

Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство титана и магния"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 14 мая 2025 года № 339

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

1. Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство титана и магния".

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

*Премьер-Министр
Республики Казахстан О. Бектенов*

Утвержден
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от " " 2025 года №

Справочник по наилучшим доступным техникам "Производство титана и магния"

Оглавление

- Список рисунков
- Список таблиц
- Глоссарий
- Предисловие
- Область применения
- 1. Общая информация
- 1.1. Развитие титано-магниевого промышленности
- 1.1.1 Общая информация о рассматриваемой отрасли промышленности
- 1.2. Характеристика сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых при производстве титана и магния
- 1.2.1. Минерально-сырьевая база титана в Казахстане
- 1.3. Производственные мощности титано-магниевого отрасли Казахстана
- 1.4. Использование энергоресурсов
- 1.5. Основные экологические проблемы
- 1.5.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
- 1.5.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты
- 1.5.3. Образование и управление отходами производства

- 1.5.4. Факторы физического воздействия
- 1.5.5. Воздействие на земельные ресурсы, почвенный покров, подземные воды
- 1.5.6. Снижение воздействия на окружающую среду
- 1.5.7. Комплексный подход к предотвращению негативного воздействия на окружающую среду
- 2. Методология определения наилучших доступных техник
 - 2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ
 - 2.2. Критерии отнесения техник к НДТ
 - 2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ
 - 2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ
 - 2.3.2. Способы экономической оценки НДТ
 - 2.3.3. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду
 - 2.3.4. Расчет на установке
 - 3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
 - 3.1. Процессы производства титана
 - 3.1.1. Получение титановых концентратов
 - 3.2. Производство титанового шлака
 - 3.2.1. Рудно-термическая плавка
 - 3.3. Производство технического тетрахлорида титана
 - 3.3.1. Хлорирование титаносодержащего сырья.
 - 3.4. Производство очищенного тетрахлорида титана
 - 3.4.1. Прием, складирование, передача технического тетрахлорида титана и возвратного технического тетрахлорида титана
 - 3.4.2. Приготовление пульпы низших хлоридов титана
 - 3.5. Производство губчатого титана магниетермическим способом
 - 3.5.1. Восстановление тетрахлорида титана магнием
 - 3.5.2. Очистка губчатого титана методом вакуумной дистилляции
 - 3.5.4. Подготовка основных материалов, деталей и узлов аппаратов к процессам.
 - 3.6. Производство титановых слитков и сплавов
 - 3.6.1. Смешивание и шихтоподготовка
 - 3.6.2. Прессование брикетов и сборка электродов
 - 3.6.3. Плазменная сварка электродов
 - 3.6.4. Вакуумно-дуговая плавка
 - 3.6.5. Механическая обработка слитков
 - 3.7. Основные технологические процессы производства магния
 - 3.7.1. Электролиз магния

- 3.7.2. Состав и свойства электролита для производства магния
- 3.7.3. Производство безводного карналлита
- 3.7.4. Производство магния-сырца
- 3.7.5. Производство магния-восстановителя
- 3.7.6. Производство хлоркалийевого электролита
- 3.7.7. Производство магниевых слитков
- 3.8. Энергоэффективность
- 3.9. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду
 - 3.9.1. Экологические аспекты рассматриваемого предприятия
- 4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов
 - 4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды
 - 4.2. Внедрение системы экологического менеджмента
 - 4.3. Внедрение системы энергетического менеджмента
 - 4.4. Мониторинг эмиссий
 - 4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
 - 4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты
 - 4.5. Проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования и техники
 - 4.6. Управление отходами
 - 4.6.1. Управление технологическими остатками
 - 4.7. Управление водными ресурсами
 - 4.7.1. Предотвращение образования сточных вод
 - 4.8. Физические воздействия
 - 4.8.1. Шум и вибрация
 - 4.9. Запах
- 5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник
 - 5.1. Общие НДТ при производстве титана и магния
 - 5.2. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе
 - 134
 - 5.2.2. Техническое обслуживание
 - 5.3. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения
 - 5.3.1. Применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей
 - 5.3.2. Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании
 - 5.3.3. Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса
 - 5.3.4. Использование возобновляемых источников энергии
 - 5.3.5. Применение энергоэффективных печей

5.4. НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух

5.4.1. НДТ, направленные на предотвращение неорганизованных эмиссий в атмосферный воздух

5.4.1.1. Техники, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при хранении руд и продуктов их переработки

5.4.2. НДТ, направленные на предотвращение организованных эмиссий в атмосферный воздух

5.4.3. Сокращение и (или) предотвращение выбросов диоксида серы и его соединений

5.4.3.1. Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы

5.4.4. Сокращение и (или) предотвращение выбросов азота и его соединений

5.4.5. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов СО от организованных источников выбросов

5.4.6. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов хлора и хлористого водорода от организованных источников выбросов

5.5. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод

5.5.1. Управление водным балансом при производстве титана и магния

5.5.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод

5.5.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры

5.5.4. Применение современных методов очистки сточных вод

5.5.5. Механическая очистка

5.5.6. Химические и физико-химические методы очистки

5.5.7. Биологическая очистка

5.6. НДТ, направленные на сокращение воздействия отходов процессов в производстве титана и магния

5.6.1. Методы переработки отходов производства титана и магния

5.6.2. Переработка пыли с газоочистки

5.6.3. Переработка отработанного электролита в производстве магния

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

6.1. Общие НДТ

6.1.1. Система экологического менеджмента

6.1.2. Управление энергопотреблением

6.1.3. Управление процессами

6.1.4. Мониторинг выбросов

6.1.5. Управление водными ресурсами

6.1.6. Шум

6.1.7. Запах

- 6.2. Снижение выбросов загрязняющих веществ
 - 6.2.1. Снижение выбросов от неорганизованных источников
 - 6.2.2. Снижение выбросов от организованных источников
- 6.3. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод
- 6.4. Управление отходами
- 6.5. Требования по ремедиации
- 7. Перспективные техники
 - 7.1. Перспективные направления в производстве титана и магния
 - 7.1.1. Перспективы развития титанового производства в Казахстане
 - 7.1.2. Получение титана, сплавов и композиционных материалов методом электролиза оксидов в расплаве хлорида кальция: FFC Cambridge process.
 - 7.1.3. Порошковая металлургия
 - 7.1.4. Процесс аэрозоля
 - 7.1.5. Расплав солей
 - 7.1.6. Toho Titanium Co., Ltd
 - 7.1.7. Электролитическое восстановление
 - 7.1.8. Плазма
 - 7.1.9. Алюмотермическое восстановление
 - 7.1.10. Водородное, углеродное и другие способы восстановления
 - 7.1.11. Космическая металлургия
 - 7.2. Перспективные направления в производстве магния
 - 7.2.1. Перспективные легкие сплавы магния
 - 7.2.2. Повышение эффективности производства металлического магния на основе комплексной переработки и утилизации образующихся отходов производства
- 8. Дополнительные комментарии и рекомендации
- Библиография

Список рисунков

Рисунок 1.1.	Обзорная карта района "Месторождение " Сатпаевское"
Рисунок 1.2.	Структура конечного энергопотребления
Рисунок 1.3.	Доля потребления энергии в цветной металлургии
Рисунок 3.1.	Технологическая схема получения титана
Рисунок 3.2.	Технологическая схема получения магния
Рисунок 3.3.	Схема магниевого электролизера
Рисунок 3.4.	Фактические и нормативные объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Рисунок 3.5.	Объемы выбросов загрязняющих веществ, поступивших на очистку и выброшенных в атмосферу после очистки
Рисунок 4.1.	Пример системы рециркуляции воды для охлаждения
Рисунок 5.1.	Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным
Рисунок 5.2.	Использование ветровых экранов
Рисунок 5.3.	Устройства циклона ШВ (Ц)
Рисунок 5.4.	Конструкция рукавного фильтра
Рисунок 5.5.	Принцип работы электрофильтра
Рисунок 5.6.	Принцип работы циклона
Рисунок 5.7.	Схематичное изображение системы СКВ
Рисунок 5.8.	Схема установки медно-аммиачной очистки газов
Рисунок 5.9.	Некаталитическое дожигание СО
Рисунок 5.10.	Каталитическое дожигание СО
Рисунок 5.11.	Принцип работы РТО
Рисунок 5.12.	Конструкция РТО
Рисунок 5.13.	Схема установки для очистки газов от оксида углерода реакцией водяного газа
Рисунок 5.14.	Устройства абсорберной системы типа ШВ
Рисунок 5.15.	Устройства абсорберной системы
Рисунок 5.16.	Устройство скрубберной системы типа ЗК
Рисунок 5.17.	Устройства скрубберной системы
Рисунок 5.18.	Виды сточных вод
Рисунок 5.19.	Методы механической очистки сточных вод
Рисунок 5.20.	Химические и физико-химические методы очистки сточных вод
Рисунок 5.21.	Классическая схема биологической очистки стоков

Список таблиц

Таблица 1.1.	Производство титановой губки в странах СНГ в 1992 – 2005 г.г.
Таблица 1.2.	Технологические показатели переработки рудных песков Сатпаевского месторождения
Таблица 1.3.	Химический анализ ильменитового концентрата
Таблица 1.4.	Производственные мощности титаномагниевого сектора Казахстана
Таблица 2.1.	Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды
Таблица 2.2.	Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества

Таблица 3.1.	Технические характеристики РТП
Таблица 3.2.	Химический состав продуктов
Таблица 3.3.	Удельный расход электрической энергии на производство тонны продукции
Таблица 3.4.	Фактические объемы эмиссий в окружающую среду АО "УКТМК" (по данным КТА)
Таблица 3.5.	Фактические объемы загрязняющих веществ в разрезе по загрязняющим веществам (по данным КТА)
Таблица 3.6.	Фактические выбросы загрязняющих веществ в разрезе по основным и вспомогательным технологическим процессам (по данным КТА)
Таблица 3.7.	Доля загрязняющих веществ, дающих наибольший вклад в разрезе технологических процессов (по данным КТА)
Таблица 3.8.	Сведения по фактическим концентрациям загрязняющих веществ (по данным КТА)
Таблица 3.9.	Текущие объемы потребления энергетических ресурсов
Таблица 4.1.	Обзор потоков сточных вод и методов их очистки и минимизации
Таблица 5.1.	Параметры гибридных фильтров
Таблица 5.2.	Сравнение фильтров по эффективности очистки
Таблица 5.3.	Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров
Таблица 5.4.	Основные параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24
Таблица 5.5.	Эффективность очистки при использовании циклонов
Таблица 5.6.	Стандартные органические соединения
Таблица 5.7.	Преобразования ЛОС в инертные соединения
Таблица 5.8.	Отличительные характеристики разных видов сточных вод
Таблица 5.9.	Характеристика методов механической очистки сточных вод
Таблица 5.10.	Характеристика методов химической очистки
Таблица 5.11.	Физико-химические методы очистки
Таблица 5.12.	Сравнительная характеристика аэробной и анаэробной очистки
Таблица 6.1.	Технологические показатели выбросов пыли в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, смешивание) при получении титанового шлака
Таблица 6.2.	Технологические показатели выбросов пыли в процессе плавки и выпуска расплава титанового шлака
	Технологические показатели выбросов пыли в процессе приготовления трехкомпонентной

Таблица 6.3.	титансодержащей шихты (сушка материалов, дробление материалов, помол, перемешивание) при производстве титана и магния
Таблица 6.4.	Технологические показатели выбросов пыли при получении титановой губки в производстве титана губчатого магнийтермическим способом
Таблица 6.5.	Технологические показатели выбросов пыли при производстве титановых сплавов
Таблица 6.6.	Технологические показатели выбросов пыли при производстве титановых слитков
Таблица 6.7.	Технологические показатели выбросов пыли при хлорировании обезвоженного искусственного карналлита анодными газами для получения безводного очищенного искусственного карналлита
Таблица 6.8.	Технологические показатели выбросов пыли при электролизе расплава обезвоженного карналлита с получением первичного магния
Таблица 6.9.	Технологические показатели выбросов пыли при рафинировании и литье магния
Таблица 6.10.	Технологические показатели выбросов SO ₂ при производстве, плавке и выпуске расплава титанового шлака
Таблица 6.11.	Технологические показатели выбросов SO ₂ при рафинировании и литье магния
Таблица 6.12.	Технологические показатели выбросов NO _x при ведении плавки и выпуска расплава титанового шлака
Таблица 6.13.	Технологические показатели выбросов оксида углерода при ведении плавки по производству титанового шлака
Таблица 6.14.	Технологические показатели выбросов оксида углерода при производстве тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом
Таблица 6.15.	Технологические показатели выбросов оксида углерода от абсорбции примесей, газов, аэрозолей при получении очищенного искусственного карналлита
Таблица 6.16.	Технологические показатели выбросов хлора в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом
Таблица 6.17.	Технологические показатели выбросов хлора при электролизе карналлита и хлорировании обезвоженного карналлита анодными газами
Таблица 6.18.	Технологические показатели выбросов хлора при производстве магния

Таблица 6.19.	Технологические показатели выбросов хлористого водорода в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом
Таблица 6.20.	Технологические показатели выбросов хлористого водорода при восстановлении титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом
Таблица 6.21.	Технологические показатели выбросов хлористого водорода при электролизе карналлита и хлорировании обезвоженного карналлита анодными газами
Таблица 6.22.	Технологические показатели выбросов хлористого водорода при производстве магния
Таблица 6.23.	Технологические показатели сбросов при сбросах промышленно-ливневых (с очисткой) сточных вод при производстве титана и магния, поступающих в поверхностные водные объекты
Таблица 7.1.	Химический состав ильменитовых концентратов
Таблица 7.2.	Технические требования предприятия к качеству титанового шлака

Глоссарий

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

Глоссарий представлен следующими разделами:

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

Термины и определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

Термин	Определение
абсорбция	– объемное поглощение вещества из жидкой или газообразной фазы . Осуществляется в масса-объемных аппаратах – абсорберах . Поглощающее вещество –

		абсорбент, поглощаемое – абсорбтив;
адсорбция	—	поглощение вещества из газообразной или жидкой фазы поверхностью твердого тела или жидкости. Адсорбент – поглотитель, поглощающий на поверхности, адсорбтив – поглощаемое вещество;
амальгама	—	твердый или жидкий металлический сплав, одним из компонентов которого является ртуть;
азротенк	—	сооружение для биологической очистки сточных вод в виде железобетонного резервуара, разделенного перегородками на ряд коридоров, оснащенных азроторами;
анализ	—	исследование, а также его метод и процесс, имеющие целью установление одной или нескольких характеристик (состава, состояния, структуры) вещества в целом или отдельных его ингредиентов;
бадья	—	емкость для загрузки шихты сверху в дуговую сталеплавильную печь;
анион	—	отрицательно заряженный ион – ион, который притягивается к аноду в электрохимических реакциях;
вакуум-ковш	—	ковш с удлиненным стаканом для извлечения металлургических расплавов из ванны путем создания разряжения в рабочем пространстве ковша;
ванна плавильная	—	расплавленный металл в металлургической печи; часть печи, в которой находится расплавленный металл;
ванна электролизная	—	емкость для электролиза;
водоочистка	—	комплекс технологических процессов – удаление вредных примесей из сточных вод металлургического производства, часть водоподготовки;
воды сточные	—	воды, загрязненные бытовыми и

		производственными отходами, удаляемые с территории предприятий;
ванна	—	раствор химических веществ для удельной поверхностной обработки, например, травильная ванна. Термин также относится к соответствующему резервуару или рабочей станции в последовательности процессов;
воздействие на окружающую среду	—	любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации;
восстановительный процесс	—	физико-химический процесс получения металлов из их оксидов, связыванием кислорода восстановителем — веществом, способным соединяться с кислородом;
вторичное производство	—	производство металлов с использованием остатков и/или отходов, включая переплавку и легирование;
выброс загрязняющих веществ	—	поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;
выпуск	—	действие открытия выпускного отверстия печи для удаления расплавленного металла или шлака;
гидрометаллургия	—	совокупность металлургических процессов, протекающих в водных растворах. Извлечение металлов из руд, концентратов, отходов различных производств с использованием водных растворов химических реагентов (выщелачивание) с последующим выделением металлов из растворов (цементация, сорбция, экстракция, электролиз и др.);
градирня	—	устройство башенного типа с наклонными стенками в системах оборотного водоснабжения для охлаждения воды атмосферным воздухом;
горелка-дожигатель	—	специально разработанная

		<p>дополнительная установка для сжигания с системой обжига (не обязательно используемая все время), которая обеспечивает время, температуру и перемешивание с достаточным количеством кислорода для окисления органических соединений до диоксида углерода . Установки могут быть спроектированы таким образом, чтобы использовать энергоемкость необработанного газа для обеспечения большей части требуемой тепловой мощности и большей энергоэффективности;</p>
движущая сила внедрения	—	<p>причины реализации технологии, например, требования законодательства, необходимость улучшения (или стремление к улучшению) качества продукции;</p>
действующая установка	—	<p>стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятии) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (или) модернизированные после введения в действия настоящего справочника по НДТ установки;</p>
дожигание	—	<p>зажигание и сжигание выхлопных газов путем впрыска воздуха или использования горелки (например , для уменьшения количества СО и (летучих) органических соединений);</p>
достигнутые экологические выгоды	—	<p>основное воздействие(я) на окружающую среду, которое(ые) должны рассматриваться с помощью технологии (процесса или борьбы), включая достигнутые значения выбросов и эффективность работы. Экологические выгоды метода по сравнению с другими;</p>
дымовой газ	—	<p>смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящего из камеры</p>

загрязняющее вещество	—	<p>сгорания и направленного вверх по выхлопной трубе, которая должна быть выпущена;</p> <p>любое вещество в твердом, жидком, газообразном или парообразном состоянии, которое при его поступлении в окружающую среду в силу своих качественных или количественных характеристик нарушает естественное равновесие природной среды, ухудшает качество компонентов природной среды, способно причинить экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека;</p>
изложница	—	<p>металлическая форма для отливки металла в виде слитка;</p>
инверсия	—	<p>обращение фаз, при котором дисперсная фаза в результате коалесценции (слияния) капель становится дисперсионной;</p>
извлечение	—	<p>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;</p>
измельчение	—	<p>процесс измельчения, который дает мелкозернистый продукт (<1 мм), где уменьшение размера достигается за счет истирания и</p>

		ударов и иногда поддерживается свободным движением несвязанных средств, таких, как стержни, шарики и каменная крошка;
измерение	—	набор операций для определения значения количества;
камера дожигания	—	термин, применяемый к зоне, расположенной после начальной камеры сгорания, где происходит прогар газа. Также упоминается как вторичная камера сгорания или ВКС;
катод	—	электрод, на котором происходят реакции восстановления;
классификация	—	разделение сыпучего продукта, неоднородного по размеру частиц, на две или более фракции частиц определенного размера с помощью просеивающего устройства;
комплексный подход	—	подход, учитывающий более чем одну природную среду. Преимущество данного подхода состоит в комплексной оценке воздействия предприятия на окружающую среду в целом. Это уменьшает возможность простого переноса воздействия с одной среды на другую без учета последствий для такой среды. Комплексный (межкомпонентный) подход требует серьезного взаимодействия и координации деятельности различных органов (ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т.д.);
комплексный технологический аудит (КТА)	—	процесс экспертной оценки применяемых на предприятиях техник (технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений), направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе путем сбора соответствующих сведений и (или) посещений объектов, подпадающих под области

		применения наилучших доступных техник;
концентрат	—	товарный продукт после разделения на обогатительной фабрике с повышенным содержанием ценных минералов;
кросс-медиа эффекты	—	возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому. Любые побочные эффекты и отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии;
летка	—	отверстие в металлургических печах для выпуска жидких металлов, шлака, штейна;
легирование	—	целенаправленное изменение состава материала путем введения легирующих элементов для изменения структуры и свойств;
летучие органические вещества (ЛОС)	—	любое органическое соединение, имеющее при 293,15 К давление паров 0,01 кПа или более, или имеющее соответствующую летучесть при определенных условиях использования;
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 определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т.д.;
нейтрализация	—	реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабодиссоциирующего вещества;

обезвоживание пульпы	—	отделение воды от твердых компонентов пульпы путем фильтрования, декантации;
оборотная вода	—	отработанная охлаждающая вода теплообменников;
обогащение (руды)	—	совокупность процессов первичной переработки руды для получения технически ценных или пригодных для дальнейшей переработки продуктов – концентратов;
отходы	—	как вторичное сырье цветных металлов это промышленные отходы на всех стадиях производств, содержащие цветные металлы или состоящие из них;
окислительный процесс	—	химический процесс, сопровождающийся увеличением степени окисления атома окисляемого вещества посредством передачи электронов от атома восстановителя (донора электронов) к атому окислителя (акцептору электронов);
опасные вещества	—	вещества или группы веществ, которые обладают одним или несколькими опасными свойствами, такими, как токсичность, стойкость и биоаккумулятивность, или классифицируются как опасные для человека или окружающей среды;
осушение	—	процесс удаления воды из подземного рудника или открытого карьера, или из вмещающей горной породы или немонолитной области. Этот термин также обычно используется для снижения содержания воды в концентратах, отходах обогащения и переработанных шламах;
отбор проб	—	процесс, посредством которого часть вещества, материала или продукта удаляется, чтобы сформировать репрезентативную выборку целого, с целью изучения рассматриваемого

		<p>вещества, материала или продукта. План отбора проб, выборка и аналитические соображения всегда должны учитываться одновременно;</p>
отливка (заготовка)	—	<p>общий термин, используемый для изделий в их (почти) готовой обработке, сформированных путем затвердевания металла или сплава в форме (ISO 3134-4: 1985);</p>
отходящий газ	—	<p>общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы);</p>
пиromеталлургия	—	<p>совокупность металлургических процессов, протекающих при высоких температурах;</p>
пустая порода	—	<p>минералы, входящие в состав руды, не содержащие ценный металл или содержание металла в которых не соответствует техническим требованиям его извлечения;</p>
пылеулавливание	—	<p>комплекс инженерных и технологических мероприятий и процессов, связанных с отводом запыленных газов от источников образования пыли с последующей очисткой газов от пыли;</p>
первичное производство	—	<p>производство металлов с использованием руд и концентратов;</p>
переработка отходов	—	<p>механические, физические, химические и (или) биологические процессы, направленные на извлечение из отходов полезных компонентов, сырья и (или) иных материалов, пригодных для использования в дальнейшем в производстве (изготовлении) продукции, материалов или веществ вне зависимости от их назначения;</p>
печь	—	<p>агрегат, внутри которого металлосодержащие материалы при помощи тепловой энергии подвергаются требуемым физико-химическим превращениям для того, чтобы</p>

		извлекать, рафинировать и обрабатывать металлы;
прямые измерения	—	конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;
пыль	—	твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе;
рафинирование	—	очистка металлов от примесей;
регенеративные горелки	—	горелки, предназначенные 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 "рекуперативные горелки";
рекуперативные горелки	—	горелки, предназначенные для циркуляции горячих газов в системе горелки для восстановления тепла. См. также "регенеративные горелки";
руда	—	минеральные или различные накопленные полезные ископаемые (включая уголь), имеющие достаточную ценность с точки зрения качества и количества, которые можно добывать с прибылью. Большинство руд – это смеси экстрагируемых минералов и посторонних каменистых материалов, описанных как "пустые";
сброс загрязняющих веществ	—	поступление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, недра или на земную поверхность ;
скруббер	—	аппараты различной конструкции для промывки жидкостями газов с целью их очистки и для извлечения одного или нескольких компонентов, а также барабанные машины для

		промывки полезных ископаемых, в том числе пылеулавливающая установка;
сточные воды	—	воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека или на загрязненной территории;
техническая характеристика	—	величина, отражающая функциональные, геометрические, деформационные, прочностные свойства сооружения, конструкции и/или материалов;
технический кислород	—	кислород из воздуха, который был отделен от азота для получения более 97% O ₂ ;
уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник	—	диапазон уровней эмиссий (концентраций загрязняющих веществ), которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;
утилизация отходов	—	процесс использования отходов в иных, помимо переработки, целях, в том числе в качестве вторичного энергетического ресурса для извлечения тепловой или электрической энергии, производства различных видов топлива, а также в качестве вторичного материального ресурса для целей строительства, заполнения (закладки, засыпки) выработанных пространств (пустот) в земле или недрах или в инженерных целях при создании или изменении ландшафтов;
фильтрация	—	процесс разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции;
шихта	—	сырьевая смесь для получения металлов, состоящая из концентратов, флюсов, восстановителей и т.п.;

экологическое разрешение	—	документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности;
эксплуатационные данные	—	данные о производительности по выбросам/отходам и потреблению, например, сырья, воды и энергии. Любая другая полезная информация о том, как управлять, поддерживать и контролировать, включая аспекты безопасности, ограничения работоспособности техники, качество вывода и т.д.;
электрод	—	проводник, посредством которого электрический ток входит или выходит из электролита в электрохимической реакции (или электрической дуге или вакуумной трубке). См. также: анод и катод;
электролиз	—	физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который возникает при прохождении электрического тока через раствор либо расплав электролита;
электролит	—	вещество, которое способно проводить электрический ток в растворе или в расплавленном состоянии;
электролитическое выделение (ЭВ)	—	стадия электролитического производства, в которой используется инертный металлический анод, и нужный металл в электролите, осаждаемый на катоде;
электрофильтр	—	устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил ;
удельный расход потребления	—	единица измерения, используемая

ТЭР	для определения энергетической емкости производственного (технологического) процесса;
тонна условного топлива (т у.т.) —	единица измерения энергии, равная 29,3 ГДж; определяется как количество энергии, выделяющейся при сгорании 1 тонны каменного угля.

Аббревиатуры и их расшифровки

АО "УКТМК"	акционерное общество "Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат"
АСУТП	автоматизированная система управления технологическим процессом
ВАМИ	Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт алюминиевой, магниевой и электродной промышленности
Гиредмет	Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности
ГОУ	газоочистная установка
ЗВ	загрязняющие вещества
ИЗА	источник загрязнения атмосферы
ИТС	информационно-технический справочник
КПД	коэффициент полезного действия
КТА	комплексный технологический аудит
КЭР	комплексное экологическое разрешение
НДТ	наилучшие доступные техники
СПГ	сжиженный природный газ
ТОО "СГОП"	ТОО "Сатпаевское горно-обогатительное предприятие"
ТБО	твердые бытовые отходы
ЭА	энергетический аудит
РМ	редкие металлы
РТП	рудно-термическая печь
ПЛК	программируемый логический контроллер
ВДП	вакуумно-дуговая плавка
ШЭС	шламоэлектrolитная смесь
ПНР	печь непрерывного рафинирования
СМТ-1	печь стационарная, магниевая, тигельная

Химические элементы

Символ	Название	Символ	Название
Ag	серебро	Mg	магний

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

Химические формулы

Химическая формула	Название (описание)
TiO ₂	оксид титана
TiCl ₄	тетрахлорид титана
FeTiO ₃	ильменит
MgO	оксид магния
MgCl ₂	хлорид магния
CO	монооксид углерода
CO ₂	диоксид углерода
CaO	оксид кальция, гидроокись кальция

FeO	оксид железа
Fe ₂ O ₃	оксид железа трехвалентный
H ₂ O ₂	перекись водорода
H ₂ S	сероводород
H ₂ SO ₄	серная кислота
HCl	хлористоводородная кислота
HF	фтороводородная кислота
HNO ₃	азотная кислота
K ₂ O	оксид калия
MgO	оксид магния, магнезия
MnO	оксид марганца
NaOH	гидроокись натрия
NaCl	хлорид натрия
CaCl ₂	хлорид калия
Na ₂ CO ₃	карбонат натрия
Na ₂ SO ₄	сульфат натрия
NO ₂	двуокись азота
NO _x	смесь оксида азота (NO) и диоксида азота (NO ₂), выраженная в виде NO ₂
PbCO ₃	карбонат свинца
PbO	оксид свинца
Pb ₃ O ₄	тетраоксид трисвинца
PbS	сульфид свинца
PbSO ₄	сульфат свинца
SiO ₂	двуокись кремния, оксид кремния
SO ₂	двуокись серы
SO ₃	трехокись серы
SO _x	оксиды серы – SO ₂ и SO ₃
ZnO	оксид цинка

Единицы измерения

Символ измерения	единицы	Название измерения	единицы	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
бар		бар		давление (Д)	1.013 бар = 100 кПа = 1 атм

°C	градус Цельсия	температура (Т) разница температур (РТ)	
г	грамм	вес	
ч	час	время	
К	Кельвин	температура (Т) разница температур (АТ)	0 °C = 273.15 K
кг	килограмм	вес	
кДж	килоджоуль	энергия	
кПа	килопаскаль	давление	
кВт ч	киловатт-час	энергия	1 кВт ч = 3 600 кДж
л	литр	объем	
м	метр	длина	
м ²	квадратный метр	площадь	
м ³	кубический метр	объем	
мг	миллиграмм	вес	1 мг = 10 ⁻³ г
мм	миллиметр		1 мм = 10 ⁻³ м
МВт	мегаватт тепловой мощности	тепловая мощность теплоэнергия	
нм ³	нормальный кубический метр	объем	при 101.325 кПа, 273.15 К
Па	паскаль		1 Па = 1 Н/м ²
ppb	частей на миллиард	состав смесей	1 ppb = 10 ⁻⁹
ppm	частей на миллион	состав смесей	1 ppm = 10 ⁻⁶
об/мин	число оборотов в минуту	скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	Вес	1 т = 1 000 кг или 10 ⁶ г
т/сут	тонн в сутки	массовый расход расход материала	
т/год	тонн в год	массовый расход расход материала	
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)
г	год	время	

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

Справочник по наилучшим доступным техникам (далее – НДТ) представляет собой документ, включающий уровни эмиссий, объемы образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением НДТ, а также заключения, содержащие выводы по наилучшим доступным техникам, и любые перспективные техники. Термин "наилучшие доступные техники" введен в ст. 113 Экологического кодекса Республики Казахстан в (далее – Экологический кодекс) [1], согласно которому НДТ – 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.

Перечень областей применения наилучших доступных техник утвержден в приложении 3 к Экологическому кодексу.

Настоящий справочник по НДТ содержит описание применяемых при производстве титана и магния технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду (выбросы, сбросы, размещение отходов), повышения уровня энергоэффективности, обеспечения экономии ресурсов на производствах, относящихся к области применения справочника по НДТ. Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к наилучшим доступным техникам, а также установлены технологические показатели, соответствующие выделенным НДТ.

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с Правилами разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденными постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 (далее – Правила) [2].

При разработке справочника по НДТ рассмотрен наилучший мировой опыт 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. При разработке справочника по НДТ использовались аналогичные и сопоставимые справочные документы:

1. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries [3].

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 24–2020 [4].

3. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency [5].

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48–2017 [6].

5. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения [7].

Технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности наилучших доступных техник для технологического процесса определены технической рабочей группой по разработке справочника по НДТ "Производство титана и магния".

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий отрасли по производству титана и магния составляет порядка 629 т/год.

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

В справочнике по НДТ использованы фактические данные по технико-экономическим показателям, выбросам загрязняющих веществ в воздух и сбросам в водную среду предприятий, осуществляющих производство титана и магния в Республике Казахстан за 2022 – 2023 годы, полученные по результатам комплексного технологического аудита и анкетирования, проведенных подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро НДТ.

В справочнике по НДТ использованы данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, компаний, осуществляющих производство технологических систем и оборудования производства титана и магния.

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была собрана в процессе разработки справочника по НДТ в соответствии с Правилами разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам [2].

Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

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

Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
---------------------------------	--------------------

Утилизация и обезвреживание отходов	Обращение с отходами
Очистка сточных вод при производстве продукции	Процессы очистки сточных вод
Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
Промышленные системы охлаждения	Процессы охлаждения
Утилизация и удаление отходов путем сжигания	Вовлечение отходящих газов в качестве топливного компонента
Добыча и обогащения ильменитового сырья	Производство титана
Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий

Область применения

В соответствии с нормами Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на производство цветных металлов, включая:

процессы производства металла из ильменитовых руд, в частности:

восстановительная плавка с целью получения титанового шлака – руднотермический комплекс по производству титанового шлака и лигатуры на основе железа;

хлорирование титанового шлака – производство технического тетрахлорида титана методом хлорирования титаносодержащих материалов;

производство металла восстановлением – производство титана губчатого магниитермическим способом (метод Кролла);

плавка титана губчатого – производство титановых слитков и сплавов;

электролитическое получение магния – производство магния-сырца методом электролиза расплавленных солей;

рафинирование магния – производство магния-восстановителя в печи непрерывного рафинирования.

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 НДТ "Производство титана и магния".

Настоящий справочник по НДТ также распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий и (или) масштабы загрязнения окружающей среды:

хранение и подготовка сырья;

производственные процессы (пиromеталлургические и электролитические);

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

хранение и подготовка продукции.

Справочник по НДТ не распространяется на:

добычу и обогащение руд и продуктов, содержащих редкие металлы;

процессы производства радиоактивных металлов;

вопросы, которые касаются исключительно обеспечения промышленной безопасности или охраны труда;

вспомогательные процессы (ремонтные, автотранспортные, железнодорожные, монтажные), необходимые для бесперебойной эксплуатации производства.

Принципы применения

Статус документа

Справочник по НДТ производство "Титана и магния" содержит систематизированную информацию о состоянии отрасли производства титана и магния, наиболее распространенных и новых, перспективных технологиях, потреблении ресурсов и об эмиссиях, системах экологического и энергетического менеджмента.

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов и общественности о НДТ и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по НДТ с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и 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, обязательные к применению, представленные в данном разделе, имеют предписывающий характер при установлении технологических нормативов в рамках процедуры получения операторами объектов комплексных экологических разрешений.

Раздел 6: представлены заключения, содержащие выводы по НДТ, включая технологические показатели, связанные с применением НДТ.

При этом необходимость применения одного из или совокупности нескольких положений раздела 5 настоящего справочника по НДТ определяется операторами объектов самостоятельно исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии и при условии соблюдения технологических показателей, представленных

в разделе 6. Таким образом, общее количество наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании заключений, содержащих выводы по НДТ, предприятиями разрабатываются программы по повышению экологической эффективности, содержащие график мероприятий по охране окружающей среды, направленных на достижение уровня эмиссий и значений технологических показателей, утвержденных в заключениях по НДТ.

Рекомендательные положения

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

Раздел 1: представлена общая информация о производстве титана и магния, о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях производства титана и магния в Республике Казахстан с учетом места отечественной отрасли на мировом рынке.

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

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

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

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

Раздел 7: дана 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

Титан и магний относятся к редким металлам. Редкие металлы, согласно промышленной классификации, подразделяют на пять подгрупп в зависимости от физико-химических свойств, совместного нахождения в рудном сырье и сходства методов извлечения из сырья. Важнейшие обобщающие характеристики этих металлов

заклучены в названиях выделенных подгрупп: легкие, рассеянные, тугоплавкие, редкоземельные и радиоактивные.

Титан относится к тугоплавким редким металлам. К тугоплавким относятся переходные элементы IV, V и VI групп периодической системы Менделеева Д.И., у которых происходит достройка электронного d-уровня. Эти особенности определяют физические и химические свойства рассматриваемой подгруппы металлов: высокую температуру плавления, прочность, коррозионную стойкость, а также переменную валентность, многообразие химических соединений. Все тугоплавкие редкие металлы образуют тугоплавкие и твердые карбиды, бориды и силициды. Тугоплавкие редкие металлы объединяют области применения. К группе тугоплавких металлов относят ванадий, ниобий, тантал, цирконий, титан, вольфрам и молибден [7].

Магний относится к щелочноземельным металлам. Щелочноземельные металлы – химические элементы 2-й группы периодической таблицы элементов: бериллий (Be), магний (Mg), кальций (Ca), стронций (Sr), барий (Ba), радий (Ra). Бериллий по свойствам больше похож на алюминий, а магний проявляет некоторые свойства щелочноземельных металлов, но в целом отличается от них.

Все щелочноземельные металлы - вещества серого цвета и гораздо более твердые, чем щелочные металлы.

Бериллий устойчив в воздухе. Магний и кальций устойчивы в сухом воздухе. Стронций и барий хранят под слоем керосина [8].

1.1. Развитие титано-магниевой промышленности

Титан обладает и значительной твердостью: он в 12 раз тверже алюминия, в 4 раза – железа и меди. Еще одна важная характеристика металла – предел текучести. Чем он выше, тем лучше детали из этого металла сопротивляются эксплуатационным нагрузкам, тем дольше они сохраняют свои формы и размеры. Предел текучести у титана почти в 18 раз выше, чем у алюминия.

В отличие от большинства металлов титан обладает значительным электросопротивлением: если электропроводность серебра принять за 100, то электропроводность меди равна 94, алюминия – 60, железа и платины – 15, а титана – всего 3,8. Вряд ли нужно объяснять, что это свойство, как и немагнитность титана, представляет интерес для радиоэлектроники и электротехники.

Титан устойчив против коррозии, по этой причине пользуется большим спросом среди авиаконструкторов, судостроителей и гидростроителей.

В конце 1968 г. поднялся в воздух первый в мире сверхзвуковой пассажирский лайнер Ту-144. Рули поворота, электроны и некоторые другие детали этого гигантского самолета, нагревающиеся во время полета до высокой температуры, выполнены из титана.

Известно около 70 минералов титана, в которых он находится в виде двуокиси или солей титановой кислоты. Наибольшее практическое значение имеют ильменит, рутил, перовскит и сфен.

Ильменит – метатитанат железа FeTiO_3 – содержит 52,65 % TiO_2 . Название этого минерала связано с тем, что он был найден на Урале в Ильменских горах. Крупнейшие россыпи ильменитовых песков имеются в Индии. Другой важнейший минерал – рутил представляет собой двуокись титана. Промышленное значение имеют также титаномагнетиты – природная смесь ильменита с минералами железа. Богатые месторождения титановых руд находятся на территории Казахстана, США, Индии, Норвегии, Канады, Австралии и других стран.

Всего на земном шаре известно более 150 значительных рудных и россыпных месторождений титана [9].

Титан находится на 10-м месте по распространенности в природе. Содержание в земной коре – 0,45 % по массе, в морской воде – 0,001 мг/л. В ультраосновных породах – 300 г/т, в основных — 9 кг/т, в кислых – 2,3 кг/т, в глинах и сланцах – 4,5 кг/т. В земной коре титан почти всегда четырехвалентен и присутствует только в кислородных соединениях.

В свободном виде не встречается. Титан в условиях выветривания и осаждения имеет геохимическое сродство с Al_2O_3 . Он концентрируется в бокситах коры выветривания и в морских глинистых осадках. Перенос титана осуществляется в виде механических обломков минералов и в виде коллоидов. До 30 % TiO_2 по весу накапливается в некоторых глинах. Минералы титана устойчивы к выветриванию и образуют крупные концентрации в россыпях.

В мире россыпные месторождения обеспечивают около 70 % производства диоксида титана в титановых концентратах и шлаках. Остальные 30 % получают из руд коренных магматогенных месторождений в габброидах, разрабатываемых в Канаде на месторождении Лак-Тио с рудами, содержащими 34 % TiO_2 , в Норвегии – месторождение Теллес (18 % TiO_2), в Китае – (месторождения группы Паньчжихуа (6 – 12 % TiO_2) и в России Куранахское месторождение (9,8 % TiO_2) [10].

Производство титана тесно связано с магнием. Магний легче алюминия в полтора, а железа – в четыре с половиной раза. Его сплавы по степени прочности на единицу веса превосходят легированные стали и алюминиевые сплавы, уступая лишь титану. Магниевые сплавы хорошо поглощают вибрацию, легко обрабатываются, немагнитны, прекрасно переносят высокие и низкие температуры. Самостоятельное применение магний нашел в переносных и подвижных военных радиостанциях. Без магниевых и алюминиевых порошков нельзя изготовить зажигательные бомбы и снаряды.

Титан в короткие сроки стал одним из важнейших стратегических материалов, найдя себе самое широкое применение в различных отраслях промышленности. Например, в качестве конструкционного материала он используется в общем и транспортном машиностроении. Высокая удельная прочность титана и способность сохранять ее при умеренно повышенных температурах позволили применять титан в авиастроении, космонавтике, производстве современных видов вооружения. Эффективно применение титана в реактивных двигателях, работающих при высоких температурах. Ротор компрессора, изготовленный из стали, весом 14 кг выдерживает только 17 тыс. оборотов. Равноценный ротор из алюминиевых сплавов весит 11 кг и выдерживает до 20 тыс. оборотов в минуту. А ротор из титана при весе 8 кг может вращаться со скоростью 25 тыс. оборотов в минуту. В ракетостроении титан идет на изготовление баллонов, находящихся под давлением, корпусов двигателей ракет, работающих на твердом топливе, емкостей для жидкого водорода. Большой эффект дает применение титана в морском судостроении. Высокая прочность и коррозионная стойкость в морской воде в сочетании с относительно низким удельным весом металла дает возможность подводным лодкам из титана погружаться на большую глубину, чем стальные лодки. В судостроении титан используется не только для обшивки судов, но и для изготовления различных деталей морского оборудования, от которых требуется стойкость в условиях турбулентных потоков морской воды, вызывающих интенсивное разрушение конструкционных материалов. Титан используется также для изготовления деталей, узлов и целых конструкций, работающих в других тяжелых, агрессивных средах, где остальные металлы не выдерживают длительных сроков эксплуатации. Немагнитность этого металла также обеспечивает возможность широкого использования титана в химическом машиностроении, лесной промышленности, других отраслях народного хозяйства. Его промышленное использование позволяет успешно решать сложные аппаратурно-технологические задачи в области органической химии и нефтехимии, в частности, обеспечивать выпуск органических кислот, спиртов, альдегидов, мочевины, пластмасс, искусственных волокон, многих других продуктов. Титан становится незаменимым конструкционным материалом при работе с растворами двуокиси хлора, гинохлорита кальция, хлорита и хлората натрия. Срок эксплуатации титановой аппаратуры до пяти раз больше, чем аппаратуры из любого другого металла [11].

1.1.1 Общая информация о рассматриваемой отрасли промышленности

В марте 1954 г. вышло постановление Совета министров СССР "О мерах по развитию производства титана". На основе данного постановления началось строительство Усть-Каменогорского титаномагниевого комбината.

АО "АО "УКТМК" был создан по проекту отраслевых институтов – Государственного научно-исследовательского и проектного института редкометаллической промышленности (Гиредмет) и Всесоюзного

алюминиево-магниевого института (ВАМИ). А при его строительстве учли опыт работы Запорожского и Березниковского титаномагниевого комбинатов и привлекли лучшие кадры титаномагниевого производства.

Все это позволило применить при создании АО "УКТМК" передовые научно-технические решения, которое опережали свое время. С самого начала предприятие было ориентировано на высочайшее качество производимой продукции. 27 марта 1965 года госкомиссия подписала акт о принятии в эксплуатацию первой очереди АО "УКТМК". Этот день считается днем рождения комбината. Ровно через год состоялся пуск его второй очереди. Были введены в эксплуатацию все переделы титаномагниевого производства.

В 1969 году на АО "УКТМК" была достигнута проектная мощность титанового и магниевого производств. В проекте комбината заложены самые современные технологии, предусмотрено использование новейшего оборудования на всех основных переделах производства титана и магния. Это и позволило быстро достичь проектных технико-экономических показателей, а за счет разработки и внедрения эффективных мероприятий существенно улучшить их. Так, изменение отдельных узлов титанового хлоратора привело к увеличению производительности процесса в 1,7 раза, а внедрение оптимального технологического режима на четверть увеличило производительность аппаратов восстановления и дистилляции. За счет разработки и внедрения нового, безмедного способа очистки тетрахлорида титана удалось значительно повысить качество титана. Впервые в отрасли на АО "УКТМК" применили метод пропитки анодных блоков метафосфатами, обеспечивший увеличение срока службы графитовых изделий более чем в два раза. Почти при каждом капитальном ремонте реконструировали основное технологическое оборудование. Это позволяло при небольших затратах существенно увеличивать объем производства продукции. Вскоре на АО "УКТМК" вошел в эксплуатацию цех по производству магневых порошков, устойчиво заработал цех электролиза магния.

К 1980 году в цехе электролиза на АО "УКТМК" в полном объеме были внедрены бездиафрагменные электролизеры. В результате сила тока увеличилась на 30 %, а срок службы электролизеров – в два раза. Основательной реконструкции подверглись хлораторы в цехе № 2. Старые колонны ректификации были заменены на новые, большего диаметра и с увеличенной мощностью дистилляционных кубов.

В 1989 году на АО "УКТМК" был достигнут наибольший объем производства губчатого титана за всю историю комбината.

В 1993 году в рамках государственной программы приватизации промышленности Казахстана АО "УКТМК" преобразовался в открытое акционерное общество ОАО "УКТМК". Вскоре началась приватизация комбината, которая продолжалась девять лет. В итоге основным акционером комбината стала бельгийская фирма "Спешиалти Металз Компани" [11].

Производство титановой губки в странах СНГ в 1992 – 2005 г.г. (тыс. тонн) приведено в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1. Производство титановой губки в странах СНГ в 1992 – 2005 г.г. (тыс. тонн)

№ п/п	Страны	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год	Год
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2003	2004	2005
1	Всего в СНГ	662,4	338,3	220	224,5	221,4	336,3	335,9	331,7	442,3	449,7	554
2	Россия (Урал)	333,4	223,3	110	114,7	99,3	223,2	221,9	116,2	223	226	227
3	Казахстан	117	115	110	99,8	112,1	113,1	112,8	113	112,5	116,5	119
4	Украина	112	66	55	-	-	-	11,2	22,5	66,8	77,2	8
5	Всего в мире	994,1	667	446,7	552,5	556,3	770,8	770,5	660,6	665,3	778	1102,5

В настоящее время АО "УКТМК" является вертикально интегрированным производителем титана от добычи сырья до выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью. Основными видами товарной продукции комбината являются: титан губчатый, магний первичный в слитках, титановые слитки и сплавы. Продукция АО "УКТМК" сертифицирована всеми производителями авиакосмической отрасли мира. В настоящее время 100 % продукции АО "УКТМК" поставляется на экспорт в индустриально развитые страны, такие, как США, Великобритания, Россия, Франция, Южная Корея, Индия и Китай.

Доля титана АО "УКТМК":

на мировом рынке составляет 11 %;

в авиакосмической отрасли – 18 %.

Предприятие добилось таких показателей за счет запуска инвестиционных проектов в рамках программы индустриализации и создания трех совместных предприятий ("UKAD" и EcoTitanium – Франция, ТОО "ПОСУК Титаниум" в Южной Корее). В своей деятельности предприятие уделяет первостепенное внимание инновациям и постоянной разработке и внедрению инновационных технологий (производит 14 видов титановых сплавов).

В 2019 году объем валового производства титана губчатого увеличился на 44 % по отношению к 2018 году. В 2019 году объем производства титановых слитков и сплавов увеличился на 4 % по отношению к 2018 году. Увеличение объемов производства АО "УКТМК" за период 2018 – 2019 годы связано с увеличением спроса на авиакосмическом и промышленном рынках.

Одним из перспективных направлений в отечественной титановой отрасли является производство продукции для нефтегазового машиностроения, производства труб с титановым покрытием и титановых порошков для аддитивного производства.

Учитывая биологическую инертность титана, в ближайшем будущем планируется создание предприятия по производству биоимплантов и медицинских инструментов [12].

В Казахстане АО "УКТМК" производит и реализует в основном высококачественную титановую губку и товарный магний. Основными держателями акций компании являются компании Specialty Metals Company (45,03 %), New Asia Investment Group Ltd. (9,46 %), Metacapital Investments PTE. Ltd (8,53 %), New Metal Investments PTE и Metal Resource & Technology PTE. Ltd (по 7,58 %), Kolur Holding (6,43 %).

По данным Геологической службы США U.S. Geological Survey, в 2013 году в Америку из Казахстана было поставлено 10,3 тыс. тонн титановой губки, при этом мировое производство титановой губки составило 192 тыс. тонн, а мощность АО "УКТМК" по губке составляет 27 тыс. тонн.

На АО "УКТМК" завершено строительство цеха по производству титановых слитков и сплавов методом двойного вакуумнодугового переплава губчатого титана и легирующих элементов. Суть этого проекта — в усилении вертикальной интеграции АО "УКТМК" от добычи сырья до выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью с укреплением ведущих позиций на мировом рынке титана. Проектная мощность цеха 11 000 тонн титановых слитков и сплавов в год. Титановые слитки и слябы, производимые на АО "УКТМК", прокатываются в титановые листы и трубы на предприятиях "POSCO" для последующей их реализации крупным судостроительным компаниям Южной Кореи.

Растет применение титана в медицине. По мнению экспертов компании, в долгосрочной перспективе спрос аэрокосмической отрасли на титан увеличится. Однако аэрокосмическая промышленность потребляет титан преимущественно по контрактным поставкам, так что для активизации спотового рынка необходим рост в таких секторах, как опреснение морской воды, нефтегазовой и др. [13].

1.2. Характеристика сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых при производстве титана и магния

Титан занимает седьмое место по распространенности в природе. Чаще всего это оксиды, титанаты и титаносиликаты. Максимальное количество вещества содержится в двуокисях – 94 – 99 %.

Известно более 80 минералов титана. Важнейшие минералы титана в основном входят в состав пяти характерных групп: рутила, ильменита, перовскита, ниоботанталотитанатов и сфена, из которых наибольшее значение имеют группы рутила и ильменита.

Рутил – природный диоксид титана. Самая устойчивая модификация представляет собой минерал синеватого, буровато-желтого, красного цвета. Плотность 4,18 – 4,28 г/см³. Известны месторождения в Австралии, Канаде, Бразилии.

Анализ довольно редкий минерал, при температуре в 800 – 900 °С переходит в рутил.

Брукит – кристалл ромбической системы, при 650 °С необратимо переходит в рутил с уменьшением объема.

Ильменит – титанат железа, наиболее распространенный минерал титана (до 52,8% титана). Минерал бурого и буро-черного цвета, плотностью 4,56 – 5,21 г/см³. Это гейкилит, пирофанит, кричтон – химический состав ильменита весьма сложен и колеблется в широких пределах.

Используется в промышленных целях. Результат выветривания ильменита – лейкоксен. Здесь происходит довольно сложная химическая реакция, при которой из ильменитовой решетки удаляется часть железа.

В результате объем титана в руде повышается до 60 %.

Также используют руду, где металл связан не с закисным железом, как в ильмените, а выступает в виде титаната окисного железа. Это аризонит, псевдобрукит.

Крупные россыпи ильменитовых песков найдены в Индии, Австралии, Индонезии, Африке, Южной Америке, США, Казахстане и России.

Часто ильменит находится в тесной связи с магнетитом. Такие руды называют титаномагнетитовыми. Крупнейшие запасы таких руд обнаружены в Канаде, СНГ, Скандинавии, Бразилии.

Наибольшее значение имеют месторождения ильменита, рутила и титаномагнетита. Разделяют их на 3 группы:

магматические связаны с участками распространения ультраосновных и основных пород, с распространением магмы. Чаще всего это ильменитовые, титаномагнетитовые ильменит-гематитовые руды;

экзогенные месторождения – россыпные и остаточные, аллювиальные, аллювиально-озерные месторождения ильменита и рутила. А также прибрежно-морские россыпи, титановые, анатазовые руды в корях выветривания. Наибольшее значение имеет прибрежно-морские россыпи;

метаморфизированные месторождения – песчаники с лейкоксом, ильменит-магнетитовые руды, сплошные и вкрапленные.

Экзогенные месторождения остаточные или россыпные, разрабатываются открытым методом. Для этого используют драги и экскаваторы.

Разработка коренных месторождений связана с проходкой шахт. Полученную руду на месте дробят и обогащают. Применяют гравитационное обогащение, флотацию, магнитную сепарацию.

Перовскит титанат кальция $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ (58,7 % TiO_2). Часто содержит примеси ниобия, иттрия, марганца, магния. Плотность – 3,95–4,04 г/см³, цвет – черный, красно-бурый. В перспективе может стать важнейшим источником получения титана.

Сфен или титанит – титаносиликат кальция $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ (38,8 % TiO_2).

Цвет желтый, плотность 3,4 – 3,56 г/см³. Месторождения найдены во многих районах бывшего СССР, США, Канаде и на Мадагаскаре.

Может служить титановым сырьем при комплексной добыче с другими рудами (апатитом и нефелином).

Запасы титанового сырья, по данным USGS (Американской геологической службы), по странам мира на 01.01.2018 составили 872 млн. тонн TiO_2 . Основную долю в данных запасах занимает ильменит – 92,9 %. Оставшуюся часть базы запасов занимает рутил. Среди стран, которые по запасам ильменита занимают первые позиции, можно выделить: Китай – доля 25,21 %, Австралия – 28,65 %, Индия – 9,74 %, ЮАР, Кения, Бразилия, Мадагаскар, Норвегия и Канада. Среди стран, которые занимают первые места по запасам рутила, можно отметить: Австралия – доля 46,8 %, Кения – 20,98 %, ЮАР, Индия и Украина [14, 15].

1.2.1. Минерально-сырьевая база титана в Казахстане

Казахстан занимает десятое место в мире по запасам титана. Ученные запасы титана в нашей республике сосредоточены на 7 месторождениях: Караоткель, Обуховское, Кумколь, Шокашское, Устюртское, Прогнозное, Жарсорское.

На территории Восточного Казахстана находятся два месторождения с доказанными минеральными запасами титана и циркония: ильменит-цирконовая Караоткельская россыпь и ильменитовая Сатпаевская россыпь. Месторождения расположены на северо-западе Зайсанской впадины. Караоткельское и Сатпаевское месторождения связаны с верхними мелкайнзойскими отложениями межгорных впадин на северо-западе озера Зайсан. Исследованиями на Караоткельском месторождении было установлено: площадь распространения элювиально-аллювиальной россыпи достигает до 100 км², при мощности рудных тел 4 – 7 м и вскрышных пород 2 – 4 м; среднее содержание рудных песков элювиально-аллювиальных отложений: ильменита – 28,0 кг/м³, в сумме рутила и лейкоксена – 6,3 кг/м³, циркона – 6,2 кг/м³.

По результатам геологоразведочных работ на Караоткельской россыпи в 1982 году были оценены запасы и прогнозные ресурсы ильменита, циркония и кварц-полевошпатового минерального сырья [16]. Обуховский горно-обогатительный комбинат – крупнейшее казахстанское предприятие-производитель титано-циркониевых руд. Сырьевой базой служит Обуховское титан-циркониевое месторождение. Расположен в Тайышинском районе Северно-Казахстанской области.

Шокашское местонахождение расположено в Мартукском районе Актюбинской области, в 100 км к западу от города Актобе, в 40 км к югу от железнодорожной станции Мартук и в 3 км севернее поселка Шайда.

ТОО "Сатпаевское горно-обогатительное предприятие" занимается добычей и обогащением ильменитовых песков Сатпаевского месторождения, с получением ильменитового концентрата, необходимого для производственных нужд АО "УКТМК".

Месторождение "Сатпаевское" расположено на территории Кокпектинского района Восточно-Казахстанской области. Областной центр – город Усть-Каменогорск – находится в 220 км севернее, районный центр Кокпекты – в 40 км западнее месторождения. Ближайший населенный пункт – село Койтас – расположен на расстоянии 3,5 км.

ТОО "СГОП" ведет добычу ильменитового сырья на месторождении Сатпаевское (Бектемир) в Восточно-Казахстанской области с 2001 года [17].

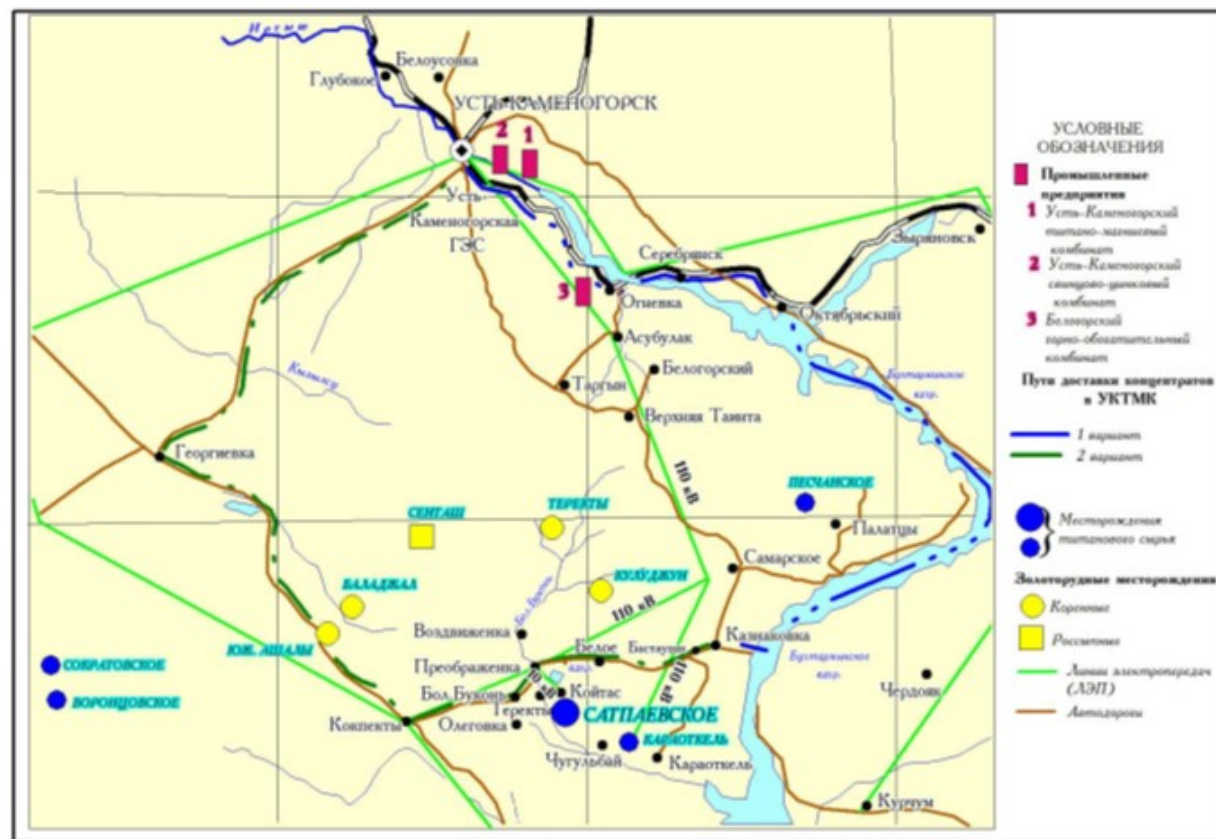


Рисунок.1.1. Обзорная карта района "Месторождение "Сатпаевское"

Таблица 1.2. Технологические показатели переработки рудных песков Сатпаевского месторождения [17].

