.

Валидация органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ.

Следование за развитием более чистых технологий.

Рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы.

Применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли).

Система управления отходами.

На установках/объектах с несколькими операторами создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координируются операционные процедуры

каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами.

Инвентаризация сточных вод и выбросов в атмосферу.

Достигнутые экологические выгоды

Поддержание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дают гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия природоохранного разрешения, достигаются поставленные цели и решаются задачи. Система экологического менеджмента обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Все значительные входные потоки (включая потребление энергии) и выходные потоки (выбросы, сбросы, отходы) взаимосвязанно управляются оператором в краткосредне- и долгосрочном аспектах с учетом особенностей финансового планирования и инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных решений по очистке выбросов и сбросов ("на конце трубы") может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

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 тысяч тонн/год [86].

Кросс-медиа эффекты

Методы экологического менеджмента проектируются таким образом, чтобы минимизировать воздействие установки на окружающую среду в целом.

Технические соображения, касающиеся применимости

Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам.

Охват (например, уровень детализации) и формы системы экологического менеджмента (как стандартизованной, так и не стандартизованной) должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню его воздействия на окружающую среду.

Экономика

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей системы экологического менеджмента на должном уровне вызывает затруднения.

Движущая сила внедрения

Система экологического менеджмента может обеспечить ряд преимуществ, например:

- улучшение экологических показателей предприятия;
- улучшение основы для принятия решений;
- улучшение понимания экологических аспектов компании;
- улучшение мотивации персонала;

дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшение качества продукции;

улучшение экологической результативности;

снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и др.

4.3. Эффективное использование энергии

Описание

Важным методом повышения энергоэффективности является использование систем энергоменеджмента, описанных в международном и национальном стандарте.

Техническое описание

Система управления энергетической эффективностью состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энергетического менеджмента (СЭнМ) (например, ISO 50001).

В состав СЭнМ в зависимости от конкретных условий входят перечисленные ниже элементы:

обязательства высшего руководства (рассматриваются как необходимая предпосылка успешного менеджмента энергоэффективности);

разработка и принятие политики энергоэффективности высшим руководством;

планирование и определение целей и задач;

разработка и соблюдение процедур, уделяющих особое внимание следующим вопросам: организационная структура и ответственность, обучение, обеспечение осведомленности и компетентности, информационный обмен, участие сотрудников, документирование, эффективный контроль технологических процессов, техническое обслуживание, готовность к чрезвычайным ситуациям, обеспечение соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

сравнительный анализ: установление и периодическая оценка показателей энергоэффективности, а также систематическое и регулярное сопоставление с

отраслевыми, национальными и региональными ориентирами в области энергоэффективности при наличии подтвержденных данных;

оценка результативности и корректирующие действия, уделяющие особое внимание следующим вопросам: мониторинг и измерения, корректирующие и профилактические действия, ведение записей, независимый (там, где это возможно) или внутренний аудит с целью оценки того, соответствует ли система установленным требованиям, а также, внедрена ли она и поддерживается надлежащим образом;

регулярный анализ СЭнМ, ее соответствия целям, а также адекватности и результативности со стороны высшего руководства.

Принципы системы энергоменеджмента подробно описаны в [53].

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления энергии и ресурсов, улучшение экологических показателей и поддержание высокого уровня эффективности этих показателей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяют снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1 - 3 % (на начальном этапе до 10 - 20 %), что соответственно приводит к снижению выбросов вредных веществ и парниковых газов [81, 82, 83]. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ).

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства и квалификации персонала.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или не стандартизированная) будут связаны 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 мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

4.4. Управление технологическим процессом

Описание

Обеспечение стабильности производственного процесса.

Техническое описание

Внедрение систем автоматизированного контроля, управления и использование следующих техник.

Проверка и выбор исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами и методами очистки. Процедуры включают:

контроль сопроводительных документов для товара;

визуальную проверку того, что поставленный материал соответствует указанному в договоре и товаросопроводительным документам;

контроль системы взвешивания и дозирования шихты;

контроль приема исходного сырья и определение места хранения (визуальный осмотр, выборочный контрольный анализ в зависимости от типа материала, испытание на радиоактивность);

контроль химического состава исходного сырья;

сортировку посторонних веществ: возврат поставщику или соответствующее удаление;

тщательное перемешивание различных материалов, входящих в состав шихты, для достижения оптимальной эффективности переработки и сокращения выбросов и отходов. Для определения правильных смесей сырья используются малые печи. Колебания влажности в подачи печи могут привести к тому, что объемы технологического газа слишком велики для аспирационного оборудования, что будет способствовать образованию неорганизованных выбросов;

использование микропроцессорных устройств контроля скорости подачи материала, ключевых технологических параметров, включая сигнализацию, условий сжигания и подачи дополнительного газа;

непрерывный инструментальный контроль температуры, давления в печи и подачи газа;

контроль критических параметров процессов, реализуемых на установках очистки воздуха, таких как температура газа, количество подаваемых реагентов, давления, ток и напряжение на электрофилтре, объем подачи и рН жидкости в мокром скруббере, состав подаваемого газа;

контроль содержания пыли и ртути в отходящих газах перед их подачей на сернокислотную установку;

непрерывный инструментальный контроль уровня вибрации для обнаружения завалов или неисправности оборудования;

непрерывный инструментальный контроль силы тока, напряжения и температуры электрических контактов;

контроль и регулирование температуры для предотвращения образования выбросов металлов и оксидов металла из-за перегрева;

использование микропроцессорных устройств для контроля подачи реагентов и работы очистного оборудования, включая непрерывный инструментальный контроль температуры, мутности, рН, электропроводности и объемов стока;

сбор технологических газов с использованием герметичных или полугерметичных систем печи (интерактивные вентиляторы с переменной скоростью используются для обеспечения оптимальной скорости сбора газа и минимизации затрат на электроэнергию);

сбор и извлечение паров растворителей, насколько это возможно, с использованием герметичных реакторов или локального сбора паров в сочетании с охладителями или конденсаторами;

использование систем управления окружающей средой и качества;

проведение анализа шлака, металла и штейнового материала на основе периодически отбираемых проб для контроля и оптимизации добавления флюсов, определение условий производственного процесса и контроль содержания металлов в материалах.

Для некоторых процессов возможно необходимо принять во внимание специальные правила.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других веществ в атмосферу.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Нет данных.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости.

Повышение энергоэффективности.

Технические соображения, касающиеся применимости

Эти методы обычно применимы к большинству заводов.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Экономия сырья.

Непрерывный и стабильный процесс производства.

4.5. Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ

Мониторинг эмиссий в атмосферу и воду является важным элементом предотвращения и сокращения загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями.

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.

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы), а также на границе санитарно-защитной зоны 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 Республики Казахстан. Использование международных стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами Республики Казахстан.

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.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели как: режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и останова, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, точек отбора проб, количества проб и продолжительности их отбора необходимо учитывать такие факторы как:

- режим работы установки и возможные причины его изменения;
- потенциальную опасность выбросов;

время, необходимое для отбора проб, с целью получения наиболее полной информации об определяемом загрязняющем веществе в составе газа.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечены максимальные выбросы (максимальная нагрузка).

При этом для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах могут быть использованы произвольный отбор или объединенные суточные пробы (24

часа), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

При отборе проб не приемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как при помощи инструментальных замеров, так и расчетным методом.

Результаты измерений должны быть репрезентативными, взаимно сопоставимыми и четко описывать соответствующее рабочее состояние установки.

Следует учитывать факторы, такие как вариации процесса, характер и потенциальная опасность выбросов, а также время, необходимое для получения измеряемого количества загрязняющего вещества или репрезентативной информации. Эти факторы могут затем стать основой для выбора условий работы, при которых могут регистрироваться самые высокие выбросы, количество и продолжительность измерений, наиболее подходящий метод измерения и точки отбора проб.

В таблице 4.1. приведены основные отличительные характеристики непрерывных и периодических измерений.

Таблица .1. Характеристики 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 эмиссий	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)
		Автоматизированные системы мониторинга (АСМ) требуют	

4	Калибровка и отслеживаемость измерений	калибровки и настройки согласно сертифицированным справочным материалам в период техобслуживания	Могут быть использованы стандартные эталонные методы
5	Сертификация оборудования	Оборудование должно быть внесено в реестр Республики Казахстан	Оборудование должно быть внесено в реестр Республики Казахстан

Точки отбора проб

Точки отбора проб должны соответствовать требованиям законодательства Республики Казахстан в области измерений. Точки отбора проб должны:

быть четко обозначенными;

если возможно, иметь постоянный поток газа в точке отбора;

иметь необходимые источники энергии;

иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;

обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

Компоненты и параметры

Компоненты, которые измеряются в процессе мониторинга при производстве меди, включают: пыль, металлы, двуокись серы, ЛОС, ПХДД/Ф, оксиды углерода и азота.

Для некоторых процессов контролируются кислоты, такие как серная и соляная кислота, а также хлориды и фториды. Некоторые вещества специфичны для ряда реагентов, используемых для производства драгоценных металлов. Компоненты представлены в разделах, посвященных металлу, а методы отбора проб и анализа приведены в соответствующих национальных и международных руководящих принципах мониторинга и анализа.

При проведении измерений необходимо учитывать:

состояние установок очистки отходящих газов или сточных вод;

режим работы оборудования (непрерывный, прерывистый, пуско-наладочные работы, изменение нагрузки);

влияние факторов термодинамических помех.

Таблица .2. Перечень загрязняющих веществ

№ п/п	Компонент/вещество	Определение
1	2	3
1	Пыль (общая)	Твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического, любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе
2	Металлы и их соединения	Zn, Cd, Pb, Hg, Cu, As
3	SO ₂	Диоксид серы
4	NO	Оксид азота

5	NO ₂	Диоксид азота
6	CO	Окись 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 вторичной меди;

** 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.

Стандартные условия

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

температуру окружающей среды;

относительную влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);

объем газовой смеси;

температуру отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);

содержание водяных паров;

статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

содержание кислорода.

Данные параметры могут использоваться при определении наличия определенных компонентов в отходящем потоке газа, например, температура, содержание кислорода и пыли в газе могут указывать на разложение ПХДД/Ф. Значение рН в сточных водах может также использоваться для определения эффективности осаждения металлов.

Помимо наблюдений за качественными и количественными показателями отходящих потоков мониторингу подлежат параметры основных технологических процессов, к которым относятся:

количество загружаемого сырья;

производительность;

температура горения (или скорость потока);

температура катализатора;

количество подсоединенных аспирационных установок;

скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из электрофилтра вместо концентрации пыли;

расход и давление очищающей жидкости (фильтрата) и перепад давления мокрого скруббера;

датчики утечки для применяемого очистного оборудования (например, возможное превышение 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).

Непрерывное и периодическое измерение выбросов

Непрерывный мониторинг выбросов предполагает постоянное измерение автоматизированной системой мониторинга, установленной на источнике выбросов.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в газах или в сточных водах, и в некоторых случаях точные концентрации могут определяться непрерывно или в виде средних значений в течение согласованных периодов времени (почасово, посуточно и т. д.). В этих случаях анализ средних значений и использование перцентилей могут обеспечить гибкий метод демонстрации соответствия условиям разрешения, а средние значения можно легко и автоматически оценить.

Для источников и компонентов выбросов, которые могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду, следует установить непрерывный мониторинг. Пыль может оказывать значительное воздействие на окружающую среду и здоровье, содержать токсичные компоненты. Постоянный мониторинг пыли позволяет также определить разрывы мешков в рукавных фильтрах.

Периодические измерения включают определение измеряемой величины с заданными временными интервалами с использованием ручных или автоматизированных методов. Указанные промежутки времени обычно являются регулярными (например, один раз в месяц или один раз/два раза в год). Длительность отбора определяется как период времени, в течение которого образец отбирается. На практике иногда выражение "точечный отбор" используется аналогично "периодическому измерению". Количество отбираемых проб может быть различным в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения достоверных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение, как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время измерений, точки отбора проб, измеряемые вещества (т.е. загрязнители и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе

при определении целей мониторинга. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также может быть и 60 минут, в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места установки датчиков - в случае использования автоматизированных систем). Так, например, в случаях низкой концентрации пыли или необходимости определения ПХДД/Ф может потребоваться больше времени для отбора проб.

Оценку воздействия выбросов и их сокращение с течением времени следует сопоставлять с относительной долей неорганизованных и организованных источников выбросов на конкретном участке. Сравнение этих результатов со стандартами качества окружающей среды, пределом воздействия на рабочем месте или прогнозируемыми значениями концентраций.

Местоположение точек отбора должно соответствовать стандартам безопасности и гигиены труда, быть легкодоступными и иметь достаточный размер.

4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Производственный мониторинг является элементом производственного экологического контроля, который проводится для получения объективных данных с установленной периодичностью о воздействии производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

Организованные выбросы в атмосферный воздух, а также параметры процессов (температура, O_2 , скорость потока и др.) контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

Тип использованного мониторинга (непрерывные или периодические измерения) зависит от ряда факторов, таких как: природа загрязняющего вещества, экологическая значимость выбросов или ее изменчивость.

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

инструментальный метод, основанный на автоматических газоанализаторах, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников, с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения);

расчетный метод, основанный на использовании методологических данных.

Особое внимание следует уделить мониторингу неорганизованных выбросов, так как их количественное определение требует больших трудовых и временных затрат. Имеются соответствующие методики измерения, но уровень достоверности результатов, получаемых с их применением, низок, и в связи с увеличением числа

потенциальных источников оценка суммарных неорганизованных выбросов/сбросов может потребовать более существенных затрат, чем в случае выбросов/сбросов от точечных источников.

Ниже рассмотрены некоторые методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения во время погрузочно-разгрузочных операций, а также выбросов возникающих в результате деятельности 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).

Нет методов измерений, которые применимы для общего использования на всех участках, и методологии измерений отличаются от участка к участку. Имеются значительные воздействия от других источников поблизости от промплощадки, такие как вспомогательные производства, транспорт и иные источники, которые сильно затрудняют экстраполяцию. Следовательно, полученные результаты относительно или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать 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, особой конфигурации установки и т.п.

Приоритетными источниками выбросов в производстве меди являются плавильные печи, сернокислотные установки (если применимо), шлаковозгоночные установки, котлы рафинирования.

В список контролируемых веществ должны включаться загрязняющие вещества (в том числе маркерные), которые присутствуют в выбросах стационарных источников и в отношении которых установлены технологические нормативы, предельно допустимые выбросы с указанием используемых методов контроля (инструментальные).

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

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

Таблица .3. Рекомендации по проведению мониторинга

№ п/п	Метод (оборудование)	Периодичность
1	2	3
1	Параметры процесса, свидетельствующие о стабильности процесса	Непрерывно
	Мониторинг и стабилизация критических параметров процесса:	

2	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, ПХДД/ПХДФ, ртуть	Периодически (согласно программы ПЭК)

4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

В рамках производственного мониторинга состояния водных ресурсов предусматриваются контроль систем водопотребления и водоотведения и осуществление наблюдений за источниками воздействия на водные ресурсы рассматриваемого района, а также их рационального использования.

Результаты мониторинга позволяют своевременно выявить и провести оценку происходящих изменений окружающей среды при осуществлении производственной деятельности.

Техническое описание

Мониторинг состояния водных ресурсов включает:

операционный мониторинг – наблюдения за работой и эффективностью очистных сооружений сточных вод;

мониторинг эмиссий – наблюдения за объемами сбрасываемых сточных вод и их соответствия установленным лимитам; наблюдения за качеством сточных вод и их соответствия установленным нормам ПДС при отведении в приемник сточных вод – пруд-накопитель;

мониторинг воздействия – наблюдения за качеством вод приемника сточных вод - пруда-накопителя (фоновые концентрации загрязняющих веществ).

Производственный мониторинг в области охраны и использования водных объектов включает регулярный контроль нормируемых параметров и характеристик:

технологических процессов и оборудования, связанных с образованием сточных вод;

мест водозабора и учета используемой воды;

выпусков сточных вод, в том числе очищенных;

сооружений для очистки сточных вод и сооружений систем канализации;

систем водопотребления и водоотведения;

поверхностных и подземных водных объектов, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территорий водоохраных зон и прибрежных защитных полос.

4.6. Управление 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 НПА 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 свинца 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 ртути- 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 транспортировки, обработки, утилизации и обезвреживания отходов;

объекты накопления и размещения отходов, расположенные на промышленной площадке и/или находящиеся 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 водными ресурсами

Водопотребление

Организация системы водопользования является неотъемлемым этапом, необходимым для формирования экологической политики предприятия, при этом необходимо учитывать имеющиеся на предприятии процессы, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения тех или иных технологий, требования законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности, а также массу других аспектов. Снижение потребления воды, забираемой из внешних источников, является основной целью системы водопользования, показателями эффективности которой являются данные удельного и валового потребления воды на предприятии.

Вода промышленных предприятий подразделяется по назначению: на охлаждающую, технологическую и энергетическую.

Охлаждающая вода применяется в контурах охлаждения металлургического оборудования, а также для охлаждения промежуточных и готовых продуктов в различных операциях и переделах. Она может быть разделена на неконтактную охлаждающую воду и охлаждающую воду прямого контакта.

Вода на неконтактное охлаждение применяется для охлаждения печей, печных каминов, разливных механизмов и т.п. В зависимости от места расположения установки охлаждение может достигаться прямоточной или циркуляционной системой с испарительными градирнями. Вода из прямоточной системы охлаждения обычно сбрасывается обратно в естественный источник, например, реку или пруд-охладитель. В этом случае потенциальный рост температуры должен учитываться до того, как вода будет сбрасываться в природный водный объект. Неконтактная вода на охлаждение также может циркулировать и повторно использоваться через градирни.

Охлаждающая вода прямого контакта обычно загрязнена металлами и взвешенными твердыми частицами и часто появляется в больших количествах. В связи с особой схемой и во избежание эффекта разбавления вода на прямое контактное охлаждение принципиально должна проходить очистку отдельно от других сточных вод.

Технологическая вода делится на средообразующую, промывную и реакционную. Средообразующая вода применяется для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, гидротранспорта продуктов и отходов производства. Промывные воды используются для промывки газообразных, жидких и твердых продуктов. Реакционная вода – вода, используемая для приготовления реагентов.

Энергетическая вода потребляется для производства пара, а также в качестве теплоносителя в системах обогрева.

Водоотведение

Переработка и обогащение сульфидсодержащих руд и концентратов связаны с образованием различных видов сточных вод.

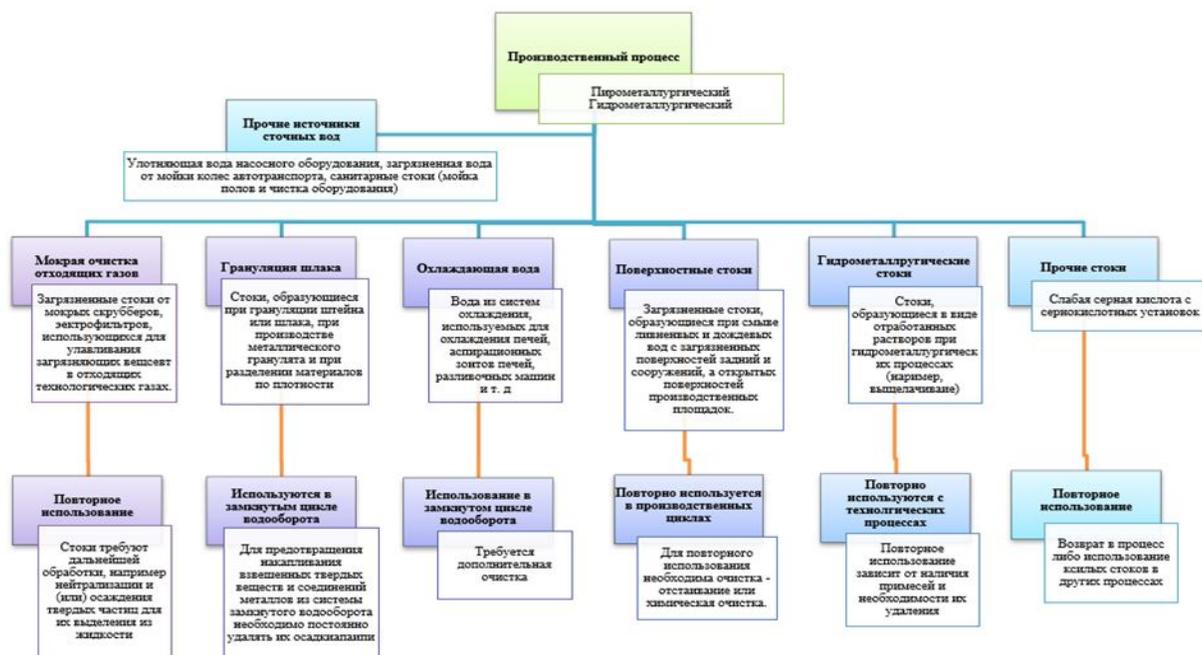


Рисунок 4.1. Сточные воды и методы обращения с ними

Перечисленные выше сточные воды могут содержать соединения металлов, содержание которых обуславливается присутствием их при технологических процессах. Даже незначительное присутствие металлов (низкие концентрации) в сточных водах может оказать существенное воздействие на окружающую среду.

4.8. Управление технологическими остатками

Медное производство из первичного и вторичного сырья связано с потенциальным получением широкого ассортимента побочных продуктов, промежуточных продуктов и отходов. Эти остатки возникают на разных этапах производственного процесса, таких как металлургические операции и процесс плавки, а также очистка отходящих газов и сточных вод. Содержание и ценность содержащихся в остатках элементов влияют на их возможности повторного использования. При любом отнесении остатков к отходам для удаления следует это учитывать. Вещество может описываться как отход либо вторичное сырье в зависимости от специфики его образования, транспортировки и использования или извлечения.

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов является существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Уже много десятилетий многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов, и давно установлена широкая сеть металлургических производств для увеличения извлечения металлов и снижения количества отходов для удаления. Также широко известно, что производящие металл отрасли имеют один из самых высоких показателей повторного использования среди всех отраслей промышленности: большинство из образуемых побочных и промежуточных продуктов и отходов возвращается в производство или повторно используется как в самой отрасли цветной металлургии, так и в других отраслях.

Несмотря на достигнутые преимущества не только мировых производственных площадок, но и отечественных заводов, проблема остатков на производственных объектах и классификация некоторых из этих материалов будут также играть важную роль для будущих разрешений.

4.9. Шум

Шум и вибрация являются общими проблемами в секторе, и источники встречаются во всех секторах производства меди и золота.

Шум появляется во всех производственных процессах, начиная с подготовки сырья до получения конечной продукции. Чтобы снизить уровень шума и предотвратить его распространение на ближайшую территорию, могут быть применены различные технические решения по снижению шума:

- использование насыпей для ограждения источника шума;

- использование шумоизоляционного материала для экранирования источника шума;

использование антивибрационных опор и соединений для оборудования;
определение месторасположения источников шума и вибрации;
изменение частоты звука.

Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания, например, из-за размера печей и их средств обслуживания, применяются вторичные технические решения. Например, должно быть осуществлено строительство зданий или природных барьеров, таких как растущие деревья и кустарники между защищаемой зоной и источником активного шума. Двери и окна защищаемого пространства должны быть плотно закрыты в период эксплуатации шумовыделяющих установок.

4.10. Запах

Существуют несколько потенциальных источников запаха в производстве меди и золота. Наиболее важными являются металлические пары, органические масла и растворители, химические реагенты и др. Запахи могут быть предотвращены тщательной конструкцией, выбором реагентов и правильной обработкой материалов.

Основными принципами управления запахом являются:

предотвращение или минимизация использования материалов, являющихся источником запаха;

содержание и извлечение пахучих материалов и газов до их диспергирования и разбавления;

их обработка, возможно, дожиганием или фильтрованием.

Используется биологическая среда, такая как торф или аналогичный материал, которая действует в качестве субстрата для подходящих биологических видов, успешно удаляющего запахи. Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим процессом, если сильно пахучие материалы разбавляются. Для обработки очень больших объемов газа с низкой концентрацией пахучих материалов требуется крупная технологическая установка.

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.

5.1. Техники при производстве меди и драгоценных металлов

5.1.1. Техники для эффективного использования энергии

Описание

Для повышения эффективности использования энергии применяются техники, направленные на использование избыточного тепла, образующегося в результате плавки и производстве серной кислоты. Широко используются системы автоматизации и высокоэффективное оборудование.

Техническое описание

К техникам, направленным на повышение эффективности использования энергии, относятся:

использование регенеративных печей-окислителей;

применение регенеративных и рекуперативных горелок;

использование избыточного тепла, образующегося при реализации основных процессов;

предварительный разогрев подаваемого в камеру сгорания воздуха с помощью горячих газов из литейных желобов;

использование в металлургических агрегатах дутья воздухом, обогащенным кислородом, или чистым кислородом для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала;

низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой;

использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями;

предварительный разогрев шихты, дутья или топлива с использованием тепла, рекуперированного из горячих газов со стадии плавки;

повышение температуры выщелачивающих растворов с использованием пара или горячей воды за счет утилизации отработанного тепла;

рекуперация химической энергии окиси углерода, образующейся в электрической или шахтной печи, путем использования отходящих газов в качестве топлива, после удаления металлов, в других производственных процессах или для производства пара/горячей воды или электроэнергии;

рециркуляция загрязненных отходящих газов через кислородно-топливную горелку для рекуперации энергии, содержащейся в присутствующем органическом углероде;

подходящая теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды;

использование систем контроля, которые автоматически активируют включение системы вытяжки воздуха или регулируют скорость вытяжки в зависимости от фактических выбросов;

использование тепла, образующегося при производстве серной кислоты из диоксида серы, для предварительного нагрева газа, используемого на заводе серной кислоты, или для выработки пара и/или горячей воды.

В качестве регенеративных дожигающих устройств используются регенеративные печи-окислители, представляющие собой сжигающую систему, использующую процесс

регенерации тепла за счет использования огнеупорной подложки. Для изменения направления потока отходящих газов, с целью очистки огнеупорных поверхностей, устанавливается манифольд. Такие устройства применяются, когда требуется очистка выбросов от горючих загрязняющих веществ.

Для непосредственного использования тепла дымовых газов для подогрева воздуха горения используются регенеративные и рекуперативные горелки. Широкое применение нашли горелочные устройства, использующие газообразное топливо.

Рекуперативная горелка представляет собой газогорелочное устройство, снабженное встроенным рекуператором, который предназначен для подогрева воздуха за счет использования физической теплоты продуктов сгорания, удаляемых из рабочего пространства печи. При этом, помимо выполнения функции топливосжигающего устройства, рекуперативная горелка решает задачу дымоудаления. Рекуперативные горелки используются при высокой температуре уходящих газов [53].

Пример рекуперативной горелки ECOMAX® приведен на рисунке 5.1.

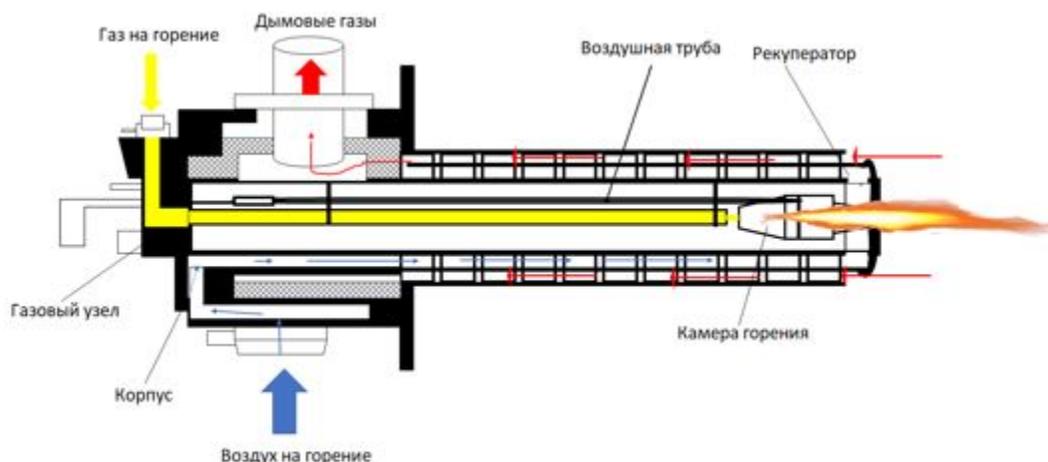


Рисунок .. Рекуперативная горелка ECOMAX®

Принцип работы регенеративной горелки следующий: одни и те же тракты попеременно (со смещением во времени) служат для подачи воздуха горения в рабочее пространство печи и продуктов сгорания из рабочего пространства печи. Регенеративные горелки устанавливаются парами и работают по принципу краткосрочной аккумуляции энергии дымовых газов в керамических регенераторах тепла. Такие горелки позволяют утилизировать 85 - 90 % тепла отходящих газов печи, обеспечивая подогрев до очень высоких температур, которые могут достигать величины поступающего воздуха горения всего на 100 - 150 °С меньше, чем рабочая температура печи. Горелки подобного типа могут использоваться в диапазоне рабочих температур 800 - 1500 °С. При этом потребление топлива может быть снижено на величину до 60 %. Для регенеративных горелок характерны высокий тепловой КПД, низкий расход топлива и высокая степень рекуперации отработанного тепла.

Обогащение кислородом воздуха при горении часто используется в процессах производства цветных металлов для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала. Обогащение кислородом позволяет добиться следующих эффектов:

увеличение количества тепла, выделяемого в корпусе печи, что позволяет увеличить производительность или скорость плавки и уменьшить количество используемого топлива с соответствующим сокращением выбросов парниковых газов (некоторые процессы можно проводить в автотермическом режиме и изменять степень обогащения кислородом "в режиме реального времени", чтобы контролировать металлургический процесс и предотвращать выбросы);

значительное сокращение объема производимых технологических газов по мере снижения содержания азота, что позволяет значительно уменьшить размер воздухопроводов и систем очистки от загрязнений, расположенных ниже по потоку и предотвратить потери энергии, необходимой для нагревания азота;

увеличение концентрации диоксида серы (или других продуктов) в технологических газах, что позволяет повысить эффективность процессов конверсии и регенерации без использования специальных катализаторов;

использование чистого кислорода в горелке приводит к снижению парциального давления азота в пламени и, следовательно, может быть сокращено образование термических NOX;

производство кислорода связано с производством газообразного азота, отделенного от воздуха (инертные газы используются в системах очистки от загрязнений при наличии пиррофорных материалов (например, сухих концентратов меди), для дегазации расплавленного металла, в зонах охлаждения шлака, а также для контроля дыма при сливе и заливке).

Впрыск кислорода в отдельных точках печи после основной горелки позволяет контролировать температуру и условия окисления независимо от работы основной печи. Это позволяет увеличить скорость плавления без нежелательного повышения температуры.

Обогащение кислородом применимо для большинства пирометаллургических процессов.

Избыточное тепло, образующееся при реализации процессов плавки, может использоваться по многим направлениям: сушка и нагрев сырья, подогрев воздуха и топлива, получение пара и т.д. Также при использовании котлов-утилизаторов с паровыми турбинами может вырабатываться электрическая энергия. На рисунке 5.2. показана паротурбинная установка, внедренная на ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод".

Для предварительного разогрева подаваемого в камеру сгорания воздуха могут использоваться горячие газы из литейных желобов.



Рисунок .2. Паротурбинная установка ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод"

Значительную экономию энергии обеспечивает вторичное использование загрязненных отходящих газов в кислородно-топливной горелке. Горелка использует остаточное тепло газа, энергию содержащихся в нем примесей и разрушает последние [62]. С помощью этого процесса можно также сократить выбросы оксидов азота.

В медеплавильном производстве имеется возможность использовать низкопотенциальное тепло. Применение различных вариантов рекуперации низкопотенциального тепла является сложным вопросом. Использование существующих возможностей рекуперации часто требует интеграции нескольких процессов при разных уровнях температуры и с разными графиками работы. Различные технологии, доступные для теплоснабжения, должны быть объединены для получения оптимальных решений. Количество и уровень температуры отходящего тепла можно определить методами интеграции процесса, например, пинч-анализом. Эти методы являются хорошими инструментами и дают полную картину ситуации на предприятии, включая возможности внутреннего использования тепла.

Одним из способов использования тепла является использование воды от распылительного охлаждения металлургического шлака, которая собирается в отстойнике и проходит через теплообменник для нагрева контура, в котором используется этиленгликоль. Потребители низкопотенциального тепла могут отбирать тепло из контура через другой теплообменник, используя тепловой насос [68].

Широкое внедрение тепловых насосов активно способствует снижению потребления энергии и выбросов парниковых газов [74]. Промышленные тепловые

насосы представляют собой класс оборудования для активной рекуперации тепла, которое позволяет повысить температуру потока отходящего тепла до более высокой, более полезной температуры. Следовательно, тепловые насосы могут способствовать экономии энергии, когда обычная пассивная рекуперация тепла невозможна. Обычно полученная тепловая энергия используется для отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, отопления, сушки, осушения и других целей. Подробно использование тепловых насосов изложено в [51, 52]. Примером использования тепловых насосов может являться Усть-Каменогорский металлургический комплекс.

При другом способе низкопотенциальное тепло используется для выработки электроэнергии, что дает возможность вырабатывать электроэнергию из нагретых сточных вод с температурой 85°C и выше. Для этого используется промежуточная низкотемпературная жидкость-носитель в замкнутом контуре, которая, расширяясь, приводит в действие турбину, соединенную с генератором [10].

Сушка концентратов и сырья при низких температурах сокращает потребность в топливно-энергетических ресурсах. 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.

Образующаяся в электрической или шахтной печи окись углерода улавливается и сжигается в качестве топлива в нескольких различных процессах или используется для производства пара, например, для местного отопления, а также на другие энергетические нужды. CO может образовываться в существенных объемах, и можно привести целый ряд примеров, когда большая часть энергии, используемой установкой, производится на основе CO, улавливаемого в электродуговой печи. В других случаях CO, образующийся в электрической печи, в ней же и сжигается, обеспечивая часть тепла, необходимого для процесса плавки.

Медеплавильное производство имеет большую номенклатуру и количество мощного электрооборудования, такого как: компрессоры, воздуходувки, насосное оборудование, тягодутьевое оборудование, различные приводы агрегатов и т.д. Использование электрической энергии может быть минимизировано установкой систем управления мощностью и применением энергетически эффективного оборудования.

Наиболее эффективно использовать электродвигатели, оборудованные частотными преобразователями, интегрированные в автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУТП). Это, например, позволит обеспечивать включение и регулировку скорости вытяжки в зависимости от фактических выбросов. Также это касается и регулирования производительности воздуходувок и насосных агрегатов. В среднем применение таких способов регулирования может снижать

потребление электроэнергии от 20 до 40 %. Подробно вопросы экономии энергии, связанные с оптимизацией систем с электроприводом, изложены в справочнике [51].

Основным направлением в плане повышения энергоэффективности производства серной кислоты является максимальное использование тепла химических реакций, протекающих в процессе, в частности, тепла абсорбции, на долю которого приходится 30 % - 40 % от общего количества тепла, получаемого в результате химических реакций. Тепло абсорбции может быть использовано для получения теплофикационной воды или пара низкого давления.

Варианты использования пара на предприятиях более разнообразны в сравнении с подогретой теплофикационной водой. Реализация данной технологии позволяет увеличить общую энергоэффективность сернокислотного производства [8].

Для сокращения тепловых потерь на производстве применяются эффективная футеровка печи и изоляция участков, использующих высокие температуры, например изоляция паровых труб и труб горячей воды.

Достигнутые экологические выгоды

За счет оптимизации производства, снижения потребления энергоресурсов, рационального использования вышеизложенных техник достигается снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод" в 2021 году была запущена в эксплуатацию паротурбинная установка для использования парового потенциала котлов-утилизаторов с печей Ванюкова. Паровая турбина будет дополнительно вырабатывать для предприятия 53,5 млн. кВтч электрической и 35 тысяч Гкал тепловой энергии в год. Объем инвестиций на реализацию проекта составил порядка 590 млн. рублей.

Использование регенеративной горелки способствует повышению энергоэффективности. Уровень энергосбережения достигает 30 %, а температуру выхлопных газов можно снизить до 500 °С и более.

Рекуперация теплоты позволяет экономить до 30 - 40 % потребляемой энергии. В результате, при том же расходе топлива, количество теплоты, получаемой в процессе горения, увеличивается на 10 - 15 % [64].

В медеплавильном цехе Медногорского МСК с декабря 2019 года успешно эксплуатируется высоковольтный преобразователь частоты привода воздуходувной машины номинальной мощностью 3,5 МВт. Преобразователь частоты предназначен для регулирования частоты вращения привода с целью изменения параметров подачи сжатого воздуха в плавильный агрегат и конвертеры. Общие затраты на приобретение и монтаж оборудования составили 27,2 млн. рублей. Срок окупаемости проекта - 1,46 года [72].

В 2007 году АО "Lifosa" реализовало проект "Использование местных и возобновляющихся источников энергии в производстве энергии", создало систему утилизации тепла (Heat Recovery System - HRS). Наличие такой системы позволяет получать больше тепловой энергии и более полно использовать технологическую теплоту, образующуюся в процессе производства серной кислоты. Полученный насыщенный пар идет на обогрев городских объектов и технологические нужды. Кроме этого, пар, имеющий давление 6 атмосфер, может быть использован и для производства электроэнергии [73].

Оборудование и системы рекуперации тепла MECS Heat Recovery System (MECS HRS) американской компании DuPont Clean Technologies внедрены на многих предприятиях различных отраслей промышленности. Технологии MECS позволяют существенно снизить экологический вред от производства, наносимый окружающей среде.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Все системы, касающиеся оптимизации процессов и производств, возможны к применению в зависимости от особенностей, характера работы и сложности установок или процессов.

Поскольку эти методы экономии являются примерами экономии на отдельных компонентах установок, их применение и экономическая эффективность зависят от специфических условий конкретной промышленной площадки и технологического процесса. Основные направления повышения энергоэффективности при производстве меди представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Основные направления повышения энергоэффективности

№ п/п	Наименование	Применимость
1	2	3
1	Энергоменеджмент	Общеприменимо
2	Использование эффективных технологий плавки	Применимо для пиromеталлургических процессов
3	Обогащение кислородом воздуха, подаваемого на горелки	Применимо для пиromеталлургических процессов
4	Полная рекуперация тепловой энергии	Применимо для пиromеталлургических процессов
5	Подогрев топлива и воздуха для горения	Применимо для пиromеталлургических процессов
6	Повышение температуры выщелачивающих растворов за счет утилизации отработанного тепла	Применимо для гидрометаллургических процессов

7	Подогрев и сушка сырья	Применимо для пиromеталлургических процессов
8	Теплоизоляция объектов	Общеприменимо
9	Эффективное управление электроприводами оборудования	Общеприменимо

Максимальная выгода от техники обогащения кислородом достигается на новых заводах, в которых для снижения объемов газа специально разработаны камеры сгорания.

Возможность рекуперации химической энергии окиси углерода, образующейся в электрической или шахтной печи, путем использования отходящих газов в качестве топлива зависит от его процентного содержания, а также типа технологического процесса (например, периодический его характер).

Регенеративные и рекуперативные горелочные устройства применяются в основном для газообразного топлива.

Методы вторичного использования энергии хорошо внедряются при модернизации существующих производств [66], однако иногда могут возникать проблемы, связанные с отложением металлов в теплообменниках. Поэтому в основе качественного проектирования должны лежать достоверные знания о выбрасываемых компонентах и их поведении при различных температурах. Для поддержания высокой термоэффективности также используются системы очистки теплообменников.

Котлы-утилизаторы, использующие высокотемпературные уходящие газы с Айза-печей, печей Ванюкова и конвертеров, установлены на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе и Балхашском медеплавильном заводе.

Использование низкопотенциального тепла с помощью теплового насоса организовано на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе ТОО "Казцинк".

Экономика

Вышеизложенные техники требуют значительных инвестиций. Для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Экономия энергии.

5.1.2. Техники по предотвращению и снижению неорганизованных выбросов загрязняющих веществ при хранении, обработке и транспортировке сырья

Неорганизованные выбросы – значительный источник эмиссий при производстве меди и драгоценных металлов. По данным КТА объем поступающих неорганизованных эмиссий составляет менее 5 % от общего количества, хотя этот показатель меняется в зависимости от условий конкретной площадки.

Неорганизованные выбросы возникают в результате прямого (ненаправленного) контакта летучих соединений или пыли с окружающей средой в нормальных условиях эксплуатации.

На металлургических заводах неорганизованные эмиссии могут возникать из следующих источников:

системы транспортировки, разгрузки, хранения и переработки, выбросы которых прямо пропорциональны интенсивности ветра;

взвеси дорожной пыли, поднимаемой при работе транспортных средств, и загрязнение их колес и шасси;

вторичный выброс пылящих материалов из брошенных цехов, со складов или пунктов разгрузки под действием ветра, который пропорционален кубу скорости ветра; собственно технологические процессы.

Выбросы от источников внутри здания относят к неорганизованным эмиссиям, если загрязняющие вещества выводятся из здания естественным путем (окна, двери), выбросы через принудительную вентиляцию рассматриваются как направленные эмиссии и относятся к организованным источникам.

Источники неорганизованных эмиссий могут быть точечными, линейными, поверхностными или объемными.

К примерам неорганизованных эмиссий относятся эмиссии, образующиеся на складах во время погрузки и разгрузки, при хранении пылящих твердых материалов на открытом воздухе, а также выбросы от печей при загрузке шихты и выпуске плавки при отсутствии аспирации, выбросы от электролизных ванн, процессов, в которых используются растворители и т. п.

Описание

Набор техник для предотвращения неорганизованных эмиссий при хранении, обработке и транспортировке сырья, топлива и др. материалов.

Техническое описание

В пунктах разгрузки руд и концентратов широко используются системы предотвращения пыления, улавливания и очистки от пыли.

Разгрузка, хранение и перемещение твердых материалов выполняются с помощью тех же методов, которые применяются для твердого топлива. Обычно для данных материалов применяются более строгие требования к условиям хранения, поскольку они обычно химически более активны, имеют меньший размер частиц, легче образуют воздушные взвеси или смываются в воду. Широко используются автоматические устройства быстрой герметизации. Вещества, используемые для флюсования и шлакования, также доставляются на площадку, хранятся и перерабатываются аналогично рудам и концентратам.

Руды и концентраты (если они образуют пыль) и другие пылящие материалы обычно хранятся в закрытых зданиях. Также используются накрытые и укрытые штабеля и бункеры. Открытые штабеля используются для хранения крупных фракций окомкованного материала, однако они обычно размещаются на площадках с твердым, влагонепроницаемым покрытием, например, бетонированных, для предотвращения

материальных потерь, загрязнения почв и руд. Некоторые крупнокусковые материалы не размещают на площадках с твердым покрытием из-за возможных повреждений покрытия, которые могут вызвать скрытые проблемы. Для разделения руд разного качества между их штабелями часто оставляют проходы.

Руды и концентраты обычно используются на крупных установках, поэтому в качестве основного места хранения бункеры используются не часто, но они могут использоваться для промежуточного хранения, либо для приготовления рудных/флюсовых смесей. Для взвешивания руд и флюсов с целью получения оптимальных смесей и улучшения технологического контроля используются системы дозирования " по изменению веса" и конвейерные весы, дозаторы.

Для пылеподавления часто используется распыление воды, но при необходимости использования сухой шихты этот метод обычно не применяется. Для пылеподавления без переувлажнения материала используются альтернативные методы, такие как мелкодисперсные распылители, позволяющие получать водяной туман. Некоторые концентраты изначально содержат достаточно влаги для предотвращения пыления.

Для предотвращения пылеобразования в условиях ветреной погоды могут использоваться поверхностно связывающие агенты (такие как меласса, известь или поливинилацетат). Связывание частиц поверхностных слоев может предотвратить их окисление и последующую утечку материала в грунт или поверхностные стоки.

Разгрузка рудных материалов может быть потенциальным источником значительных выбросов пыли. Основная проблема возникает, когда полувагон или иное опрокидывающееся транспортное средство разгружается под действием силы тяжести. Интенсивность разгрузки не контролируется, что приводит к существенным выбросам пыли, которые могут превзойти возможности пылеподавления и пылеулавливания. В таких случаях могут использоваться закрытые разгрузочные помещения с автоматическими дверями.

Также используются прозрачные пластиковые экраны, которые располагаются напротив опрокидываемых вагонов. В этом случае воздушная волна, возникающая при разгрузке, проходит в распорную секцию (sprung section) и контейнер поглощает энергию разгрузки; давление воздуха амортизируется, что позволяет вытяжной системе справляться с возросшей нагрузкой.

Материал может разгружаться при помощи конвейера с нижней подачей, грейферного крана или фронтального погрузчика, для транспортировки пылящих материалов используются полностью закрытые конвейеры. Для транспортировки плотных материалов также применяются пневматические системы. Для улавливания пылящих материалов в стационарных пунктах разгрузки или в точках перегрузки на конвейерах могут использоваться аспирационно-фильтрующие системы. При использовании открытых конвейеров пыление может возникать при слишком быстром движении ленты (например, при скорости выше 3,5 м/с). При использовании

фронтального погрузчика пыление возможно на всем протяжении дистанции транспортировки.

Твердые частицы могут налипать на колеса и другие части транспортных средств, загрязняя дороги, как на промышленной площадке, так и за ее пределами. Для устранения этого вида загрязнения часто используется мойка колес и днища (или, например, при отрицательных температурах, другие методы очистки). Эту проблему может усугубить использование фронтальных погрузчиков, большего, чем необходимо, размера.

Подметальные машины и другое специализированное оборудование, применяющее комбинацию распылителей воды и вакуумного всасывания, широко используются для сбора пыли, в том числе со старых складских территорий, для поддержания чистоты внутренних дорог и предотвращения вторичного пыления.

В зависимости от местной топографии необходимо предпринимать меры предосторожности в отношении паводков/наводнений и связанных с ними эмиссий токсичных материалов.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение/снижение распространения эмиссий металлов, пыли и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Обычно на медных заводах для хранения концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады с шириной 24 – 30 м и 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 отогреть 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.

Использование одной или нескольких техник позволяет снизить эмиссии до 90 %.

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 [87].

В марте 2021 года на металлургическом заводе KGHM (Глоггов) было завершено строительство склада для свинецсодержащих материалов, оснащенного системами орошения водой и закрытой системой сбора фильтрата, для предотвращения неорганизованных выбросов [88].

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 углеподготовительном цеху, в самых запыленных точках. На сегодняшний день цех оборудован пятью системами пылеподавления, что позволило добиться заявленной эффективности в 80 % [89].

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 [90].

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 [88].

Кросс-медиа эффекты

Если для увлажнения материала добавляется вода, возможно значительное увеличение потребления энергии в процессе плавки. Добавленная вода остается в материале и должна быть удалена в сушилке или печи во время обработки. Это требует дополнительной энергии.

На Балхашском медеплавильном заводе влажность материалов, закладываемых в штабель (при шихтоподготовке), не должна превышать 7 (семи) процентов. В связи с этим концентраты с высоким содержанием влаги подвергаются сушке.

Расход воды для увлажнения материалов, орошение дорог и установка для мойки колес.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общее применение.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Внедрение в 2020 году системы пылеподавления на открытом и закрытом складе железнорудного сырья ПАО "ММК" потребовало инвестиций в размере 60 млн. руб. [89].

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 [90].

Движущая сила внедрения

Снижение/предотвращение эмиссий.

Экономия сырья и др. материалов.

5.1.3. Техники по предотвращению и снижению организованных выбросов загрязняющих веществ

5.1.3.1. Выбросы пыли, металлов и твердых частиц

При производстве меди и драгоценных металлов имеются различные источники организованных выбросов пыли: печи, конвертеры, а также вспомогательное оборудование. Основная часть пыли выбрасывается в атмосферу при подготовке сырья, сушке и переработке шихты.

Основными обеспыливающими установками, применяемыми при производстве меди и драгоценных металлов, являются скрубберы, рукавные фильтры, электрофильтры или их сочетание – так называемые гибридные фильтры. Электрофильтры и рукавные фильтры имеют свои преимущества и недостатки.

Обзор методов сокращения выбросов пыли приведен ниже в таблице .2.

Таблица .2. Обзор методов удаления пыли

№ п/п	Описание	Межсредо-вые эффекты	Эксплуатационные данные (потенциальные проблемы)	Применимость	Стимулы к внедрению
1	2	3	4	5	6
			Засорение, воспламенения,	В основном при хорошем	Высокая результативность для определенных

1	Рукавные фильтры	Нет, если пыль используется повторно	закупорка. Максимальная рабочая температура 250 °С	уплотнении и с применением современных фильтрующих материалов	видов пыли. Возможность возвращения пыли в технологический процесс
2	Мокрый электрофильтр	Источник сточных вод	Обрыв кабелей и короткое замыкание. Максимальная рабочая температура 80 °С	Высокая эффективность для мокрых газов	Высокая результативность для определенных видов пыли; низкий уровень перепадов давления, но образуются сточные воды
3	Электрофильтр	Нет, если пыль используется повторно	Различные частицы; обрыв кабеля и короткое замыкание. Максимальная рабочая температура 450 °С	В основном при хороших системах контроля и равномерном распределении газа	Низкий уровень перепадов давления, надежный, низкие эксплуатационные расходы
4	Мокрые скрубберы	Источник сточных вод	Сниженная результативность и засорения. Максимальная рабочая температура на входе 1000 °С	Очистка или предварительная очистка газов перед использованием других методов. Подходит только для некоторых видов пыли. Очистка газов, используемых в качестве топлива или для кислотных установок	Удаление кислых газов или испарений
5	Керамические фильтры	Нет, если пыль используется повторно	Хрупкость, засорение и закупорка. Для определенных видов пыли. Максимальная рабочая температура 900 °С	Работа в условиях высоких температур	Очень высокая результативность для определенных видов пыли. Возможность возвращения пыли в технологический процесс
			Низкая результативность		

6	Циклоны	Нет, если пыль используется повторно	ь . Неэффективны для тонкой пыли Максимальная рабочая температура 1100 °С	Предварительно е пылеудаление	Предварительная очистка газов перед использованием других методов
---	---------	--------------------------------------	---	----------------------------------	---

5.1.3.1.1. Электрофильтры

Описание

В электрофильтрах частицы заряжаются и улавливаются под воздействием электрического поля. Они могут функционировать в различных условиях.

Электрофильтры, специально разработанные для работы в условиях высоких температур отходящих газов ($> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$), называются горячими электрофильтрами.

Техническое описание

Электрофильтры активно применяются в отрасли и могут функционировать в условиях широких диапазонов значений температуры, давления и пылевой нагрузки. Они не очень чувствительны к размеру частиц и улавливают пыль как во влажных, так и в сухих условиях. Конструкция электрофильтра устойчива к коррозии и абразивному воздействию.

Электрофильтр состоит из нескольких высоковольтных коронирующих электродов и соответствующих осадительных электродов. Частицы заряжаются и впоследствии выделяются из газового потока под воздействием электрического поля, созданного между электродами. Электрическое поле между электродами создается небольшим постоянным током высокого напряжения (100 кВ). На практике электрофильтр разделен на ряд дискретных зон (обычно до пяти). Схема устройства электрофильтра показана на рисунке 5.3.

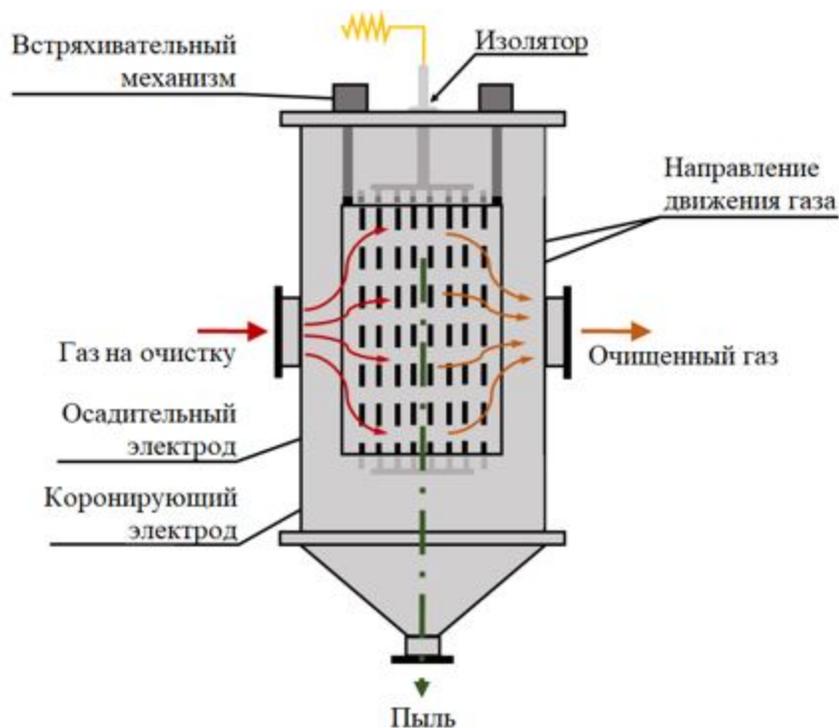


Рисунок .3. Схема устройства электрофильтра (показаны только две зоны)

Частицы удаляются из потока газа в четыре этапа:

наведение электрического заряда на частицы пыли;

подача заряженной пыли в электрическое поле;

улавливание пыли с помощью коллекторного электрода;

удаление пыли с поверхности электрода.

Коронирующие электроды необходимо подвергать встряхиванию или вибрации для предотвращения накопления пыли, соответственно, их механическая прочность должна выдерживать такое воздействие. Механическая надежность коронирующих электродов и их несущей конструкции имеет большое значение, поскольку даже один оборванный кабель может закортить все электрическое поле электрофильтра.

Производительность электрофильтра определяется формулой Дейча [80], согласно которой эффективность определяется общей площадью поверхности осадительных электродов, объемным расходом газа и скоростью миграции частиц. Таким образом, увеличение площади поверхности осадительных электродов имеет большое значение для улавливания конкретного вида пыли, в связи с чем современным подходом является использование расширенного межэлектродного пространства. В свою очередь, это предполагает надежную конструкцию и контроль работы выпрямительного устройства.

Конструкция используемых в отрасли выпрямителей предусматривает применение отдельных секций устройства для каждой зоны или части зоны электрофильтра. Это позволяет применять разное напряжение на входных и выходных зонах, поскольку на выходе пылевая нагрузка меньше, а также дает возможность постепенно увеличивать

напряжение, подаваемое на зоны, без искрения. Хорошая конструкция также подразумевает применение автоматизированных систем управления, поддерживающих оптимально высокое напряжение, подаваемое без искрения на электроды конкретной зоны. Для подачи максимально возможного без образования искр высокого напряжения и постоянного изменения его значения используется автоматическое контрольно-измерительное устройство. Подача постоянного высоковольтного электропитания практически не позволяет обеспечить оптимальную эффективность улавливания пыли.