№ п/п	Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			TiO ₂	ильменита	TiO ₂	от ильменита

1	Ильменитовый концентрат	5,62	51,00	99,0	79,55	79,37
2	Класс +3 мм	1,44	1,0	2,00	0,40	0,41
3	Класс +0,8 мм	2,66	0,5	1,00	0,37	0,38
4	Глинистая составляющая песков	43,78	1,0	2	12,16	12,49
5	Хвосты гравитации	43,89	0,46	0,87	5,61	5,44
6	Хвосты магнитной сепарации	3,84	1,79	3,48	1,91	1,91
7	Отвальные хвосты	95,61	0,77	1,5	20,45	20,63
8	Исходные пески	100,0	3,6	7,01	100,0	100,0

Таблица 1.3. Химический анализ ильменитового концентрата

№ п/п	Элементы и соединения	Содержание, %	Элементы и соединения	Содержание, %
1	TiO ₂	51,00	SiO ₂	1,91
2	FeO	41,80	ZrO ₂	0,017
3	Fe ₂ O ₃	3,25	Собщ	<0,10
4	MgO	0,35	Cr ₂ O ₃	0,029
5	MnO	1,90	Nb ₂ O ₅	0,0104
6	P ₂ O ₅	0,015	Ta ₂ O ₅	0,005
7	Al ₂ O ₃	0,74	SC ₂ O ₃	0,0016
8	CO	0,02	V ₂ O ₅	0,206

1.3. Производственные мощности титаномагниевого сектора Казахстана

Таблица 1.4. Производственные мощности титаномагниевого сектора Казахстана [18].

№ п/п	Технологический процесс	Продукция	Выпуск в 2021 – 2022г.г., тонн	
			макс.	мин.
1	Восстановительная плавка ильменитового концентрата в рудно-термической печи с образованием титанового шлака и	Титановый шлак		32744

	металлической фазы – чугуна		31494	
2	Хлорирование титаносодержащего сырья в расплаве хлоридов щелочных металлов	Тетрахлорид титана	71496	73339
3	О ч и с т к а тетрахлорида титана от примесей методом ректификации и дистилляции	Очищенный тетрахлорид титана	64147	69074
4	Восстановление тетрахлорида т и т а н а расплавленным магнием с последующей очисткой от примесей методом дистилляции	Титан губчатый	17534	17989
5	Производство методом вакуумно-дугового переплава	Титановые слитки и сплавы	2911	3139
6	Получение пентаоксида ванадия из технического окситрихлорида ванадия по экстракционной технологии	Пентаоксид ванадия	30	39
7	Удаление влаги из обезвоженного карналлита путем его плавления и хлорирования	Безводный карналлит	12535	13569
8	Производство магния-сырца методом электролиза расплавленных солей магния	Магний - сырец	19043	19568
9	Использование печи непрерывного рафинирования для о ч и с т к и магния-сырца от примесей () переплавка с	Магний - восстановитель		18236

	флюсами и отстаивание в атмосфере аргона)		16918	
10	Разливка магния на литейном конвейере в среде диоксида серы, которая достигается за счет сжигания серы	Магний-90 товарный	560	108

1.4. Использование энергоресурсов

Согласно топливно-энергетическому балансу Республики Казахстан за 2022 год общее первичное потребление энергии составило 69,8 млн. тонн нефтяного эквивалента. В структуре общего первичного потребления энергии наибольшую долю занимает уголь – 48,2%. Следующими по величине являются газ природный – 26,4%, нефть и нефтепродукты – 23,5% от общего первичного потребления энергии.

По итогам 2022 года общее конечное потребления энергии составило 43,4 млн. тонн нефтяного эквивалента. В структуре конечного энергопотребления промышленный сектор является вторым по величине с объемом потребления 12,3 млн. тонн нефтяного эквивалента. Наибольшую долю занимает черная металлургия – 30,1%, цветная металлургия – 26,4% и горнодобывающая промышленность – 14,4%.

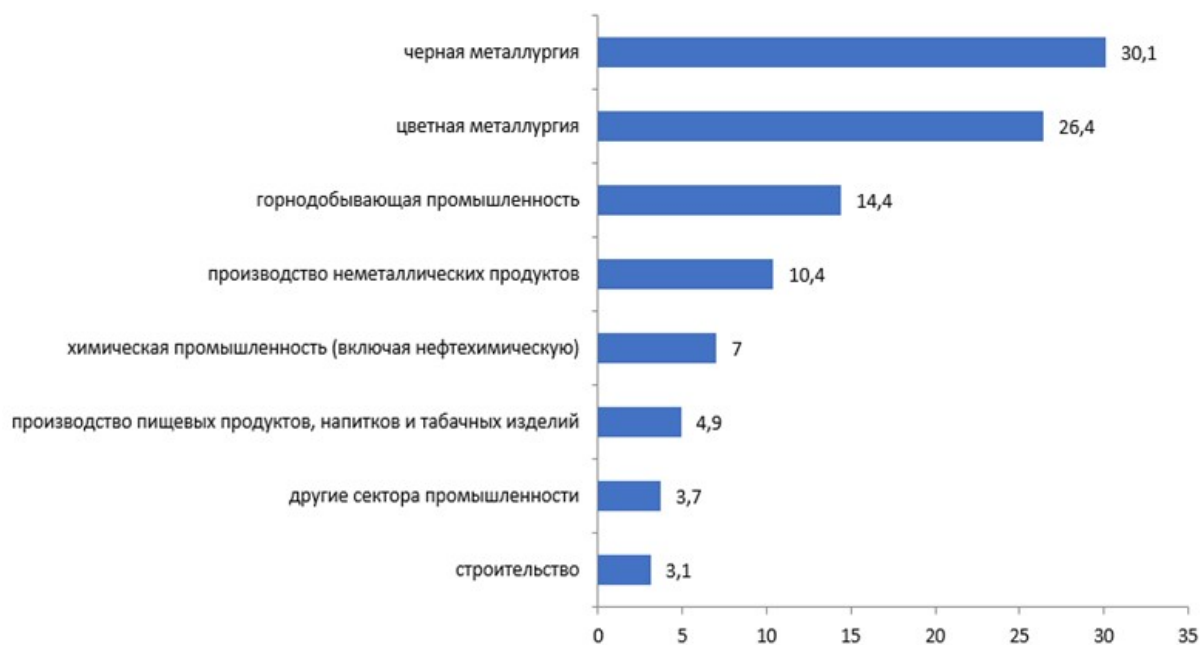


Рисунок.1.2. Структура конечного энергопотребления

Производство титана и магния относится к цветной металлургии. Этот подсектор металлургической промышленности включает в себя добычу, переработку и производство цветных металлов, таких, как алюминий, медь, никель, титан, магний и

другие, которые не содержат железа. Потребление энергоресурсов подсектором цветной металлургии составило 3,2 млн. тонн нефтяного эквивалента.

Наибольшую долю в конечном потреблении энергии цветной металлургии занимают уголь каменный 49,8% и электрическая энергия 30%.

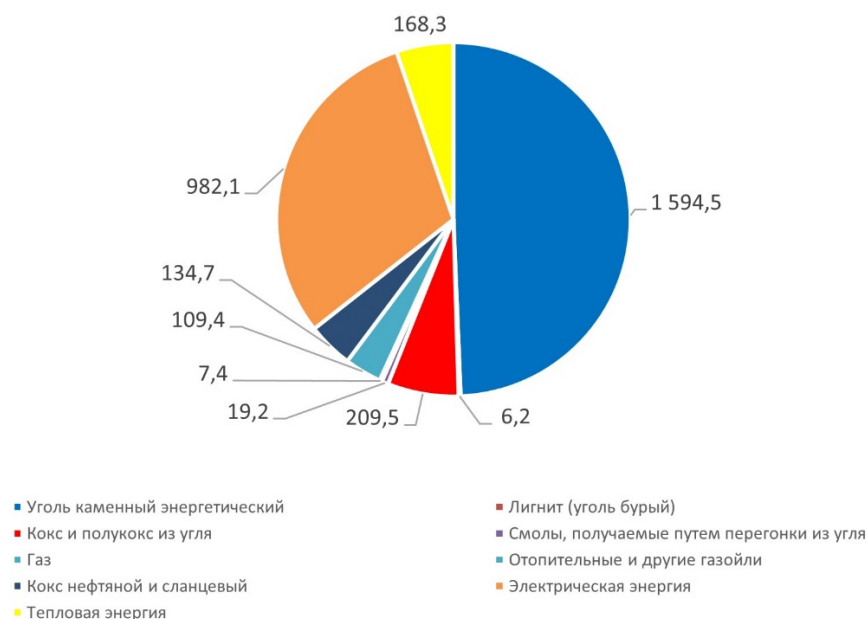


Рисунок.1.3. Доля потребления энергии в цветной металлургии

В процессе производства титана и магния в основном используются котельно-печное топливо, электрическая и тепловая энергия. Добыча руды для получения титана и магния, обработка сырья, такая, как перемолка и обогащение, требуют значительных энергетических затрат. Электрическая энергия требуется в значительных объемах для плавки и рафинирования металлов. При производстве титана и магния также применяются процессы химической реакции, требующие электроэнергии для электролиза титановой руды. Котельно-печное топливо (уголь, мазут, природный газ и т.д.) используется как топливо для различных тепловых процессов, а также для технологических нужд предприятия. Процессы плавления и спекания металлов используют большой объем энергии для нагрева и поддержания таких высоких температур. После получения металлов необходим процесс их обработка и формование для производства конечных изделий. Эти процессы, такие, как прокатка, литье и обработка под давлением, также требуют значительных энергетических затрат. Энергопотребление может варьироваться в зависимости от конкретного метода производства и используемых технологий.

1.5. Основные экологические проблемы

Титаномагниева промышленность неизбежно влияет на окружающую среду. Известно, что, практически во всех титаномагниевых производствах применяется

хлорная технология для производства металлического титана (губчатого) и магния. Хлорная технологии титана состоит из следующих основных процессов: рудно-термическая плавка ильменитового концентрата, хлорирование титанового шлака, магниетермическое восстановление тетрахлорида титана и вакуумнодистилляционная очистка губчатого титана. Хлор – опасный и токсичный газ, который может нанести значительный ущерб окружающей среде. Металлический магний в производственном масштабе получают электролизом расплавов, в основном из обезвоженного карналлита, и реже из искусственного карналлита хлор-магниевым электролизом. Так как при производстве титана на стадии магниетермического восстановления в качестве восстановителя используется металлический магний и, наоборот, для производства металлического магния хлор-магниевым способом можно использовать хлорид магния, выделяющийся при магниетермическом восстановлении тетрахлорида титана, эти два производства (титана и магния) располагаются в составе одного предприятия, поэтому данное производство называется титаномагниевым.

Загрязнение окружающей среды предприятиями при производстве титана и магния определяется спецификой их производственной деятельности: технология производства, характеристика используемого сырья, очистка получаемой продукции от металлических примесей и т.д. На титаномагниевых заводах, работающих по традиционной технологической схеме, очистка технологических газов является неотъемлемой частью технологического цикла, начиная с подготовительных процессов (рудно-термической плавки, хлорирования и разделения хлоридов) до основной стадии – металлотермическое восстановление – производство губчатого титана.

1.5.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Ключевые экологические проблемы при производстве титана и магния, как и для отрасли в целом, связаны с загрязнением воздуха, воды и образованием отходов, содержащих ценные компоненты Ti, Nb, Zr, V, Al, Mg, K и т.д.

Титан и соединения при извлечении из ильменитового концентрата в большей или меньшей степени переходят в пыль, выносимую технологическими и вентиляционными газами. Выбросы пыли, содержащиеся в отводящих газах, являются важными, поскольку вредные металлические соединения могут быть частью пыли. В эти же газы в виде примесей переходят и оксиды углерода и серы, соединения азота, хлористый водород, хлор и некоторые другие составляющие перерабатываемого сырья.

Отделение очистки технологических газов является основным звеном, осуществляющим природоохранные функции на казахстанском предприятии по производству титана и магния. В задачи производственной площадки входит очистка отходящих технологических, аспирационных и вентиляционных газов от пыли, возврат продукции (пыли) в производство, создание нормальных санитарных условий на рабочих местах. Очистка газов производится в круглосуточном режиме, для чего организована сложная многоступенчатая схема с применением комбинированных

методов очистки газов от титансодержащей пыли, соединений хлора и других органических соединений.

1.5.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Снижение экологической нагрузки титаномагниевого производства на объекты гидросферы является не только одной из актуальных экологических проблем, но и технологической проблемой, требующей решения. Особенностью сточных вод титаномагниевого производства является содержание в них ионов металлов различной природы (щелочных, щелочноземельных, e -элементов, в том числе обладающих амфотерными свойствами). Для обезвреживания образующихся стоков в большинстве случаев производится смешение потоков, усреднение и нейтрализация их кальцийсодержащими реагентами с последующей флокуляцией образовавшихся взвесей, осаждением осадка, его сгущением или обезвоживанием. Степень обезвреживания и качество очищенных вод при реагентной обработке будут зависеть от рН-осаждения, растворимости гидроксидов, возможности образования гидроксокомплексов и др. В случаях, когда существующие технологии очистки сточных вод не обеспечивают требований, предъявляемых к качеству очищенной воды по содержанию ионов тяжелых металлов, взвешенным веществам, минеральным примесям (хлоридам кальция, магния, сульфатам) перед сбросом их в открытые водоемы необходимо пройти дополнительную обработку или разбавление. Для этих целей часто используются искусственные гидротехнические сооружения – промышленные каналы, в которых происходят процессы смешения, разбавления и дополнительной очистки в результате изменения рН-среды. Проведение процесса флокуляции взвесей в неоптимальном режиме, а также использование малоэффективных методов сгущения и обезвоживания осадка (гравитационных с возвратом) могут стать причиной повышенного содержания взвешенных веществ в очищенной воде, образующейся при сгущении воды на очистных сооружениях.

Актуальной на сегодняшний день остается разработка способов деминерализации сточных вод с возможностью последующего возврата их в производственный цикл, что обусловлено ужесточением требований к качеству сбрасываемых сточных вод при высоком солесодержании. Предотвращение/снижение влияния производства титана и магния на поверхностные водные объекты решается путем организации на казахстанских предприятиях систем повторного и оборотного водоснабжения, а также с помощью поэтапного внедрения и использования эффективных методов очистки сточных вод.

1.5.3. Образование и управление отходами производства

Помимо выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, в процессе производства титана и магния образуется значительное количество отходов, представляющих собой твердые вещества и химические побочные продукты, которые содержат токсичные вещества, включая мышьяк, свинец, ртуть и другие компоненты.

Виды образующихся отходов титаномагниевого производства могут различаться в зависимости от применяемых технологий вскрытия титанового сырья: сернокислотный и хлорный методы. В сернокислотном процессе титансодержащее сырье обрабатывают концентрированной серной кислотой и получают сульфатный раствор, при гидролитическом разложении которого осаждают диоксид титана. При производстве 1 тонны этого диоксида титана образуется 10 тонн гидролизной кислоты и 60 тонн загрязненных сточных вод. Хлорная технология заключается в том, что рутил сначала подвергают действию хлоргаза, при этом образуется тетрахлорид титана, который затем при высокой температуре в смеси воздуха и кислорода переводится в диоксид. Хлорный метод требует использования высококачественного титансодержащего сырья, в качестве которого используется природное сырье (ильменитовых, рутиловых концентратов и др.) или промпродукты (готовые титановые шлаки, синтетический рутил). При этом образуются такие твердые промышленные отходы, как отработанные расплавы титанового хлоратора (ОРТХ), возгоны, шламы.

На казахстанском титаномагниевого комбинате ежегодно образуется до 76 тыс. тонн твердых хлоридных отходов, содержащих 1500 – 3000 тонн оксида титана. Хлоридные отходы предприятия включают в себя: отработанный расплав титановых хлораторов (ОРТХ) – 39,5 %; отработанный расплав ванадиевых хлораторов (ОРВХ) – 3,9 %; отработанный расплав хлоркалиевого электролита (ОХКЭ) – 39,5 %; отработанный расплав хлормагниевого электролита (ОХМЭ) – 7,9 %; шламы карналлитовых хлораторов (ШКХ) – 2,6 %; возгоны электролизеров (ВЭ) – 0,7 %; возгоны карналлитовых хлораторов (КХ) – 0,7 %; возгоны пылевых камер системы конденсации титановых хлораторов (ПК) – 5,2 %. Около 0,8 % тонн из образующихся хлоридных отходов приходится на пыль тонких рукавных фильтров. В процессе плавки ильменитовых концентратов при температурах 1600 – 1700 °С кремний, содержащийся в шихте, возгоняется и вместе с газами увлекается в газоходную систему, в скрубберах он конденсируется в виде аморфного кремнезема SiO_2 и попадает в тонкие рукавные фильтры. Пыли из-за высокого содержания кремнезема нельзя возвращать в процесс электроплавки или подавать в хлораторы. В первом случае высокое содержание кремнезема провоцирует вскипание расплава, во втором присутствие кремнезема отрицательно скажется на качестве тетрахлорида титана, получаемого при хлорировании шлаков, так как впоследствии кремний перейдет в тетрахлорид титана и ухудшит сортность титановой губки. Вследствие невозможности возврата улавливаемых пылей обратно в процесс, они складываются вместе с другими твердыми отходами на специально отведенных территориях, полигонах.

Часть хлоридных отходов титаномагниевого производства выщелачивается водой и нейтрализуется гидроксидом кальция до pH 7 – 8,5. Полученная пульпа насосами перекачивается в шламонакопители и накапливается в них. Запасы осадков или шлама

составляют около 1,5 млн тонн, поликомпонентный состав которых присутствует в виде оксидов, оксихлоридов и карбонатов. Отработанный расплав титанового хлоратора и отработанный расплав ванадиевого хлоратора складировать на полигон. Осадки шламонакопителей и отходы полигона по многим элементам являются потенциально опасными для загрязнения окружающей среды, в том числе почв и подземных вод.

Помимо хлоридных отходов в титаномagneиовом производстве образуются и оксидные отходы. К оксидным можно отнести пыли руднотермической печи, шламы электролизера, осадки шламонакопителей (шламы), кеки, пульпы. В них содержатся такие ценные компоненты, как TiO_2 , V_2O_5 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , Sc_2O_3 , ZrO_2 . В общей сложности сумма ценных компонентов во всех видах отходов может составлять 15 – 20 % от общего объема, а содержание редких металлов может достигать до 1 %.

Утилизация отходов титаномagneиового производства была и остается одной из экологических проблем отрасли ввиду его значительного воздействия на окружающую среду. Использование отходов титанового производства в качестве сырья не представляется возможным, так как они значительно отличаются по составу от исходного перерабатываемого сырья и могут быть причиной нарушения технологического режима процессов. Немаловажным фактором разработки методов переработки отходов титаномagneиового производства является не только необходимость вовлечения в переработку вторичного сырья из-за истощения сырьевых источников, но и растущая потребность в редких металлах и их соединениях. Так как помимо титана в шламах содержатся значительные количества кальция и кремния.

Твердые отходы шламонакопителей содержат в своем составе до 5 – 10 % титана и до 20 % и более кальция, а в осадках шламонакопителей содержатся значительные количества Ti, Nb, Zr, V, Ta, извлечение которых в соответствующие товарные продукты может дать большую экономическую прибыль. Переработка твердых отходов шламонакопителей с доизвлечением титана и получением продукта диоксида титана представляет большой интерес. Извлечение титана из отходов с невысоким содержанием в них целевого компонента, более низким, чем по крайней мере в традиционном сырье, может быть экономически целесообразным при комплексной переработке. Значительные количества кальция, присутствующие в шламах, указывают на возможность его извлечения с получением полезного продукта. Создание комплексной технологии по переработке отходов шламонакопителей титаномagneиового производства способствует их утилизации с извлечением титана и кальция и получением из них дополнительных продуктов. Таким образом ценность переработки отходов складывается из двух основных факторов: во-первых, получением товарной

продукции (хлорное железо, сода, поташ, оксиды титана, хрома, марганца, магния, ванадия, ниобия, соляная кислота, отбеливатели, соли рубидия и др.), во-вторых, рыночными ценами на эти продукты.

На сегодняшний день в Казахстане и СНГ отсутствует эффективная комплексная переработка отходов титаномагниевого производства, при ежегодном складировании которых образуются огромные поля-хранилища. Под воздействием природных осадков и ветра отходы размываются и распыливаются, загрязняя водный и почвенный бассейны.

Титановые рудники также являются одними из источников экологических проблем, так как могут способствовать обезлесению и утрате среды обитания, в тех случаях, когда леса вырубаются под места добычи, а также привести к эрозии почвы, седиментации и ухудшению качества воды, что ведет к потере биоразнообразия и экологическому дисбалансу. Для титаномагниевого производства также характерны некоторые локальные аспекты, такие, как шум и вибрация.

1.5.4. Факторы физического воздействия

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

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

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

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

Металлургические предприятия с большим количеством цехов и вспомогательных служб занимают площади более тысячи гектаров.

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

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

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

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

основные виды воздействия на окружающую среду вследствие нарушения земель и возможные направления рекультивации;

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

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

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

В соответствии с национальными стандартами возможны различные направления рекультивации.

Выбор направления рекультивации земель осуществляется с учетом следующих факторов:

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

агрохимических и агрофизических свойств угольного шлама и отходов углефабрики;

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

срока существования рекультивационных земель и возможности их повторных нарушений;

технологии рекультивационных работ;

требований по охране окружающей среды;

планов перспективного развития территории.

1.5.6. Снижение воздействия на окружающую среду

Для улучшения показателей в области экологической безопасности рассматриваются:

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

совершенствование процессов в рамках системы экологического менеджмента.

Одной из основных природоохранных задач предприятия является снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Большое разнообразие методов, способов очистки газопылевых смесей и конструкций установок связано с рядом существенных обстоятельств:

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

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

В дополнение к этим актуальным, перспективными направлениями деятельности по снижению негативного воздействия на окружающую среду являются следующие:

Совершенствование существующих и внедрение новых технологий производства продукции, при которых обеспечивается минимальное образование и поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих производств необходимо выполнять требования технологического регламента и не допускать отклонений от него. В случае возникновения аварийных ситуаций или при неблагоприятных метеорологических условиях переходить на режимы работы, не допускающие существенных загрязнений окружающей среды. Одними из мер для действующего производства является реализация технологий снижения выбросов за счет герметизации оборудования, применение методов нейтрализации образующихся в рабочей зоне вредных веществ, использование эффективных средств отведения

технологических газов, а также замена изношенного оборудования и оснащение технологических объектов средствами автоматизированного контроля загрязнений.

Совершенствование существующих и внедрение новых технологий очистки пылегазовых выбросов и рассеивания их в атмосфере. Прежде всего, это конструктивное совершенствование оборудования и замена изношенных аппаратов на новые (аналогичные заменяемым или более эффективные).

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

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

1.5.7. Комплексный подход к предотвращению негативного воздействия на окружающую среду

Комплексный подход к предотвращению негативного воздействия на окружающую среду включает систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия производственной деятельности (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и размещение отходов) на компоненты окружающей среды, предотвращение оказываемого ими воздействия путем контроля, а также внедрения и применения наилучших доступных техник для достижения 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, имеющих на объекте, их характера и объема, а также выявление случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

- используемых технологических решениях и иных методах по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов и внедрении наилучших доступных техник по сокращению норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

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

- декларировании экологической политики предприятия;

- подготовке и проведению сертификации производства в системе экологического менеджмента;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении разрешений на комплексное природопользование от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

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

При этом следует учитывать:

взаимное влияние методов сокращения выбросов для различных загрязняющих веществ;

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

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

К примеру, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок также вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией вредных 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 титана и магния" 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" и Методологией определения НДТ.

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

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

2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

Определение наилучших доступных техник основывается на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп:

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

Для каждого технологического процесса производства титана и магния определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6.8. настоящего Справочника по НДТ).

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

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

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

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

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

При формировании перечня техник-кандидатов рассматривались технологии, способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, которые направлены на комплексное решение экологических проблем области применения настоящего Справочника по НДТ, из числа имеющихся в Республике Казахстан (выявленных в результате КТА) и в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень (количество) из техник-кандидатов, представленный в разделе 5.

Для каждой техники-кандидата приведено технологическое описание и соображения касательно технической применимости техники-кандидата;

экологические показатели и потенциальные выгоды от внедрения техники-кандидата; экономические показатели, потенциальные кросс-медиа (межсредовые) эффекты и триггеры;

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, выраженного в количественном значении (единица измерения или % сокращения/увеличения), в отношении следующих показателей:

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

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

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

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

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

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

Также учитывалось отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

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

В результате были отобраны техники, оценка которых не выявила ни одного отрицательного показателя за исключением, если образование/накопление производственных отходов или уровни потребления энергетических и топливных ресурсов возросли с увеличением КПД очистного оборудования.

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, внедренных и эксплуатируемых на хорошо функционирующих промышленных установках/заводах.

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

4. Определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

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

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

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с пунктом 3 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан 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.

Обеспечением соблюдения принципов Экологического кодекса Республики Казахстан при определении техники в качестве НДТ является условие сочетания указанных критериев, выражаемое в соблюдении следующих условий для каждой техники из сформированного перечня НДТ:

наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду;

применение ресурсо- и энергосберегающих техник;

промышленное внедрение на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ

2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ

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

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

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

по инвестиционной обоснованности затрат;

по анализу затрат и выгод;

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

по затратам к достигаемому экологическому результату и др.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты финансово-экономической деятельности предприятия и может служить источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет к экономической оценке НДТ

наиболее приемлемый для него, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ оценки или их сочетание.

По результатам общей экономической оценки НДТ могут быть ранжированы как:

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

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

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

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

неприбыльные и недопустимые по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;
имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

2.3.2.1. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия

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

При данной оценке может стать полезной шкала справочных значений, полученных по данным анкетирования европейских предприятий (Голландия), ранжирующих значения на три категории:

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

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

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

Таблица 2.1 Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [22]

Соотношение затрат к ключевым показателям	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
Годовые затраты/оборот	< 0,5%	0,5 – 5%	> 5%
Годовые затраты/ операционная прибыль	< 10%	10 – 100%	> 100%
Годовые затраты/ добавленная стоимость	< 2%	2 – 50%	> 50%
Годовые затраты/общие инвестиционные расходы на НДТ	< 10%	10 – 100%	> 100%
Годовые затраты/ годовой доход	< 10%	10 – 100%	> 100%

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

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

В этом случае целесообразность вложений должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких, как период реализации проекта по

внедрению НДТ, общий уровень инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и др.

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

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

2.3.2.2. Прирост себестоимости на единицу продукции

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

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

Например, европейское исследование на автозаправочных станциях показывает, что технология улавливания паров привела к увеличению себестоимости бензина на 0,1 – 0,2 евроцента за литр. По сравнению с операционной маржой в 12,0 евроцентов за литр представляется, что увеличение себестоимости приемлемо с точки зрения эффективности.

2.3.2.3. Соотношение затрат и экологического результата

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

Эффективность затрат =	Общие годовые затраты
	Годовое сокращение эмиссии

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат (расходов) в годовом исчислении (пересчет в годовом исчислении производится с коэффициентом годового пересчета как функции срока службы оборудования и ставки дисконтирования) и операционных (эксплуатационных) расходов, распределенных по всему сроку службы рассматриваемой техники.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 r^{n-1} + r^{n-1} + r^{n-2} + \dots + r^0 + OC$$

где:

I_0 – общие инвестиционные расходы в год приобретения,

OC – годовые чистые операционные расходы,

r – ставка дисконтирования,

n – ожидаемый срок службы.

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

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

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

Сравнение полученных показателей соотношения затрат к достигнутому экологическому результату по различным техникам-кандидатам позволяет сделать вывод насколько экономически эффективна, с точки зрения денежных затрат предприятия на НДТ, та или иная техника-кандидат и, соответственно, принять решение об ее использовании или отказе от данной НДТ.

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

В качестве ориентировочных может быть приведен приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике предприятий Нидерландов [23].

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

Загрязняющее вещество	Евро на 1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ
ЛОС	5

Пыль	2,5
NO _x	5
SO ₂	2,5

2.3.3. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

Кроме непосредственного анализа показателей экономической эффективности НДТ, может оказаться полезным расчет платежей за эмиссии в окружающую среду, подлежащих к уплате за негативное воздействие на окружающую среду при наличии КЭР и при его отсутствии. Общий порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду регулируются налоговым законодательством Республики Казахстан [21]. Вопросы применения экологических штрафов за нарушения в области охраны окружающей среды определены законодательством об административных правонарушениях [22].

Необходимо учесть, что помимо платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местным представительным органам (маслихат) предоставлено право повышать действующие ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах соответствующих административных единиц [23].

Вместе с тем, в целях стимулирования внедрения и применения НДТ на законодательном уровне приняты определенные регулирующие меры. В частности, для предприятий, получивших комплексное экологическое разрешение, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, подлежащих к уплате за негативное воздействие на окружающую среду [24].

При этом начиная с 2025 года для активной реализации субъектами промышленности мероприятий по защите окружающей среды и применения НДТ в случае отсутствия комплексного экологического разрешения к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду по предприятиям I группы [25] будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028 года – коэффициент 4 и с 2031 года – коэффициент 8 [26].

Дополнительно за осуществление эмиссий, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в том числе без экологического разрешения на действующий объект, налагается штраф в размере 20 000 % от соответствующей ставки платы в отношении превышенного количества загрязняющих веществ [27].

Применение НДТ с получением соответствующих экологических разрешений позволяет предприятиям достичь существенной экономии денежных средств по экологическим платежам и штрафам за негативное воздействие на окружающую среду.

2.3.4. Расчет на установке

Процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью

общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства.

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

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

В расчетах на установке в общую сумму затрат включается:

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

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

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

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

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

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

Настоящий раздел Справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов производства титана и магния.

3.1. Процессы производства титана

Титан и его сплавы являются ценными конструкционными сплавами. По сочетанию свойств они превосходят многие легированные стали и сплавы металлов. Получение металлического титана затрудняется его очень высокой химической активностью при повышенных температурах. Титан образует химические соединения и твердые растворы со многими элементами. Поэтому при производстве титана требуются особые условия, обеспечивающие достаточную чистоту производимого металла.

Для получения титана применяют магниетермический способ, который включает операции:

- получение титановых концентратов;
- производство титанового шлака;
- производство четыреххлористого титана;
- восстановление четыреххлористого титана магнием;
- вакуумная сепарация реакционной массы;
- плавка титановой губки в вакуумных печах.

Основным методом переработки титановых руд является магниетермический способ, сущность которого заключается в получении четыреххлористого титана и восстановлении из него металлического титана с помощью магния. [28].

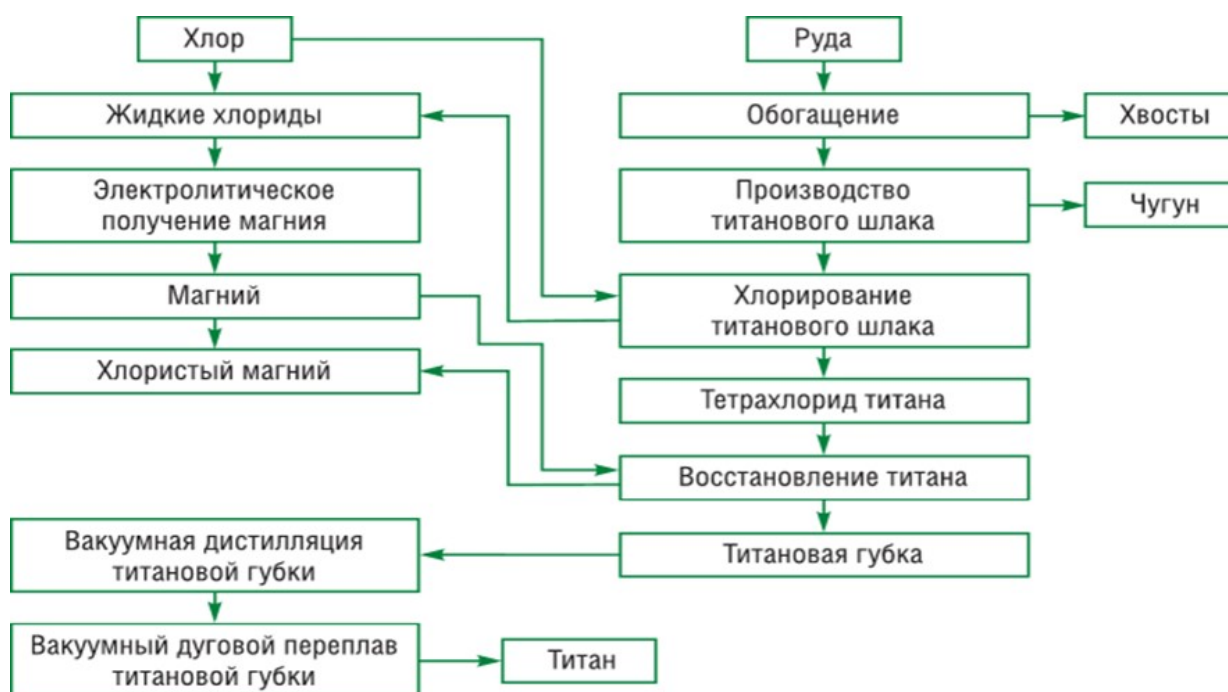


Рисунок 3.1. Технологическая схема получения титана

3.1.1. Получение титановых концентратов

Титановые руды подвергают обогащению, в результате которого получают концентраты с повышенным содержанием TiO_2 . Наиболее распространенным сырьем для получения титана является титано-магнетитановые руды, из которых выделяют ильменитовый концентрат, содержащий 40 – 45 % TiO_2 , 30 % FeO , 20 % Fe_2O_3 и 5 – 7 % пустой породы.

Ильменитовый концентрат плавят в смеси с древесным углем, антрацитом в рудно-термических печах, где оксиды железа и титана восстанавливаются. Образующееся железо науглероживается и получается чугун, а низшие оксиды титана переходят в шлак. Чугун и шлак разливают отдельно в изложницы. Титановый шлак

содержит 80 – 90% TiO_2 ; 2 – 5% FeO и примеси SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и др. Чугун используют в металлургическом производстве.

Титановый шлак подвергают хлорированию и получают четыреххлористый титан. Четыреххлористый титан находится в парообразном состоянии в смеси с хлоридами других элементов, поэтому производят отделение и очистку TiCl_4 от остальных хлоридов. Титан из четыреххлористого титана восстанавливают магнием при температуре 950 – 1000 °С в атмосфере аргона.

Между жидким магнием и четыреххлористым титаном происходит реакция.

Твердые частицы титана спекаются в пористую массу-губку, а жидкий MgCl_2 выпускают через летку реактора. Титановая губка содержит 35 – 40% магния и хлористого магния. Для удаления из титановой губки этих примесей ее нагревают до температуры 900 – 950 °С в вакууме. Титановые губки для получения слитков плавят в вакуумных дуговых печах. Полученные слитки могут иметь дефекты (раковины, поры). Поэтому их переплавляют, используя как расходные электроды. Чистота титана после вторичного переплава составляет 99,6 – 99,7 %.

3.2. Производство титанового шлака

Основное назначение этого процесса – отделение оксидов железа от оксида титана. Для этого ильменитовый концентрат плавят в смеси с древесным углем и антрацитом в электропечах (рудно-термическая печь – РТП), где оксиды железа и часть титана восстанавливаются по реакции:



Восстановленное железо науглероживается, образуя чугун, который собирается на дне ванны печи, отделяясь от остальной массы шлака вследствие различия их удельных весов. Чугун и шлак разливают отдельно в изложницы. Полученный титановый шлак содержит 80 – 90 % TiO_2 .

Ильменитовый концентрат поступает в комбинат в железнодорожных минераловозах, из которых выгружается в бункеры, откуда системой пневмотранспорта подается в силосы. Антрацит, поступающий в железнодорожных открытых вагонах и минераловозах, погрузчиком перегружается в бункеры. Из бункеров или силосов концентрат и антрацит подаются в бункеры блока плавки для дальнейшей подготовки шихты, откуда они поступают в печные карманы (бункеры шихты) рудно-термической печи.

3.2.1. Рудно-термическая плавка

Основным технологическим оборудованием на переделе производства титанового шлака является рудно-термическая печь. Мощность рудно-термической печи 25 МВА в час, проектная производительность – до 40 тыс. тонн шлака в год при работе в периодическом режиме, диаметр графитовых электродов – 710 мм.

Производимые продукты должны соответствовать требованиям:

шлак титановый – СТ 73–1917 – АО – 012;

лигатура на основе железа – СТ РК 3243–2018.

РТП предназначена для восстановительной плавки концентрата с целью обогащения его оксидами титана. Обогащение концентрата происходит путем избирательного восстановления основной примеси — оксидов железа с образованием титанового шлака и металлической фазы — металла.

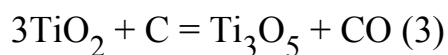
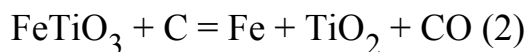
Технические характеристики РТП приведены в таблице 3.1. [29].

Таблица 3.1. Технические характеристики РТП

№ п/п	Наименование характеристики	Норматив
1	Номинальная мощность, МВА	25,0
2	Установленная мощность каждого из трех однофазных трансформаторов, МВА	8,33
3	Пределы вторичного напряжения трансформатора, В	140: — 422
4	Число ступеней на низкой стороне, шт.	27
5	Напряжение высокой стороны трансформатора, В	35000 ± 10 %
6	Число электродов, шт.	3
7	Тип электродов	графитированный
8	Диаметр электрода, мм	710
9	Диаметр распада электродов, мм	2600
10	Количество контактных щек на один электрод, шт.	6
11	Ход электрода, мм	1500 +50
12	Перемещение электродов	гидравлическое
13	Скорость перемещения электродов, м/мин.	до 2,5
14	Годовой съем электроэнергии, кВт /ч	72 10 6–90–10 6
15	Размеры рабочего пространства, мм: - диаметр ванны, - глубина ванны	8800 +50 4930
16	Максимальная единовременная загрузка шихты, т	120

Производство титанового шлака осуществляется периодическим процессом в РТП путем восстановительной плавки ильменитового концентрата или смесей

ильменитовых концентратов. При плавке ильменитовых концентратов на титановый шлак одновременно протекают два процесса: восстановление оксидов железа до металла и двуокиси титана до низших оксидов по реакции до 1240 °С.



при 1270–1400 °С



при 1400–1600 °С



Низшие оксиды титана взаимодействуют с ильменитом и оксидами Mg, Al, Fe, Mn, образуя сложные соединения. При взаимодействии ильменита с оксидом титана образуется тагировит - $n\text{Ti, Mg, FeO} \times \text{TiO}_2] \times m [(\text{Ti, Fe, Al})_2\text{O}_3, \text{ с } \text{Ti}_3\text{O}_5\text{-аносовит } n[(\text{Ti, Mg, Fe})\text{O} \times \text{TiO}_2] \times m [(\text{Ti, Fe, Al})_2\text{O}_3 \times \text{TiO}_2] \times \text{TiO}_2$.

Восстановительная плавка титановых концентратов и их смесей представляет собой процесс металлургического обогащения их титаном за счет отделения железа. При плавлении в рудно-термической печи шихты, состоящей из концентрата (смесей концентратов), восстановителя, металлической фракции и пыли, уловленной в аспирационной системе, происходит избирательное восстановление оксидов железа до металла, а титан остается в окисленной форме, вследствие большего сродства к кислороду, и переходит в шлак.

В ходе восстановительных реакций образуется:

титановый шлак;

попутный металл;

отходящие газы [30].

Технология получения титановых шлаков в рудно-термических печах имеет свои особенности:

температура плавления титанового шлака значительно выше температуры плавления концентрата, поэтому для обеспечения процесса восстановления и удержания высокотемпературного расплава в жидком состоянии необходима значительная объемная плотность тепловой энергии;

по мере накопления в расплаве низших оксидов титана повышается температура плавления, вязкость и электропроводность расплава, по мере возрастания электропроводности расплава печь постепенно переходит на работу в дуговом режиме;

титановые шлаки характеризуются высокой химической агрессивностью, обусловленной повышенной концентрацией диоксида титана и низших оксидов титана; поэтому для предотвращения разрушения футеровки на боковой стенке печи

наращивают слой перевосстановленного шлака (гарниссажа), а на подине, до уровня летки, остается слой попутного металла;

при обвалах шихты с верхних участков ванны печи происходит "кипение" шлака. Маловосстановленная шихта, попав в высокотемпературный расплав шлака, быстро прогревается и восстанавливается.

Технологический процесс плавки титанового шлака в полужакрытом режиме включает следующие основные операции:

загрузка шихты в ванну печи;

собственно восстановительная плавка;

выпуск продуктов плавки;

перепуск и наращивание электродов [30].

Таблица 3.2 Химический состав продуктов

№ п./п.	Химический состав (характеристики) продуктов процесса	Единица измерения	Величина
1	2	3	4
1	Массовая доля после расплавления шихты - FeO - TiO ₂ , не менее	%	от 5 до 19 69
2	Массовая доля в шлаке (окончание стадии довосстановления): - FeO - TiO ₂ , не менее	%	от 4 до 10 80
3	Массовая доля в выпускаемом шлаке: - FeO - TiO ₂ , не менее, - MgO, не более	%	от 4 до 10 80 1,5
6	Массовая концентрация в отходящих технологических газах из РТП: - CO, не более - CO ₂ не более	%	23 9
7	Массовая доля в восстановителе (...): - C, не менее, - S, не более	%	80 0,5
8	Массовая концентрация в отходящих из камеры дожигания газах:	%	

	- CO, не более - CO ₂ , не более		0,17 10
9	Массовая концентрация в "попутном металле" РТП: - Fe, не менее, - C, не более, - S, не более, - P, не более	%	92 4,5 0,4 0,6
10	Массовая концентрация в уловленной пыли на плавку: - TiO ₂ , - FeO, - SiO	%	от 30 до 58 от 21 до 37 от 6 до 35
11	Концентрация пыли на выходе из пылеосадительной камеры не более,	г/м ³	25
12	Концентрация пыли на выходе из циклона, не более	г/м ³	11
13	Концентрация загрязняющих веществ в выбросах в атмосферу: - NO ₂ , не более - SO ₂ , не более - аэрозоль ильменитового концентрата, не более	г/с	0,0706 0,1059 1,006

При переработке запорожского шлака с меньшим содержанием примесей (SiO₂, V₂O₅, Al₂O₃, CaO, MgO, Cr₂O₃, Sc₂O₃, Ta₂O₅, Nb₂O₅, MnO, S, ZrO₂, H₂O, TiO₂, FeO, L-акт. Бк/кг) процесс хлорирования происходит в более активном режиме и с меньшим выделением СО (20 – 50 мг/Нм³). На производительность титановых хлораторов влияет смачиваемость шихты в расплаве солей.

При переработке норвежского шлака совместно с местным шлаком (шлаком цеха № 12) в соотношении 60/40 (60 – местный шлак, 40 – норвежский шлак), с большим содержанием примесей (оксидов : SiO₂, V₂O₅, Al₂O₃, CaO, MgO, Cr₂O₃, Sc₂O₃, Ta₂O₅, Nb₂O₅, MnO, S, ZrO₂, H₂O, TiO₂, FeO) протекание процесса хлорирования замедляется, тем самым содержание СО отходящих газов увеличивается (120 – 150 мг/Нм³). Содержание примесей в перерабатываемом сырье напрямую влияет на смачиваемость шихты, что тем самым влияет на производительность титановых хлораторов.

Антрацит АКО (крупный) состав – зола, летучие, H₂O, S, L-акт. Бк/кг.

3.3. Производство технического тетрахлорида титана

Производство технического тетрахлорида титана заключается в хлорировании титаносодержащего сырья в расплаве солей в присутствии восстановителя с получением парогазовой смеси хлоридов, ее очисткой и конденсацией паров тетрахлорида титана. Очистка тетрахлорида титана от примесей выполняется методом ректификации.

Измельченные титановый шлак, углеродсодержащий восстановитель, техническая соль NaCl , отработанный электролит магниевых электролизеров (в виде порошка), по отдельности, подаются на поверхность расплава хлоратора, который барботируется (продувается) газообразным хлором. Хлор поступает из магниевых электролизеров (часто используется привозной жидкий хлор). Содержание различных примесей в четыреххлористом титане зависит от состава титаносодержащего сырья, углеродсодержащего восстановителя, качества хлора, технологии подготовки шихты, условий хлорирования и конденсации TiCl_4 .

3.3.1. Хлорирование титаносодержащего сырья

Хлорирующая установка включает в себя следующие аппараты:

- хлоратор с узлами: загрузки сырья, подачи хлора, слива отвального шлама, водяного охлаждения электродов, электроподогрева и местной вентиляции;

- пылевую камеру;

- пылеосадительную камеру с солевой ванной с системами подачи азота или осушенного воздуха, слива отвального шлама, водяного охлаждения электродов, электроподогрева;

- двухконтурный оросительный скруббер;

- танк пульпы с шестью погружными насосами и двумя насосами для подачи пульпы в хлоратор с электродвигателем;

- каплеуловитель первой ступени;

- два оросительных конденсатора;

- бак оросительных конденсаторов с погружными насосами;

- каплеуловитель второй ступени;

- два хвостовых вентилятора;

- два бака-сборника;

- два аварийных бака пульпы;

- узел приема сырья;

- система вакуумного пылеулавливания на узле приема сырья;

- система пылеулавливания узла загрузки сырья;

- бак-дозатор для переработки пульп тетрахлорида титана.

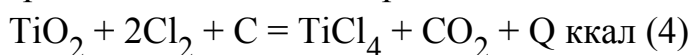
Титаносодержащее сырье, углеродсодержащие материалы и хлоркалийевый электролит или соль (NaCl) с помощью пневмотранспорта отдельно поступают в осадительные камеры. В осадительных камерах основная масса твердых частиц под

действием центробежных сил выпадает в приемные бункера шлака, углеродсодержащих материалов или хлоркалиевого электролита. Воздух, пройдя очистку от унесенных мелких частиц сначала в циклоне СИОТ, а затем в фильтре ФВР-20 системы вакуумного пылеулавливания сырья, через насосы ВВН-1-25М и циклон выбрасывается в атмосферу или в боров местного отсоса. Уловленные мелкие частицы титансодержащего сырья, углеродсодержащих материалов и хлоркалиевого электролита собираются в бункера-накопители, смонтированные под циклоном и фильтром, и возвращаются с помощью инжекционно-смесительного аппарата в приемные бункера хлораторов. Из приемных бункеров, расположенных над хлоратором, титансодержащее сырье и хлоркалиевый электролит или соль (NaCl) весовым дозатором типа "4488 ДН-У2" и углеродсодержащие материалы шнеком (объемное дозирование) подаются в промбункер. Для устранения запыленности в помещении дозаторной смонтирован отсос от дозаторов титансодержащего сырья и хлоркалиевого электролита.

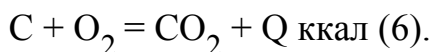
Воздух очищается от пыли в рукавном фильтре ФВ-8 и сбрасывается в атмосферу. Уловленная фильтром пыль собирается в бункере-накопителе и возвращается с помощью инжекционно-смесительного аппарата в приемный бункер хлоратора. Из промбункера шихта (смесь титансодержащего сырья, углеродсодержащих материалов, хлоркалиевого электролита) шнеком загружается на поверхность расплава в хлоратор. С пульта управления в помещении "Центр" производится регулировка количества загружаемой шихты в зависимости от количества поступающего хлора в хлоратор и содержания оксида титана и углерода в расплаве.

В нижнюю часть зоны расплава хлоратора по четырем хлоропроводам подается анодный хлоргаз.

При температуре 700 – 820 °С хлор вступает во взаимодействие с оксидом титана, содержащимся в шлаке по реакциям:



При указанной температуре процесс преимущественно идет по реакции (4). Аналогичные реакции идут также с оксидами примесей, находящимися в сырье. Кислород, находящийся в анодном хлоргазе, взаимодействует с углеродом по реакции:



Образующийся тетрахлорид титана и часть хлоридов (кремния, железа, калия, натрия и др.), оксид углерода, азот анодного хлоргаза в виде парогазовой смеси поступают в систему конденсации.

Другая часть хлоридов (железа, кальция, магния, марганца и др.), получающихся в результате процесса хлорирования, вместе с непрохлорированными оксидами

накапливается в расплаве хлоратора и периодически выводится с отвальным шламом путем его слива через верхние или нижнюю летки хлоратора [31].

3.4. Производство очищенного тетрахлорида титана

Основное назначение этого технологического процесса – очистка технического тетрахлорида титана от различных примесей методом ректификации.

Производство очищенного тетрахлорида титана методом ректификации состоит из четырех основных переделов:

прием, складирование, передача технического тетрахлорида титана и возвратного технического тетрахлорида титана;

приготовление пульпы низших хлоридов титана;

очистка технического тетрахлорида титана от примесей методом ректификации;

складирование, передача потребителям очищенного тетрахлорида титана и промпродуктов [59].

3.4.1. Прием, складирование, передача технического тетрахлорида титана и возвратного технического тетрахлорида титана

Процесс приема технического тетрахлорида титана из участка производства технического тетрахлорида титана производится периодически по мере его накопления в баках-сборниках хлорирующих установок с последующей откачкой в вертикальные танки склада тетрахлорида титана. Распределение технического тетрахлорида титана в вертикальные танки производится через гребенку технического продукта, снабженную запорной арматурой.

Для компенсации объемов все емкости склада оборудованы "дыхательной" системой, которая через гидрозатвор газоходами связана с бором производственного отсоса газоочистки и должна находиться под разряжением от 10 мм вод. ст. до 20 мм вод. ст. Технический продукт из вертикальных танков склада закачивается в напорные баки дистилляции или ректификации.

По мере накопления в донной части вертикальных танков отстоя твердых взвесей пульпа донной части вертикальных танков с содержанием твердых взвесей более 40 г/дм³ насосом откачивается на участок производства технического тетрахлорида титана на переработку. Взмучивание твердого осадка в вертикальных танках осуществляется путем принудительной циркуляции при помощи насоса.

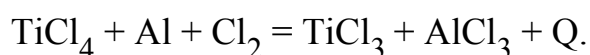
Технический возвратный тетрахлорид титана поступает по мере накопления из баков – сборников установки переработки пульп кубовых остатков, участка производства технического тетрахлорида титана в горизонтальные танки склада тетрахлорида титана.

Сторонний технический тетрахлорид титана поступает в отделение передачи хлора и производства холода в железнодорожных цистернах. Из отделения передачи хлора и производства холода продукт по трубопроводу передается в горизонтальные танки

склада тетрахлорида титана при помощи погружного насоса или передавливанием воздухом [59].

3.4.2. Приготовление пульпы низших хлоридов титана

Основой технологического процесса получения пульпы низших хлоридов титана является метод низкотемпературного восстановления тетрахлорида титана алюминиевой пудрой с использованием анодного хлоргаза в качестве инициатора реакции. Упрощенно процесс получения низших хлоридов титана представлен реакцией:



Реакция протекает с выделением тепла, которое отводится из зоны реакции испарением тетрахлорида титана.

Процесс получения низших хлоридов титана периодический и протекает в две стадии:

активизация алюминиевой пудры хлоровоздушной смесью с образованием небольшой "затравочной" порции хлорида алюминия, играющей роль катализатора реакции восстановления тетрахлорида титана. Активизация длится от 15 мин. до 30 мин. и характеризуется постоянным подъемом температуры от 60 °С до 80 °С;

восстановление тетрахлорида титана активизированным алюминием протекает самопроизвольно при отключенной подаче хлоровоздушной смеси от 3 мин. до 10 мин. с большим тепловыделением.

Получение пульпы низших хлоридов титана должно вестись при строгом соблюдении технологического режима. Несоблюдение последнего приводит к резкому повышению давления в реакторе и выбросу из него реакционной массы вследствие разрушения мембраны взрывного клапана.

На стадии восстановления перегрев может наступить при недостаточном отводе тепла. Кроме того, наличие перегревов реакционной массы ведет к образованию точечных спаев низших хлоридов титана, что снижает активность получаемой пульпы.

Технологический процесс на установке получения пульпы низших хлоридов титана осуществляется следующим образом. Барабаны с алюминиевой пудрой доставляются при помощи электрического тельфера на установку смешивания. Посредством эжекционного насоса барабаны растариваются в бак-смеситель, одновременно происходит приготовление смеси тетрахлорида титана и алюминиевой пудры. Единовременная загрузка алюминиевой пудры в бак смешивания составляет до 60 кг, при этом в бак закачивается до 2800 кг тетрахлорида титана. Бак-смеситель снабжен механической мешалкой, погружным насосом и взрывным клапаном. Избыточное давление газов через "дыхательную" систему сбрасывается на газоочистку.

Реакторы получения пульпы низших хлоридов титана заполняются смесью алюминиевой пудры и тетрахлорида титана в количестве около 280 кг из

бака-смесителя, содержание алюминия в смеси должно составлять около 6 кг на порцию. Подается анодный хлоргаз в реакторы со скоростью до 9 Нм³/ч. При достижении температуры в реакторах от 60 °С до 80 °С подача анодного хлоргаза прекращается и реакция идет автогенно. В ходе реакции давление в реакторе не должно превышать 40 мм рт. ст., температура не более 136 °С.

После окончания процесса восстановления тетрахлорида титана до трихлорида титана, полученная порция низших хлоридов титана разбавляется очищенным тетрахлоридом титана из напорного бака, готовая порция низших хлоридов титана самотеком сливается в баки-накопители.

Избыточное тепло из реактора отводится при испарении тетрахлорида титана, пары которого конденсируются в холодильнике, образовавшийся конденсат стекает в бак конденсата. Часть конденсата возвращается в реактор, избыточный конденсат сливается в баки кубовой жидкости.

Реакторы получения низших хлоридов титана снабжены механическими мешалками и взрывными клапанами. Абгазы из баков конденсата сбрасываются в боров производственного отсоса и направляются на газоочистку [59].

3.4.3. Очистка технического тетрахлорида титана от примесей методом ректификации

Процесс очистки технического тетрахлорида титана основан на различии в летучести компонентов кипящей смеси. Паровая фаза обогащается легкокипящими компонентами, а жидкая – высококипящими.

Технический тетрахлорид титана, поступающий для очистки на участок ректификации, содержит ряд примесей, которые можно разделить на три группы:

жидкости, неограниченно растворимые в тетрахлориде титана (SiCl_4 , CCl_3 , VOCl_3 , CCl_3COCl , CS_2 и др.);

газы (Cl_2 , COCl_2 , HCl , O_2 , CO_2 , N_2 и др.);

твердые вещества (AlCl_3 , FeCl_3 , TiOCl_2 и др.).

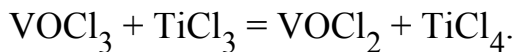
Вышеуказанные соединения имеют отличные от тетрахлорида титана температуры кипения (чистый тетрахлорид титана при давлении 760 мм рт.ст. имеет температуру кипения 136,5 °С), что позволяет отделить их от тетрахлорида титана методом ректификации. Все примеси относительно температуры кипения ($T_{\text{кип}}$) основного компонента – тетрахлорида титана (136,5 °С) можно разделить на:

легкокипящие ($T_{\text{кип}}$ менее 136 °С): VOCl_3 , SiCl_4 , CCl_3COCl , CCl_4 , CS_2 , газы и др.;

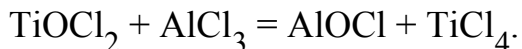
высокипящие ($T_{\text{кип}}$ более 136 °С): TiOCl_2 , C_6Cl_6 , AlCl_3 , FeCl_3 , AlOCl и др. [59].

3.4.3.1. Очистка тетрахлорида титана от ванадия

Очистку тетрахлорида титана от окситрихлорида ванадия осуществляют при помощи трихлорида титана, который восстанавливает VOCl_3 до VOCl_2 . Оксидхлорид ванадия нерастворим в тетрахлориде титана:



Трихлорид алюминия, содержащийся в пульпе низших хлоридов титана, взаимодействует с оксидхлоридом титана по реакции:



Образующийся оксидхлорид алюминия не растворяется в тетрахлориде титана и переходит в твердую фазу.

Очистка технического тетрахлорида титана от ванадия и твердых взвесей на участке дистилляции.

Технический тетрахлорид титана из напорного бака вместе с продуктами химических реакций взаимодействия с низшими хлоридами титана поступает в кубы-испарители дистилляционных колонн мощностью до 1100 кВт. Окончательная очистка от ванадия и твердых фракций осуществляется в непрерывно работающей ректификационной колонне с тарелками провального типа и конденсатором-дефлегматором, в качестве которого используется аппарат воздушного охлаждения. Давление паров низа колонны должно составлять от 20 мм рт.ст. до 150 мм рт.ст., верха колонны от 5 мм рт.ст. до 30 мм рт.ст. Температура паров низа колонны должна составлять от 135 °С до 150 °С, верха колонны – от 132 °С до 138 °С. Нерастворимые в тетрахлориде титана соединения ванадия и оксидхлориды алюминия, а также другие высококипящие примеси накапливаются в кубовых остатках дистилляционных колонн и непрерывно выводятся в специальный бак с мешалкой, откуда с помощью насоса, передаются на участок производства технического тетрахлорида титана на переработку с целью извлечения ванадия в виде смеси VOCl_3 (70%) + TiCl_4 (30 %). Пульпа низших хлоридов титана в напорный бак с мешалкой поступает с установки получения НХТ низших хлоридов титана. Пары тетрахлорида титана, очищенные от высококипящих примесей и частично от окситрихлорида ванадия, поступают в аппарат воздушного охлаждения, где конденсируются и охлаждаются. Часть конденсата направляется в баки дистиллированного продукта, другая часть (флегма) возвращается в колонну на орошение тарелок. Разделение потоков конденсата осуществляется в распределительном сосуде, в котором путем установки шайб с калиброванным условным проходом поддерживается заданное флегмовое число.

Из баков дистиллированного продукта с помощью погружных насосов готовый продукт направляется на склад тетрахлорида титана или в напорные баки участка ректификации. Если качество получаемого продукта не соответствует требованиям, он возвращается на повторную переработку [59].

3.4.3.2. Очистка тетрахлорида титана от легкокипящих примесей

Очистка технического тетрахлорида титана от легкокипящих примесей осуществляется в ректификационных колоннах диаметром 1000 мм и диаметром 600

мм. Подача исходной жидкости из напорных баков в верхнюю часть колонны осуществляется через регулирующий клапан, стабилизирующий расход жидкости на заданном уровне. В процессе работы необходимо поддерживать режимы колонн в соответствии с технологическим регламентом. Пары легкокипящих фракций проходят через колонну снизу-вверх, контактируют со стекающим сверху тетрахлоридом титана и по газоходу поступают в аппарат воздушного охлаждения, где конденсируются в виде первичного дистиллята. Большая часть дистиллята возвращается в верхнюю часть колонны для укрепления парогазовой фазы легкокипящей фракцией, остальная часть отбирается и накапливается в баке первичного дистиллята.

Переработка первичного дистиллята осуществляется на колонне ректификационных колоннах диаметром 600 мм методом ректификации. Полученный вторичный дистиллят, более обогащенный легкокипящими примесями, по мере накопления передается на утилизацию. Кубовая жидкость вновь возвращается на колонны первой ректификации для производства очищенного тетрахлорида титана. Не сконденсировавшиеся пары и газы поступают в "дыхательную" систему и направляются на обезвреживание в газоочистку. Очищенный от легкокипящих примесей и ванадия тетрахлорид титана за счет перепада давлений поступает в кубы-испарители колонн ректификации для очистки от высококипящих примесей. Горячий воздух после аппаратов воздушного охлаждения в зимнее время используется для отопления производственного помещения отделения, в летнее время выбрасывается в атмосферу. [59].

3.4.3.3. Очистка тетрахлорида титана от высококипящих примесей

Очистка тетрахлорида титана от высококипящих примесей осуществляется на колоннах дистилляции и ректификации методом дистилляции.

Сущность технологического процесса аналогична вышеописанному. Различия заключаются в том, что в верхней части колонны концентрируется очищенный тетрахлорид титана, а в нижней части – высококипящие примеси. В процессе работы необходимо поддерживать режимы колонн в соответствии с технологическим регламентом. Пары тетрахлорида титана конденсируются в аппарате воздушного охлаждения. Меньшая часть конденсата подается в верхнюю часть колонны на орошение тарелок, большая часть отбирается в баки очищенного продукта. Разделение потоков конденсата осуществляется в распределительных сосудах с помощью шайб с калиброванными отверстиями. Проба очищенного тетрахлорида титана отбирается согласно схеме аналитического и технологического контроля продукции (материалов). Все емкости очищенного тетрахлорида титана связаны изолированной "дыхательной" системой, которая находится под давлением от 5 мм рт. ст. до 30 мм рт. ст. аргона, образующего защитную атмосферу. Аргон по системе трубопроводов поступает со склада аргона или из танков очищенного тетрахлорида титана в систему очищенного продукта. Кубовой остаток, обогащенный высококипящими примесями, выводится из

процесса в бак кубового остатка. Из бака кубового остатка пульпа передается на участок производства технического тетрахлорида титана для дальнейшей переработки. Допускается разрежение в системе очищенного тетрахлорида титана на время [59].

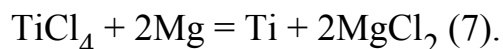
3.5. Производство губчатого титана магниетермическим способом

Процесс производства губчатого титана магниетермическим способом состоит из четырех основных переделов:

- восстановление тетрахлорида титана магнием;
- очистка губчатого титана методом вакуумной дистилляции;
- переработка губчатого титана в товарную продукцию;
- подготовка основных материалов, деталей и узлов аппаратов к процессам.

3.5.1. Восстановление тетрахлорида титана магнием

Восстановление осуществляется в специальных реакторах при температуре 950 – 1000 °С. В реактор загружают чушковый магний и после откачки воздуха и заполнения полости? реактора аргоном внутрь него подают парообразный четыреххлористый титан. Процесс восстановления титана идет по реакции:



Металлический титан оседает на стенках, образуя губчатую массу, а хлористый магний в виде расплава выпускают через летку реактора. В результате восстановления образуется реакционная масса, представляющая собой губку титана, пропитанную магнием и хлористым магнием, содержание которых достигает 35 – 40 %.

3.5.2. Очистка губчатого титана методом вакуумной дистилляции

Сущность этого процесса заключается в том, что при температуре 810 1050 °С и остаточном давлении в аппарате от 1 до 0,001 мм рт.ст. магний и хлорид магния интенсивно испаряются, конденсируясь на холодной поверхности реторты-конденсатора. Титан при этих температурах остается в твердом состоянии.

Процесс вакуумной дистилляции состоит из следующих стадий:

- монтаж аппарата дистилляции;
- вакуумная дистилляция;
- охлаждение аппарата дистилляции;
- демонтаж аппарата дистилляции [60].

Сепарацию проводят с целью отделения титановой губки от магния и хлористого магния. Процесс отделения состоит в том, что реакционную массу нагревают до 900 – 950 °С в герметичном устройстве электронагревательной печи, в котором создается вакуум. При этом часть хлористого магния удаляется в жидком виде, а остальная часть хлористого магния и магний испаряются. Титановая губка после очистки направляется на плавку [32].

3.5.3. Переработка губчатого титана в товарную продукцию

Процесс переработки заключается в измельчении блока губчатого титана с последующим рассевом на заданные фракции, удалением кусков ТГ с дефектными включениями и комплектацией партий в соответствии с требованиями ГОСТ 17746, технических условий или спецификаций фирм-потребителей.

Процесс переработки состоит из следующих операций:

выпрессовка блока губчатого титана из реторты;

разделение блока губчатого титана на составные части (крица, гарниссаж), определение категории качества в соответствии с требованиями;

очистка крицы от поверхностных загрязнений с выделением составных частей (низового обруба, бокового обруба и сметок) производится в соответствии с требованиями;

дробление губчатого титана на прессах и дробилках; рассев дробленного губчатого титана с выделением товарных фракций;

сортировка товарных фракций губчатого титана с удалением кусков с дефектами;

усреднение товарных фракций губчатого титана и комплектация партий, упаковка партий в тару (контейнеры, бочки), взвешивание и маркировка.

3.5.4. Подготовка основных материалов, деталей и узлов аппаратов к процессам.

Подготовка основных материалов, деталей и узлов аппаратов к процессам состоит из следующих операций:

чистка аргона;

дегазация тетрахлорида титана;

подготовка ковша для транспортировки расплава хлорида магния к работе;

очистка и сушка воздуха;

регенерация вакуумного масла;

подготовка инструмента и деталей аппарата;

подготовка материальных патрубков;

подготовка сливных устройств;

подготовка крышек и реторт;

титанирование реторт;

подготовка тары для упаковки губчатого титана.

3.6. Производство титановых слитков и сплавов

Процесс производства титановых слитков и сплавов состоит из пяти основных переделов:

смешивание и шихтоподготовка;

прессование брикетов и сборка электродов;

плазменная сварка электродов;

вакуумно-дуговая плавка;

механическая обработка слитков.

Производство слитков осуществляется методом вакуумно-дугового переплава с достигнутой производительностью 19 тонн в сутки. Основным технологическим оборудованием, определяющим производительность титановых слитков и сплавов, являются печи вакуумно-дуговой плавки, установки плазменной сварки, пресс 80 МН [61].

3.6.1. Смешивание и шихтоподготовка

Шихтоприготовление – периодический процесс, осуществляемый на узле смешивания и шихтоподготовки. Лигатура и микрокомпоненты поставляются со склада в стальных бочках или биг-бэгах.

Исходные материалы доставляются в герметично закрывающихся бочках и биг-бэгах на участок шихтоприготовления.

Дозировка материала из бункеров производится в автоматическом режиме с помощью вибрационно-магнитных желобов в промежуточную емкость. Дозаторная емкость заполняется поочередно из двух бункеров. Дозаторные емкости расположены на весовых датчиках независимо от других компонентов оборудования, чтобы обеспечить оптимальный результат взвешивания.

Шихта перемешивается в сдвоенном конусном миксере, при вращении его вокруг своей оси. Время смешивания устанавливается через систему управления "PRONTO". После смешивания миксер стыкуется с челночной тележкой. После открытия запорного клапана выпускного отверстия шихта выгружается в челночную тележку. Челночная тележка для загрузки матрицы пресса снабжена весами для контрольного взвешивания шихты. После полного выдвижения плунжера из матрицы пресса челночная тележка транспортирует шихту к загрузочной площадке матрицы пресса. Шихта выгружается через выпускное отверстие в матрицу пресса. После выгрузки шихты челночная тележка направляется обратно под конусный миксер для загрузки очередной порции шихты. Включение пресса происходит только после выхода челночной тележки с загрузочной площадки.

Узел смешивания и усреднения шихты снабжен аспирационной установкой. С помощью аспирационной установки удаляется пыль с возможных эмиссионных источников пыли. Такими, прежде всего, являются места пересыпки исходных материалов в бункера. На местах пересыпки исходных материалов предусмотрена постоянная вытяжка, которая регулируется заслонкой для удаления поднимающейся пыли. Бункера исходных материалов снабжены сигнализатором открывания крышек, с помощью которых вытяжка включается только при открытом положении крышек [61].

3.6.2. Прессование брикетов и сборка электродов

Прессование происходит в прессе двойного действия при одновременном встречном движении верхнего и нижнего штампа, с заданным усилием, в матрицу пресса, где находится шихта, в результате происходит сжатие материала до достижения заданных размеров и формы. Затем верхний цилиндр продолжает движение,

выталкивая готовый брикет из матрицы, а нижний цилиндр со штампом опускается, перемещая брикет. После того, как цилиндры достигают положения выгрузки, верхний цилиндр отводится в исходное положение, а брикет остается на штампе. Готовый брикет при помощи толкателя подается на разгрузочный конвейер, который перемещает брикет на рольганг.

Процесс прессования и сборки электрода полностью автоматизирован и управляется посредством компьютерной программы от подачи пресс-форм до выдачи готовых брикетов. Предусмотрены также ручной режим управления процессом с пульта и режим настройки, при котором выполняется замена оснастки [61].

3.6.3. Плазменная сварка электродов

Прессованный электрод сваривается по всей длине. Сварка электрода осуществляется плазмотронами при постоянной подаче в плазмотроны аргона. Аргон циркулирует в замкнутой системе с фильтрацией и охлаждением в теплообменнике перед подачей в камеру.

Собранный электрод при помощи мостового крана помещается на передвигающуюся по рельсам сварочную тележку. Сварочная тележка оборудована ротационным приводом с вращающимися вальцами, обеспечивающими поворот электрода на 360 градусов вокруг своей оси в процессе сварки. Электрод вместе с тележкой загружается в сварочную камеру, которая затем герметично закрывается и из нее при помощи вакуумной системы откачивается воздух.

При достижении давления в сварочной камере 1010 мбар открывается входной клапан газоанализатора кислорода и после стабилизации показаний прибора по истечении 40–50 минут осуществляется контроль за показанием содержания кислорода в аргоне. Содержание кислорода в аргоне должно быть не более 40 ppm.

Для наблюдения за режимом сварки имеются три смотровых окна, установленные в каждой из трех горелочных установок. Все три смотровых окна имеют щетку с ручным управлением для чистки смотрового стекла, щитки с затемненными стеклами для защиты от излучения и защитным экраном для исключения загрязнения смотровых окон брызгами расплавленного металла.

Рабочая температура в зоне сварки составляет 2200 °С. Плазменная горелка создает электрическую дугу при напряжении постоянного тока. Дуга перемещается от горелки к электроду через ионизированный поток газа. Дуга обычно сваривает шов шириной 50 – 70 мм. Пусковое устройство высокого напряжения обеспечивает дополнительное высокое напряжение для включения дуги. Плазмотроны и сварочная камера во время работы охлаждаются водой, циркулирующей в замкнутой системе. Охлаждение воды происходит в теплообменнике. По окончании сварки электроды охлаждаются в среде аргона под давлением не менее 1010 мбар [61].

3.6.4. Вакуумно-дуговая плавка

Титановые слитки по требованиям потребителей производятся различных типоразмеров.

Установка вакуумно-дуговой плавки имеет возможность выпускать титановые слитки с максимальными параметрами:

диаметр слитка, макс. 1100,0 мм;

длина слитка, макс. 4000,0 мм;

вес слитка, макс. 17105,0 кг;

плотность слитка, номин. 4,5 кг/дм³.

Плавление слитков производится в водоохлаждаемых кристаллизаторах.

Технология выплавки слитка включает в себя следующие основные операции и порядок их выполнения:

сухая или влажная чистка печи;

чистка контактного фланца вакуумной камеры;

чистка и проверка исправности смотровых окон;

измерение длины электрододержателя;

проверка исправности узла крепления электрододержателя;

подготовка проваренных губчатых электродов или электродов первого переплава;

сборка, установка кристаллизатора в печь;

задвижка запорного клапана, опускание его на фланец кристаллизатора;

установка электрододержателя в печь;

вакуумирование печи и проверка натекания;

приварка электрододержателя, проверка натекания и охлаждения зоны сварки;

осмотр приварки, удаление клиньев, чистка;

засыпка стартового материала;

вакуумирование печи и проверка натекания;

плавление слитков 1 и 2 переплава;

режим выведения усадочной раковины (режим хот-топинга);

охлаждение слитка, разгерметизация печи, выгрузка, разборка(демонтаж) кристаллизатора, маркировка слитка;

регистрация параметров и оформление документации [61].

3.6.5. Механическая обработка слитков

Процесс обработки поверхности титановых слитков периодический, осуществляется на участке механической обработки. Титановый слиток после плавки перемещается краном на электротележку и транспортируется в помещение механической обработки слитков на соответствующий производимой операции станок. Процесс механической обработки титановых слитков должен производиться согласно инструкции.

Сверление центровочного отверстия на верхней и нижней торцевых частях необработанного слитка производится на горизонтально-фрезерном станке НВ-130 для установки слитка на токарный станок.

Механическая обработка торцевой и боковой поверхностей слитка производится на токарных станках РТ 1140, С 1300 TS, КЖ 16215 Ф2, КЖ 1М660*4000. Установка титанового слитка на токарный станок производится мостовым краном. Механическая обработка слитка производится по всей поверхности до полного удаления всех неровностей и раковин. По окончании обработки слиток освобождается и извлекается мостовым краном.

Отбор проб с титановых слитков производится на радиально-сверлильном станке методом сверления, с применением кольцевых фрез. Количество проб, место отбора проб и размеры пробоотборного конуса устанавливаются согласно действующей спецификации заказчика.

После отбора проб производятся фрезеровка, зенковка отверстия конусной фрезой для выравнивания краев. Наряду с центровкой слитков горизонтально-фрезерный станок используется для фрезерования торцевой части обработанных слитков. После фрезерования слитков снимаются их геометрические размеры. При этом используется поверенный инструмент (штангенциркуль, рулетка), а также производится взвешивание слитка мостовым краном с использованием крановых весов Кастом [61].

3.7. Основные технологические процессы производства магния

Магний широко применяют в виде сплавов с алюминием, цинком и марганцем для изготовления деталей авиационных и автомобильных двигателей. Магниевого сплавы обладают хорошими литейными свойствами, что дает возможность получать из них сложные отливки. Сплавы легко поддаются свариванию и обработке резанием.

Основными видами сырья для получения магния являются магнезит, доломит, карналлит и бишофит. Главной составляющей магнезита является MgCO_3 , а доломита – $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$.

Карналлит – это природный хлорид магния и калия $\text{MgCl}_2 \times \text{KCl} \times 6\text{H}_2\text{O}$. Бишофит ($\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) получается при переработке карналлита или выпаривается из воды соленых озер и морей. Наиболее распространен в настоящее время электролитический способ получения магния, при этом магний в процессе электролиза получается из вводимого в электролит хлорида MgCl_2 . Технология получения магния этим способом включает три стадии: получение безводного хлорида магния MgCl_2 , электролиз с выделением из хлорида жидкого магния, рафинирование магния.

Получение хлорида магния ведут тремя способами.

Первый способ – обезвоживание карналлита $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Процесс осуществляют в две стадии. Первую проводят нагревая карналлит в трубчатых

вращающихся печах или печах кипящего слоя. Вторую – в основном в печах-хлораторах, имеющих плавильную камеру, где карналлит расплавляют при температурах 550 – 600 °С; две хлорирующие камеры, где продувкой хлором примеси (MgO) переводят в MgCl_2 и копильник расплава (миксер).

На некоторых заводах вторую стадию проводят в электрических печах сопротивления, где карналлит расплавляют при температуре 500 °С и сливают в миксер. В обоих случаях жидкий карналлит сливают из миксеров в ковш и везут в электролизный цех. Обезвоженный карналлит содержит, %: MgCl_2 47 – 52; KCl 40 – 46; NaCl 5 – 8.

Второй способ производства хлорида магния заключается в хлорировании магнезита или оксида магния, получаемого путем предварительного обжига магнезита. Процесс ведут в шахтных электрических печах. В нижней части расположены в два ряда электроды 2; между ними находятся угольные брикеты, которые при прохождении электрического тока нагреваются до 750 °С. Шихту загружают сверху, через фурмы 7 вдувают хлор. У фурм происходит хлорирование оксида магния: $\text{MgO} + \text{Cl}_2 + \text{C} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}$. Хлористый магний плавится и скапливается на подине, периодически его выпускают в ковш и транспортируют в электролизный цех.

Третий способ – это получение MgCl_2 в качестве побочного продукта в процессе восстановления титана магнием из TiCl_4 . Этот жидкий хлорид магния направляют в магниевое производство (Mg и титан обычно производят на одном предприятии) [33].



Рисунок 3.2. Технологическая схема получения магния

Применяют также термические способы получения магния с использованием в качестве восстановителя C, Si или CaC_2 . Из них проще силикотермический способ, при котором пользуются специальными ретортами из хромоникелевой жаропрочной стали, помещаемыми в электропечь, отапливаемую газообразным топливом. В качестве сырья лучше всего брать доломит $\text{MgCO}_3 \times \text{CaCO}_3$, а в качестве восстановителя – кремний ферросилиция. Магний получается высокой чистоты [34].

Магний – легкий металл с плотностью при 20 °С 1,738 г/см³, с температурой плавления 651 °С и температурой кипения 1107 °С. В атмосферных условиях магний при обычной температуре мало изменяется, обнаруживает значительную химическую стойкость, превышающую стойкость железа. Это происходит вследствие образования на поверхности металла на воздухе тонкого слоя окиси магния. Обладая высоким электроотрицательным стандартным электродным потенциалом, равным 1,8 в, магний очень слабо взаимодействует с водой вследствие образования труднорастворимой гидроокиси магния. Кипящая вода разлагается магнием с выделением водорода.

В минеральных и органических кислотах магний растворяется. Но во фтористоводородной и хромовой кислотах устойчив. Щелочи на магний не действуют. В водных растворах солей (кроме фторидов) магний не стоек.

При нагревании в кислороде или в смеси с сильными окислителями магний горит ярким белым светом, что используется в пиротехнике и фотографии. Обладая большим химическим сродством к кислороду, магний может восстанавливать окислы многих металлов (кремния, бора, алюминия, титана, редких металлов и пр.). При высокой температуре магний реагирует с азотом, углекислым и сернистым газами.

Из-за высокой реакционной способности чистый магний находит применение в раскислении и модификации специальных сталей и сплавов цветных металлов, пиротехнике, магниорганическом синтезе, дегидратации веществ и в получении тугоплавких металлов, в частности титана. При сгорании магния развивается высокая температура, что было широко использовано во время второй мировой войны в производстве боеприпасов.

Основная область применения металлического магния – это производство на его основе различных легких сплавов. Прибавка к магнию небольших количеств специально подобранных других металлов резко изменяет его свойства, сообщая сплаву значительную твердость, прочность и сопротивляемость к коррозии.

Газонепроницаемость сплавов магния и возможность производства разнообразных изделий с помощью всех практикуемых в отношении других металлов технологических методов (отливка, прокатка, прессовка, ковка, резание, штамповка) способствуют применению их в самолетостроении, транспортном машиностроении, станкостроении, приборостроении и т. п. [35].

Производство магния – это процесс электролиза расплавленного хлорида магния, разделяется на несколько этапов: добыча руд (карналлит или бишофит), приготовления электролита, электролиз и рафинирование магния, в результате которого получают магний высокой чистоты.

В лабораторных условиях магний получают? Восстановление окиси магния углеродом можно представить уравнением:



Магний относится к числу элементов, весьма распространенных в земной коре, составляя около 2,35 % ее веса. Однако полученный впервые в 1830 году магний долгое время не имел промышленного значения вследствие больших трудностей при его производстве и из-за недостаточной изученности его свойств. Мировое производство магния в 1915 году составляло всего несколько сотен тонн в год. Промышленное производство магния в значительных размерах было организовано в годы первой мировой войны. После окончания войны выпуск магния сильно сократился и лишь в 30-х годах начался новый рост производства магния, достигший в 1938 году (без СССР) 23,8 тыс. т, а в 1943 году – 240 тыс. т. В последующие годы выпуск магния заметно сократился и в 1952 году не превышал 120 тыс. т.

Рост производства металлического магния сопровождался значительным усовершенствованием электролитического способа его получения из хлоридов, а также промышленной разработкой и применением термических способов с использованием в качестве сырья магнезита и доломита.

3.7.1. Электролиз магния

Магний в промышленных условиях был получен впервые электролизом расплавленного хлорида магния, к которому для снижения температуры плавления электролита и улучшения его физико-химических свойств добавлялись хлориды калия и натрия. Этот способ до настоящего времени сохранил свое значение в производстве магния.

Процесс оказался весьма сложным как в части электролиза, так и в особенности в части подготовки электролита. Потребовались многочисленные длительные исследования в различных странах мира, в том числе и в СНГ, чтобы сделать этот процесс достаточно рентабельным. Процесс получения магния из хлоридов состоит из двух циклов: подготовки электролита и собственно электролиза. Кроме того, полученный металл требует переплавки и рафинировки.

Основная трудность в производстве магния из хлоридов заключается в приготовлении сырья, состоящего из безводных карналлита или хлорида магния.

Поэтому в зависимости от исходного сырья разработаны различные технологические схемы приготовления электролита. Исходным же сырьем могут быть минеральные соли магния, достаточно широко распространенные в природе: карналлит

KCl • MgCl₂ • 6H₂O, бишофит MgCl₂ • 6H₂O, магнезит MgCO₃, доломит MgCO₃ • CaCO₃ и т.п.

Одним из источников магнезиевого сырья является морская вода, содержащая наряду с другими солями около 0,3 % MgCl₂. Больше содержится MgCl₂ в воде некоторых соляных озер (до 8 – 15 %). Морская или озерная вода подвергается выпарке, часто за счет тепла солнечной энергии и концентрированные растворы солей – рапа – проходят различные стадии переработки для извлечения из нее ценных составляющих (бромидов и некоторых других солей) и освобождения хлорида магния. Получающийся продукт – шестиводный хлорид магния (бишофит), загрязненный сульфатами и железом – и представляет один из видов сырья для получения магния.

Другим распространенным сырьем для получения магния являются карналлиты. В карналлите содержатся примеси: хлорид натрия, сульфаты и нерастворимый остаток. Для обогащения природного карналлита по содержанию хлорида магния и очистки от нежелательных примесей его подвергают фракционному выщелачиванию и дробной кристаллизации, в результате чего получается обогащенный хлоридом магния искусственный карналлит и избыточный хлорид калия.

Для производства магния необходимо обезводить как бишофит, так и искусственный карналлит и максимально очистить их от примесей железа и сульфатов. Процесс обезвоживания относится к одному из наиболее сложных в химической технологии. При нагревании до 116,7° С из MgCl₂ • 6H₂O легко удаляются две молекулы воды и при повышении температуры до 182° С – еще две молекулы воды без существенного разложения MgCl₂. Но удаление последних двух молекул воды требует более высокой температуры и сопровождается гидролизом:

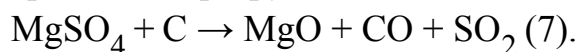


Хлоргидроокись Mg (OH)Cl также разлагается на MgO и HCl при температуре выше 500 °С. Поэтому обезвоживание бишофита проводят в две стадии. Первую стадию обезвоживания ведут в трубчатых (вращающихся), полочных или шахтных печах без расплавления шихты при обогреве их топочными газами от 115 до 350 °С. При этом загруженный в печь дробленый бишофит перемешивается и теряет при нагревании около пяти молекул воды. Полученный продукт MgCl₂ • H₂O содержит 5 – 7 % MgO, образовавшейся в результате частичного гидролиза MgCl₂. Вторая стадия обезвоживания не может быть проведена простым нагреванием. Для окончательного удаления воды необходимо принять меры, затрудняющие гидролиз хлорида магния, т.е. смещающие равновесие реакции влево:



Для этого возможны различные приемы, обеспечивающие в печи обезвоживания избыток HCl в газовой фазе. Однако все они связаны с энергичным разрушением аппаратуры в атмосфере влажного хлористого водорода при высокой температуре и не нашли широкого применения в технике.

Значительно проще и без существенного гидролиза хлорида магния протекает процесс обезвоживания карналлита. Его проводят также в две стадии. В первой стадии карналлит нагревается во вращающихся печах в токе топочных газов, входящих при температуре до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и уходящих из печи при $120 - 130\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этих условиях удаляют воду до $2 - 3\%$ содержания ее в продукте. Процесс идет без расплавления карналлита, но со значительным комкованием его. Вторую стадию обезвоживания осуществляют в пламенных подовых или электрических печах при $800 - 850\text{ }^{\circ}\text{C}$. Карналлит расплавляют, обезвоживают, затем добавляют к нему углеродистые материалы для разрушения имеющихся сульфатов:

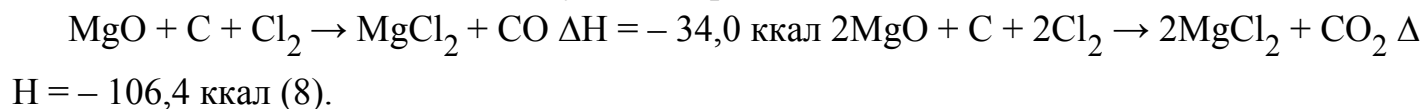


После отстаивания от окиси магния, получившейся от разрушения сульфатов и от незначительного гидролиза карналлита, безводный и очищенный продукт сливают из печи и направляют на электролиз.

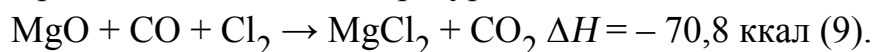
Но получение магния электролизом карналлита связано с очень громоздкой технологической схемой обезвоживания в две стадии, так как на 1 т магния нужно обезводить $20 - 25\text{ т}$ карналлита. В электролизеры при этой схеме вынуждены заливать около 10 т обезвоженного карналлита на 1 т магния и при непрерывном процессе удалять из них большие количества отработанного электролита. Весь этот огромный поток сырья можно резко сократить если получать безводный MgCl_2 и питать им электролизеры по мере расхода MgCl_2 .

Поэтому были разработаны способы хлорирования окиси магния, полученной из магнезита MgCO_3 или доломита $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ с участием восстановителя.

Процесс хлорирования проводится в электрических печах шахтного типа при $900 - 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ и может быть описан следующими реакциями:



При более низких температурах:



Шихту обычно предварительно брикетируют с угольной, коксовой или торфяной пылью. Для хлорирования используют хлор от электролиза MgCl_2 . Но использовать его по прямому назначению удастся не больше, чем на 75% из-за хлорирования других продуктов шихты, главным образом влаги. Восполнить потери хлора можно добавкой в

шихту для хлорирования еще $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ или продуктов его неполного обезвоживания $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$. В этом случае наряду с хлорированием окиси магния в печи идет и дообезвоживание MgCl_2 .

За последнее время заводы по производству магния комбинируются с производством титана. При этом весь анодный хлор от электролиза MgCl_2 или карналлита направляется на получение TiCl_4 и на производство MgCl_2 хлорированием окиси магния, хлора не остается. Необходимо в этом случае вернуться к технологическим схемам, позволяющим получать безводный хлорид магния или карналлит из сырья, содержащего хлор.

3.7.2. Состав и свойства электролита для производства магния

Процесс электролиза заключается в разложении на магний и хлор расплавленного электролита, содержащего кроме MgCl_2 хлориды калия, натрия и иногда кальция, при температуре около 700°C . Всплывающий на поверхность электролита металл периодически извлекают из ванны. Выделяющийся на аноде хлор отсасывают в хлоропроводы и транспортируют к потребителю. По мере расхода хлорида магния его новые порции периодически загружают в ванну, а накапливающийся на дне ванны шлак также периодически вычерпывают.

Температура плавления MgCl_2 718°C , поэтому добавки к нему KCl и NaCl играют роль флюсов, снижающих температуру плавления электролита.

Для электролиза обычно используют смеси, содержащие от 15 вес. % MgCl_2 , до 70 вес. % KCl и до 20 вес. % NaCl . К электролиту обязательно добавляют 1 – 2 % CaF_2 , который способствует слиянию мелких капель магния в крупные.

В процессе электролиза такой смеси на графитовом аноде выделяется хлор, а на катоде только магний, так как напряжение разложения хлорида магния значительно ниже, чем хлоридов калия и натрия. Для последних при 800°C напряжение разложения составляет величины 3,29 и 3,16 В соответственно. При той же температуре напряжение разложения чистого MgCl_2 равно 2,42 В, возрастая при 700°C и разбавлении хлоридами щелочных металлов до величины около 2,6 – 2,7 В.

Схема электролизера для получения магния представлена на рисунке 3.3.

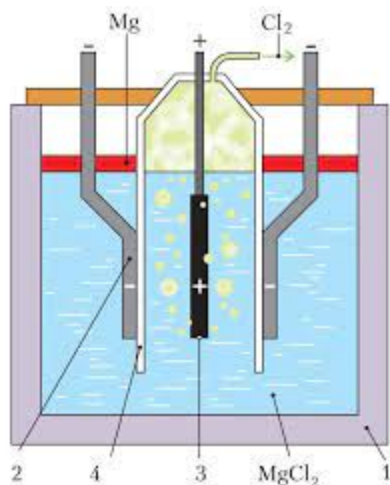


Рисунок 3.3. Схема магниевого электролизера:

1 – ванна электролизера; 2 – стальной катод; 3 – анод; 4 – перегородка.

Кроме снижения температуры плавления солевые добавки к MgCl_2 существенно улучшают физико-химические свойства электролита. Добавка хлоридов калия и натрия повышает удельную электропроводность электролита, которая для указанных выше составов при 700°C составляет от $1,30$ до $1,90 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

Важную роль в получении магния электролизом хлоридов имеет соотношение плотностей магния и электролита. Необходимо поддерживать температуру и состав электролита такими, чтобы плотность магния была всегда меньше плотности электролита, иначе металл опустится на дно электролизера и будет потерян в шламе.

При 20°C плотность магния равна $1,74 \text{ г/см}^3$, а с повышением температуры существенно уменьшается.

С уменьшением содержания MgCl_2 в солевой смеси плотность последней снижается. Поэтому оказалась весьма полезной добавка четвертой соли CaCl_2 или BaCl_2 , имеющей плотность выше, чем у MgCl_2 , а электропроводность и напряжение разложения – близкие к таковым для KCl . Температура плавления смесей четырех хлоридов при замене в указанном выше составе некоторого количества KCl на CaCl_2 около 500°C . Добавки хлоридов калия и натрия уменьшают также вязкость электролита.

Необходимо также отметить, что электролит для получения магния имеет довольно значительное давление насыщенных паров, до $1 - 2 \text{ мм рт. ст.}$ при 700°C . Вследствие этого, а также от разбрызгивания расплава; анодные газы уносят соли, конденсирующиеся на холодных частях хлорпровода, что требует его периодической чистки.

Описанная выше простая схема электролиза осложняется рядом побочных процессов, снижающих выход по току, загрязняющих хлор, разрушающих материалы

анода и футеровки ванны и приводящих к образованию шлама. К таким побочным явлениям относятся главным образом растворимость магния в электролите, взаимодействие его с анодным хлором, кислородом воздуха на поверхности электролита и с вредными примесями в электролите – влагой, солями железа и сульфатами.

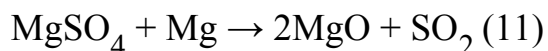
Хотя растворимость магния в электролите при 700 – 720 °С невелика и составляет около 0,1 %, возрастающая с температурой, однако при неправильной циркуляции электролита и нарушении его состава растворение магния может привести к заметным потерям. Благоприятное влияние добавок фторида кальция (1 – 2 % в электролите) заключается в том, что они растворяют пленку окиси магния на поверхности мелких капель магния, способствуя слиянию их в компактный металл. С уменьшением поверхности металла резко снижается и его реакционная способность. Такое же влияние оказывают добавки хлоридов кальция и бария.

Наиболее вредная примесь в электролите – влага, попадающая с недостаточно хорошо обезвоженным электролитом и частично поглощаемая им из воздуха. Опыт показывает, что каждая 0,1 % влаги в расплаве снижает выход по току не меньше, чем на 1 %. А при значительных количествах влаги после заливки свежего электролита в ванну выход по току может снижаться до нуля.

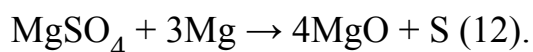
Присутствующая в электролите влага может прежде всего вызывать гидролиз хлорида магния с образованием хлористого водорода и окиси магния. Последняя оседает на дно ванны, а также обволакивает капли металла, препятствуя их слиянию. Хлористый водород, попадая в анодный газ, загрязняет хлор и содействует разрушению металлических частей ванны. Влага может также взаимодействовать с магнием:



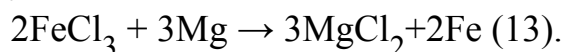
Кроме того, влага может разлагаться электролитически с выделением на аноде кислорода, разрушающего графитированные электроды. Вредное влияние на процесс электролиза оказывают также примеси в расплаве сульфатов, солей железа и бора. Сульфаты восстанавливаются магнием по реакции:



или



Опыт показывает, что при содержании железа свыше 0,1 % выход по току близок к нулю. Снижение количества железа от 0,1 – 0,04 % приводит к возрастанию выхода по току до 80 %. Железо восстанавливается магнием:



Восстановленное губчатое железо может быть увлечено потоками электролита к аноду, где хлорируется и затем вновь восстанавливается на катоде.

Продукты перечисленных выше побочных реакций приводят к обильному образованию шлама, состоящего из окиси магния, увлеченных на дно капель магния и частичек разрушаемых графитированных анодов и футеровки ванны, пропитанных электролитом. Шлам необходимо время от времени удалять вакуум-ковшом или центробежным насосом. Со шламом (0,05 кг на 1 кг Mg) теряется большое количество электролита и металлического магния (2—5 %).

Анодный газ загрязняется примесями O_2 , CO_2 , SO_2 , HCl и возгоном солей, а кроме того присутствие хлористого водорода содействует разрушению металлических частей ванны и хлоропровода.

Вредное влияние оказывает присутствие в электролите соединений бора, даже в количестве около 0,001 %. При этом магний выделяется в сильно распыленном состоянии, увлекается электролитом в анодное пространство, где и сгорает в атмосфере хлора. Выход по току может снижаться до 50—60 %.

3.7.3. Производство безводного карналлита

Основным технологическим оборудованием по выпуску безводного карналлита является карналлитовый хлоратор.

Химическая формула безводного карналлита – $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 2H_2O$.

Молекулярная масса – 205,90.

Порошок белого цвета, гигроскопичен.

Плотность 1,61 г/см³.

Насыпная масса (0,70 ÷ 0,90) т/м³.

Невзрывоопасен, негорюч.

Хранится в "силосных" башнях.

Транспортируется по трубопроводам пневмонасосами.

Используется в качестве сырья для производства безводного карналлита.

Карналлитовый хлоратор предназначен для непрерывного процесса обезвоживания карналлита одновременно с хлорированием содержащего в нем оксида магния.

Хлоратор состоит из следующих основных частей:

плавильной камеры, предназначенной для расплавления поступающего из бункера обезвоженного карналлита, осаждения механических примесей из его состава, удаления воды и насыщения углеродом;

двух хлорирующих камер, служащих для хлорирования кристаллизационной воды и оксида магния, имеющих в составе обезвоженного карналлита и образующихся в процессе гидролиза при плавлении и разогреве;

миксера, играющего роль накопителя безводного карналлита и отстаивания его от частично попадающих с безводным карналлитом оксида магния и избытка углерода.

Работа хлоратора подразделяется на два режима. Это режим плавления и режим подогрева.

При работе хлоратора в режиме подогрева плавления карналлита не происходит, поддерживается заданная температура расплава в плавильной камере, хлоркамерах и миксере.

В режиме плавления обезвоженный карналлит в смеси с измельченным нефтяным коксом подается шнеком в плавильную камеру, на зеркало расплавленной массы обезвоженного карналлита, где за счет тепла, выделяемого при прохождении электрического тока через расплав, обезвоженный карналлит расплавляется и из него испаряется свободная влага.

В процессе плавления под воздействием паров влаги и хлористого водорода, образующегося в результате реакции гидролиза, в плавильной камере идет интенсивное перемешивание расплава и насыщение его частицами нефтекокса. Расплавленная масса обезвоженного карналлита в смеси с нефтекоксом через переточный канал в разделительной стенке перетекает в первую хлорную камеру.

Отсос газов, образующихся при плавлении обезвоженного карналлита, производится через хлорирующую камеру, так как подсводовое пространство всех частей хлоратора сообщается каналами. При превышении содержания хлора и хлористого водорода в отходящих газах уменьшается расход хлора по фурмам или переводится одна фурма на воздух.

Процесс обезвоживания карналлита протекает последовательно в плавильной и хлорирующих камерах хлоратора при температурах от 480 °С до 580 °С и от 750 °С до 820 °С соответственно.

В плавильной камере хлоратора при плавлении карналлита, наряду с частичным термическим удалением воды, протекает реакция:

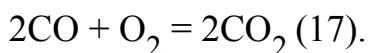
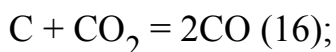
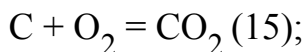


Для извлечения шлама из плавильной камеры имеются боковые окна. Шлам удаляется вручную специальными скребками до трех раз в сутки. С целью увеличения жидкотекучести шлама для его выборки в плавильной камере хлоратора и при чистке карналлитового бункера хлоратора при необходимости допускается колебание температуры от 450 °С до 690 °С не более 30 минут.

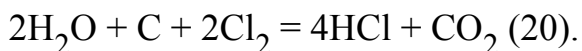
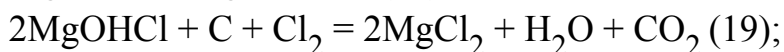
Дальнейший процесс обезвоживания карналлита производится в хлорирующих камерах, которые разделены между собой перегородкой и сообщаются в нижней части. Расплав обезвоженного карналлита в смеси с углеродом через переточный канал плавильной камеры стекает в первую хлорную камеру. Туда же, в нижнюю часть, от хлорной компрессорной по системе трубопроводов и в специальное устройство (фурму), вмонтированное в кладку хлорирующих камер, подается анодный хлоргаз с содержанием хлора не менее 90,0%, расход хлора составляет от 0 до 150 м³/час.

В хлорирующих камерах протекают следующие процессы:

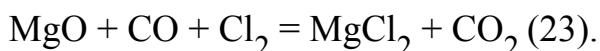
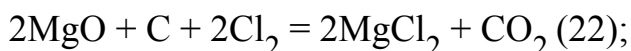
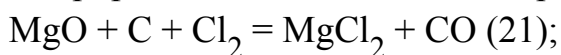
связывание кислорода, содержащегося в анодном хлоргазе, с углеродом измельченного нефтяного кокса с образованием CO и CO₂ по реакциям:



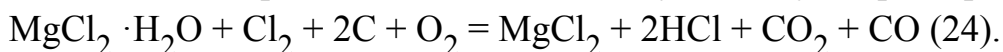
Разложение MgOHCl и хлорирование воды по реакциям:



Хлорирование оксида магния по реакциям:



В общем виде процесс описывается следующей суммарной реакцией:



Последовательное перетекание расплава из одной камеры в другую и противоточное движение расплава и хлора обеспечивают поступление в миксер практически безводного карналлита.

Полученный безводный карналлит с содержанием хлорида магния (MgCl₂) марки А не менее 50 %, марки Б не менее 48 %, оксида магния (MgO) не более 0,80 % и углерода (C) не более 0,08 % через летку сливается в карналлитовый ковш и одновременно отбирается проба на химический анализ.

Заполненный безводным карналлитом ковш транспортируется электролизником расплавленных солей в электролизное отделение для обработки электролизеров [62].

3.7.4. Производство магния-сырца

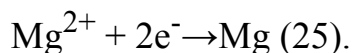
Основным технологическим оборудованием для производства магния-сырца являются электролизеры бездиафрагменные и биполярные.

Производство магния-сырца осуществляется методом электролиза хлористого магния в расплаве хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов с последующим его рафинированием двумя способами: с применением карналлитовой и хлормagneйской схем питания электролизеров, а также для дальнейшего использования в производстве магния-восстановителя и затем магния в слитках.

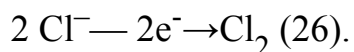
Основными технологическими агрегатами производства магния-сырца являются бездиафрагменные электролизеры с верхним вводом анодов и биполярные электролизеры. Бездиафрагменный электролизер состоит из стального кожуха, футеровки, имеет отделение электролитических ячеек и продольную сборную ячейку

для магния, разделенные между собой арочной перегородкой с переточными U-образными каналами. В биполярном электролизере между анодами и катодами установлены биполярные электроды.

Под воздействием постоянного тока на катоде разряжаются только катионы Mg^{2+} по электрохимической реакции:



Основной реакцией, которая протекает на графитовом аноде, является разряд ионов хлора:



В процессе электролиза магний получают в жидком виде. Поскольку температура плавления магния ниже температуры электролита, он выделяется на катоде в жидком состоянии. По мере накопления жидкий магний формируется в крупные капли, которые отрываются от катода и всплывают. Хорошее смачивание поверхности катода магнием является важнейшим условием для благоприятного течения процесса электролиза.

Газообразный хлор, выделяющийся на аноде, мало растворяется в электролите и в виде пузырьков удаляется из ванны.

В процессе электролиза магния помимо электродных в расплаве протекают побочные процессы, приводящие к образованию шлама, который осаждается на дне электролизера. Пропитанный солями электролита шлам представляет собой вязкую массу черного или темно-бурого цвета, состоящую в основном из оксидов Mg, Al, Si, Fe (с преобладанием 70 – 90 % MgO).

Питание электролизеров осуществляется двумя видами сырья: безводным карналлитом, полученным на переделе обезвоживания карналлита, и магнием хлористым титанового производства.

Соответственно, имеются две схемы питания электролизеров:

карналлитовая;

хлормagneйная.

Под действием постоянного тока, подаваемого на электроды электролизера, входящий в состав поступающего из безводного карналлита магний хлористый разлагается на металлический магний и газообразный хлор.

Для качественного слияния в компактную массу выделяющегося на катодах магния и лучшего его отделения от электролита в последний вводится фтористый кальций в виде порошка плавленого-шпатового концентрата.

Расплавленный магний собирается на поверхности электролита в сборной ячейке, откуда выбирается вакуум-ковшами.

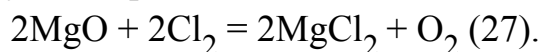
Образующийся хлор по системе хлоропроводов откачивается хлорными компрессорами и поставляется по хлоропроводам для дальнейшего использования в технологиях.

По мере протекания процесса электролиза концентрация магния хлористого в электролите постепенно понижается, одновременно вследствие удаления продуктов электролиза (хлора, магния) снижается уровень электролита.

Поддержание необходимой концентрации магния хлористого и сохранение рабочего уровня электролита в электролизере обеспечивается периодической заливкой безводного карналлита.

В состав безводного карналлита, поступающего из карналлитового хлоратора, кроме магния хлористого, входят хлористый калий, хлористый натрий, хлористый кальций, оксид магния и другие примеси. Изменяющиеся в процессе электролиза содержащиеся в составе безводного карналлита хлористый калий, хлористый натрий и хлористый кальций являются балластными солями, которые по мере накопления в электролизере необходимо удалять.

Оксид магния, поступающий с безводным карналлитом в электролизер, частично вступает в реакцию с выделяющимся на аноде газообразным хлором:



Образующийся кислород частично вступает в реакцию с углеродом анодов с образованием оксида и двуокиси углерода. Частично происходит окисление магния хлористого и металлического магния с образованием оксида магния. Основная часть оксида магния накапливается на подине электролизера, образуя ШЭС, периодически выводимую из электролизера.

С целью повышения электропроводности электролита после выборки ШЭС в электролизер загружается поваренная соль в кристаллическом или расплавленном состоянии.

Периодической заливкой безводного карналлита достигается поддержание концентрации магния хлористого и сохранение рабочего уровня электролита в электролизере. Безводный карналлит заливается в сборную ячейку из ковша. Для поддержания заданного соотношения компонентов электролита перед основной заливкой сырья из электролизеров с помощью вакуум-ковша удаляется отработанный электролит.

Выборку металла из электролизеров осуществляют с помощью вакуум-ковша. Вместе с магнием в вакуум-ковш захватывается электролит, который, имея более высокую плотность, чем магний, отделяется от магния отстаиванием и собирается в нижней части ковша. Отделившийся от магния электролит сливается обратно в электролизер. Уровень металла в ковше определяется с помощью контактного уровнемера.

Для выборки магния-сырца из электролизеров используют подвесные двухлеточные вакуум-ковши емкостью 2,0 м³ и 3,3 м³ (3,0 т и 5,0 т соответственно). Ковши после наполнения транспортируются электрокарами на участок производства магния-восстановителя, где металл сливается в кольцевую ПНР или в электролитейное отделение, для слива магния-сырца в рафинировочные печи электролитейного отделения на производство товарного магния [63].

3.7.4.1. Технология рафинирования магния-сырца для получения Mg-95 в печи СМТ-1

Проверенный тигель устанавливают в печь СМТ-1, заземляют, включают печь и прогревают тигель. На дно чистого прогретого тигля заливают от 100 кг до 150 кг отработанного электролита или безводного карналлита и вручную вмешивают от 20 кг до 30 кг титановой губки фракцией от 2 мм до 5 мм, отсеянной от пыли.

Магний-сырец, доставленный из электролизного отделения, взвешивают, сливают в тигель и присыпают бариевым флюсом в смеси с плавиковым шпатом в соотношении 10:1 в количестве от 5 кг до 7 кг. Далее, при достижении температуры металла от 720 °С до 740 °С, устанавливают мешалку, предварительно прогретую в другой СМТ-1 с металлом, включают мешалку и производят перемешивание в течение 20 – 25 минут при включенной печи.

Во время перемешивания добавляют порядка 5 кг смеси титановой губки с бариевым флюсом в соотношении 1:1, который загружают малыми порциями, растягивая на весь процесс перемешивания.

За 5 – 7 минут до окончания перемешивания в образовавшуюся в металле воронку засыпают 3 кг смеси фтористого кальция и хлористого бария в соотношении 3:1. По окончании перемешивания производят отключение мешалки и выставляют ее из тигля, устанавливают тигель в отстойник, отстой производят от 10 минут до 15 минут.

По окончании отстоя при температуре от 690 °С до 720 °С производят разлив металла. Наилучшие результаты дает трехкратное использование титановой губки. При этом донные остатки не должны превышать 200 кг. В них заливается магний-сырец и подвергается всем операциям, начиная с установки мешалки в тигель. После третьей плавки донные остатки сливаются, а тигель тщательно промывается от шлама и настывшей отработанным электролитом [66].

3.7.4.2. Технология рафинирования магния-сырца для получения Mg-90 в печи СМТ-1

Перед заливкой магния-сырца на дно чистого прогретого тигля заливают от 100 кг до 150 кг безводного карналлита, после чего заливают магний-сырец и присыпают обезвоженным карналлитом. Залитый металл разогревают до температуры от 710 °С до 740 °С. Печь отключают, тигель устанавливают в отстойник и производят отстой в

течение 10-15 минут. При температуре от 690 °С до 720 °С производят разливку металла. По окончании разливки остатки сливают в тигель для донных остатков. Тигель тщательно промывают и очищают от шлама и настывшей [66].

3.7.4.3. Технология литья магния первичного в чушках из печи непрерывного рафинирования на литейном конвейере

Перед разливкой изложницы очищают от окалины, шлама и прочих загрязнений, покрывают раствором борной кислоты концентрацией от 1 г/л до 3 г/л. Затем изложницы сушат и подогревают при температуре от 120 °С до 250 °С газовыми горелками.

В электромагнитный насос устанавливают канал, к которому подсоединяют вакуум под разрежением не менее 0,6 кгс/см². Металлотракт всасывающего и напорного трубопроводов изолируется от кожуха печи, от конструкций литейного конвейера и от всех деталей специальными электроизоляционными материалами.

Перед включением нагрева металлотракта включается нагрев канала насоса нажатием кнопки "Нагрев", до разогрева канала насоса до розового цвета. После разогрева металлотракта насос включается на рабочий ход нажатием кнопки "Вперед". К концу напорного трубопровода металлотракта над литейным конвейером подключается вакуум и в тракте создается разрежение для заполнения канала насоса металлом. Момент заполнения канала определяется резким колебанием стрелки амперметра трансформатора ОС-12. Трансформатор ОСУ-100 немедленно отключается во избежание замыкания и отсоединяется от металлотракта. Через одну-две секунды насос начинает подавать металл в изложницы конвейера. При разливке изложницы охлаждают снизу водяным душем. После окончания литья или остановки, по каким-либо причинам канал и металлотракт освобождают от магния последовательным нажатием кнопок "Стоп", "Назад".

Отбор проб магния для анализа осуществляется из струи металла после разлива не менее 300 кг магния специальным пробоотборником емкостью 50 граммов, который предварительно нагревается.

Для охлаждения изложниц включается орошение их водой.

Интенсивность орошения регулируется с таким расчетом, чтобы к моменту заливки их металлом температура была не менее 120 °С.

Во избежание загрязнения слитков магния за счет коррозии изложниц окалиной после водяного орошения они опрыскиваются с помощью сжатого воздуха раствором борной кислоты.

Чтобы предохранить металл от окисления во время разлива, струю металла из специальной форсунки опыляют порошком серы. Сгорая, сера образует защитную атмосферу из сернистого газа.

После заполнения первых 6 – 8 изложниц включается подача серы в остальные распылители, образующие защитную атмосферу над изложницами с остывающим металлом.

Появившуюся оксидную пленку на поверхности металла сразу же снимают лопаткой из нержавеющей стали.

В конце литейного конвейера установлена механическая система клеймения слитков. На каждом слитке ставят наименование и товарный знак предприятия-изготовителя, а также марку и номер плавки. Далее слитки поступают на приемный стол, где производится ручная штабелировка.

3.7.5. Производство магния-восстановителя

В процессе производства магния-восстановителя используются следующие виды сырья и технологические материалы:

1) Магний-сырец – используется для производства магния-восстановителя и товарного магния. Транспортируется из электролизного отделения в вакуум-ковшах в расплавленном состоянии.

Химическая формула – Mg ;

Молекулярная масса – 24,3;

Температура плавления $651^{\circ}C$;

Температура кипения $1107^{\circ}C$;

Плотность при $20^{\circ}C$ – $1,745 \text{ г/см}^3$; при $650^{\circ}C$ – $1,572 \text{ г/см}^3$; при $800^{\circ}C$ – $1,555 \text{ г/см}^3$.

Металл серебристо-белого цвета, на воздухе тускнеет.

Расплавленный магний пожароопасен, не токсичен;

2) Барий хлористый – применяется для повышения плотности электролита в печи ПНР, способствует лучшему разделению магния и электролита.

Транспортировка осуществляется напольным электротранспортом;

3) Кальций хлористый – применяется для повышения плотности электролита в печи ПНР, способствует лучшему разделению магния и электролита. Транспортировка осуществляется напольным электротранспортом;

4) Аргон – применяется для создания инертной атмосферы, предотвращает окисление и возгорание в печи ПНР.

Транспортировка аргона осуществляется в трубопроводах;

5) Шнур асбестовый – применяется в качестве уплотнительной прокладки при соединении технологических труб вакуум-ковшей.

Основным технологическим оборудованием для производства магния-восстановителя является кольцевая печь непрерывного рафинирования (ПНР).

Жидкий магний-сырец, извлеченный из электролизеров, содержит примеси, которые отрицательно влияют на свойства магния.

Неметаллические примеси – это хлориды, входящие в состав электролита магниевых электролизеров, а также окись магния, нитрид и силицид магния. Окись магния образуется при горении магния, одновременно магний взаимодействует с азотом воздуха, образуя нитрид. Силицид магния получается в результате взаимодействия жидкого магния с огнеупорными деталями электролизера.

Металлические примеси – это калий, натрий, кальций, железо, никель, марганец, алюминий, кремний, медь. Первые три металла могут выделяться при определенных условиях на катоде вместе с магнием. Железо попадает в магний при его взаимодействии с хлористым железом или при электрохимическом разложении последнего. Кроме того, железо растворяется в жидком магнии при его соприкосновении со стальными деталями аппаратов.

Магний рафинированный используется в качестве восстановителя в производстве титановой губки.

Магний-сырец, извлеченный из электролизера, содержит 2,0 % солей электролита. Растворимость железа в жидком магнии увеличивается с повышением температуры. При температуре выше 710°C равновесное содержание железа в магнии может быть больше 0,04 %. При температуре ниже 685°C избыток железа выделяется в твердом соединении. Таким образом, режим рафинирования сводится к поддержанию температуры магния от 685°C до 710°C и отделению указанных примесей отстаиванием.

Магний-сырец в ПНР доставляется вакуум-ковшом, установленным на электрокару. Перед сливом магния-сырца в ПНР остатки электролита в ковше сливаются в специальный короб, после чего производится слив магния-сырца в ПНР.

Минимальный уровень в ПНР, до которого разрешается закачка металла, 200 см от крышки шахты по шкале пьезометрического уровнемера. Для определения качества металла отбираются пробы магния.

В процессе работы печи образуется шлак. Шлак выбирается через шахту печи (2 – 3 раза в неделю) пневматическим грейфером.

Для корректировки расплава электролита печи ПНР используется сплав солей бария и кальция, приготавливаемый в специальном тигле, установленном в миксере для размораживания тиглей. Корректировка состава электролита в ПНР производится не менее 2 раз в месяц, после выборки ШЭС с нижней зоны ПНР.

Магний-сырец, предназначенный для получения магния-восстановителя, выбирается вакуум-ковшом из электролизеров независимо от схемы питания. Наполненный магнием-сырцом вакуум-ковш транспортируется на электрокаре к ПНР и сливается в нее. Количество магния, слитого в ПНР за одну смену, определяется по разнице делений уровнемера, в начале и в конце смены.

Через заборную трубу ПНР ковш заполняется рафинированным магнием.

По окончании забора рафинированного магния из ПНР пространство в ковше над магнием заполняется аргоном. Для слива магния из сливного патрубка ковш приподнимается на несколько сантиметров над заборной трубой печи, чтобы снять разрежение в системе. Затем ковш поднимается и перемещается в сторону таким образом, чтобы сливной патрубок оказался над коробом, установленным на площадке, рядом с заборной трубой печи.

Ковш с магнием транспортируется на электрокаре в следующий технологический участок, затем производится 10-минутный отстой магния в ковше, после чего производится контрольный слив в специальный короб через заборный патрубок пробной порции магния, для определения в нем наличия электролита.

После отбора пробы магнией по весу передается в следующий технологический узел. Партией считается один ковш магния-восстановителя [64].

3.7.6. Производство хлоркалиевого электролита

Производство хлоркалиевого электролита осуществляется методом кристаллизации. Основным технологическим оборудованием в процессе производства хлоркалиевого электролита является миксер, предназначенный для приемки и подогрева отработанного электролита.

При получении магния-сырца из карналлита в рабочем электролите происходит накопление балластных солей хлористого калия, которые периодически удаляются из электролизеров. Удаляемые балластные соли с преимущественным содержанием KCl (отработанный электролит) направляются на переработку для производства хлоркалиевого электролита, используемого в качестве среды для хлорирования титановых шлаков.

Предварительно короб с хлоркалиевым электролитом устанавливают в печь для разогрева кокилей и производят сушку его при температуре от 250°C до 350°C , в течение времени от 12 часов до 24 часов. После сушки хлоркалиевый электролит выгружают из короба в совок и измельчают при помощи отбойного молотка на куски размером $150 \times 150 \times 150$ мм, загружают его малыми порциями от 200 кг до 300 кг в предварительно отключенный миксер. После загрузки миксер подключают и разогревают до температуры от 680°C до 780°C .

Твердый хлоркалиевый электролит загружается в предварительно очищенный и проверенный на герметичность тигель. Тигель загружается электролитом не более чем на 80 % и устанавливается в печь.

Разогрев производится до достижения температуры расплава от 740°C до 780°C . Далее расплавленный хлоркалиевый электролит откачивается из тигля вакуум-ковшом и сливается в миксер кристаллизации [65].

3.7.7. Производство магниевых слитков

Основным технологическим оборудованием по выпуску магниевых слитков является печь непрерывного рафинирования (ПНР).

Печь непрерывного рафинирования состоит из стального кожуха и футерована изнутри огнеупорным материалом. В центре внутренней полости печи установлена солевая шахта для извлечения осажденного при рафинировании шлама с подины печи, корректировки состава и уровня электролита.