Особое значение имеет электрическое сопротивление (величина, обратная электрической проводимости) пыли. Если оно слишком низкое, то частицы, достигая осадительного электрода, легко теряют свой заряд, и может произойти вторичный унос пыли. При повышенном удельном сопротивлении пыли на электроде образуется изолирующий слой, который препятствует нормальному коронированию и приводит к снижению эффективности улавливания. В основном удельное сопротивление пыли находится в рабочем диапазоне, но эффективность улавливания можно еще повысить, улучшив физические характеристики частиц. Для этого широко применяются аммиак и трехокись серы. Удельное сопротивление также можно уменьшить с помощью понижения температуры или увлажнения газа.

Для достижения высоких значений производительности электрофильтра газ пропускают через специальные устройства, обеспечивающие равномерность потока, препятствующую прохождению вне электрического поля. Правильная конструкция входных газоходов и наличие устройств распределения потока на входе электрофильтра необходимы для достижения однородности потока.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли и металлов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В настоящее время электрофильтры широко используются в процессе пирометаллургического производства меди. Так, на Жезказганском медеплавильном заводе для тонкой очистки обжиговых газов установлены шесть сухих электрофильтров типа ПГП-55х3У. Газы руднотермических печей и конвертеров из сборного коллектора через соединительный газоход поступают в коллектор грязного газа откуда распределяются по сухим электрофильтрам.

На Балхашском медеплавильном заводе смешанные газы конвертеров, печей ПВ-1 и ПВ-2 поступают на участок сухих электрофильтров, где проходят тонкую очистку от пыли в 7-ми сухих электрофильтрах УГТ 1-60-3.

На УКМК ТОО "Казцинк" газы установки очистки технологических газов плавильной печи ISASMELT проходят очистку на электрофильтре BS-780R.

Замена устаревших электрофильтров тонкой очистки на более современное оборудование для очистки конвертерных газов Среднеуральского медеплавильного завода позволила снизить уровень запыленности с 1 г/м^3 до $0,1 \text{ г/м}^3$ [91].

Эффективность очистки от пыли варьирует от 96 % до 99,9 %.

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована.

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности электрофильтры стали наиболее успешными установками для улавливания пыли из отходящих газов от основного технологического оборудования.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли с возможностью ее повторного использования.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.3.1.2. Мокрые электрофильтры

Описание

Метод предусматривает использование электрофильтра, в котором собранный материал смывается с пластин коллекторов с помощью жидкости, обычно воды. Для удаления капель воды перед выбросом отработанного газа устанавливается специальное устройство (например, влагоуловитель или конечное сухое поле).

Техническое описание

Мокрые электрофильтры обычно используются на стадии удаления остаточной пыли и капель после абсорбции. Принцип действия схож с принципами работы сухих электрофильтров. В данном случае собранная пыль удаляется с пластин или трубок коллектора с помощью слоя жидкости, образованного конденсатом воды и осаждающимися парами кислоты. В случае образования большого количества твердых материалов, для непрерывного распыления воды в фильтре, с целью предотвращения отложений на коллекторных электродах может применяться встроенная распыляющая форсунка. Разбрызгивание воды таким способом увеличивает поверхность жидкостной пленки на коллекторных электродах и уменьшает содержание твердых веществ. Кроме того, мокрые ЭФ оборудованы промывочными системами. Промывка осуществляется периодически. На время промывки высоковольтное электропитание отключается. Оно имеет ряд преимуществ при улавливании некоторых видов пыли, которая налипает на

обычные пластины, или при создании препятствий нормальной работе, в связи с присутствием в газовом потоке других компонентов, например, когда обрабатывается холодный влажный газ. Образуются стоки, требующие дальнейшей обработки. Схема устройства мокрого ЭФ показана на рисунке 5.4.

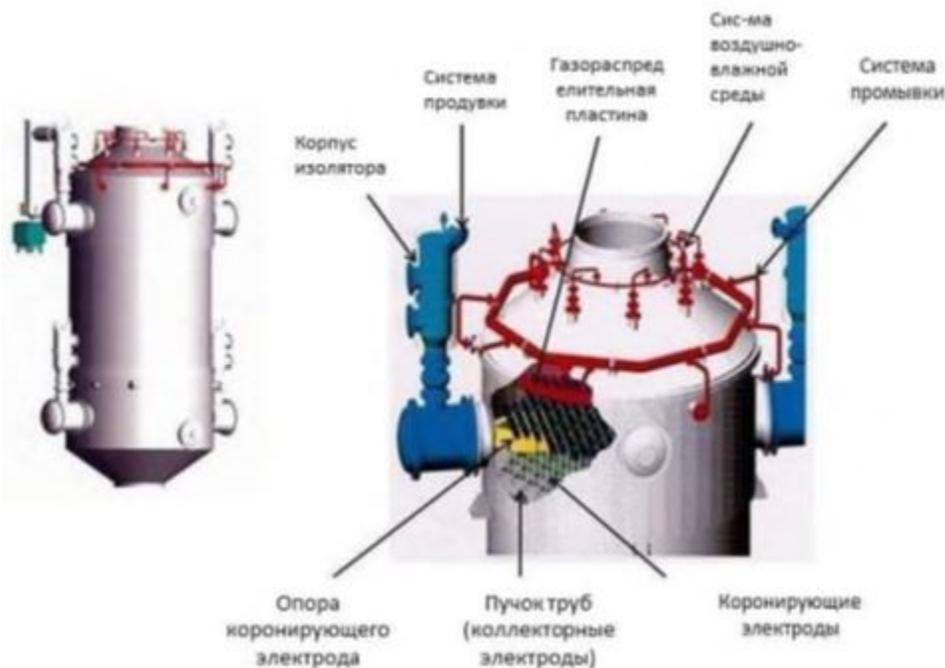


Рисунок 4. Схема устройства мокрого электрофильтра

Мокрые электрофильтры или электрофильтры с подвижными электродами используются для улавливания сложных типов пыли или при обработке влажных газов.

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. Эффективность очистки 98 – 99,9 %.

Мокрые электрофильтры используются в сернокислотном отделении УКМК ТОО "Казцинк", где процесс очистки газа осуществляется в промывной системе, которая состоит из двух первичных скрубберов, башни охлаждения, конечного скруббера и двух мокрых электрофильтров первой ступени очистки и двух МЭФ второй ступени.

На Балхашском медеплавильном заводе окончательная очистка газа проводится в системе мокрых электрофильтров (электростатических осадителей), состоящей из параллельно соединенных трех линий, в каждой из которых, последовательно соединены два агрегата.

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо при модернизации и новом строительстве.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость оборудования индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.3.1.3. Циклоны

Описание

Оборудование для удаления пыли и металлов из технологического отходящего газа или потока отработанного газа, основанного на использовании центробежных сил в конической камере.

Техническое описание

Циклон является инерционным газоочистным устройством. Циклоны предназначены для сухой очистки воздуха и газов. Пыль выделяется из газового потока, когда при смене направления его движения она продолжает двигаться в прежнем направлении по инерции и попадает на осаждающую поверхность. Схема устройства циклона представлена на рисунке 5.5.

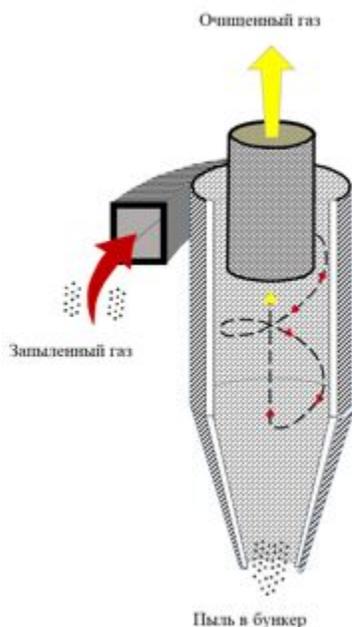


Рисунок .5. Схема устройства циклона

Входящий газ закручивается в спиралевидный поток. Центроостремительные силы, действующие внутри спирали, обеспечивают изменение направления, а частицы с массой выше критической попадают на стенки циклона.

В цветной металлургии циклоны используются совместно с другими методами газоочистки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

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 варьирует в диапазоне 60 – 99 % в зависимости от размера частиц и конструкции циклона.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Циклоны используются на всех предприятиях отрасли в основном для предварительной очистки газов от пыли перед другими методами. Эффективность очистки составляет 95 - 97 %.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления электроэнергии.

Увеличение количества отходов, если собранная пыль не может быть возвращена в процесс.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость оборудования индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.3.1.4. Рукавные фильтры

Описание

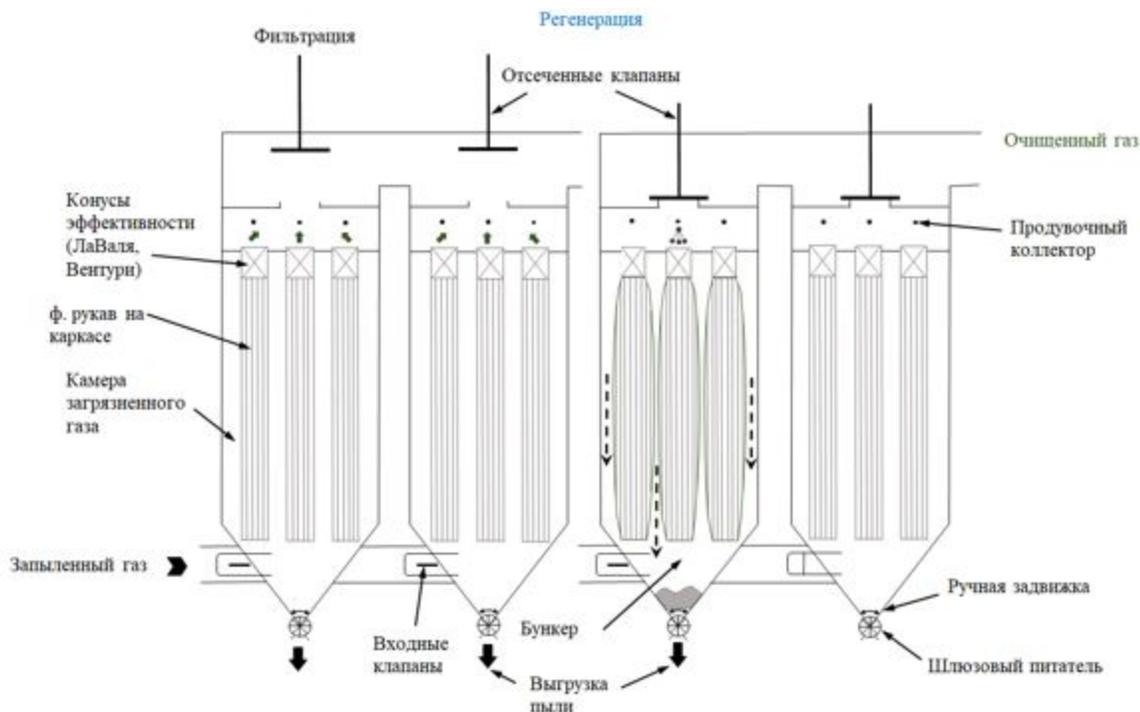
Рукавные фильтры изготавливаются из пористой или войлочной ткани, через которую проходит газ, а посторонние частицы удаляются посредством отсеивания или другим образом. Применение рукавных фильтров требует подбора фильтрующего материала, соответствующего характеристикам отходящих газов и максимальной рабочей температуре. Картриджный/патронный фильтр является вариантом рукавного фильтра, в котором вместо рукава используются сменные фильтрующие элементы.

Техническое описание

Рукавные фильтры находят широкое применение в цветной металлургии благодаря высокой эффективности очистки газов от тонкодисперсной пыли, образующейся при выплавке и плавке металлов. Для снижения вероятности воспламенения, с целью

придания частицам необходимых характеристик и рекуперации тепла отходящих газов перед их подачей в рукавные фильтры могут устанавливаться охладительные камеры, а также котлы-утилизаторы.

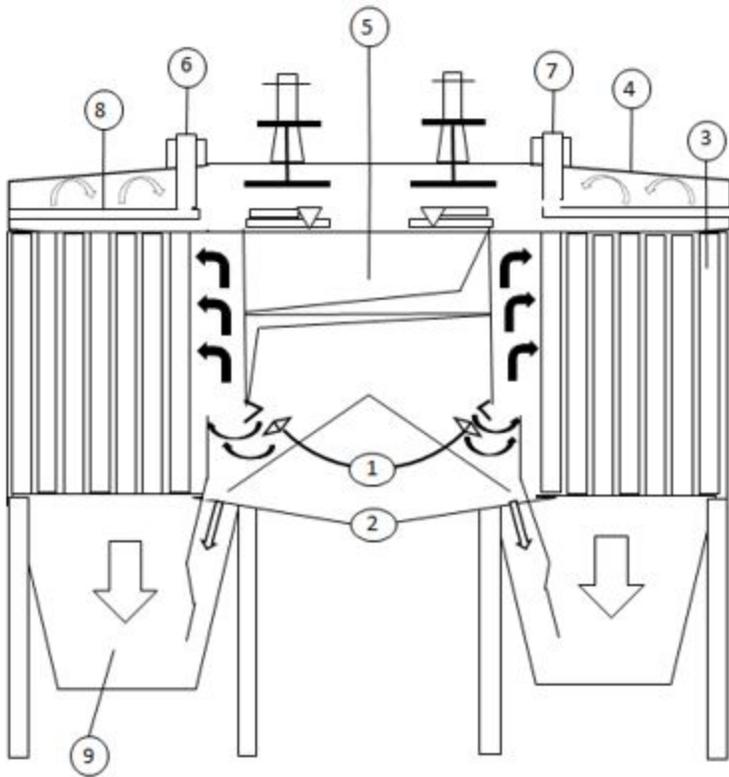
Схемы устройства рукавных фильтров с различными системами очистки приведены на рисунках 5.6 - 5.7.



1 – трубопровод неочищенного газа; 2 – фильтрующие рукава; 3 – корпус фильтра; 4 – трубопровод чистого газа; 5 – продувочный вентилятор; 6 – регулирующие задвижки; 7 – пылевая воронка; 8 – поворотные клапаны

Рисунок 5.6. Рукавный фильтр с обратной продувкой (с одним отделением цикла очистки)

Основной принцип фильтрации через ткань заключается в использовании тканевой мембраны, которая пропускает газ, но задерживает пыль. Рукава обычно фиксируются на металлической раме и герметично встроены в конструкцию фильтра. В начале жизненного цикла фильтра пыль задерживается как на поверхности ткани, так и внутри ее волокон, но со временем на поверхности накапливается пыль, которая сама по себе превращается в основную фильтрующую среду. По мере нарастания слоя пыли увеличивается и сопротивление прохождению газового потока. Необходимо периодически проводить очистку фильтрующего материала для контроля падения давления газа при прохождении через фильтр. Направление потока очищаемого газа может быть как изнутри рукава наружу, так и снаружи во внутрь.



1 – подача неочищенного газа; 2 – отбойная перегородка; 3 – фильтрующие рукава; 4 – приемник очищенного газа; 5 – отводный канал очищенного воздуха; 6 – мембранный клапан; 7 – резервуар для сжатого воздуха; 8 – трубка подачи газа; 9 – пылевая воронка

Рисунок 5.7. Система очистки обратной продувки пульсирующей струей



- 1 Компенсатор тарельчатого клапана
- 2 Выход очищенного газа
- 3 Вход неочищенного газа
- 4 Компенсатор пылеуловителя
- 5 Пластина с ячейками
- 6 Рукавные фильтры
- 7 Внешние помосты
- 8 Пылеуловитель
- 9 Мембранный клапан
- Привод коллектора
- Импульсный резервуар
- 10 Коллектор для чистого воздуха
- 11 Вентиляция аккумуляторов

Рисунок .8. Система очистки воздухом низкого давления

Рукавные фильтры обычно отличаются методом очистки фильтрующего материала. Регулярное удаление слоя пыли с ткани важно для сохранения производительности фильтра, а также влияет на срок службы рукава.

Самыми распространенными методами очистки являются обратная продувка воздухом, механическое встряхивание, вибрация, очистка воздухом низкого давления и очистка сжатым воздухом. Для очистки рукавов также используются акустические рупоры. Обычно очистка не обеспечивает возврата рукава фильтра в изначальное состояние, поскольку частицы пыли, проникшие в ткань, забивают поры между волокнами, однако это увеличивает эффективность фильтрации субмикронных частиц.

Рукавные фильтры проектируются с учетом предполагаемой скорости фильтрации, которая определяется как максимально приемлемая скорость прохождения газа через единицу площади ткани ($\text{м}^3/\text{с} \div \text{м}^2$, выраженная в м/с). Скорость фильтрации обычно находится в диапазоне от 0,01 до 0,04 м/с в зависимости от условий эксплуатации, типа фильтра и ткани.

Ткань выбирается с учетом состава газов, природы и размеров частиц пыли, предполагаемого метода очистки, необходимой эффективности и экономических факторов. Также учитываются температура газа, метод охлаждения газа, если оно применяется, а также значения точки росы образующихся паров воды и кислотных испарений.

К учитываемым характеристикам ткани относятся: химическая устойчивость, форма и тип волокон, рисунок переплетения волокон в ткани, окончательная обработка ткани, ее устойчивость к износу и на изгиб, прочность, эффективность улавливания, покрытие и коэффициент фильтрации ткани.

Износ рукавов фильтра приводит к постепенному снижению результативности работы, которую можно измерить. С точки зрения повреждения или внезапного полного отказа нескольких рукавов представляют опасность коррозия, фильтрация абразивного материала или риск воспламенения. Простые системы мониторинга в режиме реального времени, такие как датчики перепадов давления или устройство контроля пыли, позволяют получить лишь приблизительное представление о результативности работы рукавов.

Для измерения параметров пыли в отходящих из рукавного фильтра газах, с целью обнаружения возможных отказов, а также определения наибольшего загрязнения во время очистки используются трибоэлектрические или оптические приборы. Когда такие измерительные приборы используются наряду с зонной системой очистки, возможно определить те зоны, где произошло повреждение рукавов, и произвести локальный ремонт [75]. Также применяются температурные датчики и сигнализация.

Для правильной работы фильтра должно быть выполнено одно или несколько из следующих условий.

Особое внимание необходимо уделить выбору фильтрующего материала, надежности его крепления и системе уплотнения. Необходимо вовремя проводить предписываемое техническое обслуживание. Современные фильтрующие материалы

обычно являются более прочными и имеют долгий срок эксплуатации. Высокая стоимость современных материалов в большинстве случаев компенсируется их долговечностью.

Рабочая температура должна превышать точку росы газа. При повышенных рабочих температурах должны использоваться термостойкие рукава и элементы крепления.

Непрерывный контроль пылевой нагрузки с помощью отражающих, оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения возникающих в рукавах дефектов. Контролирующее устройство должно по возможности взаимодействовать с системой очистки фильтра для своевременного определения секций с изношенными или поврежденными рукавами.

Использование при необходимости устройств охлаждения газа и искрогасителей. Для гашения искр могут быть использованы циклоны. Большинство современных фильтров имеют большое количество секций, что позволяет при необходимости без ущерба для фильтра в целом выводить из работы поврежденные секции.

Для обнаружения возгораний могут использоваться системы контроля температуры и искрения. В случае опасности воспламенения возможно использование систем подачи в отходящие газы инертного газа или инертных материалов (например, извести). Чрезмерное нагревание, превышающее проектные значения, установленные для конкретного вида ткани, может привести к образованию токсичных газов.

Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления.

Существует ряд конструкций рукавных фильтров, использующих различные фильтрующие материалы. Применение метода фильтрации с помощью мембраны (поверхностная фильтрация), в том числе приводит к увеличению срока службы рукавов, повышению температурного порога (до 260 °С) и относительно низкой стоимости обслуживания. Мембранные рукавные фильтры состоят из ультратонких расширенных политетрафторэтиленовых мембран на подкладке. Частицы из потока отходящих газов задерживаются на поверхности рукава. Вместо того, чтобы накапливаться на внутренней стороне рукава или проникать в его ткань, частицы пыли отскакивают от мембраны, формируя небольшую корку. Такой метод применяется как на новых, так и на существующих предприятиях, а также может быть использован для восстановления существующих рукавных фильтров [76].

Применение синтетических фильтрующих материалов, таких как тефлон/стекловолокно, позволяет использовать рукавные фильтры в разнообразных условиях эксплуатации и удлиняет срок их службы. Эффективность современных фильтрующих материалов в тяжелых условиях эксплуатации или при высоких температурах довольно высока, а производители тканей могут помочь подобрать материал под конкретные условия. В отдельных случаях, когда применяются соответствующие материалы и конструкция, можно добиться очень низкого уровня выбросов. Повышенная

надежность и длительный срок эксплуатации компенсируют стоимость современных рукавов. Достижение высоких уровней эффективности является очень важным, поскольку пыль содержит большое количество металлов. Во избежание утечек неочищенного газа в атмосферу необходимо учитывать возможность деформации распределительных коллекторов, а также правильное уплотнение рукавов наряду с надлежащей практикой эксплуатации.

Из-за вероятности при некоторых условиях засорения фильтрующих тканей (например, клейкой пылью или при температуре воздушных потоков, близкой к точке росы) и их чувствительности к огню, эти методы не подходят для любых условий эксплуатации. Они способны применяться в существующих рукавных фильтрах и могут быть улучшены. В частности, система уплотнения рукавов может быть усовершенствована во время ежегодных плановых ремонтов, а материал рукавов заменен на более современный во время планового обслуживания, что также может привести к снижению будущих издержек.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Рукавные фильтры используются для очистки газов на предприятиях отрасли.

Производительность зависит от типа применимого оборудования для очистки и может находиться в пределах 99 – 99,9 %. Сравнение характеристик наиболее часто используемых параметров различных систем фильтрации приводится в таблице .3.

Таблица .3. Сравнение характеристик наиболее часто используемых параметров различных систем фильтрации

№ п/п	Параметр	Фильтр с импульсной очисткой	Фильтр с мембраной из стекловолокна	Фильтр из стекловолокна
1	2	3	4	5
1	Удельная нагрузка воздуха на ткань	от 80 до 90 м/ч	от 70 до 90 м/ч	от 30 до 35 м/ч
2	Температурный диапазон	250 °С	280 °С	280 °С
3	Тип рукава	Полиэстер	Мембрана/стекловолокно	Стекловолокно
4	Размер рукава	0,126 × 6,0 м	0,292 × 10 м	0,292 × 10 м
5	Площадь ткани одного рукава	2,0 м ²	9,0 м ²	9,0 м ²
6	Клетка	Да	Нет	Нет
7	Депрессия	2,0 кПа	2,0 кПа	2,5 кПа
8	Срок эксплуатации	До 30 мес.	6 – 10 лет	6 – 10 лет

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Расход фильтрующих материалов. При выполнении работ по обслуживанию фильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована.

Поскольку тканевые 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.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость оборудования индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.3.1.5. Керамические и металлические мелкоячеистые фильтры

Описание

С точки зрения принципов работы, общего устройства и возможностей очистки мелкоячеистые керамические фильтры похожи на рукавные фильтры. Вместо тканевых рукавов на металлическом каркасе в них используются жесткие фильтрующие элементы, по форме напоминающие свечу.

Техническое описание

С помощью таких фильтров удаляются мелкодисперсные частицы, в том числе РМ₁₀. Фильтры имеют высокую термостойкость, и зачастую именно корпус фильтра определяет верхнюю границу рабочей температуры. Расширение опорной конструкции в условиях высоких температур также является важным фактором, поскольку при этом нарушается герметичность элементов фильтра в корпусе, что приводит к просачиванию неочищенного газа в поток очищенного. Системы обнаружения отказов в режиме реального времени используются аналогично рукавным фильтрам. Керамические и металлические сетчатые фильтры не такие гибкие, как рукавные. При очистке таких фильтров продувкой мелкая пыль не удаляется с той же эффективностью, как из рукавного фильтра, что приводит к накоплению тонкой пыли внутри фильтра и, таким образом, уменьшению его производительности. Это происходит за счет накопления сверхтонкой пыли.

Керамические фильтры производятся из алюмосиликатов и могут быть покрыты слоем различных фильтрующих материалов для улучшения химической или кислотной устойчивости или фильтрации других загрязняющих веществ. С фильтрующими

элементами относительно легко обращаться, когда они новые, но после того, как они подвергнутся воздействию высоких температур, они становятся хрупкими, и их можно случайно повредить во время обслуживания или при неосторожных попытках очистки.

Наличие липкой пыли или смолы представляет потенциальную проблему, поскольку их сложно извлечь из фильтра при обычной очистке, что может привести к падению давления. Эффект воздействия температуры на фильтрующий материал накапливается, поэтому он должен быть учтен при проектировании установки. При применении соответствующих материалов и конструкции можно добиться очень низкого уровня выбросов. Снижение уровня выбросов является важным фактором, поскольку пыль содержит большое количество металлов.

Аналогичную результативность в условиях высоких температур также имеет и модернизированный металлический сетчатый фильтр. Развитие технологий обеспечивает быстрое образование пылевой корки после проведения очистки, когда соответствующая зона была выведена из эксплуатации.

Надлежащим образом спроектированные и изготовленные фильтры подходящего под конкретные условия эксплуатации размера должны обладать следующими параметрами.

Корпус, арматура и система уплотнения соответствуют выбранным условиям применения, надежны и термостойки.

Непрерывный контроль пылевой нагрузки осуществляется с помощью отражающих оптических или трибоэлектрических устройств с целью обнаружения отказов фильтра. Устройство должно по возможности взаимодействовать с системой очистки фильтра для определения отдельных секций с изношенными или поврежденными элементами.

В случае необходимости соответствующая подготовка газа.

Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления.

Из-за вероятности засорения фильтрующего материала (например, клейкой пылью или при температуре воздушных потоков, близкой к точке росы), при некоторых условиях эти техники не подходят для эксплуатации. Они могут применяться в существующих керамических фильтрах и быть модифицированы. В частности, система уплотнения может быть усовершенствована во время планового обслуживания.

Достигнутые экологические выгоды

Комплексная очистка газов от твердых частиц и вредных газовых компонентов. Остаточная концентрация твердых частиц – менее 2 мг/м³.

Комплексная система очистки газов от CO, NO_x, SO_x, HCL, HF, ЛОС, диоксинов достигается благодаря применению:

каталитической активации керамических фильтров;

системы подачи сорбентов в газовый поток перед фильтром [79].

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.3.1.6. Мокрые скрубберы

Описание

Удаление пыли в мокрых скрубберах – это разновидность мокрой очистки газа, с помощью которого можно также извлекать/удалять дисперсное вещество. Мокрое удаление пыли предусматривает ее отделение посредством интенсивного смешивания подаваемого газа с водой и (в большинстве случаев) последующего удаления крупных частиц под воздействием центробежной силы. Для достижения такого эффекта газ выбрасывается по касательной. Удаляемые твердые частицы собираются на дне скруббера. Вместе с пылью из газа также удаляются такие неорганические химические вещества, как H_2SO_4 , SO_2 , NH_3 , NH_4Cl , ЛОС, а также тяжелые металлы.

Техническое описание

Улавливание частиц с помощью мокрых скрубберов предусматривает использование трех основных механизмов: инерционное столкновение, задержание и рассеивание. Большое значение имеют размер собираемых частиц, а также их способность к смачиванию. Схема устройства радиального мокрого скруббера приведена на рисунке 5.9.

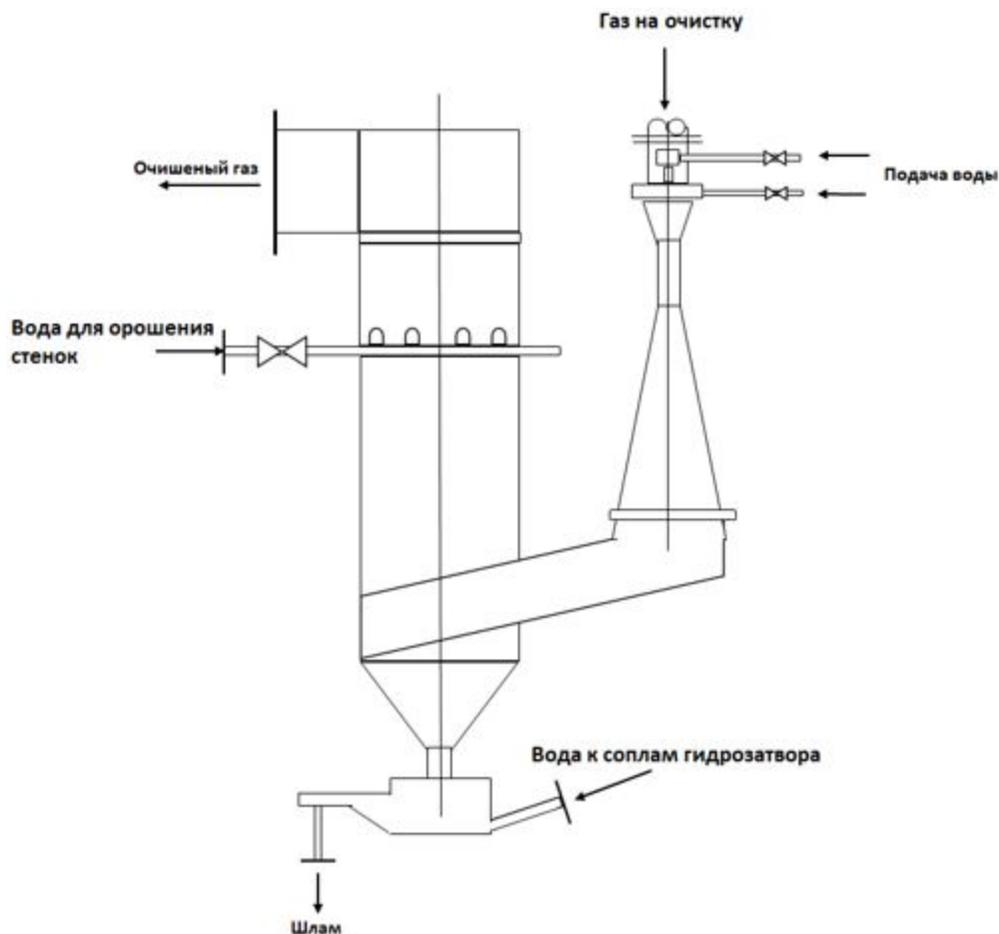


Рисунок .9. Радиальный мокрый скруббер

Мокрые скрубберы используются для охлаждения, насыщения и предварительной очистки газа, например, когда установлены перед мокрыми электрофильтрами. Типичные примеры: скруббер Вентури или радиальный скруббер с регулируемым падением давления. Мокрые скрубберы используются в цветной металлургии в различных технологических процессах, например, при производстве меди в закрытых печах. Конструкция скруббера основана на соотношении скоростей потоков и объемов газа и жидкости. Эти параметры определяют падение давления во всем скруббере и, таким образом, эффективность фильтрации.

Каскадные мокрые скрубберы или скрубберы Вентури зачастую используются для обеспыливания насыщенных окисью углерода отходящих газов герметичных электродуговых печей; затем этот газ используется как теплотворный и выбрасывается в атмосферу после дальнейшей обработки. Они также используются для очистки газов, отходящих от ленточных агломерационных машин, где пыль очень абразивна, но легко смачиваема. Без такой предварительной очистки на скруббере срок эксплуатации рукавного фильтра был бы значительно ограничен, а быстрый износ ткани привел бы к низкой его результативности.

Скрубберы используются, когда характер пыли или температура газа не позволяют применять другие методы очистки или когда такой способ пылеудаления наилучшим образом подходит для конкретной пыли. Данный способ также применим, когда газы необходимо удалить вместе с пылью или когда использование скрубберов является частью цепочки очистки, например, пылеудаление перед подачей газа на сернокислотную установку. Смачивание и улавливание частиц требуют расходования значительного количества энергии.

Мокрые скрубберы должны использоваться совместно с системами контроля давления, потока щелочного раствора и (при очистке кислых газов) показателя pH. Промытый газ должен направляться из скруббера во влагоуловитель.

Опыт показывает, что эффективность работы мокрых скрубберов напрямую зависит от размера частиц и общего потребления ими энергии, в частности, после падения давления в зоне улавливания. Кроме того, при равномерном распылении жидкости внутри скруббера одинаковые перепады давления очень часто обеспечивают равную эффективность при улавливании одного и того же вида пыли в скрубберах самой разной конструкции. Таким образом, невозможно спроектировать высокоэффективный мокрый скруббер, который бы потреблял небольшое количество энергии, кроме случаев, когда удаляемая пыль легко смачиваема. Скрубберы применяются в тех случаях, когда другие способы пылеудаления не дают желаемого результата. В общем случае очищенные в мокром скруббере газы впоследствии используются в других процессах (например, в качестве топлива), а не выбрасываются в атмосферу. Они также применяются совместно с мокрым ЭФ с целью охлаждения и очистки газов перед их обработкой на сернокислотных установках или для поглощения кислотных газов.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность очистки отходящих газов от твердых частиц зависит от типа оборудования и находится в пределах 50 – 99 %. В случае пыли абсорбция (также называемая очисткой от пыли) может сочетаться с последующей обработкой путем фильтрации (например, рукавные фильтры) или фильтрами электростатического осаждения. Эффективность удаления пыли обычно составляет от 90 до более чем 99 %.

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания.

При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходима утилизация пыли, если она не может быть повторно использована.

Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость оборудования индивидуальна, но процессы работают экономично.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.1.3.2. Техники по предотвращению и снижению выбросов газообразных соединений

Такие газы, как пары H_2SO_4 , NH_3 , SO_2 , SO_3 , HF , HCl и N_x , образуются в ходе многих технологических процессов, например, диоксид серы выделяется в ходе плавки. Существуют техники по предупреждению и сокращению выбросов этих газов/паров. Сокращение выбросов зачастую достигается с помощью контроля параметров технологического процесса или регулирования химического состава шлака или штейна. Предотвращение газовых выбросов также может достигаться за счет использования горелок с низким выходом NO_x и дожигания в печах и других установках сжигания.

Образующиеся в ходе некоторых процессов органические и металлические компоненты также можно улавливать с помощью аналогичных методов.

Для удаления газообразных компонентов в цветной металлургии используются следующие техники:

- устройства/камеры дожигания;
- системы мокрой очистки;
- скрубберы сухой и полусухой очистки;
- системы использования отходящих газов;
- кислородно-топливное сжигание;
- методы удаления углеводородов и ЛОС.

5.1.3.2.1. Устройства/камеры дожигания

Описание

Горелка-дожигатель, или термический окислитель – это система сжигания, в которой загрязняющий агент, содержащийся в отработанных газах, вступает в реакцию с кислородом в контролируемой среде для создания реакции окисления.

Регенеративный дожигатель или регенеративный термический окислитель – это система сжигания, которая в рамках процесса регенерации использует термическую энергию газа и углеродистых соединений, используя огнеупорные слои.

Система коллектора для изменения направления потока газа необходима для очистки подложки.

Каталитический дожигатель или каталитический термический окислитель – это система сжигания, где разложение происходит на поверхности металлического

катализатора при пониженных температурах, как правило, в пределах от 300 °С до 400 °С.

Техническое описание

Системы сжигания используются в промышленности для окисления оксида углерода, пыли или углеродистых материалов в потоке газа. Применяется несколько типов систем сжигания.

Высокотемпературные горелки-дожигатели, также именуемые термическими окислителями, где газы нагреваются, как правило, до температуры в пределах от 850 °С до 1000 °С и выдерживаются в течение минимум 0,5 с (при условии отсутствия хлорсодержащих компонентов), что приводит к деструкции летучих органических углеродистых соединений. Дожигатели используют систему горелок (не обязательно непрерывного нагрева).

Регенеративные дожигатели, также именуемые регенеративными термическими окислителями, в рамках процесса регенерации используют термическую энергию газа и углеродистых соединений, используя огнеупорные слои. Для очистки огнеупорного слоя подложки, с целью изменения направления газового потока необходима коллекторная система.

Каталитический дожигатель или каталитический термический окислитель, где разложение происходит на поверхности металлического катализатора при пониженных температурах, как правило, в пределах от 300 °С до 400 °С.

Печи, спроектированные для сжигания отходящих газов, например, избыточного оксида углерода, для рекуперации энергии.

Ствол дымохода или выходная часть печи могут использоваться в качестве дожигателя, если в эту точку подать дополнительный кислород.

С помощью термического окисления дожигающие устройства разрушают органические соединения, включая ПХДД/Ф. Далее необходима дополнительная энергия, что в свою очередь в зависимости от источника энергии приводит к выбросам CO_2 , NO_x и SO_2 .

С практической точки зрения дожигающие устройства особенно эффективны для разрушения масел и покрытий; при этом могут образовываться органические соединения высокой концентрации. Наличие в печи этих компонентов приводит к выделению большого объема продуктов горения и снижению времени пребывания в печи и как следствие выделению продуктов частичного сгорания.

Одними из методов удаления ЛОС, ПХДД/Ф, органических и углеродистых частиц или горючих газов, таких как СО или H_2 , являются правильное проектирование, подбор размера и монтаж специализированных установок. При возможности рекомендуется прибегать к рекуперации тепла. К основным условиям эффективного сжигания в дожигающих устройствах относятся:

достаточное время пребывания в камере сгорания или регенеративной системе; для обеспечения полного сжигания время должно быть достаточным в среде с достаточным содержанием кислорода. В зависимости от наличия хлорсодержащих компонентов эффективность деструкции на уровне 99 % потребует времени нахождения на уровне 2 с при необходимой температуре. Меньшее время нахождения в печи и пониженные температуры также могут привести к полной деструкции ЛОС и ПХДД/Ф, но конкретные значения параметров определяются в каждом конкретном случае, исходя из фактических режимов эксплуатации. Газы при охлаждении должны быстро преодолевать температурный диапазон вторичного образования ПХДД/Ф. Для обеспечения достаточного тепло- и массообмена в зоне горения и исключения локальных непрогревов необходим турбулентный поток газов. Такая турбулентность обычно обеспечивается при использовании горелок, создающих завихряющееся пламя, и установке дефлекторов в камере сгорания.

температурный режим на 200 – 400 °С выше температуры самовозгорания наиболее стабильного вещества, следовательно, минимальные рабочие температуры должны превышать 850 °С. При содержании в потоке газа хлорсодержащих компонентов температуру необходимо увеличивать до 1100 – 1200 °С, также необходимо использовать быстрое охлаждение отходящих газов для предотвращения формирования ПХДД/Ф.

эксплуатация каталитических установок при пониженных температурах. Для работы горелки необходимы турбулентность газа, подача воздуха и источник зажигания. При необходимости можно использовать дополнительное топливо.

автоматизированная система управления составом топливовоздушной смеси в горелках для оптимизации горения;

демонстрация результативности совместного применения оборудования, температурных режимов и времени пребывания в печи для подтверждения эффективной деструкции материалов, присутствующих в сырьевом газе.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов органических соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На УМК ТОО "Казцинк" используется данная техника. Система дожигания газов находится в верхней части печи ISASMELT и служит для того, чтобы образовавшиеся из добавленного кускового угля летучие углеводороды были полностью сожжены до входа в систему отработанного газа.

Система дожигания пополняется воздухом двумя способами:

входной воздух;

вентилятор воздуха горения стационарной горелки.

Атмосферный воздух подается в печь ISASMELT во время загрузки материала. Большая часть входного воздуха проходит через загрузочное отверстие. Вентилятор

воздуха горения стационарной горелки подает воздух для горения в верхнюю часть печи. Контроль объема потока воздуха из вентилятора стационарной горелки осуществляется с помощью привода с регулируемой скоростью.

Кросс-медиа эффекты

Потенциальное увеличение использования энергии, если тепло не может быть использовано.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов органических соединений.

5.1.3.2.2. Системы мокрой очистки

Описание

В процессе мокрой газоочистки газообразные компоненты растворяются в растворе. После мокрого скруббера отходящие газы насыщаются водой, и перед выбросом отходящих газов в атмосферу их необходимо пропустить через влагоуловитель. Образующаяся жидкость очищается на водоочистных сооружениях, а нерастворимые частицы улавливаются с помощью осаждения или фильтрации.

Техническое описание

Системы мокрой газоочистки используются для удаления газообразных компонентов при их небольшом содержании, в основном для удаления частиц, но также для контроля температуры (с помощью адиабатного охлаждения). И хотя основная технология, используемая в таких установках, зачастую одинакова, проектные решения систем улавливания пыли и газообразных компонентов существенно различаются. Системы мокрой газоочистки, как правило, используются для всех трех сред (воздух, вода, почва) одновременно, поэтому проектное решение должно быть компромиссным и учитывать межсредовые эффекты, например, в зависимости от характеристик конкретного процесса возможно увеличение объема стоков.

В скрубберах используются различные жидкости: от воды до щелочных растворов. Выбор параметров для контроля результативности работы скруббера определяется конкретным его применением. Среди таких параметров могут быть: перепад давления и скорость потока скрубберной жидкости, температура, мутность, проводимость и pH. Высока вероятность межсредовых эффектов, что необходимо учитывать в каждом конкретном случае.

К методам удаления низкоконцентрированного диоксида серы (менее 1 %) и других образующихся газов, таких как HF и HCl, относятся правильное проектирование, подбор размера и монтаж специализированных установок.

Мокрые скрубберы должны использоваться совместно с системами мониторинга давления, потока скрубберной жидкости и рН, и на выходе из скруббера газ должен поступать в туманоотделитель. Слабокислые растворы, получаемые в ходе очистки, следует использовать повторно, если возможно – восстанавливать или использовать для снижения сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов твердых и газообразных соединений в окружающую среду.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления.

Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

5.1.3.2.3. Скрубберы сухой и полусухой очистки

Описание

В поток отработанных газов добавляются и диспергируются сухой порошок или суспензия/раствор щелочных реагентов. Материал реагирует с газообразными компонентами серы и формирует твердые частицы, которые удаляются фильтрацией (рукавными или электрофильтрами). Эффективность системы газоочистки повышается при использовании реакционной колонны.

Техническое описание

Методы абсорбции, такие как скрубберы сухой очистки, используются для поглощения кислых газов и металлических или органических соединений. Зачастую в обоих случаях используются известь, гидроксид магния, известняк, окись цинка и глинозем. В других странах используются двухщелочные скрубберы. Для удаления металла (ртути) и органических веществ используется активированный уголь (или кокс), который в этом случае обычно более эффективен.

Абсорбция обеспечивается с помощью насадочного скруббера башенного типа или за счет введения реагента непосредственно в струю газа с последующим использованием реакционной колонны. После этой стадии для улавливания частично отработанного скрубберного материала чаще всего используются рукавные фильтры, которые также представляют собой дополнительную поверхность для дальнейшей абсорбции. Скрубберный материал можно несколько раз использовать повторно в системе скрубберов для максимального использования его абсорбционной способности. Глинозем и окись цинка затем используются в основном технологическом процессе.

Фториды, абсорбированные глиноземом, отделяются с помощью электролиза. Помимо скрубберов сухой очистки могут использоваться и полусухие системы. В этом случае пастообразная суспензия реагента (как правило, извести) подается в ректор вместе с потоком газа. Вода выпаривается при условии, что температура газа достаточно высокая, а газообразные компоненты вступают в реакцию с частицами абсорбента. Отработанные частицы в последующем удаляются из газового потока. Сухие скрубберы зачастую менее эффективны, чем скрубберы полусухой или мокрой очистки, особенно при работе с менее химически активными газами, например SO_2 . Эффективность абсорбции зависит от активности реагента, и поставщики извести нередко могут производить материалы под конкретные условия применения.

Когда эти процессы используются для удаления SO_2 , они называются методами десульфуризации отходящих газов (МДГ). Они применяются для снижения содержания SO_2 в газах анодных печей и других источников слабо концентрированного диоксида серы, а также очистки конечных газовых выбросов сернокислотной установки. При использовании скрубберов мокрой очистки образуется гипс, который при определенных условиях может быть продан.

К эффективным методам удаления низкоконцентрированного диоксида серы (менее 1 %) и других образующихся газов, таких как HF и HCl , относятся правильное проектирование, подбор размера и монтаж специализированных установок. Скрубберы сухой очистки, использующие активированный уголь, относятся, прежде всего, к методам извлечения органических веществ, таких как ПХДД/Ф, или ртути. В зависимости от области применения скрубберов должны использоваться следующие методы (один или несколько).

Скрубберы сухой и полусухой очистки должны быть оборудованы соответствующими камерами смешивания и реакторами.

Твердые частицы, образующиеся в ходе реакции, должны улавливаться рукавным фильтром или ЭФ.

Частично отработанный агент, используемый в скруббере, может повторно использоваться в реакторе.

Отработанный агент, используемый в скруббере, по возможности необходимо использовать в основном технологическом процессе. Например, это относится к глинозему и окиси цинка.

Если образуются испарения, то скрубберы полусухой очистки должны быть оборудованы туманоотделителем.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления.

Необходимость утилизации отходов, если уловленная пыль не может быть повторно использована, например, при использовании реагентов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость сухих методов очистки может быть ограничена низкими показателями эффективности при очистке менее реактивных газов (SO_2) по сравнению с полусухими и мокрыми методами.

Техника впрыскивания пыли может применяться только на заводах с достаточным количеством материала для использования в качестве материала для чистки. Как правило, очищаемый материал извлекается из систем обессеривания установок.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экономия сырья, если уловленная пыль может быть возвращена в технологический процесс.

5.1.3.2.4. Системы утилизации отходящих газов

Описание

Помимо использования различных скрубберных систем, описанных выше, для удаления газообразных компонентов в цветной металлургии широко используются системы утилизации газов, присутствующих в технологических газовых потоках.

Техническое описание

HCl может абсорбироваться водой, а SO_2 и NO_x могут абсорбироваться водой или перекисью водорода.

Можно привести следующие примеры методов, используемых в цветной металлургии, для достижения закрытого цикла обращения некоторых материалов.

Цикл соляной кислоты: в процессах, использующих растворение, где соляная кислота применяется вместе с избыточными хлоридами. При испарении и улавливании в воде получается азеотропная кислота (в концентрации около 20 % от весу). Ее можно повторно использовать в различных стадиях технологического процесса.

Цикл азотной кислоты: серебро и палладий зачастую растворяются в азотной кислоте. Существенное количество отходящих газов (NO и NO_2) улавливается с помощью кислорода или перекиси водорода в специальных каскадных скрубберах. Длительное время, необходимое для окисления небольшого количества NO и снижения абсорбции газа с помощью экзотермической реакции, приводит к возникновению ряда проблем. Поэтому необходимы системы охлаждения и несколько комбинированных скрубберов для получения заданных показателей и во избежание выделения из колонны коричневых испарений. Полученная из первого скруббера азотная кислота зачастую имеет концентрацию около 45 % и может быть использована повторно в

нескольких процессах. Если постоянно наблюдаются повышенные концентрации NO_x , остаточные оксиды азота могут извлекаться с использованием катализаторов путем селективного или неселективного каталитического восстановления [96].

Цикл хлора: хлор используется в процессах мокрой очистки для растворения металлов и в процессе хлорного отбеливания при повышенных температурах. В обоих случаях используются закрытые системы, например, сифонные трубы с водой и герметичные электролитические ванны. Газообразный хлор можно либо улавливать либо использовать для производства раствора гипохлорита. Гипохлорит также применяется в качестве окисляющего агента в скрубберных растворах, используемых в различных процессах очистки.

Цикл хлорида аммония: относительно низкая растворимость хлорида аммония в выпаренных растворах при комнатной температуре делает возможным повторное использование кристаллов этой соли.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов кислотных газов и других соединений.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления.

Необходимость утилизации отходов, если уловленная пыль не может быть повторно использована.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов кислотных газов и других соединений.

Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

5.1.3.2.5. Кислородно-топливное сжигание

Описание

Данный метод предусматривает замещение воздуха, подаваемого для поддержания горения, кислородом с последующим исключением/уменьшением термического образования NO_x из азота, поступающего в печь. Остаточное содержание азота в печи зависит от чистоты подаваемого кислорода, качества топлива и возможного попадания воздуха.

Техническое описание

В производственных процессах обычно используются высокие температуры, но они также связаны и с использованием кислорода. При этом снижается парциальное давление азота в пламени, а также уменьшается образование оксидов азота, если в

очень горячих зонах нет большого количества азота. По имеющимся данным типичные уровни выбросов оксидов азота при производстве вторичной меди составляют от 20 до 400 мг/м³ в зависимости от типа печи и режима работы. Для снижения образования NO_x при внедрении высокоэффективных процессов (например, Contimelt) на местах необходимо обеспечить требуемое соотношение потребления энергии и достигнутого значения концентрации в выбросах.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов оксидов азота.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование чистого кислорода в горелке позволяет снизить парциальное давление азота в пламени и, соответственно, уменьшить термическое образование NO_x. При обогащении дутья кислородом в горелке или возле нее либо при значительном поступлении воздуха в печь более высокая температура газа может стать причиной увеличения термического образования NO_x. В этом случае можно добавить кислород в зону после горелки, чтобы уменьшить данный эффект и поддержать скорость плавления.

Кросс-медиа эффекты

Нет информации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Кислородно-топливное горение – это метод, который можно применить в большинстве используемых процессов горения и пирометаллургических процессов. Максимальная выгода от применения этого метода достигается на новых установках, когда топочную камеру и системы снижения выбросов можно также спроектировать на меньшие объемы газа. Этот метод можно также применять на существующих установках, которые во многих случаях можно модернизировать.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов оксидов азота.

Экономия энергии.

Техники удаления углеводородов и ЛОС

Описание

Технологии, используемые для удаления или разрушения ЛОС, предусматривают применение дожигающих устройств, скрубберов мокрой очистки, скрубберов сухой очистки биофильтров и биоскрубберов.

Биофильтр состоит из слоя органического материала, в котором загрязняющие вещества из отходящих газов подвергаются биологическому окислению природными микроорганизмами.

Биоскруббер сочетает мокрую очистку газов (абсорбцию) и биологическое разложение, вода для мокрой очистки содержит популяцию микроорганизмов, способных окислять вредные компоненты, содержащиеся в газах.

Техническое описание

Общие летучие органические соединения и углеводороды образуются вследствие неполного сгорания и во время разных операций, таких как хранение углеводородов, удаление СО и углеводородов, образовавшихся в ходе технологических операций, обезжиривания деталей, процессов извлечения растворителем, а также вследствие испарения из резервуаров для хранения растворителей и топлива. Вещества могут быть ароматическими, алифатическими, хлорорганическими или на водной основе. У них разная экологическая токсичность, и это необходимо учитывать, чтобы выбрать наименее опасный материал и определить правильную систему подавления выбросов для каждого конкретного объекта. Для предотвращения выбросов используются защитные оболочки, можно также использовать смесители/осадители для сведения к минимуму контакта с воздухом. Из отработанных газов необходимо извлекать и удалять пары растворителей и топлива.

При одновременном присутствии разных видов углеводородов используются сочетания доступных методов. Также используются биофильтры и реакторы [99]. Кроме того, используются газоуловители с активированным углем, системы с камерами охлаждения/конденсации, позволяющие улавливать материалы для вторичного использования. Выбросы ЛОС могут образовываться при доставке растворителей и т. п. Для минимизации выбросов ЛОС используется деаэрация вытесненных газов.

По возможности следует использовать рекуперацию тепла.

Выбросы ЛОС могут образовываться в результате загрузки в печи материалов, загрязненных маслами, а также при обезжиривании или извлечении веществ растворителем.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов углеводородов и ЛОС.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии, если тепло не может быть использовано.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Экономия сырья.

5.1.1.3. Техники сокращения выбросов диоксинов

Описание

К числу рассматриваемых техник относятся как первичные методы (например, улучшение условий сгорания, удаление органических соединений из подаваемого сырья или модификация систем загрузки печей), так и методы "на конце трубы", то есть технологии очистки в конце производственного цикла (например, эффективная фильтрация пыли, введение активированного угля или применение дожигающих устройств).

Техническое описание

ПХДД/Ф образуются при реагировании газообразных фаз с хлорорганическими прекурсорами. Источники углерода есть повсюду, поэтому для образования ПХДД/Ф достаточно даже малых количеств хлора в сырье (30 – 300 промилле в обычных рудах и несколько промилле в металлах) или в топливе (например, промышленный кокс содержит примерно 0,05 весовых процента хлора). Среди процессов, тяготеющих к образованию ПХДД/Ф, можно назвать процессы горения, спекания руд, плавки металлов и, соответственно, пирометаллургические процессы. Первоначальный синтез основной части ПХДД/Ф происходит при прохождении охлаждаемого отходящего газа через температурный интервал примерно от 40 °С до 200 °С в присутствии углерода, хлора, кислорода и каталитически активного металла, например, меди.

К основным источникам образования ПХДД/Ф при производстве меди относятся:

производство вторичной меди (использование загрязненных исходных материалов, содержащих хлористые и органические соединения, ненадлежащие рабочие условия или газоочистки);

плавка и легирование металлов, в частности, в присутствии меди и при нагреве газа в субстехиометрических условиях.

Незначительными источниками образования ПХДД/Ф являются:

литейные цеха;

производство вторичной меди (с использованием чистых исходных материалов, при оптимальной технологии работы и (или) очистке отходящих газов).

Однако образование и объем выбросов ПХДД/Ф с отходящими газами зависит не только от используемого топлива и обрабатываемых материалов (например, металлов с каталитическими свойствами), но и главным образом от управления технологическим процессом, а также параметров отходящих газов (например, температуры, продолжительности обработки в разных температурных интервалах, содержания SO₂).

Цветная металлургия в больших объемах использует в качестве вторичного сырья металлолом, поставляемый ломоперерабатывающими предприятиями. Хотя и существуют согласованные сорта металлолома, содержащиеся в ломе примеси могут приводить к образованию ПХДД/Ф при неполном сгорании или вследствие первичного синтеза. Присутствие ПХДД/Ф в пыли электродуговых печей и полихлорированных

бифенилов в ломе трансформаторов и других материалах формирует прямые источники ПХДД/Ф.

Присутствие масел и других органических материалов в металлоломе или иных источников углерода (в частично сгоревшем топливе и восстановителях, например, в коксе) может стать причиной образования мелких частиц сажи, которые при реакции с неорганическими хлоридами или органически связанным хлором в температурном интервале от 250 °С до 500 °С образуют ПХДД/Ф. Катализаторами данного процесса, известного как "синтез с нуля" (первичный синтез), являются такие металлы, как медь или железо. Предварительная сортировка или обработка сырья с целью минимизации содержания в нем прекурсоров или органических веществ является важной мерой предотвращения образования ПХДД/Ф.