В ПНР происходит очистка поступающего магния-сырца от примесей хлористых солей (MgCl_2 , NaCl , KCl , CaCl_2), железа и других нерегламентируемых примесей. Магний-сырец, поступающий из электролизного отделения, содержит примеси: Cl – более 0,01 %, Fe – более 0,04 %, а также твердые соединения (MgO).

Магний-сырец сливают в печь непрерывного рафинирования через воронку по сливной трубе в рафинировочную камеру, далее металл поступает в нижние слои первой камеры. Верхние слои металла через перегородку переливаются во вторую камеру. В первой камере происходит основное отстаивание металла от электролита и неметаллических примесей.

В период между заливками происходит частичное осаждение железа. Интервал между заливками и выборками должен быть не менее 30 минут. Температура электролита в первой камере поддерживается в интервале от 700°C до 750°C периодичным отключением и включением нагревателей, т.е. включением и отключением трансформаторов, питающих электроды. Температура металла во второй камере поддерживается в интервале от 685°C до 720°C [66].

3.8. Энергоэффективность

Энергоэффективность в производстве титана и магния играет важную роль в современной промышленности и направлена на снижение потребления энергии и оптимизацию процессов производства, что способствует экономии ресурсов и снижению воздействия на окружающую среду.

С целью снижения энергозатрат в производстве титана и магния используются различные стратегии, такие, как оптимизация технологических процессов, повышение эффективности использования энергии, переход к возобновляемым источникам энергии и повышение эффективности использования сырьевых материалов.

Основным показателем энергоэффективности крупных технологических установок и производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции. Приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 утверждены нормативы энергопотребления для производства магния, которые приведены ниже в сравнении с средним фактическим значением предприятий Казахстана. Вместе с тем, представлено сравнение уровней

потребления сырья, топливно-энергетических ресурсов и воды при производстве титана со справочником ИТС 24-2020 "Производство редких и редкоземельных металлов" согласно таблице ниже.

Таблица 3.3. Удельный расход электрической энергии на производство тонны продукции

№ п/п	Вид продукции	Расход электрической энергии на тонну продукции, кВт-ч/тонна		
		Норматив энергопотребления № 394	ИТС 24-2020	Средний показатель по РК
1	Производство магния	22 000	-	22 232
2	Производство губчатого титана	-	7 850	6 220

Фактический усредненный удельный показатель расхода электрической энергии на производство магния превышает установленный норматив энергопотребления на 1 %. Процент превышения невысокий и может свидетельствовать об относительной стабильности существующих технологических процессов. Несмотря на небольшое превышение, важно принять меры для предотвращения дальнейшего увеличения показателей и поддержания производственных норм путем реализации мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергоэффективности.

Для сопоставления данных значений определен фактический показатель потребления сырья, топливно-энергетических ресурсов и воды при производстве губчатого титана в ИТС 24-2020. Фактический средний показатель по РК не превышает установленное значение согласно ИТС.

Удельный расход энергоресурсов для производства титана и магния следует снижать за счет улучшения использования и совершенствования структуры производственного оборудования.

Производство титана и магния включает в себя множество процессов, каждый из которых может быть оптимизирован с целью повышения энергоэффективности. Вот некоторые энергоэффективные подходы, которые могут быть применены при производстве титана и магния.

Использование энергоэффективных технологий плавки и обработки. Разработка и применение высокоэффективных технологий плавки и обработки сырья, таких, как электролиз или пиролиз, может существенно снизить энергопотребление.

Внедрение теплообменных установок. Использование теплообменных установок для повторного использования тепла, выделяемого в процессе плавки или других технологических операций, позволяет снизить энергопотребление и улучшить энергоэффективность производства.

Оптимизация термических процессов. Минимизация потерь тепла в процессе плавки и обработки с помощью улучшенных изоляционных материалов и технологий теплоизоляции может существенно уменьшить энергозатраты.

Использование возобновляемых источников энергии: переход к использованию возобновляемых источников энергии, таких, как солнечная, ветровая или гидроэнергия, для питания производственных процессов может существенно снизить воздействие на окружающую среду и повысить энергетическую эффективность предприятия.

Рециркуляция и переработка отходов. Внедрение систем рециркуляции и переработки отходов позволяет повторно использовать материалы и ресурсы, что сокращает потребление энергии на добычу и обработку новых сырьевых материалов.

Оптимизация системы управления энергопотреблением. Внедрение современных систем мониторинга и управления энергопотреблением позволяет идентифицировать и устранять источники избыточного потребления энергии, что приводит к сокращению затрат.

Использование энергоэффективного оборудования. Замена устаревшего и малоэффективного оборудования на более современное и энергоэффективное позволяет снизить энергопотребление и улучшить производительность.

Соблюдение технологической дисциплины, поддержание оптимальных параметров процессов производства также являются важными направлениями, способствующими снижению расхода сырья и электроэнергии и недопущению возможности аварийных выбросов.

3.9. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду

3.9.1. Экологические аспекты рассматриваемого предприятия

Основные технологические процессы титано-магниевого производства и их последующего передела сопровождаются образованием значительного количества эмиссий в виде газообразных загрязняющих веществ, пыли, сточных вод; большой номенклатуры отходов – шламов, возгонов, окалины, производственных отходов и других воздействий, влияющих на состояние воздуха, воды и почвы.

На АО "УКТМК" применяется хлорная технология для производства металлического титана (губчатого) и магния, которая состоит из следующих основных процессов: рудно-термическая плавка ильменитового концентрата, хлорирование титанового шлака, магнийтеpmическое восстановление тетрахлорида титана и вакуумно-дистилляционная очистка губчатого титана. Металлический магний в производственном масштабе получают электролизом расплавов, в основном из обезвоженного карналлита (в мировой практике известны также методы использования искусственного карналлита хлормагниевым электролизом). Так как при производстве титана на стадии магнийтеpmического восстановления в качестве восстановителя используется металлический магний и, наоборот, для производства металлического магния хлормагниевым способом можно использовать хлорид магния, выделяющийся

при магнийтермическом восстановлении тетрахлорида титана, эти два производства (титана и магния) располагаются в составе одного предприятия.

Фактические объемы эмиссий, образуемых в процессе производства титана и магния, представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Фактические объемы эмиссий в окружающую среду АО "УКТМК" (по данным КТА).

№ п/п	Наименование производственн ого процесса	Титаномагннеевое производство			
	Наименование эмиссий и отхода	Количество загрязнителей, шт.		Количество валовых эмиссий и отходов, т/год	
1	Выбросы загрязняющих веществ	2021	56	2021	626,26703
		2022	56	2022	544,20593
2	Сбросы загрязняющих веществ	2021	21	2021	3277,657
		2022	21	2022	2485,328
3	Накопление отходов	2021	26	2021	11646
		2022	26	2022	12566
4	Захоронение отходов	2021	15	2021	126233
		2022	15	2022	127003

Фактические и нормативные объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, образуемых в процессе производства титана и магния, представлены на рисунке 3.4.

Рисунок 3.4. Фактические и нормативные объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, т/год (по данным КТА).

Объемы выбросов загрязняющих веществ, поступивших на очистку и выброшенных в атмосферу после очистки в процессе производства титана и магния, представлены на рисунке 3.5.

Рисунок 3.5. Объемы выбросов загрязняющих веществ, поступивших на очистку и выброшенных в атмосферу после очистки, т/год (по данным КТА).

Данные по выбросам загрязняющих веществ и их вклад в загрязнение окружающей среды в целом по предприятию, а также отдельно по основным и вспомогательным технологическим процессам в производстве титана и магния представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5. Фактические объемы загрязняющих веществ в разрезе по загрязняющим веществам (по данным КТА).

№ п/п	Наименование ЗВ	2021, т/год	Вклад, %	2022, т/год	Вклад, %
----------	--------------------	-------------	----------	-------------	----------

1	2	3	4	5	6
1	Углерода оксид	313,9360785	50,128	261,527	48,056
2	Ильменитовая пыль	31,55537211	5,039	31,55537212	5,798
3	Титановый шлак (аэрозоль)	30,83282496	4,923	30,83282496	5,666
4	Серы диоксид	29,81458517	4,761	29,21404798	4,781
5	Хлор	29,49058358	4,709	28,99287493	5,368
6	Гидрохлорид	29,24922685	4,670	26,27148624	5,328
7	Метилбензол	26,27148624	4,195	26,0172	4,827
8	Пыль неорганическая $\text{SiO}_2 < 20$	18,14190866	2,897	18,11746359	3,329
9	Пыль неорганическая $\text{SiO}_2 70-20$	16,447876	2,626	12,646	0,020
10	Азота диоксид	15,7622016	2,517	12,42535319	2,004
11	Аммиак	12,67426138	2,024	11,02387632	2,324
12	Пропан-2-он	12,42535318	1,984	10,907	2,283
13	Кальций оксид	11,2045824	1,789	7,9264152	1,457
14	Аэрозоль отработанного?	11,02387632	1,760	6,77147496	2,026
15	Карналлит (аэрозоль)	6,77147496	1,081	6,729	1,244
16	Взвешенные частицы	6,72991913	1,075	6,67945408	1,236
17	Ильменитовый концентрат (аэрозоль)	6,67945408	1,067	4,052819	1,227
18	Диметилбензол	4,052819	0,647	3,9104	0,745
19	Бутилацетат	3,9104	0,624	2,011392	0,719
20	Азот оксид	2,557937063	0,408	1,771	0,325
21	Пыль неорганическая $\text{SiO}_2 > 70$	2,011392	0,321	1,379467	0,370
22	Железо	1,379467	0,220	0,52589216	0,253
23	Алканы $\text{C}_{12}-\text{C}_{19}$	0,52744448	0,084	0,467136	0,097
24	Пыль древесная	0,467136	0,075	0,39474176	0,086
25	ди Ванадий пентоксид (пыль)	0,398562	0,064	0,298	0,073
26	Этилацетат	0,298	0,048	0,2978	0,055
27	Уайт-спирит	0,2978	0,048	0,248626208	0,055

28	П ы л ь абразивная	0,248626216	0,040	0,182283	0,046
29	Этанол	0,182283	0,029	0,151374227	0,033
30	Фтористые газообразные соединения	0,15137413	0,024	0,1374	0,028
31	Бутан-1-ол	0,1374	0,022	0,121	0,025
32	С м е с ь углеводородов предельных C ₁ - C ₅	0,121	0,019	0,11949984	0,022
33	Серная кислота	0,11949984	0,019	0,108994	0,022
34	Марганец и его соединения	0,085718306	0,014	0,085718393	0,016
35	Железо трихлорид	0,07008	0,011	0,07008	0,013
36	С м е с ь углеводородов предельных C ₆ - C ₁₂	0,0447	0,007	0,0447	0,008
37	Натрий гидроксид	0,04194288	0,007	0,04194288	0,008
38	Фосген	0,034981824	0,006	0,034970012	0,006
39	диФосфор пентаоксид	0,02867616	0,005	0,02867616	0,005
40	М а с л о минеральное нефтяное	0,0246685	0,004	0,02466851	0,005
41	Углерод (Сажа)	0,0096213	0,002	0,00956277	0,002
42	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,009	0,001	0,009	0,002
43	П ы л ь тонкоизмельчен ного резинового вулканизатора	0,00814	0,001	0,00814	0,001
44	Фториды неорганические п л о х о растворимые	0,007392	0,001	0,00739202	0,001
45	Хрома оксид	0,005591624	0,001	0,005568162	0,001
46	С е р а элементарная	0,0048006	0,001	0,0048006	0,001
47	Пентилены	0,00447	0,001	0,00447	0,001
48	Ортофосфорная кислота	0,004200036	0,001	0,004200038	0,001
49	Бензол	0,00411	0,001	0,00411	0,001

50	Керосин	0,0023009	0,0004	0,00230091	0,0004
51	диНатрий карбонат	0,0014256	0,0002	0,0014256	0,0003
52	Этантол	0,00045	0,0001	0,00045	0,0001
53	Титан диоксид	0,0003108	0,00005	0,0003108	0,00006
54	Сероводород	0,000201086	0,00003	0,000201101	0,00004
55	Никель оксид	0,00011989	0,00002	0,000119885	0,00002
56	Этилбензол	0,0001073	0,00002	0,00010731	0,00002
	ВСЕГО	626,2652147	100	544,2075839	100

Фактические выбросы загрязняющих веществ в разрезе по основным и вспомогательным технологическим процессам в производстве титана и магния представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. Фактические выбросы загрязняющих веществ в разрезе по основным и вспомогательным технологическим процессам (по данным КТА).

№ п/п	Наименование производственных подразделений/цехов	2021 год		2022 год	
		Фактические эмиссии, т/год	Вклад,	Фактические эмиссии, т/год	Вклад,

1	2	3	4	5	6
1	Основные производственные процессы				
1.1	Производство магния	88,0451	14,06	87,5937047	16,10
1.2	Производство тетрахлорида титана и пентаоксида ванадия	162,8177	26	162,49568	29,86
1.3	Производство губчатого титана	5,924247	0,95	5,91854702	1,09
1.4	Производство титанового шлака	88,58205	14,14	88,5820492	16,28
1.5	Производство титановых слитков и сплавов	0,085278	0,01	0,08523591	0,02
2	Вспомогательные производственные процессы				
2.1	Отделение гашения извести	137,746	21,99	72,7420772	13,37
	Обслуживание				

2.2	производственных помещений газоочисток	2,709093	0,43	2,70909291	0,50
2.3	Полигон захоронения промышленных отходов	26,39987	4,22	10,1676348	1,87
2.4	Деревообрабатывающий участок и отделение огнеупоров	6,119629	0,98	6,11962948	1,12
2.5	Ремонтно-механический цех	86,97114	13,89	86,9288393	15,97
	Электроремонтное отделение	0,987828	0,16	0,98782764	0,18
2.6	Управление материально-технического снабжения и транспорта	0,520424	0,08	0,52042395	0,10
2.7	Склад ортофосфорной кислоты	0,0042	0,001	0,00420004	0,001
2.8	Отдел метрологического и аналитического контроля	0,001393	0,0002	0,00139295	0,0003
2.9	Общекombинационные площадки	19,35127	3,09	19,3512485	3,56

Из таблицы 3.6. следует, что основной вклад в совокупный объем выбросов от предприятия приходится на производство тетрахлорида титана.

Доля загрязняющих веществ в выбросах, дающих наибольший вклад в разрезе технологических процессов производства титана и магния, представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7. Доля загрязняющих веществ дающих наибольший вклад в разрезе технологических процессов (по данным КТА).

№ п/п	Наименование ЗВ	2021, т/год	Вклад, %	2022, т/год	Вклад %
1	Основные технологические процессы				
1.1	Углерода оксид	153,5368719	43,43	153,524984	43,53
1.2	Ильменитовая пыль	31,55537211	8,93	31,55537212	8,95

1.3	Титановый шлак (аэрозоль)	30,83282496	8,72	30,83282496	8,74
1.4	Хлор	29,21789179	8,19	28,94135619	8,21
1.5	Гидрохлорид	26,40890155	7,40	26,15254964	7,41
1.6	Серы диоксид	22,05901607	6,18	21,85794338	6,20
1.7	Иные*	59,89618037		59,86316779	
2	Вспомогательные технологические процессы				
2.1	Углерода оксид	160,3992066	39,60	108,002016	56,40
2.2	Метилбензол	26,27148624	9,63	26,27148624	13,72
2.3	Пропан-2-он	12,42535318	4,56	12,42535319	6,49
2.4	Иные*	73,66210988		44,78053041	
	ВСЕГО	626,2652147		544,2075839	

Примечание: *иные вещества вносят вклад менее 5 %.

Из таблиц следует, что основной вклад в совокупный объем выбросов дают следующие загрязняющие вещества: углерода? оксид, ильменитовая пыль, титановый шлак (аэрозоль), хлор, гидрохлорид, серы диоксид. Наибольший вклад как в разрезе по основным и вспомогательным процессам, так и в целом по предприятию вносит оксид углерода, более 40 %.

Влияние и значимость загрязняющих веществ при производстве титана и магния представлены в таблице 3.8., в которой представлена их концентрация в более подробном разрезе технологических процессов для каждого производства.

Таблица 3.8. Сведения по фактическим концентрациям загрязняющих веществ(по данным КТА).

№ п/п	Наименование ЗВ	Концентрации ЗВ, мг/Нм ³			
		2021		2022	
		мин.	макс.	мин.	макс.
1	2	3	4	5	6
1.1	Производство магния				
1.2	Углерода оксид	0,8694	73,6823	1,25	119,1825
1.3	Хлор	1,354	132,0139	0,1002	210,7287
1.4	Хлористый водород	0,3524	88,6721	0,9357	81,4275
1.5	Пыль неорганическая SiO ₂ >70%	Нет данных		31,9934	
1.6	Карналлит (аэрозоль)	Нет данных		42,0477	
1.7	Серы диоксид	0,0288	39,1128	1,4789	61,5807
1.8	Фосген	0,0005	0,0549	0,0005	0,0513
2	Производство титана				

	Подготовка сырья (прием, обработка, хранение, перемешивание, смешивание) при получении титанового шлака				
2.1	Ильменитовый концентрат (аэрозоль)	Нет данных		19,9696	49,8719
2.2	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в: менее 20	Нет данных		3,867	33,4785
3	Процесс плавки и выпуска расплава титанового шлака				
3.1	Ильменитовая пыль	0,4342	49,0022	1,006	45,768
3.2	Углерод оксид	2,5865	4,9985	0,1875	4,6953
3.3	Сера диоксид	1,8401	14,0812	0,1818	4,9147
3.4	Азота диоксид	0,2476	3,4518	0,2673	2,7536
4	Процесс приготовления трехкомпонентной титансодержащей шихты (сушка материалов, дробление материалов, помол, перемешивание)				
4.1	Титановый шлак (аэрозоль)	Нет данных		5,8012	87,4397
4.2	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в: менее 20	Нет данных		61,3766	
5	Подготовка сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом				
5.1	Углерод оксид	1,7084	55,166	1,1411	44,4534
5.2	Гидрохлорид	1,6588	13,0006	0,8805	13,5452
5.3	Хлор	0,2091	25	0,0799	24,2242
5.4	Фосген	0,0011	0,0024	0,0002	0,0027
6	Получение пентаоксида ванадия при очистке технического тетрахлорида титана от окситрихлорида ванадия				
6.1	Аммиак	0,0023	0,1641	0,0227	0,1496
6.2	Ди Ванадий пентоксид (пыль)	0,1056	0,6044	0,1359	1,1837
7	Восстановление титана из тетрахлорида титана магнийтермическим способом (восстановление, дистилляция) при получении титановой губки в производстве титана губчатого магнийтермическим способом				
7.1	Гидрохлорид	0,038	0,49	0,0465	0,5815
8	Подготовка шихтовых материалов (первичных и вторичных) для производства титановых сплавов (очистка в кислотном растворе, обезжиривание, дробетная обработка, нагрев, измельчение, навешивание, прессование, сушка)				

8.1	Взвешенные частицы	-	-	-	-
9	Производство титановых слитков (загрузка, плавление в вакуумных печах, выгрузка, охлаждение, шоопирование, обработка)				
9.1	Взвешенные частицы	-	-	-	-
9.2	Пыль абразивная	-	-	-	-

Текущие объемы потребления энергетических ресурсов в производстве титана и магния представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов

№ п/п	Наименование объекта	Потребляемый ресурс	Целевое назначение использования	Годовое потребление, т у.т	Удельное потребление, т у.т./т
1	АО "УКТМК"	Электрическая энергия	Производство безводного карналлита	1 264,194 – 1 368,498	0,1008 - 0,1009
2	АО "УКТМК"	Электрическая энергия	Производство магния-сырца	52 073,649 – 53 509,305	2,7345 - 2,7345
3	АО "УКТМК"	Электрическая энергия	Производство титанового шлака	7 648,14 – 8 056,992	0,2428 – 0,2461
4	АО "УКТМК"	Электрическая энергия	Производство пентаоксида ванадия	12,669 – 16,482	0,4226 -0,4223
5	АО "УКТМК"	Электрическая энергия	Производство губчатого титана	13 414,503 – 13 762,592	0,7781 - 0,7781
6		Тепловая энергия		234,091 – 228.227	
9	АО "УКТМК"	Электрическая энергия	Производство титановых слитков и сплавов	941,565 – 1 015,365	0,3234 - 0,3235

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

В настоящем разделе описываются общие методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

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

Настоящий раздел охватывает системы управления охраны окружающей среды, интегрированные в технологические процессы производственного цикла. Рассматриваются вопросы предотвращения образования и утилизации отходов, а также техники, позволяющие сократить потребление сырья, воды и энергии за счет оптимизации и многократного использования. Описанные техники охватывают меры, используемые для предотвращения или ограничения экологических последствий.

Раздел не охватывает исчерпывающий перечень техник. Могут использоваться другие техники при условии обеспечения уровня защиты окружающей среды.

К снижению нагрузки на окружающую среду приводят общие организационные мероприятия по совершенствованию подходов к управлению и организации производства, учет аспектов воздействия на окружающую среду объектов горно-обогатительного комплекса на стадии разработки проектной документации, выбор материалов и реагентов с минимально возможным негативным воздействием на окружающую среду, мероприятия по переходу на малоотходные/безотходные технологии, логистика производства, контроль эффективности производственного процесса, внедрение автоматизированных систем управления производственными процессами, обеспечение безаварийной эксплуатации производства, подготовка и повышение квалификации персонала и др.

4.1. Применение комплексного подхода к защите окружающей среды

Для комплексного предотвращения или минимизации выбросов необходимо использовать методы и меры, которые позволяют избежать или ограничить выбросы в воздух, воду или почву, и при этом обеспечивается высокий уровень защиты окружающей среды в целом; необходимо принимать во внимание следующие факторы: безопасность установки, влияние утилизации отходов на окружающую среду, экономичное и эффективное использование энергии.

Неизбежные выбросы необходимо улавливать в месте возникновения, если это возможно при условии приложения соразмерных усилий. Меры по ограничению уровня выбросов должны соответствовать современному уровню технического развития. Положения настоящего справочника по НДТ не должны выполняться путем принятия мер, при которых загрязнения переносятся в другие среды, например, в воду или почву, вопреки современному уровню технического развития. Эти меры должны быть направлены на снижение как массовой концентрации, так и массовых потоков или массовых пропорций, исходящих от установки загрязняющих воздух веществ. Они должны надлежащим образом применяться во время эксплуатации установки.

При определении требований необходимо, в частности, учитывать следующие факторы:

выбор интегрированных технологических процессов с максимально высоким выходом продукции и минимальным объемом эмиссий в окружающую среду в целом;

оптимизация процесса, например, путем широкого использования исходных материалов и производства побочных продуктов;

замещение канцерогенных, мутагенных или отрицательно влияющих на репродуктивность исходных материалов;

сокращение объема отходящих газов, например, путем использования систем рециркуляции воздуха, с учетом требований техники безопасности;

экономия энергии и сокращение выбросов газов, влияющих на климат, например, путем оптимизации энергозатрат при планировании, строительстве и эксплуатации установок, утилизации энергии внутри установки, использования теплоизоляции.

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 выявление случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

использовании технологических решений и иных методов по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов и внедрении НДТ по сокращению норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и объемов 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 разрешений на комплексное природопользование от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований законодательства об охране окружающей среды 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 удастся полностью прекратить поступление вредных веществ в окружающую среду, т.к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого.

К примеру, установка мокрых 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.

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.

Использование определенных типов отходов в качестве альтернативных видов топлива позволит снизить использование ископаемого природного топлива, объемы накопления образованных отходов и объемы выбросов. Однако, при подборе материала должны учитываться химический состав отхода и экологические последствия, которые может вызвать процесс переработки каждого вида отходов.

Далеко не для всех производств найдены приемлемые технико-экономические решения по сокращению количества образующихся отходов и их утилизации, поэтому в настоящее время приходится работать в этом направлении.

Технологические операции, связанные с отключением или обходом систем очистки отходящих газов, должны разрабатываться и осуществляться с учетом низкого уровня выбросов, а также контролироваться путем фиксации соответствующих технологических параметров. На случай выхода из строя очистного оборудования необходимо предусмотреть меры для незамедлительного максимального сокращения выбросов с учетом принципа соразмерности.

Забываясь о совершенствовании технологических аспектов охраны окружающей природной среды необходимо помнить, что никакие очистные сооружения и безотходные технологии не смогут восстановить устойчивость экосистемы, если будут превышены допустимые (пороговые) значения сокращения естественных, не преобразованных человеком природных систем.

4.2. Внедрение системы экологического менеджмента

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

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 путем 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 основаны на цикле PDCA (Планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы, такой, как ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. EMAS обеспечивает дополнительную достоверность в связи с взаимодействием с общественностью посредством заявления об охране окружающей среды и механизма обеспечения соблюдения применимого природоохранного законодательства [36]. Однако не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

СЭМ должна содержать следующие компоненты:

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

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

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

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

5. Выполнение процедур, требующих особого внимания:

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;

6. Обеспечение соблюдения природоохранного законодательства.

7. Проверку 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.

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

9. Подготовка регулярного ежегодного экологического отчета.

10. Валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ.

11. Следование за развитием более чистых технологий.

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

13. Применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с показателями лучших предприятий отрасли).

14. Систему управления отходами.

15. На установках/объектах с несколькими операторами создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами.

16. Инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

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

Все значительные входные потоки (включая потребление энергии) и выходные потоки (выбросы, сбросы, отходы) взаимосвязано управляются оператором в кратко-средне- и долгосрочном аспектах, с учетом особенностей финансового планирования и

инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных решений по очистке выбросов и сбросов ("на конце трубы") может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

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

Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам.

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

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

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.

На ряде предприятий, рассмотренных в рамках данного справочника по НДТ, функционируют СЭМ. К примеру СЭМ, соответствующая СТ РК ISO 14001, внедрена на предприятия АО "УКТМК".

Например на предприятии АО "АО "УКТМК"" внедрена интегрированная система менеджмента (ИСМ). В ИСМ включены система менеджмента качества, система менеджмента окружающей среды, система менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда и система энергоменеджмента, объединенные общей политикой, целями и методами достижения этих целей. Кроме принципов менеджмента, общих для всех подсистем, в них применяются специфические методы и процедуры менеджмента в соответствии с требованиями стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и ISO 50001:2011.

4.3. Внедрение системы энергетического менеджмента

Описание

НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энергоменеджмента (далее – СЭнМ). Реализация и функционирование СЭнМ может быть обеспечено в составе существующей системы менеджмента (например, системы экологического менеджмента) или создания отдельной системы энергоменеджмента.

Данная техника основана на комплексе административных действий, направленных на обеспечение рационального потребления энергетических ресурсов и повышение энергоэффективности объекта управления, включающих разработку и реализацию политики энергосбережения и повышения энергоэффективности, планов мероприятий, процедур и методик мониторинга, оценки энергопотребления и других действий, направленных на повышение энергоэффективности.

Техническое описание

В состав СЭнМ входят в той мере, в какой это применимо к конкретным условиям, следующие элементы: приверженность высшего руководства в отношении системы менеджмента энергоэффективности на уровне предприятия; политика в области энергоэффективности, утвержденная высшим руководством предприятия; планирование, а также определение целей и задач; разработка и соблюдение процедур, определяющих функционирование системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001.

Руководство и процедуры системы должны уделять особое внимание следующим вопросам:

- организационной структуре системы; ответственности персонала, его обучению, повышению компетентности в области энергоэффективности;

- обеспечению внутреннего информационного обмена (собрания, совещания, электронная почта, информационные стенды, производственная газета и др.);

- вовлечению персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

- ведению документации и обеспечению эффективного контроля производственных процессов;

- обеспечению соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

- определению внутренних показателей энергоэффективности и их периодической оценке, а также систематическому и регулярному сопоставлению их с отраслевыми и другими подтвержденными данными.

При оценке результативности ранее выполненных и внедрении корректирующих мероприятий должно уделяться особое внимание следующим вопросам:

- мониторингу и измерениям;

- корректирующим и профилактическим действиям;

- ведению документации;

внутреннему (или внешнему) аудиту с целью оценки соответствия системы установленным требованиям, результативности ее внедрения и поддержания ее на соответствующем уровне;

регулярному анализу СЭнМ со стороны высшего руководства на соответствие целям, адекватности и результативности;

учету при проектировании новых установок и систем возможного воздействия на окружающую среду, связанному(учету же?) или связанного (если воздействия) с последующим выводом их из эксплуатации;

разработке собственных энергоэффективных технологий и отслеживанию достижений в области методов обеспечения энергоэффективности за пределами предприятия.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение системы энергоменеджмента способствует снижению потребления энергии и ресурсов в среднем на 3 – 5 %, улучшению экологических показателей и соблюдению законодательных норм и требований.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения системы энергоменеджмента на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение системы позволяет снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 3 – 5 %, что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов. Применение системы энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов.

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медийные эффекты от внедрения системы энергоменеджмента в производстве титана и магния охватывают множество аспектов, включая экономические, энергетические, экологические и социальные выгоды.

Система энергетического менеджмента способствует снижению энергоемкости, удельного расхода энергоресурсов на производство продукции и сокращению выбросов парниковых газов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или нестандартизированная) будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

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. Мониторинг эмиссий

Описание

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами. Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду.

Техническое описание

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 достижимости поставленным экологическим целям , а также выявлению и устранению 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 РК и нормативов качества окружающей среды.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты должны соответствовать стандартам, действующим на территории РК. Использование международных стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами РК.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели, как: режим эксплуатации установки (

непрерывный, прерывистый, операции пуска и остановки, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, определении 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 неприемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

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

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

Точки отбора проб

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

- быть четко обозначенными;

- если возможно, иметь постоянный поток газа в точке отбора;

- иметь необходимые источники энергии;

- иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;

- обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

Компоненты и параметры

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

Стандартные условия

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

- температуру окружающей среды;

- относительную влажность;

скорость и направление ветра;
атмосферное давление;
общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);
объем газовой воздушной 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);
количество подсоединенных аспирационных установок;

скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из рукавного или электрофильтра вместо концентрации пыли;

датчики утечки для применяемого очистного оборудования (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышеперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки дымовых газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких, как напряжение и электричество (электрофильтры), перепад давления (рукавные фильтры) 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 процентилей могут обеспечить гибкий метод демонстрации соответствия условиям разрешения, а средние значения можно легко и автоматически оценить.

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

Местоположения точек отбора должны соответствовать стандартам безопасности и гигиены труда, быть легкодоступными и иметь достаточный размер.

4.4.1. 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 контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

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

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

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

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

расчетный метод – основанный на использовании методологических данных.

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

Мониторинг концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений.

Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в газоходах после каждого газоочистного оборудования, обслуживающего отдельные агрегаты. Для измерений извлекается образец дымового газа, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории.

Мониторинг эмиссий путем **непрерывных** измерений (автоматизированный мониторинг), осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в газоходах, после каждого газоочистного оборудования, обслуживающего отдельные агрегаты или непосредственно в дымовой трубе.

Мониторинг концентраций загрязняющих веществ осуществляется с соблюдением действующих норм и правил в Республике Казахстан.

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.

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

4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

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

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

Мониторинг состояния водных ресурсов включает:

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

- мониторинг эмиссий – наблюдения за объемами сбрасываемых сточных вод и их соответствием установленным лимитам; наблюдения за качеством сточных вод и их соответствием 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 водоохранных зон и прибрежных защитных полос.

Метод непрерывных измерений наряду с оценкой выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух широко применяется также для определения параметров сточных вод промышленных предприятий. Измерения проводятся непосредственно в потоке сточных вод.

Основным параметром, который практически всегда устанавливается в ходе непрерывных измерений, является объемный расход сточных вод. Дополнительно в процессе непрерывного мониторинга в потоке сточных вод могут определяться следующие параметры:

рН и электропроводимость;

температура;

мутность.

Выбор в пользу использования непрерывного мониторинга для сбросов зависит от:

ожидаемого воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду с учетом особенностей местных условий;

необходимости мониторинга и контроля производительности установки по очистке сточных вод для возможности быстрого реагирования на изменения параметров очищенной воды (при этом, минимальная частота проведения замеров может зависеть от конструкции очистных сооружений и объемов сбросов сточных вод);

наличия и надежности измерительного оборудования и характера сброса сточных вод;

затрат на непрерывные измерения (экономической целесообразности).

4.5. Проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования и техники

Система планово-предупредительного ремонта (ППР) – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение износа и содержание в работоспособном состоянии оборудования.

Сущность системы ППР состоит в том, что после отработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации.

Система ППР предусматривает также комплекс профилактических мероприятий по содержанию и уходу за оборудованием.

Она исключает возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа, предусматривает предварительное изготовление деталей и узлов, планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах.

Положения о планово-предупредительных ремонтах разрабатываются и утверждаются отраслевыми министерствами и ведомствами и являются обязательными для выполнения предприятиями отрасли.

Основное содержание ППР – внутрисменное обслуживание (уход и надзор) и проведение профилактических осмотров оборудования, которое обычно возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал, а также выполнение плановых ремонтов оборудования.

Системой ППР предусматриваются также плановые профилактические осмотры оборудования инженерно-техническим персоналом предприятия, эти осмотры производятся по утвержденному графику.

Грузоподъемные машины, кроме обычных профилактических осмотров, подлежат также техническому освидетельствованию, проводимому лицом по надзору за этими машинами.

Системой ППР предусматриваются ремонты оборудования двух видов: текущие и капитальные.

Текущий ремонт оборудования включает выполнение работ по частичной замене быстроизнашивающихся деталей или узлов, выверке отдельных узлов, очистке, промывке и ревизии механизмов, смене масла в емкостях (картерных) систем смазки, проверке крепления и замене вышедших из строя крепежных деталей.

При капитальном ремонте, как правило, выполняется полная разборка, очистка и промывка ремонтируемого оборудования, ремонт или замена базовых деталей (например, станин); полная замена всех изношенных узлов и деталей; сборка, выверка и регулировка оборудования.

При капитальном ремонте устраняются все дефекты оборудования, выявленные как в процессе эксплуатации, так и при проведении ремонта.

Периодичность остановок оборудования на текущие и капитальные ремонты определяется сроком службы изнашиваемых узлов и деталей, а продолжительность остановок – временем, необходимым для выполнения наиболее трудоемкой работы.

Для выполнения планово-предупредительных ремонтов оборудования составляются графики. Каждое предприятие обязано составлять по установленной форме годовой и месячный графики ППР.

Система ППР предполагает безаварийную модель эксплуатации и ремонта оборудования, однако в результате изношенности оборудования или аварий проводятся и внеплановые ремонты.

Преимущества использования системы ППР:

контроль продолжительности межремонтных периодов работы оборудования,
регламентирование времени простоя оборудования в ремонте,
прогнозирование затрат на ремонт оборудования, узлов и механизмов,
анализ причин поломки оборудования,

расчет численности ремонтного персонала в зависимости от ремонтосложности оборудования.

Недостатки системы ППР:

отсутствие удобных инструментов планирования ремонтных работ,
трудоемкость расчетов трудозатрат,
трудоемкость учета параметра-индикатора,
сложность оперативной корректировки планируемых ремонтов.

4.6. Управление отходами

Согласно Экологическому кодексу РК, нормативных правовых актов, принятых 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 производится в соответствии с международными стандартами и действующими нормативами Республики Казахстан, а также внутренними стандартами

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должно 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.

4.6.1. Управление технологическими остатками

В производстве титана и магния ежегодно образуются множество тонн отходов пыли, отработанные электролиты, хлориды, оксихлориды основных и примесных металлов: расплавы, возгоны, газы, шламы, которые составляют значительные потери исходного сырья.

Основная цель всегда состоит в снижении образования отходов путем оптимизации процесса и комплексной переработки остаточных продуктов и отходов при условии отсутствия негативных межсредовых эффектов.

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

Многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов. Применяются следующие техники по управлению остатками и отходами производства:

Выбор технологии размещения отходов производства в зависимости от характеристики отходов;

Рациональное управление местами размещения отходов применяется:

1) при строительстве карт шламонакопителей в качестве плотного строения основания и дамбы (в т.ч. уменьшается образование кислот и загрязнение подземных вод);

2) при будущей рекультивации шламонакопителей в качестве покрытия откосов дамбы дробленой породой или синтетическим материалом и щебнем, покрытие почвенным слоем и посев травы (уменьшение пыления);

3) при эксплуатации шламонакопителей (поддержание рабочего состояния дренажных канав по периметру шламонакопителей) в качестве регулярной проверки и поддержания в порядке обводных каналов отвальных площадок.

4.7. Управление водными ресурсами

Организация системы водопользования является неотъемлемой частью производственного процесса. 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.

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.

4.7.1. Предотвращение образования сточных вод

Описание

Технологии и методы повторного использования воды (замкнутый цикл) успешно применяются в металлургии для сокращения образования жидких отходов, сбрасываемых в составе сточных вод. Снижение объемов сточных вод также иногда оказывается экономически выгодным, так как при снижении объема сбрасываемой сточной воды уменьшается объем отбора пресной воды из природных водных объектов, что также положительно влияет на межсредовые последствия.

Техническое описание

В таблице 4.1. показаны этапы процессов, на которых перерабатываются и повторно используются образующиеся жидкие стоки.

Таблица 4.1. Обзор потоков сточных вод и методов их очистки и минимизации

Источник сточных вод	Методы минимизации стоков	Методы очистки стоков
Техническая вода	Повторное использование в процессе, насколько это возможно	Нейтрализация и осаждение. Электролиз
Вода для непрямого охлаждения		Использование добавок с более низким потенциальным

	Использование герметичной системы охлаждения. Мониторинг системы для обнаружения утечек	воздействием на окружающую среду
Вода для прямого охлаждения	Отстаивание или другой метод обработки. Закрытая система охлаждения	Отстаивание. Осаждение, если необходимо
Грануляция шлака	Повторное применение в замкнутой системе	Отстаивание. Осаждение, если необходимо
Скруббер (продувка)	Обработка путем продувки. Повторное использование потоков слабых кислот, если это возможно	Отстаивание. Осаждение, если необходимо
Поверхностная вода	Уборка дворов и дорог. Надлежащее хранение сырья	Отстаивание. Осаждение, если необходимо. Фильтрация

Переработка и повторное использование – это меры, интегрированные в технологические процессы. Переработка предусматривает возврат жидкости в процесс, в котором она была получена. Повторное использование стоков означает применение воды для другой цели, например, стоки поверхностных вод могут использоваться для охлаждения.

Как правило, в циркуляционной системе используются базовые методы очистки или периодически сбрасывается около 10 % циркулирующей жидкости в целях предотвращения накопления в циркуляционной системе взвешенных твердых частиц, металлов и солей. Например, вода для охлаждения обычно возвращается в процесс через циркуляционную систему, как показано ниже на рисунке 4.1.

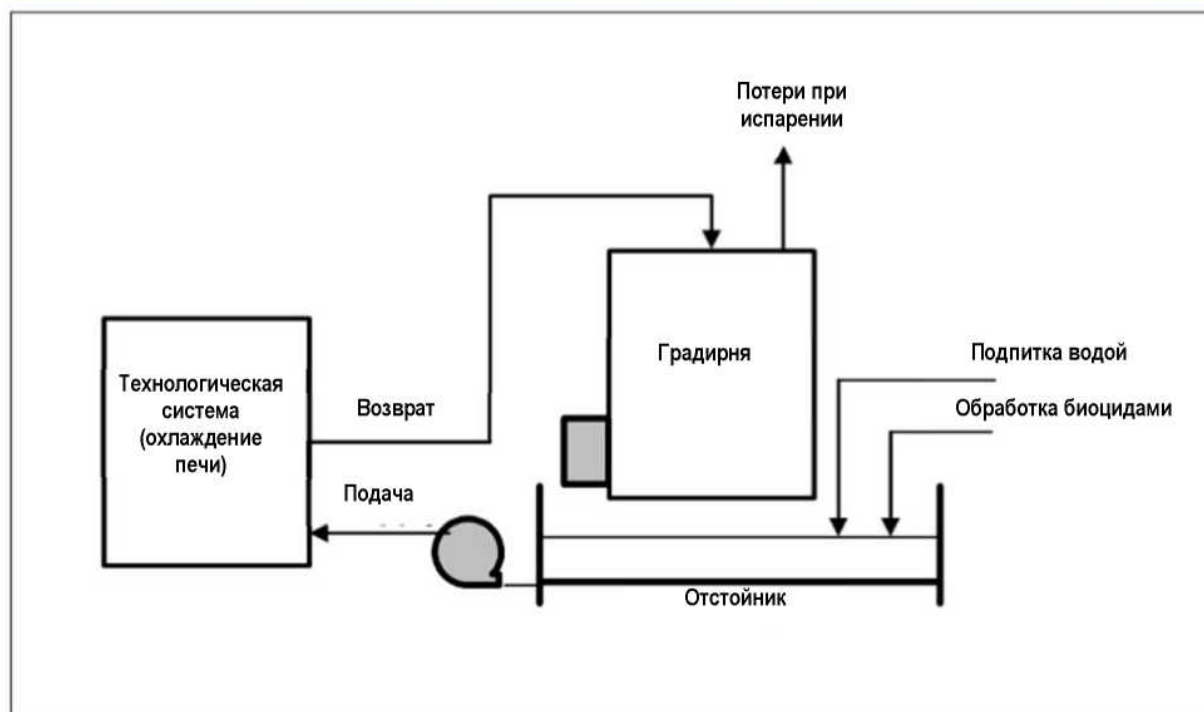


Рисунок 4.1. Пример системы рециркуляции воды для охлаждения

После обработки очищенную воду можно также повторно использовать для охлаждения, увлажнения и в некоторых других процессах. Соли, содержащиеся в очищенной воде, при повторном ее использовании могут создать определенные проблемы, например осаждение кальция в теплообменниках. Также необходимо принимать во внимание риск роста бактерии легионеллы в теплой воде. Данные проблемы могут значительно ограничить повторное использование воды.

При наличии воды в большом объеме можно использовать проточные системы охлаждения при условии незначительного воздействия на окружающую среду.

Одной из проблем является количество сбрасываемой воды, поскольку на некоторых установках используются системы рециркуляции больших объемов воды. Одним из факторов, который необходимо учитывать при оценке воздействия сбросов, является масса содержащихся в них загрязняющих веществ.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует предотвращению образования сточных вод. При использовании технологий повторного использования воды (замкнутый цикл) сокращается образование жидких отходов, сбрасываемых в состав сточных вод. При снижении объема сбрасываемой сточной воды уменьшается объем отбора пресной воды из природных водных объектов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта и технологических данных.

Кросс-медиа эффекты

Использование энергии.

Использование добавок, например, осаждающих агентов или биоцидов, при подготовке охлаждающей воды.

Перенос тепла от воды в атмосферу.

Технические соображения касательно применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Предотвращение образования сточных вод.

4.8. Физические воздействия

4.8.1. Шум и вибрация

Шум и вибрация являются общими проблемами в секторе и источники встречаются во всех секторах производства титана и магния.

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором.

Образование шума сопровождает все стадии процесса производства титана и магния, начиная от выгрузки, складирования и подготовки материалов до процесса получения и отправки готовой продукции.

Источниками шума являются непрерывно работающие дробильно-сортировочное оборудование, компрессоры, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки) и т.д.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются Гигиеническими нормативами к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека, утвержденными приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-15.

Мероприятия по борьбе с шумом – это технические мероприятия, которые проводятся по трем главным направлениям:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи;
- непосредственная защита работающих.

Основными мероприятиями по борьбе с шумом являются рационализация технологических процессов с использованием современного оборудования, звукоизоляция источников шума, звукопоглощение, улучшенные архитектурно-планировочные решения, средства индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малозумные или полностью бесшумные, однако этот путь борьбы не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике.

Снижение шума в источнике достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум; использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами; оборудования на источнике шума дополнительного звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

Одним из наиболее простых технических средств борьбы с шумом на путях передачи является звукоизолирующий кожух, который может закрывать отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом.

Значительный эффект снижения шума от оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм от рабочего места или зоны обслуживания машины.

Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что

даже при относительно небольшом снижении уровня существенно улучшает условия труда.

Наиболее эффективный путь борьбы с шумом – снижение его в источнике возникновения за счет применения рациональных конструкций, новых материалов и гигиенически обоснованных технологических процессов.

Основными мероприятиями по снижению шума являются:

- звукоизоляция оборудования и инструментов с помощью глушителей, резонаторов, кожухов;

- звукоизоляция ограждающих конструкций, звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов;

- применение глушителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, в оборудовании;

- акустически рациональные планировочные решения в проектировании зданий, помещений, сооружений;

- конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение шума, в том числе от инженерного и санитарно-технического оборудования зданий.

На производственное оборудование, создающее шум, должны быть оформлены технические паспорта, в которых указывают шумовые характеристики этого оборудования, измеренные заводом-изготовителем.

С целью выявления причин повышенной шумности при санитарном обследовании необходимо обращать внимание на следующие моменты:

- изношенность оборудования;

- состояние крепления отдельных узлов и оборудования в целом к фундаменту, полу или ограждающим конструкциям зданий;

- состояние балансировки движущихся деталей агрегатов;

- наличие и состояние звукоизоляции ограждающих конструкций;

- состояние средств глушения при наличии выхлопа газовых или воздушных струй;

- недостаточность использования смазки вязкими веществами в местах трения и соударения деталей.

Когда технические способы не могут обеспечить требований нормативов, необходима правильная организация режима труда, ограничение времени действия шума и применение средств индивидуальной защиты.

Учитывая, что с помощью технических средств в настоящее время не всегда удается решить проблему снижения уровня шума, большое внимание должно уделяться применению средств индивидуальной защиты (антифоны, заглушки, наушники и др.). Эффективность средств индивидуальной защиты может быть обеспечена их правильным подбором в зависимости от уровней и спектра шума, а также контролем над условиями их эксплуатации

Вибрация

Вибрация – это механическое колебательное движение системы с упругими связями . Вибрацию по способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками вибрации) условно подразделяют на местную (локальную), передающуюся на руки работающего, и общую, передающуюся через опорные поверхности на тело человека, в положении сидя (ягодицы) или стоя (подошвы ног).

Общая вибрация в практике гигиенического нормирования обозначается как вибрация рабочих мест. В производственных условиях нередко имеет место совместное воздействие местной и общей вибрации.

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственно его контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

Снижение неблагоприятного действия вибрации ручных механизированных инструментов на оператора достигается путем технических решений:

- уменьшением интенсивности вибрации непосредственно в источнике (за счет конструктивных усовершенствований);

- средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками человека-оператора.

В комплексе мероприятий важная роль отводится разработке и внедрению научно обоснованных режимов труда и отдыха

Техники, применяемые для снижения шумового воздействия и вибрации:

- ограждение шумных операций/агрегатов;

- виброизоляция производств/агрегатов;

- использование внутренней и внешней изоляции на основе звукоизолирующих материалов;

- звукоизоляция зданий для укрытия любых шумопроизводящих операций, включая оборудование для переработки материалов;

- установка звукозащитных стен и/или природных барьеров;

- применение глушителей на отводящих трубах;

- звукоизоляция каналов и вентиляторов, находящихся в звукоизолированных зданиях;

- закрытие дверей и окон в цехах и помещениях;

- использование звукоизоляции машинных помещений;

- использование звукоизоляции стенных проемов, например, установка шлюза в месте ввода ленточного конвейера.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует снижению уровня шума.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Фактор шума учтен на предприятиях промышленности. Действующее оборудование соответствует нормативам РК по уровню шумового воздействия.

Данные производства титана и магния декларируют уровень шума согласно аттестации рабочих мест. Уровень шума соответствует технической характеристике оборудования.

Для снижения уровня шума применяются следующие методы:

ограждение агрегатов;

виброизоляция;

звукоизоляция;

применение глушителей.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

4.9. Запах

В настоящее время одной из серьезных экологических проблем в металлургической отрасли является проблема неприятных запахов.

Запахи – это летучие химические соединения, которые выделяются практически чуть ли не всеми вещами и оборудованием, которые нас окружают. Запахи распознаются органами обоняния даже в очень малых концентрациях (значительно меньше ПДК), ниже тех, которые могут быть определены современными методами анализа. Поэтому нормирование запахов остается одной из достаточно сложных задач, поскольку уровень неприятных запахов должен быть понижен до уровня, не воспринимаемого органами обоняния, чувствительность которых может сильно отличаться у разных людей.

Техническое описание

Во всем мире запахи рассматриваются как фактор загрязнения окружающей среды, который следует нормировать, стремясь снизить выбросы дурно пахнущих веществ.

В настоящее время в мире не существует единых стандартов в вопросе нормирования и контроля запахов. Разные страны используют свои подходы к установлению нормативов в области запаха. Однако общим для многих европейских

стран является метод измерения запахов, утвержденный в 2003 году европейским стандартом EN13725 "Качество воздуха – определение концентрации запаха методом динамической ольфактометрии".

Неприятные запахи еще называются одорантами. К одорантам (дурно пахнущим веществам) относится целый комплекс различных веществ органического и неорганического происхождения в концентрациях, не представляющих угрозу для здоровья. Источники выделения одорантов классифицируются следующим образом: точечные, линейные и площадные; подвижные и неподвижные; организованные и неорганизованные; постоянные и залповые и т.д.

К одорантам относятся соединения восстановленной серы (сероводород, легкие меркаптаны и др.), азотсодержащие вещества (аммиак, амины и др.), ароматические углеводороды (фенолы, толуол, крезол, ксилол и др.), органические кислоты (масляная, валериановая, капроновая и др.), шпалопропиточные масла (каменноугольное и сланцевое масло), дизельное топливо и др.

В составе выбросов промышленных предприятий также присутствуют вещества, обладающие запахом.

Ряд технологических процессов сопровождается выделением одорантов, которые пребывают в концентрациях, не представляющих угрозу для здоровья людей. Тем не менее, ароматические вещества, как правило, затрудняют нормальное функционирование легких, вызывая головную боль и нарушение сна.

Закрытые производственные помещения в результате недостаточного воздухообмена могут накапливать разнообразные веществ (в том числе и дурнопахнущие). Отсутствие герметичности резервуаров и подведенных к ним трубопроводов (в результате их физического износа, некачественного изготовления и монтажа, пробоев, осадки грунта и т.д.) приводит к значительному распространению различных веществ, в том числе и дурнопахнущих.

Среди методов по снижению выбросов пахучих веществ можно выделить следующие:

- выявление источников образования запахов и проведение мероприятий по их удалению и (или) сокращению;

- эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;

- надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;

- внедрение систем очистки вредных выбросов, сопровождающихся неприятными запахами.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует уменьшению уровня ощутимого запаха.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В настоящее время существуют разнообразные газоочистные установки и устройства, в которых используются механические, физические, физико-химические, биологические методы и их комбинации для удаления из воздуха вредных примесей и дурнопахнущих веществ.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

В данном разделе справочника по НДТ приводится описание существующих техник для конкретной области применения, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

При описании техник учитывается оценка преимуществ внедрения НДТ для окружающей среды, приводятся данные об ограничениях в применении НДТ, экономические показатели, характеризующие НДТ, а также иные сведения, имеющие значение для практического применения НДТ.

Основной задачей описываемых в данном разделе методов является достижение минимальных показателей выбросов, сбросов, образования отходов с применением одной или нескольких техник в целях комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды.

5.1. Общие НДТ при производстве титана и магния

Критериями для достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии являются:

- 1) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции;
- 2) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации НДТ;
- 3) применение ресурсосберегающих и энергосберегающих методов, то есть это разворот на комплексный подход.

Эффективным способом ограничения загрязнения окружающей среды остается нормирование количества выбрасываемых веществ и контроль за выбросами.

К основным мероприятиям по снижению вредного воздействия металлургических предприятий на окружающую среду следует отнести следующие:

1. Мероприятия технического характера: модернизация рудно-термических печей в производстве титана и магния, улучшение технологии циклонов при получении титанового шлака, а также улучшение технологий абсорберных и скрубберных систем в процессе электролиза расплава обезвоженного карналлита с получением первичного магния и хлорированием обезвоженного карналлита анодными газами для получения безводного очищенного карналлита.

2. Внедрение энергосберегающих технологий: в системе отопления и вентиляции, использования тепла, энергии отходящих газов в производстве титана и магния.

3. Предотвращение и локализация выбросов: герметизация и укрытие технологического оборудования, укрытие мест перегрузок сыпучих материалов, предотвращение пыления складов рудных материалов, хвостохранилищ, шламонакопителей и др.

4. Очистка вредных выбросов, образование которых нельзя предотвратить.

5. Внедрение безотходных и малоотходных технологий с комплексным использованием сырья: утилизация образующихся в процессе производства отходов (шлаков, шламов и др.) и ликвидация в результате этого отвалов и шламоохранилищ; более глубокое обогащение руд с исключением применения токсичных реагентов, более полное и экономное расходование воды, создание замкнутых систем водоснабжения, применение современных высокоэффективных очистных сооружений и комплекса различных реагентов.

5.2. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе

5.2.1. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП)

Описание

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) в производстве титана и магния, используемые как для основных, так и для вспомогательных процессов, играют важную роль в управлении энергоэффективностью установки. АСУТП является составной частью общей системы мониторинга.

Автоматизация производственного предприятия подразумевает разработку и внедрение автоматизированной системы, в состав которой входят датчики, контроллеры, компьютеры, а также организацию обработки данных. Широко признано, что автоматизация производственных процессов позволяет не только повысить качество продукции и уровень производственной безопасности, но и улучшить общую эффективность производственного процесса, включая энергоэффективность.

В современных АСУТП для этих целей используется ряд подходов, включая:

традиционные и более сложные методы регулирования;

методы оптимизации и планирования процессов, а также управления их результативностью.

Техническое описание

Центральным элементом АСУТП является программируемый логический контроллер (ПЛК), представляющий собой небольшой компьютер, предназначенный для надежной эксплуатации в условиях промышленного производства. Помимо ПЛК, элементами системы являются разнообразные датчики, исполнительные устройства, а также централизованная система диспетчерского контроля и сбора данных (так называемая SCADA-система).

Все эти компоненты соединяются друг с другом и с производственным оборудованием, что позволяет управлять всеми функциями последнего с высокой степенью точности.

ПЛК получает входные данные с цифровых и аналоговых датчиков и переключателей, производит вычисления на основе заложенной в него программы и, используя результаты вычислений, управляет различными исполнительными устройствами – клапанами, реле, серводвигателями и т.п., подавая на них выходные данные. Управление осуществляется во временном масштабе миллисекунд.

ПЛК способен обмениваться информацией с оператором через операторские панели, а также SCADA-системы, установленные на производстве. Обмен данными с бизнес-уровнем предприятия (корпоративные информационные системы, финансовый учет и планирование), как правило, требует отдельного SCADA-пакета.

Методы регулирования

К традиционным методам регулирования относятся в частности:

пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) регулирование;

компенсация запаздывания;

каскадное регулирование.

К более сложным методам регулирования относятся в частности:

упреждающее регулирование, основанное на моделях;

адаптивное регулирование;

нечеткое регулирование.

Обработка данных

Данные о состоянии технологического процесса собираются и обрабатываются интегрированной системой, включающей датчики и контрольно-измерительные приборы, исполнительные устройства, например, клапаны, а также программируемые логические контроллеры, SCADA-системы и распределенные системы управления. Все эти системы в совокупности способны своевременно обеспечивать необходимой информацией другие вычислительные системы, а также операторов и инженеров.

Системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA) позволяют инженеру, проектирующему АСУТП, организовать сбор и архивирование данных системы. Кроме того, SCADA-системы позволяют использовать более сложные методы управления, например, статистический контроль.

SCADA-система является неотъемлемой частью АСУТП, позволяя пользователю наблюдать параметры технологического процесса в реальном времени. Кроме того, SCADA-система может быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить удаленному пользователю тот же уровень доступа к информации о процессе, что и оператору, находящемуся непосредственно в производственных помещениях.

Техническое обслуживание: очистка датчиков.

Невозможно переоценить важность точности измерений и, как следствие, состояния датчиков, используемых в АСУТП. Существует множество разновидностей контрольно-измерительных приборов и датчиков, включая терморезисторы, кондуктометры, датчики pH или уровня, расходомеры, а также таймеры и устройства аварийной сигнализации. Многие из этих приборов находятся в постоянном контакте с жидкостями или газами. Надежная и точная работа всех этих устройств требует периодической очистки, которая может выполняться вручную, согласно графику техобслуживания, или при помощи автоматизированных систем "очистки на месте" (CIP).

Полностью автоматизированная система управления должна обеспечивать возможность промывки датчиков с различной периодичностью, а также регенерации используемых чистящих растворов. Система должна также обеспечивать возможность регулировки температуры, расхода, состава и концентрации чистящих растворов.

Автоматизированная система очистки датчиков, как правило, основана на ПЛК и имеет одну или несколько операторских панелей. Важная роль системы управления очисткой состоит в ограничении гидравлического удара – серьезной проблемы для систем CIP, приводящей к сокращению срока службы оборудования.

Для очистки клапанов и различных видов уплотнений, используемых в производственном оборудовании, необходима строго определенная последовательность импульсов.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует снижению уровня энергопотребления, а также воздействия на окружающую среду.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

Кросс-медиа эффекты

Использование химических веществ в небольших количествах для очистки датчиков. Возможная потеря давления в трубопроводах, вызванная наличием датчиков.

Технические соображения касательно применимости

Системы управления технологическими процессами применимы в контексте любых установок I категории. Они могут варьировать от простых систем, основанных на таймерах, датчиках температуры и системах подачи материалов (например, на небольших предприятиях интенсивного животноводства) до сложных систем,

применяемых, например, на предприятиях пищевой, химической, горнодобывающей или целлюлозно-бумажной промышленности.

Планирование

В ходе проектирования системы автоматизации производства следует рассмотреть ряд факторов. Так, начальный анализ конкретного процесса может выявить существующие ограничения для эффективности процесса, а также альтернативные подходы, способные обеспечить лучшие результаты.

Кроме того, необходимо определить требуемые режимы работы системы с точки зрения качества продукции, нормативных требований и производственной безопасности. Система управления должна быть надежной и дружелюбной к пользователю, т. е. легкой в эксплуатации и обслуживании.