Есть информация о том, что высокие уровни содержания SO_2 подавляют первичный синтез в установках для сжигания бытового мусора, в которых образование являющегося катализатором первичного синтеза CuCl_2 подавляется за счет образования CuSO_4 . Этот эффект можно попробовать применить в цветной металлургии, и он также может повлиять на последовательность удаления SO_2 .

Хотя ПХДД/Ф и разрушаются при высоких температурах (выше 850 °С) в присутствии кислорода, процесс первичного синтеза все еще возможен, так как газы при охлаждении проходят через соответствующий температурный интервал. Этот интервал может быть характерен для систем очистки выбросов и зон охлаждения в печах, например, в зоне загрузки исходных материалов. При проектировании систем охлаждения необходимо соблюдать осторожность и минимизировать продолжительность обработки в таком температурном интервале, чтобы предотвратить первичный синтез. В горячих газах должен присутствовать в достаточном количестве кислород, и для обеспечения полного сгорания можно вводить кислород. ПХДД/Ф легко поглощаются твердыми веществами и, соответственно, могут легко впитываться, например, пылью, твердыми веществами, осаждающимися в скрубберах, и пылью в фильтрах.

Ниже приведены возможные методы снижения выбросов ПХДД/Ф.

Метод с применением активированного угля: активированный уголь, добавляемый в гашеную известь (или известь, двууглекислую соду и т. п.), зарекомендовал себя в качестве эффективного абсорбента на заводах по производству вторичного алюминия, где в качестве исходного материала используется сырье, содержащее металл с органическими примесями. Активированный уголь также используется в производстве первичной меди, где необходимо извлечение других металлов, мелкозернистый активированный уголь связывает ПХДД/Ф и затем удаляется рукавными или электростатическими фильтрами. Количество и состав добавок в значительной мере зависят от характеристик процесса, а также происхождения и состава исходных

материалов. Для снижения расхода абсорбентов полезным может быть полный или частичный возврат отфильтрованной пыли в процесс. Кроме того, потребность в адсорбенте необходимо отрегулировать в зависимости от выбросов завода. Для определения расхода сорбента и подбора оптимальных растворов их нужно отдельно тестировать для каждой применяемой технологии плавления.

Условия сгорания: улучшение условий сгорания может предусматривать подачу обогащенного кислородом воздуха или чистого кислорода, улучшенное перемешивание кислорода с горючими веществами, а также повышение температуры горения или длительности обработки при высоких температурах.

Сжигание продуктов горения или применение устройств дожигания: сжигание отходящих газов с последующим быстрым охлаждением горячего газа сводит к минимуму образование ПХДД/Ф. Также существуют системы каталитического окисления для разрушения ПХДД/Ф.

Снижение содержания органических веществ: удаление органических загрязнителей (например, машинного масла, покрытий) из исходного материала, также помогает снизить образование ПХДД/Ф.

Подача кислорода в верхнюю зону печи: применяется в случае отсутствия места для установки дожигающего устройства. Существуют некоторые ограничения по достигаемой степени смешения газов, но общие результаты приемлемы.

Модификация систем загрузки сырья в печи: были произведены изменения, позволяющие подавать сырье в полузакрытые печи небольшими, равными порциями. Эта мера позволяет уменьшить охлаждение печи во время загрузки, поддерживать повышенную температуру газа, оптимизировать процесс и предотвратить повторное образование ПХДД/Ф [30].

Высокоэффективная система фильтрации, позволяющая удалять не только пыль, но и ПХДД/Ф. ПХДД/Ф могут поглощаться пылью, поэтому фильтрация является высокоэффективным методом их удаления. Есть информация, что существуют рукавные фильтры со специальным каталитическим слоем.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов ПХДД/Ф и СО.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии (необходимое для производства кислорода).

Собранная пыль может иметь высокие концентрации ПХДД/Ф и возможно их необходимо утилизировать или тщательно обработать, возвращая пыль в печь.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Соблюдение экологических требований.

5.1.3.4. Техники по предотвращению и снижению выбросов ртути

Описание

Набор методов сокращения выбросов ртути в атмосферу.

Техническое описание

Ртуть быстро испаряется при температурах, используемых в большинстве процессов систем газоочистки, соответственно, для ее удаления могут потребоваться разные технологии.

В случае удаления ртути перед подачей газа на сернокислотную установку в производимой кислоте будет присутствовать остаточная ртуть. По принятым в ЕС техническим требованиям ее содержание в норме должно быть <0,1 до 0,5 промилле, что эквивалентно содержанию $\sim 0,02 \text{ мг/м}^3$ в очищенном газе. По имеющейся информации все нижеперечисленные процессы обеспечивают достижение этого уровня.

Процесс Boliden-Norzink: данный процесс основан на применении мокрого скруббера, в котором используется реакция дихлорида ртути (сулемы) с ртутью, в результате которой образуется хлорид ртути (каломель), выпадающий из жидкости в осадок. Этот процесс используется после этапа промывки и охлаждения на установке для получения кислоты, чтобы газ не содержал пыли и SO_3 , а его температура была примерно $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Газ очищается в колонне с наполнителем и раствором HgCl_2 . Он реагирует с металлической ртутью в газе и выпадает в осадок в виде каломели (Hg_2Cl_2). Каломель извлекается из циркулирующего промывного раствора и частично регенерируется газообразным хлором до HgCl_2 , который затем возвращается на стадию промывки. Полученный ртутный продукт либо используется для производства ртути, либо отправляется на склад. Хлорид ртути является очень ядовитым веществом, при работе по данной технологии необходимо соблюдать особые меры предосторожности.

Процесс Volchem: данный процесс реализуется в установке для получения кислоты, как и процесс Boliden-Norzink, но для извлечения используется 99 % серная кислота, которая поступает из абсорбционной секции сернокислотной 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 фильтрации сульфида ртути кислоту возвращают в абсорбционную секцию. То есть кислота в данном процессе не расходуется.

Процесс Outotec: в данном процессе ртуть удаляется перед этапом промывки на сернокислотной установке. Газ температурой около $350 \text{ }^\circ\text{C}$ пропускается через колонну с наполнителем, где он промывается в противоточном режиме 90 % серной кислотой при температуре примерно $190 \text{ }^\circ\text{C}$. Кислота образуется на месте из содержащегося в газе SO_3 . Ртуть осаждается в виде соединения хлорида селена. Затем ртутный шлам извлекается из охлажденной кислоты, отфильтровывается, промывается и направляется

в производство металлической ртути. Часть кислоты возвращается в скруббер. В другом варианте данного процесса извлечение ртути из газов осуществляется путем промывки раствором с ионами селена, и вместе с металлическим селеном производится селенид ртути.

Фильтр с активированным углем (процесс Lurgi): при данном методе для удаления паров ртути из газового потока используется адсорбционный фильтр с активированным углем.

Наибольшее распространение получили описанные выше технологии Boliden-Norzink и Outotec, но сообщается и об использовании других процессов [22].

Селеновый скруббер: при данном методе также используется мокрый скруббер, в котором происходит реакция аморфного селена в серной кислоте с ртутью для удаления паров ртути высоких концентраций.

Селеновый фильтр: процесс, основанный на применении сухого скруббера, в котором используется реакция аморфного селена с ртутью для образования селенида ртути.

Процесс с использованием сульфида свинца: сухой скруббер, в котором для удаления ртути из газового потока используются шарики сульфида свинца.

Процесс Tinfos/Miltec: это процесс очистки от ртути, основанный на окислении ртути в отходящих газах при помощи гипохлорита натрия. После окисления в промывной колонне ртуть осаждается в виде сульфида ртути HgS за счет добавления двунариевого сульфида. Сульфид ртути удаляется из процесса в фильтр-прессе. Ртутьсодержащий шлам подвергается обработке как опасный вид отходов и утилизируется на полигоне для захоронения опасных отходов. Выбросы ртути снижаются примерно на 94 %. Установка Tinfos по очистке от ртути подробно описана в отчете Infacon 9 [42].

Процесс очистки от ртути компании Lurgi: установка Lurgi для удаления ртути состоит из электростатического фильтра для удаления остаточной пыли и смол, подогревателя газа, абсорбера с наполнителем, тягодутьевого устройства, для контроля газового потока, проходящего через установку, и оборудования для комплексного анализа газа на основе продувки азотом, с целью поддержания низких уровней содержания кислорода в газе. Нагреватель необходим для подогрева газов до оптимальной температуры 60 – 85 °С; пониженная температура газа обеспечивает меньшие скорости реакции и меньшую конденсацию влаги в наполнителе, более высокие температур могут привести к вымыванию серы из абсорбента. Компания Eramet запустила в эксплуатацию установку для удаления ртути в 2001 году и сообщает, что с тех пор она работает бесперебойно. Объем газового потока, проходящего через блок, составляет около 15 000 м³/ч.

Процесс Dowa: ртуть адсорбируется на пемзу, покрытую сульфидом свинца.

Существует еще два процесса для снижения содержания ртути в серной кислоте, получаемой при производстве цветных металлов, но они применяются скорее из-за необходимости повысить качество кислоты, а не в связи с влиянием на окружающую среду:

Ионообменный процесс Superlig: в данном процессе для удаления ртути из произведенной кислоты используется ионный обмен; он позволяет достигать значений концентрации ртути $<0,5$ промилле.

Добавка в кислоту йодида калия: его концентрация при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ должна быть не менее 93 %. В результате реакции осаждается йодид ртути (HgI_2).

Если общий процесс производства меди не предусматривает сернокислотной установки, для снижения выбросов обычно используются такие методы, как выбор сырья, вдувание активированного угля и (или) других адсорбентов перед подачей потока очищаемых газов на рукавный фильтр. Содержание ртути в исходном материале, а также технологические циклы могут быть причиной больших или меньших колебаний ее содержания в выбросах.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов ртути.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Цель применения систем удаления ртути до подачи очищаемых газов на сернокислотную установку – снизить содержание ртути в этих газах, чтобы гарантировать производство серной кислоты хорошего качества. Однако системы удаления ртути можно также применять для снижения выбросов ртути перед выбросом конечных газов в трубу.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение расхода энергии.

Образование твердых и жидких отходов, которые требуют удаления.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется к пирометаллургическим процессам, в которых используется сырье с содержанием ртути.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов ртути.

5.1.4. Водопотребление и водоотведение

5.1.4.1. Основные источники сточных вод

Стоки, образующиеся при очистке отходящих газов

Оборудование для мокрой очистки выбросов постепенно замещается методами сухой очистки. Преимущества сухих методов газоочистки, таких как рукавные

фильтры, заключаются в том, что отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод, а улавливаемая пыль может возвращаться в основной процесс.

В определенных случаях без использования методов мокрой очистки воздуха, например, мокрых скрубберов или мокрых электрофильтров обойтись невозможно. В частности, они применяются, когда не подходят другие системы очистки и существует риск взрыва или возгорания от воспламеняющихся частиц, и когда газообразные вещества (например, диоксид или триоксид серы), а также твердые частицы необходимо удалить из потока отходящих газов. Мокрые электрофильтры используются для очистки влажных насыщенных газов с высоким содержанием пыли. Например, в процессе производства меди при помощи скруббера и мокрого электрофильтра улавливаются отходящие технологические газы, содержащие пыль и диоксид серы. Мокрые электрофильтры также применяются для сбора смоляного тумана из отходящих газов печи для нагрева электродов.

Обычно стоки требуют дальнейшей обработки, например, нейтрализации и (или) осаждения твердых частиц для их выделения из жидкости.

Слабая кислота, образующаяся в мокром электрофильтре, может перерабатываться следующими способами:

путем концентрации и последующего разложения в плавильной печи, когда SO_2 можно извлечь с помощью сернокислотной установки;

обработанная жидкость обычно может подаваться в систему мокрой очистки, но для контроля состава жидкости должна быть возможность отбора проб;

слабую кислоту, полученную в результате таких процессов, можно использовать повторно в других процессах.

Стоки, образующиеся при грануляции штейна или шлака, при производстве металлического гранулята и разделении материалов по плотности.

При производстве цветных металлов штейн шлак и полученный металл сливаются из печи. Материалы могут гранулироваться по отдельности за счет воздействия на них с помощью водяной струи высокого давления или применения иных систем охлаждения с целью образования однородных частиц. Гранулированный металл впоследствии реализуется в виде металлических гранул. Гранулированный шлак можно использовать в других целях, а гранулированный штейн может применяться на этапе конвертирования. Типичная схема процесса гранулирования представлена на рисунке 5.10.

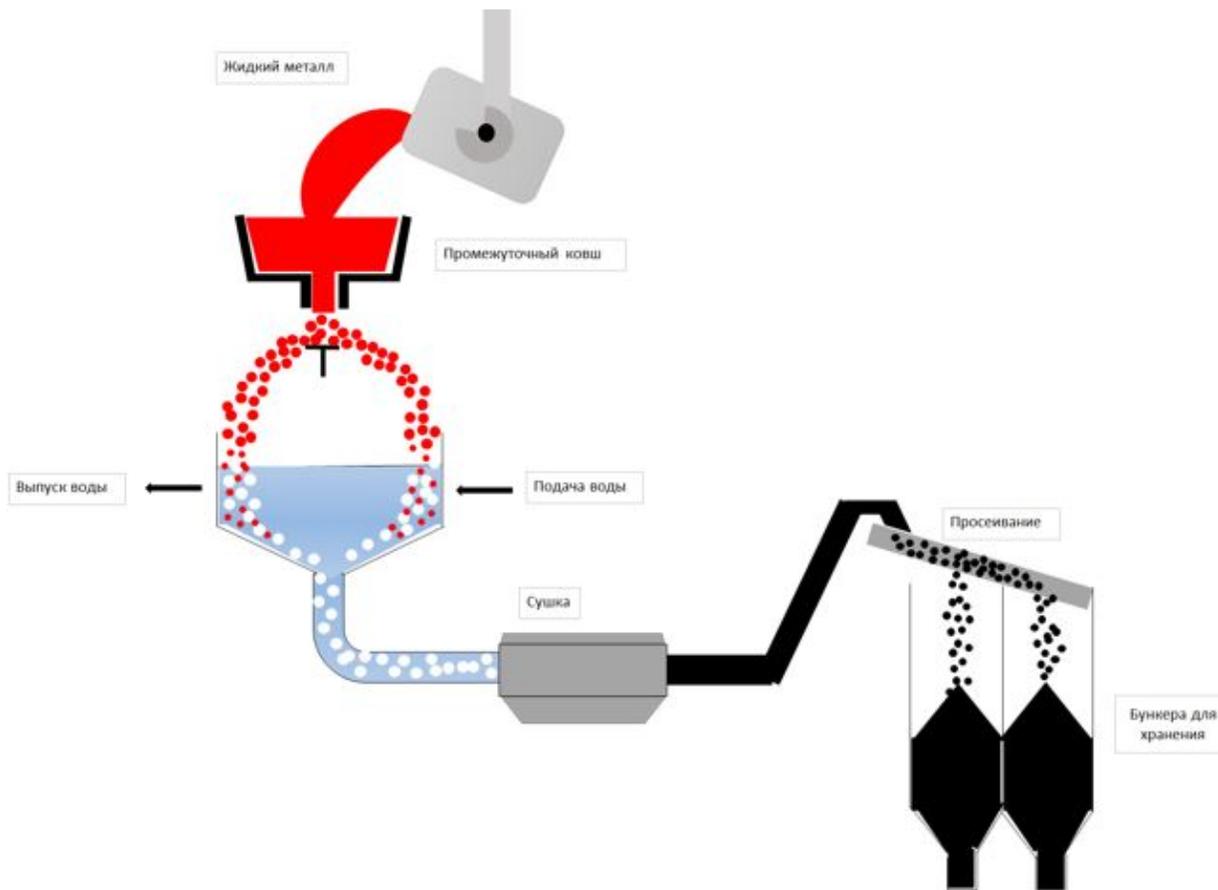


Рисунок .10. Грануляция расплавленного металла (шлака)

Стоки, образующиеся на этапе гранулирования, обычно используют в замкнутом цикле водооборота (рисунок 5.11.). Для предотвращения накапливания взвешенных твердых веществ и соединений металлов из системы замкнутого водооборота необходимо постоянно удалять их осадки.

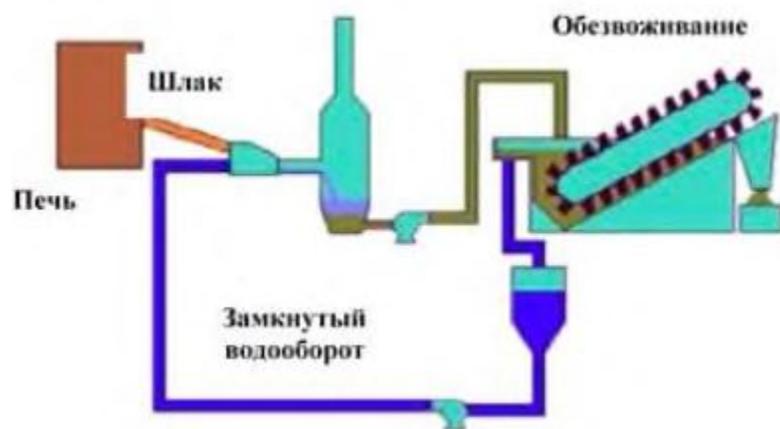


Рисунок .11. Замкнутый цикл водооборота

Для разделения металлов и соединений легких загрязняющих веществ, например, удаления пластика, образующегося после измельчения лома, также используется метод

разделения по плотности ("осаждение – всплытие"). Возникающие стоки обычно обрабатываются, и всплывшие вещества удаляются. Для предотвращения накапливания взвешенных твердых веществ и соединений металлов из системы замкнутого водооборота необходимо постоянно удалять их осадки.

Осадки или стоки обычно направляются на центральные водоочистные сооружения.

Охлаждающая вода

Как правило, на металлургических предприятиях для охлаждения отдельных узлов агрегатов широко используется охлаждающая вода. Она делится на бесконтактную и контактную охлаждающую воду.

Бесконтактная охлаждающая вода применяется для охлаждения печей, аспирационных зонтов печей, разливочных машин и т. д. В зависимости от размещения завода охлаждение может проводиться с помощью прямоточной системы или системы водооборота с градирнями. Вода из прямоточной системы охлаждения обычно поступает назад в природный источник, например, в реку или пруд, из которых эта вода забиралась. В этом случае необходимо учитывать возможность повышенной температуры воды перед тем, как она сбрасывается в природный источник. Бесконтактная охлаждающая вода может также циркулировать в системе замкнутого водооборота, проходя через градирни.

Контактное охлаждение используется, например, во время литья или проката горячей заготовки. Использованная для прямого охлаждения вода обычно загрязнена металлами и взвешенными твердыми веществами, причем нередко она образуется в больших объемах. Из-за специфического состава и для того, чтобы избежать разбавления, охлаждающую воду прямого контакта очищают отдельно от других стоков.

Количество выделяемой теплоты и максимальные температуры на сбросе зависят от местных климатических условий. В частности, в каждом конкретном случае необходимо учитывать воздействие на водную среду. При необходимости проектируют специальные технологические системы охлаждения. В этом случае могут применяться следующие методы:

водный теплообмен (поверхностные воды и т. п.);

воздушный теплообмен;

градирни-испарители.

В целях минимизации воздействия охлаждения на окружающую среду в целом рекомендуется использовать справочник НДТ для промышленных систем охлаждения.

Поверхностные стоки

Поверхностные/ливневые стоки образуются при загрязнении осадков, попадающих на крыши зданий и площадки с твердым покрытием. Загрязнение осадков происходит, например, при смыве содержащей металлы пыли с открытых складов или нефтепродуктов и других загрязняющих веществ с территории объекта в дренажную

систему. Загрязнение поверхностных вод можно предотвратить или минимизировать с помощью передовых практик хранения сырья, а также регулярного техобслуживания и уборки всей производственной территории.

Поверхностные/ливневые стоки можно собирать отдельно. После отстаивания или химической очистки их можно использовать в производственных целях, например, в качестве охлаждающей воды или при поливе открытой территории для предотвращения образования пыли.

Стоки, образующиеся при реализации гидрометаллургических процессов

Основные стоки, образующиеся при гидрометаллургическом производстве цветных металлов, перечислены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Потенциальные источники стоков, образующихся при гидрометаллургическом производстве цветных металлов

№ п/п	Процесс	Операция/источник	Применение
1	2	3	4
1	Очистка газов из печи обжига	Мокрая очистка газов из печи обжига	Водоочистные сооружения, предусматривающие этапы осаждения, иногда с удалением металлов в ионообменниках
2	Выщелачивание	Общие операции, включая мокрую газоочистку	Возврат в процесс выщелачивания
3	Очистка	Общие операции	Возврат в процесс выщелачивания или на следующий этап обработки
4	Электролиз	Чистка ванн, анодов и катодов. Отработанный электролит. Утечки электролита	Возврат в процесс выщелачивания. Возврат в процесс электролиза после очистки.

Гидрометаллургический процесс обычно начинается с этапа выщелачивания. Во время выщелачивания желаемый металл и прочие элементы освобождаются от минералов и поступают в раствор.

Ниже перечислены типичные реагенты, используемые при выщелачивании и в других реакциях [48]:

вода для водорастворимых соединений (медного купороса);

серная, соляная и азотная кислоты или гидроксид натрия для оксидов металлов;

комплексобразователи, например, цианид (золото, серебро) или аммиак (медно-никелевые руды);

выделение металлов или их соединений из руд с помощью соответствующего газа или путем окисления, например, диоксида марганца – с помощью диоксида серы, а никелевого штейна – с помощью хлора;

кисотно-основные реакции, например, восстановление вольфрама комплекса из вольфрама при высоком значении pH.

Чтобы повысить содержание получаемого металла в выщелачивающем растворе можно использовать некоторые гидрометаллургические методы очистки и обогащения. Получаемый металл извлекают из очищенного раствора с помощью различных методов, таких как цементация, восстановление газами, селективное осаждение, ионный обмен, экстракция растворителем, кристаллизация, выпарка или электролиз. Для поддержания правильного баланса в рамках некоторых из вышеперечисленных процессов, как правило, возникает необходимость в постоянном удалении части раствора.

Стоки, образующиеся в виде отработанных растворов, могут возвращаться в процесс выщелачивания в зависимости от присутствующих загрязняющих веществ. Отработанные растворы также могут возвращаться в процесс электролиза после удаления загрязняющих веществ или малоценных элементов.

Прочие технологические стоки

В отрасли существуют и иные источники загрязненных стоков. Наиболее важным из них при производстве меди является слабая серная кислота с сернокислотных установок.

В целом используемые методы подразумевают возврат соответствующих растворов в процесс либо использование свойства повышенной кислотности в других процессах.

Травление также является источником технологических стоков; приведенные ниже два примера показывают, как можно использовать бескислотное травление и минимизировать воздействие кислотного травления.

К источникам образования сточных вод также относятся: стоки с моек для колес автотранспорта, перевозящего сырье; уплотняющая вода из насосов, а также стоки, связанные с общими видами деятельности, включая чистку оборудования, мытье полов и т. п. Такие стоки обычно собирают и подвергают очистке. Санитарные стоки обычно сбрасываются в общую систему хозяйственно-бытовой канализации.

5.1.4.2. Обратное водоснабжение и повторное использование воды

Описание

Технологии и методы повторного использования воды успешно используются в цветной металлургии для минимизации образования жидких стоков, которые подлежат сбросу в составе сточных вод. Снижение объемов стоков также иногда оказывается экономически выгодным, так как при снижении объема сбрасываемой сточной воды снижается объем отбора пресной воды из природных водных объектов. Это снижение также положительно влияет на межсредовые эффекты.

Техническое описание

В таблицах 5.5 и 5.6 приведены этапы технологических процессов производства меди, на которых широко используется оборотное водоснабжение.

Таблица 5.5. Обзор источников сточных вод и методов минимизации и очистки стоков при производстве меди

№ п/п	Источник сточных вод	Методы минимизации стоков	Методы очистки стоков
1	2	3	4
1	Непрямое охлаждение печей	Применение замкнутых систем охлаждения. Контроль систем с целью обнаружения утечек	Применение добавок с малым потенциальным влиянием на окружающую среду
2	Прямое охлаждение при литье	Осаждение или другие виды обработки. Замкнутая система охлаждения	Отстаивание. Осаждение, при необходимости.
3	Грануляция шлака	Повторное применение в замкнутой системе	Отстаивание. Осаждение, при необходимости.
4	Электролиз	Замкнутые системы. Электрохимическое извлечение металлов из электролита.	Отстаивание и осаждение
5	Продувка	Очистка, повторное применение	Осаждение

Таблица 5.6. Примеры оборотного водоснабжения и повторного использования сточных вод при производстве меди

№ п/п	Источник сточных вод	Производство первичной меди	Производство вторичной меди
1	2	3	4
1	Грануляция шлака	применяется	применяется
2	Контроль загрязнения влажного воздуха	применяется	применяется
3	Стоки после промывки газа из обжиговых печей	применяется	не применяется
4	Охлаждающая вода	применяется	применяется
5	Вода после промывки анодов и катодов	применяется	применяется
6	Использованный электролит	применяется	применяется

Оборотное водоснабжение и повторное использование воды – это меры, интегрированные в технологические процессы. Оборотное водоснабжение предусматривает возврат жидкости в процесс, в котором она была получена. Повторное использование – это применение воды для другой цели, например, можно использовать поверхностные стоки для охлаждения.

Обычно в системе оборотного водоснабжения используются базовые методы очистки или периодически сбрасывается около 10 % циркулирующей жидкости, чтобы предотвратить накопление в циркуляционной системе взвешенных твердых частиц, металлов и солей. Например, вода для охлаждения обычно возвращается в процесс через систему рециркуляции, как показано ниже на рисунке 5.12. Важно также учитывать необходимость применения биоцидов.

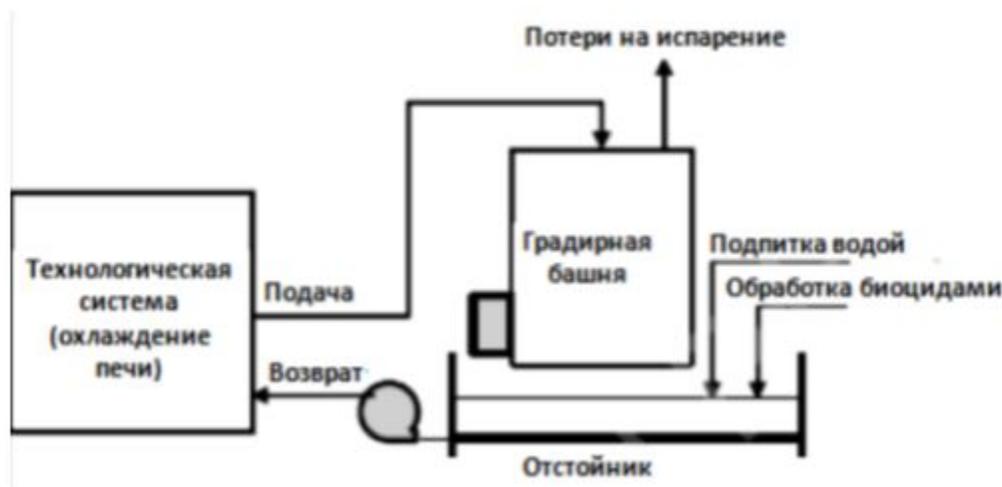


Рисунок .12. Пример рециркуляции охлаждающей воды

После обработки очищенную воду можно также использовать для охлаждения, увлажнения и в других процессах. Соли, содержащиеся в очищенной воде, при повторном ее использовании могут создать определенные проблемы, например, в результате осаждения кальция в теплообменниках. Также необходимо принимать во внимание риск распространения в теплой воде бактерии легионеллы. Данные проблемы могут значительно ограничить повторное использование воды.

При наличии больших количеств воды, например, на предприятиях, расположенных в прибрежной зоне, можно использовать проточные системы охлаждения при условии пренебрежимо малого воздействия на окружающую среду. Кроме того, в этом случае необходимо изучить влияние на морскую среду в зоне забора воды для проточной системы охлаждения. Такое исследование должно проводиться в каждом конкретном случае, поскольку необходимо сбалансировать затраты на энергопотребление при заборе и охлаждении воды.

Оборотное водоснабжение и повторное использование воды могут быть ограничены из-за электролитной проводимости.

Проблемой является и объем сбрасываемой воды, поскольку на некоторых установках в оборотных системах водоснабжения используется много воды. Существенным фактором, который необходимо учитывать при оценке воздействия сбросов, является масса содержащихся в них загрязняющих веществ.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение образования сточных вод.

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.

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 [85].

Кросс-медиа эффекты

использование энергии;

использование добавок, например, осаждающих агентов или биоцидов, при подготовке охлаждающей воды;

шум от градирен;

нагрев атмосферы от воды;

возможное распространение бактерии легионеллы в замкнутых системах при температурах от 25 °C до 60 °C.

Технические соображения, касающиеся применимости

Рециркуляция или повторное использование воды могут быть ограничены проводимостью раствора.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Предотвращение образования сточных вод.

5.1.4.3. Техники по предотвращению образования сточных вод

Производство меди

Описание

Набор техник для предотвращения образования сточных вод при производстве меди

Техническое описание

Производство меди связано с образованием различных видов сточных вод, которые подлежат очистке, с целью их повторного использования в замкнутом цикле или предотвращения попадания загрязняющих веществ в водные объекты.

Для предотвращения образования сточных вод используются следующие техники:
использование эффективных водооборотных систем;

повторное использование охлаждающей воды или конденсированного пара для технологических целей;

применение пылегазоочистных устройств без использования воды (например, мокрый скруббер);

использование охлаждения закрытого контура с воздушными охладителями в качестве вторичных теплообменников;

минимизация дренажа испарительных охладителей;

разделение незагрязненных потоков сточных вод (дождевая вода, бесконтактная охлаждающая вода) и потоков технической воды.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов воды, подлежащей очистке.

Снижение энергопотребления.

Снижение количества реагентов, используемых для сточных вод.

Снижение количества сбрасываемых загрязняющих веществ.

Снижение теплоотдачи, передаваемой в водоприемник.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На медном заводе УМК ТОО "Казцинк" для водоснабжения производственных участков используется вода из системы оборотного водоснабжения предприятия. Сброс сточных вод осуществляется в коллектор производственных стоков и далее на очистные сооружения. Пройдя очистку на очистных сооружениях, очищенные сточные воды направляются в приемный резервуар, откуда вновь поступают в общую оборотную систему комплекса для использования в технологическом процессе предприятия. Также предусмотрено повторное использование сточных вод в системе охлаждения ряда технологических процессов.

Техническая модификация системы охлаждения контактной установки на заводе "Aurubis" (Гамбург) в 2018 году посредством повышения уровня температуры для обеспечения возможности разделения централизованного теплоснабжения и строительства трубопровода централизованного теплоснабжения до границы завода способствовали предотвращению сброса 12 млн. м³ охлаждающей воды в р. Эльба [94].

Технические соображения, касающиеся применимости

Реализация комплексных водооборотных систем возможна при удовлетворении потребностям производства для последующего применения в отношении расхода воды, температуры, состава и кислотности.

Технологии очистки отходящих газов с использованием воды применяются в случае повышенной влажности очищаемого потока и наличия примесей в виде кислотного тумана или вязких веществ.

Использование охлаждения закрытого контура с воздушными охладителями в качестве вторичных теплообменников требует больших площадей для установки воздушных охладителей.

Экономика

На действующих предприятиях внедрение этих технологий может повлечь большие финансовые расходы.

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 [95].

Движущая сила внедрения

Снижение образования сточных вод и, следовательно, снижение затрат на очистку сточных вод.

Снижение количества загрязняющих веществ, сбрасываемых в принимающий водный объект.

Производство драгоценных металлов

Описание

Предприятия по аффинажу золота не осуществляют сброс сточных вод в различные водные объекты или системы канализации. Очистка сточных вод производится на предприятиях в целях исключения потерь драгоценных металлов.

Техники по предотвращению образования сточных вод включают:

утилизацию отработанных жидкостей из скрубберов и других реагентов, образующихся на гидрометаллургических стадиях выщелачивания или других операциях аффинажа;

утилизацию растворов процессов выщелачивания.

использование специальных резервуаров для хранения отработанных технологических растворов.

Техническое описание

Система управления сточными водами включает сбор стоков от технологических процессов, технологических разливов, технического обслуживания и т. д. Технологические отработанные растворы перед очисткой хранятся в специальных резервуарах для хранения. Все эти резервуары обвалованы, так что любая утечка или разлив могут быть устранены без риска попадания в окружающую среду. Отработанные растворы обрабатывают комбинацией химического/металлического восстановления, химического осаждения и/или гидролиза или ионного обмена.

Технология очистки и утилизации растворов, поступающих из отделений аффинажа золота и отработанных растворов газоочистных систем, включает следующие операции

:

цементация драгоценных металлов из растворов;
фильтрация, сушка цементных осадков;
осаждение цветных металлов и железа из раствора путем нейтрализации щелочью;
фильтрация осадка на пресс-фильтре, сушка осадка, затаривание;

сброс очищенных промышленных сточных вод в централизованную систему водоотведения.

В ходе процесса очистки проводится отбор проб растворов из цементаторов для анализа на содержание кислоты, золота, меди и ДМ. Если драгоценные металлы отсутствуют, раствор фильтруют, фильтрат направляют на нейтрализацию щелочным раствором. Цементный осадок сушат и направляют на лигатурную плавку серебросодержащих полупродуктов.

В процессе нейтрализации растворов щелочью в них понижается содержание свободной кислоты, вследствие увеличения рН раствора происходит осаждение гидроксидов цветных металлов и железа. После окончания осаждения пульпу отфильтровывают.

Отфильтрованный осадок сушат, подвергают измельчению и опробованию. Полученные осадки направляют в пирометаллургические переделы (плавка). Очищенные растворы накапливают в буферных емкостях. Перед сбросом в систему канализации производят отбор проб на содержание загрязняющих веществ.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязняющих веществ.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение сбросов загрязняющих веществ.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Свести к минимуму потерю ценных (драгоценных) металлов и восстановить сырье, содержащее ДМ и другие ценные металлы.

5.1.4.4. Методы очистки сточных вод

Любая вода, не подлежащая вторичной переработке или повторному использованию, должна проходить очистку для минимизации концентрации загрязняющих веществ, таких как металлы, кислотообразующие вещества и твердые частицы в конечных стоках, сбрасываемых в природные водные объекты. В целях снижения концентрации загрязняющих воду веществ можно использовать методы очистки, применяемые "на конце трубы", например, химическое осаждение, отстаивание или флотацию и фильтрацию. Как правило, эти методы применяются совместно на конечной или центральной установке водоочистки. Также можно

попробовать осаждать металлы до того, как технологические стоки будут перемешаны с другими сточными водами.

Поскольку методы очистки стоков широко применяются в производстве меди как и в целом на предприятиях цветной металлургии и других отраслей производства, в настоящем разделе приведены общие сведения о них. Соответственно, схожи у этих процессов и основные характеристики, рассматриваемые в качестве критериев при определении НДТ.

Выбор наиболее подходящего метода очистки или сочетания различных методов очистки осуществляется исключительно индивидуально, учитывая специфические факторы, характерные для каждого объекта. Для определения оптимального способа минимизации объемов конечных стоков и концентрации в них загрязняющих веществ необходимо принимать во внимание следующие наиболее важные факторы:

- процесс, являющийся источником стоков;
- объем воды;
- загрязняющие вещества и их концентрацию;
- возможности внутреннего повторного использования;
- доступность водных ресурсов.

При выборе используемых методов необходимо учитывать специфику производственных процессов, а нередко еще и объем, а также скорость водного потока в природном водном объекте – приемнике стоков. При снижении объема сбросов, что сохраняет повышенные значения концентрации, потребуются меньшие энергозатраты для их очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к повышенным значениям концентрации и в конечных стоках, но при большей кратности уменьшения, чем в случае менее концентрированных потоков, и увеличении объемов удаляемых загрязняющих веществ.

5.1.4.4.1. Химическое осаждение

Описание

Данный метод состоит в добавлении реагентов, таких как известь, едкий натр, 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 из стоков растворимых ионов металлов. Растворимые металлы можно осадить из сточных вод путем корректировки значения рН. В стоки добавляется реагент, например, известь, гидроксид натрия, сульфид натрия или комбинация реагентов, что приводит к образованию нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче отделить, и часто используются для повышения производительности системы очистки.

Для удаления из стоков таких металлов, как железо, свинец, цинк, хром, марганец и т. д. обычно используется осаждение. Гидроксиды металлов, как правило, нерастворимы, поэтому для их осаждения широко используется известь.

Сульфиды металлов также нерастворимы, и в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и тримеркаптосульфотриазин (ТМС). Биологический способ также применяется при получении H_2S с помощью сульфатвосстанавливающих бактерий, при этом газ переносится на стадию осаждения газом-носителем. Осаждение сульфидов может в результате обеспечить более низкие значения концентрации определенных металлов в очищенных стоках в зависимости от значения рН и температуры, а сульфиды металлов могут быть возвращены на этап плавки. Можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

Растворы сульфата цинка очищаются на стадии биологической очистки с помощью водорода, обеспечивающего поступление электронов, который получается путем преобразования природного газа и пара. Сульфид цинка производится с интенсивностью 10 тонн в сутки и далее возвращается в плавильную печь.

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала посредством гидроксида, а затем с помощью сульфидного осаждения. В целях удаления избыточных сульфидов после осаждения, возможно добавление сульфата железа.

Для того, чтобы максимально повысить эффективность удаления металлов, процесс очистки следует проводить при различных значениях рН и использовать различные реактивы. Выбор реактива и значение рН – это факторы, играющие основную роль при осаждении металлов. Необходимо также учитывать, что растворимость зависит и от температуры.

Поддержание требуемого значения рН в течение всего процесса очистки стоков также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений рН. При выходе за пределы этого диапазона эффективность удаления металла стремительно снижается. В целях максимальной эффективности удаления металлов процесс очистки следует проводить при различных значениях рН с использованием различных реактивов. Кроме выбора реактива и значения рН, также следует учитывать, что степень растворимости может зависеть от температуры и валентного состояния металла в воде.

Таким образом, достижение минимального содержания каждого металла в рамках одного процесса не представляется возможным ввиду существующих отличий оптимальных значений рН для осаждения различных металлов.

На многих установках, где удаляются металлы, одной из главных проблем для достижения необходимых предельных значений стоков является коллоидное состояние осажденных металлов. Оно может возникнуть в результате некачественной

нейтрализации и флокуляции. Для улучшения состояния осаждаемого металла можно использовать различные флокулянты и коагулянты, и поставщики таких материалов способны проводить испытания на осадках и указывать правильный коагулянт.

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 потоков сточных вод. Часто для оптимизации эксплуатационных характеристик требуется адаптация технологических параметров.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты.

Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения зависит от следующих факторов:

- выбор химического осадителя;
- количество добавляемого осадителя;
- эффективность удаления осаждаемого металла;
- поддержание правильного значения рН в течение всего процесса очистки;
- использование железистых солей для удаления определенных металлов;
- использование флокулирующих или коагулирующих реагентов;
- колебание состава сточных вод и наличие комплексообразующих ионов.

Чтобы обеспечить максимальную эффективность удаления металлов, наиболее важным фактором является выбор осадителей. Существуют примеры, демонстрирующие, что использование реагентов на основе сульфидов может обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. Правильное значение рН в течение всего процесса очистки стоков также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений рН.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер принимающего водного объекта и скорость потока. Уменьшение объемного расхода в пользу более высоких концентраций приводит к сокращению потребления энергии для очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к образованию стоков с более высокими концентрациями, но с более высокой скоростью восстановления по сравнению с менее концентрированными потоками, что позволит в целом улучшить удаление загрязняющих веществ.

На УКМК распределение сточных вод по категориям зависит от вида загрязняющего вещества и его концентрации, а также количества сточных вод и мест их образования. Наиболее загрязненные сточные воды после технологических

процессов совместно с дождевыми и талыми водами предварительно очищаются в песколовке от тяжелых минеральных примесей и песка, затем поступают в лотковый смеситель, где обрабатываются 5 % известковым раствором с добавлением флокулянта, и далее после прохождения через контактные резервуары поступают в отстойники. После очистки и охлаждения сточные воды совместно с охлажденными "нормативно-чистыми" водами собираются в подземные резервуары оборотной воды и распределяются в цеха УКМК.

Далее осветленные воды могут поступать на установку глубокой доочистки методом сорбционной очистки сточных вод с активированным алюмосиликатным адсорбентом, а также шунгитом.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления.

Применение добавок.

Образование отходов, подлежащих утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо на новых и действующих установках.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.1.4.4.2. Переработка слабых кислот и слабокислых технологических стоков

Описание

Очистка стоков, содержащих слабые кислоты, поступающие с сернокислотной установки, или различные кислые промывочные воды, с использованием соответствующего реагента (обычно гидроксид кальция).

Техническое описание

В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять. Для этих целей используют реакцию нейтрализации между ионами водорода и гидроксида, приводящую к образованию недиссоциированной воды. В качестве реагентов могут быть использованы NaOH, KOH, Na₂CO₃, NH₄OH, CaCO₃, MgCO₃, CaMg[CO₃]₂ (доломит).

Чаще всего применяют гидроксид кальция (известь) ввиду его дешевизны. Схема процесса представлена на рисунке 5.13.

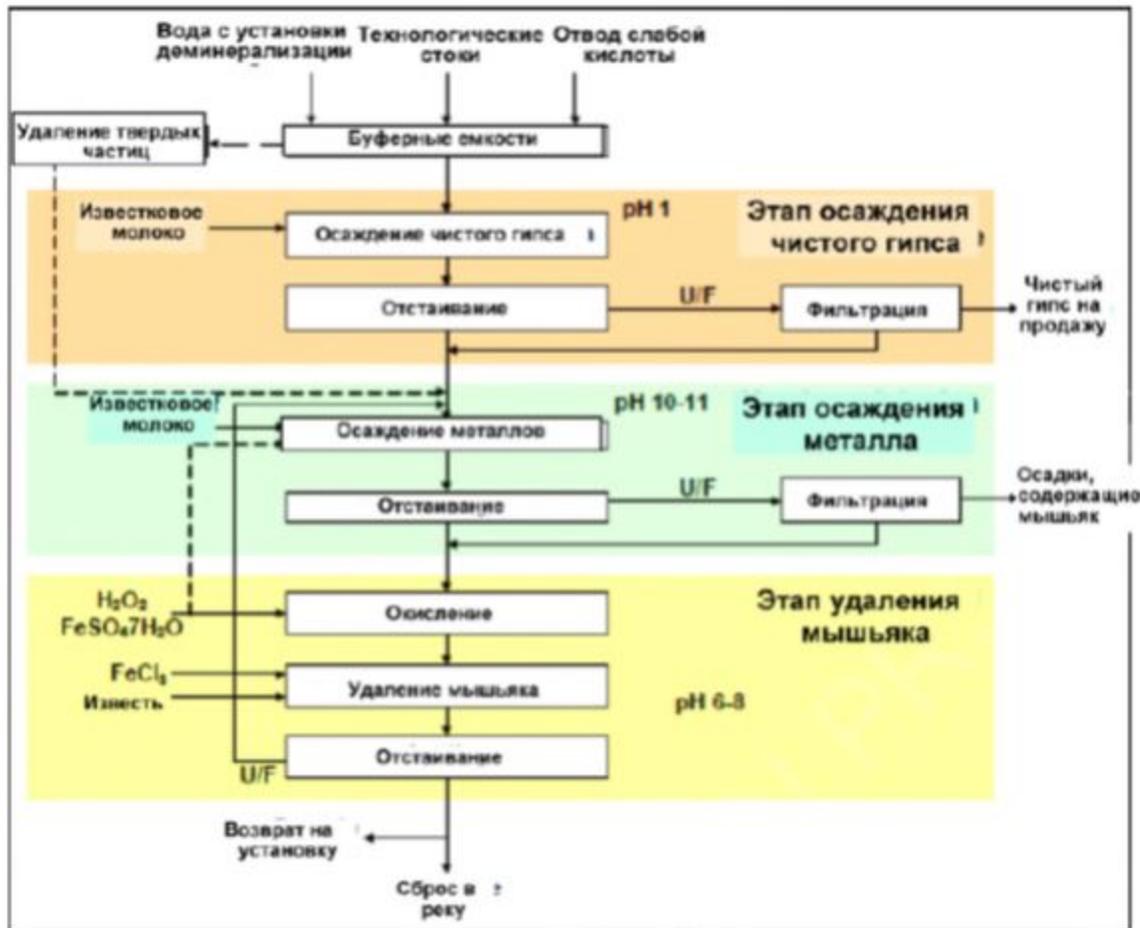


Рисунок .13. Схема процесса очистки слабокислых стоков

Известь для нейтрализации вводят в сточную воду в виде гидроксида кальция ("мокрое" дозирование) или сухого порошка ("сухое" дозирование). При нейтрализации сернокислых сточных вод известковым молоком расход извести (по CaO) принимают на 5 – 10 % выше стехиометрического расчета. В случае нейтрализации воды сухим порошком или известковой пастой доза оксида кальция составляет 140 – 150 % от стехиометрической, так как взаимодействие между твердой и жидкой фазами происходит медленнее и не до конца. Процесс с использованием извести в качестве реагента иногда называют известкованием. Известкование позволяет попутно переводить в осадок и такие металлы, как цинк, свинец, хром, медь и кадмий. Иногда для нейтрализации применяют карбонаты кальция или магния в виде суспензии. Соду и гидроксиды натрия и калия следует использовать лишь в случае одновременного получения ценных продуктов, или если они являются отходами производства виду их высокой стоимости.

Выбор реагента для нейтрализации кислых вод зависит от вида кислот и их концентрации, а также растворимости солей, образующихся в результате химических реакций.

Достигнутые экологические выгоды

Минимальный расход сточных вод.

Сокращение сбросов загрязненных стоков в природные водные объекты.

Производство чистого гипса.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Достигнутые результаты приведены в таблице 5.7.

Таблица .7. Результативность переработки слабокислых стоков

№ п/п	Параметр	Значения	Единицы измерения
1	2	3	4
1	Условия на входе		
1.1	Производительность	35	м ³ /ч
1.2	Состав:		
1.3	H ₂ SO ₄	60	г/л
1.4	Cu	2100	мг/л
1.5	Hg	15	
1.6	As	2200	
1.7	Pb	2600	
1.8	Ni	7	
1.9	Cd	110	
1.10	Взвешенные твердые частицы	200	
2	Сточные воды*		
2.1	Производительность	31,2	м ³ /ч
2.2	pH	9,5	–
2.3	Cu	0,1 – 0,5	мг/л
2.4	Hg	0,05	
2.5	As	0,05 – 0,2	
2.6	Pb	0,1 – 0,5	
2.7	Ni	0,1 – 0,5	
2.8	Cd	0,01 – 0,2	
3	Гипсовый шлам		
3.1	Производительность	6 - 7	т/ч
	Состав, в т. ч.:		
3.2	влага	40 – 50	%
3.3	CaSO ₄	~ 30 – 35	
3.4	As	~ 1	
3.5	Cu	~ 1	
3.6	Fe	~ 1 – 2	
3.7	Hg	~ 0,01	
3.8	Pb	~ 1	
3.9	Ni	~ < 0,1	

3.10	Cd	~ < 0,1	
------	----	---------	--

* расчетные данные, учитывающие изменения в стоке;

указаны среднесуточные значения концентрации металлов, полученные на основании квалифицированных случайных проб или суточных проб, пропорциональных расходу.

Производимый гипс содержит более 96 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение сбросов в водные объекты.

Эффективная очистка сточных вод и возможность производства товарных продуктов.

5.1.4.4.3. Фильтрация активированным углем

Описание

Процесс фильтрации, в котором в качестве фильтрующей среды используется активированный уголь.

Техническое описание

Активированный уголь – высокопористое углеродное вещество обычно используется для удаления органических материалов из сточных вод; однако также предусматриваются варианты применения, связанные с удалением ртути и драгоценных металлов. Как правило, такие фильтры используются в виде нескольких загрузок или патронов, чтобы проскок материалов через один фильтр задерживался вторым. Затем отработанный фильтр заменяется и становится вторичным фильтром. Эта операция зависит от наличия надлежащего метода определения проскоков через фильтры.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов органических веществ, ртути и драгоценных металлов в водные объекты.

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 [94].

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение сбросов загрязненных стоков в природные водные объекты.

5.1.4.4.4. Метод доочистки сточных вод с применением активированного алюмосиликатного адсорбента

Описание

Сорбционный метод доочистки сточных вод с применением активированного алюмосиликатного адсорбента.

Техническое описание

Доочистка производственных осветленных сточных вод в объеме 700 м³/час, поступающих с первичных очистных сооружений.

Исходная вода после камеры сброса отстойников очистных сооружений с помощью канализационной насосной станции подается на фильтрование на блок скорых фильтров, загруженных адсорбентом "Глинт", и далее после прохождения фильтров сбрасывается через насосную станцию в сбросной коллектор.

На промывку фильтры выводятся поочередно "по падению напора" или "по проскоку" исходных загрязняющих веществ. Промывка фильтров осуществляется очищенной водой из резервуара чистой воды. Вода для промывки подается промывным насосом через дренажно-распределительную систему фильтра и собирается в резервуаре промывной воды. Грязная промывная вода возвращается на очистные сооружения, в которых происходит ее осветление (отстаивание).

Суть технологии заключается в пропуске очищаемой воды через фильтр, загруженный зернистым адсорбентом "Глинт" (удаление взвешенных веществ и тяжелых металлов). При этом благодаря свойствам адсорбента "Глинт" в фильтрующей загрузке одновременно протекают процессы: механической фильтрации (загрязнения задерживаются в межзерновом пространстве); контактной коагуляции (осажденные на поверхности зерна в начале фильтроцикла загрязнения служат центрами хлопьеобразования); физической сорбции (отрицательно заряженные частицы металлов задерживаются на поверхности зерен адсорбента, имеющих положительный заряд, и легко удаляются при промывке водой).

Технология разработана ООО "Квант Минерал" (г. Санкт-Петербург) и показала свою эффективность на действующем предприятии УКМК ТОО "Казцинк". Данный материал является продуктом термической модификации глины с использованием магнийсодержащих добавок.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентрации цинка, кадмия, ртути, марганца в отводимых сточных водах.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Очистные сооружения рассчитаны на максимальную производительность до 16800 м³/сут (700 м³/ч). Срок использования адсорбента "Глинт" не ограничен, потери на истирание при промывках (до 10 % в год) восполняются досыпкой без перезагрузки фильтров. При снижении активности адсорбента его сорбционные свойства восстанавливаются с помощью активации 4 % растворами щелочи или сульфата магния. Для проведения активации адсорбента предусмотрен узел активации, включающий в себя необходимые заглубленные емкости, насосное оборудование, запорную арматуру, трубопроводы. Растворы, используемые для активации адсорбента (4 - 5 % растворы NaOH и MgSO₄), используются многократно. Отработанные растворы активатора периодически (1 раз в месяц для NaOH и 1 раз в 4 месяца для MgSO₄) сбрасываются на утилизацию на действующие очистные сооружения.

Кросс-медиа эффекты

Необходимость использования дополнительных реагентов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Нет данных.

Движущая сила внедрения

Снижение концентрации загрязняющих веществ сбросах и предотвращение попадания их в естественные водные экосистемы.

Требования природоохранного законодательства.

5.2. Техники при производстве меди

5.2.1. Техники по снижению выбросов в процессе предварительной обработки сырья

Основным сырьем, используемым при производстве цветных металлов, являются руды и концентраты, вторичное сырье, топливо (газ, твердое топливо, мазут в качестве резервного топлива) и технологические газы (такие как кислород, хлор и инертные газы). Также используются и другие материалы, такие как флюсы, добавки, химические реагенты (например, для систем очистки). Это разнообразие материалов создает множество проблем, связанных с их использованием и хранением, и выбор конкретных применяемых методов зависит от физических и химических свойств материала. В целом следует избегать хранения пылящих материалов на открытых площадках. Конвейерные системы должны быть закрытыми. Рукавные фильтры должны регулярно проверяться и обслуживаться. Ниже приведено описание наиболее распространенных процессов и методов, которые могут применяться для предотвращения эмиссий в окружающую среду.

5.2.1.1. Техники предотвращения и снижения выбросов от предварительной обработки первичных и вторичных материалов (смешивание, сушка, брикетирование, гранулирование, дробление)

Для производства меди используются руды, концентраты и разнообразное вторичное сырье от мелкодисперсной пыли до крупных материалов. Содержание меди варьируется для каждого типа материала как и содержание других металлов и загрязняющих веществ.

Применяемые основные методы предварительной обработки - смешивание, сушка (для сушки концентрата), брикетирование, гранулирование, дробление и др.).

Однородный состав сырья получают путем смешивания руд, концентратов различного качества с флюсами вторичных сырьевых материалов. Смеси производятся с использованием установок для усреднения шихты, бункеров-дозаторов с использованием систем дозирования или ленточных весов.

Сушка материалов используется, если процесс плавки требует сухой подачи или уменьшения влажности. Для этого применяются вращающиеся сушилки, сушилки с теплообменниками (нагревается с использованием пара или горячего воздуха). Сушилки с теплообменником могут использовать отработанное тепло других частей процесса, если это позволяет тепловой баланс. Для специальных материалов, таких как пыль, шлам, осадки и др., могут использоваться конвейеры с горячим воздухом или вакуумные сушилки.

В зависимости от процесса концентраты и другие мелкие материалы могут быть гранулированы или спрессованы в брикеты. Для уменьшения образования пыли используется нанесение покрытий и связующих веществ. Металлолом уплотняется прессованием.

Дробление, измельчение и просеивание практикуются для уменьшения размера вторичного сырья, чтобы сделать его пригодным для продажи или дальнейшей обработки.

Описание

Могут быть использованы следующие методы:

закрытые конвейеры, вытяжка или система пневматической передачи;

закрытое здание для проведения работ с пылевидными материалами (например, смешением);

системы пылеподавления, такие как водяные спреи или системы тумана;

системы удаления пыли и газа, подключенные к фильтрующему оборудованию, такие как рукавный фильтр;

водяные пушки, чтобы сохранить материал влажным для смешивания, выполненного снаружи;

комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах, перед выпуском их в водоемы;

техники разделения металлолома для увеличения выхода металла.

Техническое описание

Руды и концентраты могут доставляться к месту переработки автомобильным и железнодорожным транспортом. В пунктах их разгрузки широко используются системы предотвращения пыления, улавливания и очистки от пыли.