При проектировании автоматизированной системы управления следует принять во внимание вопросы обработки данных и управления ими. АСУТП должна обеспечивать баланс между точностью, соответствием заданным спецификациям и гибкостью с тем, чтобы достичь максимальной эффективности технологического процесса с учетом требований к производственным затратам.

Адекватные спецификации технологического процесса, предусмотренные в системе, обеспечивают бесперебойное функционирование производственной линии. Задание неоправданно узкого или широкого диапазона допустимых условий с неизбежностью влечет за собой рост производственных затрат и/или задержки в производственном процессе. Для оптимизации производительности и эффективности процесса:

задаваемые спецификации каждого этапа технологического процесса должны быть полными и точными, причем особое внимание должно быть уделено определению реалистичного диапазона допустимых условий;

инженер, ответственный за проектирование системы управления, должен быть хорошо знаком с автоматизируемым процессом и иметь возможность консультироваться с производителем оборудования;

должно быть найдено оптимальное соотношение между возможностями системы и реальными потребностями в автоматизации, т.е. следует принять решение о том, необходима ли сложная система управления или можно обойтись более простым решением.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Также отмечается снижение затрат, связанных с энергопотреблением.

Автоматизация – интеграция системы управления в технологическую систему – позволяет значительно снизить трудозатраты на эксплуатацию сложного оборудования, обеспечив надежную и стабильную производительность.

Практика показывает, что внедрение АСУТП может обеспечить значительный экономический эффект. Нередко срок окупаемости инвестиций составляет год или менее, в особенности в тех случаях, когда на предприятии уже имеется современная инфраструктура управления и мониторинга, например, распределенная система управления или система диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA). В некоторых случаях был продемонстрирован срок окупаемости в несколько месяцев или даже недель.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности и уровня производственной безопасности, сокращение потребности в техническом обслуживании, увеличение срока службы технологического оборудования, более высокое и стабильное качество продукции, сокращение потребности в рабочей силе.

Сокращение производственных затрат и быстрая окупаемость инвестиций, продемонстрированные в ряде случаев (как отмечено выше), послужили серьезным стимулом для внедрения подобных систем на других предприятиях.

5.2.2. Техническое обслуживание

Описание

Техническое обслуживание всех систем и оборудования является критически важным и составляет существенную часть системы энергоменеджмента. Поддержание зданий, процессов, систем и оборудования в рабочем состоянии, что требует четкого формирования процедур и планов ТО), инвентаризации действующих в настоящее время процедур по обслуживанию, технических проверок, соответствующего обучения персонала.

Необходимо выявление возможных причин снижения энергоэффективности и возможностей для ее повышения на основе результатов планового ТО, а также отказов и случаев нештатного функционирования оборудования, а также четкое распределение ответственности за планирование и осуществление ТО. Важнейшими требованиями являются наличие графика ТО, а также документирование всех инспекций оборудования и деятельности по ТО.

Технические проверки представляют собой регулярные проверки исправности и эффективности работы оборудования на предмет, не требуется ли вмешательство и соблюдаются ли операционные параметры в заданных границах.

Персонал, чья деятельность связана с эксплуатацией и обслуживанием сооружений, систем и оборудования, имеющих отношение к значимым энергопотребителям, должен знать о факторах, влияющих на их энергопотребление, и о влиянии своих действий на энергопотребление.

Техническое описание

Современные подходы к профилактическому ТО направлены на обеспечение нормального функционирования технологических процессов и систем на протяжении

всего срока их службы. Графики профилактического ТО традиционно составлялись в бумажном виде и доводились до исполнителей при помощи карт или стендов, однако сейчас эти задачи решаются при помощи компьютерных систем. Выдавая список работ по плановому ТО на ежедневной основе, соответствующее программное обеспечение поддерживает полное и своевременное выполнение соответствующих задач.

Важно обеспечить интеграцию баз данных, содержащих информацию о графике ТО и технических характеристиках оборудования, с другими программными системами, имеющими отношение к ТО и управлению производственным процессом. При классификации работ по ТО и формировании соответствующей отчетности часто используются такие материалы, как отраслевые стандарты ТО. При выборе и настройке необходимого программного обеспечения можно ориентироваться, в частности, на требования стандартов ISO серии 9000 относительно ТО.

Использование программных инструментов способствует документированию возникающих проблем, а также накоплению статистических данных по отказам и частоте их возникновения. Инструменты моделирования могут быть полезны для прогнозирования отказов, а также при проектировании оборудования.

Операторы производственных процессов должны принимать плановые и внеплановые меры по поддержанию порядка на производственных участках и надлежащего состояния оборудования, включая:

- очистку загрязненных поверхностей и трубопроводов;

- обеспечение оптимальной настройки регулируемого оборудования (например, печатного);

- отключение неиспользуемого оборудования или оборудования, необходимость функционирования которого в данный момент отсутствует;

- выявление утечек (например, сжатого воздуха или пара), неисправного оборудования, трещин в трубах и т.д. и сообщение об этом;

- своевременная подача заявок на замену изношенных подшипников.

Содержание программы ТО зависит от условий конкретной установки. Необходимо выявлять утечки, неисправности оборудования, изношенные подшипники и т.д., в особенности способные повлиять на энергопотребление и устранять их при первой же возможности.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует энергосбережению, а также снижению уровня шума (например, от изношенных подшипников или утечек пара).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта

Кросс-медиа эффекты

Увеличение срока службы технологического оборудования, уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Технические соображения касательно применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Там, где это применимо, должен быть обеспечен баланс между оперативным устранением неисправностей и необходимостью обеспечения качества продукции, стабильности производственного процесса, а также здоровья и безопасности персонала при выполнении ремонтных работ на действующем предприятии (где может находиться оборудование с движущимися частями, имеющее высокую температуру и т.п.).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Меры по поддержанию порядка на производственных участках представляют собой малозатратные мероприятия; соответствующие затраты, как правило, оплачиваются из ежегодных поступлений, находящихся в распоряжении менеджеров, и не требуют капитальных инвестиций.

Движущая сила внедрения

В целом считается, что хорошая организация ТО позволяет повысить надежность производственного оборудования и сократить продолжительность простоев, а также способствует повышению производительности и качества.

5.3. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения

В настоящем разделе представлены основные техники по энергоэффективности при производстве титана и магния. Подробный перечень техник по повышению энергоэффективности в промышленности, применимый в том числе для производства титана и магния, представлен в справочнике по НДТ "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и/или иной деятельности".

5.3.1. Применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей

Описание

В настоящее время применение частотно-регулируемого привода (ЧРП) является оптимальным для целей регулирования производительности для электродвигателей конвейерного, вентиляционного и насосного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее рациональное использование электрической энергии при ведении технологического процесса.

Техническое описание

Частотно-регулируемые приводы представляют собой системы управления, которые позволяют изменять скорость вращения электродвигателя путем изменения частоты подаваемого на него переменного тока. Эти приводы являются ключевым элементом в промышленности, где требуется точное регулирование скорости, контроль момента и эффективное управление энергопотреблением. На промышленных

предприятиях большая доля потребления электрической энергии приходится на электрические двигатели как привод различного технологического оборудования (конвейера, вентиляционное и насосное оборудование). Внедрение частотных регуляторов для приводов технологических механизмов весьма эффективное решение. При этом требования к диапазону и точности регулирования скорости могут изменяться в широчайших пределах в зависимости от области применения электропривода.

Техническое описание основных компонентов и принципов работы частотно-регулируемых приводов.

Электродвигатель. ЧРП обычно используется в асинхронных электродвигателях. Этот тип двигателя широко распространен благодаря своей надежности, простоте конструкции и относительно низкой стоимости. Он может работать с переменным током и подходит для применения с ЧРП;

Преобразователь частоты (инвертор). Основной компонент ЧРП, который преобразует постоянный ток из сети переменного тока в переменный ток с изменяемой частотой и напряжением. Преобразователь частоты может иметь различные конфигурации, включая однофазные или трехфазные входы и выходы;

Управляющий блок (контроллер). Частотно-регулируемые приводы обычно управляются микропроцессорным контроллером, который принимает команды оператора или автоматические сигналы и управляет работой преобразователя частоты;

Система охлаждения. Поскольку преобразователи частоты могут нагреваться при работе, часто требуется система охлаждения для поддержания оптимальной температуры;

Фильтры и защитные устройства включают в себя фильтры для подавления помех и защитные устройства, которые обеспечивают безопасную работу системы и защищают ее от перегрузок, коротких замыканий и других неисправностей;

Интерфейс управления включает в себя панель оператора или пульт дистанционного управления, с помощью которых оператор может устанавливать параметры работы привода, такие, как скорость вращения, момент, ускорение и торможение;

Принцип работы частотно-регулируемых приводов заключается в том, что управляющий блок получает команды от оператора или автоматических систем контроля и регулирования и на их основе управляет преобразователем частоты. Преобразователь, в свою очередь, изменяет частоту и напряжение подаваемого на электродвигатель переменного тока, что позволяет регулировать его скорость и момент вращения.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует улучшению экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение ЧРП позволяет снизить расход электроэнергии на насосных агрегатах, вентиляторах, конвейерах, дробилках от 20 до 40 %, обеспечить плавный пуск (снижение пусковых токов), повысить надежность и срок службы электродвигателей.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Дополнительно вопрос установки ЧРП должен индивидуально рассматриваться в каждом отдельном случае исходя из глубины регулирования технологического процесса, требований промышленной санитарии на рабочих местах (для вентиляторов приточно-вытяжной вентиляции).

Применение частотно-регулируемых приводов представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться в контексте всей системы, в которой используются двигатели; в противном случае существуют риски потери потенциальных выгод от оптимизации способа эксплуатации и размера систем и, как следствие, от оптимизации потребностей в электроприводах; потерь энергии в результате применения приводов переменной скорости в неподходящем контексте.

Наиболее эффективно использовать электродвигатели, оборудованные частотными преобразователями, интегрированные в системы 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 %. Отмечается применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей в АО "УКТМК".

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Так например, применение двигателей с частотно-регулируемым приводом целесообразно при резко переменной нагрузке в

зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. . Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха вытяжными системами на 6 – 26 %, приточными системами – на 3 – 12 %, воздуходувками – на 30 – 40 %, при этом срок окупаемости двигателей с ЧРП может составлять от 1 года до 5 – 7 лет.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

- повышение энергоэффективности;

- улучшение экологических показателей;

- дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.3.2. Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании

Описание

В производстве титана и магния часто используется тепловая энергия в виде пара, которая транспортируется по паропроводам. Использование соответствующей изоляции для высокотемпературного оборудования (трубы для пара и горячей воды) позволяет существенно снизить тепловые потери.

Техническое описание

Теплоизоляция теплопроводов и паропроводов – актуальная задача для любого промышленного предприятия. Теплоизоляция трубопроводов с перегретым паром (паропроводов) относится к числу достаточно сложных операций, особенно при необходимости обеспечить необходимые эксплуатационные характеристики для поверхностей с высокими температурами – 200 – 250 °С. Монтаж изоляции нередко приходится вести без остановки действующего оборудования. Традиционные теплоизоляционные материалы, используемые для этой цели, имеют ряд существенных недостатков, которые значительно снижают эффективность их применения.

Минеральная вата и шамотный кирпич "боятся" влаги и пара, при попадании которых ухудшают свои теплоизоляционные показатели в несколько раз. Под воздействием высоких температур в минеральной вате происходит процесс разрушения связующих (смолы на основе фенола и формальдегида). Это отражается на эксплуатационных характеристиках покрытия, не говоря уже об экологической составляющей. Традиционные утеплители нуждаются в защитном покрытии, при монтаже которого неизбежно возникает проблема качественной изоляции сложных поверхностей: стыков, запорной арматуры, что не только увеличивает стоимость производства работ, но и отражается на их качестве. Как правило, паропроводы, изолированные минеральной ватой, служат недолго и часто приходится частично или полностью заменять теплоизоляционное покрытие.

Шамотный кирпич является неэффективным теплоизоляционным материалом. Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича ($\lambda = 0,84 + 0,0006 \times t$ Вт/(м°С), ($\lambda = 0,99$ Вт/(м°С) при температуре 250 °С) в 10 раз выше, чем у минеральной ваты ($\lambda = 0,05 + 0,0002 \times t$ Вт/(м°С), ($\lambda = 0,1$ Вт/(м°С) при температуре 250 °С). При этом следует сказать, что для паропроводов следует применять минераловатные маты, полуцилиндры с плотностью не менее 150 кг/м³, так как они имеют более высокий межремонтный период. Нарушение изоляционного слоя паровых сетей, а также и покровного слоя изоляции приводит к увеличению тепловых потерь.

Для достижения высоких показателей теплоизоляции трубопроводов рекомендуется использовать современные теплоизоляционные материалы, которые широко применяются, такие, как:

Керамические волокна. Эти материалы обладают высокой термической стойкостью и химической инертностью. Они могут выдерживать очень высокие температуры (до 1600°С и более) и часто используются для изоляции труб, котлов, печей и другого высокотемпературного оборудования;

Кремнийорганические композиты. Эти материалы обеспечивают хорошую термическую изоляцию при высоких температурах и имеют преимущество в том, что они более легкие и гибкие, чем керамические материалы. Они также могут быть применимы в различных формах, таких, как плиты, пленки и даже покрытия;

Минеральные волокна подобны керамическим волокнам. Минеральные волокна, такие, как базальтовая вата, обладают хорошей теплоизоляцией и могут быть применены на высокотемпературном оборудовании. Они также имеют преимущество в том, что их относительно легко устанавливать и обрабатывать;

Аэрогели. Эти материалы имеют очень низкую теплопроводность и могут быть эффективны при температурах до нескольких сотен градусов Цельсия. Они могут быть более дорогостоящими, но в то же время они очень легкие и обладают отличными теплоизоляционными свойствами;

Керамические плиты и покрытия. Некоторые современные керамические материалы могут быть применены в форме плит или покрытий, чтобы обеспечить теплоизоляцию на высокотемпературном оборудовании. Эти материалы могут быть прочными и долговечными, что делает их подходящими для различных промышленных приложений.

Выбор конкретного материала зависит от ряда факторов, включая требуемую температурную стойкость, доступность материалов, бюджет, требования по установке и другие технические характеристики конкретного оборудования и условий его эксплуатации.

Достигнутые экологические выгоды

Хорошо спроектированная и установленная теплоизоляция может значительно снизить потребление энергии за счет сокращения тепловых потерь. Это может привести к снижению выбросов парниковых газов и других загрязнений, связанных с производством энергии. Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь тепла.

Эффективная теплоизоляция также может способствовать снижению износа и повреждений оборудования за счет снижения воздействия экстремальных температур. Это может увеличить срок службы оборудования и снизить потребность в его замене, что в свою очередь снижает экологические негативные последствия производства нового оборудования.

Данная техника имеет долгосрочные положительные последствия как для предприятий, так и для окружающей среды.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Замена неэффективной теплоизоляции, например, шамотного кирпича на минеральную вату или более энергоэффективную изоляцию позволит снизить тепловые потери паропроводов на 35 % и довести их до нормативных значений. Продукция зарубежных производителей для изоляции трубопроводов и оборудования представлена широкой номенклатурой волокнистых теплоизоляционных материалов фирм: "Rockwool" (Дания), "Сан-Гобэн Изовер" (Финляндия), "Partek", "Paroc" (Финляндия), "Izomat" (Словакия) (цилиндры, маты и плиты без покрытия или покрытые с одной стороны металлической сеткой, стеклорогожей, алюминиевой фольгой и т.д.). Применение современных изоляционных материалов позволит снизить потери в паропроводах, снизить эксплуатационные расходы за счет увеличения межремонтного периода.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства продукции за счет сокращения тепловых потерь.

Технические соображения относительно применимости

При рассмотрении технических аспектов применения современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании следует учитывать температурный диапазон при необходимых рабочих условиях, теплопроводность и теплоемкость. При выборе материалов следует учитывать их экологическую безопасность, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду при производстве, использовании и утилизации.

Описанные выше компоненты могут быть применены на различных высокотемпературных оборудовании, входящих в область действия настоящего документа.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость применения современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании может варьироваться в зависимости от типа материала, толщины и плотности изоляции, размеры и формы оборудования. Стоимость может быть разной и требует тщательного анализа, чтобы выбрать наиболее оптимальное решение с учетом бюджета и требований проекта.

Стоимость самого материала является важным фактором, который влияет на решение о его применении. Современные теплоизоляционные материалы могут быть более дорогостоящими в приобретении по сравнению с традиционными материалами, но они могут обеспечить более высокую эффективность и долговечность, что в конечном итоге может окупиться за счет снижения операционных расходов.

Движущая сила для осуществления

Движущей силой для применения современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании является стремление к энергетической эффективности и улучшению финансовых показателей предприятия в целом, к дополнительным возможностям для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.3.3. Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса

Описание

В производстве титана и магния рекуперация тепла из отходящих процессов играет значительную роль в повышении энергоэффективности и снижении затрат на энергию. В этих отраслях процессы часто связаны с высокими температурами и интенсивным энергопотреблением, что создает большой потенциал для рекуперации тепла.

Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса – это процесс, в ходе которого тепловая энергия, которая обычно теряется как отходящий тепловой поток, используется для нагрева или прогрева других сред или материалов. Это позволяет повысить энергетическую эффективность системы и снизить затраты на энергию.

Техническое описание

Процесс рекуперации тепла из теплоты отходящего процесса в производстве титана и магния включает в себя следующие основные аспекты:

Идентификация и захват тепловых потоков. Определение источников отходящего тепла, таких, как выхлопные газы, горячие отходы или тепловые потоки из различных этапов производственного процесса. Это может включать оценку температуры, потока и характеристик состава отходящих потоков;

Проектирование системы теплообмена. Разработка системы теплообмена, которая будет эффективно извлекать тепло из отходящих потоков и передавать его для использования в других частях процесса. Это может включать выбор типа теплообменного оборудования (например, пластинчатые теплообменники, трубчатые

теплообменники и т.д.) и расчет необходимых параметров, таких, как площадь поверхности теплообмена, расходы среды и т.д.;

Управление тепловыми потоками. Разработка системы управления, которая будет контролировать потоки тепла, оптимизировать процессы теплообмена и обеспечивать стабильную и безопасную работу системы рекуперации тепла;

Меры безопасности и экологическая устойчивость. Включение мер безопасности и мероприятий по защите окружающей среды для минимизации рисков, связанных с использованием высокотемпературных процессов, а также обеспечение соблюдения стандартов экологической устойчивости и нормативных требований;

Мониторинг и обслуживание. Разработка системы мониторинга производственных параметров, тепловых характеристик и эффективности работы системы рекуперации тепла, а также плана обслуживания и регулярного технического обслуживания оборудования;

Процесс рекуперации тепла в производстве титана и магния требует комплексного подхода с учетом специфики производства и целей энергосбережения. Детали каждого этапа требуют обеспечения соблюдения технических стандартов и требований безопасности.

Достигнутые экологические выгоды

Рекуперация тепла приводит к различным экологическим выгодам, включая снижение выбросов парниковых газов, уменьшение потребления энергоресурсов и сокращение негативного воздействия на окружающую среду.

Ниже представлены основные экологические выгоды:

перехват тепла из теплоты отходящего процесса сокращает количество тепла, выбрасываемого в атмосферу, что уменьшает общий объем выбросов парниковых газов ;

использование тепла из теплоты отходящего процесса может использоваться для подогрева сырья и материалов, что позволяет сократить энергетические затраты в производственных процессах;

эффективное использование тепла из теплоты отходящего процесса может снизить количество тепловых отходов, которые иначе были бы потеряны. Меньшее количество отходов в виде тепла также означает меньшее количество требуемых энергоресурсов для обеспечения необходимых процессов.

Общие эффекты этих экологических выгод зависят от конкретных характеристик и реализации конкретной технологии в каждом производственном случае.

Внедрение системы рекуперации тепла может значительно снизить расходы на энергию за счет повторного использования тепловой энергии, что может привести к сокращению затрат на электроэнергию или топливо на проценты в пределах от 5 % до 25 % и даже больше, в зависимости от конкретных условий производства.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Повторное использование тепла способствует сокращению потребления энергии, повышению экологической устойчивости и улучшению общей производительности предприятий.

Для полного понимания экологического влияния и эксплуатационной эффективности процесса рекуперации тепла в производстве титана и магния необходимо провести анализ и сбор данных на каждом этапе производства, включая входные и выходные потоки энергии, выбросы и загрязнения, а также изменения в экономических показателях и производственной деятельности. Общая эффективность данной технологии была успешно апробирована и используется в различных сферах. К примеру, системы рекуперации тепла успешно установлены на АО "УКТМК" для извлечения тепла из отходящих газов, которые используются для предварительного подогрева воздуха для печей.

Кросс-медиа эффекты

Технология использования тепла из теплоты отходящего процесса является важной составляющей стратегии устойчивого развития производства и позволяет добиться существенных экономических и экологических выгод.

Технические соображения относительно применимости

Технология повторного использования тепла имеет широкую применимость в различных секторах экономики. Данная технология может быть успешно применена на предприятиях с топливосжигающими установками, такими, как печи, котлы, обжиговые машины и т.д.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость внедрения технологии использования тепла из теплоты отходящего процесса может существенно варьировать в зависимости от многих факторов, включая конкретный тип производства, масштаб операций, наличие подходящей инфраструктуры, а также местоположение предприятия и многие другие факторы.

В целом внедрение рекуперации тепла в производстве титана и магния активно используется на предприятиях, является экономически оправданным и способствует сокращению воздействия на окружающую среду.

Движущая сила для осуществления

Применение данной технологии позволяет не только повысить энергоэффективность и экономичность, но также снизить воздействие на окружающую среду, улучшить экологические показатели и обеспечить устойчивость производственных процессов.

5.3.4. Использование возобновляемых источников энергии

Описание

В качестве государственных приоритетных задач обозначены повышение энергоэффективности и снижение доли энергии, получаемой за счет ископаемого топлива, повышение доли энергии, производимой за счет возобновляемых источников, и развитие альтернативных источников энергии. Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для нужд основных и вспомогательных технологических процессов при производстве титана и магния используется весьма эффективно.

Техническое описание

Интеграция возобновляемых источников энергии в металлургическую промышленность требует тщательного проектирования и технической настройки, чтобы обеспечить устойчивое и энергоэффективное энергоснабжение производственных процессов. Ниже представлено техническое описание основных процессов интеграции ВИЭ:

1. Определение потребности:

Анализ энергопотребления. Оценка общего энергопотребления и идентификация ключевых производственных процессов, требующих электроэнергии и тепла.

Разработка энергетических моделей. Моделирование энергетических потоков в производственных процессах для определения оптимальных точек внедрения ВИЭ.

2. Выбор технологии ВИЭ:

Фотоэлектрические солнечные системы. Размещение солнечных панелей для генерации электроэнергии, используемой в технологических процессах.

Ветрогенераторы. Установка ветрогенераторов для использования ветровой энергии

Тепловые коллекторы. Использование солнечной энергии для производства тепла.

3. Интеграция солнечной энергии:

Установка солнечных панелей. Размещение солнечных панелей на крышах зданий, цехов, площадках или вблизи производственных цехов.

Инверторы. Использование инверторов для преобразования постоянного тока, производимого солнечными панелями, в переменный ток, совместимый с электрооборудованием.

4. Интеграция ветровой энергии:

Размещение ветрогенераторов. Выбор оптимальных местоположений для установки ветрогенераторов с учетом скорости ветра и ландшафта.

Трансформаторы. Преобразование электроэнергии, произведенной ветрогенераторами, в напряжение, необходимое для производственных нужд.

5. Системы хранения и управления:

Батарейные хранилища. Введение систем хранения энергии, таких, как литий-ионные батареи, для временного хранения избыточной энергии.

Управление нагрузкой. Разработка систем управления, которые оптимизируют распределение энергии и управляют нагрузкой в зависимости от возобновляемых источников.

6. Обучение персонала:

Тренинг и обучение. Обучение персонала по обслуживанию, мониторингу и управлению системами ВИЭ.

Интеграция ВИЭ в металлургическую промышленность снижает не только удельные затраты энергии на производство продукции, но и воздействие на окружающую среду, и также может существенно повысить энергоэффективность, сократить расходы на энергию и улучшить устойчивость производственных процессов.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение ВИЭ сокращает общий экологический отпечаток производства титана и магния, поскольку чистая энергия уменьшает влияние производства на окружающую среду. Использование ВИЭ снижает зависимость от источников энергии, основанных на ископаемых топливах (уголь, нефть, газ), что приводит к сокращению выбросов парниковых газов, таких, как диоксид углерода (CO_2) и метан.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Экологические показатели и эксплуатационные данные после внедрения ВИЭ в металлургическую промышленность включают в себя ряд ключевых показателей, которые оценивают эффективность и результативность. Ниже представлены основные экологические и эксплуатационные критерии, которые могут быть измерены и проанализированы:

- снижение показателей удельного потребления электрической энергии на производство единицы продукции;

- измерение общей энергоэффективности производственных процессов, сравнение данных до и после внедрения ВИЭ;

- оценка эффективности систем управления энергопотреблением, включая динамическое распределение нагрузки и оптимизацию работы оборудования;

- проведение анализа данных по генерации энергии с учетом планируемых показателей для нужд основных и вспомогательных технологических процессов;

- переход к чистой энергии помогает сократить выбросы вредных веществ, таких, как оксиды азота (NO_x) и диоксид серы (SO_2), что положительно влияет на качество воздуха в окружающих районах.

Эти экологические и эксплуатационные выгоды могут быть измерены с использованием различных экологических индикаторов, таких, как уровень выбросов CO_2 , расход воды, использование природных ресурсов, которые являются частью

системы управления окружающей средой предприятия и могут использоваться для дальнейшего совершенствования систем и процессов в металлургической промышленности.

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медийные эффекты от внедрения ВИЭ в металлургической промышленности охватывают множество аспектов, включая экономические, энергетические, экологические и социальные выгоды.

Улучшение экосистемы за счет уменьшения загрязнения воздуха и воды, а также снижение использования ископаемых ресурсов способствуют сохранению природной среды и биоразнообразия в регионах, где находятся производственные объекты.

Внедрение ВИЭ может также создавать новые рабочие места и поддерживать развитие экологически устойчивых технологий, что положительно сказывается на обществе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение возобновляемых источников энергии позволяет оптимизировать решения для электроснабжения во всех отраслях экономики и может быть эффективным и выгодным, в том числе при производстве титана и магния.

К примеру, в 2019 году китайской компанией Ningxia Hui-ye Magnesium была построена солнечная электростанция мощностью 6,7 МВт на своем предприятии по производству магния в провинции Нинся Ся Хуэй в Китае. Эта солнечная электростанция предназначалась для использования в процессах производства магния, что позволяет снижать зависимость от традиционных источников энергии и снижать выбросы углерода.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Внедрение ВИЭ на предприятиях может оказаться экономически обоснованным и привести к различным экономическим выгодам. Стоимость объекта ВИЭ мощностью 1 МВт может значительно различаться в зависимости от типа ВИЭ, региона, условий установки, использованных технологий и других факторов. По усредненным экспертным оценкам ниже приведены примерные диапазоны стоимости для различных типов возобновляемых источников энергии.

Для фотовольтаических систем (солнечная энергия) стоимость может варьироваться в пределах \$700,000 – \$800,000 за 1 МВт установленной мощности. Это значение может изменяться в зависимости от типа солнечных панелей, технологий хранения энергии, инфраструктуры и местоположения.

Установка ветрогенераторов может стоить примерно от \$1,000,000 до \$1,500,000 за 1 МВт установленной мощности. Эти цифры также могут изменяться в зависимости от местоположения, высоты башни и дизайна ветрогенератора.

Важно отметить, что эти оценочные значения предоставлены для общего понимания. Реальная стоимость может существенно различаться в зависимости от конкретных условий проекта. Также стоимость может быть снижена за счет финансовых поощрений, субсидий, льгот и других стимулов, предоставляемых правительством и энергетическими компаниями.

В целом, экономическая оценка внедрения ВИЭ должна учитывать индивидуальные условия предприятия, региональные особенности и конкретные технологические потребности. Тщательное планирование, анализ затрат и выгод, а также учет долгосрочных выгод могут способствовать успешному внедрению ВИЭ металлургической промышленности.

Движущая сила внедрения

Применение ВИЭ позволяет снизить энергозатраты для собственного производства энергии, повысить энергоэффективность и экономичность, также снизить воздействие на окружающую среду, улучшить экологические показатели и обеспечить устойчивость производственных и энергетических процессов.

Необходимо отметить, что использование данной технологии позволит получить различные финансовые поощрения, льготы и субсидии для предприятий, внедряющих ВИЭ, от многих международных финансовых институтов и организаций.

Предприятия, осуществляющие переход к ВИЭ, могут повысить свою конкурентоспособность в контексте все более растущего интереса к устойчивости и экологической ответственности.

Использование ВИЭ может быть позитивно воспринято обществом, что является важным при формировании имиджа компании.

5.3.5. Применение энергоэффективных печей

Описание

Производство титана и магния требует значительного количества энергии, поэтому применение более энергоэффективных печей имеет особое значение.

Техническое описание

Производство титана и магния является энергоемким процессом из-за высоких температур, необходимых для обработки и переработки сырья. Применение энергоэффективных печей в этой области может существенно снизить энергопотребление и экологическую нагрузку. Имеются различные способы достижения энергоэффективных показателей, такие, как:

1. Электродуговые печи. Электродуговые печи с инертным газом представляют собой один из наиболее распространенных методов для производства титана и магния. Они работают на основе электрического разряда между электродами в расплавленной смеси металлических руд. Энергоэффективные печи этого типа обычно оснащены системами регулирования температуры и потока инертного газа, что позволяет оптимизировать процесс и снизить энергопотребление.

2. Индукционные печи могут быть эффективно использованы для плавления титановых и магниевых сплавов. Они работают на основе электромагнитного индукционного поля, которое нагревает материал. Эти печи обычно обладают высокой энергоэффективностью за счет точного контроля нагрева и минимальных потерь тепла.

Одним из ключевых аспектов энергоэффективности печей является качественная теплоизоляция. Обычно печи имеют многослойные стены из высокотеплопроводящих материалов, таких, как керамика или огнеупорные кирпичи, с промежутками, заполненными изоляционными материалами, например, минеральной ватой или керамическими волокнами.

В печах имеется специальная камера, где осуществляется горение топлива или нагреваемых материалов. Они обычно имеют огнеупорное покрытие для защиты от высоких температур и агрессивных химических сред.

Некоторые энергоэффективные печи оснащены системами рециркуляции тепла, которые позволяют использовать отходящие газы или тепло из печи для предварительного нагрева подаваемого сырья или воздуха. Это помогает сократить энергопотребление и повысить эффективность процесса нагрева.

Достигнутые экологические выгоды

Применение более энергоэффективных печей в производстве титана и магния не только способствует снижению энергопотребления и затрат на производство, но также улучшает экологическую устойчивость производства и снижает негативное воздействие на окружающую среду.

В среднем, эксперты отмечают, что переход на энергоэффективные печи может снизить энергопотребление на 20 % по сравнению с устаревшими моделями. Однако конкретные цифры будут зависеть от многих факторов, включая тип печи, качество изоляции, эффективность систем управления, тип используемого топлива и производственные параметры.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование энергоэффективных печей может иметь значительное влияние на производственные процессы и результаты работы предприятия. Применение в комбинации систем вторичной переработки тепла с энергоэффективными печами позволяет повторно использовать тепло, выделяемое в процессе производства титана и магния. Например, тепло, выделяемое из печи, может быть использовано для предварительного нагрева сырья, что сокращает общее энергопотребление.

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медийные эффекты от применения энергоэффективных печей в металлургической промышленности охватывают множество аспектов, включая экономические, энергетические, экологические и социальные выгоды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение энергоэффективных печей при производстве титана и магния имеет ряд технических соображений, которые следует учитывать, так как процессы производства титана и магния требуют высоких температур.

Энергоэффективные печи должны быть способны обеспечивать и поддерживать необходимые температурные режимы, что может потребовать высокой энергетической мощности и точного контроля процесса нагрева.

Материалы, из которых изготавливают печи, должны быть устойчивыми к высоким температурам и химически агрессивным средам, которые могут присутствовать в процессе производства титана и магния. Это обеспечивает долговечность и надежность работы оборудования.

Энергоэффективные печи должны обеспечивать эффективную передачу тепла от нагреваемых материалов к титану или магнию, которые могут находиться в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое или газообразное). Это позволяет минимизировать энергопотребление и сокращает время производственного цикла.

Энергоэффективные печи должны быть оснащены современными системами управления и автоматизации, которые обеспечивают точный контроль параметров процесса, таких, как температура, расход топлива и другие. Это позволяет оптимизировать работу печей и снизить энергопотребление.

Печи должны быть интегрированы в общий производственный процесс с учетом потребностей и особенностей производства титана и магния. Это включает в себя согласование технологических параметров, потоков материалов и процессов контроля качества.

Учитывая эти технические соображения, компании могут принимать информированные решения о применимости энергоэффективных печей в своих производственных процессах.

Данная техника успешно применяется в различных компаниях. К примеру, TiZir Titanium&Iron в Норвегии использует системы вращающихся печей для обжига руды титана и других материалов. Эти печи предназначены для улучшения энергоэффективности процесса обжига, минимизируя потери тепла и повышая эффективность производственного цикла.

Некоторые предприятия, такие, как магниевые заводы в Китае, внедряют индукционные печи для обработки магния. Индукционные печи отличаются высокой эффективностью преобразования энергии и меньшими потерями тепла, что позволяет сократить энергозатраты на этапе обработки.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость энергоэффективных печей для производства титана и магния может значительно варьироваться в зависимости от множества факторов, таких, как тип печи,

ее размеры и мощность, используемые материалы, уровень автоматизации и другие технические характеристики. Кроме того, стоимость также может зависеть от местонахождения и специфических требований заказчика.

Согласно экспертным данным, стоимость промышленных энергоэффективных печей имеет широкий ценовой диапазон и начинается от 50 млн. тенге с классом энергетической эффективности А.

Цена энергоэффективных печей немного дороже, чем их менее эффективных аналогов из-за использования более дорогих материалов и технологий, а также из-за более сложного процесса проектирования и изготовления. Однако, в долгосрочной перспективе эти затраты могут окупиться за счет снижения затрат на энергию и увеличения производительности.

Движущая сила внедрения

Внедрение энергоэффективных печей в промышленности является многогранным процессом, который поддерживается сочетанием экономических, технологических, регуляторных и социальных факторов.

5.4. НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух

5.4.1. НДТ, направленные на предотвращение неорганизованных эмиссий в атмосферный воздух

5.4.1.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях

Описание

Методы или совокупность методов, применяемых для предотвращения неорганизованных выбросов в атмосферу при транспортировке сырья, а также погрузочно-разгрузочных операциях.

Техническое описание

К основным источникам неорганизованных выбросов относятся:

системы транспортировки, погрузки и разгрузки горной массы;

взвеси дорожной пыли, поднимаемой при эксплуатации транспортных средств;

газы при работе автотранспортных средств и тяговых средств железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания.

Погрузочно-разгрузочные работы сопровождаются значительным выделением пыли. Максимальное количество пыли выделяется при работе экскаваторов, несколько меньшее – при работе бульдозеров.

Автотранспорт при транспортировке горной массы поднимает большое количество пыли. Автомобильные дороги на карьерах, использующих автотранспорт, занимают одно из первых мест в балансе пылевыведения по всем источникам выделения пыли в карьере. На их долю приходится 70 – 90% всей выделяемой пыли.

Образование пыли при конвейерной доставке обусловливается сдуванием пыли с транспортных поверхностей самого конвейера, в местах перегрузки с одного конвейера на другой, либо при загрузке конвейера.

При комбинированном транспорте причины запыленности и загазованности связаны с каждым из видов транспорта, входящим в комбинацию, и кроме того с большим количеством выделяемой пыли в пунктах перегрузки с одного вида транспорта на другой. При всех видах карьерного транспорта большое количество пыли выделяется в местах разгрузки горной массы и при ее складировании.

К мерам, применяемым для предотвращения загрязнения окружающей среды при выемочно-погрузочных работах, транспортировке/перемещении сырья и материалов, относятся:

- оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов;

- применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев;

- применение стационарных и передвижных гидромониторно-насосных установок, на колесном и рельсовом ходу;

- применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора;

- организация процесса перевалки пылеобразующих материалов;

- пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой;

- применение различных поверхностно-активных веществ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог;

- укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта;

- применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др.;

- очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов;

- применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы;

- проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры;

- применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества пыли неорганической. Дополнительными потенциальными преимуществами являются сокращение объемов

отходов и частичное снижение выбросов оксидов азота NO_x и оксида углерода CO на промышленных объектах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Для предупреждения пылевыведения на автодорогах и подавления пыли применяют следующие способы: орошение дорог водой, орошение растворами гигроскопических солей, обработку поверхности дорог различными эмульсиями. Пылеподавление водой является одним из наиболее распространенных мероприятий по снижению пылевой нагрузки на горнодобывающих предприятиях. Эффективность пылеподавления оросителями в зависимости от ветроустойчивости покрытия достигает 95 %.

Обработка карьерных автодорог пылеподавляющими веществами заключается в подготовке полотна дороги и поверхностной его обработке. Бульдозером или автогрейдером производится уборка просыпей горной массы и выравнивание полотна дороги. Затем рыхлителями разрушается верхний укатанный слой покрытия на глубину 4 – 5 см. После этого обрабатывается пылеподавляющим веществом, которое наносится из перфорированной трубы поливочной машины самотеком во избежание образования в воздухе аэрозоля этого вещества. Расход пылеподавляющего вещества при первичной обработке 2,0 – 5,0 л/м², при последующих обработках – 1,2 – 2,5 л/м². Наиболее часто для полива автодорог используются поливочные машины на базе БелАЗ, КамАЗ. Забор воды на пылеподавление осуществляется из зумпфов-отстойников, находящихся внутри разреза и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности.

Мокрый способ рекомендуется применять в теплое время года с помощью поливомоечных машин, работающих в режиме мойки. На участках постоянных технологических автодорог со значительным водопритокom рекомендуется использовать стационарный оросительный водопровод с автоматическим управлением электрозадвижками подачи воды.

Сухой способ очистки дорог применяется в районах ограничения применения воды и в холодный период года. Очистка производится легкими или средними бульдозерами, автогрейдерами, универсальными фрезерными погрузчиками или снегопогрузчиками с лаповыми питателями. Уборку пыли на автодорогах с жесткими и промерзшими покрытиями рекомендуется производить подметально-уборочными машинами.

В зимнее время при отсутствии обычного снега возможно снижение запыленности с использованием искусственного снега, образуемого с помощью снегогенераторов. Пылеподавление искусственным снегом может осуществляться как путем воздействия на взвешенную в воздухе пыль, так и путем экранирования разрыхленной горной массы посредством покрытия ее снегом перед экскавацией и погрузкой. Применение такой установки снижает запыленность воздуха в рабочей зоне экскаватора типа ЭКГ-8И на 96,5 %.

Для уменьшения пылеобразования на автодорогах с твердым покрытием необходимо своевременно убирать просыпи горной массы дороги, а также своевременно производить ее очистку от грязи, используя для этого поливочные и уборочные машины с металлическими щетками.

Для борьбы с пылеобразованием при использовании железнодорожного транспорта применяют закрепление поверхности транспортируемой горной массы пылесвязующими материалами, укрытие пленкой, а также увлажнение водой поверхностного слоя транспортируемого материала.

Переход на конвейерный транспорт позволит снизить неорганизованные выбросы перегрузочных пунктов, уменьшив их количество или вообще исключив, позволит снизить количество одновременно работающей погрузочной техники, снизить количество технологических поездов и эксплуатационные затраты на транспортировку горной массы. Применение данной технологии может позволить:

- снизить эксплуатационные затраты при транспортировке 1 т горной массы на 1 км более чем на 25 %;

- сократить себестоимость рудного концентрата на 18 %;

- увеличить объемы перевозимой горной массы при снижении количества единиц техники;

- сократить объемы образования отходов (вскрыши) на 50 %;

- сократить объемы выбросов пыли на 33 %.

При конвейерном транспорте для предотвращения сдувания пыли воздушными потоками с поверхности транспортируемого материала применяют различные укрытия конвейеров, которые полностью закрывают рабочую и холостую ветви конвейера. Сокращение пылевыведения с холостой ветви конвейера осуществляют путем очистки ленты от налипшего материала. Пункты перегрузки с конвейера на конвейер оборудуют аспирационными укрытиями.

Одним из эффективных способов предупреждения пылевыведений при транспортировке конвейерным транспортом является увлажнение сыпучих материалов до оптимальной влажности. Повысить эффективность орошения и увлажнения можно за счет применения растворов поверхностно-активных веществ, например, 0,025 %-ного раствора смачивателя "Прогресс", 0,3 %-ного раствора полиакриламида, 0,5 %-ного раствора денатония бензоата чистого и др. Увлажнение материалов до оптимальной влажности позволяет в десятки раз уменьшить интенсивность пылевыведения и предотвратить срыв пыли с поверхности транспортируемого материала даже при значительной относительной скорости воздушного потока (до 6,5 м/с).

Почти на всех карьерах для снижения пылеобразования при погрузочно-разгрузочных работах применяется гидроорошение. Для этой цели используются гидроустановки на железнодорожной платформе, на шасси

автосамосвалов. Установка на базе самосвала с цистерной емкостью 24 – 25 м³ обеспечивает орошение навала горной массы на забоях трех экскаваторов. В гидроустановках используются водометные стволы различной конструкции, гидромониторы, а также пожарные стволы. В некоторых случаях в качестве водометного устройства используется агрегаты типа ДДН, применяемые в сельскохозяйственной дождевальной машине. При использовании гидромониторов с насадкой 25 мм, подключенных к водопроводной сети под давлением 4 – 8 ат, запыленность снижается в 5 – 6 раз. При использовании пожарного насоса типа ПН-25 с пожарным стволом дальность струи достигает 50 – 60 м, а расход воды в пределах 95 – 140 м³/ч. При разгрузке горной массы, укладке в отвал пылеобразование можно снизить увлажнением водой с использованием передвижных или стационарных установок.

Для предупреждения пылевыведения при ведении экскаваторных работ увлажнение разрыхленной горной массы в развале осуществляется в основном путем ее орошения с использованием передвижных стационарных оросительных установок. Увлажнение горной массы в развале с одновременной ее дегазацией после взрыва возможно с использованием передвижных вентиляционно-оросительных установок. При этом наряду со снижением пылеобразования эта схема позволяет в 3 – 4 раза сократить время простоя оборудования после проведения массового взрыва. Увлажнение горной массы в экскаваторных забоях карьеров осуществляется с использованием передвижных гидромониторно-насосных установок на колесном и рельсовом ходу. При применении на карьере железнодорожного транспорта используют гидропоезд с 5 – 6 цистернами общей вместимостью 250 – 300 м³ воды. Они оборудованы двумя оросительными установками типа ДДН-70 или ДДН-50 производительностью 300 м³/ч каждая и дальностью струи 50 – 70 м. Ствол гидромонитора ГМН поворачивается на 360 ° в горизонтальной плоскости и на 120 ° – в вертикальной. Для изменения параметров водяных струй гидромониторов предусмотрены сменные насадки диаметром от 40 до 60 мм. На карьерах, использующих автотранспорт, применяются оросительные гидромониторные установки на базе автосамосвалов различной грузоподъемности. Например, увлажнение путем поверхностного орошения с помощью поливооросительных машин, оборудованных гидромонитором, например, автомобилей БелАЗ-7648 (емкостью 32 м³). До 25 % экскавируемой горной массы в летний период подлежит орошению водой. Радиус разбрызгивания струи воды – 60 м. Снижение загрязнения атмосферного воздуха пылью до 10 г/т добываемой горной массы. Емкостью служит герметизированный кузов автосамосвала; действие насоса, подающего воду к гидромонитору, осуществляется с использованием приспособления отбора мощности. Забой орошается в большей степени в его верхней части, нижняя часть увлажняется за счет стока воды к подошве забоя. Средства орошения следует

располагать на верхней или нижней площадке уступа с учетом направления ветра относительно забоя и экскаватора в удобном для размещения месте или непосредственно на спланированном с помощью бульдозера уступе. Заправку поливооросительных автомобилей водой предусматривается частично производить из зумпфов-отстойников карьерных вод, расположенных в выработанном пространстве, и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности [37].

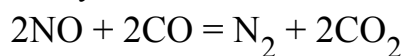
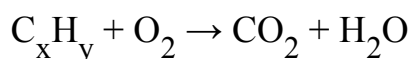
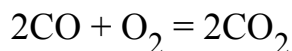
Увлажнение горной массы при перегрузке ее и при погрузке на складах осуществляется, как правило, с использованием стационарных оросительных установок. Для этого на территории склада имеются емкости для воды, установлены стационарно насосы, сеть трубопроводов и гидромониторы. Для снижения вредного влияния на окружающую среду открытые склады могут быть оборудованы защитными противопылевыми оградами.

Для снижения загрязнения атмосферы выхлопными газами автомобилей используется нейтрализация выхлопных газов их термokatалитическим окислением, использование нетоксичных или малотоксичных антидетонирующих добавок к топливу, а для дизельных двигателей – антидымных присадок, магнитная обработка топлива.

Магнитная обработка автомобильного топлива позволяет снизить токсичность выхлопных газов до 50 %.

Значительного снижения токсичности отработанных газов можно добиться при использовании нейтрализаторов различных конструкций. При каталитической нейтрализации выхлопных газов окись углерода переходит в двуокись, углеводороды окисляются до воды и двуокиси углерода, окись азота восстанавливается до молекулярного азота.

Химические реакции протекают следующим образом:



Наиболее эффективным является использование платиновых катализаторов. Они позволяют обезвредить выхлопные газы от токсичных веществ на 96 – 98 %. Каталитические нейтрализаторы обеспечивают эффективность очистки окиси углерода до 75 %, углеводородов – до 70 % и альдегидов – до 80 % при температуре отработанных газов выше 300 °С.

Регулировку топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания для обеспечения наиболее полного сжигания топлива следует осуществлять систематически. Ежедневно при выходе автомобилей на линию требуется контролировать содержание токсичных примесей в отработанных газах и в случае отклонения от установленных нормативов проводить регулировку.

Присадка к топливам обеспечивает их более полное сгорание и уменьшение содержания в отработанных газах токсичных компонентов. Например, установлено, что применение присадки типа ИХП к топливу, используемому в дизельных двигателях, позволяет уменьшить дымность вдвое. Применение для дизельных двигателей топливно-водяных эмульсий, содержащих 15 – 20 % воды, также значительно уменьшает содержание вредных веществ в отработанных газах.

Кросс–медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Наличие систем нейтрализации отработанных газов снижает мощность двигателя.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы (конструктивные и технические решения) применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

В 2020 году на Михайловском ГОКе (Российская Федерация) открыли уникальный дробильно-конвейерный комплекс. Производительность комплекса – 15 млн. тонн руды в год, инвестиции в проект – 6 млрд. рублей. В 2022 году АО "Металлоинвест" (Российская Федерация) ввел в эксплуатацию комплекс циклично-поточной технологии (ЦПТ) на Лебединском горно-обогатительном комбинате (Российская Федерация). На реализацию инвестпроекта стоимостью около 14 млрд. рублей потребовалось почти 5 лет.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли и выхлопных газов.

5.4.1.2. Техники, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при хранении руд и продуктов их переработки

Описание

Использование ветровых экранов. Система ветрозащитных экранов, является модульной, состоит из ограниченного числа элементов, применяется для сокращения пыления.

Техническое описание

Ветровой барьер представляет собой специальную сеть из синтетического материала, натянутую вокруг потенциального источника пыли. Благодаря ячеистой структуре ветровой барьер снижает скорость проходящих через него потоков воздуха на 75 % и более. Это значительно сокращает количество воздушной пыли. При этом

окружать весь штабель ветровым барьером не требуется, достаточно установить его в направлении наиболее частого и постоянного ветра. Ветровой барьер устойчив к сильным ветрам, ультрафиолету.

Ограждение для защиты от ветра и пыли контролирует и изменяет направление потоков ветра за счет уменьшения скорости ветра и турбулентности на площадках. При столкновении ветра со стеной механическая энергия воздушного потока снижается, вследствие чего уменьшается скорость ветра. В то же время уменьшается сила и размер крупных вихревых потоков.

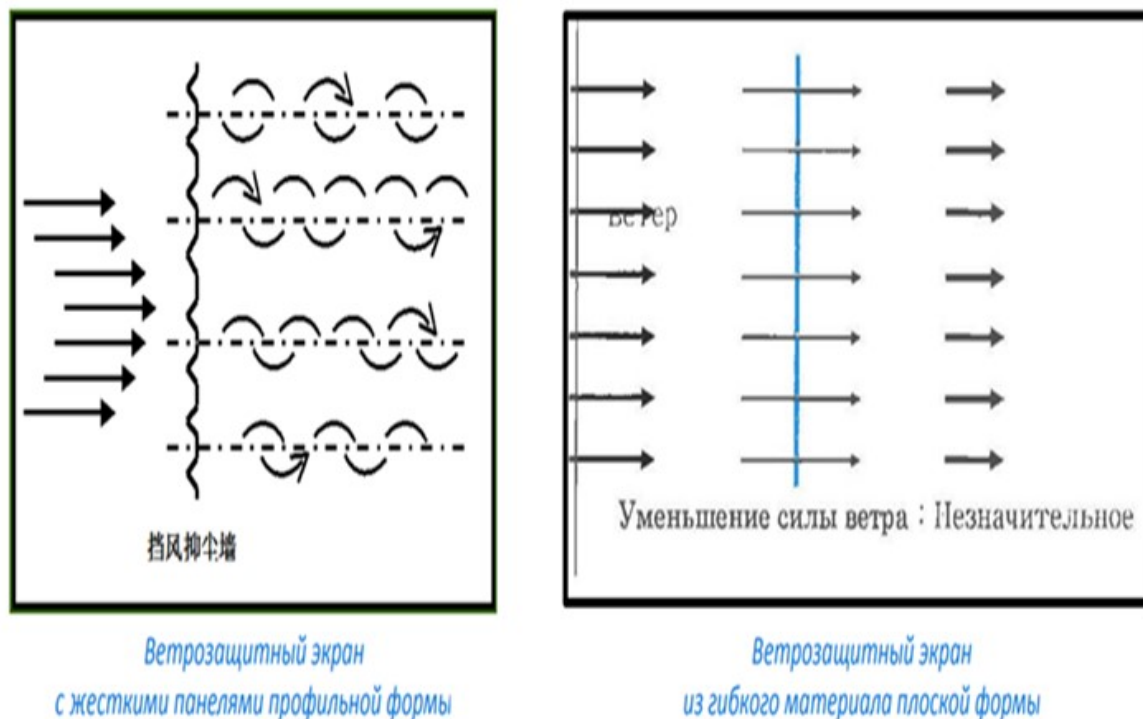


Рисунок 5.2 Использование ветровых экранов

Жесткая конструкция формирует новые потоки воздуха с меньшей скоростью и интенсивностью, что позволяет значительно снизить рассеивание пыли как на площадке, так и за ее пределами [38].

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, способствует сокращению пыления в хвостохранилищах.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Снижение выбросов (пыления) при использовании ветровой защиты составляет 65 – 80 %.

В США для пылеподавления используют ветровые экраны "Dust TAMER™ Wind Screen Systems".

Кросс-медиа-эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касательно применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ. Экологическое законодательство.

5.4.1.3. Методы сокращения выбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)

НДТ при хранении и складировании товаров (грузов) включающие:

- 1) крытое хранение непылящих материалов, таких, как концентраты, флюсы, твердое топливо, сыпучие материалы, кокс и вторичные материалы, которые содержат водорастворимые органические соединения;
- 2) герметичная упаковка пылеобразующих материалов или вторичных материалов, содержащих водорастворимые органические соединения;
- 3) крытые отсеки для хранения материала, который был гранулирован или агломерирован;
- 4) надежные системы обнаружения утечек и индикация уровня резервуара с сигнализацией для предотвращения переполнения;
- 5) хранение реактивных материалов в двухслойных резервуарах или резервуарах, помещенных в химически стойкие бункеры той же емкости, и использование хранилища, которое является непроницаемым и устойчивым к хранящемуся материалу;
- 6) использование защитных покрытий инертного газа для хранения материалов, которые реагируют с воздухом;
- 7) регулярная очистка зоны хранения и при необходимости увлажнение водой;
- 8) расположение продольной оси штабеля параллельно преобладающему направлению ветра в случае наружного хранения, формирование одного штабеля вместо нескольких, где это возможно, в случае наружного хранения;
- 9) защитная посадка, ограждения от ветров или подветренные крепления для снижения скорости ветра в случае наружного хранения;
- 10) использование масляных и твердых перехватчиков для дренажа открытых складов. Использование бетонных зон, которые имеют бордюры или другие устройства для удержания, чтобы хранить материал, который может выделять нефть, например, стружку;
- 11) раздельное хранение несовместимых материалов (например, окислители и органические материалы).

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, способствует предотвращению неконтролируемых выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При закрытых складах сокращаются потери материалов, следовательно, и заключенных в них ценностей до минимума, что быстро окупает затраты на их сооружение. Использование интегрированных систем отбора проб позволяет определять и контролировать качество сырья, поступающего на хранение.

Обычно на заводах для хранения концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады шириной 24 – 30 м и с центральной железнодорожной разгрузочной эстакадой. Склад разделен на отсеки длиной 18 метров. Каждый отсек предназначен для хранения определенного материала и имеет емкость 950 – 1300 м³. Обогреваемое днище в отсеках позволяет отогревать смерзшиеся концентраты.

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

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

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

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

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.

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.

Внедрение в 2020 году системы пылеподавления на открытом и закрытом складе железнорудного сырья ПАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (Россия) 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 %.

В 2021 году на территории Среднеуральского медеплавильного завода (предприятие металлургического комплекса УГМК Российской Федерации) 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.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:

эксплуатации вентиляционных систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала, увлажненного в процессе пылеподавления, с использованием распыления воды.

Расход воды на увлажнение материалов. Дополнительные отходы в процессе обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

В 2007 – 2008 г.г. завод "Metallo-Chimique" в Бельгии инвестировал 6,5 миллионов евро в крытую зону хранения пылящих материалов. Зона хранения занимает 8000 м² и 180000 м³ и имеет максимальную емкость складских помещений в 20 000 тонн. Максимальная производительность склада – 50000 т/год.

В компании "Aurubis", Гамбург (Германия) строительство крытой зоны хранения (5000 м²) со встроенными мощностями дробления, просеивания и транспортировки, подключенными к рукавному фильтру (70000 Нм³/ч), привлекло капитальных затрат в сумме 7,5 млн. евро.

Стоимость реализации проекта по установке пневмокаркасного ангара на Сренднеуральском медеплавильном заводе оказалась на более чем 80 % ниже того, что понадобилось бы при капитальном строительстве обычного склада.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.4.1.4. Методы снижения выбросов при транспортировке материалов, используемых при производстве титана и магния

НДТ при транспортировке материалов, используемых на производстве титана и магния, включающие:

1) покрытые конвейеры для обработки непыляющих твердых материалов, подходящие контейнеры для обработки гранулированных материалов;

2) извлечение пыли из точек подачи, силосных вентиляционных отверстий, систем пневматической передачи и точек транспортировки конвейера и подключение к системе фильтрации (для пылеобразующих материалов);

3) минимизация транспортных расстояний, уменьшение высоты падения конвейерных лент, механических лопат или захватов;

4) минимизация скорости спуска или свободного падения материалов, регулировка скорости открытых ленточных конвейеров (<3.5 м/с);

5) размещение транспортировочных конвейеров и трубопроводов в безопасные открытые участки над землей для быстрого обнаружения утечек, а также предотвращение повреждения транспортных средств и другого оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует предотвращению неорганизованных выбросов пыли, металлов и других соединений на промышленных объектах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Интегрирование систем отбора проб и анализов материалов в систему обработки и транспортировки сырьевых материалов для определения их качества и подготовки дальнейших операций по переработке.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:

эксплуатации вентиляционных систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала, увлажненного в процессе пылеподавления, с использованием распыления воды.

Расход воды на увлажнение материалов. Дополнительные отходы в процессе обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду. Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.4.2. НДТ, направленные на предотвращение организованных эмиссий в атмосферный воздух

5.4.2.1. Применение современных методов очистки выбросов от пыли

Применение современных методов очистки выбросов от пыли предусматривает:

- применение камер гравитационного осаждения для удаления крупных частиц (>20 мкм) на этапе предварительной очистки дымовых газов;

- применение сухих пылеуловителей (циклонов) на этапе предварительной очистки дымовых газов для удаления абразивных частиц, позволяющее увеличить срок эксплуатации другого газоочистного оборудования;

- применение мокрых пылеуловителей (скрубберы Вентури; насадочный скруббер) для удаления твердых пылевых частиц на поверхность жидкости под действием инерции;

- применение электрофильтров (сухие и мокрые).

Сухие применяют для удаления твердых частиц путем встряхивания и последующего удаления пыли. Мокрые – для очистки в условиях высокой влажности.

Пыль смывается орошающей водой:

- применение рукавных фильтров для удаления мелких и ультрамелких частиц;

- применение гибридных рукавных фильтров (электрофильтр+рукавный фильтр) для глубокой очистки от пыли;

- применение мокрых газоочистителей для одновременного улавливания SO_x и пыли.

Минимальный размер частиц, удаляемых оросительными колоннами, составляет > 10 мкм, динамическими и коллизионными очистителями – >2,5 мкм, скрубберами Вентури – >0,5 мкм.

Применение фильтров с импульсной очисткой [39].

Применение керамических и металлических мелкоочистных фильтров для удаления мелкодисперсных частиц.

5.4.2.2. Циклоны типа ШВ(Ц)

Описание

Циклоны ШВ(Ц) предназначены для очищения воздуха и газозвдушных смесей от пылевых загрязнений, образующихся при осуществлении технологического и производственного процессов от основного технологического оборудования.