Разгрузка, хранение и перемещение твердых материалов выполняются с помощью тех же методов, которые применяются для твердого топлива. Обычно для данных материалов применяются более строгие требования к условиям хранения, поскольку они обычно химически более активны, имеют меньший размер частиц, легче образуют воздушные взвеси или смываются в воду. Широко используются автоматические устройства быстрой герметизации. Вещества, используемые для флюсования и шлакования, также доставляются на площадку, хранятся и перерабатываются аналогично рудам и концентратам.

Руды и концентраты (если они образуют пыль) и другие пылящие материалы обычно хранятся в закрытых зданиях. Также используются накрытые и укрытые штабеля и бункеры. Открытые штабеля используются для хранения крупных фракций окомкованного материала, однако они обычно размещаются на площадках с твердым, влагонепроницаемым покрытием, например, бетонированным, для предотвращения материальных потерь, загрязнения почв и руд. Некоторые крупнокусковые материалы не размещают на площадках с твердым покрытием из-за возможных повреждений покрытия, которые могут вызвать скрытые проблемы. Для разделения руд разного качества между их штабелями часто оставляют проходы.

Для пылеподавления часто используется распыление воды, но при необходимости использования сухой шихты этот метод обычно не применяется. Для пылеподавления без переувлажнения материала используются альтернативные методы, такие как мелкодисперсные распылители, позволяющие получать водяной туман. Некоторые концентраты изначально содержат достаточно влаги для предотвращения пыления.

Для предотвращения пылеобразования в условиях ветреной погоды могут использоваться поверхностно связывающие агенты (такие как меласса, известь или поливинилацетат). Связывание частиц поверхностных слоев может предотвратить их окисление и последующую утечку материала в грунт или поверхностные стоки.

Разгрузка рудных материалов может быть потенциальным источником значительных выбросов пыли. Основная проблема возникает, когда полувагон или иное опрокидывающееся транспортное средство разгружается под действием силы тяжести. Интенсивность разгрузки не контролируется, что приводит к существенным выбросам пыли, которые могут превзойти возможности пылеподавления и пылеулавливания. В таких случаях могут использоваться закрытые разгрузочные помещения с автоматическими дверями.

Также используются прозрачные пластиковые экраны, которые располагаются напротив опрокидываемых вагонов. В этом случае воздушная волна, возникающая при разгрузке, проходит в распорную секцию (sprung section) и контейнер поглощает энергию разгрузки; давление воздуха амортизируется, что позволяет вытяжной системе справляться с возросшей нагрузкой.

Материал может разгружаться при помощи конвейера с нижней подачей, грейферного крана или фронтального погрузчика, для транспортировки пылящих материалов используются полностью закрытые конвейеры. Для транспортировки плотных материалов также применяются пневматические системы. Для улавливания пылящих материалов в стационарных пунктах разгрузки или в точках перегрузки на конвейерах могут использоваться аспирационно-фильтрующие системы. При использовании открытых конвейеров пыление может возникать при слишком быстром движении ленты (например, при скорости выше 3,5 м/с). При использовании фронтального погрузчика пыление возможно на всем протяжении дистанции транспортировки.

Методы, используемые для предварительной обработки, зависят от размера и характера материала, а также степени загрязнения.

Смешивание пылевидных материалов необходимо производить в закрытых зданиях, а также использовать закрытые конвейеры и пневмотранспортные системы. Также могут применяться системы вытяжки с последующим удалением пыли. Собранная пыль может быть возвращена в процесс. Системы пылеподавления, такие как водяные форсунки или системы туманообразования, могут применяться для создания мелкодисперсного водяного тумана. Концентраты содержат достаточное количество воды для предотвращения образования пыли.

Для транспортировки высушенных материалов используется пневматический транспорт. Очистка от пыли происходит рукавными фильтрами. Собранная пыль возвращается в процесс.

Участки брикетирования и гранулирования, конвейеры должны быть закрыты. Применяются системы вентиляции с последующим обеспыливанием в рукавном фильтре. Работы по уплотнению металлолома выполняются в закрытом здании или на открытой площадке, оборудованной системами пылеудаления. Могут потребоваться меры по снижению уровня шума, такие как ограждения для уменьшения шума.

Операции дробления, измельчения, помола и просеивания потенциально являются источником выбросов пыли, поэтому используются системы очистки и сбора пыли, а собранная пыль возвращается в технологический процесс. Могут применяться системы пылеподавления, такие как водяные форсунки или системы туманообразования.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экономия сырья, поскольку пыль фильтров повторно используется в процессе.

Сокращение сбросов в воду.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На Усть-Каменогорском металлургическом комплексе ТОО "Казцинк" технологическая схема участка шихтоподготовки включает прием и складирование сырьевых материалов, загрузку материалов в шихтовочные бункера, дозирование и смешивание материалов, передачу шихты ленточными транспортерами в медеплавильный цех на участок грануляции печи Isasmelt-Cu, окатывание шихты в барабане-окатывателе, подачу окатышей на плавку в печь, дробление и измельчение оборотных материалов.

Конечным продуктом участка шихтоподготовки является гранулированная шихта, которая загружается сверху в печь Isasmelt-Cu, электропечь, конвертеры и анодные печи с использованием ряда ленточных конвейеров. Системы ленточных конвейеров и приемные бункера цеха оборудованы установками (кассетными фильтрами) локального обеспыливания узлов перегрузки материалов типа "Dalamatric" и системами аспирации. В процессе шихтоподготовки в зависимости от влажности материала применяется увлажнение шихты, для этих целей используются вода из системы оборотного водоснабжения и сточные воды электролизного цеха.

На участке дробления очистка аспирационных газов осуществляется в циклоне. Выбросы в атмосферу вентиляционных и очищенных аспирационных газов осуществляются через свечи вытяжных систем. Сброс сточных вод от данного передела отсутствует.

Кросс-медиа эффекты

Системы пылеудаления.

Увеличение потребления энергии на плавку из-за увеличения содержания воды в сырье.

Увеличение использования воды.

Для сточной воды необходима очистка воды.

Системы пылеудаления, подключенные к фильтрующему оборудованию.

Увеличение использования энергии.

Дополнительное образование отходов, если удаленная пыль не используется повторно.

Дожигатель с системой тушения и пылеулавливания.

Увеличение использования энергии и выбросов NO_x .

Сбор и очистка жидких стоков перед сбросом.

Увеличение использования энергии и добавок для очистки сточных вод.

Технические соображения, касающиеся применимости

Закрытое здание, закрытый конвейер, система пневмотранспорта и вытяжная система, подключенная к фильтрующему оборудованию, применяются для пылеобразующих материалов.

Системы подавления пыли применяются только тогда, когда плавильная и последующая система борьбы с загрязнением могут обрабатывать влажное сырье.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила для внедрения

Предотвращение и сокращение неорганизованных выбросов.

Повторное использование отходов.

Оптимизация процесса плавки.

Требования в области охраны окружающей среды и здоровья населения.

5.2.1.2. Техники снижения выбросов при сушке концентрата

Концентраты сушат, чтобы снизить содержание влаги от 7 – 8 % до 0,2 % до процесса плавки. Для плавки в шахтных печах концентрат сушат до 3,5 – 4 % и брикетируют.

Для сушки медных концентратов используются два типа сушилок.

Ротационные сушилки, использующие тепло отходящих при сжигании природного газа или других видов топлива. Также можно использовать технологический газ из печей, таких как анодная печь.

Сушилки, использующие пар котла-утилизатора.

Высушенный концентрат обычно очень пыльный, для предотвращения и снижения выбросов пыли используются системы очистки.

Описание

Техники для рассмотрения:

рукавный фильтр;

электростатический осадитель;

скруббер.

Техническое описание

В зависимости от типа сушилки отходящие газы могут содержать SO_2 из-за окисления материала. Это относится только к сушилкам с непосредственным нагревом, так как при использовании непрямых пароохладителей температура достаточно низкая, чтобы избежать воспламенения концентрата, и поэтому SO_2 не может быть образован.

Роторная сушилка представляет собой вращающийся барабан. Горячий газ, образующийся при сжигании топлива, соприкасается с влажным концентратом, а содержащаяся вода испаряется. Газ, выходящий из сушилок, обрабатывается для

удаления пыли в рукавном фильтре, электростатическом осадителе или скруббере. Скрубберы используются для борьбы с SO_2 . Азот или другой инертный газ можно использовать для предотвращения воспламенения концентрата.

Паровые сушилки косвенно нагреваются через паровые змеевики. Производительность зависит от давления пара и времени сушки, увеличивая давление, производительность может быть увеличена. Небольшое количество воздуха вводится в сушилку для сбора воды из концентрата. Сушилки с паровым змеевиком могут использовать отходящее тепло от других частей процесса, если это позволяет тепловой баланс. Воздух очищается от пыли в рукавном фильтре.

Сухие руды и концентраты могут быть самовоспламеняющимися, и конструкция системы очистки должна учитывать этот фактор. Для подавления воспламенения можно использовать инертный газ (азот) или остаточный кислород в горючих газах.

Достигнутые экологические выгоды

Рукавный фильтр, электростатический пылеуловитель

Сокращение выбросов пыли и металлов.

Повторное использование в технологическом процессе уловленной пыли.

Скруббер.

Сокращение выбросов SO_2 .

Уменьшение выбросов пыли при использовании скруббера Вентури.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сушка концентратов дает значительное количество пыли. Из-за присутствия аэрозолей и изменений температуры могут произойти конденсация и осаждение пыли в трубах. Эти отложения удаляются самим дымовым газом или сжатым воздухом.

Рукавный фильтр по сравнению с ЭСП и скруббером Вентури лучше снижает выбросы пыли; кроме того, поверхность фильтра также можно использовать для снижения содержания SO_2 при впрыскивании извести. Эффективность удаления мелкодисперсной пыли с помощью скруббера Вентури менее эффективна.

Качественный мониторинг очистки от пыли выполняется с использованием пылеулавливающих, оптических или трибоэлектрических устройств, используемых для обнаружения отказа фильтрационного мешка. Падение давления контролируется для управления механизмом очистки.

В некоторых случаях сухой концентрат, как сообщается, имеет температуру воспламенения от $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Содержание кислорода в газах в сушилке с горячим воздухом низкое, а рабочая температура контролируется на максимально допустимом уровне, главным образом путем смешивания его с холодным воздухом. Аналогичным образом паровые сушильные камеры могут поддерживать низкую температуру в концентрате и низкий расход воздуха, что может обеспечить такой же эффект. Азот может также использоваться для предотвращения самовоспламенения.

Обнаружение тепла можно использовать для определения горячих точек и запуска тушения азотом.

В 2020 году на заводе KGHM (Легниц, Польша) был завершен проект по установке для удаления мышьяксодержащей пыли из газов, поступающих из установки для сушки концентрата. Эксплуатационные показатели экологической эффективности составили: менее 1 мг/Нм³ для пыли, мышьяк – менее 0,002 мг/Нм³ (среднее значение 0,01 мг/Нм³), ртуть – менее 0,004 мг/Нм³ (среднее значение 0,002 мг/Нм³) [8].

Кросс-медиа эффекты

Рукавный фильтр и электрофильтр.

Увеличение использования энергии.

Скруббер.

Увеличение использования энергии (выше, чем для рукавного фильтра).

Потребность в химических веществах.

Потребление воды и образование сточных вод, требующих очистки до сброса или повторного использования.

Производство отходов. Гипс, производимый при использовании скруббера SO₂, должен быть переработан во вращающейся сушилке в качестве части флюсовой добавки печи, которая требует дополнительной энергии и расходов на обработку.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы применимы к новым и существующим установкам с учетом типа сушилки. В случае высокого содержания органического углерода в концентратах (например, приблизительно 10 мас.%) рукавные фильтры могут не применяться из-за запыления мешков. Надежность подачи пара обычно связана с использованием паровой сушилки.

Скруббер SO₂ применяется только для сушилок с прямым нагревом. Обработка SO₂ не требуется для сушилок с косвенным нагревом.

Применимость влажного скруббера может быть ограничена в следующих случаях:

очень высокие скорости потока отходящих газов из-за поперечных эффектов (значительное количество отходов и сточных вод);

в засушливых районах из-за необходимости большого объема воды и очистки сточных вод и связанных с этим перекрестных эффектов.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила для осуществления

Требования к экологическому законодательству.

Восстановление сырья.

5.2.1.3. Техники снижения выбросов отходящих газов от обжига медного концентрата

Обжиг в металлургии меди используют при переработке высокосернистых бедных по меди концентратов и руд. Цель обжига состоит в удалении части серы и окислении некоторого количества железа для перевода их оксидов в шлак при последующей плавке. В шихту, как правило, вводят флюсующие добавки (кварц, известняк) для получения шлака выбранного состава. При обжиге решаются и другие задачи: получение газов, пригодных для получения серной кислоты, усреднение, разогрев шихты.

Основным способом обжига медных концентратов является обжиг в кипящем слое (КС). Сущность обжига в КС состоит в продувке слоя шихты восходящим потоком воздуха или обогащенного кислородом дутья со скоростью, обеспечивающей "кипение" материала. Обжиг в КС – высокопроизводительный процесс, конструкция обжиговых печей проста, процесс легко механизуется и автоматизируется. Обжиг проводится при 600 – 700 °С. Отходящие газы содержат 12 – 14 % SO₂, их используют для получения серной кислоты.

Описание

Рассматриваемый метод - использование циклона, градирни и сухого электростатического осадителя, за которым следует рукавный фильтр.

Техническое описание

Отходящий газ проходит через систему циклонов, где большая часть пыли осаждается и далее транспортируется через закрытые конвейеры в плавильную печь. После циклонов отходящий газ поступает в градирню, где температура газа снижается от примерно 550 °С до примерно 310 °С, чтобы соответствовать сухому рабочему диапазону ЭСО. После охлаждения газ обрабатывается в сухом ЭСО, где удаляется содержащая металл пыль. Эта пыль транспортируется в плавильную печь. Мышьяк и ртуть встречаются в виде пара при этой температуре и проходят через фильтр.

Затем отходящий газ дополнительно охлаждают на колонне кондиционирования (второе охлаждение) путем впрыскивания воды, снижая температуру отходящего газа примерно до 120 °С. При этом мышьяк и ртуть конденсируются в твердую фазу. Большая часть обожженной пыли и ртути, мышьяка отделяется в рукавном фильтре. Отделяемая пыль, известная как пыль обжига, собирается и транспортируется в закрытом конвейере для временного хранения в бункер.

Отходящие газы, содержащие около 10 % SO₂, далее обрабатываются в схеме обработки влажной фазы. Все выходы для очистки от влажной фазы обрабатываются на центральной установке по очистке воды. Затем технологический газ, содержащий SO₂, поступает в смесительную колонну на центральном газовом желобе, но может альтернативно направляться непосредственно на установку серной кислоты. Перед установкой серной кислоты сера (около 10 % SO₂) и тяжелые металлы также промываются и очищаются для удаления ртути. Ртуть можно удалить с помощью ряда

методов, например, используя селен, адсорбентную пропитку, фильтрацию активированного угля HgCl_2 . Объем газа составляет от 30 000 м³/ч до 170 000 м³/ч. Концентрации ртути до фильтрации варьировались от 10 мкг/м³ до 9900 мкг/м³ и после фильтрации от 3 мкг/м³ до 50 мкг/м³. Это означает удаление 70 - 99,7 % при использовании технологий удаления Hg.

На рисунке 5.14 приведена схема перекачиваемой печи КС и системы очистки газа.

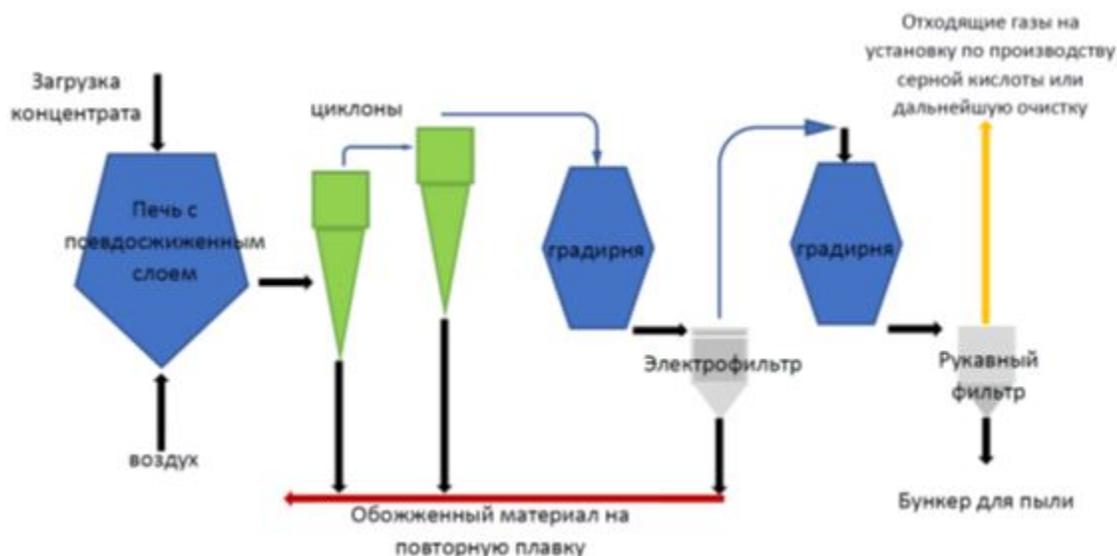


Рисунок .14. Схема печи для обжига в КС и системы очистки газа

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли и металлов.

Восстановление сырья.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение использования энергии.

Потребление воды.

Производство опасных отходов.

Технические соображения, касающиеся к применимости

На существующих заводах рукавный фильтр может быть интегрирован с системами отходящего газа, уже присутствующими для восстановления металлов и извлечения серы.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила для осуществления

Восстановление сырья.

Сокращение выбросов пыли.

Требования экологического законодательства.

Сокращение количества мышьяка на следующих этапах выплавки и конвертирования.

5.2.2. Техники по снижению выбросов при первичном и вторичном производстве меди

Для предотвращения и минимизации организованных и неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух используются различные системы улавливания технологических газов.

Пыль, испарения и газы металлургических процессов улавливаются с помощью систем укрытия печей путем полного или частичного перекрытия желобов, систем выпуска расплавов, зон передачи, с помощью других аналогичных систем или вытяжных зонтов [36]. Горячие газы от желобов могут улавливаться и использоваться для поддержания горения, что также позволяет утилизировать остаточное тепло. В герметизированных печах могут использоваться закрытые кислородные фурмы и горелки, пустотелые электроды, вытяжные зонты и колосники или стыковочные системы, обеспечивающие герметичность печи на время загрузки. Вытяжные зонты размещаются как можно ближе к источнику выбросов с учетом наличия пространства, необходимого для выполнения производственных операций. В некоторых случаях используются переносные зонты, а для ряда процессов вытяжные зонты используются для улавливания первичных и вторичных выбросов. Также применяются отдельные третичные системы улавливания, спроектированные для сбора всех остаточных выбросов. Их часто называют "дом-в-доме" (рисунок 5.15.).



Рисунок .15. Система улавливания "дом-в-доме"

Кроме вышеуказанных методов имеются сведения о следующих мерах по предотвращению неорганизованных выбросов и улавливанию отходящих газов металлургических процессов:

увеличение объема шихты, загружаемой в печь или ячейку, для обеспечения лучшей герметизации и улавливания отходящих газов;

обновление или усовершенствование оборудования для улавливания и фильтрации отходящих газов;

сокращение времени простоя печи за счет улучшения огнеупорной футеровки (тем самым сокращается время разогрева и останова, когда происходит краткосрочное увеличение выбросов);

герметизация крыш производственных зданий и модернизация фильтров;

проведение исследований динамики потоков печных газов с помощью компьютерных моделей, а также движения конденсированных электролитов с помощью трассеров для предотвращения и сокращения неорганизованных выбросов.

Использование этих методов позволяет оптимизировать режимы эксплуатации систем газоулавливания. Совершенствование конструкции печей и систем подачи электролита с целью обеспечения загрузки сырья небольшими одинаковыми по объему партиями также вносит свой вклад в предотвращение неорганизованных выбросов [37].

5.2.2.1. Техники по предотвращению и снижению выбросов при загрузке печей/конвертеров при производстве первичной и вторичной меди

Описание

Предлагаемые техники:

брикетирование и гранулирование сырья;

закрытые системы загрузки, такие как закрытые конвейеры, герметичные двери, пневматическая подача;

первичный вытяжной зонд над конвертером, открывающийся для сбора отходящих первичных газов;

системы, обеспечивающие дозирование поступления сырья;

подбор и подача сырья в соответствии с типом печи и применяемыми методами сокращения выбросов;

вытяжные зонты/укрытия в точках загрузки и выпуска, в сочетании с системой улавливания и очистки отходящих газов;

размещение печи в вытяжном укрытии;

герметизация печи;

поддержание температуры в печи на самом низком допустимом уровне;

системы всасывания переменной мощности;

закрытые помещения в сочетании с другими методами улавливания неорганизованных выбросов.

Техническое описание

Методы, применяемые для предотвращения и сокращения выбросов при загрузке печей/конвертеров, зависят от типа технологического оборудования и типа сырья, такого как тонкодисперсное сырье или расплавленный материал.

Брикетирование и гранулирование сырья.

Мелкодисперсное и пылевидное сырье прессуется в брикеты или гранулируется. Эта операция в первую очередь выполняется для удовлетворения требований печи, но она также эффективна для уменьшения неорганизованных выбросов.

Закрытые системы загрузки.

Применяются закрытые конвейеры или бункеры.

Использование вентиляционных систем для конвейеров, перевалочных пунктов, бункеров и питателей.

Для улавливания или снижения выбросов, образующихся при загрузке металла в печь или конвертеры, технологическое оборудование закрывается либо оборудуется вытяжными зонтами вторичного улавливания.

При работе с вторичными печами шихта загружается через закрытую систему загрузки. Неорганизованные выбросы образуются в летке печи и выпускном желобе, улавливаются с помощью специальных вытяжных зонтов и направляются в систему газоочистки.

Система, обеспечивающая дозирование.

Уменьшение количества загрузок из ковша сокращает образование неорганизованных выбросов газа.

Подбор и подача сырья в соответствии с типом печи.

Применяются для сокращения выбросов.

Модификация систем загрузки печи для обеспечения небольших, равномерных добавок сырья или плавной непрерывной подачи материалов. В некоторых случаях прерывистая подача приводит к выбросам технологических газов из печи.

Подача флюса и других материалов "через зонт" может минимизировать "открытие" конвертера и тем самым сократить время отсоединения конвертера от системы улавливания первичных газов.

Корпус печи, оборудованный кожухом и эффективной системой улавливания и очистки отходящих газов.

Системы загрузки снабжены вытяжкой и последующей системой очистки отходящих газов. Вентиляционный воздух может очищаться вместе с основным потоком отходящих газов из печи или отдельно, чтобы затем возвращаться в печь в качестве дутьевого воздуха (или направляется в силовую установку в качестве дополнительного воздуха для горения) либо очищается в центральной системе вторичной газоочистки.

Вращающиеся конвертеры с верхним дутьем или электропечи размещаются в закрытом здании с системой вентиляции.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экономия сырья при повторном использовании фильтрационной пыли в технологическом процессе.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На медном заводе Усть-Каменогорского металлургического комплекса гранулированная шихта (конечный продукт участка шихтоподготовки), которая загружается сверху в печь Isasmelt-Cu, электропечь, конвертеры и анодные печи с использованием ряда ленточных конвейеров. Системы ленточных конвейеров и приемные бункера цеха оборудованы установками (кассетными фильтрами) локального обеспыливания узлов перегрузки материалов типа "Dalamat" и системами аспирации. В процессе шихтоподготовки в зависимости от влажности материала применяется увлажнение шихты.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления при эксплуатации вентиляционного и пылегазоочистного оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Обычно применяется в зависимости от типа печи, типа процесса (периодическая или непрерывная работа) и наличия места.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение неорганизованных выбросов.

Требования экологического законодательства.

5.2.2.2. Техники по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу из плавильных печей при производстве первичной меди

Медные концентраты плавят в печи при высоких температурах (> 1100 °C) с получением расплава, который можно разделить на медный штейн или черновую медь и медный шлак.

Для штейна применяются следующие процессы плавки:

плавка на дутье, обогащенное кислородом (например, взвешенная плавка);

рафинировочная плавка концентратов после сушки или частично обожженных концентратов в электропечи;

плавка в доменной (шахтной) печи концентратов с низким содержанием железа и серы и высоким содержанием углерода;

рафинировочная плавка с использованием фурмы (например, во вращающихся фурменных печах с верхним дутьем или в стационарных фурменных печах с верхним погружением);

непрерывная плавка (например, каскадные реакторы, мгновенные реакторы).

Описание

Необходимо учитывать следующие техники:

герметичные печи, обогащенные кислородом, и работа при отрицательном давлении;

корпуса, ограждения, крытые желоба и вытяжные зонты с эффективной вытяжной и усиленной системой всасывания;

котел-утилизатор, электрофильтр, за которым следует установка по производству серной кислоты (эти методы снижения выбросов рассматриваются для обработки первичных отходящих газов взвешенной плавки и электропечей);

мокрые скрубберы (пылеосадительная камера, циклон и скруббер Вентури), за которыми следует система очистки от SO_2 (эти методы сокращения выбросов рассматриваются для обработки первичных отходящих газов шахтных печей);

рукавный фильтр (с впрыском сухой извести или без него) или система мокрого скруббера, полусухого скруббера и рукавного фильтра для очистки вторичных отходящих газов.

Техническое описание

Герметичные печи, обогащенные кислородом, и работа при отрицательном давлении.

Плавильные печи и электропечи эффективно герметизируются во время процессов плавки, чтобы удерживать газы и предотвращать технологические выбросы. Герметизация печи зависит от достаточной скорости извлечения газа для предотвращения повышения давления в печи. Работа выполняется под отрицательным давлением для предотвращения выхода технологических газов (~ 50 Па).

Обогащение кислородом используется для автотермического окисления шихты (сульфидных концентратов). При окислении подаваемых материалов выделяется большая часть энергии, необходимая для плавки твердых материалов. Кислород реагирует с загрузочными материалами, образуя шлаковую фазу (содержит компоненты пустой породы), штейновую фазу (содержит медь, железо и серу) и фазу отходящего газа. Использование кислорода также повышает концентрацию диоксида серы, что позволяет эффективнее утилизировать отходящие газы в установках, использующих серу (обычно для производства серной кислоты или жидкого диоксида серы).

Корпуса, ограждения, крытые желоба и вытяжные зонты с эффективной вытяжной и усиленной системой всасывания.

Отходящие газы сводов отстойника и реакционной шахты печи улавливаются. Кроме того, над шлаковыми и штейновыми летками располагаются рукавные фильтры.

Для удаления штейна и шлака из печи используются закрытые желоба. Во время выпуска ковши помещаются внутрь корпуса/тоннеля, который закрывается сдвижной дверью/барьером для предотвращения утечек газа. Вытяжки устанавливаются над зоной загрузки ковша. Вытяжки и ограждения поддерживаются под отрицательным давлением для предотвращения утечек и обеспечения оптимальной эффективности сбора.

Проводятся регулярный осмотр и профилактическое обслуживание печей, воздухопроводов, вентиляторов и аспирационных систем для обеспечения их герметичности и предотвращения неорганизованных выбросов.

Котел-утилизатор, электрофильтр, за которым следует установка по производству серной кислоты.

Первичные отходящие газы от печей взвешенной плавки и электропечей охлаждаются в котле-утилизаторе и далее проходят через электрофильтр для удаления пыли. В котле-утилизаторе происходит грубое обеспыливание. Электрофильтр используется для снижения уровня запыленности перед последующим обеспыливанием в секции промывки и охлаждения влажных газов. На большинстве плавильных заводов газы смешиваются с газами от конвертеров. Отходящие газы, содержащие SO_2 , выходящие со ступеней газоочистки, перерабатываются в основном на заводе по производству серной кислоты (установки с двойным контактом / двойной абсорбцией серной кислоты, работающие в условиях различного газа) или на заводе по производству жидкого SO_2 (диоксид серы абсорбируется в холодной воде). Очистка газа (удаление пыли и в зависимости от обрабатываемого сырья и технических характеристик производимой кислоты удаление ртути) перед контактном процессом имеет важное значение для защиты катализатора и получения товарной кислоты.

Мокрый скруббера (пылеосадительная камера, циклон и скруббер Вентури), за которыми следует система очистки от SO_2 .

Первичные отходящие газы из шахтной/доменной печи очищаются в пылеосадительной камере, циклоне и скруббере Вентури и (поскольку они содержат СО) дожигаются на электростанции в качестве дополнительного топлива. Дымовые газы электростанции десульфурятся. Десульфурация происходит в полусухом скруббере или в процессе абсорбции/десорбции. Технологические газы из печей содержат определенное количество пыли (около 6 – 7 мас. % шихты печи мгновенного испарения), которая возвращается в шихту печи по замкнутому контуру.

Рукавный фильтр (с впрыском сухой извести или без него) или система мокрого скруббера, полусухого скруббера и рукавного фильтра.

Вторичные отходящие газы очищаются в системе газоочистки (мокрый скруббер и/или рукавный фильтр). Секция загрузки шахтной печи (брикетированного концентрата и вспомогательных материалов) оборудована системой вентиляции, а отходящие газы очищаются в рукавных фильтрах и (в зависимости от плавильного завода) возвращаются в шахтную печь в составе выдуваемого воздуха или направляются в качестве воздуха для горения на местную электростанцию.

Технологические газы, собираемые от вентиляции топки и вентиляции летки, желобов и корпуса ковшей, очищаются на рукавном фильтре с вдуванием сухой извести или мокрым скруббере и рукавном фильтре в зависимости от содержания SO_2 .

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и снижение выбросов пыли и диоксида серы.

Эффективное улавливание технологических выбросов и сокращение неорганизованных выбросов.

Уменьшение количества используемого топлива за счет обогащения кислородом.

Утилизация SO₂ и пыли из аспирационных систем.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технологические газы с высоким содержанием SO₂ утилизируются в установке по производству серной кислоты. Уловленная в аспирационных системах пыль возвращается обратно в плавильную печь. Пар, получаемый из котла-утилизатора, используется для сушки медных концентратов, других производственных нужд (например, рафинирования меди).

Для утилизации серосодержащих газов медного завода УМКК "Казцинк" служит установка канадской фирмы SNC "Lavalin". Получение серной кислоты коммерческого качества с концентрацией 93,5 % или 98,5 % из серосодержащих газов медного завода производится по технологии двойного контактирования - двойной абсорбции. Технологические газы с высоким содержанием диоксида серы от медной Айза-печи и с первичных напыльников конвертеров медного завода после охлаждения в котлах-утилизаторах и очистки в электрофильтрах поступают на производство серной кислоты в установку SNC "Lavalin".

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления при эксплуатации вентиляционного и пылегазоочистного оборудования.

Использование мокрых скрубберов приводит к образованию сточных вод, требующих очистки перед сбросом, а также твердых отходов, подлежащих дальнейшей утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы применимы к новым и существующим заводам по производству первичной меди.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Предотвращение и сокращение выбросов.

Экономия сырья.

5.2.2.3. Техники по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу от конвертеров при производстве первичной меди

Процесс конвертирования штейна чаще всего проводят в конвертере Пирса-Смита (PS) с добавлением кварцевого флюса. Конвертер PS – это конвертер периодического

действия, и в нем используются фурмы, вдувающие в штейн воздух или кислород для обеспечения двухстадийной реакции штейна с образованием черновой меди и шлака. Также применяется конвертер хобокен, работающий на тех же принципах дутья, что и конвертер PS, но его применение позволяет избежать значительных неорганизованных выбросов отходящих газов, которые, как правило, возникают при отклонении конвертера для загрузки и для выпуска шлака и черновой меди.

Периодический процесс конвертирования штейна реализуется в два этапа. На первом этапе происходят окисление железа и части серы и образование шлака и газообразного диоксида серы; шлак периодически сливается и подвергается дальнейшей переработке с целью извлечения меди. Традиционно продувка на первом этапе осуществляется в несколько стадий с постепенным добавлением штейна. На втором этапе, т. е. при продувке меди, сульфид меди окисляется до черновой меди (содержание меди – 96,0 – 99,2 %), и дополнительно образуется диоксид серы. В конце продувки черновую медь сливают и направляют на рафинирование в анодную печь. Управление процессом направлено на контроль уровня остаточной серы и кислорода в черновой меди. Диоксид серы поступает на переработку.

Описание

Техники, которые следует учитывать, следующие:

- обогащение кислородом и работа под отрицательным давлением;
- добавление материалов через вытяжной зонтик либо вдувание в расплав;
- использование закрытых горловин для конвертеров Hoboken;
- системы аспирации повышенной мощности для обеспечения сбора отходящих газов и эффективного удаления;

- электрофильтр, за которым следует установка по производству серной кислоты (обработка первичных отходящих газов);

- рукавный фильтр с впрыском сухой извести или использование мокрого или полусухого скруббера (очистка вторичных отходящих газов).

Техническое описание

В процессе конвертирования штейна происходят выбросы пыли, металлов (свинец, цинк и др.) и SO₂. Концентрация диоксида серы зависит от типа печи, содержания кислорода в дутье и стадии конвертирования.

В конвертерах PS образующиеся газы выходят через горловину конвертера и улавливаются аспирационными установками. В конвертерах Hoboken отходящие газы собираются через дымоход в конце конвертера. В конвертерах обоих типов газы затем охлаждаются, обеспыливаются и направляются на установку по производству серной кислоты. Уловленная пыль и металлы направляются на переработку.

Работа при отрицательном давлении, улавливающие зонтики для конвертеров PS и закрытые горловины для преобразователей Hoboken.

Конвертеры работают под отрицательным давлением. Первичные отходящие газы конвертеров PS собираются через вытяжной зонт над отверстием конвертера. Подача флюса и других материалов "через зонт" может минимизировать "открытие" конвертера и тем самым сократить выбросы. Вторичные газы улавливаются в месте их образования с помощью вытяжных зонтов. Конвертеры PS оснащены системой до трех зонтов, помимо основного зонта. Эти зонты могут быть подключены либо к сернокислотному цеху (зонт 1), либо к системе вторичной очистки (зонт 2 и 3). Во время операций наполнения и розлива отдельные зонты приводятся в положение, обеспечивающее оптимальную эффективность сбора отходящих газов и пыли.

Отходящие газы конвертеров Hoboken собираются через дымоход в конце конвертера. Сифон сводит к минимуму утечку газа на всех этапах работы. Горловины конвертеров Hoboken оборудованы специальными крышками для предотвращения выбросов в процессе конвертации. Во время загрузки и выгрузки в конвертерах Hoboken поддерживается отрицательное давление.

Системы управления, обеспечивающие сбор отходящих технологических газов и эффективную вытяжку.

Воздуховоды и вентиляторы используются для сбора и очистки технологических газов и пыли. Эффективность сбора зависит от эффективности вытяжек, целостности воздуховодов и использования хорошей системы контроля давления/потока. Вентиляторы с регулируемой скоростью используются для обеспечения скорости вытяжки, подходящей для меняющихся условий, таких как объем газа, при минимальном потреблении энергии. Интеллектуальные системы используются для автоматического управления вентиляторами, клапанами и заслонками, чтобы обеспечить оптимальную эффективность улавливания на этапах процесса, на которых образуются пары. Регулярный осмотр и профилактическое обслуживание печей, воздуховодов, вентиляторов и систем фильтрации применяются для обеспечения герметичности и предотвращения неорганизованных выбросов.

Электрофильтр, за которым следует установка по производству серной кислоты.

Собранные первичные отходящие газы (в первичных вытяжных зонтах конвертеров PS или в дымоходе конвертеров Hoboken) содержат высокую концентрацию SO_2 с содержанием от 5 % до 15 %. Обычно они охлаждаются, обрабатываются в системах пылеудаления и направляются в систему регенерации (установка по производству серной кислоты).

Отходящие газы конвертера охлаждаются либо в камерах испарительного охлаждения, либо в котлах-утилизаторах. Газы обеспыливаются в электрофильтрах и могут смешиваться с другими технологическими газами от плавильных операций (плавильных печей).

В одной установке отходящие газы конвертера обрабатываются на одноступенчатой кислотной установке с конверсией (эффективность 97 %), а отходящие газы обрабатываются на установке десульфурации (полиэфир) на основе процессов адсорбции/десорбции.

Рукавный фильтр (с впрыском сухой извести или без него) или система мокрого скруббера, полусухого скруббера и рукавного фильтра.

Вторичные газы, улавливаемые вторичными зонтами при загрузке и разгрузке конвертера, обрабатываются в системе газоочистки. В некоторых установках система вторичной газоочистки состоит из рукавного фильтра с вдуванием сухой извести. Вторичные газы очищаются в центральной системе газопылеочистки, состоящей из мокрого скруббера, сухого скруббера и рукавного фильтра.

Достигнутые экологические выгоды

В конвертерах PS трехступенчатая система вытяжных зонтов позволяет улавливать отходящие газы, образующиеся в различных режимах работы конвертера, и сокращать неорганизованные выбросы. Разделение выбросов на два разных потока с высоким и низким содержанием диоксида серы позволяет повысить эффективность извлечения серы и сократить выбросы SO_2 .

Закрытые горловины конвертеров Noboken предотвращают неорганизованные выбросы вредных веществ, содержание SO_2 в технологических газах более стабильное.

Горловины конвертеров Noboken в Glogow 1, Glogow 2 и Legnica оснащены специальными крышками для предотвращения выбросов во время работы. При загрузке и опорожнении в преобразователях сохраняется отрицательное давление.

Конвертер Noboken собирает отходящие газы через осевой газопровод на одном конце конвертера [100]. Предусмотрена горловина, позволяющая отходящим газам (но не жидкостям) попадать в дымоход. Отходящие газы собираются эффективно. Необходимо соблюдать особую осторожность, чтобы предотвратить скопление брызг и пыли в горловине конвертера.

В 2020 году четыре конвертера Noboken работали на плавильном заводе Freeport McMoRan в Майами, штат Аризона, и три конвертера Noboken работали в Caraiba Metais в Бразилии. Три конвертера Noboken были введены в эксплуатацию в 2004 году на медеплавильном заводе Thai Copper Industries в Таиланде (Pagador et al., 2009) [101].

Производство пара из котла-утилизатора.

Снижение выбросов пыли и диоксида серы.

Извлечение серы.

Утилизация пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При работе конвертеров неорганизованные выбросы составляют до 80 % от общего объема выбросов.

Концентрация SO_2 в технологических газах варьирует в зависимости от технологического цикла. При начальной продувке меди концентрации SO_2 могут превышать 10 %. Однако в другие периоды продувки, а также при загрузке или разгрузке конвертера концентрации SO_2 намного ниже, часто даже нулевые.

Для конвертирования штейна на медном заводе УМК "Казцинк" применяются конвертеры Пирса-Смита. Технологические газы процесса конвертирования проходят очистку от пыли в электрофилт্রে и направляются на очистку от диоксида серы на сернокислотную установку SNC "Lavalin".

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления при эксплуатации вентиляционного и пылегазоочистного оборудования.

Использование мокрых скрубберов приводит к образованию сточных вод, требующих очистки перед сбросом, а также твердых отходов, подлежащих дальнейшей утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Обычно применимо. Закрытые горловины применяются к конвертерам Hoboken. Система первичных и вторичных пылеулавливающих зонтов применима к конвертерам PS.

Применение мокрого скруббера может быть ограничено в следующих случаях:

высокая скорость потока отходящих газов из-за перекрестного воздействия сред (значительные объемы отходов и сточных вод);

в засушливых районах из-за необходимости большого водопотребления и очистки сточных вод и связанных с этим перекрестных эффектов.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Снижение неорганизованных выбросов.

Требования экологического законодательства.

5.2.2.4. Техники по предотвращению и снижению выбросов в атмосферу при плавке и огневом рафинировании в анодной печи при производстве первичной меди

Огневое рафинирование (анодная печь) является этапом очистки меди от примесей (частичное или полное удаление), которому подвергается черновая медь, полученная на этапе конвертирования, а также получение однородных по структуре плоских отливок, имеющих постоянную массу, толщину и форму, удобную для погрузочно-разгрузочных операций и соответствующие требованиям эффективного электролитического рафинирования. Процесс рафинирования предусматривает два этапа:

окислительный за счет подачи воздуха;

восстановительный за счет восстановителя (например, углеводородов) для снижения содержания оксидов меди и более полного ее извлечения.

Продуктами рафинирования черновой меди являются шлак и анодная медь.

Описание

Техники, которые следует учитывать, следующие:

использование плотно закрывающихся дверцей на горловинах вращающихся анодных печей, вытяжных зонтов и вентиляционных систем для улавливания технологических газов при загрузке и выгрузке;

использование рукавного фильтра с впрыском извести или скруббера и мокрого электрофильтра;

при производстве вторичной меди использование камеры дожигания, тушения, вдувания извести и активного угля перед рукавным фильтром;

утилизация горячих газов для предварительного подогрева твердого сырья в шахтной печи или предварительного подогрева воздуха для горения, или операций сушки.

Техническое описание

Отходящие газы печи дожигаются на стадии восстановления, охлаждаются и очищаются в рукавных фильтрах от пыли. Когда выбросы SO_2 существенны, используется сухой скруббер с впрыском извести. Также применяется удаление SO_2 и пыли с помощью мокрых скрубберов и мокрого электрофильтра. Дожигатели разрушают органические соединения, в том числе ПХДД/Ф (при вторичном производстве меди), путем термического окисления. Впрыск извести и/или активированного угля перед рукавным фильтром применяется если необходимо для снижения выбросов диоксинов.

Для минимизации неорганизованных выбросов используется несколько методов:

горловины вращающихся анодных печей снабжены крышками для уменьшения неорганизованных выбросов в процессе эксплуатации;

применяются вытяжные зонты и вентиляционные системы для улавливания технологических газов на загрузочных и разгрузочных участках анодных печей;

вентиляционные газы на загрузочном и шлаковом участках анодной печи могут быть использованы в качестве воздуха для сжигания в горелке анодной печи.

Рекуперация тепла отходящих газов рафинировочной печи используется для нагрева/плавления твердого материала в анодной шахтной печи. Горячие газы из анодных печей также используются для сушки или других технологических стадий.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов.

Собранная пыль возвращается в процесс плавки.

Снижение потребляемой энергии.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Отходящие газы анодных печей можно использовать при сушке и на других этапах технологического процесса. Горячие газы, улавливаемые над литейными желобами, могут использоваться для поддержания горения.

Для очистки отходящих газов от анодных печей медного завода УМКК "Казцинк" применяются циклоны BZSE-3500.

Модернизация системы обеспыливания (рукавный и картридже фильтры) шахтных печей на заводе "KGHM" (Польша) в 2019 году позволила добиться показателей: менее 1 мг/Нм³ для пыли и менее 0,05 мг/Нм³ для мышьяка (среднее значение 0,02 мг/Нм³) [88].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления при эксплуатации вентиляционного и пылегазоочистного оборудования.

Использование мокрых скрубберов приводит к образованию сточных вод, требующих очистки перед сбросом, а также твердых отходов, подлежащих дальнейшей утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы применимы к новым и существующим установкам в зависимости от исходного материала печи и используемого восстановителя.

Применение мокрого скруббера может быть ограничено в следующих случаях:

высокая скорость потока отходящих газов из-за перекрестного воздействия сред (значительные объемы отходов и сточных вод);

в засушливых районах из-за необходимости большого водопотребления и очистки сточных вод и связанных с этим перекрестных эффектов.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов.

Экономия сырья.

5.2.2.5. Централизованный сбор и сокращение вторичных выбросов при производстве первичной меди

Описание

Вторичные газы из различных источников на медеплавильных заводах могут централизованно собираться с использованием методов предотвращения, сбора и удаления пыли, использующихся в точках выброса и обрабатываться в централизованной газоочистной системе (сухой или влажный скруббер с последующим рукавным фильтром).

Техническое описание

На плавильных заводах, где работают конвертеры Пирса-Смита, сбор и сокращение вторичных выбросов обычно осуществляются централизованно.

Вторичные газы от различных точек медеплавильного цеха, вторичных зонтов конвертеров, вентиляционных зонтов взвешенной плавки и электрошлаковой печи, леток и желобов плавильных печей и рафинировочных печей, вентиляционных зонтов анодных печей собираются в общую систему.

Содержание SO_2 снижается за счет использования сухого скруббера с абсорбентом или мокрого скруббера, а пыль удаляется в рукавном фильтре до того, как очищенные газы поступят в атмосферу

Достигнутые экологические выгоды

Снижение уровня неорганизованных выбросов пыли и SO_2 .

Сбор и обработка незначительных потоков вторичных газов, где отдельная обработка была бы невозможной.

Потенциально более высокая эффективность очистки за счет обеспечения непрерывного и оптимизированного потока и более стабильной концентрации загрязняющих веществ.

Смешивание влажных газов с горячими газами позволяет проводить очистку в рукавном фильтре, в противном случае влажные газы необходимо очищать в скруббере

Смешивание холодных газов с горячими газами из разных источников позволяет преобразовать определенные параметры, такие как Pb и As, из газовой фазы в пылевую фазу. Это позволяет проводить эффективную очистку в рукавном фильтре, которая в противном случае была бы невозможна.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

На одном заводе (Aurubis Hamburg, первичная плавильня) установлена общая система сбора и очистки вторичного газа объемом 930 000 $Nm^3/ч$, включая следующие источники: вторичные зонты конвертера; вентиляционные зонты на печи взвешенной плавки и на электрошлаковой печи; летка и желобная вентиляция электрошлаковой печи и анодных печей; вентиляционные колпаки анодных печей; и вентиляция обработки возвратов и сортировочной установки.

Собранные газы обрабатывают в рукавном фильтре. Для SO_2 сухая известь вводится в систему перед рукавным фильтром. Часть извести, содержащую пыль из рукавного фильтра, рециркулируют и вводят снова в то время, как остальное отводится и рециркулируется в испарительную печь. Пыль повторно используется в плавильной печи.

Соответствующие параметры приведены в таблице .8 ниже.

Таблица .8. Соответствующие параметры для централизованной системы сбора и удаления газа в Aurubis Hamburg

№ п/п	Параметры для централизованной системы сбора и удаления газа	
1	2	3
1	Входные условия	
1.1	Макс. расчетный объем	930 000 Нм ³ /ч
1.2	Изменение объема	~ 500 000 - 880 000 Нм ³ /ч
1.3	Абсорбент для удаления SO ₂	Известняковое молоко
1.4	Среднее содержание пыли и абсорбента	1 500 мг/Нм ³
1.5	Диапазон входного давления SO ₂	100-3000 мг/Нм ³
2	Условия на выходе	
2.1	Изменение объемов выбросов пыли	~ 500 000 - 880 000 Нм ³ /ч < 0.5 - 10 мг/Нм ³ среднее в 30 мин (95 % измеренных значений в 2011 г были < 1) 0.5 - 4.5 мг/Нм ³ среднее в сутки
2.2	Диапазон поглощения серы SO ₂ на выходе	~ 50 - 70 % 50 - 1275 мг/Нм ³ среднее в 30 мин (95 % измеренных значений в 2011 были < 525) <50 - 494 мг/Нм ³ среднее в сутки 300 - 430 мг/Нм ³ среднее в год

Различные источники выбросов имеют широкий диапазон концентраций SO₂, поскольку периодическая работа приводит к изменениям концентрации SO₂ в отходящих газах. Требования к минимизации потока отходящего газа увеличивают колебания выбросов.

На другой установке (Aurubis Pirdop, первичный медеплавильный завод) установлена общая система улавливания и очистки вторичного газа с общим расходом газа 450 000 Нм³/ч, включая следующие источники: вторичные колпаки конвертера; вентиляционные колпаки на печи взвешенной плавки; штейновая и шлаковая летка и желобная вентиляция печи взвешенной плавки; технологические и вторичные газы анодных печей; вентиляция на крыше здания плавильного завода.

Газы очищаются в центральной системе очистки газа и пыли, которая состоит из следующих частей:

полусухой скруббер (распыление извести) предназначен для подачи известкового молока в поток отходящего газа из анодной печи;

мокрый скруббер, предназначенный для удаления SO₂ из газового потока, содержащего: вторичные газы от колпака конвертера, газы от печей и газы общеобменной вентиляции цеха;

рукавный фильтр, предназначенный для удаления твердых частиц из отходящего газа комбинированной анодной печи, вторичного газа конвертера, вентиляционных

выбросов общеобменной вентиляции здания плавильного завода, а также шлаков и штейна газоотводящих потоков плавильной печи. Входящий поток в рукавный фильтр представляет собой полученную смесь мокрого скруббера и распылительной сушилки. Рукавный фильтр состоит из шести параллельных отсеков, расположенных в два ряда по три отсека. Система очистки рукавным фильтром полностью автоматизирована на основе импульсов воздуха низкого давления.

станция подготовки известняка, которая производит все известковое молоко, необходимое для вышеупомянутых процессов.

Соответствующие параметры показаны в таблице .9 ниже.

Таблица .9. Соответствующие параметры для централизованной системы сбора и удаления газа в Aurubis Pirdop

№ п/п	Параметры для централизованной системы сбора и удаления газа	
1	2	3
1	Условия на входе	
1.1	Сухой скруббер	
1.1.1	Объем газа	70 000 - 110 000 Нм ³ /ч
1.1.2	Температура	250 - 450 °С
1.1.3	Нагрузка пыли	250 - 1000 мг/Нм ³
1.1.4	SO ₂	0 - 900 мг/Нм ³ , максимум 1500 мг/Нм ³
1.2	Мокрый скруббер	
1.2.1	Объем газа	82 000 - 320 000 мг/Нм ³
1.2.2	Температура	10 - 60 °С
1.2.3	Нагрузка пыли	40 - 350 мг/Нм ³
1.2.4	SO ₂	1000 - 3900 мг/Нм ³ , максимум 15 000 мг/Нм ³
1.2.5	Добавление известкового молока	550 кг извести/ч
1.3	Рукавный фильтр	
1.3.1	Объем газа	450 000 Нм ³ /ч
2	Условия на выходе	
2.1	SO ₂ диапазон	100 - 625 мг/Нм ³ среднее в день
		Среднее в день 377 мг/Нм ³ в 2011
		290 мг/Нм ³ среднее в год
3	Полученный гипс	48 - 50 т/д

Пыль и SO₂ измеряются непрерывно, непосредственно в запасе. Пыль измеряют с помощью двухлучевого альтернативного анализатора света. SO₂ измеряется анализатором дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (DOAS).

Вариации значений выбросов обусловлены различными вторичными и первичными источниками (газы анодной печи), изменениями входных условий и концентраций пыли и SO₂ и периодической работой оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления и эксплуатационных расходов из-за большого объемного расхода газов, а также эксплуатации и обслуживания дополнительного количества запорно-регулирующей арматуры и вентиляторов.

Установка и обслуживание систем управления и контроля для обеспечения оптимальной работы оборудования.

Потребление извести и воды.

Полученный гипс необходимо повторно использовать в процессе плавки в качестве кальциевого флюса для образования шлака или утилизировать.

Образуются сточные воды, которые нуждаются в дополнительной очистке перед сбросом, образуя твердые отходы, подлежащие утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для новых и существующих установок, однако применимость зависит от конкретных условий на месте. Необходимо учитывать конструкцию и компоновку существующих установок.

Экономика

Инвестиционные затраты на Aurubis в Гамбурге составили 10 млн евро плюс около 7 млн евро на мероприятия по улавливанию неорганизованных выбросов из анодной печи и карусельной разливочной машины. Потребление электроэнергии составило 13,6 ГВтч/год.

Капитальные затраты на систему вторичной газоочистки на Aurubis Pirdop составили более 12,5 млн. евро. Энергопотребление - 1,62 МВт/ч, а расход извести 550 кг/ч.

Движущая сила для осуществления

Сокращение выбросов от многих источников.

Экономия сырья.

Повышение эффективности улавливания и очистки выбросов загрязняющих веществ благодаря непрерывному и оптимизированному процессу.

5.2.2.6. Оптимизированный электролиз в производстве первичной и вторичной меди

Описание

Оптимизированный электролиз (электрорафинирование и электролиз) предполагает использование комбинации методов для снижения выбросов и потребления энергии.

Техники для рассмотрения:

оптимизированная конструкция ячеек, использование катодных заготовок из нержавеющей стали или медных листов;

высокая степень автоматизации (замены катодов/анодов и операций зачистки) и контроля качества;

зонты, системы вытяжки;

добавление поверхностно-активного вещества;

закрытые резервуары для хранения и закрытые трубопроводы для передачи растворов;

скрубберы или каплеуловители;

сокращение сбросов загрязняющих веществ в воду путем рециркуляции растворов для повторного использования или извлечения металлов;

использование побочных продуктов (анодного шлама) для извлечения драгоценных металлов;

предотвращение загрязнения почвы /грунтовых вод за счет использования непроницаемой и кислотостойкой основы.

Техническое описание

Оптимизированная конструкция ячеек, использование катодных заготовок из нержавеющей стали или медных листов.

Процессы электрорафинирования отличаются оптимизированной конструкцией электролизера, расстоянием между анодами и катодами, геометрией анодов, плотностью тока, составом электролита, температурой и скоростью потока, обеспечивают низкое потребление энергии и поддерживают высокую производительность. Также применяется использование катодных заготовок из нержавеющей стали (т. е. постоянных катодов) или медных листов (большинство медеперерабатывающих заводов в Республике Казахстан применяет технологию постоянных катодов из нержавеющей стали).

Высокая степень автоматизации (замена катодов/анодов и операции зачистки) и контроль качества.

Использование механизированных и автоматических операций по уборке и зачистке, а также обнаружение короткого замыкания предотвращают выбросы и снижают потребление энергии.

Контроль качества применяется для обеспечения того, чтобы аноды были прямыми, плоскими и точными по весу. Хорошие, чистые электрические контакты улучшают распределение тока и потребление энергии.

Крышки, колпаки и вытяжные системы.

Ячейки электрорафинирования могут быть покрыты (например, пластиком, тканью или волокнистыми листами) для контроля температуры и предотвращения испарения воды из раствора электролита. Вытяжные колпаки устанавливаются на электролизере в особых случаях, например, в процессе электролиза, где обрабатываются аноды с высоким содержанием примесей (As, Sb, Bi, Pb, Ni).

Ячейки для электролиза закрываются кожухами и крышками со встроенными вытяжными устройствами для отсасывания кислотного тумана, образующегося при выделении кислорода, где это необходимо.

Электролизные ячейки для очистки воздуха обычно закрываются и могут быть оснащены вытяжной вентиляцией, скрубберами и системами обнаружения арсанов. Выделения газа арсана можно избежать, поддерживая концентрацию меди в исходном растворе на оптимальном уровне, по сравнению с плотностью тока, используемой на последней стадии удаления меди.

Водяной пар и аэрозоли из моечных камер катодной и анодной мойки удаляются.

Для обеспечения герметичности и предотвращения утечек выполняется регулярный осмотр ячеек, резервуаров, труб, насосов и систем очистки.

Добавление поверхностно-активных веществ.

В качестве альтернативы покрытию электролитных ячеек зонтами с интегрированными экстракционными установками иногда добавляют поверхностно-активные вещества для минимизации неорганизованных выбросов кислотных туманов из клеток.

Закрытые резервуары для хранения и закрытые трубопроводы для транспортировки растворов.

Резервуары для хранения растворов должны быть закрыты и оснащены системой вытяжки отходящих газов.

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в воду путем рециркуляции растворов для повторного использования или извлечения металлов.

Использованный раствор электролита очищают от металлов и возвращают в процесс электролиза и/или выщелачивания. Сточные воды, которые не рециркулируют, подвергаются очистке на очистных сооружениях (физико-химическая очистка). Кислые сточные воды, которые образуются при промывке катодов, повторно используются для получения нужной концентрации кислоты.

Переработка побочных продуктов (анодный шлам) для извлечения драгоценных металлов.

Анодные шламы используются для извлечения драгоценных металлов. Использованный электролит очищается для извлечения металлов (Ni, As). Отработанные аноды переплавляются для извлечения металла.

Предотвращение загрязнения почвы / грунтовых вод путем использования непроницаемого и кислотостойкого основания.

Дренажные системы герметизированы, все собранные растворы рециркулируются.

Резервуары-накопители /емкости представляют собой резервуары с двойными стенками или помещены в герметичные бункеры. Пол непроницаем и кислотоустойчив. Для обеспечения герметичности и предотвращения утечек выполняется регулярный осмотр ячеек, резервуаров, труб, насосов и систем очистки.

Скрубберы или каплеуловители.

Собранные технологические газы обрабатываются в скрубберах или каплеуловителях.

Достигнутые экологические эффекты

Предотвращение и сокращение неорганизованных выбросов кислоты в атмосферу, в почву и грунтовые воды.

Эффективное использование энергии (> 95 %). Использование заготовок из нержавеющей стали приводит к улучшению качества катода, повышению эффективности тока и низкому потреблению энергии даже при более высоких плотностях тока.

Восстановление металлов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В применяемом методе электролиза ISAPROCESS на УМКК "Казцинк" используется катод в виде пластины из нержавеющей стали. Он имеет стандартные и однотипные свойства, что позволяет полностью автоматизировать и исключить такие сложные и трудоемкие операции ручного труда, как установка анодов и катодов, сдирка катодов, анодов, чистка ванн. Отсутствие таких трудоемких ручных операций сделала популярным данный метод. На сегодняшний момент 50 % всей меди очищается данным методом. Данный процесс имеет самые высокие технико-экономические показатели.

В России на нескольких медных компаниях ОАО "Уральская горно-металлургическая компания", АО "Русская медная компания" (РМК), ПАО "ГМК "Норильский никель" существуют несмотря на типовое оборудование электролитических ячеек различные подходы в управлении производством. Общей тенденцией является переход к цифровой трансформации и от локальных ручных аналоговых измерений к многофункциональному контролю и управлению при помощи нейронных систем.

На Надеждинском медеплавильном заводе (НМЗ) ПАО "ГМК Норильский Никель" в цехе электролиза меди внедрены передовые технологии. В отличие от других подобных производств электролизный цех НМЗ работает на самом минимальном межполюсном расстоянии. Благодаря этому электролизные ванны имеют высокие выход по току и производительность при минимальном расходе электроэнергии [96].

Экологические выгоды

Электролитические ячейки покрыты вытяжками, чтобы предотвратить распространение кислотного тумана в атмосферу резервуара. Вытяжки ячеек управляются кранами резервуаров и их необходимо временно удалить из ячеек всякий раз, когда катоды собираются или заменяются. Каждый конец ячейки соединен с каналом кислотного тумана, а отходящие газы приводятся к каскадным мокрым скрубберам. Кроме того, к скрубберам приводятся кислотные туманы из камеры

промывки мойки и электролитных фильтров. Каждый скруббер предназначен для обработки больших объемов газа с оптимизированным перепадом давления и максимальной эффективностью разделения. Выделяется приблизительно 95 - 98 % серной кислоты и сульфата меди. Эти соединения выводят из скруббера в другую очищенную отработанную воду для мойки, и затем раствор можно рециркулировать обратно в процесс. Окончательное разделение мелких капель воды происходит в сепараторах циклонов. Очищенные отходящие газы, содержащие менее 0,05 мг/м³ серной кислоты, продуваются вентиляторами отходящих газов через отверстие в атмосферу.

Кросс-медиа эффекты

Регенерация кислотных сточных вод. Стоки, которые не рециркулируются, обрабатываются на очистных сооружениях (физическая и химическая обработка).

Увеличение использования энергии.

Использование добавок (поверхностно-активные вещества).

Технические соображения, касающиеся применимости

Выщелачивание, экстракция растворителем и электролиз предпочтительны для материалов с очень изменчивым составом и большим количеством примесей.

Чтобы температура ячеек достигла уровня работоспособности (около 65 °С), ячейки иногда должны оставаться непокрытыми для обеспечения прямой передачи тепла в атмосферу.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила для внедрения

Требования экологического законодательства.

Сокращение потребления энергии, повышение производительности и минимизация затрат.

5.2.2.7. Техники предотвращения и снижения выбросов от установки для экстракции растворителем при гидрометаллургическом производстве меди

Экстракционные процессы используют для концентрирования разбавленных растворов, содержащих не более 1 % извлекаемого металла, или для селективного его выделения из поликомпонентного раствора. Процесс основан на способности ряда органических веществ, не смешивающихся с водой, селективно образовывать с ионами металлов соединения и на извлечении их в органическую фазу.

При экстракции растворителем металлы извлекают из водных растворов с добавлением определенных органических растворителей, которые не растворяются в воде. Водные и органические фазы перемешиваются, и искомый металл выборочно извлекается в органическую фазу путем контроля уровня рН смеси и использования комплексообразующего агента. После разделения фаз чистый раствор металла

получают посредством повторной экстракции металла из органической фазы во вторичную водную фазу (реэкстракция), из которой металл можно извлечь разными способами.

В металлургии меди наиболее часто на экстракцию поступают солянокислые и сульфатные растворы. Наибольшее применение в гидрометаллургии получили экстракторы типа смесителей-отстойников. Каждый аппарат состоит из секций, включающих смесительную и отстойную камеры. Растворы движутся внутри секции прямоточно, а через аппарат – противоточно.

Описание

Техники, которые следует учитывать, следующие:

выбор технологического реагента и использование закрытого оборудования (закрытые смесители, закрытые отстойники и закрытые резервуары для хранения);

обработка остатков от процесса экстракции растворителем на очистных сооружениях перед сбросом;

очистка остатков (шлама) для восстановления органического раствора;

центрифугирование шлама от очистки и отстойников.

Техническое описание

Выбор технологического реагента и использование закрытого оборудования (закрытые смесительные резервуары, закрытые отстойники и закрытые резервуары для хранения)

На этапе экстракции растворителем при хранении, транспортировке и обработке технологических потоков в атмосферный воздух выделяются неорганизованные выбросы ЛОС. Использование закрытого оборудования, такого как закрытые смесительные резервуары, закрытые отстойники и закрытые резервуары для хранения в замкнутом контуре, сводит к минимуму возможные выбросы ЛОС. Минимизация неорганизованных выбросов также может быть достигнута за счет выбора технологического реагента (растворителя).

Обработка остатков от процесса экстракции растворителем на очистных сооружениях перед сбросом.

Основным жидким потоком, образующимся на стадии экстракции растворителем, является вторичный рафинат. Эти стоки образуются при сливе и необходимы в гидрометаллургическом процессе для предотвращения накопления примесей в контурах экстракции растворителем, выщелачивания и электролиза. Эти стоки отправляются на очистные сооружения, где металлы осаждаются в виде гидроксидов и сульфатов. Образовавшийся водный поток сбрасывается в приемную среду. Не извлеченная на экстракционной переработке медь с оборотными растворами возвращается на кучное выщелачивание.

Обработка остатков (шлама) для восстановления органического раствора.

На стадии экстракции растворителем образуется остаток- шлам. Сырая масса представляет собой стабильную эмульсию, состоящую из взвешенных веществ, водного раствора и органического раствора, и она образуется в фазе между органическим и водным растворами в отстойниках для экстракции растворителем.

Для удаления твердых частиц шлам направляют на очистную установку, где сырую пульпу откачивают из отстойников и пропускают через глиняный фильтр для отделения твердой фракции от остальных фаз. Шлам из глиняного фильтра циркулирует обратно в резервуар для сбора нечистот (где начинается очистка) до тех пор, пока раствор не будет освобожден от твердых частиц. Фазы разделяются в резервуаре, при этом водный и органический растворы извлекаются из резервуара отдельно. Водный раствор перекачивается в отстойник первичного рафината для извлечения органического раствора, который возвращается в загруженный органический резервуар.

Использование центрифугирования шлама от очистки и отстойников

Суспензия после очистки отстойников (водная фаза, шлам и органическая фаза) центрифугируется для отделения твердой фазы от жидкой фазы (растворитель и вода). Это позволяет восстановить растворитель и воду и уменьшить количество твердых остатков. Для предотвращения неорганизованных выбросов применяются закрытые установки.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение неорганизованных выбросов.

Восстановление растворителя и воды.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Недостатками процесса экстракции являются пожароопасность и токсичность реагентов, потери экстрагентов с водной фазой; они особенно значительны в пульповых процессах (0,5 – 1 кг/тонну).

На ТОО "KAZ Minerals Aktogay" в цехах экстракции 90 % меди удаляют в два этапа, осуществляющихся параллельно, первый - одним смесителем отстойником, а второй в два этапа, работающих в серии, то есть в общей сложности три смесителя-отстойника.

Смесители работают в режиме вода в органике, чтобы минимизировать увеличение органики в обогащенном электролите.

Водная фаза в емкости содержит 50 г/л меди, данное содержание обеспечивает нормальное проведение электролиза, при этом в растворе бывают проскоки органики, которые в электролизе могут негативно сказаться на качестве меди и нанести повреждения катодам или анодам. Для исключения этой ситуации богатый медью раствор насосами подается по трубопроводу в электролиз на мультимедийный фильтр для удаления органики из раствора.

Гуаровая смола используется для улучшения катодного осадка в процессе электролиза.

Кросс-медиа эффекты

Нет данных.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Основные затраты при экстракции приходятся на подготовку исходного раствора, приобретение дорогого оборудования, организацию противопожарной безопасности, поставку реагентов (экстрагент, реэкстрагент, корректоры кислотности) и восполнение потерь экстрагента.

Движущая сила внедрения

Снижение неорганизованных выбросов.

Восстановление растворителя и воды.

5.2.2.8. Техники по предотвращению и снижению выбросов диоксида серы

Диоксид серы образуется во время сушки, обжига и плавки сульфидных концентратов и других материалов, при этом диоксид серы образуется в различных концентрациях, поэтому выбор той или иной системы улавливания зависит от конкретных значений концентрации.

Присутствующая в сырье сера с помощью соответствующих реагентов может поглощаться шлаками или штейнами, а штейны могут использоваться в технологическом процессе. Сера, не поглощенная штейном или шлаком в процессе плавки, как правило, присутствует в виде SO_2 и может быть извлечена в виде элементарной серы, жидкого SO_2 , гипса (сульфата кальция) или серной кислоты. Выбор конечного продукта определяется наличием соответствующих рынков, но наиболее экологически безопасный вариант – это производство гипса или элементарной серы, особенно в условиях отсутствия надежных рынков сбыта для прочих продуктов. Диоксид серы образуется в результате обжига и плавки сульфидных концентратов и связанных с ними процессов конвертирования. Данные процессы реализуются таким образом, чтобы достигалась максимальная концентрация диоксида серы, что повышает эффективность процесса ее извлечения. Высокая степень извлечения серы устраняет межсредовые эффекты.

Существуют разные техники, применяемые для сокращения выбросов диоксида серы в отходящих газах с содержанием SO_2 менее 1 %, и в газах с более высоким содержанием SO_2 .

Методы очистки газов с содержанием диоксида серы менее 1 %:

- 1) введение извести перед подачей очищаемых газов в рукавный фильтр;
- 2) получение бисульфита натрия путем реакции низкоконцентрированных газов с сульфитом натрия и водой (из полученного раствора может быть выделен

концентрированный диоксид серы, а также получены жидкий диоксид серы и иные продукты, такие как сера (регенерационный процесс Веллмана-Лорда);

3) скрубберная очистка поглощающим диоксид серы растворителем на основе амина или полиэфира; полученный промежуточный продукт затем подвергается десорбции и направляется на сернокислотную установку или удаляется за счет реакции с водой для получения серной кислоты или жидкого диоксида серы;

4) получение серной кислоты окислением с помощью перекиси водорода;

5) получение серной кислоты окислением с помощью активированного угля;

6) десульфуризация отходящих газов в сухом или полусухом скруббере с применением извести, соды (NaHCO_3) или мокрого известкования и получением гипса или иных продуктов десульфуризации. Данный метод широко используется;

7) двойная щелочная очистка на скруббере с абсорбцией каустической содой и осаждением гипса;

8) абсорбция оксидом алюминия с осаждением гипса (процесс Дова);

9) очистка на скруббере с помощью гидроксида магния и кристаллизацией сульфата магния;

10) очистка на сухом или мокром скруббере с помощью оксида цинка с получением сульфида или сульфата цинка, который может перерабатываться на этапе цинкового выщелачивания;

11) абсорбционно/десорбционный метод очистки.

Методы очистки с более высоким ($> 1\%$) содержанием диоксида серы.

Диоксид серы образуется в более высоких концентрациях при спекании, обжиге и плавке широкого спектра сульфидных руд и концентратов при производстве меди. Ниже приведено описание методов переработки газов с более высоким содержанием диоксида серы.

Абсорбция диоксида серы в холодной воде с последующей вакуумной газоочисткой и получением жидкого диоксида серы. Данный процесс используется наряду с применением сернокислотной установки для извлечения не растворившегося диоксида серы. Целесообразность производства жидкого диоксида серы определяется наличием местного рынка для этого продукта.

Производство серной кислоты. Хорошо отработанной химической технологией производства серной кислоты является процесс, основанный на получении диоксида серы при сжигании серы. Работающие на этом методе установки эффективны при постоянной высокой концентрации газа; в силу этого для них сокращается количество технологических ограничений.

Отходящие газы плавильной печи очищаются, охлаждаются и могут быть направлены на сушку, как показано на рисунке 5.16.



Рисунок .16. Типичная схема газоочистки для сернокислотной установки

Диоксид серы в газе затем конвертируется в триоксид серы с помощью контактного процесса, предусматривающего прохождение газа через слой катализатора пятиоксида ванадия. Иногда к катализатору добавляют оксид цезия, который повышает эффективность процесса, в особенности при низкой или непостоянной концентрации SO_2 или при низкой температуре. Конструкция установки должна предусматривать возможность эксплуатации при более низких температурах (в зависимости от эффективности теплообменных процессов). Для повышения эффективности преобразования в одноконтактных установках и двухконтактных/двухабсорбционных установках используются улучшенные катализаторы.

В одноконтактных установках газ проходит через серию из трех или более слоев катализатора для получения высоких значений коэффициента нейтрализации. Получение триоксида серы является экзотермическим процессом, и, если содержание диоксида серы достаточно высоко для выработки значительного количества тепла, газ приходится охлаждать после каждого цикла. В случае низкого содержания диоксида серы после каждого цикла может оказаться необходимым подогрев. Полученный триоксид серы затем абсорбируется в 98 %-ной серной кислоте, которая далее разбавляется для получения серной кислоты.

Мокрый процесс получения серной кислоты основан на конденсации кислоты (а не на абсорбции), что особенно подходит для газов, содержащих от 1 % до 4 % SO_2 . Значение коэффициента нейтрализации может достигать до 99 %.

Наличие триоксида серы препятствует процессу нейтрализации диоксида серы, поэтому для повышения эффективности нейтрализации диоксида серы при достаточно высоком его содержании в обрабатываемых газах чаще всего используется процесс двойного контактирования/двойной абсорбции. В этом случае триоксид серы абсорбируется в 98 %-ную серную кислоту после второго или третьего цикла, обеспечивая нейтрализацию больших объемов диоксида серы на последующих циклах процесса. Далее следует этап абсорбции триоксида серы. Применение процесса двойного контактирования/двойной абсорбции повышает эффективность удаления

диоксида серы с 98 % до > 99,7 %. Также сообщалось, что в случае, если конструкция установки допускает работу при более низких температурах (в зависимости от результативности работы теплообменника), значение этого показателя можно повысить до более чем 99,9 % с помощью катализатора с добавкой цезия [44]. При особых условиях значение коэффициента нейтрализации может достигать до 99,97 % [45]. Активность катализатора снижается в результате его износа, что может привести к сокращению значения коэффициента нейтрализации на 0,1 % за три года работы [46]. Схема процесса двойного контактирования/двойной абсорбции приведена на рисунке 5.17.

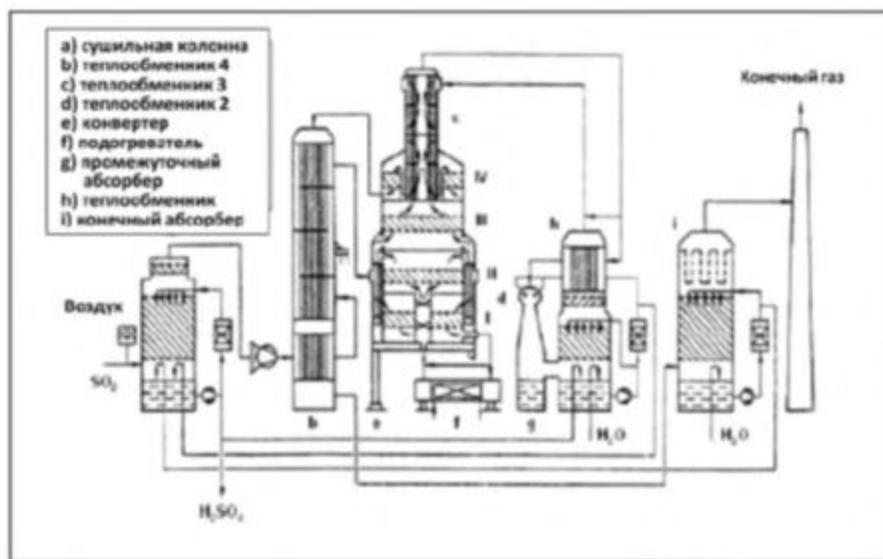


Рисунок .17. Типичная сернокислотная установка двойной абсорбции

Нейтрализация с помощью двойного контактирования/двойной абсорбции сложная и дорогая, но можно использовать установку однократного контактирования с десульфуризацией конечного газа для достижения более низких значений остаточных концентраций SO_2 . Для внешних продаж могут производиться гипс или, как вариант, сульфит (или сульфат) цинка, который может использоваться на этапе выщелачивания цинка. Эти варианты способствуют энергосбережению и снижению образования производственных отходов, но затраты следует сравнивать с затратами на нейтрализацию с учетом местных условий. Если рынок гипса отсутствует, нужно учитывать расходы на захоронение гипса.

Для защиты катализатора и производства чистой кислоты перед применением контактного метода важна очистка от пыли. Это сокращает концентрации в производимой кислоте большинства металлов, например, цинка, до приемлемых уровней и предотвращает загрязнение катализатора. Предварительная обработка газового потока, как правило, предусматривает несколько этапов в зависимости от присутствующих загрязняющих веществ. Этапы очистки могут включать охлаждение с

рекуперацией тепла, высокотемпературный электрофильтр, скруббер для удаления ртути и т. д. и мокрый электрофильтр. Получаемая на этапе газоочистки слабо концентрированная кислота обычно содержит от 1 % до 50 % H_2SO_4 . В ней также присутствуют галогениды в виде HCl (10 – 5000 %) и HF (10 – 1000 %, включая H_2SiF_6). Кислота может также содержать такие металлы, как медь, цинк и железо (до 2500 % каждого металла), ртуть (до 1900 %) и свинец (до 50 %). Мышьяк может присутствовать на уровне до 10 000 %. В зависимости от состава шихты, подаваемой на плавку, в кислоте могут также присутствовать и иные элементы, такие как алюминий, никель, хром, кадмий, висмут, сурьма и прочие. Слабоконцентрированная кислота будет также насыщена диоксидом серы (как правило, от 2000 до 5000 % в зависимости от концентрации SO_2). Такая кислота может расщепляться, а газы, направляемые на сернокислотную установку, могут нейтрализоваться для получения гипса с целью продажи или обрабатываться и утилизироваться, а также использоваться в ряде процессов, например, при выщелачивании.

В процессе производства серной кислоты до этапа контактирования удаляются вся остаточная пыль и все металлы, чтобы они не попадали в получаемую кислоту. Удаление пыли и металлов перед процессом контактирования означает, что эти компоненты остаются в выбрасываемых в воздух газах в незначительных количествах. В дымовую трубу в составе конечного газа могут также выбрасываться кислотные испарения, и при необходимости, для очистки от этих испарений могут применяться свечной фильтр или мокрый скруббер. Сообщается, что при высоком содержании в очищаемых газах фтористых соединений снижается эффективность очистки паров в свечных фильтрах.

Любые оксиды азота, присутствующие в газах, перерабатываемые на сернокислотных установках, абсорбируются в получаемую кислоту. При их высокой концентрации получается бурая кислота, что может быть неприемлемо для потенциального клиента. Отсюда возникает проблема с возможной продажей. Для обесцвечивания бурой (из-за присутствия органических соединений) серной кислоты может использоваться перекись водорода.

Управление процессом на основании измерения уровня SO_2 в отходящих газах приводит к замедленной реакции. В цветной металлургии в качестве параметра управления процессом можно брать уровень кислорода, однако при этом управление режимами сернокислотной установки сложнее, чем при сжигании серы.

5.2.2.8.1. Утилизация диоксида серы из отходящих газов методом мокрого катализа

Описание

Технология получения серной кислоты методом "мокрого катализа" также относится к контактному методу.

Обработка влажных технологических газов медного производства, основанная на извлечении газообразного диоксида серы и получении серной кислоты товарного качества.

Технологическое описание

Технологическая схема установки представлена на рисунке 5.18.

Сырьем установки является сероводородсодержащий газ (СВСГ) медного производства, который поступает на сжигание через приемный сепаратор и фильтры механической очистки. Вода содержится в продуктах реакции окисления сероводорода. Сероводород H_2S с концентрацией 99,5 % поступает на блок подготовки газов в сепарационную емкость.

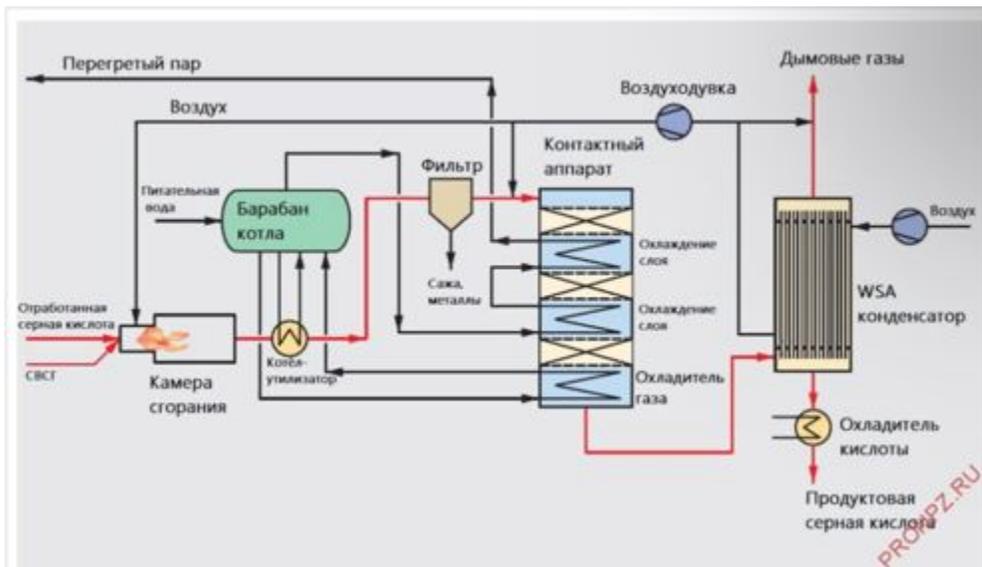
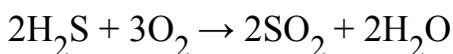


Рисунок 5.18. Принципиальная схема установки получения/регенерации серной кислоты методом мокрого катализа

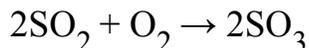
Конденсат моноэтаноламина, содержащийся в сырьевом газе, улавливается и под силой гравитации стекает сначала в нижнюю часть емкости, а затем по трубам в сборную емкость меньшего размера, находящуюся ниже уровня, после чего дренируется.

Сжигание СВСГ/отработанной серной кислоты для получения сернистого ангидрида SO_2 путем сжигания сероводородсодержащего газа происходит по следующей реакции:



Топливный газ очищается от жидкости в газовом сепараторе, после чего поступает на горелки топки. Сероводород сжигается в циклонной топке (камера сгорания), в результате чего получается сернистый газ SO_2 . Температура на выходе котлов от 450 до 560 °С.

Окисление сернистого ангидрида в конвертере окисления сернистого ангидрида до серного ангидрида SO_3 происходит на ванадиевом катализаторе в контактном аппарате – конвертере по следующей реакции:



Перед подачей сернистого ангидрида в контактный аппарат предусмотрены фильтры для очистки от сажи, металлов, образующихся при сжигании СВСГ, либо отработанной серной кислоты. Далее сернистый газ смешивается с воздухом и при температуре $390\text{ }^\circ\text{C}$ поступает в контактный аппарат, где окисляется на твердом ванадиевом катализаторе до оксида серы SO_3 . Реакция протекает последовательно на 3 слоях катализатора с промежуточным охлаждением.

Воздух для охлаждения подается воздуходувками. Эти же воздуходувки обеспечивают подачу воздуха в котлы-утилизаторы. Далее сернистый газ с температурой $430\text{ }^\circ\text{C}$ поступает в блок охлаждения газа, пройдя через четыре секции трубных пучков газ охлаждается до $255\text{ }^\circ\text{C}$.

Далее для снижения выбросов и SO_3 в атмосферу в дымоход с блока управления туманом впрыскивают пары силиконового масла.

При утилизации тепла в конвертере вырабатывается пар, который собирается в барабане- паросборнике. На установке используется химически очищенная вода, которая готовится на блоке ХОВ. Химически очищенная вода подается в деаэратор, после чего подается питательными насосами в котлы-утилизаторы и барабан-паросборник блока охлаждения газа, где получается водяной пар высокого давления.

Получение серной кислоты H_2SO_4 путем конденсации в конденсаторе происходит по реакции:



Газовая смесь охлаждается в WSA ("серная кислота из мокрого газа") -конденсаторе, где пары образующейся серной кислоты превращаются в жидкий продукт H_2SO_4 . В качестве охладителя используется воздух, который подается воздуходувками через фильтр из атмосферы. Пройдя через аппарат, он смешивается с дымовыми газами и выводится через дымовую трубу. Сконденсированная серная кислота стекает по стенкам трубок вниз аппарата в емкость системы циркуляции кислоты. Температура на выходе составляет около $120\text{ }^\circ\text{C}$. Для снижения температуры кислоты до $65\text{ }^\circ\text{C}$ в горячий поток добавляется холодный поток циркулирующей кислоты. Серная кислота с концентрацией от 92 до 94 % насосом из емкости направляется: основная часть в качестве рециркулянта на смешение с горячей кислотой. балансовое количество серной кислоты насосами откачивается с установки.

Процесс мокрого катализа разработан компанией Хальдор-Топсе и является распространенной и широко используемой технологией как в мире, так и в России. В России технология мокрого катализа используется для получения серной кислоты на таких заводах, как ПАО "Карабашмедь", РМЗ и т.д.

Достигнутые экологические выгоды

Степень преобразования диоксида в триоксид серы составляет минимум 99,7 %, что практически полностью исключает выбросы SO_2 в атмосферу. Процесс получения серной кислоты методом "мокрого катализа" 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:

по аппаратурной схеме процесс мокрого катализа гораздо проще и рентабельнее обычного контактного процесса;

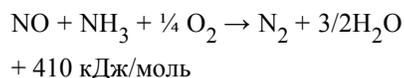
в процессе не образуются сточные воды;

нет расхода абсорбентов и вспомогательных химикатов;

эффективная рекуперация тепла, обеспечивающая экономичность работы;

простое и полностью автоматизированное управление, вариативное к изменениям расхода и состава сырья.

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:



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 % SO₂ 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.

Возобновление медеплавильного производства на ЗАО "Карабашмедь" было возможно только при условии запуска цеха утилизации диоксида серы и очистки отходящих газов от всех вредных примесей. Имеющиеся шахтные печи не позволяли эффективно перерабатывать металлургические газы по существующим в цветной металлургии технологиям. С учетом предстоящей реконструкции производства перед коллективом предприятия был поставлен вопрос об оптимальном решении проблемы утилизации газа. Анализ путей решения подобных вопросов в смежных отраслях позволил инженерно-техническим работникам и акционерам предприятия выбрать принципиально новые технологии в данной области. Заключение контрактов на поставку технологии и оборудования с фирмами Haldor Topsoe A/S и Voliden Contech AB позволило решить проблему первого этапа реконструкции и наметить пути его дальнейшего развития. Установка мокрого катализа до сих пор не применялась в цветной металлургии России. Опыт ее эксплуатации позволил осуществить строительство и использование подобных установок на других предприятиях отрасли [97].

С начала модернизации производства на предприятии устанавливались агрегаты, которые позволили снизить воздействие производства на атмосферный воздух, водные объекты и почву. Среди таких аппаратов установки WSA для утилизации сернистого газа путем мокрого катализа в товарную серную кислоту, рукавный фильтр "Фрик 5200", медеплавильная печь Ausmelt [98].

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Комплекс мероприятий, в том числе установки производства серной кислоты методом мокрого катализа модернизации Карабашмеди, позволит повысить технический уровень производства, стабилизировать экологические результаты первого этапа, повысив надежность системы утилизации металлургических газов. Благодаря вводу в эксплуатацию этих объектов производительность Карабашмеди возрастет до 120 тысяч тонн черновой меди и 650 тысяч тонн серной кислоты в год [99]

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов SO_2 в атмосферный воздух. Сокращение расходов сырья. Экономические выгоды.

5.2.2.8.2. Двухконтактные/двухабсорбционные серноокислотные установки, работающие при изменяющихся характеристиках обрабатываемых газов

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.

Техническое описание

В рамках этого процесса содержащийся в газе диоксид серы преобразуется в триоксид серы при прохождении через слой катализатора – пятиоксида ванадия. Иногда в катализатор добавляется оксид цезия, который повышает эксплуатационные характеристики, особенно при низкой концентрации SO_2 или низкой температуре. Используются установки с одинарным и двойным контактированием/двойной абсорбцией; последние применяются чаще.

Двухконтактная/двухабсорбционная серноокислотная установка включает газоочистную и промывочную секции и четырехслойную контактную установку. В ней используется современный катализатор с добавлением оксида цезия.

Общими преимуществами систем двойного контактирования с двойной абсорбцией 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.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2 .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Данный метод используется на БМЗ ТОО "Kazakhmys Smelting (Казахмыс Смэлтинг)" и УКМК ТОО "Казцинк".

Применение метода двойного контактирования позволяет значительно уменьшить содержание SO_2 в хвостовых газах, кроме того, уменьшается объем газа в контактном и абсорбционном отделениях. Степень контактирования варьирует в пределах 99 - 99,7 %, при концентрации диоксида серы в отходящих газах не выше 0,03 %.

Кросс-медиа эффекты

Производство твердых отходов и слабых кислот, которые требуют обработки и/или удаления.

Технические соображения, касающиеся применимости

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 – 92,5 - 94 % и 98 - 98,5 % [92].

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 % [91].

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в атмосферный воздух.

Требования экологического законодательства.

Экономические выгоды.

5.2.2.8.3. Модернизированные сернокислотные установки, перерабатывающие газы с высокими исходными концентрациями SO_2

Описание

Для обработки отходящих газов печи взвешенной плавки и конвертирования используется двухконтактная/двухабсорбционная сернокислотная установка при концентрации SO_2 в подаваемом на вход установки газе 30 – 40 %.

Техническое описание

В установке применяются четыре слоя и предусмотрена промежуточная абсорбция после третьего слоя. Имеются современный катализатор, система рекуперации тепла в виде пара после прохождения первого контакта.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2 .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Для утилизации серосодержащих газов медного завода УМКК функционирует установка канадской фирмы SNC "Lavalin". Получение серной кислоты коммерческого качества с концентрацией 93,5 % или 98,5 % из серосодержащих газов медного завода производится по технологии двойного контактирования - двойной абсорбции.

Технологические газы с высоким содержанием диоксида серы от медной Айза-печи и с первичных напыльников конвертеров медного завода после охлаждения в котлах-утилизаторах и очистки в электрофильтрах поступают на производство серной кислоты в установку SNC "Lavalin". Процесс очистки газа от твердых примесей осуществляется в промывной системе. После промывки газы поступают в сушильную башню. Осушка газа производится с целью предупреждения туманообразования при абсорбции триоксида серы, а также ликвидации вредного воздействия паров воды в смеси с серосодержащим газом на катализатор и аппаратуру участка. Осушенные газы через сетчатый фильтр поступают в контактный аппарат для окисления диоксида серы в триоксид в четырех слоях ванадиевого катализатора. Пройдя три слоя контактного аппарата, газ охлаждается и подается в промежуточный моногидратный абсорбер для предварительного улавливания триоксида серы и перевода его в серную кислоту. После этого газ подается на четвертый слой контактного аппарата для окончательного окисления оставшейся части диоксида серы в триоксид, а затем – в конечный абсорбер для окончательного поглощения серного ангидрида из газовой смеси и превращения его в серную кислоту.

Уловленная пыль медного завода направляется на переработку.

Кросс-медиа эффекты

Производство твердых отходов и слабых кислот, которые требуют обработки и / или удаления.

Технические соображения, касающиеся применимости

Техника применима к новым или модернизированным установкам.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Производство серной кислоты для продажи.

Соблюдение экологических требований.

5.2.2.8.4. Десульфуризация 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 (сернокислый кальций). До начала процесса необходима предварительная очистка газов от пыли.

Техническое описание

Одним из наиболее распространенных методов МДГ является вдувание извести.

По имеющейся информации в некоторых случаях (например, в вельц-печах или печах ISF с использованием вельц-оксидов) применяется другая система МДГ,

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 SO_2 до уровня ниже требуемого.

Газы, содержащие сернистый газ, проходят обработку на МДГ установке, в которой в качестве сорбента для SO_2 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 МДГ 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 SO_2 прореагировал с суспензией CaCO_3 , все сернистые соединения окислились до сульфатов, и образовался крупнокристаллический осадок синтезированного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. 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.

Эти процессы применимы для новых установок. При использовании существующего газоочистного оборудования с рукавными фильтрами, предназначенными для удаления технологической пыли, его можно применить для улавливания гипса, если это позволяет пропускная способность фильтра. Когда фильтр уже используется, возможно прямое вдувание, если это позволяют температура, содержание влаги и время контактирования. Существующей фильтровальной установки может оказаться недостаточно, поскольку количество пыли резко возрастает, соответственно, может потребоваться ее замена.

Система МДГ, используемая в установках вельц-печей и печах ISF с применением вельц-оксидов, применима для всех процессов, в которых содержание SO_2 на входе процесса МДГ составляет 2 – 15 г/м³ (примерно 0,05 – 0,5 %) при условии, что существует рынок для производимого гипса.

Гипс, полученный от десульфуризации металлургических газов, в зависимости от состава может направляться на производство цемента (строительные материалы) или складывается в хвостохранилищах.

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 в 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 % [93].

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов, а также сырья (карбоната кальция).

При выполнении работ по обслуживанию могут появиться дополнительные отходы. Необходима утилизация пыли, если она не может быть повторно использована.

Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Дополнительные затраты энергоресурсов, а также материальных ресурсов (веществ, используемых в качестве сорбента). При этом следует отметить, что потребление электроэнергии при использовании скрубберов на основе натрия ниже по сравнению с известковыми скрубберами, благодаря меньшей скорости рециркуляции насоса 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.

В случае отсутствия рыночного спроса на сернистый кальций возможно образование дополнительных объемов отходов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к новым установкам. Касательно применимости: на действующих заводах необходима модернизация технологической линии (замена 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 сернокислого кальция;

использование прямого впрыска в действующий фильтр возможно при достаточных показателях температуры, влажности и времени выдержки.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO₂.

5.2.2.8.5. Абсорбция/десорбция с использованием растворителя на полиэфирной основе для извлечения серы из слабо концентрированных газов (< 1 %)

Описание

Использование растворителя на основе амина или простого полиэфира, который может абсорбировать диоксид серы, который затем десорбируется и направляется в виде побочного потока на установку серной кислоты или удаляется реакцией с водой для получения серной кислоты или жидкого диоксида серы.

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 сернокислотной установкой и процессом рекуперации 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, который используется в процессе абсорбции/десорбции для получения газа с повышенной концентрацией SO₂.

Этот газ преобразуется в серную кислоту на одноконтантной установке. Концентрация SO_2 в отработанных газах на выходе данного процесса перед выпуском в атмосферу составляет менее 200 – 600 мг/м³ [56].

Отходящие газы из плавильной печи после конвертирования содержат SO_2 в концентрации от 5 % до 12 %. Они очищаются и смешиваются с концентрированным газом в абсорбционно-десорбционной установке на полиэфирных материалах, концентрация SO_2 в них доводится до 12 %, после чего они направляются на сернокислотную установку. Данная установка производит серную кислоту и отходящие газы, содержащие SO_2 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

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Снижение выбросов SO_2 .

5.2.3. Техники по снижению выбросов при вторичном производстве меди

При производстве вторичной меди используется широкий спектр вторичных материалов (лом, съемы/дроссы, пыль), характеризующихся различным содержанием меди и широким диапазоном концентраций других металлов или комплексов с другими элементами (например, металлическими, оксидными, сульфидными). Также можно перерабатывать отходы, содержащие медь и другие металлы, т.е. электронный лом.

Источник вторичного сырья может дать информацию о потенциальных эмиссиях, связанных с присутствием кислот, нефтепродуктов, органических загрязнителей (из которых во время плавки могут образовываться ПХДД/Ф). Это прямо влияет на возможные эмиссии в атмосферу, водную среду и на почву, причем может быть эмитирован любой из этих компонентов. Контроль наличия в составе материалов (например, путем проверки и сортировки) непредвиденных примесей и загрязняющих веществ может быть экономически эффективен с точки зрения чистоты готового продукта и снижения эмиссий.

Физическое состояние материала также влияет на методы хранения и переработки. Материалы могут быть пылящими, маслянистыми, значительно различаться по размеру : от тонкодисперсной пыли до крупных кусков. Эти факторы оказывают влияние на выбор методов доставки, хранения и переработки. Методы обращения с первичным сырьем применяются наряду с другими перечисленными ниже методами.

Вторичные сырьевые материалы могут доставляться на площадку различными видами транспорта, навалом, в мешках (биг-бэгах) либо в бочках.

Крупные компоненты и такие материалы, как стружка, обрезь, шлам, хранятся на бетонированных площадках, которые могут быть открытыми, закрытыми или находиться внутри зданий. Некоторые материалы крупных фракций не хранятся на площадках с покрытием, если они могут повредить такое покрытие. Разнородные материалы обычно хранятся в отдельных штабелях для разделения различных сортов материала и составов для различных сплавов.

Пылящие материалы также хранятся в отдельных штабелях, которые могут быть открытыми, закрытыми или находиться внутри зданий. Эти материалы могут быть самовоспламеняющимися или реагировать с влагой, образуя в зависимости от химического состава аммиак или другие газы, такие как арсин (мышьяковистый водород) или стибин (сурьмянистый водород). Поэтому при выборе методов хранения необходимо учитывать эти факторы. Холодный пылящий материал может быть покрыт связующим материалом, таким как меласса, с получением сухой крошки, исключая образование пыли. Присутствие в сырье связующего материала не влияет на параметры пирометаллургических процессов.

Вторичные сырьевые материалы могут быть загрязнены различными другими материалами, такими как нефтепродукты, кислоты и органика, которые могут быть смыты в дренажные системы. Возможность загрязнения такими веществами ливневых и других стоков учитывается при разработке методов хранения и очистке стоков с соответствующих площадок. Для предотвращения загрязнения водных объектов применяются обвалование площадок, герметизация их поверхности и нефтеловушки.

При обращении с материалами в зависимости от способа хранения используются различные методы. Применяются грейферы, конвейеры, бульдозеры, фронтальные погрузчики, экскаваторы. Вторичные материалы перед использованием и предварительной обработкой часто необходимо смешивать, в этом случае используются промежуточные площадки для хранения.

В зависимости от исходных материалов применяются следующие процессы:

печь ISASMELT для плавки и преобразования в черновую медь широкого спектра первичных и вторичных медьсодержащих материалов (пыль, штейн, окалина, шлаки, анодные шламы и т.д.), электронного лома и некоторых сырьевых материалов, содержащих цинк и другие материалы;

KRS, для выплавки и преобразования в черновую медь вторичных медных материалов, таких как лом медных сплавов, электронный лом, шлаки с высоким содержанием меди, медный шлак, дымовая пыль, шламы;

электрическая печь для плавки широкого спектра медных и медь/свинцовосодержащих материалов (пыль, окалина, шлаки, низкосортные драгоценные металлы, анодные шламы, лом медных сплавов, низкосортный штейн, медно-свинцовые концентраты);

мини-плавильно-доменная печь для выплавки вторичных оксидных и металлических медьсодержащих материалов с использованием железа или медно-железного лома в качестве восстановителя;

TBRC, для плавки лома меди и медных сплавов, шлаков и комплексных концентратов;

Contimelt, представляющий собой непрерывный двухстадийный процесс плавки и обработки черной и черновой меди, лома высококачественной меди и анодного лома для производства медных анодов.

Печь Ausmelt/ISASMELT и KRS могут применять прерывистый двухстадийный процесс плавки и конвертирования на одной и той же установке, что предотвращает дополнительные выбросы, возникающие при перемещении материалов из одной печи в другую.

Производство меди из вторичного сырья с годами стало более энергоэффективным благодаря внедрению новых технологий. Энергоемкость установки KRS составляет 1080 кВтч/тонну сырья, что значительно ниже, чем у старой системы доменной печи, конвертера и завода свинцово-оловянных сплавов – 2300 кВтч.

5.2.3.1. Методы предотвращения и сокращения выбросов в атмосферу от плавильных печей при производстве вторичной меди

Описание техники:

использование исходных материалов в соответствии с используемой печью и установленной системой очистки;

работа при отрицательном давлении, закрытые печи/системы загрузки, соответствующие корпуса, ограждения, использование закрытых желобов, вторичные вытяжки с эффективной системой аспирации и последующие системы обеспыливания и газоочистки;

очистка отходящих газов (первичных и вторичных): циклоны в сочетании с рукавными фильтрами; установка двойного контактирования/двойной абсорбции, скруббер, сухая известь/введение сорбалита, добавление адсорбентов, системы удаления ртути, дожигание, тушение.

Техническое описание

Использование исходных материалов в соответствии с печью и установленной системой очистки.

Предотвращение выбросов достигается за счет правильной конструкции печи и системы снижения выбросов, а также использования соответствующего сырья в соответствии с проектными требованиями.

Предварительная обработка исходных материалов необходима для достижения требуемых технологических характеристик процесса, например, мелкие и шламовые сырьевые материалы гранулируются или альтернативно смешиваются или высушиваются и впрыскиваются пневматическим способом. В зависимости от наличия органических материалов могут применяться другие виды предварительной обработки, такие как удаление масла из стружки перед стадией плавки при производстве вторичной меди.

Работа при отрицательном давлении, закрытые печи/системы загрузки, соответствующие корпуса, ограждения, использование закрытых желобов, вторичные вытяжки с эффективной системой аспирации и последующие системы обеспыливания и газоочистки.

Могут применяться герметичные системы загрузки (такие как двойной колпак, дверное уплотнение, закрытые конвейеры и питатели), а также герметичные или закрытые печи. Для предотвращения повышения давления в печи применяется работа с отрицательным давлением и достаточной скоростью извлечения газа.

Печи герметизируют в вентилируемых корпусах или используют кожухи. Системы вытяжки, такие как колпаки, применяются для улавливания дыма на участках загрузки и выпуска печи. Эффективность сбора зависит от эффективности вытяжек, целостности воздуховодов и использования хорошей системы контроля давления/потока.

Использование печи Ausmelt/ISASMELT или KRS может предотвратить выбросы при перемещении материалов из одной печи в другую, поскольку в этих печах может применяться прерывистый двухстадийный процесс плавки и конвертирования на одной и той же установке.

Использование усиленной системы аспирации.

Регулировка скорости вытяжки возможна за счет применения вентиляторов с регулируемой скоростью, а также автоматической настройки вытяжной системы в соответствии с условиями загрузки. Автоматическое управление заслонками используется для обеспечения хорошей вытяжки и направления усилия вытяжки на источник дыма без использования слишком большого количества энергии. Элементы управления позволяют автоматически изменять точку извлечения на разных этапах процесса. Вентиляторы с регулируемой скоростью используются для обеспечения скорости вытяжки, подходящей для изменяющихся условий.

Также применяются системы для автоматического управления вентиляторами, клапанами и заслонками для обеспечения оптимальной эффективности сбора и предотвращения неорганизованных выбросов.

Необходимы регулярный мониторинг работоспособности всей системы аспирации, а также регулярный контроль и профилактическое обслуживание печей, вытяжек, воздуховодов, вентиляторов и систем очистки.

Обработка отходящих газов.

Содержание отходящих газов при вторичном производстве меди зависит от состава используемого сырья/топлива. Снижение выбросов ЛОС и диоксинов может быть достигнуто в печи при температуре газа выше 950°C. Повторное образование диоксинов предотвращается быстрым охлаждением газа (тушение или котел утилизатор). Рукавные фильтры используются для пыли и металлов; в некоторых случаях в сочетании с впрыскиванием активированного угля, что также снижает выбросы ЛОС, ПХДД/Ф и ртути. Вторичные аспирационные газы могут обрабатываться вместе с отходящими технологическими газами.

Первичные отходящие газы из вторичных плавильных печей содержат диоксид серы в зависимости от состава исходного материала и используемого процесса (например, кокс, который необходим для доменной/шахтной печи). Отходящие газы с высокой концентрацией SO_2 из печей направляются на установку двойного контакта/двойной абсорбции для производства серной кислоты или жидкого SO_2 . Предварительно технологические газы проходят систему очистки в сухом горячем ЭСО, а затем в мокром ЭСП. Тепло может быть рекуперировано в котле-утилизаторе, где вырабатывается пар для использования в других процессах или для отопления зданий.

Для отходящих газов с низким содержанием SO_2 удаление двуокиси серы может быть достигнуто путем введения извести в рукавный фильтр.

Адсорбенты (например, активный уголь) добавляются в фильтрующие системы если необходимо для удаления диоксинов и других ЛОС или могут применяться другие методы.

Уловленная пыль перерабатывается для извлечения металла.

Вторичные отходящие газы обеспыливаются в рукавном фильтре с добавлением извести или других материалов.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли и металлов в атмосферу.

Сокращение выбросов SO_2 в атмосферу и извлечение серы.

Сокращение выбросов ПХДД/Ф и ЛОС.

Восстановление сырья путем повторного использования уловленной пыли.

Рекуперация энергии с использованием котла-утилизатора.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

Отсутствуют данные (в рамках КТА предприятия по вторичному производству меди не рассматривались).

Кросс-медиа эффекты

Увеличение использования энергии.

Использование добавок, таких как известь, активированный уголь и другие, для удаления SO_2 , диоксинов и ртути.

Образование отходов, если собранная пыль не может быть возвращена в процесс или повторно использована.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы применимы к новым и существующим вторичным медным заводам в зависимости от типа сырья.

Применимость влажного скруббера может быть ограничена в следующих случаях:

очень высокие скорости потока отходящих газов из-за перекрестных эффектов (значительное количество отходов и сточных вод);

в засушливых районах большой объем необходимой воды и потребность в очистке сточных вод и связанных с ними средах.

Рекуперация SO_2 с высокой концентрацией в отходящих газах на кислотных установках двойного контакта/двойной абсорбции преимущественно применяется для печей, перерабатывающих вторичные серосодержащие материалы или комбинацию вторичных материалов и первичных концентратов. Для отходящих газов с низким содержанием SO_2 применяются другие методы удаления SO_2 . Использование методов снижения содержания ртути будет зависеть от типа сырья.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Экономия энергии и сырья.

5.2.3.2. Сокращение выбросов ПХДД/Ф в производстве вторичной меди

Описание

Техники для рассмотрения:

выбор сырья в соответствии с печью и применяемыми методами борьбы с загрязнением;

оптимальные условия горения;

системы загрузки, которые дают небольшие добавки сырья в полужакрытых печах;

термическое разрушение диоксинов в печи при высоких температурах ($>850\text{ }^\circ\text{C}$);

вдувание кислорода в верхнюю зону печи;

избегание выхлопных систем, которые приводят к высокой запыленности при температуре $>250\text{ }^\circ\text{C}$;

камера дожигания;

быстрое охлаждение отходящих газов в температурном диапазоне от 400 до $200\text{ }^\circ\text{C}$;

введение адсорбционного агента (например, активированного угля, буроугольного кокса, извести) до обеспыливания;

эффективная система сбора пыли.

Техническое описание

Органические соединения углерода, которые могут выделяться, включают ПХДД/Ф, являющиеся результатом неполного сгорания синтетических или минеральных органических материалов (масло, пластик и т. д.).

Можно идентифицировать органическое и / или галогеновое загрязнение вторичного сырья, чтобы можно было использовать наиболее подходящую комбинацию печи и борьбы с выбросами для предотвращения выбросов ПХДД/Ф.

Там, где это необходимо, может быть применена предварительная обработка лома для удаления органического загрязнения в зависимости от конкретной печи или используемого процесса.

Улучшение условий горения включает использование обогащенного воздуха или чистого кислорода и улучшенное смешивание кислорода с горючим материалом, что приводит к повышенной температуре горения или времени пребывания при высоких температурах. Как следствие, ЛОС окисляются, включая ПХДД /Ф.

Применяется модификация систем загрузки печей для получения небольших, равномерных добавок сырья в полузакрытых печах. Это уменьшает охлаждение печи во время загрузки и поддерживает более высокие температуры газа, что способствует оптимизации процесса и предотвращению первичного синтеза ПХДД/Ф.

Термическое разрушение диоксинов может быть достигнуто в печи при температурах газа более 850 °С при длительном протекании производственного процесса. Затем предотвращение ректификации диоксина достигается быстрым охлаждением газа до 200 °С. Дожигатели также могут использоваться для обработки произведенных газов, а затем быстрого охлаждения. В тех случаях, когда невозможно обрабатывать газы из печей в дожигателе, они могут окисляться путем добавления кислорода выше зоны плавления.

ПХДД/Ф может адсорбироваться на активированном угле в реакторе с неподвижным слоем или в движущемся слое, или путем впрыскивания активированного угля или других добавок в газовый поток с последующим удалением в виде фильтрующей пыли. Количество и состав добавки в значительной степени зависят от условий процесса и происхождения, состава исходных материалов.

Высокоэффективная фильтрация пыли может способствовать улавливанию пыли и обеспечивать удаление диоксинов, которые иногда поглощаются.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и сокращение выбросов ПХДД/Ф.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

Медь действует как катализатор образования диоксинов. Это означает, что выплавка вторичного сырья с низким содержанием органических веществ и хлора может привести к увеличению количества диоксинов в исходном отходящем газе, чем можно ожидать при производстве других цветных металлов.

Уровень ПХДД/Ф также зависит от конкретного параметра процесса (из-за высокого потенциала восстановления шахтной печи развитие диоксинов больше, чем в других печах) и конкретных условий отходящего газа (например, температура, время пребывания в разных температурных окнах, содержание SO_2).

В Aurubis Lunen KRS предназначена для термической деструкции диоксинов, которые могут возникать во время плавки. Для предотвращения их первичного синтеза отходящие газы из котла-утилизатора быстро охлаждаются. ПХДД /Ф измеряются один раз в три года. Измеренные значения составляют $0,01 \text{ нг I-TEQ/м}^3$ и $0,1 \text{ нг I-TEQ/м}^3$.

В Aurubis Hamburg термическая деструкция диоксинов достигается в электрической печи при высоких температурах (выше $950 \text{ }^\circ\text{C}$). Предотвращение реформирования диоксина обеспечивается быстрым охлаждением газа. Дальнейшая обработка на кислотном заводе также позволяет избежать образования диоксинов.

В Aurubis Olen перед рукавными фильтрами была установлена система очистки с помощью извести и активированного угля. Также проводится предварительный отбор лома для минимизации количества загрязненного материала. Измерения ПХДД/Ф проводятся три раза в год. Измеренные уровни находятся в диапазоне $0,03 - 0,5 \text{ нг I-TEQ/Нм}^3$ (для завода Contimelt, плавки и рафинирования черновой меди, лома высокосортной меди и анодного лома) и $0,026 - 0,25 \text{ нг I-TEQ/Нм}^3$ (для завода Contirod, перерабатывающего катодную медь и высокочистый лом для производства катанки).

В Boliden Ronnskar отходящие газы печи ТВРС охлаждают, затем вводят известь и активированный уголь, а газы очищаются в рукавном фильтре. ПХДД/Ф измеряют один раз в год, уровни выбросов ниже $0,05 \text{ нг I-TEQ/Нм}^3$.

В Umicore Hoboken проводятся регулярные проверки поступающего сырья на содержание диоксинов. Диоксины в сырье разрушаются в печи ISASMELT. Быстрое гашение газов позволяет избежать образования новых диоксинов; реакция в контактных слоях катализатора также исключает образование новых диоксинов. Уровень выбросов составляет менее $0,001 \text{ нг I-TEQ/Нм}^3$.

В Montanwerke Brixlegg органические вещества, содержащиеся в газе, разрушаются регенеративным дожигателем. Концентрация ПХДД/Ф в отходящих газах из шахтной печи постепенно снижалась до $0,31 \text{ нг I-TEQ/Нм}^3$.