Техническое описание

Принцип действия циклонов ШВ(Ц) основан на действии центробежной и инерционной сил. Через входной патрубок запыленный воздух попадает в цилиндрическую часть устройства и начинает закручиваться по спирали. На частицы пыли начинает действовать центробежная сила, которая прижимает их к стенкам корпуса, а инерция заставляет двигаться поступательно к нижней части. В конусном секторе пыль продолжает падать вниз, а очищенный воздух разворачивается под действием давления и выходит через вертикальную трубу наружу.

Циклоны ШВ(Ц) состоят из двух аппаратов сухой газоочистки циклонов типа ШВ в групповом исполнении, каждое из которых включает в себя бункер с заслонкой.

Пыль вентиляционных отсосов по подземным борвам и через систему газоходов подается в циклоны ШВ(Ц), где подвергается очистке за счет повышения интенсивности вращательного движения газа в корпусе циклона и одновременного снижения скорости радиального стока в направлении к выхлопной трубе.

Очищенный газозвдушный поток тягодутьевым вентилятором выбрасывается в вентиляционную трубу.

Эффективность очистки от пыли составляет не менее 95 % для частиц >10 мкм.

Циклоны ШВ(Ц) включает в себя:

вентиляторы;

систему газоходов.

Схема устройства циклона ШВ (Ц) показана на рисунке 5.3.

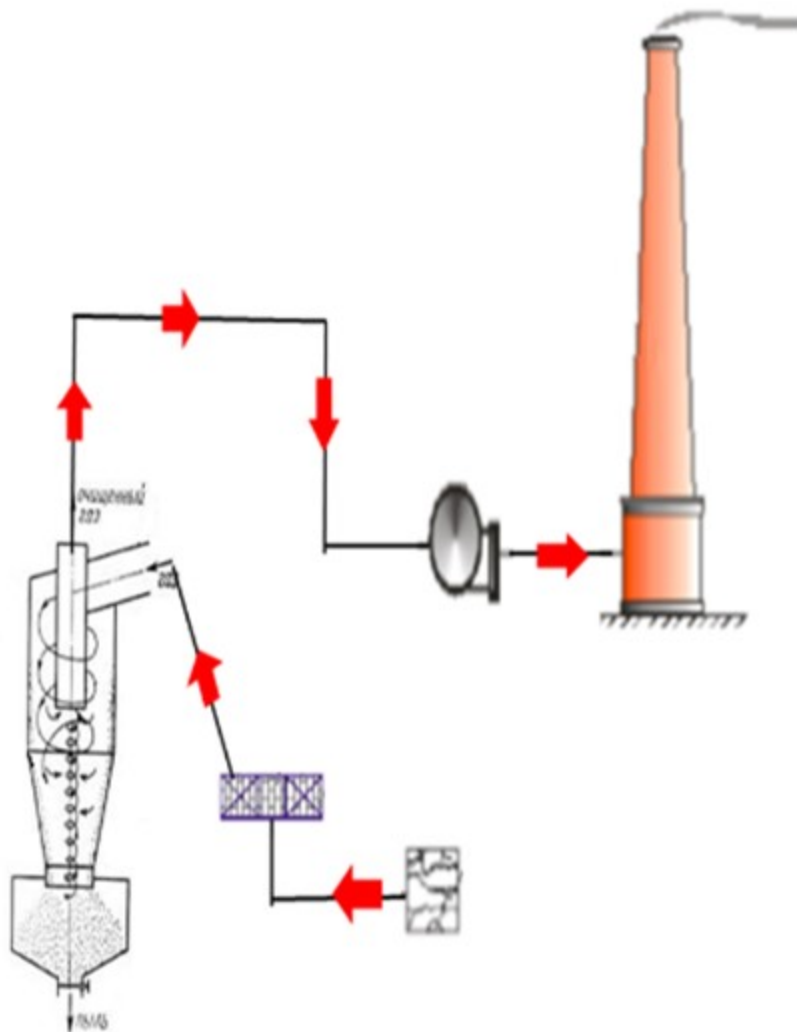


Рисунок 5.3. Устройство циклона ШВ (Ц)

Достигнутые экологические выгоды

Циклоны типа ШВ(Ц) способствуют снижению выбросов пыли в атмосферу, улавливая твердые частицы и уменьшая загрязнение воздуха. Они повышают эффективность очистки отходящих газов, снижая нагрузку на последующие фильтрационные системы и уменьшая воздействие загрязняющих веществ на окружающую среду. Однако их эффективность ниже для мелкодисперсных частиц, а улавливаемые отходы требуют безопасной утилизации или повторного использования.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Высокая производительность, эффективность очистки от пыли составляет не менее 95 % для частиц >10 мкм.

Простота устройства и обслуживания.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительный расход энергии.

Необходимость утилизации остатков пыли, если повторное использование/ рециркуляция невозможны.

Технические соображения, касательно применимости

Эффективность работы пылеуловителя циклона напрямую зависит от геометрических размеров аппарата. Чем меньше диаметр имеет циклон-пылеуловитель и уже патрубок ввода, тем выше качество очистки.

Пылеуловители-циклоны по своим эксплуатационным характеристикам во многом превосходят пылеуловители иных типов. Конструктивная простота данного устройства обуславливает надежность, простоту монтажа. Удобный доступ к элементам устройства облегчает процесс обслуживания. Стоит отметить высокую производительность очистки газов и большой эксплуатационный ресурс. Пылеуловитель циклонного типа может использоваться для агрессивных, высокотемпературных газов.

Циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80 – 95 % от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу. Запыленный воздух входит в корпус циклона со скоростью до 20 м/с, совершая вращательное движение в кольцевом пространстве между стенкой корпуса и внутренней трубой, перемещаясь далее в коническую часть корпуса. Под действием центробежной силы пылевые частицы, перемещаясь радиально, прижимаются к стенкам корпуса. Воздух, освобожденный от пыли, выходит наружу через внутреннюю трубу, а пыль поступает в сборный бункер. В зависимости от производительности циклоны можно устанавливать по одному (одиночные циклоны) или объединять в группы из двух, четырех, шести или восьми циклонов (групповые циклоны).

Циклоны типа ШВ также установлены и применяются в следующих компаниях: АО "Ангарский завод катализаторов и органического синтеза" (Роснефть) (Россия); ООО "Лунсин" (Россия); ООО "Нордик титан" (Россия)?, ООО "Русметалл" (Россия); ООО "СТК-ЗМК" (Россия); ООО "Камский бекон" (Россия); ООО "Горные технологии" (Россия); ОАО "ПО "Севмаш" (Росатом) (Россия); ООО "Цветлит" (ООО "Цветлит" (Россия); ООО "БелТиз" (Беларусь).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

Требования экологического законодательства.

5.4.2.3. Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр + рукавный фильтр)

Описание

Сущность комбинированного метода (электрофильтр+рукавный фильтр) очистки промышленных твердых газовых выбросов заключается в применении одновременно двух и более методов очистки для достижения максимального эффекта. Выбор методов очистки для комбинирования зависит от особенностей промышленных выбросов и используемого технологического оборудования.

Техническое описание

Главное отличие современных электрофильтров – их гибридность. Они оба частично электрические, частично – рукавные. Это целый комплекс, в котором дополнительно установлены компрессорная и насосная станции, пылевая камера оснащена газораспределительным коробом и системой притока холодного воздуха.

Во всем мире гибридная технология считается передовой в плане очистки промышленных газовых выбросов от пыли, поэтому замену электрофильтров на промышленных предприятиях следует в первую очередь расценивать как важное природоохранное мероприятие. Гибридные фильтры представляют собой объединение электрофильтров с рукавными фильтрами в одном устройстве. Они в основном являются результатом модернизации существующих электрофильтров и позволяют повторно использовать часть старого оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника способствует:

снижению выбросов пыли путем модернизации газоочистного устройства, путем замены электрофильтров на гибридные фильтры.

существенному снижению выбросов в атмосферный воздух.

снижению использования воды в сравнении с электрофильтром.

снижению количества производственных потерь/отходов в сравнении с рукавным фильтром.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность очистки новым оборудованием (гибридный рукавный фильтр), установленным на печах спекания А2, входящим в состав ERG (Евразийская группа), составляет около 99,99 % или примерно $1,5 \text{ мг/м}^3$ выбросов пыли. Реализация этого прорывного и перспективного проекта позволит при стабильном поддержании производственных показателей постепенно снизить выбросы пыли на 2 376 т/г [40].

Таблица 5.1. Параметры гибридных фильтров

№ п/п	Поток газа	156 000 Нм ³ /ч
1	Температура отходящих газов	до 425 °С
2	Дымосос	500 кВт
3	Разрежение	50 мбар

4	Поверхность рукавов (длина)	6м.
5	Содержание твердых частиц (пыли) после печи, вход в гибридный фильтр	2200 мг/м ³
6	Прогнозируемый результат содержание твердых частиц (пыли) на выходе после очистки	50 мг/м ³
7	Достигнутый результат	<1,5 мг/м ³

Кросс-медиа эффекты

Высокая температура газов, необходимость аварийного отсечения всплесков температуры, сложный и переменчивый алгоритм запуска и остановка печи.

Риск взрыва возникает в случае высокой концентрации СО.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Существенное сокращение выбросов пыли. Высокий социальный эффект для жителей. Требования экологического законодательства.

5.4.2.4. Рукавные фильтры

Описание

Среди множества видов пылеулавливающего оборудования широкое применение, благодаря эффективности очистки и универсальным характеристикам, получили рукавные фильтры. Основным достоинством рукавных фильтров является высокое качество очистки газа от пыли.

Очистка отходящих газов от пыли осуществляется путем пропуска через плотно сплетенной или войлочной ткани, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

Рукавные фильтры являются самым экологически чистым и эффективным пылеулавливающим оборудованием.

Техническое описание

В процессе производства и работы технологического оборудования часто возникают сложности с образованием пыли. Данная проблема не обошла стороной металлургические предприятия.

Принцип работы рукавных фильтров основан на прохождении грязного воздуха через поры нетканного фильтрующего материала. Запыленный воздух по газоходу через входной патрубок попадает в камеру грязного газа и проходит через поверхность

фильтровальных рукавов. Пыль оседает на фильтрующем материале, а очищенный воздух попадает в камеру чистого газа и затем удаляется из фильтра. По мере накопления пыли на поверхности фильтрующего материала возрастает сопротивление движению воздуха и снижается пропускная способность фильтровальных рукавов. Для очистки рукавов от уловленной пыли осуществляется их регенерация сжатым воздухом или вибровстряхиванием, в зависимости от метода регенерации рукавного фильтра. Сброшенная с рукавов пыль попадает в бункер-накопитель и удаляется через устройство выгрузки.

Наибольшее распространение в промышленности получили рукавные фильтры. Конструктивно гибкая фильтрующая перегородка выполняется в виде рукава, поэтому и фильтры с гибкими фильтрующими перегородками получили название "рукавные".

В них применяют фильтровальные материалы двух видов: ткани и нетканые материалы, изготавливаемые из различных природных и синтетических волокон.

На металлургических заводах для фильтрации запыленных газов применяют в основном ткани и нетканые материалы из натуральных волокон (шерсть), смеси шерсти с синтетическим волокном (капроном), из синтетических волокон – полиакрилонитрильных (нитрон), полиэфирных (лавсан), повышенной термостойкости (оксалон, фенилон), из стеклянных волокон с кремнийорганическим покрытием.

Рукавные фильтры изготавливают в виде листов, картриджей или рукавов (наиболее распространенный тип).

На практике применение рукавных фильтров связано с использованием больших площадей фильтрации, что объясняется необходимостью предотвращения недопустимого падения давления на фильтре, которое может привести к выходу из строя корпуса фильтра и, соответственно, неорганизованному выбросу пыли.

Рукавные фильтры большей частью имеют рукава диаметром 100 – 300 мм. Длина рукава обычно составляет 2,4 – 3,5 м. Фильтровальные ткани для изготовления рукавов выбирают в зависимости от характеристик газа и содержания в нем пыли.

По форме корпуса рукавные фильтры могут быть прямоугольными и реже – круглыми и овальными. В настоящее время наиболее распространенными типами рукавных фильтров являются: ФРКИ, ФРКН, ФРО, ФРОС, ФРКДИ, ФРУ, УРФМ, СМЦ, РФГ-УМС, Г4-БФМ и др.

На эффективность процесса фильтрации (особенно для частиц размером менее 1 мкм) значительно влияет электрическая заряженность частиц: наличие разноименных зарядов на частицах повышает эффективность фильтрации. Этот эффект слабее при повышенном влагосодержании (до 70 %) и высоких скоростях газопылевого потока (до 6 м/мин).

Наиболее распространенными методами очистки являются обратный воздушный поток, механическое встряхивание, вибрация, пульсация воздуха под низким давлением и пульсация сжатого воздуха. Акустические ковши также используются для

очистки фильтрующих рукавов. Стандартные механизмы очистки не обеспечивают возвращение рукава в первоначальное состояние, так как частицы, осевшие в глубине ткани, уменьшают размер пор между волокнами, хотя это обеспечивает высокую эффективность очистки субмикронных паров.

Основные блоки и принципиальная схема конструкции рукавных фильтров состоит из следующих элементов:

камера грязного газа;

камера чистого газа;

корпус рукавного фильтра;

монтажная плита (разделительная плита между чистой и грязной камерой);

фильтровальные рукава;

Система регенерации с ресиверами, пневмоклапанами, продувочными трубами;

бункер с устройством выгрузки уловленной пыли и опорами;

система автоматики управления.

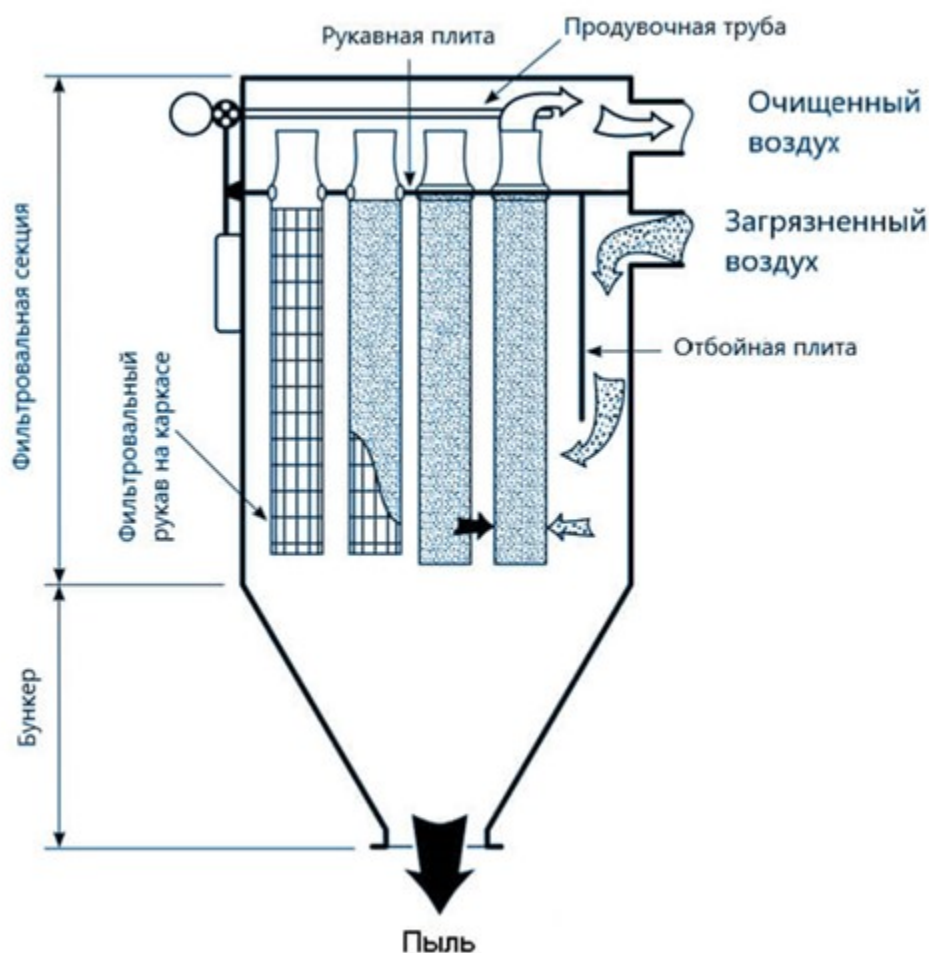


Рисунок 5.4 Конструкция рукавного фильтра

Эффективность очистки в рукавных фильтрах в основном зависит от свойств фильтровальной ткани, из которой изготавливаются рукава аппарата, а также от того, в какой мере эти свойства соответствуют свойствам очищаемой среды и взвешенных в ней частиц. При выборе ткани необходимо учитывать состав газов, природу и размер частиц пыли, способ очистки, требуемую эффективность и экономические показатели. Также учитываются температура газа, способ охлаждения газа, если таковой имеется, образующийся водяной пар и точка кипения кислоты.

Рукавные фильтры для аспирации принадлежат к пылеулавливающим приборам "сухого" вида, у этих фильтров более высокая результативность чем у электрических фильтров или оборудования для мокрого очищения газов. На финальном этапе, после функционирования этих приборов запыленность составляет не более 10 мг/м^3 . Также существуют фильтры с еще более низкой остаточной запыленностью - до 1 мг/м^3 . В дополнение к рукавным фильтрам идут очищающие рукава, созданные из материалов для фильтрации. Их можно использовать при температурном показателе до $+260^\circ\text{C}$ [41].

Преимущества и недостатки рукавных фильтров

Благодаря универсальности своей конструкции, а также широкой опциональности рукавные фильтры имеют массу преимуществ и нашли широкое применение в различных отраслях. Одним из достоинств является то, что они легко встраиваются в технологическую линию, могут быть адаптированы под условия стесненных габаритов. Среди пылеуловителей сухого типа рукавные фильтры имеют наиболее высокую степень очистки – до 99 %. Имеют сравнительно низкие эксплуатационные затраты, которые ограничиваются регламентной заменой фильтрующих рукавов один раз в 2 – 3 года (данный срок зависит от агрессивности среды, температуры и влажности) и периодической заменой пневмоклапанов. Рукавные фильтры могут так же эффективно функционировать в условиях суровой зимы с температурой наружного воздуха до -60°C , как и в отапливаемом помещении, что можно отнести к безусловным достоинствам.

При этом существуют и недостатки рукавных фильтров. Один из них – это необходимость подвода сжатого воздуха, к которому имеются особые требования. Например, для больших фильтров, обеспечивающих фильтрацию $150 - 200 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ загрязненного газа, необходима подача сжатого воздуха в объеме 4000 л/мин . Для некоторых фильтров необходимо применение рукавов из мета-aramида, стекловолокна, полиимида и других дорогих материалов, от правильности подбора которых зависит срок их эксплуатации. Ошибки в подборе фильтрующего материала влекут за собой значительное увеличение стоимости эксплуатации всего оборудования. Фильтровальный материал рукавов подбирается исходя из особенностей фильтруемой среды, свойств и дисперсности пыли. Основные материалы, используемые в рукавных

фильтрах: полиэстер (PE), мета-арамид (AR), полиимид (P84), стекловолокно (FG), политетрафторэтилен (PTFE), полиакрилонитрил (PAN), полифениленсульфид (PPS) и другие [42].

Сравнение фильтров по эффективности очистки.

Для выбора оптимального типа фильтров, необходимо учитывать следующие факторы:

является ли конечной целью процесса фильтрования получение только ценного фильтрата или осадка, либо одновременное получение и того и другого;

свойства фильтруемого вещества и получаемого осадка;

прочие условия производственного процесса.

Так, фильтры непрерывного действия оптимально работают в коротких циклах фильтрования. Промывка и разгрузка осадка осуществляется автоматически. Скорость, с которой протекает процесс в таких устройствах, намного выше по сравнению с фильтрами периодического действия. Фильтры непрерывного действия оптимальны по использованию, если состав суспензии постоянен и масштабы производства относительно велики.

Фильтры периодического действия используются для работ на длинных циклах фильтрования. Причина состоит в том, что частое повторение второстепенных операций значительно снижает их производительность. Такие фильтры широко распространены на небольших производствах и для работы с трудноотделяемыми осадками.

Следует отметить, что для большинства производств несмотря на свою высокую стоимость наиболее оптимальным решением являются фильтры непрерывного действия.

К наиболее распространенным видам фильтров периодического действия относится фильтр-пресс. Такие устройства оптимальны в случаях, когда необходимо получить обезвоженный осадок.

Нутч-фильтры открытого типа, как правило, используются для отделения кристаллических веществ, если есть необходимость получить тщательно промытый осадок. Применение нутч-фильтров закрытого типа осуществляется ограничено по причине небольшой фильтрующей поверхности.

Рукавные фильтры используются, как правило, для получения ценного фильтрата и непригодны для получения обезвоженных осадков. Конфигурация фильтров с круглыми элементами более удобна, чем с прямоугольными элементами.

Патронные фильтры, благодаря своим прочным фильтрующим перегородкам, хорошо создают высушенные осадки, а также используются для осветления и сгущения жидкостей.

Среди семейства фильтров непрерывного действия наиболее универсальными конструкциями являются барабанные вакуум-фильтры, которые способны создавать как концентрированный фильтрат, так и высушенный осадок.

Дисковые вакуум-фильтры непрерывного действия применяются для фильтрования концентрированных суспензий. Тарельчатые фильтры хорошо разделяют суспензии с высоким содержанием твердой фазы, которая быстро осаждается.

Ленточные фильтры способны хорошо разделять фильтрат и осадок, а также работать с медленно фильтрующимися суспензиями и суспензиями низкой концентрации.

Таким образом, данный тип фильтров обладает качествами нутч-фильтра и фильтра непрерывного действия.

Дисковые и барабанные фильтры работают под давлением и применяются для работы с труднофильтруемыми суспензиями. Помимо этого, такие устройства отделяют твердую фазу от летучей фазы. Данный тип фильтров не получил широкого применения из-за высокой стоимости и сложности в эксплуатации.

Пылеосадительные камеры, в которых под действием тяжести осуществляется осаждение частиц, сами по себе являются довольно громоздкими и малоэффективными – они не способны улавливать мелкие частицы пыли, размер которых составляет менее 10 мкрн.

Циклоны в отличие от пылеосадительных камер более компактны и производительны, тоже не могут обеспечить полную очистку газов от мелких частиц пыли из-за сил инерции и центробежных сил, которые возникают тогда, когда происходит перемена направления газового потока. Кроме того, такие фильтры затрачивают огромное количество электроэнергии на продвижение газа, да и сами от воздействия абразивной пыли подвергаются быстрому износу.

В гидравлических пылеуловителях наблюдаются охлаждение и насыщение газа парами той же жидкости, что недопустимо. Несовершенна и мокрая очистка. При ней нередко приходится выделять частицы пыли из общего осадка, что делает очистку газа в разы дороже.

Рукавные фильтры нельзя использовать для очистки газов, так как они горячие и химически агрессивные. К тому же такие фильтры довольно быстро загрязняются, а что еще хуже – быстро разрушаются. Именно по этим причинам в ряде случаев предпочитают применять электрическую очистку газов.

Инерционные пылеуловители и циклоны наиболее пригодны для очищения газа от грубой пыли. Самые эффективные в данной области – батарейные циклоны. Наименее эффективные – жалюзийные золоуловители. Перечисленные пылеуловители способны очищать газы от нелипкой, не содержащей волокна и сухой пыли.

Батарейные циклоны следует применять для очищения больших объемов газа.

Более тонкая очистка достигается посредством рукавных, фильтров, электрофильтров и мокрых пылеуловителей.

Рукавные фильтры качественно очищают газы от тонкой дисперсной пыли и пыли, которая трудно поддается увлажнению (сажа и окись цинка). Тем не менее, такие фильтры не могут очищать газы от химически агрессивных газов, влажной и липкой пыли.

Мокрые пылеуловители используются в случаях, когда газ можно охлаждать и увлажнять, а пыль не представляет собой ценного материала. Такие аппараты очищают кислые газы и препятствуют их попаданию в сточные воды.

Электрофильтры относятся к высокоэффективным очистительным аппаратам. Сухие газы очищаются посредством пластинчатых электрофильтров, а газы, содержащие трудно улавливаемую пыль, подвергаются обработке при помощи трубчатых электрофильтров. Электрофильтры целесообразно использовать только при условии обработки больших объемов.

Таблица 5.2. Сравнение фильтров по эффективности очистки

№ п/п	Тип аппаратов	Размер отделяемых частиц пыли, мкм	Степень очистки, %
1	Пылеосадительные камеры	≥ 100	40 – 60
2	Жалюзийные золоуловители	≥ 25	60 – 75
3	Циклоны: конические	≥ 15	≤ 90
4	Циклоны: батарейные	≥ 15	≥ 95
5	Рукавные фильтры	≥ 2	$\geq 99,5$
6	Висциновые фильтры	≥ 10	≥ 99
7	Мокрые скрубберы	$\geq 0,1$	90 – 99
8	Электрофильтры	$\geq 0,005$	$\leq 99,5$

Мониторинг

Для обеспечения правильной работы фильтра следует применять одну или несколько из следующих функций.

Особое внимание уделяется выбору фильтрующего материала и надежности систем крепления и уплотнения, проведению надлежащего технического обслуживания. Современные фильтрующие материалы, как правило, являются более прочными и имеют более длительный срок службы. В большинстве случаев дополнительные затраты на современные материалы компенсируются продолжительным сроком службы.

Рабочая температура выше точки конденсации газа. Термостойкие рукава и крепления используются при более высоких рабочих температурах.

Непрерывный контроль содержания пыли путем улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра.

При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для обнаружения отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные рукава.

Использование газового охлаждения и искрового гашения, если это необходимо. Циклоны считаются подходящими устройствами для искрового гашения. Большинство современных фильтров расположены в нескольких отсеках, поэтому в случае необходимости поврежденные отсеки могут быть изолированы.

Мониторинг температуры и искрообразования может применяться для обнаружения пожаров. На случай возникновения опасности воспламенения могут быть предусмотрены системы инертных газов или добавлены инертные материалы (например, гидроокись кальция) к отходящему газу. Чрезмерный перегрев ткани сверх расчетных пределов может вызвать токсичные газообразные выбросы.

Необходимо отслеживать перепад давления для контроля механизма очистки.

Наиболее важным и ответственным элементом совмещенной системы газоудаления дуговой сталеплавильной печи являются пылеуловители – рукавные фильтры, обеспечивающие очистку от пыли выбросов до концентраций не более $10 - 20 \text{ мг/м}^3$. Примером длительной, высокоэффективной работы рукавного фильтра с импульсной регенерацией в электросталеплавильном производстве является фильтр ФРИР-7000, введенный в эксплуатацию в 1989 году в ЭСПЦ-2 ОАО "Днепропетцсталь" (Украина), за 50-тонной дуговой сталеплавильной печи в составе комплексной системы улавливания и очистки пылегазовыделений электропечи. В течение 20 лет фильтр обеспечивает очистку выбросов до пылесодержания не более $10 - 20 \text{ мг/м}^3$. Газоочистки с фильтрами ФРИР-5600, ФРИР-4000, ФРИР4600, ФРИР-1120x2 сооружены и эксплуатируются на Серовском, Аксуском, Запорожском, Челябинском (ЧЭМК) заводах.

Рукавные фильтры широко применяются в странах Северной и Южной Америки, Европы, Африки, Азии, Австралии, России. К примеру, в России внедрены на предприятиях ООО "Сибэлкон", ЗАО "Кондор-Эко", ПАО "Гайский ГОК", с эффективностью очистки от пыли до 95 %.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества "Пыль" и сокращение выбросов твердых частиц размером до $2,5 \text{ мкм}$, а также других соединений.

Дополнительными потенциальными преимуществами являются сокращение объемов отходов и частичное снижение выбросов SO и NO_x на промышленных объектах.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Удаление определенных газообразных загрязняющих веществ возможно в случае сочетания их с системами, расположенными после пылеуловительной камеры с рукавными фильтрами и связанными с внесением дополнительных материалов, в том числе с адсорбцией и сухим вдуванием извести/бикарбоната натрия. При использовании рукавных фильтров отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод. Производительность зависит от типа примененного оборудования для очистки и может находиться в пределах 99 – 99,9 %.

Кросс-медиа эффекты

Фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2 – 4 года (срок службы зависит от различных факторов). Падение давления, которое следует компенсировать за счет подкачки, приводящей к дополнительному энергопотреблению. Поскольку рукавные фильтры очень эффективно улавливают тонкодисперсные частицы, они также эффективно уменьшают выбросы тяжелых металлов, которые содержатся в пыли дымовых газов в виде субмикронных частиц.

Дополнительно возможно увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки. При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы. Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Расход фильтрующих материалов.

Технические соображения касательно применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в окружающую среду. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

5.4.2.5. Электрофильтры

Описание

Метод основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда. При этом происходит передача заряда ионов частицам примесей и осаждение этих частиц на осадительных и коронирующих электродах. Работа электрофильтра основана на процессе осаждения электрически заряженных частиц пыли в электрических полях.

Техническое описание

Электрофильтр – это устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил. В результате действия электрического поля заряженные частицы выводятся из очищаемого газового потока и осаждаются на электродах.

Электрическая зарядка частиц осуществляется в поле коронного разряда, возникающего в электрическом поле между коронирующими (высоковольтными) и осадительными (заземленными) электродами. Электрофильтр состоит из стального корпуса, в котором размещается механическое оборудование – активная часть электрофильтра.

Корпус электрофильтра имеет прямоугольное сечение, к торцам которого крепятся: на входе газа – диффузор, на выходе газа – конфузор. В нижней части корпуса расположены бункера для сбора и удаления уловленной пыли. Корпус снаружи покрыт теплоизоляцией и профилированным листом для защиты его от охлаждения и влаги.

Коронирующие электроды подключены к высоковольтному источнику питания постоянного тока. Осадительные электроды заземлены. Для питания электрофильтра постоянным током высокого напряжения могут использоваться агрегаты питания, преобразующие переменный ток напряжением 380/220 кВ в постоянный напряжением от 50 до 150 кВ.

Выпрямленный ток высокого напряжения от агрегатов питания подается к коронирующим электродам электрофильтра. При подаче тока высокого напряжения на коронирующие электроды между коронирующими и осадительными электродами возникает электрическое поле, напряженность которого можно изменять путем регулирования напряжения питания.

При увеличении напряжения до определенной величины между электродами образуется коронный разряд, в результате чего возникает направленное движение заряженных частиц к электродам. Для встряхивания пыли с электродов используются молотки, закрепленные на горизонтальном валу веерообразно, по одному на каждый осадительный электрод.

После удара молотка по наковальне импульс от удара передается на все элементы осадительного электрода. Уловленная с осадительных элементов пыль осыпается в нижнюю часть электрофильтра (бункер). Далее пыль удаляется шнеком, пневмонасосами в накопительный бункер. Он снабжен устройствами, состоящими из газораспределительных решеток, газоотсекающих листов, щитов и газоотсекателей.

Преимущества электрофильтров:

- возможность работы при высоких температурах до 425°C;

- работа установки в среде, перенасыщенной влагой;

- возможность работы электрофильтра в агрессивных средах;

- возможность продолжительной работы установки за пределами технологических параметров, предусмотренными картой эксплуатации;

- низкое гидравлическое сопротивление установки ~200 Па;

- низкие эксплуатационные расходы;

- простота в обслуживании;

- высокая надежность узлов и механизмов.

Процесс улавливания взвесей в электрофильтре можно условно разделить на несколько этапов:

зарядка взвешенных частиц;

движение заряженных частиц к электродам;

осаждение заряженных частиц на электродах;

регенерация электродов – удаление с поверхности электродов уловленных частиц;

удаление уловленной пыли из бункерной части электрофильтра.

При подборе электрофильтра производят расчет на основе практических данных о допустимой скорости очищаемых газов в электрическом поле электрофильтра. Исходя из этого и из заданного расхода, определяют площадь рабочего (активного) сечения электрофильтров. Конструкцию электрофильтра выбирают также на основании эксплуатационного опыта, исходя из условия обеспечения максимальной степени очистки газового потока. По требуемой площади активного сечения и выбранного электрофильтра определяют необходимое число электрофильтров. Конструкция электрофильтра показана на рисунке ниже.

Основной принцип работы мокрых электрофильтров: неочищенный газ охлаждается в трубопроводе путем впрыска циркуляционной воды до точки насыщения и приходит в фильтр. Там он равномерно распределяется по всей поверхности сечения фильтра. Далее в газочистителе спарируются пыле- и газообразные органические соединения.

Эффективность очистки газов электрофильтрами изменяется от 96 до 99,7 % и зависит от ряда факторов физико-химических параметров пылегазового потока, скорости и времени пребывания газа в электрофильтрах, конструкции электродной системы, электрического режима работы электрофильтров, режима встряхивания электродов.

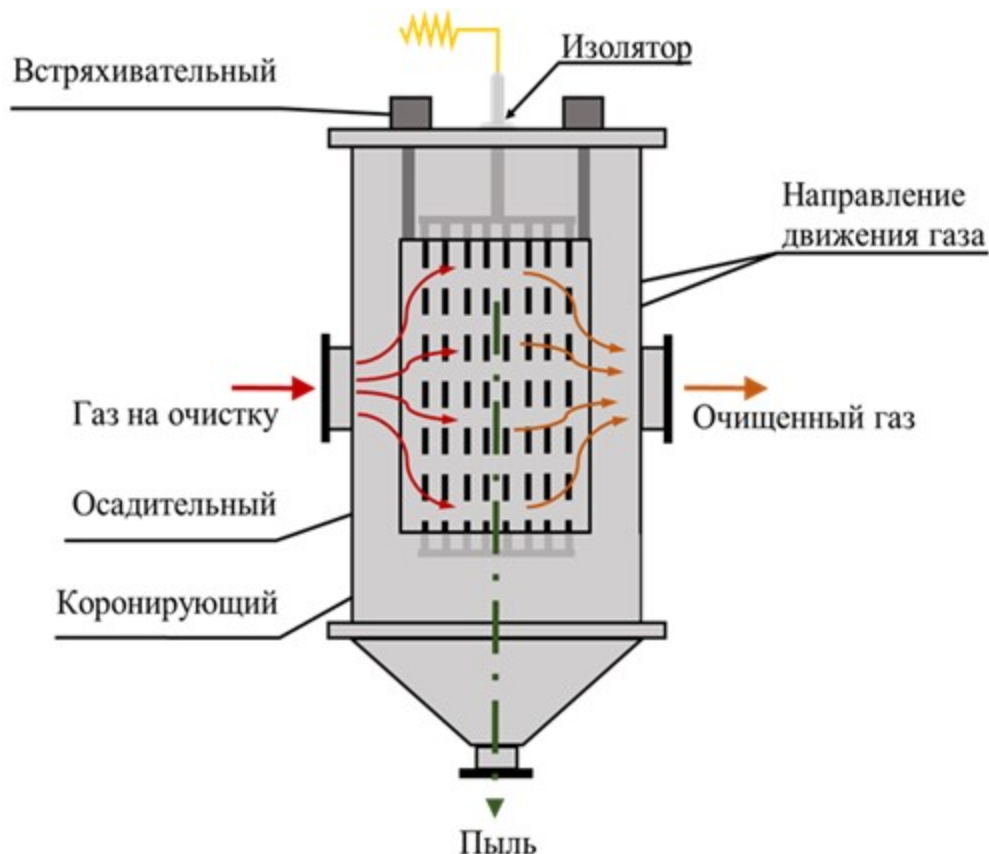


Рисунок 5.5. Принцип работы электрофильтра

Достигнутые экологические выгоды

Электрофильтры обеспечивают высокоэффективное улавливание твердых частиц, что значительно снижает выбросы пыли в атмосферу и улучшает качество воздуха. Они позволяют рециркулировать и повторно использовать уловленную пыль в различных промышленных процессах, что способствует ресурсосбережению. Кроме того, электрофильтры уменьшают нагрузку на системы окончательной очистки отходящих газов, продлевая срок службы фильтрующего оборудования и снижая эксплуатационные затраты. Их применение особенно эффективно в металлургии, где требуется очистка больших объемов газов от мельчайших частиц.

Таблица 5.3. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров

№ п/п	Загрязняющее вещество	Эффективность очистки, %	Примечание	
			Сухой фильтр	Мокрый фильтр
1	<1 мкм	>96,5	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации
1	2	3	4	5
2	2мкм	>98,3	Очистка до <20мг/ нм ³	Очистка до <20 мг/ нм ³

3	5мкм	>99,95	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации
4	>10мкм	>99,95	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации	Зависит от конфигурации и условий эксплуатации

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Электрофильтры большого размера совместно с системой кондиционирования обеспыливаемых газов при оптимизации режима работы могут снизить среднемесячное пылевыведение до 5 – 15 мг/Нм³ (сухой газ, 273 К, 10 % О₂). Проектная эффективность обеспыливания в таких электрофильтрах выше 99,99 %, поэтому выбросы пыли имеют небольшую величину, всего несколько мг/Нм³. Электрофильтры весьма эффективны для улавливания ультрамелких частиц (<0,5 мкм), придающих частицам способность агломерироваться. Электрофильтры являются мощным и эффективным оборудованием, относительно интенсивно распространенным в технологическом процессе. Существующие электрофильтры часто могут быть усовершенствованы без полной замены, что снижает стоимость работ по модернизации. Эта модернизация может касаться монтажа более современных электродов или автоматического контроля напряжения на старых установках. В дополнение можно улучшить прохождение газа через электрофильтр или установить дополнительные секции. Электрофильтры с выбросами менее 10 мг/нм³ могут быть построены с применением современных средств контроля процесса, высокого напряжения на электродах, соответствующих размеров и необходимого количества полей. Кроме пыли электрофильтры удаляют вещества, адсорбированные на частицах пыли, такие, как диоксины и металлы при их наличии в пыли. Размер и потребление электрической энергии электрофильтров растет экспоненциально со снижением содержания пыли в очищенном газе. Оптимальная работа электрофильтра зависит от температуры и влажности обеспыливаемого газа. Продолжительность работы электрофильтра может достигать нескольких десятилетий при обеспечении всех рекомендуемых условий обслуживания и ремонта. Некоторые части (молотки, подшипники) необходимо регулярно менять после нескольких лет эксплуатации как часть периодического обслуживания и ремонта.

Электрофильтры широко применяются в странах по всему миру, особенно в странах СНГ, США, Китае, Австралии и др. К примеру, в России они внедрены на Череповецком металлургическом заводе, в Китае на Zhuji Kulun Environmental Technology Co., Ltd, Kleanland, Xinhai, Yantai Jinpeng Mining Machinery с эффективностью очистки от пыли до 95 – 97 %.

На Магнитогорском металлургическом комбинате (РФ?) установлен электрофильтр системы аспирации шихтоподачи доменной печи № 6 в аспирационных системах, каждая из которых имеет производительность более 1 млн. м³/час, здесь электрофильтры обеспечивают проектную эффективность очистки воздуха до 98 – 99 %.

Основные преимущества электрической очистки газов:

широкий диапазон производительности – от нескольких м³/час до миллионов м³/час;

эффективность очистки от пыли варьирует от 96,5 % до 99,95 %;

гидравлическое сопротивление – не более 0,2 кПа (является основной причиной низких эксплуатационных затрат);

электрофильтры могут улавливать сухие частицы, капли жидкости и частицы тумана;

в электрофильтрах улавливаются частицы размером от 0,01 мкм (вирусы, табачный дым) до десятков микрон.

На Качканарском горно-обогатительном комбинате завершена реализация инвестиционного экологического проекта по оснащению газоочистными установками двух действующих на предприятии комплексов по производству агломерата (сырья для изготовления чугуна). В цехе агломерации запущен в эксплуатацию современный электрофильтр, который позволяет каждый час очищать до 1 млн./м³ отходящих газов с высокими качественными показателями. Удельные выбросы в атмосферу сократились более чем в 2,5 раза: с 23 до 9 кг/тонну готовой продукции.

На фабрике окомкования при обжиге окатышей на Лебединском ГОКе(страна?) проведена модернизация системы газоочистки, скрубберы в системе аспирации заменены на электрофильтры. Эффективность пылеочистки достигает 99 %.

Электрофильтры ЭГБМ успешно эксплуатируются на предприятиях стран СНГ, Финляндии, Швеции, Ирландии.

Кросс-медиа эффекты

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

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 вращающихся печей и клинкерного холодильника. Но в настоящее время для новых современных установок устанавливаются рукавные фильтры как для печей, так и для

холодильников в связи с их лучшими экологическими характеристиками (например, относительно высокие выбросы при запуске и остановке печей, а также при нарушении работы печей при использовании электрофильтров) и в меньшей степени риском взрыва электрофильтров в случаях высоких концентраций СО.

Электрофильтры могут быть использованы почти в каждой цементной печи для удаления пыли из отходящих газов, системы байпаса и воздуха из колосникового холодильника.

Основным недостатком электрофильтров являются высокая стоимость, сложность эксплуатации, высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, состава пыли, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

Применение электрофильтров имеет свои ограничения, поэтому их нельзя использовать при очистке газов, которые в своем составе имеют взрывоопасную смесь. Ведь при очистительном процессе в электрофильтре могут возникнуть искровые разряды [43].

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Широкий диапазон стоимости зависит от местных производственных условий, стоимости сооружения и размера печи и электрофильтра. Стоимость установки и эксплуатации обычно низкая, поэтому в каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Сокращение выбросов пыли с возможностью ее повторного использования. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс. Требования к рабочему месту для сохранения здоровья.

5.4.2.6. Циклоны

Описание

Циклоны находят самое широкое применение для сухой очистки воздуха от всех видов пыли ввиду простоты их конструкций, эксплуатационной надежности и экономичности. Пылеуловитель "циклон" очищает дымовоздушные массы от взвешенных пылевых твердых частиц, он причисляется к аппаратам инерционного типа. Характерны пылеуловители "циклоны" своей высокой надежностью.

Техническое описание

Принцип работы циклонов основан на действии центробежной инерционной сепарации, подразумевающей повышение эффективности пылеулавливания сухим способом и сохранение мелкодисперсных фракций продукта. Загрязненный газ попадает в пылеуловитель через патрубок верхней части устройства. Внутри аппарата под действием центробежной силы поток газов расслаивается, твердые частицы отбрасываются к стенкам цилиндра и под действием силы тяжести опускаются в камеру-пылесборник. Очищенный газ покидает пылеуловитель через выпускной патрубок.

Эффективность работы пылеуловителя "циклона" напрямую зависит от геометрических размеров аппарата. Чем меньше диаметр имеет циклон-пылеуловитель и уже патрубок ввода, тем выше качество очистки.

Пылеуловители "циклоны" по своим эксплуатационным характеристикам во многом превосходят пылеуловители иных типов. Конструктивная простота данного устройства обуславливает надежность, простоту монтажа. Удобный доступ к элементам устройства облегчает процесс обслуживания. Стоит отметить высокую производительность очистки газов и большой эксплуатационный ресурс. Пылеуловитель циклонного типа может использоваться для агрессивных, высокотемпературных газов.

Пылеуловители "циклоны" получили широкое применение в строительной, химической, деревообрабатывающей, металлургической промышленности [44].

Циклоны обеспечивают очистку газов с эффективностью 80 – 95 % от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу. Запыленный воздух входит в корпус циклона со скоростью до 20 м/сек., совершая вращательное движение в кольцевом пространстве между стенкой корпуса и внутренней трубой, перемещаясь далее в коническую часть корпуса. Под действием центробежной силы пылевые частицы, перемещаясь радиально, прижимаются к стенкам корпуса. Воздух, освобожденный от пыли, выходит наружу через внутреннюю трубу, а пыль поступает в сборный бункер. В зависимости от производительности циклоны можно устанавливать по одному (одиночные циклоны) или объединять в группы из двух, четырех, шести или восьми циклонов (групповые циклоны).

При подборе типоразмера циклона учитывается, что с увеличением диаметра циклона степень очистки воздуха уменьшается. Циклоны с диаметром менее 800 мм не рекомендуется применять для улавливания абразивной пыли.

Материал для изготовления циклонов при температуре окружающей среды до 40 °С – углеродистая сталь, при температуре ниже 40°С – низколегированные стали.

Таблица 5.4. Основные параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24

№ п/п	Допустимая запыленность газа, г/м ³ :	
1	Для слабослипающейся пыли	Не более 1000
2	Для среднеслипающейся пыли	250
3	Температура очищаемого газа, °С	Не более 400
4	Максимальное давление (разрежение), кгс/м ² (кПа)	500 (5)
5	Коэффициент гидравлического сопротивления циклонов	
6	Для одиночных циклонов	147
7	Для групповых циклонов	
8	С "улиткой"	175
9	Со сборником	182
10	Оптимальная скорость, м/с	
11	В обычных условиях $V_{ц}(V_{вх})$	3,5 (16,0)
12	При работе с абразивной пылью $V_{ц}(V_{вх})$	2,5 (11,4)

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника способствует снижению выбросов пыли в атмосферу, улавливая твердые частицы и уменьшая загрязнение воздуха. Они повышают эффективность очистки отходящих газов, снижая нагрузку на последующие фильтрационные системы и уменьшая воздействие загрязняющих веществ на окружающую среду.

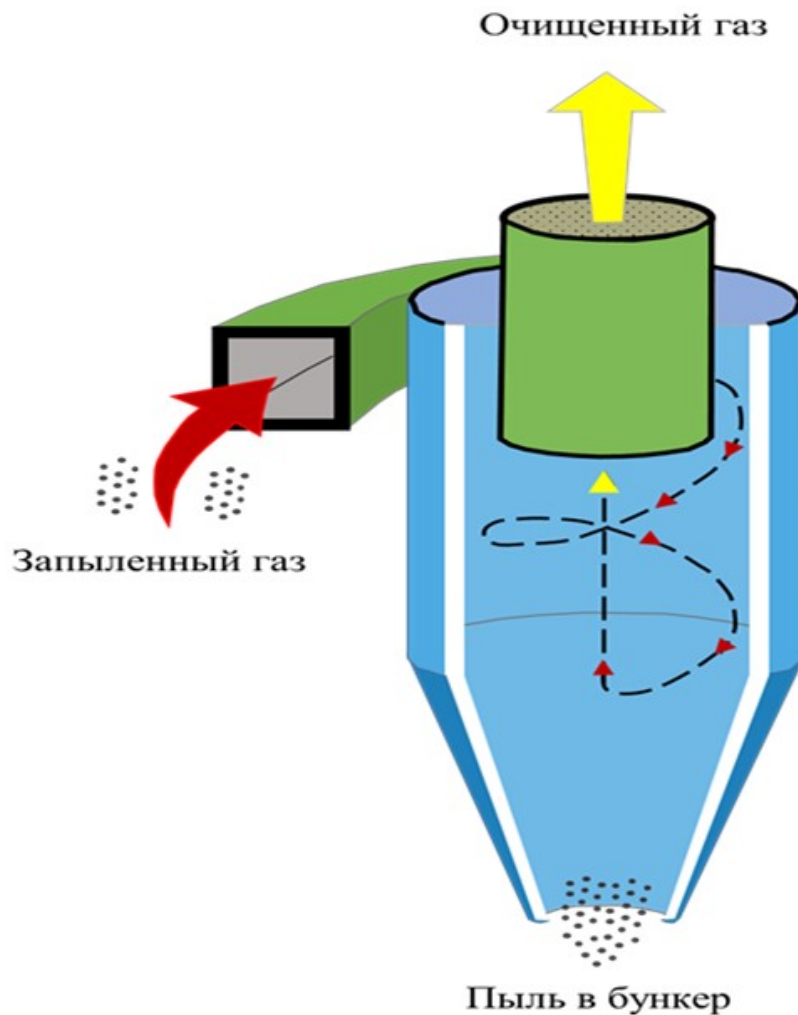


Рисунок 5.6. Принцип работы циклона

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Циклонные аппараты являются самыми распространенными сухими механическими пылеуловителями благодаря дешевизне, высокой производительности, простоте устройства и обслуживания.

Циклонные аппараты имеют следующие достоинства:

- отсутствие движущихся частей в аппарате;
- надежность работы при температурах газов вплоть до 500 °С;
- возможность работы при больших давлениях газов;
- простота в изготовлении.

Недостатками являются:

- плохое улавливание частиц размером менее 5 мкм;
- невозможность использования для очистки газов от липких загрязнителей.

Каждый тип циклонов имеет определенное предназначение в зависимости от того, какая необходима очистка загрязненного воздуха.

Так, циклоны типа ЦН-11, ЦН-15 применяются для сухой очистки воздуха от пыли, кроме сильнослипающейся и взрывоопасной.

Циклоны типа СИОТ предназначены для мокрой очистки загрязненного воздуха от пыли, кроме цементирующейся и волокнистой.

Циклоны типа ЦН-15 являются наиболее универсальным типом циклонов. Они предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при некоторых технологических процессах (сушке, обжиге, агломерации, сжигании топлива и т.д.), а также аспирационного воздуха в различных отраслях промышленности (черной и цветной металлургии, химической, нефтяной и машиностроительной промышленности, промышленности строительных материалов, энергетике и т. д.). Применение циклонов типа ЦН-15 недопустимо в условиях взрывоопасных сред; они не рекомендованы также для улавливания сильнослипающихся пылей, особенно при малых диаметрах циклонов.

Циклоны ЦН-11 предназначены для отделения от газообразной среды взвешенных частиц сухой пыли, образующейся в различных помольных и дробильных установках, при транспортировке сыпучих материалов, а также летучей золы.

Циклоны типа СИОТ. Сухие циклоны типа СИОТ предназначены для грубой и средней очистки воздуха и газов от неслипающейся неволокнистой пыли.

Конструкция циклона СИОТ характеризуется отсутствием цилиндрической части корпуса и треугольной формой входного патрубка. Этот циклон по эффективности не уступает циклону ЦН-15. Циклоны устанавливают как на всасывающей, так и на нагнетательной стороне вентилятора. При очистке воздуха от абразивных пылей нижнюю часть циклона необходимо бронировать корунд-цементом. Конструкциями предусмотрено несколько типов выхода воздуха из циклона:

- раскручиватель с винтовой крышкой;
- раскручиватель – плоский щит;
- шахта с колпаком.

Степень улавливания пыли в значительной степени зависит от размера частиц и конструкции циклона и увеличивается по мере возрастания нагрузки загрязняющим веществом: для стандартных отдельных циклонов данная величина ориентировочно равна 70 – 90 %, для общего количества взвешенных частиц 30 – 90 %.

Основные условия эксплуатации циклонов:

необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль (для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер);

подсос воздуха в нижней части циклона недопустим. Бункер для сбора пыли должен быть герметичным. Спуск пыли из бункера осуществляется через патрубок с двойным затвором-мигалкой, отрегулированной так, чтобы клапаны работали поочередно.

Стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше 400 °С и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа.

При работе на газе с высокой температурой циклоны внутри футеруют огнеупорными плитками, а выхлопную трубу выполняют из жаропрочной стали или керамики. При низкой наружной температуре минимальная температура стенки циклона должна превышать температуру точки росы не менее чем на 20 – 25 °С. Для обеспечения этого условия стенки циклонов в ряде случаев покрывают снаружи теплоизоляцией.

Начальная концентрация для неслипающихся пылей в циклонах диаметром 800 мм и более допускается до 400 г/м³. Для слипающихся пылей и циклонов меньших размеров концентрация пыли должна быть в 2 – 4 раза ниже.

Циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов.

Рекомендуется установка циклонов перед вентиляторами, чтобы последние работали на очищенном газе и не подвергались абразивному износу.

Циклоны наиболее эффективны при высоких скоростях воздуха, малых диаметрах и большой длине цилиндра. Скорость воздуха в циклоне составляет от 10 м/с до 20 м/с, а средняя скорость – около 16 м/с. Колебания значения скорости (снижение скорости) приводят к резкому снижению эффективности очистки.

Эффективность улавливания может быть увеличена при увеличении:

размера частиц и/или плотности;

скорости во впускном канале;

длины корпуса циклона;

числа оборотов газа в циклоне;

отношения диаметра корпуса циклона к диаметру выходного отверстия;

гладкости внутренней стенки циклона.

Эффективность снижается при:

увеличении вязкости газа;

увеличении диаметра камеры циклона;

увеличении плотности газа;

увеличении размеров канала на входе газа;

утечке воздуха в выходное отверстие для пыли.

Требования к техническому обслуживанию циклонов невысоки: должен быть обеспечен легкий доступ для обследования циклона на предмет эрозии или коррозии.

Степень улавливания частиц пыли размером 0,01 – 0,02 мм в циклонах и эффективность очистки при использовании циклонов представлена в таблице 5.5.

Таблица 5.5. Эффективность очистки при использовании циклонов

№ п/п	Дисперсность частиц	Теоретическая эффективность очистки
1	Более 20 μm	≈ 99 %

2	Более 10 μm	$\approx 95 \%$
3	Более 5 μm	$\approx 80 \%$

Мониторинг

Уровень производительности циклона может быть определен путем мониторинга концентрации твердых частиц в потоке входящего и выходящего газа, используя изокINETический зонд для отбора проб или измерительный прибор на основе УФ, бета-лучей.

ОАО "Лебединский ГОК" (Российская Федерация) для очистки отходящих газов от твердых веществ применяет высокоэффективный сухой циклон с последующим мокрым обеспыливанием с КПД очистки 99,48 % [45].

На объектах предприятия АО "ССГПО" используются циклоны ЦН-11, ЦН-15 для участка по обжигу окатышей с эффективностью улавливания частиц пыли 96,5 %.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительный расход энергии 0,25–1,5 кВт ч/1000 Нм³. Необходимость утилизации остатков пыли, если повторное использование/рециркуляция невозможны. Отсутствие соответствующего обслуживания циклона, защиты от абразивного износа может привести к дополнительным выбросам.

Технические соображения, касающиеся применимости

При проектировании подводящих газопроводов к циклонам следует обеспечить равномерное распределение газопылевого потока на входе в циклон за счет выполнения прямолинейных участков непосредственно перед входным патрубком или установки специальных устройств, например, направляющих лопаток, распределяющих поток по сечению газопроводов. Резкие повороты на отводящих газопроводах в непосредственной близости от циклонов могут отрицательно влиять на равномерность распределения газов в циклонах и увеличивать сопротивление аппаратов, поэтому их следует избегать. Для установки с переменным расходом газов, например, в котельных металлургических заводов, с различной производительностью летом и зимой предусматривается использование нескольких групповых или одиночных циклонов, снабженных откачивающими устройствами.

Установка одиночных и групповых циклонов производится вертикально, так, чтобы пылевыпускное отверстие было обращено книзу.

В некоторых случаях допускается горизонтальное расположение одиночных циклонов. В этом случае бункер должен иметь специальную конструкцию.

В большинстве случаев циклоны применяются в качестве предварительных очистителей для более эффективных систем, таких, как рукавные фильтры и электрофильтры ввиду низких показателей эффективности, которые как правило не

отвечают нормам загрязнения воздуха. Широко используются после операций дробления, измельчения, а также процессов распылительной сушки, при предварительной подготовке сырья.

Требуется наличие сухого сжатого воздуха (обычно решается установкой компрессора необходимой производительности вблизи фильтра и фильтра-влагомаслоотделителя. Для очистки газов от абразивной пыли, вызывающей износ крыльчаток вентиляторов, циклоны следует устанавливать перед вентиляторами [46].

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Циклоны для очистки отходящих газов с низкой концентрацией твердых частиц будут несколько дороже, чем большая установка для очистки потока отработанного газа с высокой концентрацией. Поэтому экономия зависит от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

Требования экологического законодательства.

5.4.2.7. Применение фильтров с импульсной очисткой

Описание

Импульсный рукавный фильтр предназначается для очищения воздушных масс от различных мелкодисперсных пылевых скоплений. В этих приборах вмонтирована система регенерации импульсного продувания сжатыми воздушными массами. В качестве очистительного элемента выступают рукава на металлических опорах.

Техническое описание

Для предотвращения падения эффективности очистки из-за накопления слоя пыли на поверхности рукава применяется импульсная продувка рукавных фильтров. Ее использование обеспечивает регенерацию работоспособности оборудования и исключение снижения эффективности очистки.

Описание конструктивных элементов делает понятным принцип работы рукавного фильтра.

Запыленный поток подводится во входной клапан аппарата. В зависимости от имеющейся инфраструктуры могут использоваться вспомогательные элементы пневмонасосы, компрессоры, напорные вентиляторы, иные нагнетатели. В случае обработки высокотемпературного потока может быть реализовано подмешивание в фильтр чистого прохладного/атмосферного воздуха.

Воздухопоток контактирует с внешней поверхностью плотных нетканых рукавов, при этом частички пыли оседают снаружи мешков, в то время как чистый воздух

проходит внутрь каркасов и попадает в чистую камеру, откуда выводится в производственное помещение или во внешнюю атмосферу.

По мере оседания пылевых включений на поверхности рукавов воздуху становится все сложнее "пробиться" сквозь нарастающую механическую преграду и производительность аппарата падает – необходима регенерация рукавов.

В зависимости от имплементированной системы регенерации производится обратная импульсная продувка, встряхивание или другое воздействие на фильтр-элементы, что позволяет освободить их поверхность от пыли и восстановить номинальный КПД устройства.

Пыль опадает в бункер, цикл повторяется.

Все пылеулавливатели выгодно отличаются следующим диапазоном технических характеристик:

производительность по среде – до 100 000 м³/час;

дисперсность/размер улавливаемой пыли > 0.5 мкм;

работа с воздухопотоками любой степени запыленности;

ударный импульсный метод самоочистки рукавов – бесперебойность, высокая скорость и эффективность удаления пыли с картриджей благодаря использованию плоских сопел Вентури специальной конструкции;

фильтрующий материал – нетканое иглопробивное волокно;

возможность обработки потоков с температурой до 200 °С;

автоматизация системы управления аппаратом через электронный контроллер;

опционально – установка контроллер-совместимого дифференциального манометра для управления агрегатом;

опционально – установка вибросистемы на пылесборный бункер для исключения налипания на стенки высокоадгезионной пыли (возможно оборудование бункера шнеком для непрерывной выгрузки пыли);

надежность, компактность и долговечность.