В Metallo-Chimique Veerse печь для мини-плавильной установки оснащена отдельным адсорбционным фильтром конца трубы с введением Сорбалита. Сорбалит представляет собой комбинацию извести с активированным углем. В горловине печи

установлен дозатор. Адсорбционный фильтр конца трубы имеет емкость 100 000 Нм³/ч. ПХДД/Ф измеряют два раза в год. Уровни <0,1 нг I-TEQ/Нм³ поддерживаются.

Печь TBRC оснащена рукавным фильтром (70 000 Нм³/ч) с введением сорбалита для очистки первичных отходящих газов. ПХДД/Ф измеряют два раза в год по шесть часов каждый. Уровни между 0,01 нг I-TEQ/Нм³ и 0,1 нг I-TEQ/Нм³ поддерживаются.

Кросс-медиа эффекты

Собранная пыль может иметь высокие концентрации ПХДД/Ф и возможно ее необходимо утилизировать или тщательно обработать при возврате в производственный процесс.

Использование добавок / адсорбентов.

Увеличение использования энергии (дожигатель).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Оптимальное сочетание методов, применяемых на новых и существующих медных заводах, зависит от типа сырья и используемой печи.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Чтобы снизить затраты на адсорбенты, пыль фильтра может быть возвращена в процесс.

Движущая сила для осуществления

Требования экологического законодательства.

5.2.3.3. Сокращение выбросов из печей с использованием регенеративного дожигателя при производстве вторичной меди

Описание

Использование рукавного фильтра и регенеративного термического окислителя (РТО).

Техническое описание

Летучие органические соединения и остаточные СО могут быть нежелательными примесями в отходящем газе из вторичного производства меди. Для удаления этих примесей из отходящих газов печи можно использовать комбинацию дожигателей, систем охлаждения и систем борьбы с выбросами пыли.

Установка дожигателя обеспечивает избыток кислорода, высокие температуры (> 850 °С) и достаточное время пребывания для разложения и сжигания всего органического углерода из газового потока и технически разрушать органические соединения, включая ПХДД /Ф. Затем газы гасят, чтобы избежать повторного образования диоксинов и фуранов, или, если это применимо, охлаждают для рекуперации тепла и отправляют в рукавный фильтр для обеспыливания.

РТО используют регенеративную систему для использования тепловой энергии дымового газа. В этой системе используется слой керамических материалов, который

поглощает тепло от дымовых газов. Поглощенное тепло подогревает поступающий технологический газ и разрушает органические соединения. Перед входом в РТО отходящие газы обеспыливаются в рукавном фильтре.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов CO, ЛОС и ПХДД/Ф.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

В Montanwerke Brixlegg поток отходящего газа всасывается из шахтной печи и вдувается под давлением в регенеративный блок дожигателя. Вентилятор с частотным управлением предназначен для улавливания дыма и отходящего газа из печи, который затем вдувается в РТО. Отфильтрованный от пыли отработанный газ вдувается в РТО при 110 °С. В пределах РТО отходящий газ обрабатывается в керамических фильтрах и нагревается до 950 °С с помощью горелки на природном газе. Таким образом, органические соединения, включая диоксины, окисляются до CO₂.

Кросс-медиа эффекты

РТО должен работать на природном газе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Метод применим к печам с высокими остаточными концентрациями ПХДД/Ф и CO.

Экономика

Эксплуатационные затраты РТО в основном связаны с работой шахтной печи, из которой обрабатывается отходящий газ. Количество природного газа определяется тепловыми условиями, необходимыми для окисления органических соединений в отходящем газе.

Движущая сила для внедрения

Требования экологического законодательства.

Потребление энергии РТО примерно на 75 % ниже, чем для рекуперативного дожигателя.

5.2.3.4. Сокращение выбросов NO_x из печей при производстве вторичной меди

Описание

Техники для рассмотрения:

использование чистого кислорода для сжигания (кислородно-топливные горелки);

использование обогащения кислородом при определенных условиях;

подача инертного газа.

Техническое описание

Образование NO_x при горении определяется температурой и парциальным давлением N₂ в газовой фазе. Поскольку пиromеталлургические процессы требуют

высоких температур, меры по сокращению выбросов NO_x обычно основаны на уменьшении парциального давления N_2 . Это может быть достигнуто за счет использования чистого кислорода вместо воздуха для сжигания.

Использование обогащения кислородом воздуха может также иметь отрицательный эффект, хотя локально увеличивает температуру горения. Это может способствовать образованию NO_x , в связи с чем необходим контроль данного показателя.

Подача инертного газа снижает производство оксидов азота. Такой инертный газ может частично направлен обратно в камеру сгорания.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов NO_x .

Уменьшение количества дымовых газов из-за снижения объема горючего газа.

Сокращение использования энергии.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

Сообщается, что типичные уровни выбросов оксидов азота для вторичной меди находятся в диапазоне от 20 мг/Нм^3 до 400 мг/Нм^3 в зависимости от типа печи и технологического процесса.

Использование чистого кислорода в горелке приводит к уменьшению парциального давления азота в пламени по сравнению с использованием воздуха, что приводит к снижению NO_x .

Уровни выбросов оксидов азота при вторичном производстве меди зависят от типа технологического оборудования, а также вида топлива, конструкции горелки, последовательности сгорания и скорости тепловыделения и теплопередачи.

Следует также учитывать присутствие окружающего воздуха в печи. Во многих случаях трудно избежать потребления окружающего воздуха. Для этого печь должна быть полностью закрыта или работать при избыточном давлении (хотя это может вызвать неорганизованные выбросы).

Кросс-медиа эффекты

Более высокие температуры отходящих газов уменьшают долговечность огнеупорной футеровки.

Технические соображения, касающиеся применимости

Кислородно-топливное сжигание можно применять в большинстве пирометаллургических процессов. Применяемые методы зависят от геометрии печи и режима работы, а также вида топлива, конструкции горелки, последовательности горения и скорости тепловыделения и теплопередачи. Методы действительны при условии, что в печи нет окружающего воздуха. Можно использовать для новых установок/оборудования или модернизации существующих установок.

Экономика

Экономические преимущества кислородно-топливных горелок в основном связаны с улучшением производственных показателей и сокращением затрат на энергию (поскольку системы борьбы с загрязнением могут быть уменьшены).

Движущая сила для внедрения

Сокращение выбросов.

Экономия энергии.

Потенциально более короткое время плавления из-за более высокой температуры пламени горелки.

5.2.3.5. Методы предотвращения и сокращения выбросов в атмосферу из раздаточных печей при производстве вторичной меди

Для обеспечения непрерывной обработки расплавленного металла (например, черной меди, конвертерной меди, блистерной меди) и обеспечения надлежащего разделения металла и шлака используются раздаточные печи вторичного производства меди.

Раздаточные печи расположены после плавильных печей или конвертеров для хранения расплавленного металла или шлака, ожидающих дальнейшей обработки и очистки в других устройствах. Это обеспечивает надлежащий, плавный поток продукции с достаточной емкостью для расплавленного металла и при меньших эксплуатационных расходах. Этот период времени в раздаточных печах позволяет дополнительно отделить черную/конвертерную медь от шлака.

Раздаточные печи обычно представляют собой горизонтальные барабанные печи, загружаемые через желоб/канал или ковш. В печах могут использоваться различные виды топлива (мазут, природный газ), а также кислородно-топливные горелки для поддержания необходимой температуры плавки.

Описание

Методы, которые следует учитывать для сокращения выбросов из раздаточных печей, следующие:

закрытая печь;

колпаки-уловители или колпаки, интегрированные с краном, в точках заправки и розлива;

вытяжные зонты или корпус приемного ковша;

сбор третичных газов, например "дом в доме";

поддержание температуры в печах на требуемом уровне;

системы газоотвода на заправочных и врезных участках;

отрицательное давление в топке и тракте дымовых газов;

охлаждение дымовых газов и рукавных фильтров.

Техническое описание

Отходящие газы раздаточной печи и вторичный вентиляционный газ охлаждаются и обеспыливаются на рукавных фильтрах.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и сокращение выбросов пыли.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

В конвертере северного завода Aurubis Hamburg черная медь из электроплавильной печи переносится в раздаточную печь для дальнейшей обработки. Раздаточная печь находится внутри закрытого здания и дополнительно размещается в герметично закрытом корпусе, который подключен к системе фильтров (система удержания "дом в доме"). Загрузка/выпуск происходят главным образом в этом корпусе, который оборудован внутренним краном. Загрузочная тележка для транспортировки ковшей вентилируется (например, вихревыми вытяжками), применяется система удержания "дом в доме".

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии (например, для вентиляторов и рукавного фильтра).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо только для новых или полностью перестроенных установок. Технологии подходят для уменьшения неорганизованных выбросов при выпуске и загрузке печей.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила для осуществления

Требования экологического законодательства.

5.2.3.6. Методы предотвращения и сокращения выбросов в атмосферу от конвертерных печей при производстве вторичной меди

На стадии конвертирования при вторичном производстве меди используются конвертеры Пирса-Смита (PS) и TBRC, работающие в периодическом режиме. Конвертеры PS перерабатывают жидкий медно-свинцовый штейн, богатые медью шлаки в некоторых случаях или черную медь с добавлением твердого медного лома или электронного лома, а также другие материалы, содержащие драгоценные металлы. Исходные материалы для конвертеров PS включают лом Cu-Fe и черную медь. TBRC применяется для переработки черной меди, лома меди и медных сплавов.

Печь Ausmelt /ISASMELT и KRS также используются для прерывистого двухступенчатого процесса плавки и конвертирования.

Описание

Методы для рассмотрения:

герметизированные печи;

работа под отрицательным давлением и усиленная система всасывания;

вытяжные зонты;

первичные и вторичные вытяжки и добавление скрапа/флюсов через вытяжку;

сбор третичного дыма, такой как "дом в доме", с эффективной системой извлечения ;
системы охлаждения с рукавным фильтром или ЭСО;
системы удаления SO₂.

Техническое описание

Предотвращение неорганизованных выбросов и сбор газов.

Эксплуатация конвертера зависит от отрицательного давления и использования первичных, вторичных или третичных вытяжных зонтов. Пыли, флюсы и лом можно добавить через вытяжку. TBRC компактен и закрыт, что позволяет собирать вторичные пары. Автоматическое управление может предотвратить продувку, когда конвертер "выведен".

Конвертеры могут быть оснащены дополнительными вытяжками для сбора неорганизованных выбросов. Всасывание обеспечивается непосредственно у источника выбросов для уменьшения неорганизованных выбросов. Автоматизированные системы используются для автоматического управления вентиляторами на этапах процесса, которые создают пары. Также используются вентиляторы с переменной скоростью. При необходимости применяется вентиляция крыши плавильни.

Газы, которые не собираются вторичными вытяжками, могут быть собраны в системе третичного сбора, которая охватывает всю рабочую зону, такую как система "дом в доме". Вытяжка с краном также используется в качестве эффективного нового устройства для снижения выбросов от загрузки и выгрузки вторичных конвертерных печей, например, TBRC.

Отходящие газы от конвертеров при вторичных процессах производства меди обрабатываются газовым охлаждением (если возможно, с возвратом тепла / энергии), сепарацией крупнозернистых частиц, удалением пыли в ЭСО или рукавных фильтрах и удалением SO₂.

Методы, применяемые для удаления SO₂, связаны с используемыми исходными материалами и представляют собой установку двойного контактирования/двойной абсорбции, мокрый скруббер Mg(OH)₂, скруббер NaOH или другие методы.

Вторичные газы обрабатываются в рукавном фильтре с введением извести в случае значительных выбросов SO₂.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и SO₂.

Сокращение неорганизованных выбросов.

Уловленная пыль может быть возвращена в технологический процесс или переработана снаружи.

Отработанный очищающий раствор (скруббер NaOH) используется в KRS, где происходит испарение, поэтому свежая вода не используется.

Эффективность окружающей среды и эксплуатационные данные

В Aurubis Lunen печь TBRC используется для конвертирования черной меди. Она расположена в отдельном закрытом здании, из которого воздух отсасывается и очищается в фильтровальном блоке. Все дымовые газы от загрузки и выгрузки отсасываются с помощью интегрированного с краном вытяжного шкафа и вентиляции крыши в зале для плавильной печи. Максимальный расчетный объем отработанного газа составляет 230 000 Нм³/ч. Отходящие газы печи TBRC (70 000 Нм³/ч) отсасываются другой вытяжкой и очищаются в отдельном фильтре. Отходящий газ с TBRC с высоким содержанием SO₂ очищается в скруббере NaOH.

Непрерывные измерения концентраций проводятся для пыли, SO₂, NO_x, HF и HCl. Концентрации показывают очень высокие колебания из-за периодической операции. Минимальные и максимальные значения также сильно зависят от исходного сырья каждой партии. [77]

Кросс-медиа эффекты

Увеличение использования энергии.

Использование мокрых скрубберов приводит к образованию дополнительных отходов, сточных вод, которые требуют обработки.

Использование извести или других добавок для удаления SO₂.

Технические соображения, касающиеся применимости

Рукавные фильтры применимы к новым и существующим установкам. Скрубберы применимы для новых установок и при проведении крупной модернизации или модернизации существующих установок, поскольку необходимо принимать во внимание образование шлама и дополнительные меры по очистке сточных вод.

Экономика

Капитальные затраты на систему "дом в доме" составляют до 6 млн евро.

В Aurubis Lunen были представлены инвестиционные затраты в размере около 17,5 млн евро для мер по охране окружающей среды, реализованных в рамках проекта TBRC (включая интегрированную краном вытяжку, систему сбора газа, скруббер NaOH и новый рукавный фильтр).

Движущая сила для осуществления

Требования экологического законодательства.

5.2.4. Техники по обращению с отходами

Производство цветных металлов из первичного и вторичного сырья связано с возможностью образования широкого ассортимента побочных продуктов, промежуточных продуктов и отходов. Основная цель всегда должна состоять в минимизации образования отходов путем оптимизации процесса и максимальной

переработки остаточных продуктов и отходов при условии отсутствия негативных межсредовых эффектов. Остаточные продукты образуются на разных этапах производственного процесса, как при выполнении металлургических операций и плавки металлов, так и при очистке отходящих газов и сточных вод. От состава и количественного содержания элементов в остаточном продукте зависит возможность его вторичной переработки; например, анодный шлак является ценным сырьем для извлечения драгоценных металлов. Такие возможности всегда необходимо учитывать, принимая решение о конечной утилизации остаточного продукта в составе отходов.

Согласно действующему законодательству большинство таких остаточных продуктов относится к отходам. Однако в цветной металлургии в течение десятилетий разнообразные остаточные продукты используются в качестве сырья для других процессов, и существуют металлургические предприятия, чья деятельность направлена на повышение извлекаемости металлов и снижение количества отходов, направляемых на конечную утилизацию. Также хорошо известно, что металлургия демонстрирует один из самых высоких по сравнению с другими отраслями показателей вторичной переработки: большая часть материалов, перечисленных выше, повторно перерабатывается или повторно используется как в самой цветной металлургии, так и в других отраслях промышленности, например, при производстве цемента, абразивов и в строительстве. Это не связано с намерениями избавиться от них. Вторичные применения возникают в результате отделения металлов, что необходимо для их восстановления и производства чистых металлов из комплексных источников сырья. Такой подход позволяет минимизировать межсредовые эффекты. Тем не менее проблема остаточных продуктов, образующихся на производственных объектах, и поиск применений для таких продуктов будут играть важную роль и в будущем при выдаче соответствующих разрешений, поэтому поиск новых методов лежит, прежде всего, именно в этой области.

Таким образом, одно и то же вещество может считаться как отходом, так и вторичным сырьем в зависимости от особенностей его производства, транспортировки, а также использования или извлечения.

Описание

Техники, направленные на снижение объемов образования отходов при первичном и вторичном производстве меди, в результате повторного использования остатков, их переработки и извлечения полезных компонентов.

Техническое описание

Большинство промежуточных продуктов, образующихся при производстве меди, содержит извлекаемое количество меди и других цветных металлов и поэтому используется в качестве вторичного сырья.

Основными остаточными продуктами, образующимися при плавке меди, являются шлаки, окалина и съемы, удаляемые в ходе пирометаллургических процессов. Шлак

образуется в результате реакции шлакообразующих сопутствующих элементов (например, железо) с добавляемыми флюсами. При температурах плавки шлак жидкий, его плотность отличается от плотности расплава металла, и его легко слить отдельно. На рисунке 5.19. представлена схема процесса очистки медного шлака в электродуговой печи с целью внутренней вторичной переработки шлака. В данном примере расплавленный шлак с высоким содержанием меди из конвертера направляют на повторную плавку. После плавки шлак обезмеживают в электропечи для очистки шлака. Печь работает в непрерывном режиме с практически непрерывным сливом шлака. В зависимости от оборудования полученный очищенный шлак подвергают грануляции для производства абразива или медленному охлаждению с последующим дроблением для производства заполнителя или строительных материалов.



Рисунок 5.19. Переработка медного шлака в электродуговой печи

Существует различие между шлаком с высоким содержанием металла, который возвращается на повторную переработку в данном процессе или направляется на другой процесс или на другое производство для извлечения металла, и отвальным шлаком с низким содержанием металла.

Применение шлака в качестве строительного материала вместо заполнителя возможно, только если величина извлекаемых соединений металлов низкая. Шлак, который нельзя применять в качестве абразива или в гражданском строительстве, направляют на переработку или применяют в качестве строительного материала для специальных случаев (например, строительство участков для утилизации), или направляют на утилизацию.

Дроссы и пенистый шлак образуются в результате окисления металлов на поверхности ванны или в результате реакции с огнеупорами футеровки печи. Содержание металла в пенистом шлаке/дроссе сравнительно высокое (20 – 80 %), таким образом, эти материалы обычно возвращают на вторичную переработку в процесс или поставляют на другие металлургические заводы цветной металлургии для восстановления металла.

Футеровка и огнеупоры образуются при опадании огнеупорного материала из футеровки печи или полной смене футеровки печи. Срок службы футеровки печи – от нескольких недель до нескольких лет в зависимости от процесса и материала (например, у футеровки печи взвешенной плавки Outotec, используемой для плавки первичной меди, срок службы составляет 6 – 10 лет). Величина отработанной футеровки печи может составлять до 5 кг/тонну произведенного металла в зависимости от расплава [49]. Для переработки печной футеровки могут применяться следующие методы: использование в качестве шлакообразующего агента; повторное использование в качестве огнеупора.

Крупным источником образования отходов являются системы очистки. К этим материалам относятся колошниковая пыль и шламы, образующиеся в воздухоочистном оборудовании, а также другие твердые отходы, такие как использованный фильтрующий материал рукавных фильтров.

Пыль с участков хранения и подготовки или линий предварительной переработки сырья улавливается с помощью систем пылеочистки (обычно рукавных фильтров) и возвращается в основной процесс или передается на другой плавильный завод. В некоторых случаях перед отправкой на участки хранения и подготовки сырья пыль окатывают или брикетируют.

Материал, собираемый в виде пыли при очистке отходящих газов, можно окатывать или брикетировать и направлять обратно на плавку или поставлять как сырье для извлечения металлов на другие заводы. Пример – богатая цинком пыль из конвертера или электродуговой печи для первичной плавки меди, которая является побочным продуктом и используется в качестве сырья на цинковых металлургических заводах [20].

Шлам из скрубберов, содержащий металл, обычно обезвоживают, например, в фильтр-прессе и направляют на переплавку.

При сухой очистке отходящих газов материал фильтров периодически меняют. В фильтрующей ткани содержатся соединения металлов и частицы материалов из процесса. Известен целый ряд примеров использования фильтрующей ткани в пирометаллургическом процессе.

Количество использованных фильтрующих рукавов может быть уменьшено путем применения более надежного современного фильтрующего материала. Рукавные фильтры относятся к технологиям очистки, которые не требуют трудоемкого техобслуживания. При повреждении рукава соответствующий участок фильтра изолируют дефлекторами на время проведения ремонта. Полная замена фильтра происходит при 10 – 20 % неисправных секций фильтров.

Заменить материал в рукавных фильтрах на современные надежные материалы не составляет труда, однако в каждом конкретном случае следует учитывать технические требования и соответствующие инвестиционные затраты. В случаях замены или

обновления фильтрующей системы изменение нормативного срока эксплуатации и повышение работоспособности фильтрующих секций позволяет уменьшить их количество. Если это ведет к увеличению затрат на монтаж, то дополнительные расходы обычно компенсируются уменьшением количества рукавов фильтра.

При гидрометаллургическом производстве образуются технологические стоки, представляющие значительный риск загрязнения водных объектов. Поэтому их необходимо обрабатывать на водоочистных сооружениях. Очистка стоков гидрометаллургического производства предусматривает нейтрализацию или осаждение отдельных ионов. Основным остаточным продуктам в таких системах водоочистки являются гипс (CaSO_4), гидроксиды металлов и сульфиды. Образующийся шлам иногда направляется на переработку обратно в основной процесс.

В процессах выщелачивания, очистки и электролиза также образуются богатые металлом твердые остаточные продукты. Они часто содержат значительные объемы определенного металла и их либо возвращают в основной процесс, либо направляют для извлечения этого металла на другие заводы отрасли (например, для получения драгоценных металлов, свинца, меди и кадмия). Так, анодный шлам, образующийся в цехах электролиза меди, считается одним из наиболее ценных видов сырья для извлечения драгоценных металлов и, соответственно, ценным побочным продуктом производства меди.

Варианты вторичной переработки и повторного использования остаточных продуктов, образующихся при производстве меди, кратко представлены в таблице .10.

Таблица .10. Остаточные продукты и отходы, образующиеся при производстве меди , и возможные варианты обращения с ними

№ п/п	Источник остаточных продуктов	Промежуточный или остаточный продукт	Варианты переработки или вторичного использования
1	2	3	4
1	Подготовка сырья	Пыль, сметы	Шихта для основных процессов
2	Плавильная печь	Шлак, пыль, сметы	Возврат на плавку; строительный материал; производство абразивов
3	Конвертер		Повторное использование в печи
4	Рафинировочные печи		
5	Переработка шлака	Очищенный шлак, пыль	Строительный материал, абразивы, наполнитель для дренажа, фильтр при производстве цемента
		Штейн	Извлечение металла
		Поверхностный шлак/ дросс	Возврат в процесс после очистки

6	Анодная печь	Шлак	Извлечение металла
7	Электрорафинирование	Отработанный электролит	Извлечение металла или переработка/утилизация
		Отработанные аноды	Возврат в анодную печь
		Анодный шлак	Извлечение драгоценных металлов
8	Выщелачивание	Остаточные продукты	Утилизация
9	Сернокислотная установка	Катализатор	Восстановление, переработка или удаление
		Кислые шламы	Извлечение металла, утилизация
		Слабая кислота	Выщелачивание, разложение, нейтрализация, производство гипса
10	Футеровка печи	Огнеупоры	Использование в качестве шлакообразующего агента, утилизация; повторное использование в качестве огнеупора
11	Травление	Отработанная кислота	Восстановление
12	Системы сухой очистки (рукавные или электрические фильтры)	Отфильтрованная пыль	Возврат в процесс; извлечение прочих металлов
13	Системы мокрой очистки (скрубберы или электрические фильтры)	Фильтровальный шлак	Возврат в процесс или извлечение металлов; утилизация (например, ртути)
14	Шлам от очистки сточных вод	Гидроксидные или сульфидные шламы	Утилизация, вторичное использование

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение отходов, предназначенных для утилизации.

Восстановление ценных металлов.

Минимизация экологических рисков, связанных с отходами, поступающими на полигоны.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Определяется индивидуально.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Экономические аспекты.

5.2.5. Энергоэффективность

5.2.5.1. Повышение эффективности использования энергии при первичном производстве меди

Описание

В процессе производства первичной меди используются техники, направленные на повышение эффективности энергопотребления за счет применения избыточного тепла в процессе плавки, использования горячих технологических газов для различных процессов, таких как сушка и предварительный нагрев подаваемых компонентов, применение печей взвешенной плавки, а также применяются меры по предотвращению увлажнения концентратов.

Техническое описание

К таким техникам относятся:

- 1) использование горячих технологических газов от процессов плавления для нагревания подаваемых компонентов;
- 2) использование избыточного тепла, генерируемого на стадиях первичной выплавки или конвертирования;
- 3) оптимизация использования энергии, содержащейся в концентрате, с помощью печи взвешенной плавки;
- 4) укрытие концентратов во время транспортировки и хранения;
- 5) использование тепла газов из анодных печей в каскаде для других процессов, таких как сушка.

Процесс плавки с помощью печи взвешенной плавки происходит в газовой среде. В процессе взвешенной плавки применяют обогащение дутья кислородом для получения автогенного или почти автогенного режима. Взвешенную (кислородно-факельную) плавку проводят в печах Outotec или INCO, при этом происходят окисление и плавка сухого концентрата в форме взвешенных в воздухе частиц. В печи достигается высокая скорость плавки; в зависимости от конструкции печи и типа концентрата возможно достижение производительности до 400 000 т. черновой меди в год.

Важное значение имеет утилизация теплоты уходящих газов с возвратом части теплоты в печь. Это объясняется тем, что единица теплоты, отобранная у газа и вносимая в печь с воздухом или газом (единица физической теплоты), оказывается значительно ценнее единицы теплоты, полученной в печи в результате сгорания топлива, так как теплота подогретого воздуха (газа) не влечет за собой потерь теплоты с дымовыми газами [63].

Преимущества предварительного нагрева воздуха, подаваемого для поддержания горения, подтверждены многими документами. Если воздух подогревается на 400 °С, рост температуры пламени составляет 200 °С, а если предварительный подогрев составляет 500 °С, температура пламени растет на 300 °С [56]. Как следствие,

возрастание калориметрической температуры влечет за собой увеличение радиационной составляющей в процессе теплопередачи греющей среды к нагревательным материалам, находящимся в рабочем пространстве печи. Увеличение радиационной составляющей объясняется тем, что теплопередача излучением зависит от температуры факела в четвертой степени. Поэтому увеличение температуры пламени обеспечивает более высокую эффективность плавки и сокращение потребления энергии [65].

Альтернативой нагреву подаваемого для поддержания горения воздуха является предварительный нагрев материала, подаваемого в печь. Экономия энергии на 8 % может быть получена на каждые 100 °С предварительного нагрева. Практические данные свидетельствуют, что подогрев на 400 °С ведет к экономии 25 % энергии, в то время как подогрев на 500 °С ведет к экономии 30 % энергии [10].

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.

Тепло газов из анодных печей используется при сушке и на других этапах производства.

Горячие газы, образующиеся во время плавки или обжига сульфидных руд, почти всегда проходят через паровые котлы. Полученный пар можно использовать для производства электроэнергии и/или для отопления. Примером этого является то, что медеплавильный завод обеспечивает 25 % своих электрических потребностей (10,5 МВт) от пара, производимого котлом-утилизатором (КУ) печи для обжигания. Кроме выработки электроэнергии, пар используется в качестве технологического пара в концентрированной сушилке, а остаточное тепло используется для предварительного нагрева воздуха для горения.

Избыточное тепло, образующееся на этапах первичной плавки или конвертирования, используется для плавки вторичных материалов без использования дополнительного топлива. Например, тепло в конвертерах используется для плавления лома.

Достигнутые экологические выгоды

Высокая экологическая результативность.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В Aurubis Hamburg (Германия) и Pirtdor используется отопительный котел для извлечения тепла из плавки концентрата. Пар используется для паровых сушилок концентрата и различных химических процессов, а также отопления зданий. Теплота, сгенерированная в конвертерах, используется для плавки лома. В установке с двойным контактом теплообменники восстанавливают тепло от производства H_2SO_4 из SO_2 .

В Польше на заводах KGHM Glogow 1 и Legnica газы из шахтных плавильных печей (содержащих около 10 % CO) направляются на местные электростанции для сжигания, для удаления CO и восстановления энергии. Извлеченные газы из шахтных печей используются в качестве воздуха для горения на местных электростанциях.

В Legnica вентиляционные газы из загрузочной, выпускной и шлаковой секций анодных печей частично используются в качестве воздуха для горения в горелках анодных печей. Нагретый воздух в трубах атмосферных охладителей преобразователей используется для нагрева пылевидных дымовых газов от шахтных печей, которые были переданы на электростанцию для сжигания.

На предприятиях Казахстана: Усть-Каменогорский металлургический комплекс ТОО "Казцинк" и Балхашский медеплавильный завод ТОО "Kazakhmys Smelting" установлены котлы-утилизаторы, использующие газы с печей и конвертеров.

В Шведской компании Voliden отопительный котел использует тепло от плавки и конверсии концентрата. Отработанное тепло применяется в сушке концентрата для экономии энергии.

В Atlantic Copper (Испания) котел использует тепло от плавки концентрата. Полученный пар используется для сушки концентратов, нагревательных установок на заводе и производства электроэнергии. Уходящие газы с электростанции также используются для сушки концентратов. Система управления энергией обеспечивает непрерывное повышение энергоэффективности.

Кросс-медиа эффекты

При использовании техники по сушке концентратов необходимо учитывать баланс влажности, чтобы избежать пыления.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение техники использования технологических газов от процессов плавления для нагревания подаваемых компонентов возможно при использовании шахтных печей. Такая технология используется для многих видов концентратов и шихтовых материалов, включая вторичное сырье и окисленные руды.

Применение техники оптимизации использования энергии, содержащейся в концентрате, с помощью печи взвешенной плавки оправдано для новых установок и для значительной модернизации существующих установок. Данная техника признана по всему миру как "стандарт" производства первичной меди.

Экономика

Многие техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Экономия энергии.

5.2.5.2. Повышение эффективности использования энергии при вторичном производстве меди

Описание

При вторичном производстве меди применяются техники, главным образом состоящие из использования избыточного тепла, образующегося на различных этапах производства (плавка, конвертирование, анодирование) и горячих технологических газов. Они направлены на плавку лома, производство энергии, а также уменьшение содержания влаги в подаваемых в печь компонентах. Также осуществляется поддержание высокой температуры в печи между стадиями технологического цикла. В целом техники имеют схожую структуру с техниками, используемыми при первичном производстве меди.

Техническое описание

К таким техникам относятся:

- 1) уменьшение содержания влаги в подаваемых в печь материалах;
- 2) производство энергии за счет использования избыточного тепла от анодной печи;
- 2) использование для плавки лома избыточного тепла, генерируемого при плавке или конвертировании;
- 4) поддержание высокой температуры в печи между стадиями технологического цикла;
- 5) производство пара путем рекуперации избыточного тепла из плавильной печи для нагрева электролита на установках аффинажных заводов и/или для производства электроэнергии на установке комбинированной генерации электроэнергии и тепла;
- 6) предварительный нагрев шихты печи с помощью горячих технологических газов, поступающих со стадий плавки.

Уменьшение содержания влаги производится при помощи сушки. Процессы сушки используются для обеспечения качества исходных материалов, соответствующего требуемым характеристикам основных технологических процессов. Так же уменьшение содержания влаги в материале способствует снижению потребляемой энергии в процессе плавки. 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. Сушка обычно осуществляется за счет прямого нагрева материала от сгорания топлива либо 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, как и содержащиеся СО отходящие газы, которые могут сжигаться с целью сушки сырья. Используются вращающиеся печи и сушилки с псевдосжиженным слоем.

Между стадиями производственного цикла осуществляется поддержание высокой температуры в печи в связи с тем, что металл должен удерживаться в расплавленном

состоянии постоянно. В противном случае после его остывания будет потрачено большее количество энергии для переплавки.

Повышение энергоэффективности и снижение внешнего потребления топлива также достигаются за счет применения технологий рекуперации отработанного тепла. Горячие отходящие газы плавильной печи или конвертерной емкости направляются в котел-утилизатор. В котле газ охлаждается за счет образования пара. Пар можно использовать, например, для сушки концентрата (при прямой сушке паровым змеевиком, 150 – 180 кг пара на тонну концентрата) или для других технологических установок, а также производства электроэнергии или отопления.

Многие процессы используют избыток тепла, которое образуется на этапах плавки или конвертирования вторичных материалов без потребления дополнительного топлива. Например, избыточное тепло при конвертировании штейна используется для плавки анодного лома. В этом случае лом используется для снижения температуры процесса, причем состав лома тщательно контролируется. Это позволяет избежать необходимости охлаждения конвертера другими способами на различных этапах технологического цикла. Добавка лома для охлаждения может применяться и во многих других типах конвертеров, а те, в которых этот метод пока не может быть реализован, должны быть реконструированы таким образом, чтобы обеспечить применение этого метода.

Достигнутые экологические выгоды

Во время переплавки электронного либо батарейного лома горючий пластик вносит свой вклад в энергию, которая используется в процессе плавки и сокращает объем необходимого ископаемого топлива. Также следует отметить, что удельные организованные выбросы плавильных заводов, перерабатывающих лом, в 4 раза ниже, чем выбросы плавильных заводов, работающих на первичном сырье. Поэтому изготовление медных катодов из вторичных материалов исключает выбросы сотен тысяч тонн загрязняющих веществ и CO₂.

Эффективное использование энергии способствует снижению выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В Польше Glogow 1, Glogow 2 и Legnica тепло, выделяемое в конвертерах (в первичной продукции), используется для плавки лома.

На заводе Aurubis Lunen в Германии тепло от печи KRS и анодной печи извлекается в котел нагрева воды и используется для нагрева электролита.

В бельгийской компании Aurubis Olen на заводе Contimelt горячие газы из шахтной печи ASO используются для предварительного подогрева концентрата, а котел для отработанного тепла производит пар. На установке Contirod сырье печи Asarco

предварительно нагревается уходящими газами в шахте печи. Уходящие газы предварительно нагревают воздух для горения через теплообменник. Закрытая система загрузки предотвращает утечку тепла и газов из установки.

В Aurubis Avellino (Италия) отработанное тепло от шахтной печи используется для предварительного нагрева природного газа.

В Umicore Hoboken (Бельгия) вместо использования дополнительной воды смешивается сухое и влажное сырье. В плавильном заводе максимально используется электронный лом. На предприятии установлены высокоэффективные электрические двигатели для вентиляторов, насосов и т. д. Используются частотные преобразователи. Температура процесса контролируется и регулируется подача энергии для минимизации использования энергии. На электролизной установке поддерживается высокий электрический КПД > 95 %.

В австрийской компании Montanwerke Brixlegg отопительный котел использует тепло от отходящего газа анодной печи. Регенеративный термический окислитель используется для отходящего газа из шахтной печи.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость техники уменьшения содержания влаги ограничена, когда содержание влаги в материалах используется в качестве метода уменьшения неорганизованных выбросов.

Экономика

Техники требуют значительных инвестиций. Для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Минимизация затрат на энергию.

5.2.5.3. Эффективное использование энергии в операциях электролитического рафинирования меди

Описание

Техника представляет собой комплекс мер, направленных на усовершенствование конструкции ванн электролизеров. Применяются системы укрытия и термоизоляции электролизных ванн, поверхностно-активные вещества, нержавеющая сталь для катодов. Осуществляется автоматическое управление по замене катодов/анодов в ванне

Техническое описание

К техникам относятся:

- 1) применение термоизоляции и укрытие электролизных ванн;
- 2) добавление в электролит поверхностно-активных веществ;

3) усовершенствование конструкции ванн электролизеров за счет оптимизации следующих параметров: расстояние между анодами и катодами, конфигурация анодов, плотность тока, состав и температура электролита;

4) использование катодной основы из нержавеющей стали или титана;

5) автоматизированная замена катодов/анодов для точной установки электродов в ванне;

6) выявление коротких замыканий и контроль качества с целью обеспечения заданных геометрических параметров электродов и точности веса анодов.

Для повышения эффективности использования энергии при электроочистке и электролитической экстракции особое внимание уделяется состоянию электролита, обеспечению оптимальных эксплуатационных режимов, термоизоляции оборудования и автоматизации процессов.

Основными требованиями, предъявляемыми к электролиту, являются его высокая электропроводность (низкое электрическое сопротивление) и чистота. Для обеспечения высокой электропроводности электролита требуется поддержание необходимой температуры. Обычно для этого используется пар. При проведении электролиза при температуре 50 – 56 °С улучшаются показатели электролита, такие как: снижается электрическое сопротивление раствора, повышается растворимость солей металлов, возрастает коэффициент диффузии меди, а следовательно, улучшаются условия для выравнивания концентрации ионов металлов в электролите. Для максимального сохранения тепловой энергии, используемой для подогрева электролита, широко применяются термоизоляция и укрытие электролизных ванн.

Существенное влияние на структуру и качество катодных осадков оказывают поверхностно-активные вещества (ПАВ). Эффективность действия добавок ПАВ при различных режимах электролиза и плотностях тока заметно меняется. Поэтому подбор оптимальных составов и концентрации ПАВ для каждого предприятия представляет самостоятельную задачу. В качестве ПАВ при электрорафинировании меди применяют клей, желатин, тиомочевину, а также сульфитцеллюлозные щелоки, высокомолекулярные спирты, полиакриламид, различные смазочные масла и другие органические соединения [70,71].

Добавление в электролит поверхностно-активных веществ способствует улучшению структуры и образованию на катоде гладкого мелкокристаллического осадка с весьма высокими антикоррозийными свойствами. Это способствует увеличению эффективности использования катода и экономии энергии [9].

При ведении технологического процесса электрического рафинирования меди с точки зрения электротехники возможны две основные ситуации. Это отсутствие контакта между шиной и электродом или возникновение короткого замыкания между анодом и катодом. Для идентификации обеих ситуаций достаточно измерить интенсивность электромагнитного поля и сформировать отображение превышения

уставок для эксплуатационного персонала [10]. В настоящее время существуют различные указатели замыкания в электролизных ваннах. С целью периодической настройки электродов, обеспечивающей равномерное распределение тока между всеми электродами в ванне, разработан прибор "Электрод-12", успешно прошедший длительные испытания в промышленных условиях. Одновременно на 12 электродах прибор позволяет регистрировать диаграмму тока и на основании ее проводить настройку ванны, предупреждая короткие замыкания.

В связи с необходимостью повышения качества катодной меди большинство медеелектролитных заводов переходит на бесосновную технологию ее получения. Вместо одноразовых медных матриц (основ), на которые в процессе электролиза должна оседать очищенная медь, используются постоянные из нержавеющей стали или титана с большим сроком службы.

Кроме повышения качества катодной меди, такая технология позволяет:

уменьшить расстояние между электродами до 90 – 95 мм, за счет чего увеличить на 11 – 13 % количество анодов в ванне и производительность цеха;

ликвидировать матричный передел и уменьшить объем незавершенного производства;

существенно уменьшить эксплуатационные затраты, в т.ч. за счет устранения затрат, связанных с короткими замыканиями.

Применяются подвешивание и выгрузка электродов из ванн с помощью мостового крана и специальных захватов комплекта электродов с заданным межэлектродным расстоянием. Механизация и автоматизация этих операций ощутимо снижают предельные затраты.

Применяются системы, оснащенные устройством для наблюдения за перемещением листов, позволяющие корректировать их положение. При этом сокращается длительность операции извлечения и установки матричных листов.

В современном процессе электролиза меди используются усовершенствование конструкции ванн электролизеров, позволяющее обеспечить необходимое расстояние между анодами и катодами, конфигурацию анодов, плотность тока, состав и температуру электролита.

Достигнутые экологические выгоды

Экономия энергии. Снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Рельсовый мостовой кран, перемещающийся над верхней кромкой ванн, используется в японской фирме "Онахама". При этом благодаря программированному обслуживанию ванн сведен к минимуму пробег транспортных средств.

На заводе АО "Уралэлектромедь" используются автоматические краны, обеспечивающие возможность сокращения межэлектродного расстояния и более точную установку анодов и катодов в ванне. Применение на кранах оптического

датчика позволяет размещать электроды с точностью ± 2 мм, что увеличивает производительность и снижает вероятность замыканий. Кран, способный работать в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах, за один час работы может перевезти более 2500 электродов.

Матрицы из нержавеющей стали используются на УМКМ ТОО "Казцинк".

Внедрение бесосновой технологии на АО "Уральская горно-металлургическая компания" (Россия) позволяет снизить энергоемкость производства (в структуре себестоимости на электроэнергию приходится около 65 %), т. к. коэффициент использования тока увеличивается на 2 – 3 % [69].

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяются на предприятиях с различными способами производства меди.

Экономика

Для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Экономия электроэнергии.

5.3. Техники при производстве драгоценных металлов

5.3.1. Техники по снижению выбросов от процессов предварительной обработки сырья (дробление, просеивание, смешивание)

Описание

Пыль может возникнуть в результате проведения таких операций, как:

смешение компонентов шихты в смесителе для сыпучих материалов до начала плавки;

дробление шлака, отработанных тиглей и огнеупорных материалов в дробилке;

смешение, дробление, просеивание сырья, содержащего драгоценные металлы, в виде порошков и др.

Для снижения неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от процессов предварительной обработки сырья (дробление, просеивание, смешивание), содержащего драгоценные металлы, применяются следующие техники:

закрытые зоны предварительной обработки и системы транспортировки;

организация системы пылеулавливания на участке предварительной обработки сырья и при проведении погрузочно-разгрузочных работ;

электроблокировка, обеспечивающая невозможность эксплуатации оборудования без системы пылеулавливания.

На некоторых предприятиях, в зависимости от их размера и применяемых технологий могут быть организована централизованная система сбора и обработка

пыли, образующейся в результате процесса предварительной обработки сырья, плавки и других пылеобразующих операций.

Техническое описание

В закрытых зданиях могут быть предусмотрены соответствующие вытяжные устройства (например, системы обеспыливания зданий), применяться системы пылеподавления, такие как форсунки для воды (являются одним из важнейших составных элементов в оборудовании для системы туманообразования) или системы туманообразования. Смешивание пылевидных материалов необходимо проводить в закрытом помещении или закрытых бункерах/смесителях.

Операции по смешиванию, очистке и измельчению сыпучих материалов предусматривают организацию системы пылеулавливания (вытяжные зонты, подключенные к системе воздуховодов с рукавными фильтрами).

При использовании картриджных или рукавных фильтров обратная прерывистая струя воздуха удаляет пыль из блоков, которая направляется в бункер и систему сбора. Все обслуживаемое смесительное оборудование, очистные камеры и дробилки, как правило, электрически заблокированы с пылеуловителем, так что никакое оборудование не может работать, если пылеуловитель и система фильтрации не работают. При использовании рукавных фильтров собранная пыль подается в качестве сырья на наиболее подходящую операцию по рафинированию металла в зависимости от ее состава.

На автономных системах пылеулавливания или общих вытяжных установках источники выбросов загрязняющих веществ (дымовые трубы) могут оснащаться датчиками измерения пыли (или аналогичным оборудованием) и приборами, которые регистрируют данные и передают на компьютер в центральную диспетчерскую. Помимо предоставления данных о выбросах в режиме реального времени для дымовых труб это оборудование может обеспечить сложную диагностическую запись состояния отдельных рядов фильтрующих элементов в пылеуловителе или вытяжном блоке. Датчики настроены на подачу сигнала тревоги при заданном значении концентраций пыли с целью предупреждения о возможном выходе из строя фильтрующего элемента и электроблокировки оборудования без системы пылеулавливания.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли.

Сокращение образования твердых отходов.

Уловленная в аспирационных системах пыль направляется на переработку для извлечения ценных металлов.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение использования энергии для эксплуатации аспирационных систем.

Технические соображения, касающиеся применимости

Выбор методов предварительной обработки сырья зависит от типа оборудования, технологического процесса производства, а также типа и размера частиц исходного сырья.

Централизованная система аспирации воздуха может быть применима для новых установок, работающих с порошкообразными или пылевидными материалами, для ее реализации на существующих предприятиях потребуется их серьезная модернизация.

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Свести к минимуму потерю ценных (драгоценных) металлов и восстановить сырье, содержащее ДМ и другие ценные металлы.

5.3.2. Техники по снижению выбросов при пирометаллургических процессах производства сплава Доре

Описание

Драгоценные металлы концентрируют в золотосеребряном сплаве (сплав Доре), который получают из медеэлектролитных шламов, образующихся в процессе производства катодной меди. Золото извлекается из шлама, а также из сырья высокой степени готовности: катодное и шлиховое золото, сплав серебряно-золотой (Доре).

Поступающие на аффинаж материалы подвергаются приемной плавке с целью получения однородного по химическому составу сплава, опробывания, частичного удаления нежелательных примесей и получения нужной формы сплава для его последующей переработки. Приемную плавку осуществляют в электрических индукционных печах.

При переплавке ртутьсодержащего материала (с остаточным содержанием ртути 0,05 - 0,1 %) с выделяющимися парами ртути механически увлекаются благородные металлы. Пары ртути улавливают в специальной конденсационной системе. Собранная ртуть содержит и золото, и серебро.

Для снижения неорганизованных выбросов в атмосферу при осуществлении пирометаллургических операций (получение сплава Доре и другие) применяются следующие техники:

закрытые помещения и/или зоны плавильных печей;

проведение процессов под вакуумом;

организация системы пылеулавливания для плавильных печей (системы мокрой очистки, рукавные фильтры);

утилизация выбросов SO_2 ;

восстановление селена, собранного в отходящих газах, и осаждение из водного раствора;

электроблокировка, обеспечивающая невозможность эксплуатации оборудования без системы пылеулавливания.

На некоторых предприятиях в зависимости от их размера и применяемых технологий могут быть организована централизованная система сбора и обработка отходящих газов и пыли, образующихся в результате процесса предварительной обработки сырья, плавки и других операциях.

Техническое описание

Закрытые печи, герметичные корпуса/кожухи, уплотнители с эффективной системой очистки технологических газов.

Входящее сырье (анодный шлам) для снижения примесей меди и теллура проходит автоклавное выщелачивание, затем отфильтровывается и высушивается. Готовая шихта подается в плавильный агрегат – печь Калдо через закрытые бункеры, подключенные к системе аспирации отходящих газов. Непыльные и крупные материалы загружаются непосредственно в печь через открытые лодочки/емкости в закрытых условиях. В печи Калдо последовательно проводятся процессы плавления, восстановления и конвертирования. Работа происходит под отрицательным давлением. Печь Калдо герметизирована и подключена к системе аспирации. Приемный ковш закрывается или укрыт во время выпуска/разливки металла/шлаков. Ковши держат в корпусе до тех пор, пока материал не затвердеет.

Купеляционная печь (TBRC/TROF/VBOC) для рафинирования обогащенных драгоценными металлами сплавов из медно-свинцовых линий загружается крупными материалами, не содержащими серы и селена. Печь закрыта водоохлаждаемой крышкой, которая одновременно используется как колпак для отходящих технологических газов. Кроме того, печь размещена внутри кожуха для улавливания неорганизованных выбросов. Карбонат натрия и другие флюсы для процесса рафинирования хранятся в закрытых бункерах и загружаются через закрытую систему.

Сплав Доре также может быть получен в результате удаления цинка выпариванием под вакуумом в вакуумной реторте (VP). Никаких флюсов не требуется. Это закрытый процесс. Формовка в бруски осуществляется под вытяжным колпаком, а отработанный воздух фильтруется через рукавные фильтры.

Вытяжки/кожухи подключаются к системе вытяжной вентиляции, обеспечивающей сбор газов. Система вытяжной вентиляции подключена к системе удаления газов, присутствующих в зонах загрузки/разборки, а также в зонах литья сплава Доре/серебряных анодов.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и сокращение выбросов пыли, металлов.

Все остатки, образующиеся в системах мокрого обеспыливания, которые могут содержать ценные металлы (отфильтрованный шлак), возвращаются в процесс рафинирования. Собранная пыль перерабатывается с целью извлечения твердых частиц и других ценных металлов, что способствует экономии сырья и минимизации потоков отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На Балхашском медеплавильном заводе основным сырьем производства серебра является медеэлектролитный шлак. Золото извлекается из шлама, а также из сырья высокой степени готовности: катодное и шлиховое золото, сплав серебряно-золотой (Доре). Для снижения примесей меди и теллура шлак проходит автоклавное выщелачивание. Из раствора автоклавного выщелачивания извлекают теллур в виде теллурида меди. Шлак после автоклава отфильтровывается и высушивается. Готовая шихта подается в плавильный агрегат – печь Калдо. В этой печи последовательно проводятся процессы плавления, восстановления и конвертирования. В процессе плавки образуется плавильный шлак, являющийся отходом для аффинажа. Шлак направляется в медеплавильное или свинцовое производство, так как содержит медь, свинец и небольшое количество драгметаллов. На стадии конвертирования образуется конвертерный шлак, который является обратным продуктом аффинажа. Обычно его заворачивают на последующую плавку. Технологические газы проходят систему очистки. Полученную пульпу отфильтровывают и получают шлак в скруббере Вентури, который является обратным продуктом для печи Калдо. Фильтрат содержит селен, который восстанавливают до металлического порошкового селена при помощи диоксида серы и потом реализуют потребителю. Полученный сплав Доре или анодное серебро разливаются в аноды, которые поступают на электролиз.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии для работы систем фильтрации, обеспыливания и скрубберов.

Использование флюсов для повышения эффективности реакций плавки и предотвращения образования летучих соединений металлов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы применимы к новым и существующим установкам.

Системы мокрого обеспыливания и рекуперации селена применимы для отходящих газов, содержащих летучий селен.

Рукавные фильтры обычно применяются для сухих газов (не содержащих летучий селен) и вентиляционных газов.

Экономика

Техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Свести к минимуму потерю ценных (драгоценных) металлов и восстановить сырье, содержащее ДМ и другие ценные металлы.

5.3.3. Техники предотвращения и сокращения выбросов в процессе аффинажа золота (электролитическое рафинирование)

Аффинаж золота — комплекс технологических процессов для глубокой очистки золота от примесей, который включает ряд стадий очистки, среди которых преобладают методы химической обработки, физической обработки, концентрирования, для получения металла заданной химической чистоты.

Наиболее эффективным и распространенным методом аффинажа золота является электролитическое рафинирование. Также в промышленном производстве применяются хлорное рафинирование (процесс Миллера) и гидрометаллургическое рафинирование.

Описание

Для предотвращения и снижения выбросов в процессе электролитического рафинирования золота применяются следующие техники:

- разработка комплексных мероприятий по управлению технологическим процессом;
- использование закрытых резервуаров/сосудов/труб для перекачки растворов;
- установка систем аспирации для электролизеров;
- применение водяной завесы;
- рециркуляция растворов для повторного использования;
- утилизация побочных продуктов для извлечения драгоценных металлов;
- извлечение азотной кислоты из высококонцентрированных NO_x -газов;

использование щелочного скруббера с раствором каустической соды для очистки отходящих газов от электролизеров.

Техническое описание

Золото получают методом электролитического или гидрометаллургического рафинирования после выщелачивания анодного шлама азотной кислотой. После выщелачивания золотой порошок отливается в аноды. Используемый электролит представляет собой раствор соляной кислоты и тетрахлорзолотой кислоты. Постоянный электрический ток, подаваемый между электродами, заставляет ионы золота, растворенные с анодов, мигрировать и осаждаться на катодах.

Золото также может быть извлечено выщелачиванием шламов/золотого порошка соляной кислотой в присутствии окислителей (HNO_3 , Cl_2 , H_2O_2 и др.) с последующим селективным восстановлением и осаждением из раствора.

Меры, интегрированные в процесс управления.

Процессы электрорафинирования могут быть оптимизированы с точки зрения конструкции электролизера, расстояния между анодом и катодом, плотности тока, состава электролита, температуры и скорости потока, чтобы обеспечить низкое потребление энергии и поддерживать высокую производительность.

Закрытые резервуары/сосуды/трубы для перекачки растворов.

Применяются закрытые емкости/резервуары для хранения электролитов и реагентов (медный порошок, сода) для очистки отработанного электролита и цементации серебра. Резервуары/сосуды для хранения представляют собой резервуары с двойными стенками или помещаются в прочные обваловки. Пол непроницаем для воды и кислоты. Закрытые трубопроводы используются для передачи растворов/электролитов.

Кристаллы серебра по закрытым конвейерам переносят в сборные сосуды или поднимают с помощью сборных лотков со дна ячейки.

Выщелачивание анодного шлама азотной кислотой (перед электролизом золота) происходит в закрытых емкостях.

Закрытые реакционные сосуды с вытяжной вентиляцией также используются для выщелачивания анодного шлама соляной кислотой или другими растворителями или смесями растворителей, а также на последующих стадиях для восстановления и осаждения золота.

Регулярный осмотр и профилактическое обслуживание ячеек, резервуаров, труб, насосов и систем очистки применяются для обеспечения герметичности и предотвращения утечек.

Установка систем аспирации для электролизеров.

Промывка шлама происходит внутри корпуса или ограждения.

Электролизеры для электролиза золота оснащены зонтами/встроенными кожухами и вытяжной вентиляцией для улавливания хлора, образующегося на аноде.

Водяная завеса.

Это может быть использовано для предотвращения выбросов газообразного хлора при выщелачивании анодного шлама соляной кислотой или другими растворителями.

Рециркуляция растворов для повторного использования

Дренажные системы должны быть герметичны, и все собранные растворы рециркулируют в производственном процессе.

Утилизация побочных продуктов для извлечения драгоценных металлов.

Электролит от электролиза золота очищается для извлечения золота. Отработанные аноды переплавляют для извлечения металла. Шламы, содержащие золото и другие драгоценные металлы (ДМ), извлекаются и дополнительно очищаются.

Растворы процессов выщелачивания золота очищаются для извлечения золота и ДМ

Растворы, обогащенные ДМ, используются для внутренней или внешней регенерации ДМ.

Извлечение азотной кислоты из газов NO_x с высокой концентрацией.

NO_x -содержащие газы от выщелачивания анодного шлама азотной кислотой собираются через специальную систему воздухопроводов и промываются и/или обрабатываются в скрубберах для извлечения азотной кислоты.

Использование щелочного скруббера.

Для очистки отходящих газов от электролизеров применяют щелочной скруббер с промывкой раствором каустической соды.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неорганизованных выбросов.

Эффективное использование энергии.

Восстановление металлов и сырья.

Технологические остатки возвращаются в процесс (отсутствие отходов)

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На УМКК ТОО "Казцинк" все оборудование участка драгоценных металлов, являющееся источниками выделения вредных веществ, оснащено аспирационными установками, с помощью которых вентиляционные газы выбрасываются в атмосферу. Водоотведение в промышленную канализацию от завода по производству драгоценных металлов отсутствует, все отходы, в том числе жидкие, перерабатываются непосредственно в самом цехе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Методы применимы к новым и существующим установкам.

Экономика

Многие техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Свести к минимуму потерю ценных (драгоценных) металлов и восстановить сырье, содержащее ДМ и другие ценные металлы.

5.3.4. Техники по снижению выбросов в процессе аффинажа золота (гидрометаллургическое рафинирование)

Описание

Для снижения неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в процессе гидрометаллургического рафинирования золота применяются следующие техники:

применение герметичных или закрытых реакционных сосудов, емкостей и резервуаров, аппаратов и баков с регуляторами уровня, оборудованными

аспирационными системами, изолированных труб, закрытых дренажных систем, планирование программ по техническому обслуживанию оборудования;

реакционные сосуды и резервуары, подключенные к общей системе воздухопроводов для отвода отходящих газов (резервная система автоматически подключается в случае отказа основной);

система скруббера с серной кислотой для очистки от аммиака;

система мокрого щелочного скруббера, содержащая водный раствор каустической соды, для очистки кислых отходящих газов, таких как соляная кислота, хлор и NO_x ;

скрубберы NO_x , содержащие водную смесь перекиси водорода и азотной кислоты (для высоких концентраций NO_x (целью этих мини-скрубберов является снижение нагрузки на основную систему);

системы управления, такие как подключение скрубберов к приоритетной электрической цепи, обслуживаемой резервным генератором, на случай отключения электроэнергии и для оперативных пусков и остановок; утилизация отработанной кислоты и подпитка скрубберов свежей кислотой с помощью автоматизированной системы управления, обеспечивающей наличие резервного насоса циркуляции промывной жидкости от каждого резервуара скруббера на случай отказа насоса.

Техническое описание

Методами гидрометаллургического (кислотного) рафинирования являются: растворение/выщелачивание соляной кислотой, соляной кислотой и хлором, азотной кислотой, царской водкой (азотная кислота и соляная кислота), дистилляция, операции фильтрации и процессы селективной экстракции (включая экстракцию растворителем и ионный обмен).

Применение кислот и щелочей приводит к образованию токсичных и потенциально вредных для окружающей среды отходящих газов, которые требуют обработки для снижения их концентрации до приемлемо низких концентраций перед выбросом в атмосферу.

подавляющее большинство реакций приводит к кислотным отходящим газам, среди которых наиболее значительными являются соляная кислота, хлор и NO_x . Кроме того, некоторые реакции приводят к выбросу небольшого количества SO_2 , брома и серной кислоты.

Меры предотвращения выбросов загрязняющих веществ.

Все реакционные сосуды во время работы герметизируют, закрывая крышку загрузочного отверстия. Обычно их открывают только в начале процесса, во время загрузки материалов или для отбора проб. Использование закрытых реакторов также значительно снижает нагрузку на установку очистки отходящих газов по сравнению с вентилируемыми реакторами, что снижает потребление химикатов, электроэнергии и

воды. Резервуары всегда находятся под отрицательным давлением, и все пары, образующиеся во время работы, удаляются на специальную газоочистную установку.

Резервуары для хранения как внутренние, так и внешние герметичны и обычно снабжены закрывающимся смотровым люком или портом. Они открываются только тогда, когда резервуары пусты для целей технического обслуживания и т. д. Резервуары для хранения также подключены к системе местной вытяжной вентиляции, а технологические газы направляются на соответствующую газоочистную установку.

Оборудование для экстракции растворителем и фильтры обычно располагаются в специально построенном корпусе или под вытяжными зонтами. Большинство реакционных емкостей и резервуаров для хранения оснащено автоматическим контролем уровня. Это означает, что при заполнении резервуара или сосуда перекачивающий насос автоматически отключается при достижении желаемого уровня. Кроме того, установлены сигнализаторы высокого уровня, которые предупредят операторов в случае нарушения этого уровня. Эти элементы управления сводят к минимуму риск переполнения резервуаров и сосудов и возникновения утечки.

Все водные растворы и растворители перемещаются между сосудами, резервуарами и т. д. по закрытым трубопроводам, чтобы исключить любой контакт с операторами.

Резервуары для реагентов и промежуточные резервуары изготовлены из материалов, совместимых с содержащимся в них раствором. Как правило, на многих заводах они включают высококачественные армированные пластмассы, устойчивые к коррозии. Внешние резервуары для хранения всегда располагаются в обвалованных зонах, где любой случайный разлив может быть задержан и утилизирован. Эти обвалованные участки сделаны из кислотостойких материалов или аналогичных материалов, чтобы исключить просачивание в землю. Все внутренние полы обычно покрыты плиткой, чтобы предотвратить просачивание на землю, и снабжены отстойниками для сбора случайных разливов.

На всех заводах применяются строгие плановые программы технического обслуживания и ремонта всего оборудования, а также планы по предотвращению аварийных ситуаций.

Реакционные сосуды и резервуары, подключенные к общей системе воздухопроводов с отводом отходящих газов (автоматический резервный/резервный блок доступен в случае отказа).

Все реакционные сосуды и резервуары, которые могут выделять газообразный аммиак или кислые газы, подсоединяются к общей системе воздухопроводов (обычно через стеклянный конденсатор с водяным охлаждением), где вентилятор удаляет отходящие газы из сосуда. По воздухопроводу отходящие газы поступают в скрубберную установку.

Система скруббера, содержащая раствор серной кислоты

Скрубберная установка обычно состоит из одной или нескольких газоочистных башен с резервуаром, содержащим раствор серной кислоты. Если в системе газоочистки работает более одной колонны, подавляющее большинство отходящих газов аммиака поглощается в первой газоочистке, а другая служит в качестве второй ступени и/или резервной установки на случай выхода из строя первой.

С точки зрения практики эксплуатации ключевыми параметрами являются мониторинг и контроль кислотности в резервуаре (резервуарах) скрубберной жидкости. Отходящие газы скрубберных установок выбрасываются в атмосферу через специальную дымовую трубу.

Система мокрого щелочного скруббера, содержащая водный раствор каустической соды.

Скрубберные установки обычно состоят из одной или нескольких газоочистных башен с резервуаром водного раствора каустической соды. Когда в системе газоочистки работает более одной башни, подавляющее большинство кислых отходящих газов поглощается в первой очистной установке, в то время как другая служит второй ступенью и/или резервной установкой на случай отказа первой.

С точки зрения практики эксплуатации ключевыми параметрами являются мониторинг и контроль щелочности в резервуарах скрубберной жидкости. Другим ключевым параметром является температура очищающей жидкости, которую необходимо поддерживать ниже заданного значения, чтобы обеспечить эффективное удаление NO_x и других кислых газов.

Скрубберы NO_x , содержащие водную смесь перекиси водорода и азотной кислоты.

Скрубберы NO_x используются (в дополнение к основной системе очистки) для конкретных установок, которые могут создавать высокие локальные концентрации NO_x . Целью этих мини-скрубберов является снижение нагрузки на основную систему. Отходящие газы оксидов азота (NO и NO_2) улавливаются с использованием кислорода или перекиси водорода в качестве окислителей с одной стороны, и азотной кислоты или мочевины (в качестве восстановителей) с другой стороны. Время пребывания и охлаждения циркулирующей промывочной жидкости имеет важное значение для оптимального поглощения газа и достижения предельных значений выбросов NO_x . Отходящие газы из скруббера NO_x направляются в скрубберы со щелочью (как описано выше) перед выбросом в атмосферу.

Системы управления.

Хорошей практикой является подключение скрубберной установки к приоритетной электрической цепи, которая обслуживается резервным генератором на случай отключения электроэнергии.

Кроме того, циркуляционный насос скрубберной жидкости из каждого резервуара скруббера должен иметь резерв, который включается автоматически в случае отказа насоса. А вентилятор для прокачки отходящих газов через систему тоже должен иметь резервный блок.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и снижение выбросов в атмосферу.

Предотвращение и снижение сбросов.

Переработка/использование отработанных / восстановленных промывочных жидкостей и других гидрометаллургических реагентов при выщелачивании и других операциях по рафинированию золота. Отработанная промывочная жидкость, используемая для сокращения выбросов газообразного аммиака (водный сульфат аммония), может быть отправлена на очистные сооружения, использована внутри в качестве реагента или удалена подрядчиком (который может использовать ее в качестве побочного продукта для кристаллизации в сульфат аммония для использования в качестве реагента или удобрения). Отработанная промывочная жидкость из скрубберов NO_x (азотная кислота) может быть рециркулирована внутри процесса очистки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Золотосодержащий шлам обрабатывают раствором азотной кислоты с целью его обогащения по золоту. Обогащенный шлам (черновое золото) отправляют на производство золота.

Кросс-медиа эффекты

Требуются реагенты и другое сырье (например, каустическая сода) для процессов очистки.

Увеличение потребления энергии для работы скрубберов и систем вытяжки/вентиляции и управления.

Увеличение использования воды для промывки сосудов, резервуаров и другого реакционного оборудования после использования.

Образование сточных вод, содержащих технологические стоки, разливы и отработанные промывочные жидкости.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные техники применимы для новых установок. Для применения техник на действующих предприятиях потребуется серьезная модернизация оборудования.

Экономика

Техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Свести к минимуму потерю ценных (драгоценных) металлов и восстановить сырье, содержащее ДМ и другие ценные металлы.

5.3.5. Техники по снижению выбросов при сушке и прокаливании золота

Описание

Для снижения неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от процессов сжигания, прокаливания и сушки золота применяются следующие техники:

подключение всех прокалочных печей, сушильных шкафов к общей вытяжной системе;

применение системы электронного контроля, обеспечивающей в случае отключения электроэнергии запуск резервного генератора, который обеспечивает через автоматизированную систему управления эксплуатацию оборудования, запуск и завершение работы, удаление отработанной кислоты, подачу свежей кислоты в скрубберы;

подключение всех печей для кальцинирования, печей для сжигания и сушильных печей к системе воздуховодов для отвода отходящих технологических газов;

установка скруббера включена в приоритетную электрическую цепь, которая обслуживается резервным генератором на случай отключения электроэнергии;

оперативный пуск, удаление отработанной кислоты и подпитка скрубберов свежей кислотой осуществляются с помощью автоматизированной системы управления;

дожигатель, циклон, газоохладитель, рукавный фильтр (и активный угольный адсорбер).

Техническое описание

Газообразные выбросы при обработке ДМ происходят при прокаливании чистых солей и сланцев на металлы и особенно соли (платины, рутения и иридия), продуктами разложения которых являются пары соляной кислоты, хлорид аммония и хлор. Кроме того, эти газы производятся при высоких температурах (около 350 - 900 °С), что представляет дополнительную проблему для их обработки и очистки. Следовательно, кальцинирующие печи "чистой соли" обычно соединяются с выделенным скруббером "чистой соли", а газы из этого скруббера направляются на каустический (щелочной) скруббер. Скруббер "чистых солей" включает две стадии промывки водой для гашения (охлаждения) газов и поглощения хлорида аммония и соляной кислоты; в то время как хлор и любая остаточная кислота, не очищенная водой, эффективно очищается в последующем щелочном скруббере.

Подобная установка для скруббера предназначена для обработки отходящих газов из кальцинирующих печей "грязных солей", установок для сжигания отходов и сушильных шкафов с аналогичными температурами. Газообразные продукты этих операций, как правило, значительно менее значительны, чем при воспламенении соли платины, но включают низкие концентрации соляной кислоты и возможно следы

других кислых газов, таких как сера, диоксид селена и NO_x . Как и при работе с "чистыми солями" газы, выходящие из скруббера "грязной соли", направляются через щелочной скруббер перед тем, как выбрасываться в атмосферу.

Эффективность очистки для установок "чистых солей" и "грязных солей" может быть > 99 % до щелочного скруббера. Обычная практика заключается в том, что вся установка скруббера находится на приоритетной электрической цепи, которая подается резервным генератором в случае сбоя питания.

Обычные операции, включая запуск и выключение, отработанную кислотную очистку и приготовление свежей кислоты, осуществляются через автоматизированную систему управления. Все переменные процесса передаются на локальную панель управления и в центральную диспетчерскую, где это применимо.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов в атмосферу.

Рециркуляция извлеченной кислоты.

Кросс-медиа эффекты

Требует реагентов и другого сырья (например, каустической соды) в качестве очищающей среды; однако некоторые из этих сырьевых материалов могут быть извлечены из процессов на месте, что приводит к получению определенных растворов кислот и щелочей и, следовательно, уменьшению или минимизации использования свежих реагентов.

Увеличение использования энергии при эксплуатации систем экстракции, работе скруббера и систем контроля.

Технические соображения, касающиеся применимости

Использование мокрого скруббера возможно для новых установок и реконструкции существующих.

Экономика

Техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Сокращение потерь ценных (драгоценных) металлов и восстановление сырья, содержащего ДМ и другие ценные металлы.

5.3.6. Техники по снижению выбросов при плавке готовой продукции

Описание

Для снижения неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от процессов плавки готовой продукции применяются следующие техники:

изолированные печи, работающие под вакуумом;

эффективные вытяжные и вентиляционные системы.

рукавные фильтры

Техническое описание

Плавка готовой продукции происходит в небольших плавильных печах с периодическим режимом. Могут использоваться электрические индукционные тигельные печи или газовые/масляные печи. Расплавленный металл отливают в разные формы (стержни, слитки) или гранулируют. Индукционные печи минимизируют образование газов сгорания и связанный с ними размер установки по борьбе с загрязнением.

Отходящие газы от плавильной печи охлаждают и очищают в рукавных фильтрах.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов в атмосферу.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Информация не представлена.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии для работы систем аспирации, вентиляции и обеспыливания.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика. Техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов.

Требования по соблюдению экологического законодательства.

Свести к минимуму потерю ценных (драгоценных) металлов и восстановить сырье, содержащее ДМ и другие ценные металлы.

5.3.7. Техники по обращению с отходами

Описание

Техники, направленные на снижение объемов образования отходов при производстве ДМ, в результате повторного использования остатков, их переработки и извлечения полезных компонентов.

Техническое описание

К отходам производства ДМ относятся:

шлаки после плавки приемного металла, оборотные шлаки;

осадки нейтрализации растворов;

остатки футеровки печей;

пыль циклонов, газоходов, рукавных фильтров и электрофильтров.

Отходы содержат извлекаемое количество золота и ДМ, поэтому используются в качестве вторичного сырья.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение отходов, предназначенных для утилизации.

Восстановление ценных металлов.

Минимизация экологических рисков, связанных с отходами, поступающими на полигоны.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Техники требуют значительных инвестиций, для определения экономической эффективности необходим индивидуальный подход.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

6. Заключение, содержащее выводы по НДТ

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники, обеспечивающие достижение уровней эмиссий и технологических показателей, связанных с применением НДТ, при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких НДТ.

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).

НДТ по сбросам в воду относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса сбрасываемых веществ на объем сточных вод, в мг/л.

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 показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления

энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т.д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса) и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

Для периодов усреднения эмиссий применяются следующие определения (см. таблица 6.1)

Таблица .. 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	Среднее значение трех последовательных измерений, по меньшей мере, 30 минут каждое, если не указано иное**	

* для периодических процессов может использоваться среднее значение полученной величины измерений, взятых за общее время отбора проб, или результат измерения, в результате разового отбора проб;

** для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб). Для любого параметра, при котором вследствие ограничений по отбору проб или анализа 30-минутные измерения не допустимы, применяется соответствующий период отбора проб.

6.1. Общие НДТ при производстве меди и драгоценных металлов

6.1.1. Система экологического менеджмента

НДТ 1.

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении системы экологического менеджмента, которая включает в себя все следующие функции:

заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;

определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;

планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

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;

проверка производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется:

мониторингу и измерениям,

корректирующим и предупреждающим мерам,

ведению записей,

независимому (при наличии такой возможности) внутреннему или внешнему аудиту для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрению и реализации;

анализ СЭМ и ее соответствие современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

отслеживание разработки экологически более чистых технологий;

анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

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.

6.1.2. Энергоэффективность

НДТ 2.

Управление энергопотреблением. НДТ заключается в использовании одной или нескольких техник:

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Система энергетического менеджмента (СЭнМ)	Общеприменима
2	Регенеративные дожигающие устройства	Применима, когда требуется очистка выбросов от горючих загрязняющих веществ
3	Регенеративные и рекуперативные горелки.	Общеприменима
4	Использование избыточного тепла, образующегося при реализации основных процессов	Общеприменима
5	Предварительный разогрев подаваемого в камеру сгорания воздуха с помощью горячих газов из литейных желобов	Применима только для литейных производств
6	Использование в металлургических агрегатах дутья воздухом, обогащенным кислородом, или чистым кислородом для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала	Общеприменима
7	Низкотемпературная сушка концентратов и влажного сырья перед плавкой	Общеприменима (Применимо только в том случае, если выполняется сушка)
8	Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями	Общеприменима
9	Предварительный разогрев шихты, дутья или топлива с использованием тепла, рекуперированного из горячих газов со стадии плавки	Применима только при обжиге или плавке сульфидной руды/концентрата и для других пирометаллургических процессов
10	Повышение температуры выщелачивающих растворов с использованием пара или горячей воды за счет утилизации отработанного тепла	Применима только для глинозема или гидрометаллургических процессов

11	Рекуперация химической энергии окиси углерода, образующейся в электрической или шахтной/ доменной печи, путем использования отходящих газов в качестве топлива, после удаления металлов, в других производственных процессах или для производства пара/горячей воды или электроэнергии	Применима при содержании CO > 10 об. % от общего объема отходящих газов. На применимость также влияют состав отходящих газов и наличие постоянного потока отходящих газов (т. е. периодические процессы)
12	Рециркуляция загрязненных отходящих газов через кислородно-топливную горелку для рекуперации энергии, содержащейся в присутствующем органическом углероде	Общеприменима
13	Подходящая теплоизоляция объектов, функционирующих при высоких температурах, например, трубопроводов пара и горячей воды	Общеприменима
14	Использование систем контроля, которые автоматически активируют включение системы вытяжки воздуха или регулируют скорость вытяжки в зависимости от фактических выбросов	Общеприменима
15	Использование тепла, образующегося при производстве серной кислоты из диоксида серы, для предварительного нагрева газа, используемого на заводе серной кислоты, или для выработки пара и/или горячей воды	Применим для заводов по производству цветных металлов, включающих производство серной кислоты или жидкого SO ₂

6.1.3. Управление технологическим процессом НДТ 3.

Обеспечение стабильности производственного процесса. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления, включающих использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Проверка и сортировка исходных материалов в соответствии с требованиями, определяемыми используемым технологическим оборудованием и применяемыми методами сокращения загрязнения	

2	Тщательное перемешивание различных материалов, входящих в состав шихты, для достижения оптимальной эффективности переработки и сокращения выбросов и отходов	Общеприменима
3	Системы взвешивания и дозирования сырья	
4	Использование микропроцессорных устройств контроля скорости подачи материала, ключевых технологических параметров, включая сигнализацию, условий сжигания и подачи дополнительного газа	
5	Непрерывный инструментальный контроль температуры, давления в печи и подачи газа	
6	Контроль критических параметров процессов, реализуемых на установках очистки воздуха, таких как температура газа, количество подаваемых реагентов, падение давления, ток и напряжение на электрофилт্রে, объем подачи и рН жидкости в мокром скруббере, состав подаваемого газа	
7	Непрерывный инструментальный контроль уровня вибрации для обнаружения завалов и возможных отказов оборудования	
8	Контроль содержания пыли и ртути в отходящих газах перед их подачей на сернокислотную установку	
9	Непрерывный инструментальный контроль силы тока, напряжения и температуры электрических контактов	Применима для процессов электролиза
10	Контроль и регулирование температуры для предотвращения образования выбросов металлов и оксидов металлов из-за перегрева	Применима для спекающих и плавильных печей
11	Использование микропроцессорных устройств для контроля подачи реагентов и работы очистного оборудования, включая непрерывный инструментальный контроль температуры, мутности, рН,	

электропроводности и объемов стока	Применима для установок очистки сточных вод
------------------------------------	---

НДТ 4.

Сокращение выбросов пыли и металлов. Поддержание в качестве составляющей СЭМ (см. НДТ 1) подсистемы, обеспечивающей эффективность эксплуатации систем пылеподавления и пылеулавливания.

6.1.4. Неорганизованные выбросы

НДТ 5.

Предотвращение или уменьшение неорганизованных эмиссий в воздух: улавливание эмиссий по возможности максимально близко к источнику с последующей очисткой.

НДТ 6.

Предотвращение или уменьшение неорганизованных выбросов пыли: разработка и реализация в качестве составной части СЭМ (см. НДТ 1) плана мероприятий по неорганизованным выбросам, предусматривающего, в том числе использование следующих техник:

1) инвентаризация наиболее характерных источников неорганизованных выбросов.

2) определение и реализация соответствующих мероприятий и методов по предотвращению и сокращению выбросов из наиболее характерных источников неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

НДТ предназначена для предотвращения или, где это нецелесообразно, сокращения неорганизованных выбросов пыли.

НДТ 7.

Уменьшение неорганизованных выбросов загрязняющих веществ, образующихся при хранении сырья. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	Использование закрытых помещений или емкостей/бункеров	Применяется для пылящих материалов, таких как концентраты, флюсы и т. д.
2	Сооружение укрытий над площадками хранения	Применяется для не пылящих материалов, таких как концентраты, флюсы, твердое топливо, крупнотоннажные насыпные материалы и кокс, а также вторичного сырья, содержащего растворимые в воде органические соединения
3	Герметичная упаковка	Общеприменима
4	Сооружение укрытий над пролетами	Общеприменима

5	Орошение водой с применением или без применения добавок	Не применяется для процессов, в которых используются сухие материалы или руды/ концентраты , содержащие достаточное количество естественной влаги, чтобы предотвратить пылеобразование. Применение также ограничено в регионах с нехваткой воды или с очень низкими зимними температурами
6	Размещение устройств улавливания пыли/газов в точках загрузки и перегрузки	Применяется в местах складирования пылящих материалов
7	Применение надежных систем обнаружения утечек и индикации уровня заполнения емкостей с подачей сигналов для предотвращения их переполнения	Общеприменима
8	Хранение серной кислоты и других агрессивных материалов в емкостях с двойными стенками или в емкостях, размещенных внутри устойчивого к воздействию агрессивных сред обвалования двойной вместимости	Общеприменима
9	Проектирование площадок для хранения таким образом, чтобы любые утечки из емкостей и систем доставки удерживались внутри обвалования, способного вместить объем жидкости, равный , по крайней мере, объему наибольшей емкости, размещенной внутри обвалования. Площадка для хранения должна быть обвалована и иметь покрытие, не подверженное воздействию хранящегося агрессивного материала	Общеприменима
10	Регулярная уборка и при необходимости увлажнение площадки хранения	Общеприменима
11	Применение защитных посадок, ограждений для защиты от ветра или обвалований с наветренной стороны для снижения скорости ветра	Применяется при складировании на открытых площадках
12	Выбор оптимальной схемы хранения материалов, исходя из	

	технической возможности и других факторов	Применяется при складировании на открытых площадках
13	Использование нефтеловушек и песколовок в дренаже открытых площадок хранения. Использование для хранения материалов, которые могут содержать нефтепродукты, бетонированных площадок с бортами или иными удерживающими устройствами	Общеприменима
14	Открытые площадки, оборудованные средствами механизации при перемещении материалов, предотвращающими или существенно снижающими неорганизованные выбросы	Общеприменима

НДТ 8.

Уменьшение неорганизованных выбросов, образующихся при обработке и транспортировке сырья. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Использование закрытых конвейеров, пневматических или гидравлических транспортных систем	Общеприменима
2	Установка устройств сбора пыли в пунктах доставки, вентиляционных отверстиях, пневматических транспортных системах и точках перегрузки на конвейерах передачи и их подключение к газоочистной системе	Применяется при использовании пылящих материалов
3	Использование для обращения с измельченными или водорастворимыми материалами закрытых мешков или бочек	Общеприменима
4	Использование подходящих типов контейнеров для обращения с гранулированными материалами	Общеприменима
5	Разбрызгивание воды для увлажнения материалов в местах их загрузки и разгрузки	Общеприменима
6	Минимизация расстояния транспортировки	Общеприменима

7	Уменьшение высоты падения с конвейерных лент, механических лопат или захватов	Общеприменима
8	Регулировка скорости открытых ленточных конвейеров (< 3,5 м/с)	Применяется при использовании открытых ленточных конвейеров
9	Минимизация скорости спуска или свободного падения материалов с высоты	Применяется при использовании открытых ленточных конвейеров
10	Размещение передающих конвейеров и трубопроводов на безопасных открытых площадках выше уровня земной поверхности с целью оперативного обнаружения утечек и предупреждения повреждений транспортными средствами и другим оборудованием. Если для перемещения опасных материалов используются подземные трубопроводы, местоположение их трасс должно быть документально зафиксировано и отмечено на местности соответствующими предупреждающими знаками; должны применяться системы безопасного ведения земляных работ.	Общеприменима
11	Автоматическая повторная герметизация нагнетательных соединений для работы с жидкими и сжиженными газами	Общеприменима
12	Обратный отвод вытесняемых газов в средства подачи для уменьшения выбросов ЛОС	Общеприменима
13	Мойка колес и шасси транспортных средств, используемых для доставки или обработки пылящих материалов	Не применяется в условиях, которые могут привести к обледенению
14	Проведение плановых кампаний по уборке дорог	Общеприменима
15	Разделение несовместимых материалов	Общеприменима
16	Минимизация материальных потоков между процессами	Общеприменима

НДТ 9.

Предупреждение или уменьшение неорганизованных выбросов: оптимизация параметров эффективности улавливания и очистки отходящих газов. Использование одной или нескольких техник.

--	--	--

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Предварительная тепловая или механическая обработка вторичного сырья с целью минимизации органического загрязнения шихты	Применима при использовании вторичного сырья
2	Использование закрытых печей, оснащенных системами пылеулавливания, или оснащение печей и другого технологического оборудования вытяжными системами	Применение может быть ограничено соображениями безопасности
3	Оснащение печей и конвертеров системами отведения газов в точках загрузки и выгрузки	Применение может быть ограничено соображениями безопасности
4	Сбор пыли в местах перегрузки пылящих материалов	Общеприменима
5	Оптимизация конструкции и технологии эксплуатации вытяжных устройств и газоходов с целью улавливания газов, возникающих при загрузке шихты и отходящих от разогретого металла; выдача и перемещение расплавов сульфидов или шлаков по закрытым желобам	Для существующих заводов применение может быть ограничено имеющимся пространством и сложившейся планировкой размещения объектов в цехах
6	Сооружение укрытий печей/реакторов для улавливания выбросов при загрузочных операциях и выдаче расплавов	Для существующих заводов применение может быть ограничено имеющимся пространством и сложившейся планировкой размещения объектов в цехах
7	Оптимизация потока отходящих из печи газов на основе компьютеризированных исследований и индикаторов гидродинамики	Общеприменима
8	Использование систем, позволяющих подавать сырье небольшими порциями	Ограниченно применима
9	Очистка улавливаемых отходящих газов с помощью газоочистных систем	Общеприменима

6.1.5. Мониторинг выбросов в атмосферу

НДТ 10.

Мониторинг организованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в соответствии с национальными и/или международными стандартами, которые

обеспечивают предоставление минимально достаточных данных для оценки соответствия фактических показателей технологическим показателям.

Таблица 6.2. Контролируемые показатели

№ п/п	Наименование процесса	Маркерные вещества	Контролируемые вещества	Периодичность
1	2	3	4	5
1	Пирометаллургический метод (производство меди)			
1.1	Прием, хранение, обработка, транспортировка, дозирование, смешивание, перемешивание, дробление, сушка, резка и сортировка сырья, а также пиролитическая обработка медной стружки при производстве первичной и вторичной меди	Пыль ****	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb	Для маркерных веществ – постоянно *****. Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
1.2	Сушка концентрата при производстве первичной меди	Пыль, SO ₂	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть **, NO _x	Для маркерных веществ – постоянно *****. Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
1.3	Первичная плавка в медеплавильной печи, конвертере (кроме тех газов, которые направляются на установку по производству серной кислоты или жидкого SO ₂ или на электростанцию)	Пыль, SO ₂	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть **	Для маркерных веществ – постоянно *****. Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал

1.4	Вторичная плавка в медеплавильной печи, конвертере и от переработки промежуточных продуктов вторичной меди (кроме тех газов, которые направляются на установку по производству серной кислоты или жидкого SO ₂ или на электростанцию)	Пыль, ПХДД/Ф ^{***} , SO ₂	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть ^{**} , NO _x	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****} . Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
1.5	Выдержка вторичной меди в печи	Пыль, ПХДД/Ф ^{***} , SO ₂	Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть ^{**} , NO _x	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****} . Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
1.6	Анодная печь (при производстве первичной и вторичной меди)	Пыль, ПХДД/Ф ^{****}	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть ^{**} , NO _x	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****} . Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
1.7	Отливка анодов (при производстве первичной и вторичной меди)	Пыль, ПХДД/Ф ^{****}	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, ртуть ^{**}	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****} . Для контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
			Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения,	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****}

1.8	Медеплавильная печь	Пыль, SO ₂ , ПХДД/Ф ^{***}	выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть ^{**}	Д л я контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
1.9	Пиролитическая обработка медной стружки, а также сушка, плавка и плавление вторичного сырья	ЛОС, ПХДД/Ф ^{***} , SO ₂	Мышьяк и его соединения, выраженные как As, Кадмий и его соединения, выраженные как Cd, Медь и ее соединения, выраженные как Cu, Свинец и его соединения, выраженные как Pb, ртуть ^{**} , NO _x	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****} . Д л я контролируемых – согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
1.10	Электролиз		Серная кислота	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
1.11	Утилизация диоксида серы из технологических газов	SO ₂	Серная кислота	Для маркерных веществ – постоянно ^{*****} . Д л я контролируемых - согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал.
2	Гидрометаллургический метод			
2.1	Экстракция растворителями		ЛОС	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
3	Производство драгоценных металлов			
3.1	Дробление, просеивание, смешивание, плавление, сжигание, кальцинирование, сушка и рафинирование		пыль	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
3.2				Согласно программе ПЭК, но

	Растворение/ выщелачивание азотной кислотой		NO _x	не реже одного раза в квартал
3.3	Плавильно-металлургическая установка по производству сплава Доре, включая сопутствующие операции сжигания, прокаливания и сушки		SO ₂	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
3.4	Гидрометаллургическое производство, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки использования мокрого скруббера		SO ₂	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
3.5	Гидрометаллургическое производство, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки		HCl и Cl ₂	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
3.6	Гидрометаллургическое производство, использующее аммиак или хлорид аммония		NH ₃	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал
3.7	Сушка, когда сырье содержит органические соединения, галогены или другие предшествующие ПХДД/Ф вещества, при сжигании и прокаливании		ПХДД/Ф	Согласно программе ПЭК
3.8	Пирометаллургические процессы с использованием сырья, содержащего ртуть		Ртуть **	Согласно программе ПЭК, но не реже одного раза в квартал

* при вторичной плавке;

** при наличии в сырье;

*** периодичность контроля 1 раз в год;

**** для источников выбросов пыли при хранении и обработке сырья, при объеме ГВС менее 10000 Нм³/ч, мониторинг может быть основан на измерении косвенных параметров на основании требований технологического регламента;

***** непрерывные измерения применимы для источников выбросов в атмосферу (более 500 т/год). В случае неприменимости непрерывного измерения НДТ – 1 раз в квартал.

При проведении непрерывных (постоянных) измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

1) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

2) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

3) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

При отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенных в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов.

6.1.6. Выбросы ртути

НДТ 11.

Сокращение выбросов ртути от пирометаллургических процессов, в которых применяется сырье, содержащее ртуть, может быть достигнуто одной из представленных техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Использование сырья с низким содержанием ртути, в том числе путем сотрудничества с поставщиками с целью удаления ртути из сырьевых материалов	Общеприменима
2	Использование адсорбентов (например, активированный уголь, селен) в сочетании с фильтрацией пыли	
3	Мокрое улавливание с последующей сорбцией или осаждением ртути и переводом ртути в труднорастворимые соединения	
4	Сотрудничество с поставщиками сырья с целью	

удаления ртути из сырьевых материалов

Таблица .. Технологические показатели выбросов в атмосферу ртути (кроме тех, которые направляются на завод по производству серной кислоты) в результате пирометаллургического процесса с использованием сырья, содержащего ртуть

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Ртуть и ее соединения, выраженные в Hg	мг/Нм ³	0.01 – 0.05*

*

1) среднесуточное значение или в среднем за период выборки;

2) нижний предел диапазона связан с использованием адсорбентов (например, активированного угля, селена) в сочетании с фильтрацией пыли.

6.1.7. Выбросы окислов азота

НДТ 12.

Снижение выбросов в атмосферный воздух NO и NO₂ от пирометаллургических процессов. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Горелки с низким выбросом NO _x
2	Кислородно-топливные горелки
3	Дутье, обогащенное кислородом
4	Газомазутные горелки
5	Рециркуляция дымовых газов (обратно через горелку для снижения температуры пламени) в случае кислородно-топливных горелок

6.1.8. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты и их мониторинг

НДТ 13.

Предотвращение или сокращение образования сточных вод. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Контроль объемов используемой и сбрасываемой воды	Общеприменима
2	Возврат в технологический процесс воды, использованной для промывки (в том числе промывки анодов и катодов)	Общеприменима

3	Повторное использование слабых кислот из стоков, образующихся в мокрых электростатических фильтрах и мокрых скрубберах	Применяется в зависимости от содержания в сточных водах металлов и твердых веществ
4	Повторное использование поверхностных сточных вод	Общеприменима
5	Использование систем оборотного водоснабжения	Общеприменима
6	Повторное использование воды, проходящей через очистные сооружения	Применяется в зависимости от содержания солей
7	Повторное использование сточных вод, образующихся при грануляции шлака	Применяется в зависимости от содержания в сточных водах металлов и твердых веществ

НДТ 14.

Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в соответствии с национальными и/или международными стандартами, которые обеспечивают предоставление минимально достаточных данных для оценки соответствия фактических показателей технологическим показателям.

Таблица .. Перечень контролируемых показателей в сточных водах

№ п/п	Показатель	Производство меди	Производство золота
1	2	3	4
1	Ртуть	+	+
2	Свинец	+	+
3	Цинк	+	+
4	Мышьяк	+	+
5	Кадмий	+	+
6	Медь	+	+
7	Серебро	-	+

НДТ 15.

Сокращение сбросов загрязняющих веществ со сточными водами: очистка сточных вод, образующихся при производстве меди, с целью удаления металлов и сульфатов. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Химическое осаждение	Общеприменима
2	Осаждение	Общеприменима
3	Фильтрация активированным углем	Общеприменима

Таблица .. Технологические показатели сбросов в водный объект, связанные с НДТ при производстве меди и драгоценных металлов

№ п/п	Значение (мг/л) (среднесуточное значение)	
	Продукция	

	Параметр	Медь	Драгоценные металлы
1	2	3	4
1	Серебро	-	≤ 0.6
2	Мышьяк	$\leq 0.1^*$	≤ 0.1
3	Кадмий	0.02 – 0.1	≤ 0.05
4	Медь	0.05 – 0.5	≤ 0.3
5	Ртуть	0.005 – 0.02	≤ 0.05
6	Свинец	≤ 0.5	≤ 0.5
7	Цинк	≤ 1	≤ 0.4

* в случае высокого содержания мышьяка в общем поступлении на установку значение может составлять до 0,2 мг/л.

6.1.9. Шум

НДТ 16.

Использование технологий для снижения уровня шума. НДТ заключается в использовании одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Использование насыпей для заграждения источника шума	Общеприменима
2	Звукоизоляция шумных установок или компонентов звукопоглощающими конструкциями	Общеприменима
3	Использование антивибрационных опор и соединительных элементов для оборудования	Общеприменима
4	Ориентация оборудования, издающего шум	Общеприменима
5	Изменение частоты звука	Общеприменима

6.1.10. Запах

НДТ 17.

Использование технологий для снижения уровня запаха. НДТ заключается в использовании одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Соответствующее хранение и обращение с пахучими материалами	Общеприменима
2	Снижение объемов использования пахучих материалов	Общеприменима
3	Тщательное проектирование, эксплуатация и обслуживание	Общеприменима

любого оборудования, которое может генерировать различные запахи
--

6.2. НДТ при производстве меди

6.2.1. Использование вторичного сырья

НДТ 18.

Увеличение выхода меди от использования вторичных сырьевых материалов. НДТ заключается в использовании одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Отделение крупных видимых компонентов вручную
2	Магнитная сепарация черных металлов
3	Оптическая или вихретоковая сепарация
4	Разделение по относительной плотности различных металлических и неметаллических компонентов (с использованием жидкости с другой плотностью или воздуха)

6.2.2. Энергоэффективность

НДТ 19.

Повышение эффективности использования энергии при первичном производстве меди. НДТ заключается в использовании одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Использование горячих технологических газов от процессов плавления для нагрева подаваемых компонентов	Для шахтных печей
2	Использование избыточного тепла, генерируемого на стадиях первичной выплавки или конвертирования	Общеприменима
3	Оптимизация использования энергии, содержащейся в концентрате, с помощью печи взвешенной плавки	Применима только для новых установок и для значительных модернизаций существующих установок
4	Укрытие концентратов во время транспортировки и хранения	Общеприменима
5	Использование тепла газов из анодных печей в каскаде для других процессов, таких как сушка	Общеприменима

НДТ 20.

Повышение эффективности использования энергии при вторичном производстве меди. НДТ заключается в использовании одной или нескольких техник.

--	--	--

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Уменьшение содержания влаги в подаваемых в печь материалах	Применение ограничено случаями, когда увлажнение материалов используется в качестве метода сокращения неорганизованных выбросов
2	Производство энергии за счет использования избыточного тепла от анодной печи	Применима, если существует экономически значимый спрос
3	Использование для плавки лома избыточного тепла, генерируемого при плавке или конвертировании	Общеприменима
4	Поддержание высокой температуры в печи между стадиями технологического цикла	Применима только для печей, эксплуатируемых в дискретном режиме, когда требуется заполнение буферной емкости расплава
5	Производство пара путем рекуперации избыточного тепла из плавильной печи для нагрева электролита на установках аффинажного завода и/или для производства электроэнергии на установке комбинированной генерации электроэнергии и тепла	Применяется при наличии экономически обоснованного спроса на пар
6	Предварительный нагрев шихты печи с помощью горячих технологических газов, поступающих со стадий плавки	Применима только для шахтных печей

НДТ 21.

Эффективное использование энергии в операциях электроочистки и электролитической экстракции. НДТ заключается в применении сочетания приведенных ниже техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Применение термоизоляции и укрытие электролизных ванн	Общеприменима
2	Добавление в электролит поверхностно-активных веществ	Общеприменима
3	Усовершенствование конструкции ванн электролизеров за счет оптимизации следующих параметров: расстояние между анодами и катодами,	Применима только для новых заводов и при полной

	конфигурация анодов, плотность тока, состав и температура электролита	модернизации существующих заводов
4	Использование катодной основы из нержавеющей стали или титана	Применима только для новых заводов и при полной модернизации существующих заводов
5	Автоматизированная замена катодов/анодов для точной установки электродов в ванне	Применима только для новых заводов и при полной модернизации существующих заводов
6	Выявление коротких замыканий и контроль качества с целью обеспечения заданных геометрических параметров электродов и точности веса анодов	Общеприменима

6.2.3. Выбросы в атмосферу

НДТ 22.

Для снижения вторичных выбросов в атмосферу от печей и вспомогательных устройств при производстве первичной меди и оптимизации работы системы борьбы с загрязнением НДТ заключается в сборе, смешивании и обработке вторичных выбросов в централизованной системе очистки отходящих газов.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Вторичные выбросы 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. Необходимо следить за тем, чтобы потоки, несовместимые по химическому составу, не смешивались, и избегать нежелательных химических реакций между различными собранными потоками.	Ограничена для существующих установок по причине конструктивных особенностей и расположения установок

6.2.3.1. Неорганизованные выбросы

НДТ 23.

Уменьшение неорганизованных выбросов от предварительной обработки (смешивание, сушка, перемешивание, гомогенизация, сортировка и гранулирование) первичных и вторичных материалов. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость

1	2	3
1	Использование закрытых конвейеров или пневматических транспортных систем	Применяется для пылящих материалов
2	Смешивание пылящих материалов в закрытых помещениях	Общеприменима. Для существующих заводов применение может быть затруднено в связи с необходимостью больших пространств
3	Использование систем пылеподавления с использованием водяных пушек, систем разбрызгивания	Применяется при перемешивании материалов вне помещений. Не применяется для процессов, требующих сухих материалов. Применение также ограничено в регионах с нехваткой воды или с очень низкими зимними температурами.
4	Использование закрытого оборудования для операций с пылеобразующими материалами, оснащенного системой улавливания отходящих газов	Общеприменима
5	Использование вытяжных систем в сочетании с системой улавливания пыли и газа	Общеприменима

НДТ 24.

Предупреждение или уменьшение неорганизованных выбросов при загрузке, плавке и выпуске из печей на заводах по первичной и вторичной выплавке меди, а также от нагревательных и плавильных печей. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Брикетирование и гранулирование сырья	Применима только для процессов и печей, предназначенных для использования гранулированного сырья
2	Эксплуатация печи и газоотводящих каналов при разрежении и скорости газоотведения, достаточной для предотвращения повышения давления	Общеприменима
3	Системы, обеспечивающие подачу исходного сырья равными порциями	Общеприменима
4	Вытяжные зонты/укрытия в точках загрузки и выпуска в	Общеприменима

	сочетании с системой улавливания и очистки отходящих газов	
5	Размещение печи в вентилируемом корпусе	Общеприменима
6	Герметизация печи	Общеприменима
7	Поддержание температуры в печи на минимально необходимом уровне	Общеприменима
8	Системы всасывания переменной мощности	Общеприменима
9	Закрытые помещения в сочетании с другими методами улавливания неорганизованных выбросов	Общеприменима
10	Подбор и подача сырья в соответствии с типом печи и применяемыми методами сокращения выбросов	Общеприменима
11	Использование крышек на ротационной анодной печи	Общеприменима
12	Закрытая система загрузки, например, одноструйная горелка, уплотнение двери, закрытые конвейеры или питатели, оснащенные системой вытяжки воздуха в сочетании с системой пыле- и газоочистки	Струйная горелка применима только для печей взвешенной плавки
13	Система загрузки с двойным колпаком для шахтных/доменных печей	Общеприменима

НДТ 25.

Уменьшение неорганизованных выбросов от конвертерных печей, в том числе печей Пирса – Смита, при первичном и вторичном производстве меди. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Эксплуатация печи и газоотводящих каналов при разрежении и скорости газоотведения, достаточной для предотвращения повышения давления
2	Первичный вытяжной зонт над конвертером, открывающийся для сбора отходящих первичных газов
3	Добавление материалов через вытяжной зонт либо вдувание в расплав
4	Система вторичных вытяжных зонтов и аспирационных укрытий, дополняющих основной зонт при загрузке печи и выпуске из нее металла
5	Размещение печи в закрытом помещении

6	Системы всасывания повышенной мощности и автоматизированный контроль для предотвращения выноса газов при перемещении конвертера
7	Обогащение кислородом
8	Системы усиленного отсоса и автоматическое управление для предотвращения выбросов, когда конвертер "выгружается" или "загружается"

НДТ 26.

Уменьшение неорганизованных выбросов от конвертерной печи Hoboken при производстве первичной и вторичной меди. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Эксплуатация печи и газового тракта под отрицательным давлением во время операций по загрузке, снятию шлака и выпуску
2	Обогащение кислородом
3	Горловина с закрытыми крышками во время работы
4	Системы усиленного отсоса

НДТ 27.

Уменьшение неорганизованных выбросов от процесса конвертирования штейна заключается в использовании печи взвешенной плавки.

Применимо только к новым установкам или значительным модернизациям существующих установок.

НДТ 28.

Уменьшение неорганизованных выбросов от вращающихся конвертеров с верхним дутьем при вторичном производстве меди. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Эксплуатация печи и газоотводящих каналов при разрежении и скорости газоотведения, достаточной для предотвращения повышения давления	Общеприменима
2	Обогащение кислородом	Общеприменима
3	Печь, расположенная в закрытом здании, в сочетании с технологиями сбора и передачи неорганизованных выбросов от загрузки и отвода в систему очистки	Общеприменима

4	Первичный вытяжной зонт над конвертером, открывающийся для сбора отходящих первичных газов	Общеприменима
5	Добавление материалов через вытяжной зонт	Общеприменима
6	Система усиленного отсоса	Общеприменима
7	Вытяжные зонты для сбора и удаления выбросов от операций загрузки в систему очистки	Применима при модернизации

НДТ 29.

Уменьшение неорганизованных выбросов от извлечения меди с помощью флотации шлака. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Методы пылеподавления, такие как распыление воды, при обработке, хранении и измельчении шлака
2	Измельчение и флотация производятся с использованием воды
3	Транспортировка хвостов флотации до участка конечного хранения с помощью гидротранспорта в закрытом трубопроводе
4	Охлаждение шлака водой в накопителе или использование в засушливых районах для пылеподавления таких средств, как известковое молочко
5	Поддержание уровня воды в отстойнике или использование пылеподавляющего средства, например, известкового молока в сухих районах

НДТ 30.

Уменьшение неорганизованных выбросов от переработки богатых медью шлаков. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Методы пылеподавления, такие как распыление воды при обработке, хранении и измельчении шлака
2	Эксплуатация печи при разрежении
3	Герметизация печи
4	Использование укрытий, замкнутых помещений и вытяжных зонтов для сбора и передачи выбросов отходящих газов в систему газоочистки
5	Закрытый желоб

НДТ 31.

Уменьшение неорганизованных выбросов от разливки анодов при первичном и вторичном производстве меди: использование над разливочным ковшом и над разливочной каруселью вытяжных зонтов, оборудованных системой всасывания.

НДТ 32.

Уменьшение неорганизованных выбросов от электролизеров. Использование комбинации одной или более техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Д о б а в л е н и е поверхностно-активных веществ	Общеприменима
2	Использование крышек на электролизных ваннах и вытяжного зонта для отведения испарений в систему газоочистки	Применима для электролизных ванн за исключением случаев, когда по требованиям технологии они должны оставаться не укрытыми, с целью поддержания температуры на необходимом рабочем уровне (порядка 60 - 65 ⁰ С)
3	Использование закрытых емкостей для хранения и трубопроводов для транспортировки растворов	Общеприменима
4	Улавливание аэрозолей, образующихся в промывных камерах машин для обдирки катодов и в машинах для промывки анодов	Общеприменима

НДТ 33.

Уменьшение неорганизованных выбросов в процессе литья медных сплавов. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Использование ограждений или кожухов для сбора и передачи выбросов в систему очистки
2	Использование покрытия для расплавов в печах для выдержки и литья
3	Система усиленного отсоса

НДТ 34.

Уменьшение неорганизованных выбросов при неокислотном и кислотном травлении.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Герметизация линии травления раствором изопропанола, работающим в замкнутом контуре	Применима только при непрерывном процессе травления катанки

2	Герметизация линии травления для сбора и передачи выбросов в систему очистки	Применима только для кислотного травления в непрерывных операциях
---	--	---

Применима только при непрерывном процессе травления катанки.

6.2.3.2. Организованные выбросы

НДТ 35.

Снижение выбросов пыли и металлов, образующихся при приемке, хранении, обработке, транспортировке, учете, смешивании, измельчении, сушке, резке и сортировке сырья при первичном и вторичном производстве меди: использование одной или нескольких газоочистных установок. Данные техники и достижимые с их помощью уровни эмиссий установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции.

Таблица .. Технологические показатели выбросов пыли при приемке, хранении, обработке, транспортировке, учете, смешивании, измельчении, сушке, резке и сортировке сырья

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	2 – 5*

*

1) среднее за период отбора пробы;

2) для предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021г $\leq 20\text{мг/ Нм}^3$;

3) ожидается, что выбросы пыли будут находиться в нижней границе диапазона, если выбросы тяжелых металлов превышают следующие уровни: 1 мг/Нм³ для свинца, 1 мг/Нм³ для меди, 0,05 мг/Нм³ для мышьяка, 0,05 мг/Нм³ для кадмия.

НДТ 36.

Снижение выбросов пыли и металлов, образующихся при сушке концентрата при производстве первичной меди: использование рукавного фильтра.

Применимость

В случае высокого содержания органического углерода в концентратах (например, около 10 весовых процентов) рукавные фильтры могут быть неприменимы (по причине забивания рукавов) и использоваться другие методы (например, ЭСП).

Таблица 6.7. Технологические показатели выбросов пыли при сушке концентрата

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	3 - 5*

*

- 1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;
- 2) если используемые концентраты имеют высокое содержание органического углерода (около 10 мас.%), концентрация может достигать 10 мг/Нм³;
- 3) ожидается, что выбросы пыли будут находиться в нижней границе диапазона, если выбросы тяжелых металлов превышают следующие уровни: 1 мг/Нм³ для свинца, 1 мг/Нм³ для меди, 0,05 мг/Нм³ для мышьяка, 0,05 мг/Нм³ для кадмия.

НДТ 37.

Сокращение организованных выбросов пыли, образующихся при первичной выплавке меди в печах и конвертерах (за исключением тех, которые направляются на сернокислотную установку): использование рукавного фильтра и/или мокрого скруббера.

Таблица 6.8. Технологические показатели выбросов пыли при выплавке меди в печах и конвертерах

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5*

*

- 1) среднесуточное значение;
- 2) ожидается, что выбросы пыли будут находиться в нижней границе диапазона, если выбросы тяжелых металлов превышают следующие уровни: 1 мг/Нм³ для свинца, 1 мг/Нм³ для меди, 0,05 мг/Нм³ для мышьяка, 0,05 мг/Нм³ для кадмия.

НДТ 38.

Сокращение организованных выбросов пыли и металлов (за исключением тех, которые направляются на сернокислотную установку) при вторичной выплавке меди в печах и конвертерах и переработке промежуточных продуктов из вторичной меди: использование рукавного фильтра.

Таблица 6.9. Технологические показатели выбросов пыли

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5*

*

- 1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;
- 2) ожидается, что выбросы пыли будут находиться в нижней границе диапазона, если выбросы тяжелых металлов превышают следующие уровни: 1 мг/Нм³ для свинца, 1 мг/Нм³ для меди, 0,05 мг/Нм³ для мышьяка, 0,05 мг/Нм³ для кадмия.

НДТ 39.

Сокращение организованных выбросов пыли и металлов от печи для выдержки вторичной меди: использование рукавного фильтра.

Таблица 6.10. Технологические показатели выбросов пыли от печи для выдержки вторичной меди

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	≤5*

* среднее значение за период отбора.

НДТ 40.

Сокращение организованных выбросов пыли и металлов при переработке шлака с высоким содержанием меди: использование рукавного фильтра или скруббера в сочетании с электрофильтром.

Таблица .. Технологические показатели выбросов пыли при переработке шлаков

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5*

*

- 1) среднее значение за период отбора;
- 2) ожидается, что выбросы пыли будут находиться в нижней части диапазона, когда выбросы свинца превышают 1 мг/Нм³.

НДТ 41.

Сокращение организованных выбросов пыли и металлов при первичном и вторичном производстве медных анодов: использование рукавного фильтра или скруббера в сочетании с ЭСП.

Таблица .. Технологические показатели пыли в выбросах при первичном и вторичном производстве медных анодов

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5*

*

- 1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;

2) ожидается, что выбросы пыли будут находиться в нижней границе диапазона, если выбросы тяжелых металлов превышают следующие уровни: 1 мг/Нм³ для свинца, 1 мг/Нм³ для меди, 0,05 мг/Нм³ для мышьяка, 0,05 мг/Нм³ для кадмия.

НДТ 42.

Сокращение организованных выбросов пыли и металлов от анодной отливки при производстве меди: использование рукавного фильтра или, в случае отходящих газов с содержанием воды, близким к точке росы, мокрого скруббера или каплеотбойника.

Таблица .. Технологические показатели выбросов пыли при анодной отливке

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	≤ 5 - 15*

*

- 1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;
- 2) нижняя граница диапазона связана с использованием рукавного фильтра.

НДТ 43.

Сокращение организованных выбросов пыли от медеплавильной печи: выбор и подача сырья в соответствии с типом печи и используемой системой борьбы с загрязнением, а также использование рукавного фильтра.

Таблица .. Технологические показатели выбросов пыли от медеплавильной печи

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль общая	мг/Нм ³	2 - 5*

*

- 1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;
- 2) ожидается, что выбросы пыли будут ближе к нижней границе диапазона, когда выбросы меди превышают 1 мг/Нм³.

6.2.3.3. Выбросы органических соединений

НДТ 44.

Снижение риска выброса в воздух органических соединений при сушке, обезжиривании и плавлении вторичного сырья, а также пиролитической переработке медной стружки. Использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
		Применимость ограничена содержанием энергии в отходящих газах, которые необходимо обработать,

1	Дожигатель или камера дожигания или регенеративный термический окислитель	поскольку отходящие газы с более низким содержанием энергии требуют большего расхода топлива
2	Ввод адсорбента в сочетании с рукавным фильтром	Общеприменима
3	Проектирование печи и методов борьбы с загрязнением окружающей среды в соответствии с имеющимся сырьем	Применима только для новых печей или капитальной модернизации существующих печей
4	Выбор и подача сырья в соответствии с типом печи и используемыми методами борьбы с загрязнением окружающей среды	Общеприменима
5	Термическое разрушение ЛОС при высоких температурах в печи (> 1000 °C)	Общеприменима

Таблица .. Технологические показатели выбросов летучих органических соединений при пиролизической обработке медной стружки, а также сушке, обезжиривании, плавке вторичного сырья

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	ЛОС	мг/Нм ³	3 - 30*

*

1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;

2) нижняя граница диапазона связана с использованием регенеративного термического окислителя.

Мониторинг проводить в соответствии с НДТ 10.

НДТ 45.

Сокращение выбросов органических соединений от экстракции растворителем при гидрометаллургическом производстве меди. Использование следующих техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Обработка реагентом (растворителем), обеспечивающим более низкое давление пара
2	Закрытое оборудование, такое как закрытые смесительные баки, закрытые отстойники и закрытые резервуары для хранения

НДТ 46.

Снижение риска выброса в воздух полихлордибензодиоксинов/фуранов при расплавлении, выплавке, рафинировании и конвертерной плавке вторичной меди: использование одной или нескольких комбинации техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Выбор сырья в соответствии с характеристиками печи и используемыми методами
2	Выбор оптимальных параметров горения
3	Использование системы, обеспечивающей подачу сырья малыми порциями
4	Термодеструкция ПХДД/Ф в печи при высоких температурах (> 850 °С)
5	Использование системы внутренних горелок
6	Использование камер и установок для дожигания
7	Избегать скопления пыли в дымоходах, через которые отводятся газы с температурой >250 ⁰
8	Быстрое охлаждение
9	Впрыск адсорбента в сочетании с эффективной системой пылеулавливания

Описание техник:

1) исходное сырье должно подбираться таким образом, чтобы печь и система очистки выбросов, используемая для достижения требуемых значений показателей эффективности, могли обеспечить необходимое улавливание загрязняющих веществ, содержащихся в подаваемой шихте;

2) действия по оптимизации условий горения: обеспечение необходимого смешивания кислорода воздуха с компонентами, содержащими углерод, контроль температуры газов и времени контакта, необходимого для окисления органического углерода, входящего в состав ПХДД/Ф;

3) подача сырья в полузакрывые печи небольшими порциями для уменьшения охлаждения печи во время загрузки, что позволяет поддерживать более высокую температуру газа и предотвращает образование ПХДД/Ф;

4) отходящий газ проходит через пламя горелки и органический углерод, соединяясь с кислородом, образует CO₂;

5) наличие пыли при температуре выше 250°С способствует образованию ПХДД/Ф;

6) быстрое снижение температуры отходящих газов препятствует повторному образованию ПХДД/Ф.