Пример применения фильтров с импульсной очисткой: Китай, Россия, Австралия. К примеру, в Австралии внедрены на предприятиях "Bulga Coal" с эффективностью очистки от пыли 85 %.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обеспечивает эффективное сокращение выбросов пыли в атмосферу за счет высокой степени улавливания твердых частиц. Они отличаются стабильной работой даже при высоких концентрациях загрязняющих веществ, что позволяет снижать нагрузку на окружающую среду. Кроме того, такие фильтры продлевают срок службы газоочистных систем, уменьшают эксплуатационные затраты

и требуют меньшего количества расходных материалов. Их применение снижает загрязнение воздуха и способствует улучшению экологической обстановки в промышленных зонах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность обеспыливания – до 99.9 % (при соблюдении правил эксплуатации и надлежащей наладке/настройке фильтра).

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

5.4.2.8. 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 PM10. 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 системам рукавных фильтров. 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, 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 для фильтрации других загрязняющих веществ. С фильтрующими элементами относительно легко обращаться, когда они новые, но после того, как они подвергнутся воздействию высоких температур, они становятся хрупкими

и их можно случайно повредить во время обслуживания или при неосторожных попытках очистки. Наличие липкой пыли или смолы представляет потенциальную проблему, поскольку их сложно извлечь из фильтра при обычной очистке, что может привести к падению давления. Эффект воздействия температуры на фильтрующий материал накапливается, поэтому он должен быть учтен при проектировании установки. При применении соответствующих материалов и 199 конструкций 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, подходящие под конкретные условия эксплуатации, 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 в работе фильтра. Устройство должно по возможности взаимодействовать с системой очистки фильтра для определения отдельных секций с изношенными или поврежденными элементами. В случае необходимости требуется соответствующая подготовка газа. Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления. Из-за вероятности при некоторых условиях засорения фильтрующего материала (например, клейкой пылью или при температуре воздушных потоков, близкой к точке росы) эти методы не подходят для любых условий эксплуатации. Они могут применяться в существующих керамических фильтрах и быть модифицированы. В частности, система уплотнения может быть усовершенствована во время планового обслуживания.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обеспечивает эффективное сокращение выбросов пыли, металлов и других вредных соединений, способствуя улучшению качества воздуха. Благодаря высокой термостойкости и химической стойкости, они могут использоваться в условиях высоких температур и агрессивных сред, что делает их востребованными в металлургии. Эти фильтры не только уменьшают загрязнение окружающей среды, но и позволяют рециркулировать улавливаемые материалы, снижая потребность в первичных ресурсах. Дополнительно их долговечность и возможность регенерации сокращают количество отходов, образующихся при эксплуатации газоочистных систем.

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо при модернизации и новом строительстве.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.4.3. Сокращение и (или) предотвращение выбросов диоксида серы и его соединений

5.4.3.1. Мокрый скруббер

Описание

Мокрый метод очистки газов от пыли считается достаточно простым и в то же время весьма эффективным способом обеспыливания. Удаление газообразных веществ из потока отходящего газа и технологического отходящего газа, основанного на поглощении загрязняющих веществ из газа жидкостью.

Техническое описание

Мокрые пылеуловители обладают рядом важных преимуществ перед другими типами пылеуловителей. Так, мокрые аппараты являются высокоэффективными пылеуловителями, способными конкурировать с фильтрационными пылеуловителями и электрофильтрами; они успешно применяются для обеспыливания высокотемпературных газов, взрыво- и пожароопасных сред, когда применение эффективных пылеуловителей другого типа невозможно или нецелесообразно.

С помощью аппаратов мокрого действия можно одновременно решать задачи пылеулавливания и очистки газов от газообразных компонентов, охлаждения и увлажнения газов. Многие типы мокрых пылеуловителей (иногда их называют скрубберами) работают при высоких скоростях газа в проточной части аппарата, что делает их малогабаритными и менее металлоемкими, чем аппараты других типов.

В зависимости от типа и количества загрязнителей используются несколько видов скрубберов: форсуночные, насадочные, пенные, центробежные, скрубберы Вентури.

В форсуночных скрубберах достаточно эффективно улавливаются частицы пыли размером более 10 – 15 мкм. Частицы размером менее 5 мкм практически не улавливаются.

В верхней части скруббера размещено несколько поясов орошения с большим числом форсунок, создающих равномерный поток мелко диспергированных капель, движущихся под действием силы тяжести вниз.

Нижняя часть скруббера, оканчивающаяся конусом, заполнена водой, уровень которой постоянно поддерживается. Подводимый запыленный газ направляют на зеркало воды для осаждения наиболее крупных частиц пыли, после чего, распределяясь по всему сечению скруббера, газ движется вверх навстречу потоку капель воды. В

процессе промывки капли жидкости захватывают частицы пыли и коагулируют. Образовавшийся шлам собирается в нижней части скруббера, откуда непрерывно удаляется промывочной водой.

Газ, проходящий через скруббер, охлаждается до 40 – 50 °С и увлажняется обычно до состояния насыщения параллельно с очисткой. Скорость газа в скруббере принимают равной 0,8 – 1,5 м/с. При больших скоростях начинается капельный унос влаги, что способствует образованию отложений на выходном патрубке скруббера и в газопроводах.

Достигнутые экологические выгоды

Мокрые скрубберы эффективно снижают выбросы в атмосферу, улавливая твердые частицы, газообразные загрязнители и вредные примеси за счет их взаимодействия с жидкостью. Они позволяют удалять сернистые соединения, аммиак, хлор и другие вредные газы, тем самым уменьшая кислотные дожди и улучшая качество воздуха. Дополнительным экологическим преимуществом является возможность охлаждения отходящих газов, что снижает тепловое загрязнение окружающей среды. Кроме того, мокрые скрубберы уменьшают риск вторичного пылеобразования и могут использоваться для улавливания ценных компонентов с возможностью их дальнейшей переработки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение выбросов SO_2 может достигать более 95 %.

Основными достоинствами мокрых пылеуловителей являются:

сравнительно небольшая стоимость (без учета шламового хозяйства);

более высокая эффективность улавливания частиц по сравнению с сухими механическими пылеуловителями;

возможность применения для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;

возможность использования в качестве абсорберов для охлаждения и увлажнения (кондиционирования) газов в качестве теплообменников смешения.

Основными недостатками мокрых пылеуловителей являются:

возможность забивания газоходов и оборудования пылью (при охлаждении газов);

потери жидкости вследствие брызгоуноса;

необходимость антикоррозионной защиты оборудования при фильтрации агрессивных газов и смесей;

значительные затраты энергии при высоких степенях очистки;

получение уловленного продукта в виде шлама, что часто затрудняет и удорожает его последующее использование;

необходимость организации обратного цикла водоснабжения (отстойники, перекачивающие насосные, охладители и т.п.), что значительно увеличивает стоимость системы газоочистки;

коррозионный износ оборудования и газопроводов при очистке газов, содержащих агрессивные компоненты;

вредное влияние капельной влаги, содержащейся в газах, на стенки дымовых труб;

ухудшение условий рассеивания пыли и вредных газов, выбрасываемых через дымовые трубы в воздушный бассейн.

Кросс-медиа эффекты

Использование мокрых аппаратов требует наличия систем шламоудаления и обратного водоснабжения, из-за чего процесс пылеулавливания становится дороже. Работа этих аппаратов сопряжена с неизбежными потерями дефицитной воды.

Процессы утилизации уловленной пыли в виде шлама в большинстве случаев значительно дороже относительно процессов вторичного использования пыли, уловленной в сухом виде.

К числу недостатков мокрых пылеуловителей относятся: ухудшение условий рассеяния в атмосфере влажных очищенных газов, особенно содержащих агрессивные компоненты; необходимость обработки и удаления большого количества стоков и шлама; большие затраты энергии (особенно для турбулентных пылеуловителей); необходимость (при агрессивных газах) применения антикоррозионных и в ряде случаев дорогостоящих и дефицитных конструктивных материалов для изготовления аппаратуры. Мокрые аппараты и отводящие газоходы в большей степени подвержены коррозии, особенно при очистке агрессивных газов, требуют дополнительных мероприятий по антикоррозионной защите.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Экономическая целесообразность применения ограничивается условиями их применимости:

применение мокрых пылеуловителей необходимо в тех случаях, когда сухие аппараты оказываются неработоспособными или когда требуемая эффективность пылеулавливания может быть достигнута только с применением мокрого аппарата;

применение мокрых пылеуловителей целесообразно в том случае, когда наряду с пылеулавливанием ставятся задачи улавливания газообразных компонентов и охлаждения газов;

применение мокрых аппаратов на том или ином промышленном объекте может быть экономически обоснованным, если на данном объекте имеются системы обратного водоснабжения и шламопереработки.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Снижение выбросов в атмосферу.

5.4.3.1. Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы

Описание

Технологии управления предварительным сжиганием могут включать замену или десульфуризацию топлива. Поскольку выбросы диоксида серы прямо пропорциональны количеству серы в топливе, переход на топливо с низким содержанием серы является предпочтительным выбором. Замена топлива может не быть альтернативой, если требуется сокращение выбросов SO_2 независимо от содержания серы в топливе.

Техническое описание

Сера в твердом топливе содержится в трех формах: колчеданной (в виде железного колчедана (FeS), органической (в виде сероорганических соединений) и сульфатной (сернокислые соли – сульфаты CaSO_4 , Na_2SO_4). Простейшее обогащение угля – удаление колчеданной серы сепарацией. В этом методе используется разница в плотности угля и колчеданной серы ($\rho_{\text{FeS}}=5 \text{ т/м}^3$, $\rho_{\text{угля}}=2 \text{ т/м}^3$). Для отделения колчеданной и органической серы используется метод гидротермического обессеривания. В этом случае измельченное топливо обрабатывается в автоклавах при температуре 300°C и давлении $1,7 \text{ МПа}$ щелочными растворами KOH , NaOH . Снижение серы в твердом топливе можно осуществить методом газификации или пиролиза твердого топлива. Основное количество серы окажется связанным в коксовом остатке [47].

Достигнутые экологические выгоды

Применение технологий десульфуризации и использование топлива с пониженным содержанием серы значительно сокращает выбросы диоксида серы (SO), что способствует снижению кислотности осадков, защите почв, водоемов и экосистем от деградации. Кроме того, уменьшение выбросов SO улучшает качество воздуха. Эти меры также способствуют снижению коррозии оборудования и продлению срока службы промышленных установок, что делает их не только экологически, но и экономически выгодными.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Методы физической очистки обеспечивают удаление до 30 % серы. Для углей с большим содержанием пиритной серы это значение может достигать 50 %. Степень удаления серы с помощью химического метода составляет 66 %.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для новых предприятий, которые в качестве топлива используют уголь.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO_2 .

5.4.4. Сокращение и (или) предотвращение выбросов азота и его соединений

НДТ направлены на сокращение поступления в выбросы азота и его соединений с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания с учетом условий применимости.

5.4.4.1 Оптимизация процессов горения

Описание

Техническое решение основано на различных методах воздействия на процесс горения с целью снижения температуры и кислорода в зоне горения. Сюда в первую очередь следует отнести: работу с малым избытком воздуха, ввод газов рециркуляции, ступенчатый подвод окислителя, ввод пара или впрыскивание в зону горения.

Применяемые методы замедляют процесс превращения содержащегося в топливе азота в NO_x и образование термических NO_x при сохранении высокой эффективности сгорания топлива.

Техническое описание

При оптимальной организации процесса можно получить снижение выбросов NO_x до 50 % при переводе оборудования на работу с малым избытком воздуха, до 40 – 50 % при подаче газов рециркуляции в корень факела, до 30 – 40 % при двухступенчатой подаче окислителя и до 20 – 30 % при вводе пара или впрыскивании воды в зону горения. Следует отметить, что эффект подавления NO_x за счет одновременного применения различных способов не соответствует суммарному эффекту от каждого способа в отдельности. Как показывает опыт, одновременное применение, например, малого избытка воздуха и рециркуляции позволяет уменьшить выбросы NO_x только на 50 – 70 %.

Другим фактором, оказывающим влияние на образование оксидов азота, является время пребывания компонентов в зоне реагирования. В топочных устройствах размеры этой зоны зависят от многих условий: мощности топочного устройства, отдельных горелок, компоновки горелок, интенсивности смесеобразования, дисперсности распыления и т.п. Время пребывания газовой смеси в зоне реагирования не эквивалентно времени пребывания в объеме топки и является довольно трудно поддающимся расчету параметром. Для определения этого времени необходимо знать аэродинамические и температурные поля в топочной камере. Из анализа характеристик топочного процесса можно предположить, что время реагирования уменьшается при уменьшении мощности топочной камеры, отдельных горелок; повышении теплового

напряжения топочного объема. Последнее мероприятие, осуществляемое, как правило, путем увеличения давления воздуха и топлива, не всегда приводит к положительным результатам, так как одновременно способствует повышению температуры в зоне горения.

В связи с этим уменьшение времени пребывания может привести к существенному снижению образования NO только в том случае, если одновременно будет предусмотрен интенсивный отвод теплоты от ядра факела, а также продуктов реакции после завершения процесса горения.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение выбросов NO_x до 50 % достижимо при успешных установках.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение методов оптимизации процессов горения с целью снижения выделения NO_x возможно на технологическом оборудовании, осуществляющем сжигание топлива, в том числе и на печах с декарбонизатором. Решения по внедрению любого из методов оптимизации процессов горения должны рассматриваться при модернизации технологического оборудования.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.4.2. Горелки с низким образованием NO_x (кислородно-газовые горелки)

Описание

Техническое решение основано на принципах снижения пиковой температуры пламени. Смешивание окислителя (воздуха, обогащенного кислородом) и топлива снижает доступность кислорода и как следствие пиковую температуру пламени, тем самым замедляя процесс превращения азота, содержащегося в топливе и воздухе, в NO_x и образования термических NO_x при сохранении высокой эффективности сгорания топлива.

Техническое описание

Конструкции горелок с низким выделением NO_x (непрямое сжигание) различаются в деталях, но в большинстве конструкций реализуется ступенчатое сжигание топлива в пределах факела каждой отдельной горелки. Количество первичного воздуха снижается

до 6 – 10 % от требуемого по стехиометрии для горения (обычно 10 – 15 % в традиционных горелках). Осевой воздух подается с большой скоростью через внешний канал. Уголь вдувается через центральную трубу или через средний канал. Третий канал используется для вихревого воздуха. Закрутка воздуха осуществляется специальными лопатками, расположенными вблизи сопла горелки.

Азот в топливе в основном находится в термически неустойчивых фрагментах органических соединений и при нагревании и горении переходит в летучие соединения. Считается, что преобразование летучих соединений в условиях нехватки кислорода приводит к формированию промежуточных радикалов, которые восстанавливают образовавшиеся оксиды азота в молекулярный азот N_2 . За пределами зон выделения и горения летучих соединений образование оксидов NO_x не происходит.

Эффект данной конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива особенно при наличии в топливе летучих соединений при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO_x .

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение выбросов NO_x до 35 % достижимо при успешных установках и сообщалось об уровнях выбросов около 500 – 1000 мг/Нм³ (среднесуточное значение), но большинство печей ЕС (около 80 % существующих печей, эксплуатируемых в 2020 году) должны применять метод SNCR для достижения среднесуточных значений выбросов <500 – 800 мг/Нм³.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Горелки с низким выделением NO_x применимы на технологическом оборудовании, осуществляющем сжигание топлива, в том числе и на печах с декарбонизатором. Однако применение указанных горелок не всегда сопровождается снижением выбросов NO_x . Установка горелки должна быть оптимизирована. Если первоначальная горелка работает с малым процентом первичного воздуха, горелка с низким выделением NO_x будет иметь предельный эффект.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.4.3. Охлаждение зоны горения (пламени) для снижения выбросов NO_x

Описание

Охлаждение зоны горения может быть достигнуто путем инъекции.

Техническое описание

Добавление воды в топливо или непосредственно в пламя с использованием различных методов инъекции (впрыскивание жидкости или жидкости и твердого вещества), использование жидких и твердых отходов с высокой влажностью снижают температуру и увеличивают концентрацию гидроксильных радикалов. Это оказывает положительный эффект на снижение NO_x в зоне горения [48].

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень снижения/эффективность может быть достигнута от 10 до 35 %. Диапазон выбросов может достигать <500 – 1000 мг/Нм³ (среднегодовые значения).

Кросс-медиа эффекты

Требуется дополнительное тепло для испарения воды, что вызывает небольшое увеличение выбросов CO₂ (примерно 0,1 – 1,5 %) в сравнении с общим количеством выделяющегося CO₂ из печи. Имеются риски снижения производительности печи вследствие снижения тепловой мощности.

Технические соображения, касающиеся применимости

Охлаждение пламени может применяться на всех типах печей.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.4.4. Применение селективного каталитического восстановления (СКВ) и селективного некаталитического восстановления (СНКВ) после обеспыливания и очистки от кислых газов

Описание

В настоящее время разработаны две технологии химической очистки дымовых газов от оксидов азота:

селективное каталитическое восстановление оксидов азота аммиаком на сотовых керамических катализаторах (СКВ-технологии);

селективное некаталитическое восстановление оксидов азотов аммиака (СНКВ-технологии).

Техническое описание

Селективное каталитическое восстановление является наиболее эффективным средством снижения выбросов NO_x . В состав системы СКВ входят:

- 1) каталитический реактор;
- 2) система подачи реагента.

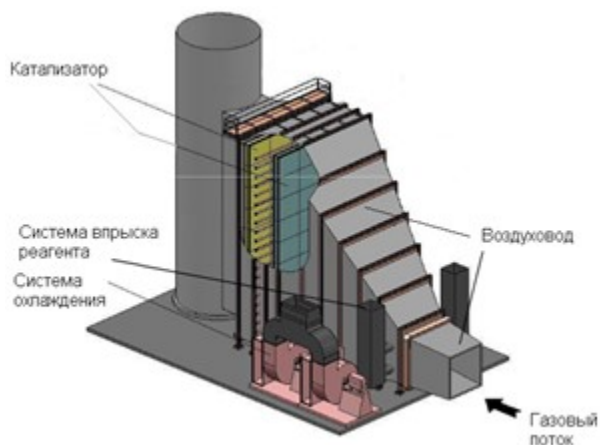


Рисунок 5.7. Схематичное изображение системы СКВ

Каталитическая газоочистка представлена химическими процессами восстановления газом-восстановителем до простейших составляющих. Конечным продуктом реакции являются безопасные компоненты – пары воды, углекислый газ, азот. Восстановительный агент (реагент) инжектируется в поток дымовых газов до катализатора. Вблизи поверхности катализатора происходят с разной степенью интенсивности восстановительные реакции, в результате которых оксиды азота переходят в молекулярный азот. Скорость подачи и расход восстановителя определяются концентрацией NO_x на входе и выходе из системы очистки. Инжекция аммиака осуществляется преимущественно вдувом смеси воздуха с предварительно испаренным и подмешанным безводным аммиаком, реже – впрыском водного раствора аммиака непосредственно в поток. Инжекция карбамида осуществляется преимущественно непосредственным впрыском раствора карбамида в поток дымовых газов, либо предварительной газификацией и разложением карбамида с получением аммиачно-газовой смеси и последующим вдувом.

Эффективность метода СКВ определяется параметрами:

- 1) система сжигания – вид топлива;
- 2) состав катализатора;
- 3) активность катализатора, его селективность и время действия;
- 4) форма катализатора, конфигурация каталитического реактора;
- 5) отношение $\text{NH}_3 : \text{NO}_x$ и концентрация NO_x ;
- 6) температура каталитического реактора;
- 7) скорость газового потока.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность очистки в случае использования данного метода – свыше 90 %. В сочетании с технологией сухого подавления позволяет обеспечить соблюдение нижней границы европейских экологических нормативов по NO_x (20 мг/Нм³). Наиболее эффективно каталитическое восстановление происходит в области 300 – 450 °С.

Большинство катализаторов формируется на основе диоксида титана (TiO_2) и пентоксида ванадия (V_2O_5). Диоксид титана – удобный носитель и не отравляется SO_3 . Пентоксид ванадия промотирует реакцию взаимодействия аммиака и оксидов азота и мало чувствителен к действию SO_x .

При необходимости восстановить 80 % или более оксидов азота в топочном газе метод СКВ является единственно возможным. Кроме того, метод предполагает совершенствование; его можно успешно сочетать с методами совершенствования системы сжигания для снижения количества оксидов азота.

Данный метод используется на предприятиях Европы, США и Юго-Восточной Азии [49].

В 2009 году завод LKAB (Швеция) впервые установил систему СКВ на заводе Grate-Kiln.

Кросс-медиа эффекты

Образование и осаждение на стенках технологического оборудования твердого сульфата аммония и расплава бисульфата аммония при выходе из каталитического реактора. Эти соединения – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4HSO_4 , образуются по реакции вводимого аммиака с SO_3 , который получается при сгорании высокосернистых видов топлива. Особенно трудно избежать осаждения солей в воздушном теплообменнике.

Другими проблемами являются: выбросы в атмосферу аммиака и его соединений, а также иных нежелательных продуктов, например, SO_3 ; необходимость использования дополнительных устройств для очистки потока: блок обессеривания и др.; отсутствие надежной аппаратуры для определения количества аммиака в отходящем газе; чувствительность каталитического процесса к температурному режиму и связанные с этим ограничения в загрузке и топливе; замена и дезактивация катализатора удобными с точки зрения охраны окружающей среды методами; надежность устройств очистки и их экономическая целесообразность.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов NO_x. Требования экологического законодательства.

5.4.4.5. Рециркуляция дымовых газов

Описание

Рециркуляция (внешняя) части дымовых газов в камеру сгорания с целью замены части свежего топочного воздуха и ограничения содержания O₂ для окисления азота и снижения температуры сгорания ограничит образование NO_x.

Техническое описание

Рециркуляция дымовых газов представляет собой метод ограничения пиковых температур пламени. Рециркуляция дымовых газов в воздух для горения снизит содержание кислорода до 17 – 19 % и уменьшит пламя.

Самый простой способ состоит в рециркуляции дымовых газов путем их удаления из вытяжного канала с помощью вентилятора горелки и смешивания их с воздухом для горения. Расход рециркуляции можно регулировать с помощью дроссельной заслонки с сервоприводом, управляемой электронным оборудованием горелки. Сокращение выбросов NO_x, полученное с помощью этого метода при использовании природного газа в качестве топлива, является значительным и зависит от процентного содержания рециркулирующих дымовых газов и типа используемой горелки.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Для подогревателя стальных плоских заготовок, работающего на коксовом газе, с производительностью не менее 140 т/ч, сообщается о снижении выбросов NO_x на 51,4 %, 69,4 % и 79,8 % (по сравнению с базовым уровнем 657 мг/м³) для 10 %, 20 % и 30 % рециркуляции топочных газов соответственно.

Необходимо учитывать потенциальное снижение производительности печи и, следовательно, более низкую пропускную способность, особенно при достижении рабочего предела печи.

В некоторых случаях возможна потеря стабильности пламени и отключение горелки.

Мощность горелки снижается, уменьшение мощности горелки необходимо для того, чтобы компенсировать замену части воздуха горения отходящими газами с низким содержанием кислорода.

Потенциально трудно поддается контролю в случаях, когда состав и, следовательно, объемы отходящих газов изменчивы (например, на комплексных объектах, где используются смешанные газы завода).

Кросс-медиа эффекты

Рециркуляция дымовых газов (внешняя) может снизить энергоэффективность.

Потенциальное увеличение расхода топлива (до тех пор, пока рециркуляция топочных дымовых газов не повлияет на расход отходящих газов и их температуру, эффективность сгорания и расход топлива останутся прежними, но это подразумевает повышение температуры предварительного нагрева воздуха).

Увеличение расхода топлива (и, следовательно, выбросов CO_2) для различных конструкций горелок составляет от 1,1 % до 9,9 % (рециркуляция топочных дымовых газов в диапазоне от 10 % до 50 %).

Более высокие выбросы монооксида углерода и несгоревших углеводородов.

Повышенное содержание водяного пара в продуктах сгорания может увеличить образование окалины на стали, тем самым увеличивая потребность в удалении (прокатной) окалины и увеличивая связанные с этим выбросы в атмосферу и образующиеся при этом отходы.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость к существующим установкам может быть ограничена нехваткой места.

Например, этот метод требует значительных воздухопроводов для обеспечения рециркуляции дымовых газов, что может быть сложно установить, в зависимости от конфигурации некоторых действующих установок.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Для модернизации рециркуляции дымовых газов никаких затрат не предусмотрено. Рециркуляция дымовых газов часто применяется вместе с другими первичными мерами, такими, как горелки с низким содержанием NO_x , поэтому трудно оценить затраты только на рециркуляцию дымовых газов.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов NO_x .

Требования экологического законодательства.

5.4.4.6. Беспламенное горение

Описание

Беспламенное горение достигается за счет отдельного впрыска топлива и воздуха для горения в камеру сгорания печи с высокой скоростью для подавления образования пламени и уменьшения образования термических NO_x при одновременном создании

более равномерного распределения тепла по камере. Беспламенное горение можно использовать в сочетании с кислородно-топливным сжиганием.

Техническое описание

Беспламенное горение может быть достигнуто с использованием обычных воздушных печей, оснащенных беспламенной горелкой, или с использованием кислородно-топливных беспламенных горелок.

Нагревательные и термообрабатывающие печи черной металлургии обычно работают при высоких температурах процесса. В то время как потери энергии могут быть сведены к минимуму с помощью рекуперативных горелок, использующих выхлопные газы для предварительного нагрева воздуха для горения, образование оксидов азота также увеличивается при более высоких температурах воздуха для горения. Атмосферный азот окисляется, в частности в горячих зонах фронта пламени с образованием оксидов азота.

Беспламенное сгорание может быть достигнуто за счет интенсивного перемешивания топливного газа, воздуха для горения и рециркулирующих выхлопных газов. Топливный газ и воздух для горения впрыскиваются отдельно в камеру сгорания с высокой скоростью. Внутри камеры сгорания очень интенсивная внутренняя циркуляция дымовых газов смешивает воздух для горения, топливный газ и продукты сгорания. В этих условиях происходит беспламенное горение при условии, что температура горения внутри топки выше температуры самовоспламенения смеси (например, $> 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ при использовании природного газа и воздуха) и коэффициент рециркуляции дымовых газов выше трех.

При беспламенном горении температурный пик фронта пламени отсутствует, что значительно снижает образование NO_x по сравнению с обычными горелками. Еще одним дополнительным преимуществом беспламенного сжигания является то, что топливо окисляется по всему объему камеры сгорания, обеспечивая очень однородную температуру топки. При равномерном распределении можно поддерживать более высокую среднюю температуру камеры сгорания, что приводит к сокращению времени нагрева и снижению выбросов CO , поскольку достигается полное сгорание. Кроме того, беспламенное горение приводит к снижению уровня шума и уменьшению термической нагрузки на горелку.

Эта техника включает в себя замену воздуха для горения кислородом (чистота $> 90\%$), что означает меньшее количество азота, подлежащего нагреву, и уменьшение общего объема выхлопных газов, что приводит к повышению энергоэффективности.

Беспламенное кислородно-топливное горение достигается за счет разбавления путем отдельного впрыска топлива и кислорода с высокой скоростью в топку. Рециркуляция дымовых газов в зоне сжигания приводит к снижению пиковой температуры и образованию термических NO_x . По сравнению с беспламенным

кислородно-топливным сжиганием распределение температуры в печи будет более равномерным, что даст возможность увеличить производительность и/или снизить потребление энергии в зависимости от характеристик печи и производственной ситуации.

Достигнутые экологические выгоды

Беспламенное горение позволяет значительно снизить выбросы оксидов азота (NO_x) и CO, что улучшает качество воздуха и снижает вредное воздействие на окружающую среду.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Беспламенное газокислородное сжигание установлено на двух площадках, принадлежащих "Ascométal" в Фос-сюр-Мер (Франция). В общей сложности девять шахтных печей были модернизированы беспламенными кислородно-топливными горелками. В результате теплопроизводительность увеличилась на 50 %, расход топлива сократился на 40 %, а выбросы NO_x сократились на 40 %.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость к существующим установкам может быть ограничена конструкцией печи (т. е. объемом печи, пространством для горелок, расстоянием между горелками) и необходимостью замены огнеупорной футеровки.

Применимость может быть ограничена для процессов, где требуется тщательный контроль температуры или температурного профиля (например, перекристаллизация).

Неприменимо к печам, работающим при температуре ниже температуры самовоспламенения, необходимой для беспламенного горения, или к печам, оборудованным излучающими трубчатыми горелками.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Применение кислородно-топливных горелок требует дополнительной покупки или производства кислорода на месте. Соответственно, беспламенный кислородно-топливный метод часто экономически выгоден только на предприятиях, где кислород доступен по низкой цене.

Достигаются более высокие средние температуры печи, что может привести к сокращению времени нагрева и увеличению производительности.

Движущая сила внедрения

Повышенная производительность.

Энергосбережение.

Общее снижение выбросов NO_x.

Примеры предприятий:

"Ascométal" – печи (в виде нагревательных колодцев) (Фос-сюр-Мер, Франция);

печи "Outokumpu" с шагающими балками из нержавеющей стали и цепной передачей (Дегерфорс, Швеция);

"SSAB Borlänge" (Швеция);

"Вестальпинский Гробблех" (Австрия).

5.4.4.7. Кислородно-топливное горение

Описание

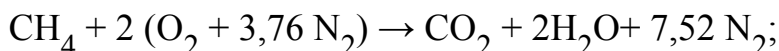
Воздух для горения полностью или частично заменяется чистым кислородом.

Техническое описание

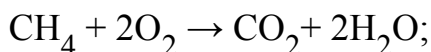
Повторный нагрев стальных слябов является очень энергоемким процессом, в котором для достижения требуемых высоких температур используется газообразное или жидкое топливо с высокой теплотворной способностью. Когда в процессе горения используется стандартный воздух, большие объемы азота поступают в печи и нагреваются за счет сжигания топлива при высокой температуре, прежде чем выбрасываются в атмосферу, что приводит к значительным потерям энергии и повышенным выбросам NO_x . При использовании кислородно-топливной технологии воздух для горения, состоящий из 78 % азота и 21 % кислорода, заменяется кислородом (чистота ≥ 90 %).

Показаны три стехиометрических уравнения, иллюстрирующих различные случаи сжигания метана при (i) сжигании воздуха, (ii) сжигании чистого кислорода и (iii) смешанном сжигании с 50%-ным обогащением кислородом воздуха для горения.

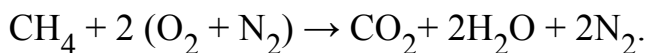
Нормальное горение на воздухе с $\text{O}_2 - 21$ % и $\text{N}_2 - 78$ %:



100 % кислородное сгорание:



Сжигание на обогащенном кислородом воздухе с 50 % O_2 и 50 % воздуха:



Удаление азота из процесса горения повышает энергоэффективность печи, поскольку при замене воздуха кислородом конечный объем продуктов сгорания значительно уменьшается (например, всего в три раза по сравнению с объемом используемого топлива при 100 %-ном сжигании кислородного топлива). В результате вырабатываемое тепло будет более доступно для нагрева загрузки печи. Этот эффект наглядно проиллюстрирован на рисунке 2.76., где процентное соотношение доступного тепла в печи представлено в зависимости от температуры отходящих газов при различных соотношениях воздух/кислород.

Удаление или уменьшение содержания азота в дымовых газах также приводит к меньшему объему отходящих газов на единицу добавленной энергии (выражается в Nm^3 отходящих газов/кВтч) и увеличению концентрации и парциальных давлений CO_2 и

H_2O . Тепловое излучение в основном исходит от CO_2 и H_2O , присутствующих в газах горения. Соответственно, высокие концентрации CO_2 и H_2O значительно увеличивают теплопередачу в печи.

В итоге, поскольку объемный расход выхлопных газов значительно меньше в случае сгорания с повышенным содержанием кислорода, тепло отдается исходному материалу более эффективно. Кроме того, переход от сжигания воздуха к сжиганию с повышенным содержанием кислорода часто приводит к снижению температуры выхлопных газов на выходе.

Для использования кислородно-топливной технологии в печах повторного нагрева и термообработки возможно несколько конфигураций, включая следующие.

Кислородно-топливная горелка со 100 %-ым кислородом.

В этой конфигурации используются кислородно-топливные горелки со 100 %-ым кислородом и без воздуха. Конструкция может варьироваться в зависимости от конкретной ситуации (например, типа используемого топлива и положения горелки). Как и в случае с воздушными горелками, кислородно-топливной горелке может потребоваться контрольная горелка или система стабилизации пламени, чтобы работать при температурах ниже температур самовоспламенения.

Воздействие на выбросы NO_x .

Хотя теоретически печь без азота не производит NO_x , в большинстве промышленных печей есть утечки, из-за которых в печь может попадать воздух и в результате образуется NO_x . Для достижения низких выбросов NO_x при использовании кислородно-топливной горелки точки впрыска топлива и кислорода обычно разделены, чтобы снизить концентрацию кислорода (часто ниже 21% O_2) и топлива до начала реакции горения. Высокая скорость впрыска способствует рециркуляции продуктов сгорания в кислород и топливо. Низкая концентрация кислорода и топлива в пламени снижает пиковую температуру пламени и подавляет образование NO_x .

Обогащение кислородом с использованием обычных горелок.

Этот метод заключается в добавлении кислорода в воздух горения для увеличения содержания кислорода в воздушном потоке с 21 % примерно до 25 – 28 %. Обычно можно использовать обычные горелки, используемые для сжигания воздуха, и преимущество заключается в том, что при необходимости очень легко переключаться между режимом "обогащенный кислородом" и обычным режимом работы "на воздушном топливе". Одним из недостатков является то, что конструкция горелки очень редко предназначена для этой цели и что выбросы NO_x имеют тенденцию к увеличению.

Внешняя продувка кислородом.

Техника внешней продувки кислородом представляет собой специальное применение, разработанное для использования преимуществ кислородно-топливного сжигания в существующих печах без необходимости замены самих горелок. Вместо добавления кислорода в поток воздуха для горения каждой горелки, как это делается при традиционном обогащении кислородом, кислород впрыскивается с высокой скоростью на небольшом расстоянии от горелки, что позволяет кислороду разбавляться дымовыми газами до того, как он примет участие в горении (см. рис. 2.78.). Уровень обогащения кислородом может достигать примерно 30 – 50 %. При использовании внешней подачи кислорода достигается сгорание, аналогичное сгоранию в беспламенной кислородно-топливной горелке, что приводит к снижению выбросов NO_x .

Для обогащения кислородом и внешней продувки кислородом важно хорошо контролировать поток воздуха, кислорода и топлива, чтобы достичь правильного общего соотношения кислорода и топлива.

Выбор между тремя вариантами кислородного топлива, представленными выше (т.е. горелка со 100 %-ым кислородом, обогащение кислородом или внешняя продувка кислородом), зависит от характеристик и производительности установки. Например, когда требуется дополнительная теплопроизводительность печи, лучшим вариантом может быть использование 100 %-ых кислородных горелок. Для печей, оборудованных обычными горелками на воздушном топливе, демонстрирующими хороший КПД, технология внешней продувки может быть лучшим решением для дальнейшего снижения энергопотребления и сокращения выбросов NO_x .

Потенциальные проблемы, которые следует учитывать – это необходимость адаптации системы управления горелкой, или потенциальная необходимость замены выпускного клапана или вентилятора, или внесения корректировок в параметры управления.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника способствует снижению энергопотребления и выбросов CO за счет более высокой эффективности сгорания и уменьшения потребности в избыточном воздухе. Этот процесс также приводит к значительному сокращению выбросов CO и оксидов азота (NO_x), что снижает нагрузку на атмосферу и улучшает качество воздуха. Кроме того, высокая концентрация CO в отходящих газах облегчает его последующий улавливание и использование.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В целом, при использовании кислородно-топливной технологии достигаются следующие улучшения:

увеличение парциальных давлений CO_2 и H_2O и более длительное время пребывания газов в печи приводят к более высокой теплопередаче за счет излучения газа, сокращению времени нагрева и увеличению производительности;

значительное снижение объемов отработанных дымовых газов и температуры отработанных дымовых газов, что приводит к уменьшению размеров систем снижения выбросов отработанных газов ниже по потоку;

подача кислорода может привести к повышению температуры пламени и при необходимости ее можно регулировать независимо от работы печи;

замена воздуха в горелке чистым кислородом снижает парциальное давление газообразного азота и может уменьшить образование термических NO_x . Однако, если кислород впрыскивается рядом с горелкой или если в печь поступает значительное количество воздуха, возможны более высокие удельные выбросы NO_x (выраженные в мг/Нм^3) из-за более высокой температуры газа. Однако общие массовые выбросы NO_x (выраженные как масса $\text{NO}_x/\text{т}$ произведенной продукции или масса $\text{NO}_x/\text{израсходованная энергия}$) снижаются из-за значительного сокращения общего объема выхлопных газов, достигаемого с помощью кислородно-топливной технологии;

снижение удельного энергопотребления;

снижение потребности в системах рекуперации тепла и зависимости от них;

на металлургических заводах полного цикла возрастает потребность в сжигании низкокалорийного топлива (например, топлива с теплотворной способностью ниже 2 кВтч/м^3), такого как доменный газ (например, теплотворная способность $<1 \text{ кВтч/м}^3$). Для таких видов топлива использование кислорода является абсолютным требованием для обеспечения температуры и стабильности пламени;

сокращение выбросов CO_2 по сравнению с печами, работающими на воздушном топливе.

Например, в нагревательных печах SSAB в Борленге используется внешняя подача кислорода. Экономия энергии составила от $1,7 \text{ кВтч/м}^3$ до $2,5 \text{ кВтч/м}^3$ кислорода в зависимости от производственных условий и печи. В процентном отношении потребление энергии (а также выбросы CO_2) снизились на 5 – 16 %, в среднем на 10 %.

На заводе Arcelor Mittal Shelby (США), где приведены данные для печи с вращающимся подом, сообщается о первоначальном снижении энергопотребления на 29 % за счет обогащения кислородом. Впоследствии сообщается о снижении потреблении энергии на 65 % в результате кислородно-топливного сжигания в сочетании с беспламенным окислением, а также о снижении выбросов NO_x на 76 % по сравнению с первоначальным методом воздушного топлива.

Кросс-медиа эффекты

Могут наблюдаться более высокие концентрации выбросов NO_x , хотя общие выбросы NO_x снижаются.

Потенциальная угроза безопасности, связанная с использованием чистого кислорода, требует принятия дополнительных мер предосторожности для обеспечения безопасности на рабочем месте.

Принимая во внимание общее воздействие на окружающую среду и общее энергопотребление, необходимо учитывать воздействие на окружающую среду и энергию, потребляемую для производства электроэнергии, используемой при производстве кислорода. Потребность в энергии для производства кислорода различается, если кислород необходимо перевести в газообразное или жидкое состояние. Примерные показатели энергопотребления составляют 278 кВтч/т (0,4 кВтч/ $\text{Нм}^3 \text{O}_2$) для производства газообразного кислорода и 800 кВтч/т (1,14 кВтч/ $\text{Нм}^3 \text{O}_2$) для производства жидкого кислорода. С учетом общей потребляемой энергии, связанной с производством электроэнергии, используемой при выделении кислорода, общее количество может достигать 3,27 кВтч/ $\text{Нм}^3 \text{O}_2$ в зависимости от источника электроэнергии (т. е. установки для сжигания с чистым КПД 35 %).

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена для печей, обрабатывающих высоколегированную сталь. Например, внедрение этой технологии для производства высокопрочной стали на линии нанесения покрытий горячим погружением невозможно из-за связанного с этим окисления поверхности.

Применимость к существующим установкам может быть ограничена конструкцией печи и необходимостью минимального расхода отходящих газов. Действительно, в зависимости от конструкции печи (например, системы вытяжки) может потребоваться минимальный объем/расход дымовых газов для обеспечения правильной работы печи/сжигания и транспортировки дымовых газов через печь и отвод дымовых газов.

Не применяется к печам, оснащенным радиационными трубчатыми горелками

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Низкие капиталовложения в печь. Если необходимо построить завод по производству кислорода, инвестиционные затраты высоки.

Сжигание кислородного топлива в печи повторного нагрева может привести к увеличению производительности нагреваемого материала (например, слябов/плоской прокатной заготовки). Если установлено сжигание кислородного топлива и достигается более высокая производительность, необходимо обеспечить увеличение производительности также на последующих этапах производства (например, прокатка,

черновая обработка, размотка, промежуточный нагрев), чтобы избежать высоких эксплуатационных расходов.

Основными эксплуатационными расходами при сжигании кислородного топлива являются затраты на кислород. Кислородно-топливную технологию можно считать жизнеспособным решением только в том случае, если кислород доступен по низкой цене, что позволяет экономить средства при сравнении цены потребления энергии и топлива с ценой приобретения кислорода.

Кислород высокой чистоты может быть заменен кислородом с чистотой около 90 %, что позволяет снизить затраты.

Достигаются более высокие температуры печи, что приводит к сокращению времени процесса и повышению производительности.

Движущая сила для внедрения

Повышение производительности.

Экономия энергии.

Общее сокращение выбросов NO_x .

5.4.4.8. Снижение образования NO_x при травлении смешанными кислотами методом использования H_2O_2 (или мочевины) в травильных ваннах

Описание

Подавление NO_x путем впрыска перекиси водорода (или мочевины)

Техническое описание

Реакция между пероксидом водорода (H_2O_2) и NO_x происходит в водной фазе, в которой NO_x реагирует с водой с образованием азотистой кислоты (HNO_2). HNO_2 относительно нестабильна и легко разлагается обратно на NO_2 , NO и H_2O . В итоге NO_x будет выделен в результате процесса. Однако присутствие H_2O_2 быстро окисляет HNO_2 до более стабильной HNO_3 , тем самым предотвращая повторное образование и выброс NO_x .

Ключом к эффективному использованию перекиси водорода для подавления выбросов NO_x путем добавления в травильную ванну является эффективное перемешивание. Когда перекись водорода добавляется к травильному раствору, содержащему как оксиды азота, так и ионы переходных металлов, он либо окисляет NO_x , либо сам подвергается каталитическому разложению в результате реакции с ионами металлов.

Снижение образования NO_x путем закачки H_2O_2 в контур рециркуляции

Один из методов эффективного смешивания H_2O_2 и раствора ванны заключается во впрыскивании перекиси водорода в рециркулируемый травильный раствор.

Содержимое ванны перекачивается по рециркуляционному контуру со скоростью до десяти смен ванны в час. Перекись водорода (35 %) дозируется в этот контур со скоростью до 1 л/мин., в зависимости от соответствующих условий процесса. Проведенные испытания показали, что с помощью данной техники достигается эффективность подавления NO_x, превышающая 90 %.

Снижение образования NO_x за счет впрыска H₂O₂ в травильную ванну через барботажную трубу. Капитальные затраты на новую установку рециркуляционного контура на травильную ванну могут быть высокими. Следовательно, альтернативный метод добавления H₂O₂ в травильную ванну заключается в непосредственном впрыскивании H₂O₂ в травильную ванну через раздвоенный барботер, расположенный в травильной ванне. В ванну вставляется простая барботажная труба, сделанная из полипропиленовой трубки диаметром 30 мм с отверстиями 3 мм, просверленными с интервалом 150 мм.

Из-за большого количества нерастворимых отложений, которые накапливаются в ванне для травления, барботажная труба расположена с отверстиями, направленными под углом 45 ° вниз к горизонтали, чтобы минимизировать засорения. Барботажная труба расположена у стального входа в ванну, прямо под движущимся стальным листом, чтобы предотвратить случайное столкновение с листом, а также использовать постоянное движение стального листа в качестве метода эффективного перемешивания H₂O₂ в травильную ванну.

Проведенные испытания показали, что с помощью этого метода достигается эффективность подавления NO_x, превышающая 90 %.

Преимущества снижения образования NO_x перекисью водорода. Перекись водорода превращает NO_x в азотную кислоту на месте и, следовательно, снижает потребление азотной кислоты, в некоторых случаях на 20 – 30 %.

Никаких серьезных изменений в работе установки не требуется.

Существующий скруббер на основе фтористоводородной кислоты может использоваться без необходимости нейтрализации промывной жидкости, так как образовавшийся слабый раствор плавиковой кислоты можно вернуть в процесс.

Основные достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x.

Применимость

Новые и существующие заводы.

Кросс-медиа эффекты

Снижение расхода кислоты.

Расход перекиси водорода (от 3 до 10 кг/т).

Для турбулентного травления в мелкой ванне необходимая мощность дозы перекиси водорода может резко возрасти. Для крупных травильных установок, где мощность дозы перекиси водорода была бы чрезмерной, другие меры по снижению NOx, например, система СКВ, могут быть более подходящими.

Эксплуатационные данные

Добавление перекиси водорода подавляет образование газообразных выбросов NOx за счет риформинга HNO_3 в травильном баке. Таким образом, можно повторно использовать кислотную часть, что приводит к снижению расхода кислоты до 25 %.

Для подавления NOx с использованием добавления мочевины в травильную ванну (плюс газоочиститель) выбросы были достоверно ниже предельного значения NOx, равного 850 мг/Нм^3 . Повышенное содержание аммиака в сточных водах было снижено за счет аэрации.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущий фактор внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.5. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов CO от организованных источников выбросов

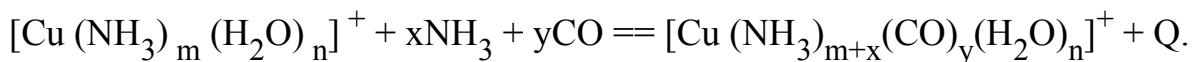
5.4.5.1. Абсорбция

Описание

Для очистки газов от оксида углерода используют абсорбцию или промывку газа жидким азотом. Абсорбцию проводят также водно-аммиачными растворами закисных солей ацетата, формиата или карбоната меди.

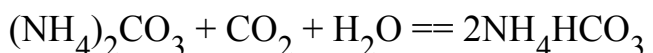
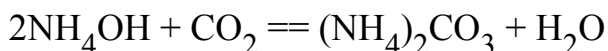
Техническое описание

В случае применения медно-аммиачных растворов образуются комплексные медно-аммиачные соединения оксида углерода:



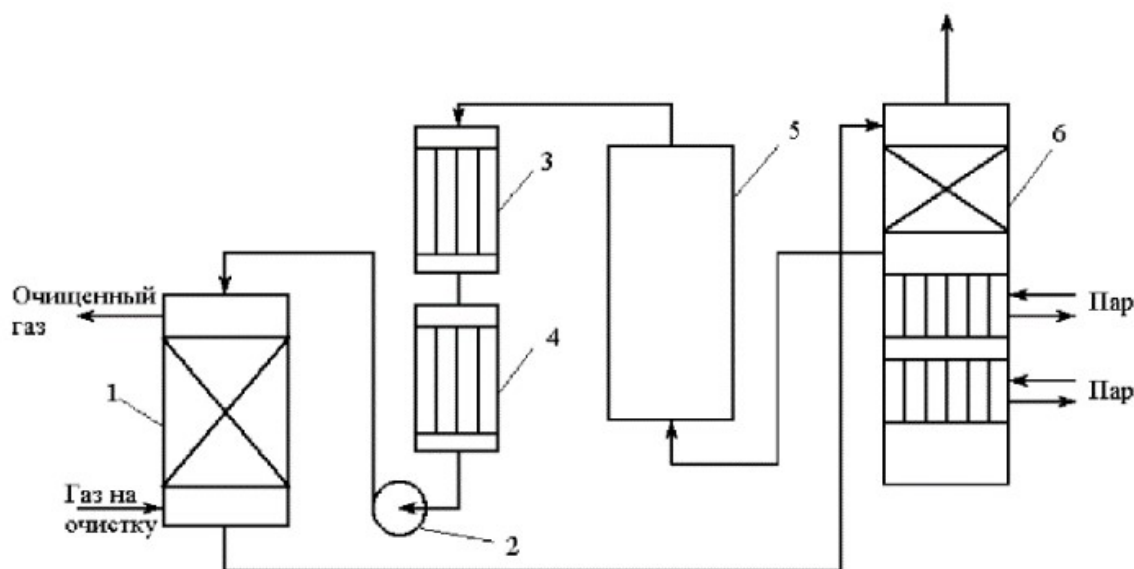
Показано, что наиболее вероятной формой существования одновалентной меди является ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]^+$, образующий с CO ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}]^+$ с выделением одного моля воды.

Раствор имеет слабощелочной характер, поэтому одновременно поглощается и диоксид углерода:



Абсорбционная способность раствора увеличивается с повышением концентрации одновалентной меди, давления CO и уменьшением температуры абсорбции.

Соотношение свободных аммиака и диоксида углерода в растворе также влияет на поглотительную способность раствора.



1 – абсорбер; 2 – насос; 3 – водяной холодильник; 4 – аммиачный холодильник;
5 – емкость; 6 – десорбер.

Рисунок 5.8. Схема установки медно-аммиачной очистки газов [62]

Газ из цеха компрессии под давлением 32 МПа поступает в скрубберы, орошаемые медно-аммиачным раствором.

Состав азотоводородной смеси (%): H_2 70; N_2 23–26; CO 3–5; CO_2 1,5–2.

После очистки газ, содержащий не более $40 \text{ см}^3/\text{м}^3$ CO и до $150 \text{ см}^3/\text{м}^3$ CO_2 , подается в скрубберы, орошаемые аммиачной водой (на схеме не показан), он освобождается от остальной CO_2 , и затем в цех синтеза NH_3 . Регенерацию медно-аммиачного раствора проводят путем снижения давления и нагревания раствора в десорбер. В результате предварительного дросселирования медно-аммиачного раствора до 0,8 МПа из него удаляются растворенные H_2 и N_2 . При дальнейшем дросселировании до 0,1 МПа и нагревании раствора до 45–50 °С происходит разложение медноаммиачного комплекса и выделение CO .

Для нагревания отработанного раствора до 60 °С служит отходящий регенерированный раствор, а для окончательного нагрева до 80 °С – пар. Регенерированный раствор охлаждают последовательно поступающим отработанным раствором, оборотной водой в теплообменнике 3 и испаряющимся жидким NH_3 в

холодильнике 4, после чего регенерированный раствор при 10 °С направляют на абсорбцию. В случае необходимости проводят окисление Si^+ продуванием воздуха через регенерированный раствор.

Для разложения углекислого аммония при атмосферном давлении раствор нагревают не выше 80 °С. Поскольку при более высокой температуре медноаммиачный комплекс разлагается, для более полной регенерации вторую ее ступень проводят в вакууме.

Чтобы предупредить выделение металлической меди при регенерации аммиачного раствора формиата или ацетата меди, к нему добавляют свежую муравьиную или уксусную кислоту.

Окончательную очистку водорода, идущего на синтез аммиака, от оксида углерода производят промывкой газа жидким азотом при температуре порядка 190 °С под давлением 20 – 25 атм. Этот метод относится к низкотемпературным процессам очистки газов и основан на физической абсорбции СО.

Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления.

Характерным для этого процесса является отсутствие стадии десорбции поглощенной примеси из абсорбента: часть испарившегося азота примешивается к водороду и используется в ступени синтеза. Так как промывка ведется чистым абсорбентом, то может быть достигнута любая степень очистки.

Особенность процесса такова, что его можно рассматривать не как абсорбцию, а как ректификацию смеси N_2 - СО в токе инертного газа – водорода.

Имеются данные о равновесии в тройной системе H_2 - N_2 -СО, анализ которых показывает, что H_2 практически не влияет на растворимость СО в жидком азоте. Поэтому расчет процесса можно проводить по данным для двойной смеси. Полученная по этим данным зависимость растворимости СО в жидком азоте от давления СО над раствором описывается законом Генри.

Минимальный расход азота для промывки 150 м³ газа, содержащего 6 % СО, возможен при $P=2-2,6$ МПа и равен 12 – 13 см³.

Температура оказывает очень большое влияние на расход жидкого азота и высоту колонны.

Расход азота, как и для других процессов физической абсорбции, практически не зависит от концентрации СО и уменьшается почти пропорционально увеличению общего давления.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества СО.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень очистки зависит от парциального давления СО над регенерированным раствором и общего давления газа.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов СО.

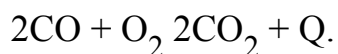
5.4.5.2. Каталитическая очистка газов

Описание

Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки.

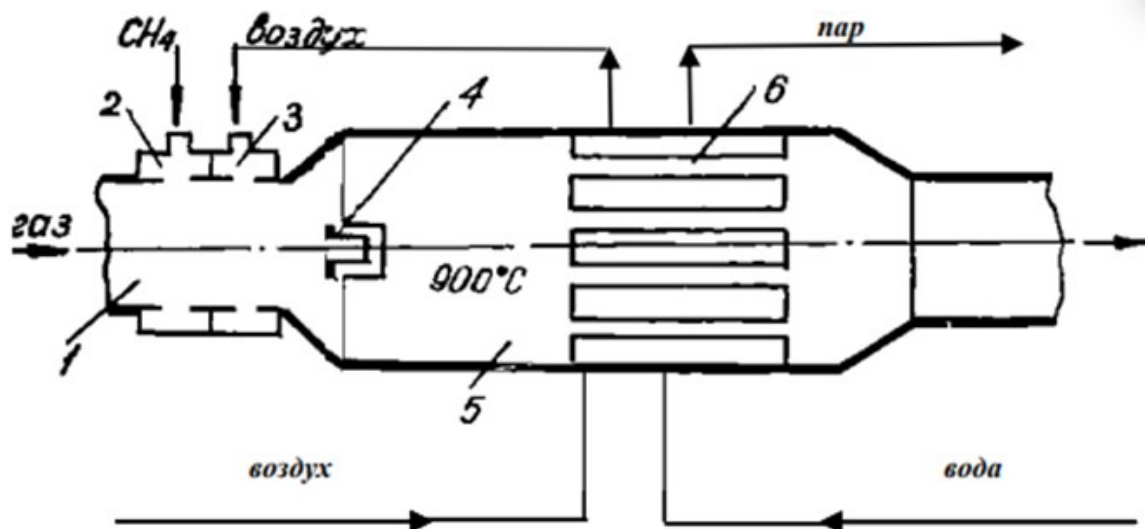
Техническое описание

Суть метода заключается в окислении СО до СО₂ кислородом воздуха:



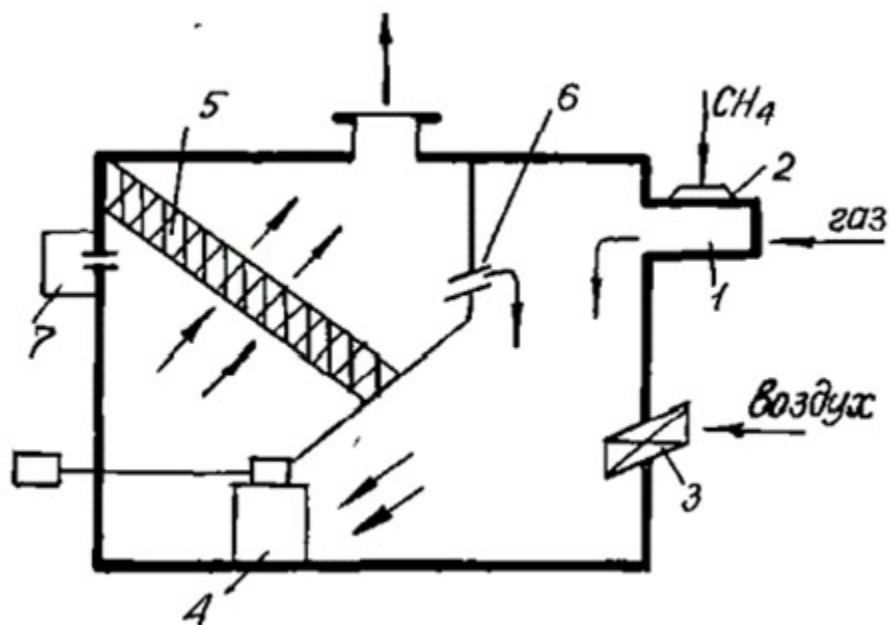
Процесс осуществляется в двух вариантах: термическим некаталитическим дожиганием при температуре 900 – 1000 С и каталитическим дожиганием при температуре 350 – 400 С.

Схема установок приведена на рисунках ниже.



1 – газоход; 2,3 – патрубок; 4 – запальная свеча; 5 – камера дожигания; 6 – теплообменный утилизатор.

Рисунок 5.9. Некаталитическое дожигание СО



1 – газоход; 2 – патрубок; 3 – заслонка; 4 – вентилятор; 5 – заслонка.

Рисунок 5.10. Каталитическое дожигание СО

Действие установки некаталитического дожигания СО заключается в следующем: в газоход подают газы на очистку, сюда же поступают топливо и воздух. С помощью запального устройства газовая смесь поджигается и горит в камере дожигания. Температура газа на выходе из камеры 1100 – 1200 С, поэтому рационально устанавливать за камерой теплообменники, в которых температура дымовых газов уменьшается до 200 – 300 С. В случае невозможности термического дожигания

используют каталитическое дожигание СО. В этом случае применяются аппараты со слоем никелевого или платинового катализатора, нанесенные на оксид алюминия. После предварительного подогрева очищаемого газа до температуры 200 – 300 °С газовая смесь направляется на очистку. Обычно подогревание осуществляют за счет байпаса очищенных газов, а при запуске установки – сжигания определенного количества топлива. На катализаторе процесс идет при температуре 300 – 350 °С. Возможно использование катализатора гопкалит, представляющего собой катализатор на основе MnO_2 с добавлением 20 % оксидов меди. Температура процесса около 250 °С. Происходящие на катализаторе окислительные реакции экзотермичны, что приводит к сильному разогреву продуктов катализа. Конвертированные газы при температуре до 700 °С передают в котел-утилизатор, обеспечивающий производство перегретого до 380 °С водяного пара под давлением 4 МПа. Выходящие из котла-утилизатора обезвреженные газы при температуре около 200 °С дымососом через дымовую трубу эвакуируют в атмосферу. При обработке 60 тыс. $m^3/ч$ отходящих газов расход электроэнергии составляет 500 кВт, производится пара 26,5 т/ч [50].

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества СО.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Благодаря применению катализаторов можно достичь высокой степени очистки газа, достигающей в ряде случаев 99,9 % [51].

Кросс-медиа эффекты

Наряду с оксидом углерода в зависимости от условий конкретного производства в газах могут содержаться и другие токсичные компоненты: диоксид серы, оксиды азота, механические примеси в виде различных пылей.