Описание методов приведено в разделе 5.2.3.2.

Таблица .. Технологические показатели выбросов ПХДД/Ф в результате пиролитической обработки медной стружки, плавки, огневого рафинирования и конвертирования при производстве вторичной меди

--	--	--	--

№ п/п	Техника	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	ПХДД/Ф	нг I-TEQ/Нм ³	≤ 0.1 *

* среднее значение за период выборки не менее шести часов.

Мониторинг проводить в соответствии с НДТ 10.

6.2.3.4. Выбросы диоксида серы

НДТ 47.

Снижение выбросов SO₂: направление отходящих газов (с предварительной очисткой от пыли) на установки по производству серной кислоты, жидкого диоксида серы, элементарной серы или других аналогичных продуктов.

Применимо в зависимости от содержания диоксида серы в газах и от наличия рынка производимого продукта или условий для долговременного хранения.

Таблица .. Технологические показатели выбросов SO₂ 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	Одноконтный завод серной кислоты	-***	800 – 940
2	Двухконтный завод серной кислоты	>99,8	
3	Установка мокрого катализа (процесс WSA)	>98***	

*

1) среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

2) для действующих предприятий, объем выпускаемой рафинированной меди, которых составляет свыше 100,0 тысяч тонн/год: 800 – 1250 мг/Нм³;

** коэффициент преобразования, включающий абсорбционную колонну, без учета эффективности последующей очистки хвостовых газов;

*** показатели с учетом доочистки хвостовых газов.

НДТ 48.

Сокращение выбросов SO₂ от первичного производства меди, за исключением направляемых на установки по производству серной кислоты или жидкого диоксида серы.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Сухой или полусухой скруббер	Общеприменимо

2	Мокрый скруббер	Применимость может быть ограничена в следующих случаях: очень высокие расходы отходящих газов (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема требуемой воды и необходимости очистки сточных вод); необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с выделением отдельных потоков для обессеривания, а также ограниченностью территории (отсутствие производственных площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений).
3	Система абсорбции/десорбции на основе полиэфира	Неприменима в случае производства вторичной меди. Неприменима при отсутствии установки по производству серной кислоты или жидкого SO ₂
4	Выбор сырья в соответствии с характеристиками печи и используемыми методами сокращения выбросов	Общеприменима
5	Раздельный слив расплавов с плавильных агрегатов	Общеприменима

Таблица .. Технологические показатели выбросов SO₂ при первичном производстве меди

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели для данной НДТ
1	2	3	4
1	SO ₂	мг/Нм ³	50 – 500*

*

- 1) среднесуточное значение или среднее значение за период отбора;
- 2) в случае использования мокрого скруббера или концентрата с низким содержанием серы концентрация может составлять до 350 мг/Нм³;
- 3) для предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021г. до выбора техники очистки с минимальным воздействием на объекты окружающей среды и апробации в промышленных условиях: 50 - 940 мг/Нм³.

НДТ 49.

Снижение выбросов SO₂ от вторичного производства меди (за исключением направляемых на установки по производству серной кислоты или жидкого диоксида серы): использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Сухой и полусухой скруббер	Общеприменима
2	Мокрый скруббер	Применимость может быть ограничена в следующих случаях: очень высокие расходы отходящих газов (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема требуемой воды и необходимости очистки сточных вод)
3	Выбор сырья в соответствии с характеристиками печи и используемыми методами сокращения выбросов	Общеприменима

Таблица .. Технологические показатели выбросов SO₂ при вторичном производстве меди

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Серы диоксид	мг/Нм ³	50 - 300*

* среднесуточное значение или среднее значение за период отбора.

6.2.3.5. Выбросы серной кислоты

НДТ 50.

Сокращение выбросов серной кислоты от процесса электролитического рафинирования, промывочной камеры машин для обдирки катодов и машины для промывки отработанных анодов может быть достигнуто за счет использования одной или нескольких из перечисленных техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Влагоуловитель	Для производства катодной меди
2	Мокрый скруббер	

Таблица .. Технологические показатели выбросов серной кислоты от процесса электролитического рафинирования, промывочной камеры машин для обдирки катодов и машины для промывки отработанных анодов

--	--	--	--

№ п/п	Техника	Применимость	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Серная кислота	мг/Нм ³	≤ 10

И

НДТ 51.

Сокращение выбросов SO₃/H₂SO₄ (в виде брызг и туманов) при производстве серной кислоты, основанное на использовании отходящих газов медного производства, заключается в использовании одной или нескольких техник, представленных ниже.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Минимизация колебаний уровня SO ₂ во входящих потоках	Общеприменима
2	Удаление влаги (сушка) входного газа и воздуха для горения	Только для процессов сухого контакта
3	Использование большей площади конденсации	Для процесса мокрого катализа
4	Применение высокоэффективных свечных фильтров после абсорбции	Общеприменима
5	Оптимальное распределение кислоты и скорость циркуляции	Общеприменима
6	Контроль концентрации и температуры абсорбирующей кислоты	Общеприменима
7	Применение методов регенерации/ абсорбции в процессах мокрого катализа, таких как мокрые электрофильтры и мокрая скрубберы	Общеприменима

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 10.

Таблица .. Технологические показатели SO₃/H₂SO₄, связанные с НДТ

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	2	3
1	Серная кислота	10 - 35

* средние показатели за год.

6.2.4. Загрязнение почвы и грунтовых вод

НДТ 52.

Предотвращение загрязнения почвы и подземных вод при флотационном извлечении меди: правильное проектирование площадки конечного хранения шлака, хвостов флотации, шламов, обеспечивающее исключение сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

НДТ 53.

Предотвращение загрязнения почвы и подземных вод электролитом при первичном и вторичном производстве меди.

№ п/п	Техника
1	2
1	Использование закрытой дренажной системы
2	Использование влагонепроницаемых и кислотостойких полов
3	Использование емкостей с двойными стенками или размещение их внутри прочного обвалования с непроницаемыми полами

НДТ 54.

Сокращение образования сточных вод при первичном и вторичном производстве меди: использование одной или комбинации техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Повторное использование воды в процессе флотационного извлечения меди из шлама
2	Повторное использование травильных растворов и промывной воды
3	Повторное использование электролита после удаления металла для электролиза и (или) выщелачивания
4	Переработка остатков (сырье) от этапа экстракции растворителем при гидрометаллургическом производстве меди для отделения органического раствора
5	Центрифугирование шлама от очистки и отстаивников с этапа экстракции растворителя в гидрометаллургическом производстве меди
6	Использование конденсата пара для обогрева электролитических ванн, промывки медных катодов или направление его обратно в паровой котел

6.2.5. Отходы

НДТ 55.

Организация системы обращения с отходами, полупродуктами и оборотными материалами, способствующей их повторному использованию, а в случае невозможности – вторичной их переработки или утилизации, включая использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3

1	Извлечение металлов из пыли, поступающей из систем пылеулавливания	Общеприменима
2	Повторное использование или продажа гипса, получаемого в результате переработки SO ₂	Применимость может быть ограничена в зависимости от содержания металлов и наличия рынка сбыта
3	Регенерация или переработка и утилизация (использование) отработанных катализаторов	Общеприменима
4	Использование с целью извлечения металла из осадка, образующегося при очистке сточных вод	Применимость может быть ограничена в зависимости от содержания металла и наличия рынка сбыта/технологического процесса
5	Использование слабой кислоты в процессе выщелачивания или для производства гипса	Общеприменима
6	Извлечение меди из содержащих ее в значительных количествах шлаков в шлаковых печах или в шлаковых флотационных установках	
7	Использование отвальных шлаков в качестве абразивных или строительных (для отсыпки дорог) материалов или материалов для технических этапов рекультивации	Применима в зависимости от содержания металлов и от наличия рынка
8	Использование лома футеровки печей и печного оборудования производства черновой меди для извлечения металлов или повторное ее использование в качестве огнеупорных материалов	
9	Использование хвостов (песков) после флотации шлама в качестве абразивных или строительных материалов или для иных возможных целей	
10	Использование съема с плавильных печей для извлечения металлов	Применимость может быть ограничена в зависимости от содержания металла и наличия
11	Использование слитого отработанного электролита для извлечения меди и никеля. Повторное использование остатков кислоты для получения нового электролита или для производства гипса	

12	Использование анодных остатков в качестве охлаждающего материала при пирометаллургическом рафинировании или при переплавке меди	рынка сбыта/технологического процесса
13	Использование анодного шлама для получения драгоценных металлов	
14	Использование гипса с установок по очистке сточных вод в пирометаллургическом процессе или его продажа	Применима в зависимости от качества получаемого гипса
15	Извлечение металлов из шламов	Общеприменима

6.3. НДТ при производстве драгоценных металлов

6.3.1. Выбросы в атмосферу

6.3.1.1. Неорганизованные выбросы

НДТ 56.

Сокращение неорганизованных выбросов в атмосферу от процедур предварительной обработки сырья (дробление, просеивание, смешивание), содержащего драгоценные металлы, путем применения одной из следующих техник или их комбинации.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Закрытые зоны предварительной обработки и системы транспортировки	Применима только для пылящих материалов
2	Организация системы пылеулавливания на участке предварительной обработки сырья и при проведении погрузочно-разгрузочных работ	Применима только для пылящих материалов
3	Электроблокировка, обеспечивающая невозможность эксплуатации оборудования без системы пылеулавливания	Для любых материалов

НДТ 57.

Сокращение неорганизованных выбросов в атмосферу при осуществлении пирометаллургических операций (получение сплава Доре и других) путем применения следующих техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Закрытые помещения и/или зоны плавильных печей
2	Проведение процессов под вакуумом

3	Организация для плавильных печей системы пылеулавливания
4	Электроблокировка, обеспечивающая невозможность эксплуатации оборудования без системы пылеулавливания

НДТ 58.

Сокращение неорганизованных выбросов в атмосферу при осуществлении процессов выщелачивания и электролиза золота путем применения одной из следующих техник или их комбинации.

№ п/п	Техника
1	2
1	Закрытые резервуары/аппараты и изолированные трубопроводы для транспортировки растворов
2	Использование других (заменяемых) типов электролитов, обеспечивающих осуществление технологических процессов (выщелачивания, растворения и электролиза) и имеющих более низкие газовые проявления
3	Вытяжные системы электролизеров
4	Водная стена (завеса), которая может использоваться для предотвращения выделения газообразного хлора при выщелачивании анодных шламов соляной кислотой или другими реагентами

НДТ 59.

Сокращение неорганизованных выбросов от реализации гидрометаллургических процессов путем применения следующих техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Меры по уменьшению уровня выбросов, таких как применение закрытых емкостей и резервуаров, аппаратов и баков с регуляторами уровня, изолированных труб, закрытых дренажных систем, планирование программ обслуживания оборудования
2	Реакционные сосуды и резервуары, подключенные к общей системе воздухопроводов для утилизации отходящих газов (резервная система автоматически подключается в случае отказа основной системы)

НДТ 60.

Сокращение неорганизованных выбросов в атмосферу от сжигания, прокаливания и сушки путем применения следующих техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Подключение всех печей для кальцинирования, печей для сжигания и сушильных печей к системе

	воздуховодов для отвода отходящих технологических газов
2	Применение системы электронного контроля, обеспечивающей в случае отключения электроэнергии запуск резервного генератора, который обеспечивает через автоматизированную систему управления эксплуатацию оборудования, запуск и завершение работы, удаление отработанной кислоты, подачу свежей кислоты в скрубберы
3	Установка скруббера включена в приоритетную электрическую цепь, которая обслуживается резервным генератором на случай отключения электроэнергии
4	Оперативный пуск и останов, удаление отработанной кислоты и подпитка скрубберов свежей кислотой осуществляется с помощью автоматизированной системы управления

НДТ 61.

Сокращение неорганизованных выбросов в атмосферу при плавке готовой продукции путем применения следующих техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Изолированные печи, работающие под вакуумом
2	Эффективные вытяжные и вентиляционные системы

6.3.1.2. Организованные выбросы

НДТ 62.

Снижение выбросов пыли и металлов в атмосферный воздух на всех участках, где возможно их образование, в том числе дробление, просеивание, смешивание, плавка, сжигание, обжиг, сушка и переработка путем применения одной или нескольких газоочистных установок.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Рукавный фильтр	Неприменима для газовых выбросов с высоким содержанием селена
2	Мокрый скруббер	Общеприменима
3	Мокрый электрофильтр	Общеприменима
4	Циклон	Общеприменима

Таблица .. Технологические показатели выбросов пыли от всех операций, связанных с образованием пыли, таких как дробление, просеивание, смешивание, плавка, сжигание, обжиг, сушка и переработка

--	--	--	--

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	Пыль	мг/Нм ³	2 – 5*

* среднесуточное значение или среднее за период измерений.

НДТ 63.

Снижение выбросов NO_x в атмосферный воздух от гидрометаллургических процессов, включая растворение/выщелачивание азотной кислотой, путем применения одной из следующих техник или их комбинации.

№ п/п	Техника
1	2
1	Щелочной скруббер с каустической содой
2	Скруббер с окислителями (например, кислород, перекись водорода) и восстановителями (например, азотная кислота, мочевины)*

* часто применяется в сочетании со щелочным скруббером с каустической содой.

Таблица .. Технологические показатели выбросов NO_x при гидрометаллургических процессах, включая растворение/выщелачивание азотной кислотой

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	NO _x	мг/Нм ³	70 - 150*

* в среднем за час или в среднем за период выборки.

НДТ 64.

Снижение выбросов SO₂ в атмосферный воздух в процессе подготовки сырья, получения сплава Доре, включая процессы сжигания, обжига и сушки, а также при гидрометаллургических процессах: применение одной из следующих техник или их комбинации.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Мокрый скруббер	Применение мокрого скруббера лимитируется в следующих случаях: очень высокая скорость подачи газа, из-за чего образуется большое количество отходов, в том числе водных отходов; в засушливых местностях, когда необходимо большое количество воды для переработки отходов, и связанные с этим факторы

Таблица .. Технологические показатели выбросов SO₂ от плавильно-металлургической установки по производству сплава Доре

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	SO ₂	мг/Нм ³	50 – 480*

* среднесуточное значение или среднее за период измерений.

НДТ 65.

Снижение выбросов SO₂ в атмосферу от гидromеталлургического производства, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки: использование мокрого скруббера.

Таблица .. Технологические показатели выбросов SO₂ от гидromеталлургического производства, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	SO ₂	мг/Нм ³	50 – 100*

* среднесуточное значение или среднее за период измерений.

НДТ 66.

Снижение выбросов HCl и Cl₂ в атмосферный воздух от гидromеталлургического производства, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки: использование щелочного скруббера.

Таблица .. Технологические показатели выбросов HCl и Cl₂ от гидromеталлургического производства, включая сопутствующие операции сжигания, кальцинирования и сушки

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ*
1	2	3	4
1	HCl	мг/Нм ³	≤ 5 - 10
2	Cl ₂		0,5 - 2

* в среднем за период выборки.

НДТ 67.

Снижение выбросов NH₃ в атмосферу от гидromеталлургического производства, использующего аммиак или хлорид аммония: использование мокрого скруббера с серной кислотой.

Таблица .. Технологические показатели выбросов NH₃ при гидрометаллургическом производстве с использованием аммиака или хлорида аммония

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ*
1	2	3	4
1	NH ₃	мг/Нм ³	1 - 3

* в среднем за период выборки.

НДТ 68.

Снижение выбросов ПХДД/Ф в атмосферу при сушке, когда сырье содержит органические соединения, галогены или другие предшествующие ПХДД/Ф вещества, при сжигании и прокаливании: использование одной или сочетания нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Дожигатель или регенеративный термический окислитель
2	Впрыскивание адсорбирующего вещества в сочетании с эффективной системой сбора пыли
3	Оптимизация условий сжигания или технологического процесса для снижения выбросов органических соединений
4	Ограничение использования пылоочистных систем с высоким пылеобразованием для температур > 250 °С
5	Быстрое закаливание
6	Термическое разрушение ПХДД/Ф в печи при высоких температурах (> 850 °С)
7	Использование кислородного дутья в верхней зоне печи
8	Внутренняя система горелок

Таблица .. Технологические показатели выбросов ПХДД/Ф при сушке, сжигании и прокаливании

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Технологические показатели выбросов для данной НДТ
1	2	3	4
1	ПХДД/Ф	нг I-ТЕQ/Нм ³	≤ 0.1

6.3.2. Охрана почвы и грунтовых вод

НДТ 69.

Предотвращение загрязнения почвы и грунтовых вод: применение следующих техник.

№ п/п	Техника
1	2

1	Использование герметизированной дренажной системы
2	Использование двойного ограждения или упорной стены
3	Использование кислотостойкого непроницаемого пола
4	Автоматический контроль уровня в реакционных аппаратах
5	Использование гидроизоляционного пленочного покрытия в основании и откосах карт хранилища промышленных отходов

НДТ 70.

Предотвращение образования сточных вод

№ п/п	Техника
1	2
1	Утилизация отработанных жидкостей из скрубберов и других реагентов, образующихся на гидрометаллургических стадиях выщелачивания или других операциях аффинажа
2	Утилизация растворов процессов выщелачивания

НДТ 71.

Организация системы обращения с отходами, полупродуктами и оборотными материалами, способствующей их повторному использованию, а в случае невозможности — вторичной их переработки или утилизации, включая использование одной или нескольких техник.

№ п/п	Техника
1	2
1	Извлечение металлов из шлаков, пылевых фильтров, систем влажного обеспыливания
2	Извлечение селена из систем мокрого обеспыливания, содержащих селен, перешедший в газовую фазу
3	Извлечение серебра из отработанных электролитов и растворов промывки шламов
4	Извлечение металлов из продуктов очистки электролитов (например, серебряный цементат, осадок основного карбоната меди и т. п.)
5	Извлечение золота, серебра и МПГ из электролитов, шламов и растворов после выщелачивания
6	Извлечение металлов из остатков анодов
7	Выделение металлов платиновой группы из растворов, обогащенных металлами платиновой группы

6.4. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве меди и золота являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов, в числе которых печи обжига, печи для сушки концентратов, плавильные печи, конвертеры, анодные печи, установки производства серной кислоты (в случае направления отходящих технологических газов для производства серосодержащих продуктов). Неорганизованные выбросы пыли возникают при дроблении, транспортировке, складировании сухих материалов и технологических газов.

Величина воздействия деятельности производственных объектов производства меди и золота на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления и водоотведения, эффективности работы очистных сооружений, качественной характеристик сброса сточных вод. Производственные стоки отсутствуют, если только система охлаждающей воды установки не имеет замкнутого контура.

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 меди и золота 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 для 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 производства меди и драгоценных металлов, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

7.1. Перспективные техники производства меди

7.1.1. Процессы LUREC и BAYQIK

Процессы LUREC и BAYQIK технологии преобразования высококонцентрированного диоксида серы в серную кислоту.

Добавление дополнительного прохода, который является внешним по отношению к существующей контактной установке, может быть использовано для увеличения существующей установки серной кислоты с целью использования более высоких концентраций диоксида серы на входе.

Процесс LUREC функционирует с 2007 года на китайском заводе, Yanggu Xiangguang Copper, провинция Шаньдун, Китай (производительность 2340 т/сут), где дополнительный предварительный блок предварительной абсорбции предшествует пятипроходному двойному контакту/двойной абсорбции серной кислоты, чтобы дать общую семипроходную тройную контактную установку. Это завод по производству новых месторождений, работающий с концентрацией на входе 16 – 18 % SO₂.

В процессе LUREC используется дополнительная контактная камера с одним или двумя слоями в зависимости от концентрации входного газа. Это действует как предварительный преобразователь, и теплообменник и стадия предварительной

абсорбции могут быть использованы до существующей установки. Испытывались концентрации сернистого газа на входе от 15 % до 25 %.

Процесс LUREC доступен и может использоваться в качестве дополнительного слоя для всех существующих установок, для обеспечения шести или семи проходов и тройной абсорбции, если требуется концентрация входного газа.

Процесс BAYQIK добавляет дополнительную внешнюю стадию к существующей установке серной кислоты, которая содержит слой катализатора со встроенным теплообменником. Завод был введен в эксплуатацию в 2009 году в Штольберге, Германия.

В процессе BAYQIK используется серия концентрических трубок, где катализатор и носитель содержатся во внутренней трубке, а наружное кольцо действует как теплообменник.

При использовании этих процессов можно достигнуть сокращения выбросов SO_2 , повышения общей эффективности существующей установки серной кислоты, а также более высокие концентрации входного газа могут быть использованы для снижения общего расхода газа.

7.1.2. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора

Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора, 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. На основании результатов анализа котловой воды 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.

При автоматизации контроля непрерывной продувки котла-утилизатора можно достигнуть экологические эффекты как исключение сверхнормативных потерь тепловой энергии, исключение превышения солесодержания в котловой воде, высокую надежность и безопасность применения вследствие простоты конструкции, ручное или автоматизированное управление, механизация ручного труда, повышение эффективности работы котла-утилизатора.

7.1.3. Перевод тепло потребляющего оборудования с пара на горячую воду

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 теплоснабжения;
- увеличенные потери тепловой энергии (5 - 10 %);
- завышенные потери тепловой энергии в паровых сетях относительно водяных (5 - 10 %).

Перевод теплотребляющего оборудования, обеспечивающего отопление и вентиляцию цехов и зданий, с пара на горячую воду осуществляется оперативным персоналом предприятия, поэтому данное мероприятие является беззатратным.

Перевод теплотребляющего оборудования с пара на теплосетевую воду позволит снизить теплоснабжение на 20 %.

7.1.4. Водные ресурсы

Для очистки промышленных сточных вод от металлов разработано множество методов. На практике обычно сочетают несколько методов. Выбор того или иного сочетания зависит от многих факторов: количества сточных вод, разновидностей присутствующих металлов и их концентраций, технологических и санитарных требований, предъявляемых к очищенным стокам и т. п. очищаемые воды имеют сложный состав, меняющийся во времени. Поэтому в редких случаях можно обойтись одним методом очистки и при этом иметь высокую эффективность очистки.

Основные методы очистки воды от тяжелых металлов:

- электрохимическое осаждение;
- мембранное разделение;
- адсорбция;
- ионный обмен.

Электрохимическое осаждение

Метод позволяет извлечь из стоков ценные металлы. Чаще всего используется для извлечения меди из отработанных гальванических растворов. Достоинства метода проявляются в отсутствии образования осадка, получении металлов в готовой к продаже форме, достаточно простой технологической схеме очистки, отсутствии

необходимости использования химических реагентов. Основным недостатком электрохимического метода является большой расход электроэнергии. Это основное ограничение использования данного метода. Очистку сточных вод можно проводить непрерывно или периодически.

Процесс электрохимической очистки сточных вод проходит в электролизерах с использованием нерастворимых и растворимых электродов под действием электрического тока. Электроды выполнены в виде прямоугольных плоских пластин, размещенных друг от друга на заданном расстоянии.

Как показывает практика, в большинстве случаев метод эффективен только при работе с отработанными растворами, содержащими высокие концентрации тяжелых металлов более 1 г/л, и не подходит для очистки промывных сточных вод, в которых концентрации тяжелых металлов 0,01 – 0,02 г/л.

Мембранное разделение

К основным мембранным методам разделения жидких систем относятся обратный осмос, ультрафильтрация, микрофильтрация. Преимущества этих методов заключаются в возможности ведения процесса при нормальной температуре без фазовых превращений, простоте оформления аппаратуры, легкой автоматизации технологического процесса, высокой степени разделения, позволяющей получить высокое качество готового продукта. Основной недостаток – они не могут применяться без предварительной подготовки, очистки воды от различных примесей, которые резко снижают фильтровальный цикл. Также следует иметь в виду значительную стоимость сменяемых мембранных элементов.

Процессы обратного осмоса, ультрафильтрации и микрофильтрации ведут под избыточным давлением и относят их к группе баромембранных процессов, в которых перенос молекул или ионов растворенных веществ происходит через полупроницаемую перегородку под давлением, превышающим осмотическое.

Микрофильтрация – это процесс отделения из фильтруемой среды крупных коллоидных частиц или взвешенных микрочастиц размером 0,02 – 25 мкм. Микрофильтрацию, как правило, осуществляют при небольших перепадах давлениях (до 0,2 МПа) на мембране (или мембранном элементе) во избежание значительных деформаций, которым подвержены мембраны (или мембранный элемент) при приложении на них нагрузки извне.

Механизм микрофильтрации достаточно сложен и включает в себя захват механических частиц фильтрующей перегородкой за счет инерционных столкновений, адгезии и суффозии частиц, а также адсорбции.

Этот механизм можно описать следующим образом: жидкость, содержащая частицы, при прохождении через мембрану образует сложную проточную систему. Через мембрану, т. е. поры мембраны, как через сито, поток жидкости дробится на маленькие струи. Взвешенные в жидкости частицы движутся в ее потоке по инерции.

Если их размер меньше размера поры мембраны, то они проходят сквозь нее и становятся частью фильтрата. Остальные частицы либо остаются на поверхности мембраны, либо задерживаются внутри ее матрицы.

Микрофильтрацию можно использовать для доочистки сточной воды после отстойника. Микрофильтрационная мембрана задерживает взвешенные частицы, по каким-либо причинам не осевшие в отстойнике, чем существенно повышает эффективность отделения хлопьев тяжелых металлов от воды. Чем позволяет достигать результатов качества очистки сточной воды на очистных сооружениях, близких к теоретическим, полученным в лабораторных условиях.

Ультрафильтрация – это процесс отделения из фильтруемой среды коллоидных частиц размером 0,001 – 0,02 мкм и растворов молекулярной массой больше 500 Дальтонов. Рабочее давление составляет 0,1 – 0,5 МПа.

Ультрафильтрацию применяют для разделения систем, где молекулярная масса компонентов больше молекулярной массы растворителя. Осмотическое давление высокомолекулярных соединений мало, что позволяет проводить ультрафильтрацию при невысоком давлении. Ультрафильтрация позволяет отделить от воды нефтепродукты, взвешенные вещества, микроорганизмы, водоросли, бактерии и вирусы, значительно снизить мутность. Также она эффективно уменьшает окисляемость и цветность воды.

В отличие от обычной фильтрации, при которой продукт в виде осадка откладывается на поверхности загрузки, при ультрафильтрации образуются два раствора, один из которых обогащен растворителем и называется пермеат, а второй – растворенным веществом и называется концентратом. При очистке сточных вод пермеат – это целевой продукт, который идет либо на сброс, либо используется на технические нужды, а концентрат либо возвращается в бак усреднитель, либо подается на узел выпаривания, где выделяется избыток растворенного вещества и образуется твердая фаза, подлежащая утилизации.

Обратный осмос – это метод очистки воды, при котором раствор проходит под давлением через специальную синтетическую мембрану, где задерживаются до 98 % минеральных солей и примесей. Используется для обессоливания воды.

При использовании обратного осмоса также образуются два раствора, образуются два раствора, один из которых обогащен растворителем и называется пермеат, а второй растворенным веществом и называется концентратом. Рабочее давление составляет 0,5 – 8 МПа.

Метод позволяет получать воду заданного качества очистки, в том числе и деминерализованную. Можно применять только на этапе доочистки. Хорошо работает после узла ультрафильтрации. Основная проблема – это утилизация раствора, обогащенного солями, которого образуется ~5 – 10 % от объема подачи.

Применение установки обратного осмоса для очищения использованной технологической и охлаждающей воды из производства свинца 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.

Адсорбция — самопроизвольный процесс увеличения концентрации растворенного вещества у поверхности раздела двух фаз (твёрдая фаза — жидкость). Адсорбционный метод обычно применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ, если концентрация этих веществ в воде невелика, и они биологически не разлагаются или являются сильно токсичными. Адсорбцию обычно используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитросоединений, ПАВ, красителей.

Достоинство метода – высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ. Адсорбционная очистка сточных вод наиболее рациональна, если в них содержатся преимущественно ароматические соединения, неэлектролиты или слабые электролиты, красители, непредельные соединения или гидрофобные (например, содержащие хлор или нитрогруппы) алифатические соединения.

Применяют данный метод и для очистки сточных вод от тяжелых металлов. Адсорбцию можно применять только на этапе доочистки, когда основная масса загрязнений из стока убрана. В противном случае ресурс фильтра адсорбера будет быстро исчерпан.

Для доочистки стока от тяжелых металлов в качестве сорбента обычно применяют активированный уголь или алюмосиликаты.

Наиболее эффективными адсорбентами являются активированные угли различных марок. Пористость углей составляет 60–75 %, а удельная площадь поверхности 400–900 м²/г. Существенными недостатками активного угля являются его высокая стоимость и необходимость периодической замены загрузки в фильтре, поскольку регенерация активированного угля проводится при высоких температурах, в специальных печах.

Ионообменный обмен - используется для глубокой очистки производственных сточных вод от цветных и тяжелых металлов. Можно применять только на этапе доочистки после сорбционных фильтров. Позволяет достигать качества очистки по тяжелым металлам до требований на сброс в водоемы рыбохозяйственного значения или до требований к воде для возврата в технологию.

Данный метод широко используется для очистки сточных вод от тяжелых металлов, поскольку позволяет достигать высокого качества очистки и при этом имеет простое

аппаратурное оформление, не требует дорогих систем автоматизации, имеет низкие энергетические затраты, регенерационные растворы можно возвращать в накопитель усреднитель на повторную очистку. Можно использовать для селективного концентрирования и удаления из стока конкретного металла

Но у данного метода есть ряд существенных ограничений:

Высокая стоимость ионообменных смол (особенно хелатных).

Для регенерации смол используются сильные электролиты соли или кислоты, которые надо отдельно утилизировать, или дозировать в накопитель-усреднитель. При дозировании в усреднитель увеличивается солесодержание очищаемой воды.

Смолы образуют с органическими соединениями, маслами и ПАВ устойчивые взаимосвязи, которые невозможно разрушить при регенерации, поэтому смолы необходимо защищать от воздействия органических соединений.

Самое главное узел ионного обмена эффективно работает только в том случае, если время фильтрования существенно больше времени, необходимого на регенерацию, т. е. метод не подходит для вод с высоким солесодержанием.

В качестве загрузки ионообменных фильтров используют синтетические органические смолы. Производится множество марок ионообменных смол для специфического применения как для очистки стоков различного происхождения, так и для концентрирования из растворов различных металлов.

Смола фильтра может задерживать ионы различных примесей (начиная от металлов и заканчивая солями жесткости), меняя их на безопасные и безвредные ионы других веществ. Обмен ионами позволяет изменять ионный состав обрабатываемой жидкости, не изменяя суммарного числа зарядов, находившихся в этой жидкости до процесса обмена.

Для очистки сточных вод от тяжелых металлов обычно применяют катиониты – смолы с положительно заряженными ионами (Na^+ , H^+ и др.).

Электролиз может использоваться для извлечения и переработки металлов. Может использоваться для одноэтапной очистки стоков с высокой концентрацией металлов (около 2 г/л). Технология в основном общедоступна. Проверен и испытан, имеет хорошую репутацию на гальванических производствах. Может использоваться для одновременного удаления еще и органических загрязнителей. Может использоваться в периодическом или непрерывном режиме. Трудно достичь уровня очистки выше одной промилле. Дорогостоящее обслуживание и эксплуатация неэффективных электролизеров. Электролиз не избирателен. Требуется постоянный контроль. Плохо справляется со стоками нестабильного содержания и большого объема.

Электродиализ может использоваться для извлечения и переработки металлов. Может быть избирательным. Уже опробован на обессоливающих и гальванических производствах. Способен обеспечивать уровень очистки менее чем в одну миллионную часть. Имеет те же недостатки, что и методы ионного обмена (например, загрязнение

мембраны). Требуется постоянный контроль. Плохо справляется со стоками нестабильного содержания и большого объема.

Флотация - дешевый и простой метод. Может удалять только комплексы твердых частиц, которые способны плавать. Сначала необходимо растворить воздух в воде под давлением для дальнейшего распространения.

Использование гранулированного материала для эффективного удаления тяжелых металлов. На заводе Augubis (Гамбург), 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 итоге позволит рециркулировать и повторно использовать больше сточных вод для дальнейшего сокращения использования подземных вод.

7.2. Перспективные техники производства драгоценных металлов

Основным методом извлечения золота и серебра из руд и концентратов различного состава пока остается цианидное выщелачивание в щелочной среде. Вместе с тем не прекращаются работы по созданию технологий, не использующих этот чрезвычайно токсичный растворитель. Серьезного рассмотрения с точки зрения возможности применения заслуживают исследования, направленные на использование таких реагентов, как тиокарбамид, тиосульфаты, галогены (хлор, бром, иод) в щелочных растворах, некоторые органические соединения (например, гуматы и аминокислоты) [29].

Наиболее перспективным вариантом из перечисленных является технология, основанная на тиокарбамидном (тиомочевинном) выщелачивании материалов, содержащих золото и серебро, в кислой среде. Исходное сырье подвергают выщелачиванию тиокарбамидом в кислом (как правило, серноокислом) растворе в присутствии окислителя (чаще всего хлорида или сульфата железа (III)). Затем из полученного раствора извлекают драгоценные металлы в виде смешанных тиокарбамидных и тиоцианатных комплексов смесью экстрагентов: три-н-бутилфосфата и дифенилтиокарбамида в керосине. Резэкстракцию золота и серебра из органической фазы ведут растворами восстановителей (формальдегид, соли гидразина, щавелевая кислота, тетрагидробораты и пр.). Следует подчеркнуть, что введение в раствор на стадии экстракции тиоцианат-ионов обеспечивает полноту извлечения драгоценных металлов в органическую фазу. Образовавшаяся после резэкстракции водная фаза, содержащая тиокарбамид, может быть направлена в оборот на стадию выщелачивания или промывки кека выщелачивания.

Широкое промышленное применение тиокарбамидных растворов взамен цианидных сдерживается, безусловно, более высокой стоимостью данного реагента по сравнению с цианидом натрия. Тиокарбамидным выщелачиванием можно воспользоваться при переработке свинцово-цинковых кеков, причем эффективность процесса повысится при электровыщелачивании. Золото- и/или серебросодержащий осадок выделяется на катоде, а на аноде происходит выделение газообразного кислорода. Представляет интерес технология вакуумной дистилляции применительно к золотосеребряным сплавам с содержанием серебра $> 10\%$ [30]. Метод основан на разделении металлов при их испарении (конденсации) за счет различий в давлении насыщенных паров в зависимости от температуры. Так, парциальное давление серебра в интервале температур $1000 - 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1000 раз больше, чем золота. В результате реализации этого процесса, который упоминается в литературе, как процесс ACID LESS SEPARATION (ALS) (рисунок 7.1.), образуется золотой слиток и серебряные возгоны, поступающие на аффинаж по технологиям, описанным в разделе 3. В случае, если сплав содержит значительное количество легкоплавких и легколетучих примесей (Zn, Se, Pb, Sn), процесс ведут в несколько стадий.



Рисунок .1. Принципиальная технологическая схема переработки сплава Доре с применением вакуумной дистилляции

Технология вакуумной дистилляции имеет значительные преимущества:

высокая скорость переработки сплава (10 – 40 мин при остаточном давлении $133,3 \cdot 10^{-4}$ Па);

низкие операционные затраты;

отсутствие опасных выбросов в рабочую зону и окружающую среду.

Процесс "J" не работает в Европе, но может работать с более низким запасом золота, чем другие процессы переработки золота. Он использует регенерируемый раствор йода для растворения нечистого золота (<99,5 %). Золото восстанавливают гидроксидом калия, отделяют, промывают и сушат до порошка, который содержит 99,995 % золота. Жидкость со стадии восстановления подается в электролитическую ячейку, где растворимые примеси и любой нередуцированный йодид золота осаждаются на катоде и удаляются для восстановления в цепочке драгоценных металлов. Затем раствор переносят в ячейку электролитической диафрагмы, снабженную инертными электродами. Раствор йода, полученный в анодном отсеке, и раствор КОН, полученный в катодном отсеке, рециркулируют [84].

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Первым этапом разработки справочника было проведение комплексного технологического аудита, в процессе которого была дана экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству меди и драгоценного металла - золота, 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 меди и драгоценных металлов, принципам НДТ.

Основными целями экспертной оценки являлись определение технологического состояния медного производства Республики Казахстан 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 медного производства о применяемых технологиях, оборудовании, выбросах и сбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, а также других аспектах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотребление 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. В данной редакции справочника использовались фактические имеющиеся результаты, предоставленные предприятиями.

Структура справочника по НДТ "Производство меди и драгоценного металла – золота" разработана согласно действующим НПА Республики Казахстан, а также по результатам проведенного КТА.

К перспективным техникам отнесены не только отечественные разработки, но также передовые технологии, применяемые на практике, но не внедренные на предприятиях в Республике Казахстан.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ, в особенности маркерных, в окружающую среду, потребления сырья и энергоресурсов, а также проведении модернизации основного и природоохранного оборудования, экономических аспектах внедрения НДТ;

при проектировании, эксплуатации, реконструкции, модернизации технологических объектов необходимо обратить внимание на мониторинг, контроль и снижение физических факторов воздействия на окружающую среду;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов производства на окружающую среду.

Библиография
Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам".

Металлургия меди: учебное пособие / А. А. Лыкасов, Г. М. Рысс ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т [и др.]. - Челябинск : ЮУрГУ, 2006. - 74 с.

Extractive Metallurgy of Copper / M.E. Schlesinger, K.C. Sole, W.G. Davenport, G.R.F. Alvear Flores. – 6th edition. – Elsevier. – 574 p.

Г.В. Галевский, М.Я. Минцис, В.В. Руднева. Введение в металлургию: Учеб. пособие для ВУЗов. – Новокузнецк : Издательство ГОУ ВПО "СибГИУ", 2003. – 144 с.

Кушакова Л., Сизикова Н. Развитие и внедрение технологии кучного выщелачивания окисленных медных руд// Промышленность Казахстана. — 2020. — № 3. — с. 18-20.

Романтеев Ю.П. Металлургия благородных металлов: Учеб. пособие. – М.: МИСиС, 2007. – 259 с.

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries. BREF, 2017.

Металлургия благородных металлов. Учебник для ВУЗов / Масленицкий И. Н., Чугаев Л. В., Борбат В. Ф. и др./Под редакцией Чугаева Л. В. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Metallurgy, 1987, 432 с.

Романтеев Ю.П. Metallurgy благородных металлов: Учеб. пособие. — М.: МИСиС, 2007. — 259 с.

Металлургия тяжелых цветных металлов. Красноярск ИПК СФУ 2009. Марченко Н.В.

BREF-NFM "Справочный документ по наилучшим доступным технологиям (НДТ) для цветной металлургии".

ИТС 3-2019 "Производство меди".

Харченко Е.М., Ульева Г.А., Егорова Т.Г., Рахимбеков С.С. ПЕРЕРАБОТКА ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 7-1. — с. 30-33.

ETSU, Oxy-Fuel Melting of Secondary Aluminium, ETSU, 1994.

Laheye, R. et al., Greenmelt: An Environmentally Sound Remelting Concept, Hoogovens (NL), 1998.

French comments on MnFe alloys, French comments on MnFe alloys, 2008.

ETSU, Oxy-Fuel Melting of Secondary Aluminium, ETSU, 1994, [118, Laheye, R. et al., Greenmelt: An Environmentally Sound Remelting Concept, Hoogovens (NL), 1998.

ETSU, Oxy-Fuel Melting of Secondary Aluminium, ETSU, 1994.

Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-15. Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека.

UBA Copper, lead, zinc and aluminium, Abschlussbericht. Teil 1, 2, 3 and 4. Kupfer, etc., 2007.

Traulsen, H., 'Plant Information - Copper Industry (Draft)', Copper Expert Group 1998, 1998.

AJ Rigby et al., 1999.

Traulsen, H., 'Plant Information - Copper Industry (Draft)', Copper Expert Group 1998, 1998.

Rentz, O. et al., Report on BAT in German Copper Production (Final Draft), University Karlsruhe (DFIU), 1999.

VDI (D) 2102, Emission Control 1) Secondary copper smelting and refining plants 2) Copper and copper alloy melting plants, VDI (D), 2007.

McLellan and Partners Ltd, Pollution Control in the Copper Industry, HMIP (UK), Surrey, 1993.

Traulsen, H., 'Plant Information - Copper Industry (Draft)', Copper Expert Group 1998, 1998.

VDI (D) 2102, Emission Control 1) Secondary copper smelting and refining plants 2) Copper and copper alloy melting plants, VDI (D), 2007.

UBA Copper, lead, zinc and aluminium, Abschlussbericht. Teil 1, 2, 3 and 4. Kupfer, etc., 2007.

European Commission, DG XI, Technical BAT Note Heavy Metal Emissions from Non-Ferrous Industrial Plants, 1991.

OSPARCOM, Description of BAT for the Primary Production of Non-Ferrous Metals (Zinc, Copper, Lead and Nickel).

Наумов К.Д., Теоретические и технологические основы осаждения золота из цианистых растворов крупнодисперсным цинком. - Екатеринбург, 2019.

Котляр, Ю. А. Металлургия благородных металлов / Ю. А. Котляр, М. А. Меретуков. – М. : АСМИ, 2002. – 466 с.

Ламуев, В. А., Гуляшинов А. Н. Получение серебра из свинцово-цинковых руд // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 9. – С. 36.

Масленицкий И. Н. Metallurgy of noble metals : textbook for universities / под общ. ред. Л. В. Чугаева. – М. : Metallurgy, 1987. – 432 с.

Finland Paper on Industrial ecology, Heino - Industrial Ecology, 2004.

Theodore, L. et al., Air Pollution Control Equipment, ETS International, Inc. (USA), 1992

Farrell Nordic Mission, Mission to Norway, Sweden and Finland June, 2008.

Nordic Report, A Nordic contribution concerning the revision of the IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, 2008.

Soud, H.N., 'Developments in particulate control for coal combustion', IEA Coal Research (UK), 1995.

Startin, A., Solve your gas filtration problems, Cerafil (Ceramic Filter Elements), UK, English, 1998.

Soud, H.N, Particulate control handbook for coal-fired plants, IEA Coal Research, 1993.

Rentz, O. et al., Report on BAT in German Copper Production (Final Draft), University Karlsruhe (DFIU), 1999.

French comments on MnFe alloys, French comments on MnFe alloys, 2008.

Riekkola-Vanhanen, M., Finnish Expert Report on BAT in Copper Production and By-Production of Precious Metals, Finnish EPA, 1999.

EC, BREF on Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids, Fertilisers (LVIC-AAF), 2007.

UBA (A), Emissionserklärung Treibacher Chemische Werke, UBA (A), 1998.

166, Clark, J.H., Chemistry of Waste Minimization, Blackie Academic & Professional, 1995.

VDI (D) 3476 Part 1, Waste gas cleaning Methods of Catalytic Waste Gas Cleaning - Fundamentals, VDI (D), 2005.

NRW (D), NE-Metallindustrie - Betreiberleitfaden für Anlagen zum Schmelzen von Schwermetallen, Ministerium Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft, 1997.

ИТС 14-2020 "Производство драгоценных металлов".

BREF-ENE "Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности".

ИТС 48-2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

УДК 662.61 Методика прогнозирования теплотехнической эффективности использования рекуперативных горелок А.Б. Бирюков, П.А. Гнити?в, Я.С. Власов ГОУВПО "Донецкий национальный технический университет", Донецк, Украина.

ИТС 2-2015 "Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот".

Интернет источник: <https://okvsk.ru/proizvodstvo-cvetnyh-metallov/1920-elektroliticheskoe-rafinirovanie-medi.html>.

Разработка указателя замыкания в электролизных ваннах, Меньщикова К. Д., Заманов И. Ш., Лаптев В. А., Худяков П. Ю., 2019 г.

50001:2011 "Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию".

50001–2021 "Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению".

ETSU (UK), Waste heat recovery from high temperature gas streams, ETSU (UK), 1996.

Farrell, F., 'Personal Discussions', Personal Communication, 1998.

ETSU (UK), Waste heat recovery from high temperature gas streams, ETSU (UK), 1996.

ALFED 1998.

Тинькова С.М., Прошкин А.В., Веретнова Т.А., Востриков В.А. Металлургическая теплотехника: учебное пособие (электронный вариант лекций) // Институт цветных металлов и золота" ФГОУ ВПО "Сибирский Федеральный Университет". – Красноярск, 2007. – 193 с.

Научный журнал НИУ ИТМО. Серия "Экономика и экологический менеджмент" № 1, 2014 УДК 66.045.12 К вопросу рекуперации теплоты газов печей термообработки металлических изделий Бурокова А.В. buroкова@yandex.ru канд. техн. наук Рахманов Ю.А., rahmanovua2010@gmail.com Университет ИТМО Институт холода и биотехнологий 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9.

Интернет источник: <https://recuperator-termo.ru/press/primenenie/obosnovanie-primeneniya-promyshlennyh-rekuperatorov-v-tsiklah-pechnogo-nagreva/>.

ETSU (UK) 1996.

Интернет источник: <https://news.rambler.ru/ecology/47781341-na-sredneuralskom-medepilavilnom-zavode-otkryli-unikalnuyu-paroturbinnuyu-ustanovku/>.
СОМ 2008.

Интернет источник: <https://expert.ru/ural/2012/10/mednaya-osnova/>.

Ванюков А. В. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. Учебник для ВУЗов/ А. В. Ванюков, Н. И. Уткин. Челябинск: Металлургия, 1988. – 432 с.

Надиров Е.Г., Айдымбаева Ж.А. Влияние органических добавок на качество осадка меди при электролизе // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2014. № 7 (8).

Интернет источник: <https://mmsk.ugmk.com/ru/press/news/glavnyu-tsekh-kombinata-kurs-na-ekonomiyu-energoresursov/>.

Интернет источник: <https://rekvizitai.vz.lt/ru/company/lifosa/>.

IEA HPP-IETS Annex 35/13 "Application of industrial Heat Pumps", a joint venture of the International Energy Agency (IEA) Implementing Agreements "Industrial Energy-Related Technologies and Systems" (IETS) and "Heat Pump Programme" (HPP).

Lurgi, A.G. et al., Cleaning of Process and Waste Gases, Lurgi AG, 1991.

Robson, T.G. et al., A Review of the Industrial Uses of Continuous Monitoring Systems: Metals Industry Processes, UK Environment Agency, 1998.

Industrial NGOs 2012] [385, Germany, 2012.

Naavanlammi 2007.

https://www.ntcbakor.ru/catalog/promyshlennoe-oborudovanie-i-komplektuyushchie/filtry_dlya_ochistki_vysokotemperaturnyh_gazov_fki/.

Кольцов В.Б. Процессы и аппараты защиты окружающей среды, 2018.

Д. О. Скобелев, М. В. Степанова Энергетический менеджмент: прочтение 2020 Руководство по управлению энергопотреблением для промышленных предприятий. Москва: Издательство "Колорит", 2020. 92 с.

Щелоков Я. М. Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Екатеринбург: УрФУ. 2010. 390 с.

Беньяш Е.Я., Толстунова И.И., Иваницкий О.А., Рыбакова В.А., Резниченко В.В. Малоотходные технологии переработки полиметаллического сырья //Сб. науч. тр. ВНИИцветмета. – Усть-Каменогорск, 1989. – С. 16–21.

<https://www.ugmk.com/press/news/na-baze-sumza-postroyat-zavod-po-proizvodstvu-sulfata-ammoniya/>.

<https://www.urm-company.ru/about-us/blog/155-ekologiya-metallurgii/>.

https://www.unicore.com/en/sustainability/environment/#sustainable_sourcing.

Raport Zintegrowany KGHM Polska Miedź S.A. i Grupy Kapitałowej KGHM Polska Miedź S.A. za 2021 rok.

<https://www.metalinfo.ru/ru/news/136659>.

<https://ugmk.com/press/news/na-sumze-ustanovili-naduvnoy-angar-dlya-khraneniya-mednogo-kontsentrata/>.

<https://www.sumz.umn.ru/ru/press/news/tonkoy-ochistki/>.

Отчет об экспертной оценке технологических процессов Усть- Каменогорского металлургического комплекса ТОО "Казцинк" на соответствие принципам наилучших доступных технологий (НДТ). Глава 5. Производство свинца. – 2021. – 86 с.

<https://www.metalinfo.ru/ru/news/130405>.

<https://www.aurubis.com/>.

https://www.ugmk.com/press/corporate_press/ummc_newspaper/na-ppm-zavershen-ocherednoy-etap-stroitelstva-livnenakopitelya/.

Современные тенденции и практика производства меди, металлургия и материаловедение, 2021 г.

Цветные металлы.2012.№10. Производство серной кислоты на ЗАО "Карабашмедь" методом мокрого катализа. Алтушкин И. А., Король Ю. А., Заварин А. С.

<https://news.rambler.ru/other/39025836-vybrosy-karabashmedi-umenshilis-v-20-raz/>.

<https://www.metalinfo.ru/ru/news/50964>.

Binegar & Tittes, 1993; Pasca et al., 2005.

Extractive Metallurgy of Copper, 6 editions, 2021.

Manuel Boscato (R&S IKOI Srl), Giovanni Faoro (CEO IKOI Srl) IKOI S.r.l. unipersonale, Cassola (VI), ITALY.

Приложение
к справочнику по наилучшим
доступным техникам
"Производство меди и
драгоценного металла – золота"

Примеры расчета экономической эффективности

Изложенные подходы были использованы на примере расчетов экономической эффективности процесса доочистки сточных вод свинцового 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 свинцовом 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 тысяч тенге из расчета 164 500 тенге за каждый;

адсорбент в объеме 392 м³ для одновременной 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 тонн, общей стоимостью 12 240 000 из расчета 191 250 тенге/тонну; 4 - 5 % раствор сульфата магния MgSO₄ в количестве 64 тонн, общей стоимостью 21 216 000 тенге , из расчета 331 500 тенге/тонну.

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.

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 таблице 3. При этом денежные расходы предприятия на снижение содержания соответствующего загрязняющего вещества на 1 мг/дм³ составят значения, указанные в графе 10 таблице 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 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

				Стоимость за единицу (в валюте)	Общая стоимость (по курсу Национального Банка РК на дату расчета)

№п/п	Наименование затрат	Ед.изм.	Кол-во	приобретения)	https://nationalbank.kz/ru/exchangerates/ezhednevnye-oficialnye-rynochnye-kursy-valyut)			
					1 ₸	7,04 ₸	432,78 ₸	462,51 ₸
					тенге	рубль	доллар	евро
1	2	3	5	4	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 CaOH (замена 1 раз в мес.)	т	64	191 250 ₸	12 240 000	1 738 636	28 282	26 464
2.2	4 - 5 % сульфат магния MgSO ₄ (замена 1 раз в 4 мес.)		64	331 500 ₸	21 216 000	3 013 636	49 023	45 871
	Операционные затраты, всего				59 484 800	8 449 545	137 448	128 613
	Затраты всего							

III.	(капитальные затраты + операционные расходы)				331 581 950	47 099 709	766 167	716 918
------	---	--	--	--	----------------	------------	---------	---------

Таблица 3. Оценка экономической эффективности затрат на доочистку промышленных сточных вод методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Необходимый технологический показатель по маркерным веществам, сбрасываемым в водоем	Содержание загрязняющих веществ в поступающей воде УК МК	Норматив сброса загрязняющих веществ УК МК	Доля в общей массе сброса	Снижение содержания загрязняющих веществ в сбросе (разница на входе и на выходе)	Затраты на годовой объем снижения загрязняющих веществ	Годовая экономическая эффективность затрат на 1 килограмм сокращенного загрязняющего вещества (по курсу Национального Банка РК на дату расчета https://nationalbank.kz/ru/exchangerates/ezhednevnye-oficialnye-gynochnye-kursy-valyut)
-------	-------------------------------------	--	--	--	---------------------------	--	--	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	г/ч	т/год	%	мг/дм ³	тенге/мг/дм ³	Т		\$	€
										1	7,41 Т	415,12 Т	443,06 Т
1	Взвешенные 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
2	Свинец (Pb)	0,50	0,025	0,02	14,00	0,056	0,0041	0,0050 0	23,657	5 921 106,25	841 066,23	1 3 681,56	1 2 802,12

3	Цинк (Zn)	1,00	0,11	0,01	7,00	0,028	0,0021	0,1000 0	1,183	11 842 212,50	1 682 132,46	2 7 363,12	2 5 604,23
4	Кадмий (Cd)	0,10	0,006	0,001	0,70	0,003	0,0002	0,0050 0	23,657	118 422 125,00	16 821 324,57	273 631,23	256 042,30
5	Мышьяк (As)	0,10	0,03	0,02	14,00	0,056	0,0041	0,0100 0	11,829	5 921 106,25	841 066,23	1 3 681,56	1 2 802,12
6	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
7	Ртуть (Hg)	0,05	0,0002	0,0002	0,14	0,001	0,0000 4	-	-	592 110 625,00	84 106 622,87	1 368 156,16	1 280 211,51
8	Железо (Fe) общее		0,1	0,07	49,00	0,196	0,0144	0,0300 0	3,943	1 691 744,64	240 304,64	3 909,02	3 657,75
9	Кальций (Ca)		115	100	7 0 000,00	280,00 0	21	15,000 00	0,008	1 184,22	168,21	2,74	2,56
10	Нефтепродукты		0,05	0,05	35,00	0,140	0,0103	-	-	2 368 442,50	336 426,49	5 472,62	5 120,85
11	Хлориды (Cl)		200	150	105 000,00	420,00 0	31	50,000 00	0,0024	789,48	112,14	1,82	1,71
12	Сульфаты (SO ₄)		295	230	161 000,00	644,00 0	47	65,000 00	0,0018	514,88	73,14	1,19	1,11
13	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
14	Марганец (Mn)		0,02	0,01	7,00	0,028	0,0021	0,0100 0	11,829	11 842 212,50	1 682 132,46	2 7 363,12	2 5 604,23
15	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
	Всего по всем веществам		622,35	487,69	341 384,26	1365,5 37	100	134,66	76,14	874 632 907,33	124 237 628,88	2 020 964,25	1 891 057,29

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		Обратный осмос
			Применение активированного алюмосиликатного адсорбента в различных фильтрах		
			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.