Из-за присутствия в составе диоксида серы марганцевый катализатор теряет свою активность в течение 3 – 4 часов. Предварительное удаление диоксида серы из газов обеспечивает стабильную работу этого катализатора уже при 150 – 180 °С, а при 220 – 240 °С достигается степень обезвреживания оксида углерода 90 – 96 % при объемных скоростях газа 2000 ч. Медно-хромовый катализатор (50 % оксида меди и 10 % оксида хрома) позволяет достичь при 240 °С необходимых степеней конверсии оксида углерода при более высоких объемных скоростях газа (до 20 тыс. ч.) и большей длительности работы (до 120 ч.). Однако при использовании катализаторов этих двух типов степень обезвреживания оксида углерода падает с увеличением объемной скорости обрабатываемых газов, уменьшением температуры процесса и возрастанием содержания оксида углерода в конвертируемых газах, что ограничивает целесообразность применения этих катализаторов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для новых предприятий и при модернизации существующих.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость изделий, содержащих палладий и другие драгоценные металлы, исходит из двух ключевых показателей: мировая цена на драгоценные металлы, процент и количество благородных металлов в сотах катализатора.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов CO.

5.4.5.3. Снижение выбросов оксида углерода и проскоков CO

Описание

Снижение выбросов CO путем использования сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и исключения проскоков CO₂ путем регулирования процесса горения, качества топлива и систем подачи топлива.

Техническое описание

Отходящие печные газы или газы, выходящие из сырьевых мельниц, содержат, кроме CO₂, N₂, паров воды и кислорода, в несколько меньшем количестве NO и SO₂, а также CO. Выбор, когда это возможно, сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества снижает выбросы CO. Когда в результате неполного сгорания топлива появляется оксид углерода, улавливание выбросов становится менее эффективным. Поэтому при работе установки соблюдается тенденция ограничения выделения CO из печи. Улучшение сжигания, оптимизация и качество топлива, характеристики горелки и ее конфигурация, конструкция печи, температура горения и время пребывания топлива в печи – все это может снизить выбросы CO [48].

Все технические решения, которые приводят к снижению потребления топлива, также уменьшают количество выбросов CO₂. Выбор при возможности сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и величины его калорийности снижает выбросы CO₂.

Проскок CO.

Выделения пыли из-за проскока CO могут увеличиваться при использовании электрофильтров и в некоторых случаях – гибридных фильтров. Из соображений безопасности электрофильтры должны быть выключены при появлении CO в отходящих газах.

Чтобы снизить время отключения электрофильтра, необходимо выполнить следующие мероприятия:

- 1) дать объективную оценку ситуации и выявить основные причины, влияющие на появление CO, а именно:

нарушение режима обжига;

высокий уровень СО из-за высокого содержания органических соединений в сырьевом материале;

нарушения в питании печи топливом;

нарушения процесса сжигания топлива;

2) сравнить текущую и оптимальную ситуацию, установить приоритеты;

3) оптимизировать процесс, обеспечить анализ системы, надежности и скорости технических решений.

Чтобы идентифицировать причины и направление действия, а также разработать необходимые технические решения, требуется следующая информация:

о наличии, надежности и динамике поведения анализируемого оборудования;

о статистике появления СО;

об используемом топливе, системе подачи топлива и процессе.

Система питания топливом, спроектированная для предотвращения волнообразной подачи в печь и обеспечения стабильной работы системы сжигания, может минимизировать появление проскоков СО.

Для того, чтобы контролировать уровень СО в печи, используется автоматический измеритель для постоянного контроля СО в отходящих газах. Это техническое решение нуждается в оптимизации для того, чтобы обеспечить необходимое отключение электрофильтров. Идеальная система контроля СО имеет короткое время отклика и должна быть расположена близко к источникам выделения СО, таким, как выход из циклонного теплообменника или из печи в случае применения мокрого способа производства. Необходимо учитывать время на анализ, включая время отбора пробы, которое не должно превышать 20 – 30 сек. (время запаздывания анализа). Для сокращения времени отключения электрофильтра необходимо учитывать тенденции изменения СО на основе ранее полученной, накопленной и проанализированной информации. Время запаздывания при контроле СО может быть снижено увеличением количества образцов, сокращением расстояния от точки отбора пробы до анализатора, снижением объема анализируемой пробы и быстрым электронным описанием сигнала. Быстрое определение состояния системы можно обеспечить в течение менее 3 секунд, но имеется ограничение для газов с большим количеством пыли. Необходимы также постоянный уход и калибровка режима работы прибора. Возможность анализатора такова, что имеется соответствующий критический диапазон показаний, при котором можно определять компоненты: до 5 % для СО и 3 % – для CH_4 . Если появление СО не может быть предотвращено, любые воспламеняющиеся источники, особенно оборудование с высоким напряжением (электрофильтры), требуют специального внимания. Другими источниками, которые потенциально могут привести к возгоранию или взрыву в системе пылеочистки, могут быть трение твердых тел или вентилятор.

Критическими параметрами считаются присутствие в газах более 8 % CO или CH_4 в присутствии более 6 % O_2 . Фактически при проскоке CO рост его концентрации в газах происходит очень быстро и может достичь критического значения еще до осуществления анализа, хотя и в этом случае система должна поднять тревогу. Поэтому уровень срабатывания системы отключения и сигнализации должен быть настроен значительно ниже критического; вдобавок он зависит от концентрации CH_4 и H_2 , особенно при использовании природного газа в качестве топлива.

Отключение электрофильтров происходит в основном на стадии пуска/остановки печи. Для безопасной работы и защиты электрофильтра газоанализатор должен работать постоянно на всех стадиях процесса. Время отключения электрофильтра на заводе может быть снижено использованием дублирующей системы.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества CO и пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Выбросы пыли могут появиться из-за проскока CO.

CO может быть обнаружен в проходящих газах при концентрации до 0,1 % с дополнительным количеством CO, порождаемым углеродом, содержащимся в сырьевых материалах.

Кросс-медиа эффекты

Выбросы пыли могут появиться из-за проскока CO.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технические решения для снижения проскоков CO могут применяться на всех типах печей.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.5.4. Регенеративный термический окислитель

Описание

Работа регенеративного термического окислителя основана на химическом/термическом и механическом процессах. Химический/термический процесс – это приложение тепла к технологическому потоку выхлопных газов, который содержит ЛОС и опасные загрязнители воздуха. Это применение тепла окисляет загрязнители из их первоначального химического состояния до двух инертных соединений: CO_2 и H_2O .

Термическая очистка газа путем окисления ЛОС производится при температурах от 800 до 1000 °С. При этих температурах ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO_2 и водяной пар H_2O , которые не представляют опасности и не имеют запаха.

Техническое описание

Термический окислитель используется для борьбы с загрязнением воздуха в течение многих десятилетий, является одной из наиболее распространенных технологий для уничтожения ЛОС, опасных загрязнителей воздуха и в некоторой степени запаха. Эти загрязнители, как правило, являются органическими и могут быть уничтожены окислением при высокой температуре, т.е. преобразованы в CO_2 и H_2O перед выбросом в атмосферу.

Существует несколько типов термоокислителей, применяемых в промышленности, но чаще всего встречаются два типа:

термический окислитель прямого сжигания

регенеративный термический окислитель (РТО).

Также известны каталитические окислители, такие, как регенеративные каталитические окислители (РКО) или рекуперативные каталитические окислители. Каталитический окислитель – это просто термический окислитель с добавленным катализатором, который обеспечивает эффективное окисление при гораздо более низкой температуре [52].

Регенерационный термический окислитель (РТО) является наиболее распространенным и широко используемым типом окислителя на сегодняшний день. Это предпочтительная технология окисления, предназначенная для уничтожения ЛОС, опасных и иных загрязнителей воздуха. РТО является предпочтительным выбором из-за высокой эффективности уничтожения и способности восстанавливать большую часть тепловой энергии, которая генерируется для разрушения ЛОС и опасных загрязнителей воздуха.

Примеры стандартных органических соединений показаны в таблице 5.6.

Таблица 5.6. Стандартные органические соединения [52]

№ п/п	Наименование	Формула
1	Ацеталь	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$
2	Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
3	Бензол	C_6H_6
4	Бутанол	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
5	Циклогексанол	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$
6	Формальдегид	CH_2O

7	Гептан	C_7H_{16}
8	Изопентан	C_5H_{12}

Таблица 5.7. Преобразования ЛОС в инертные соединения

№ п/п	Наименование	Химическая реакция (преобразования)
1	Формальдегид	$CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
2	Гептан	$C_7H_{16} + 11O_2 \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$
3	Гексан	$2C_6H_{14} + 19O_2 \rightarrow 12CO_2 + 14H_2O$

Механический процесс РТО работает по принципу переменного потока газа через несколько "слоев" керамических теплообменных сред. Входящий газ сначала втягивается в систему и поднимается вверх через входной слой, где газ предварительно нагревается за счет контакта с керамическим теплоносителем. По мере продвижения газа вверх через керамическую среду газ достигает температуры от 760 °С до 800 °С. Затем газ поступает в камеру сгорания, где работает горелка (обычно работающая на природном газе), повышая температуру газа до 815 – 955 °С.

Эта температура называется "заданная температура камеры сгорания" и является точкой, в которой почти все соединения ЛОС и опасных загрязнителей воздуха разрушаются и преобразуются в CO_2 и H_2O . В этот момент технологический газ, очищенный от загрязнений и нагретый, направляется вниз через выходной слой теплообменной среды. Газ при температуре камеры сгорания отдает свое тепло керамической среде, проходя вниз через выпускной слой.

По прошествии двух-трех минут РТО переключается таким образом, чтобы клапаны обращали поток воздуха через систему. Этот возвратно-поступательный процесс или цикл называется регенеративным термическим.

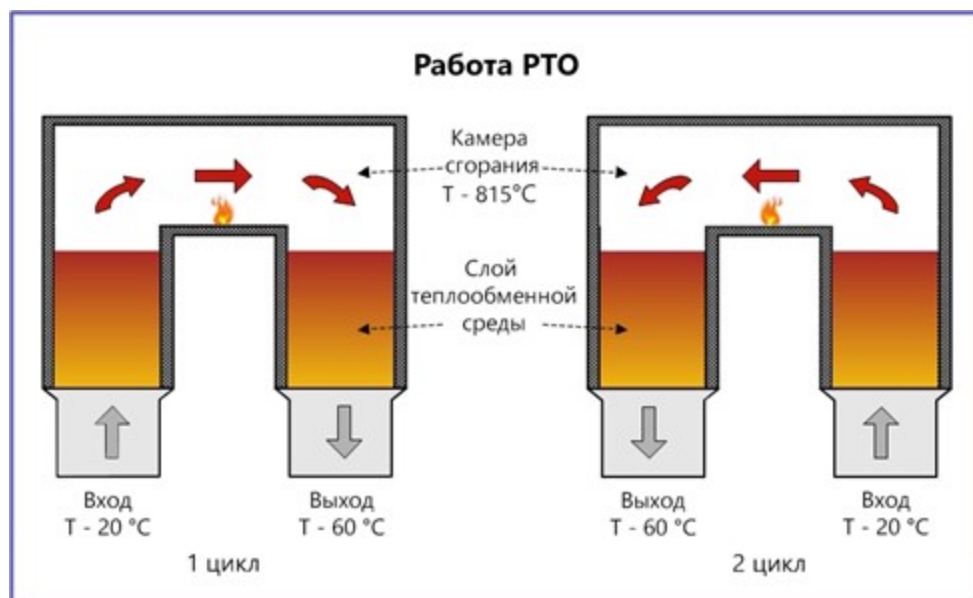
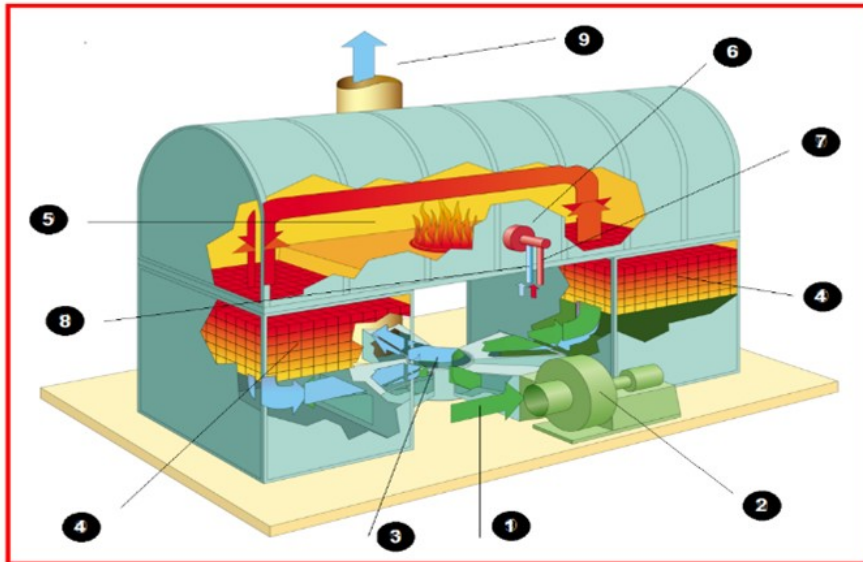


Рисунок 5.11. Принцип работы РТО

Конструкция РТО отличается от конструкции рекуперативных термических окислителей отсутствием трубчатых или кожухотрубчатых теплообменников для нагрева или охлаждения потоков газов. Вместо того, чтобы сбрасывать чистый и горячий воздух в атмосферу, РТО способен утилизировать до 95 % тепла. Еще одно отличие состоит в том, что выходящий очищенный поток может направляться в другую часть технологического процесса для его дальнейшего использования.

Регенеративный термоокислитель



1. Входной поток выбросов
2. Воздуходувка
3. Переключающие клапаны
4. Керамический наполнитель
5. Камера сгорания
6. Горелка
7. Топливный газ
8. Воздух
9. Выхлопная труба

Рисунок 5.12. Конструкция РТО

Двумя наиболее распространенными видами регенеративных термических окислителей являются двухкамерный и трехкамерный. Существуют также системы с тремя и более камерами для более сложных применений.

Регенеративные термические окислители с двумя камерами имеют низкий коэффициент капитальных затрат, требуют более тщательного технического обслуживания за счет наличия в своей конструкции движущихся частей, но при этом достигается эффективность разрушения вредных веществ до 98 – 99 %.

Технологический поток выбросов поступает в один из предварительно нагретых фильтрационных керамических слоев. Предварительный нагрев слоя уменьшает количество вспомогательного топливного газа, которое потребовалось бы для работы установки. Далее поток поступает в камеру сгорания. После того как в камере сгорания произойдет окислительный процесс, отработанный газ проходит через второй фильтрационный керамический слой, где газ охлаждается, передавая часть своего тепла слою керамического наполнителя. Переключающие клапаны предназначены для направления потока газа из одного фильтрационного керамического слоя в другой для

нагрева или охлаждения перерабатываемого потока выбросов. Данный тип окислителя работает при чрезвычайно высокой температуре – около 815 °С.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества СО за счет термического окисления СО до СО₂.

Полное окисление любых ЛОС.

Снижение запаха.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Регенеративный термический окислитель настолько эффективен в регенерации отходящего тепла, что способен поддерживать необходимую температуру в камере сгорания только за счет энергии окисления ЛОС.

Основные преимущества регенеративного термического окислителя:

простая и надежная конструкция;

двойное уплотнение с самоочисткой;

легкий доступ для обслуживания;

отсутствие полостей, где могут скапливаться кислоты и другие загрязнители;

возможность адаптации к большому разнообразию воздушных потоков;

удаление широкого спектра ЛОС;

как эксплуатационные расходы, так и расходы на техническое обслуживание достаточно низкие;

высокий термический КПД;

во время процесса не образуются остатки;

рекуперация энергии, вырабатываемой для внешних процессов [53].

В РТО используется керамический слой, который нагревается от предыдущего цикла окисления для предварительного нагрева поступающих газов с целью их частичного окисления. Предварительно нагретые газы поступают в камеру сгорания, которая нагревается от внешнего источника топлива для достижения целевой температуры окисления, которая находится в диапазоне от 760 °С (1400 °F) до 820 °С (1510 °F). Конечная температура может достигать 1100 °С (2010 °F) для приложений, требующих максимального разрушения. Расход воздуха составляет от 2,4 до 240 стандартных м³/сек.

РТО очень универсальны и чрезвычайно эффективны – тепловой КПД может достигать 95 %. Они регулярно используются для удаления паров растворителей, запахов в самых разных отраслях промышленности стран СНГ и мира.

Кросс-медиа эффекты

При эксплуатации регенеративных термических окислителей (РТО) возможны высокие расходы электроэнергии, а также требуется большая площадь для размещения оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Регенеративный термический окислитель может использоваться в производстве титана и магния. По сравнению с другими технологиями контроля выбросов регенеративные термические окислители (РТО) особенно надежны и имеют низкие эксплуатационные расходы:

КПД эффективности энергозатрат составляет около 95 % и даже в некоторых случаях 99 %, что значительно сокращает расход топлива;

подходит для многих применений;

простота конструкции;

долговечность;

высокий уровень разрушения ЛОС;

низкий уровень выбросов оксидов азота (NO_x);

применение в условиях непрерывной работы [65].

Основными недостатками регенеративных термических окислителей являются:

высокие расходы на электроэнергию;

большая площадь, требуемая для размещения оборудования;

вес, который может быть в три раза выше, чем у рекуперативного окислителя.

РТО является более сложной системой с большим количеством движущихся частей, требуется большее техническое обслуживание.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Сокращение производственных затрат за счет высокой эффективности; снижение выбросов СО до приемлемых значений, низкий расход топлива, не требует применения расходных дорогостоящих катализаторов; надежны и имеют низкие эксплуатационные расходы.

Движущая сила внедрения

Реализация процесса термического окисления СО до CO_2 .

Полное окисление любых ЛОС.

Снижение запаха.

Требования экологического законодательства.

5.4.5.5. Каталитическое дожигание СО

Описание

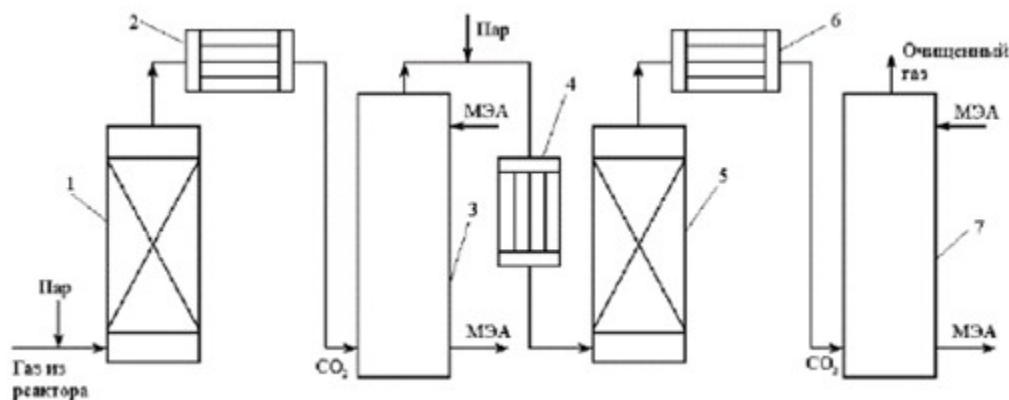
Процесс очистки газовых смесей с высоким содержанием СО с использованием реакции водяного газа (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов.

Техническое описание

Процесс очистки газовых смесей с высоким содержанием СО осуществляется с использованием реакции водяного газа (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов:



Процесс применим для очистки водорода, получаемого конверсией природного газа, кроме того метод используют для изменения соотношения H_2 : СО в синтез-газе, а также для очистки защитной атмосферы, предназначенной для термообработки металлов. Промышленный катализатор конверсии имеет форму таблеток размером 6,4х6,4 или 9,6х9,6 мм. Он содержит от 70 до 85 % Fe_2O_3 и 5 – 15 % промотора Cr_2O_3 . Катализатор относительно устойчив в присутствии сернистых соединений при непродолжительном воздействии капельной влаги; он сохраняет активность вплоть до 600 °С. В случае высоких концентраций СО в исходном газе катализатор в контакторе располагают в несколько слоев, причем необходимо предусмотреть меры для отвода тепла между слоями. Схема процесса представлена на рисунке ниже.



1 – конвертор СО первой ступени; 2, 6 – холодильники; 3 – абсорбер CO_2 первой ступени; 4 – нагреватель газа; 5 – конвертор СО второй ступени; 7 – абсорбер CO_2 второй ступени.

Рисунок 5.13. Схема установки для очистки газов от оксида углерода реакцией водяного газа

Газовую смесь, образованную в результате конверсии природного газа с паром и содержащую водород, оксид и диоксид углерода, после выхода из реактора конверсии охлаждают добавкой водяного пара до 370 °С и пропускают через конвертор первой

ступени (1). Здесь в присутствии катализатора 90 – 95 % СО превращается в CO_2 с образованием эквивалентного количества водорода. Газ охлаждают в водяном холодильнике (2) до 35 – 40 °С и извлекают из него диоксид углерода этаноламином. Очищенный газ подогревают, добавляют необходимое количество водяного пара, снова подвергают конверсии и очистке от образовавшегося CO_2 . С целью получения водорода повышенной чистоты иногда процесс проводят в три ступени. После третьей ступени газ имеет состав: 99,7 % (об.) H_2 ; 0,02% СО; 0,01% CO_2 ; 0,27% CH_4 .

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества СО. **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Преимущества: отсутствие токсичных отходов, выбрасываемых в природные среды; экономичность; доступность растворителя – воды, относительная простота технологического процесса и применяемых аппаратов.

Недостатки: небольшая поглотительная емкость воды по CO_2 , недостаточная чистота выделяемого CO_2

Степень очистки зависит от парциального давления СО над регенерированным раствором и общего давления газа.

Кросс-медиа эффекты

Потребление воды.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов СО.

5.4.6. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов хлора и хлористого водорода от организованных источников выбросов

5.4.6.1. Абсорберные системы типа ШВ

Описание

Абсорберная система ШВ предназначена для очистки хлористого водорода и доочистки хлора, образующегося при выполнении технологического и производственного процессов.

Техническое описание

Абсорберные системы типа ШВ предназначены для очистки воздуха от газообразных компонентов (хлористого водорода и хлора). Загрязненный воздух под давлением или разрежением вентилятора поступает в камеру приема воздуха, находящуюся в нижней части корпуса скруббера. Далее загрязненный воздух проходит секции с подвижной массообменной насадкой. Подвижная насадка представляет собой полые полипропиленовые шары. Насос забирает жидкость из циркуляционной емкости и распыляет ее над массообменными секциями с помощью форсунок. Распыл осуществляется полноконусными форсунками, изготовленными из полимерных материалов. За счет специально разработанной конструкции форсунок распыл жидкости осуществляется равномерно по всей площади абсорбера. В слое массообменной секции загрязненный воздух и орошающая жидкость движутся в противотоке и контактируют на поверхности массообменной насадки. За счет высокой удельной поверхности массообменной насадки происходит высокоэффективная очистка воздуха. Далее воздух проходит через каплеуловитель и после поступает на выход из абсорбера. В качестве абсорбента применяется промышленная вода (техническая).

Абсорберные системы типа ШВ включает в себя:

- вентиляторы;
- бак циркуляции;
- насосы;
- систему газоходов.

Схема устройства абсорберной системы показана на рисунке 5.14.

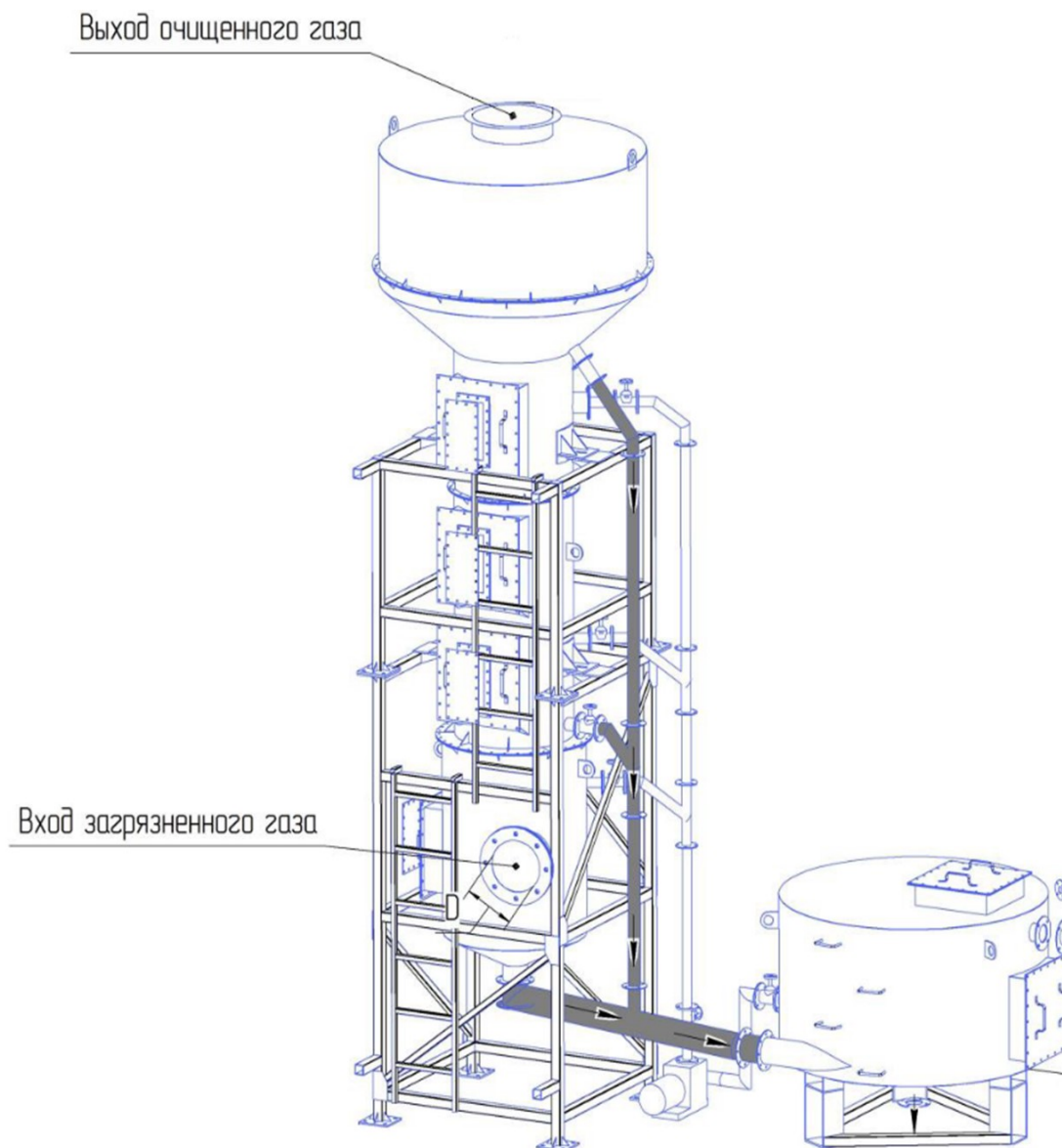


Рисунок 5.14. Устройства абсорберной системы типа ШВ

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющих веществ хлористого водорода и хлора.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность очистки от хлористого водорода составляет не менее 95%.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности абсорберные системы типа ШВ стали одними из успешных устройств для очистки хлористого водорода и доочистки хлора из отходящих газов от основного технологического оборудования.

Абсорберные системы типа ШВ установлены и применяются во многих компаниях. Примеры заводов: ПАО "Новосибирский завод химконцентратов" (Росатом, (Россия)); ПАО "Таганрогский металлургический завод" (Россия); ООО "Газпромнефть-Аэро Мурманск" (Газпром, Россия); АО "УзАвто Моторс" (General Motors, Узбекистан); ОАО "Речицкий метизный завод" (Беларусь); "Сибирский химический комбинат" (Росатом, Россия); АО "Маяк" (Росатом, Россия); АО "Ангарский завод катализаторов и органического синтеза" (Роснефть, Россия); ТОО "КазЦинк" (Казахстан).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Сокращение выбросов хлористого водорода и хлора, экономия сырья.

5.4.6.2. Абсорберные системы полые цилиндрические

Описание

Абсорберная система полая цилиндрическая предназначена для очистки хлористого водорода и доочистки хлора, образующихся от основного технологического оборудования при выполнении технологического и производственного процессов. В качестве абсорбента применяется промышленная вода (техническая).

Техническое описание

Орошение абсорберов осуществляется по замкнутому циклу. Из бака циркуляции насосом вода подается по напорному трубопроводу на форсунки-распылители и через сливные отверстия в абсорберах по сливным трубопроводам сливаются обратно в бак циркуляции. Часть орошающей жидкости (до 15%) газовым потоком уносится из абсорбера и улавливается в циклонах-каплеуловителях и далее по сливным трубопроводам возвращается в бак циркуляции.

Абсорберная система включает в себя:

вентилятор;

бак циркуляции;

насосы;

систему газоходов;

циклон-каплеуловитель.

Схема устройства абсорберной системы показана на рисунке 5.15.

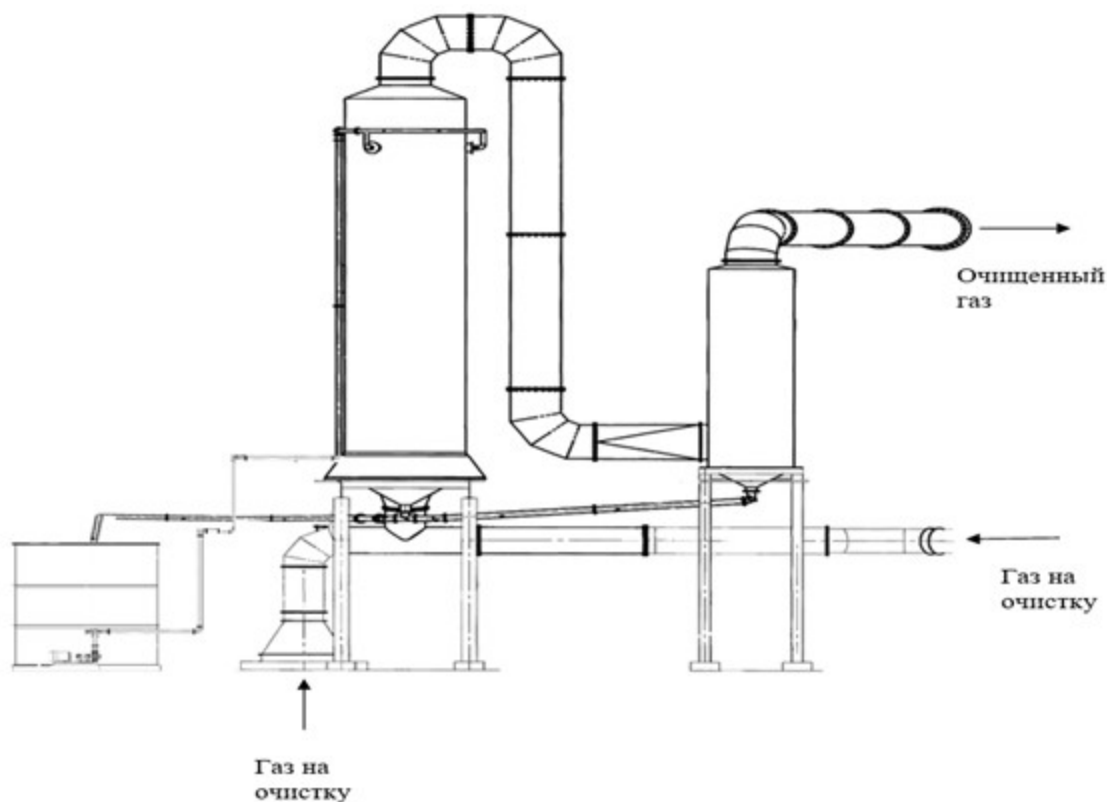


Рисунок 5.15. Устройство абсорберной системы

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющих веществ хлористого водорода и хлора.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В настоящее время абсорберные системы широко используются в процессе очистки хлора и хлористого водорода. Газы, образующиеся в технологическом цикле, поступают в абсорберные системы по подземным боровам и системе газоходов на очистку.

Эффективность очистки от хлористого водорода составляет не менее 95 %.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности абсорберные системы стали одними из успешных устройств для очистки хлора и хлористого водорода из отходящих газов от основного технологического оборудования.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Сокращение выбросов хлора и хлористого водорода, экономия сырья.

5.4.6.3. Скрубберные системы типа ZK

Описание

Центробежная скрубберная система типа ZK предназначена для очистки воздуха от газообразных компонентов (хлора и доочистки хлористого водорода), образующихся от основного технологического оборудования при выполнении технологического и производственного процессов.

Техническое описание

Загрязненный воздух под давлением или разрежением вентилятора поступает в цилиндрическую часть скруббера по касательной снизу. Чистящая жидкость добавляется непосредственно над неподвижными лопастями и в этой области образуется турбулентный водяной слой. Это создает высокую поверхность и отличное химическое поглощение кислых газов. Встроенная ступень сепаратора капель удаляет мелкие капли. Очищенный воздух покидает скруббер, а промывочная жидкость сливается в бак циркуляции. В качестве абсорбента применяется известковое молоко. Эффективность очистки от хлора составляет не менее 95 %.

Центробежная скрубберная система типа ZK включает в себя:

вентиляторы;

бак циркуляции;

насосы;

систему газоходов.

Схема устройства абсорберной системы показана на рисунке 5.16.

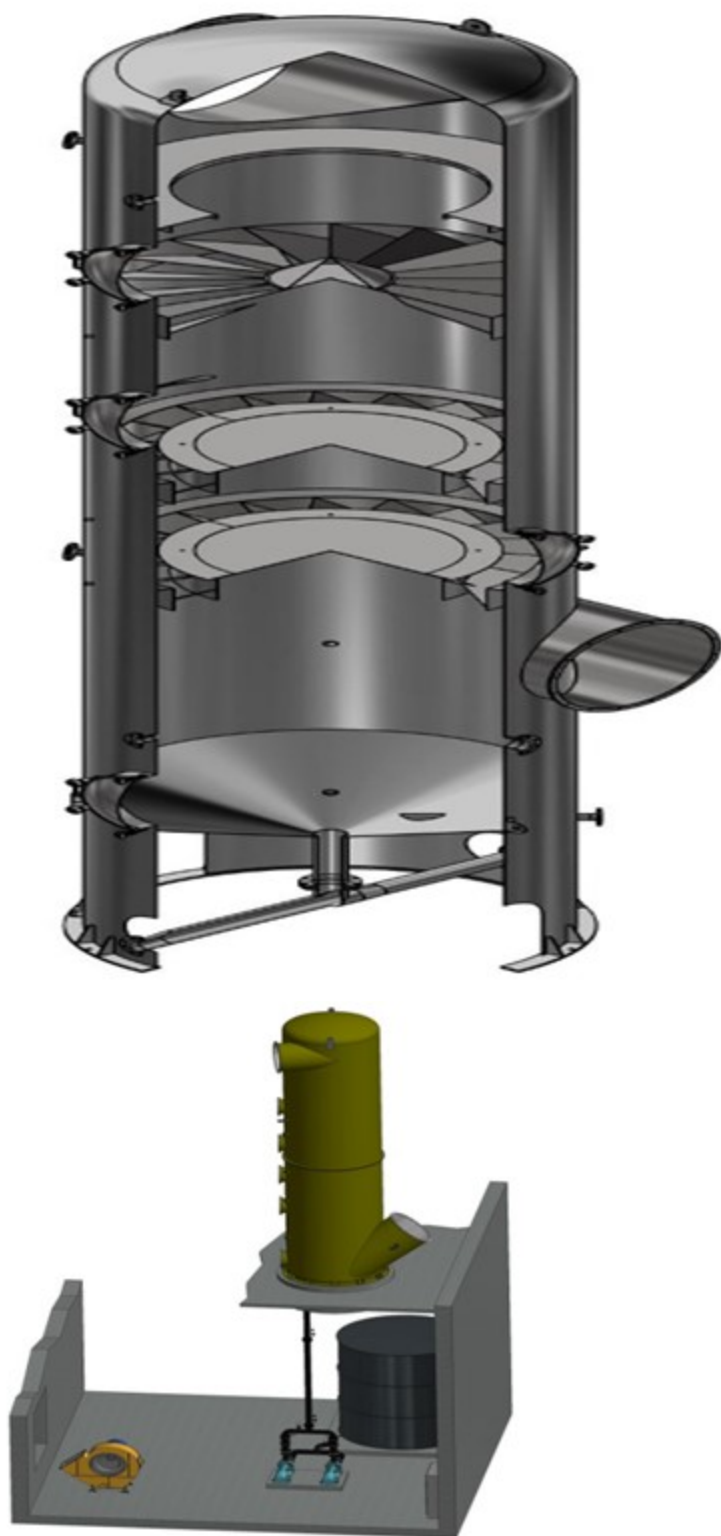


Рисунок 5.16. Устройство скрубберной системы типа ZK

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющих веществ хлористого водорода и хлора..

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В настоящее время скрубберные системы типа ZK широко используются в процессе очистки хлора и хлористого водорода. Газы, образующиеся в технологическом цикле поступают в скрубберные системы по подземным боровам и системе газопроводов на очистку.

Эффективность очистки от хлора и хлористого водорода составляет не менее 95 %.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности скрубберные системы типа ZK стали одними из успешных устройств для очистки хлора и доочистки хлористого водорода из отходящих газов от основного технологического оборудования

Может применяться на производстве титана и магния. Примеры заводов: "Base SE" (Бельгия), "Base SE" (Германия), "Climax Molybdenum" (Голландия), "Johnson Matthey Catalyst" (Германия), "Abu Zaabal Fertilizers" (Египет), "SKW Piesteritz" (Германия), "Neuhaus Neotech" (Германия), "Befesa" (Германия), "Johnson Matthey Catalyst" (Германия), "Allgaier" (Германия).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Сокращение выбросов хлора и хлористого водорода, экономия сырья.

5.4.6.4. Скрубберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические

Описание

Скрубберная система полая, скоростная, безнасадочная, цилиндрическая, предназначена для очистки хлора и доочистки хлористого водорода, образующихся от основного технологического оборудования при выполнении технологического и производственного процессов. В качестве абсорбента применяется известковое молоко.

Техническое описание

Орошение скрубберов осуществляется по замкнутому циклу. Из бака циркуляции насосом вода подается по напорному трубопроводу на форсунки-распылители и через сливные отверстия в скрубберах по сливным трубопроводам сливаются обратно в бак циркуляции. Часть орошающей жидкости (до 15 %) газовым потоком уносится из скруббера и улавливается в циклонах-каплеуловителях и далее по сливным трубопроводам возвращается в бак циркуляции.

Скрубберная система включает в себя:

вентилятор;

бак циркуляции;
насосы;
систему газоходов;
циклон-каплеуловитель.

Схема устройства скрубберной системы показана на рисунке 5.17.

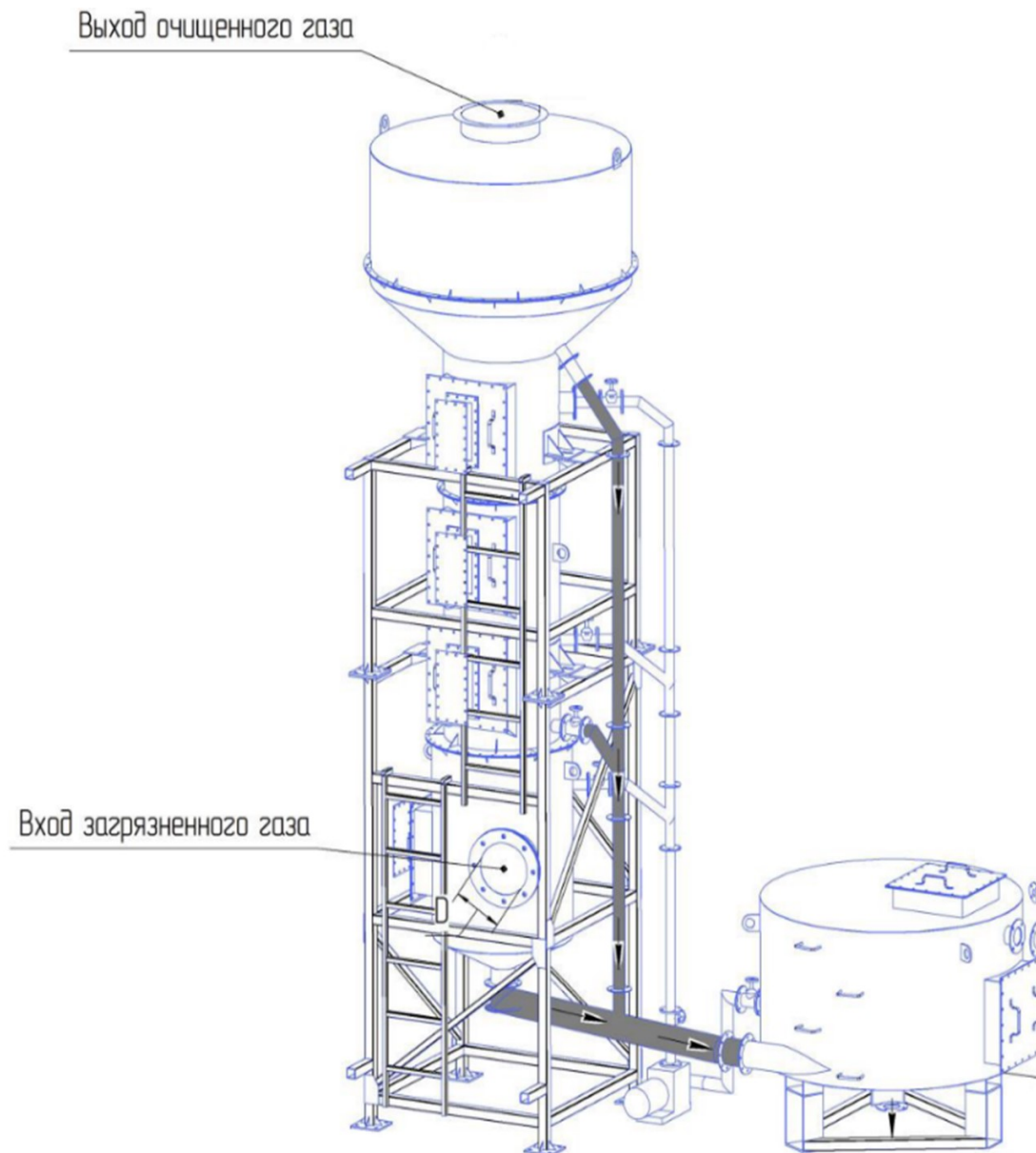


Рисунок 5.17. Устройство скрубберной системы

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющих веществ хлора и хлористого водорода.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В настоящее время скрубберные системы широко используются в процессе очистки хлора и хлористого водорода. Газы, образующиеся в технологическом цикле, поступают в скрубберные системы по подземным боровам и системе газоходов на очистку.

Эффективность очистки от хлора и хлористого водорода составляет не менее 95 %.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности скрубберные системы стали одними из успешных устройств для очистки хлора из отходящих газов от основного технологического оборудования.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Сокращение выбросов хлора и хлористого водорода, экономия сырья.

5.4.6.5. Установка поглощения хлора

Описание

При ведении технологических процессов производство титана и магния снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу обеспечивается

надежной герметизацией оборудования, соединительных фланцев трубопроводов; нейтрализацией (поглощением) и очисткой выделений хлора, хлористого водорода.

Образующиеся в технологических процессах производства титана и магния на основе хлора и обращения с ними газообразные выделения, содержащие хлор, хлористый водород, направляются в поглотительные и санитарные колонны, в которых хлор абсорбируется разбавленным раствором каустической соды с образованием гипохлорита натрия.

Снижение выбросов хлора в воздух путем использования метода абсорбции, основанного на поглощении хлора раствором едкого натра.

Технологическое описание

Аварийное поглощение хлора (дехлорирование газовых выбросов). Хлорсодержащие газовые выбросы очищаются от хлора путем поглощения хлора раствором едкого натра, при этом образуется гипохлорит натрия – NaClO . Абсорбция хлора осуществляется в колонне аварийной абсорбции хлора, в нижнюю часть которой подаются хлорсодержащие газовые выбросы производства, в то время как разбавленный раствор едкого натра поступает в ее верхнюю часть и рециркулирует при помощи насоса циркуляции, охлаждаясь оборотной водой в холодильнике гипохлорита

. Разбавленный раствор едкого натра хранят в одной из резервных емкостей, пока в другой емкости содержание гипохлорита в циркулирующем растворе возрастает. Очищенные газовые выбросы, содержащие непоглощающиеся газы, такие, как азот, кислород и диоксид углерода, выбрасываются в атмосферу. Полученный раствор гипохлорита может быть перекачан с помощью насоса гипохлорита в резервуар некондиционного гипохлорита и оттуда подан в систему получения товарного гипохлорита натрия насосом гипохлорита для увеличения концентрации растворенного NaClO .

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющих веществ хлора. И других окислителей в воздух.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение концентрации хлора до минимальных значений при наличии каустической соды в достаточном количестве и концентрации, а также резервных насосов для разбавленного раствора.

Кросс-медиа эффекты

Расход энергии при эксплуатации абсорбционной установки. Основным потребляемым вспомогательным материалом является агрессивная жидкость для очистки (т.е. раствор каустической соды).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Движущей силой для внедрения являются экологическое законодательство, а также законодательные требования в области охраны труда и техники безопасности.

5.5. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод

В данном разделе описаны техники, методы и/или совокупность методов, применяемых для снижения и предотвращения сбросов сточных вод.

В производстве титана и магния сточные воды формируются в результате абсорбционной очистки газовых выбросов, содержащих хлор и его соединения, и гидроразмыва шламов установок хлорирования титанового сырья, характеризующихся высоким содержанием хлоридов металлов (Ca, K, Na, Be, Ti, Mn, Cr, Cu, Zn).

5.5.1. Управление водным балансом при производстве титана и магния

Описание

Для производства титана и магния требуется значительное количество воды, что делает его высоководоемкой отраслью. Источниками сточных вод, помимо непосредственно самой технологии производства титана и магния, являются процессы, связанные с удалением образующихся твердых отходов и обезвреживанием газовых выбросов. При производстве титана образуется до 4,5 м³ сточной воды на тонну продукции [18].

Техническое описание

Эффективное управление водными ресурсами имеет важнейшее значение для большинства видов деятельности современных предприятий металлургии и данный аспект должен тщательно рассматриваться в ходе каждого цикла строительства и эксплуатации металлургического предприятия – от предварительного согласования и производства до вывода из эксплуатации и закрытия. Для охраны водных ресурсов от воздействия сточных вод и управления их балансом при технологических процессах производства титана и магния необходимо выполнение таких мероприятий:

- разработка водохозяйственного баланса предприятия;
- внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе;
- сокращение водопотребления в технологических процессах;
- внедрение систем селективного сбора карьерных вод;
- использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов водопотребления на технологические нужды.

Рациональное использование водных ресурсов.

Снижение количества энергоресурсов, используемых для выдачи сточных вод.

Снижение количества химических реагентов, используемых для дальнейшей очистки сточных вод.

Сокращение объема или полное исключение сброса сточных вод и концентраций в них загрязняющих веществ.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Разработка водохозяйственного баланса металлургического предприятия с целью управления водопритокком карьерных вод, водопотреблением и водоотведением технологических процессов и операций предусматривает:

- перспективный водоприток карьерных вод;
- возможные изменения режима водопотребления и водоотведения, осушения и водопонижения в увязке с водохозяйственным балансом;

предотвращение истощения и загрязнения водоносных горизонтов и поверхностных водных объектов;

рациональную организацию водопользования с минимальным объемом потребления свежей воды в технологических процессах;

возможность рециркуляции, очистки отработанной воды и повторного ее использования;

учет водохозяйственной обстановки на прилегающих территориях с целью выявления уязвимых компонентов (малых рек и ручьев, водно-болотных угодий и др.), зависимости местного населения от местных водных ресурсов.

Система оборотного водоснабжения обеспечивает многократное использование оборотной воды в технологическом процессе (например, бессточное хвостовое хозяйство с замкнутым водным циклом). Выбор схем оборотного водоснабжения определяется технологическим процессом, техническими условиями к качеству воды. Это позволяет сократить забор воды из природных источников (забор воды необходим только на подпитку системы), сократить объем или полностью исключить сброс сточных вод.

Повторное (последовательное) использование технической воды заключается в употреблении воды, использованной в одном производственном процессе, на другие технологические нужды. Например, вода, нагретая в процессе охлаждения оборудования компрессорной станции, может использоваться в системе отопления или на промывку оборудования перед ремонтом; ливневые сточные воды могут использоваться в процессах пылеподавления, для полива растений, для мойки дорожной техники и т.д. Техника позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды.

Применение водосберегающих или безводных технологий, характеризующихся низким потреблением воды, либо ее полным отсутствием, что позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды. Например, дозированная подача воды в производство, автоматическое отключение воды при остановке технологического процесса, кроме процессов охлаждения оборудования.

Система раздельного сбора сточных вод заключается в разделении потоков сточных вод по степени и видам загрязнений для проведения локальной очистки оптимальным способом, максимального возврата в процесс очищенной воды, снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения. Техника позволяет сократить объем сброса сточных вод в водные объекты.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов на организацию системы водооборотного потребления воды.

Затраты на мониторинг качества воды и выявление загрязняющих веществ.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы (конструктивные и технические решения) применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Ограничения, связанные с особенностями технологического процесса, техническими возможностями, конструктивными особенностями производственных объектов, климатическими условиями, качественным составом и объемом сточных вод.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

5.5.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод

Описание

Поступление воды в выработки характеризуют водоприток. Общий водоприток складывается из притока подземных и поверхностных вод, атмосферных осадков и технической воды, применяющейся в технологических процессах.

Техническое описание

Техника заключается в сокращении воздействия на подземные воды и снижении гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

- применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей;

- использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и др.;

- оптимизация работы дренажной системы;

- изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока;

- отвод русел рек за пределы горного отвода;

- недопущение опережающего понижения уровней подземных вод;

- предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки.

Достигнутые экологические выгоды

Рациональное использование водных ресурсов.

Сокращение объемов сточных карьерных и шахтных вод.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В горной практике для осушения карьерных и шахтных полей применяются поверхностный, подземный и комбинированный способы.

Для осушения и защиты горных выработок от поверхностных и подземных вод применяются водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами; вакуумное водопонижение; подземные системы осушения, (дренажные штреки с фильтрами и колодцами и т.п, в период эксплуатации подземного месторождения функции дренажных выполняют также основные горные выработки); самоизливающие и поглощающие скважины; иглофильтровые установки; прибортовой дренаж; дренажные зумпфы, траншеи, каналы (в том числе, закрытые) и т.п.

На ОАО "Стойленский ГОК" осушение карьера ведется подземным дренажным комплексом – дренажной шахтой на глубине более 200 м, перехватывающей основную часть потока подземных вод за пределами карьера по его контуру, и внутрикарьерными прибортовыми дренажами – они перехватывают "проскок" подземных вод, выходящих на откосы карьера. Протяженность выработок дренажной шахты достигает 56 км. В эксплуатации – 260 восстающих дренажных скважин. Откачка всех дренажных вод и атмосферных осадков производится главным водоотливом шахты. Производительность водоотлива достигает 7200 м³/ч. Для этого главный водоотлив оборудован 11-ью насосами ЦНС 850 – 240. Обоснованная ПАО "НОВОТЭК" (Россия) возможность использовать дренажные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения СГОК покрыла его потребность в чистой воде. Реализация водоснабжения выполнена 5-ью насосами ЦНС 300х300. Опыт эксплуатации системы осушения карьера и проектные решения по развитию дренажных работ на карьере СГОКа убедительно доказывают правильность выбранной стратегии защиты месторождения от подземных и поверхностных вод, ориентированной на подземный способ осушения.

Выбор видов и систем защиты горных выработок, типов защитных сооружений, устройств и мероприятий должен учитывать изменяющиеся с течением времени по мере разработки месторождения производственные и природные условия, форму и размеры защищаемого пространства.

Системы защиты, их развитие, конструкции защитных сооружений и устройств, защитные мероприятия должны быть взаимоувязаны с системами, методами и развитием разработки месторождения.

Регулирование поверхностного стока дождевых, талых и технических вод производится в пределах шахтного поля и самого карьера (площадок уступов, откосов, дна), а также в пределах некоторой полосы вокруг карьера.

Мероприятия по регулированию поверхностного стока сводятся к устройству нагорных и водоспускных канав, планировке территории вокруг карьера (с приданием поверхности уклона в сторону нагорных канав), а также планировке площадок уступов.

Система отвода дождевых, талых и технических вод должна увязываться со всей системой дренажа месторождения; при этом в ряде случаев оказывается

целесообразным применение единых водоотливных средств путем использования общих водосборников и насосов, устройств водосбросных скважин и т.д.

Отвод и осушение рек и водных коллекторов (озер, прудов, болот) применяются в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно. Реку или ручей отводят в новое забетонированное русло, также эффективным является отвод речных вод по трубам. Если русло реки проходит по слабопроницаемым покровным отложениям, есть возможность отказаться от бетонирования, что должно подтверждаться фильтрационным расчетом.

Кросс-медиа эффекты

Финансовые затраты. Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Противофильтрационные завесы в отличие от водопонижения не влекут за собой образование вредных стоков и истощение ресурсов подземных вод и не вызывают деформаций горных пород, земной поверхности и сооружений в районе защищаемых объектов.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты, необходимость проведения и поддержания в рабочем состоянии горных выработок при подземном способе осушения на карьерах.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Применимость способов осушения определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения.

Целесообразность отвода и изоляции постоянного коллектора обосновывается технико-экономическим расчетом, путем сопоставления стоимости отвода и тех дренажных мероприятий, которые нужно осуществить для обеспечения нормального хода горных работ на весь период эксплуатации месторождения.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

5.5.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры

Описание

Методы или их совокупность для снижения негативного воздействия на водные объекты.

Техническое описание

Технологические операции по управлению поверхностным стоком включают:

организацию системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов;

перекачку сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище;

отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенным, в том числе и выровненным, засеянными или озелененными, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод;

очистку поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды;

организацию ливнестоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмостков и облицовок с целью защиты от эрозии;

организацию подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями;

выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии.

Достигнутые экологические выгоды

Использование перечисленных техник позволяет: сократить риск загрязнения почв, подземных и поверхностных вод, обусловленного инфильтрацией загрязненных поверхностных сточных вод с территории породных отвалов; снизить негативное воздействие на водные объекты за счет сокращения объема сброса загрязненных сточных вод в водный объект.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техника предусматривает управление ливневыми и талыми сточными водами территории наземной инфраструктуры горнодобывающего предприятия с учетом особенности размещения предприятия и его специфики с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем.

Организация системы водоотводных канав по контуру внешних отвалов вскрышных и вмещающих пород с учетом особенности территории размещения предприятия и его специфики, первичное осветление поверхностных сточных вод в оборудованном отстойнике и при необходимости их дальнейшая доочистка на локальных комплексах очистки сточных вод.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

5.5.4. Применение современных методов очистки сточных вод

Очистка сточных вод контролируется и регламентируется нормативно-правовыми актами Республики Казахстан. Сточными водами называют воды, которые сбрасывают в водоемы с промышленных объектов и населенных пунктов через канализацию или самотеком. Свойства этих растворов связаны с технологическим процессом, в котором они участвовали и, как правило, негативно сказываются на природных объектах, с которыми контактируют.



Рисунок 5.18. Виды сточных вод [54]

Таблица 5.8. Отличительные характеристики разных видов сточных вод

№ п/п	Вид сточных вод	Равномерность поступления сточных вод	Степень загрязнения	Вид загрязнений	Используемые методы очистки
1	2	3	4	5	6

1	Производственные	Неравномерное (зависит от процессов предприятия)	Условно-чистые Нормативно-очищенные Загрязненные	Органические и минеральные примеси	Механические Физико-химические Химические Биологические
2	Хозяйственно-бытовые сточные воды	Относительно равномерное	Сильно загрязненные	Органические вещества растительного и животного происхождения Отходы жизнедеятельности и моющие средства	Механические Биологические
3	Атмосферные (ливневые)	Неравномерное (зависит от атмосферных осадков)	Условно-чистые Загрязненные	Минеральные загрязнения Нефтепродукты	Механические Физико-механические Химические методы

Применение эффективных методов очистки сточных вод (шахтных, карьерных) с целью снижения уровня загрязнения сточных вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства.

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку сточных вод, определяется составом сточных вод, особенностями технологического процесса, техническими условиями к качеству воды (в случае оборотного водоснабжения или повторного использования), нормативами допустимого сброса, установленными с учетом качества воды водного объекта – приемника сточных вод.

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 концентрации;
- возможности внутреннего повторного использования;
- доступность водных ресурсов.

НДТ позволяет извлечь специфичные вещества (например, остатки реагентов) с целью их последующей утилизации или возврата в технологический процесс, а также обеспечить максимальный возврат очищенной воды в технологический процесс.

НДТ позволяет снизить негативное воздействие на водные объекты за счет обеспечения качества сбрасываемых сточных вод в соответствии с установленными нормативами.

5.5.5. Механическая очистка

Описание

Механическая очистка – это первый этап очистки сточных вод.

Использование механической очистки как самостоятельного метода возможно в тех случаях, когда осветленная вода будет после использована в технологических производственных процессах или отведена в водоемы без оказания вредного воздействия. Суть метода состоит в процеживании, отстаивании, фильтровании, удалении нерастворенных примесей гидроциклонами и в центрифугах. При этом методе очистки удаляют 60 – 80 % находящихся в стоках в нерастворенном и частично коллоидном состоянии загрязнений.

Техническое описание

Механическая очистка относится к грубым методам и используется для удаления из воды загрязняющих частиц размером больше 0,1 мм. Как правило, эта группа методов основывается на извлечении осевших или взвешенных нерастворимых частиц.

В связи с тем, что загрязняющие частицы различаются по физическим характеристикам (размер, физико-химические свойства) и концентрации, методы механической очистки подразделяются на виды, представленные на рисунке 5.19.

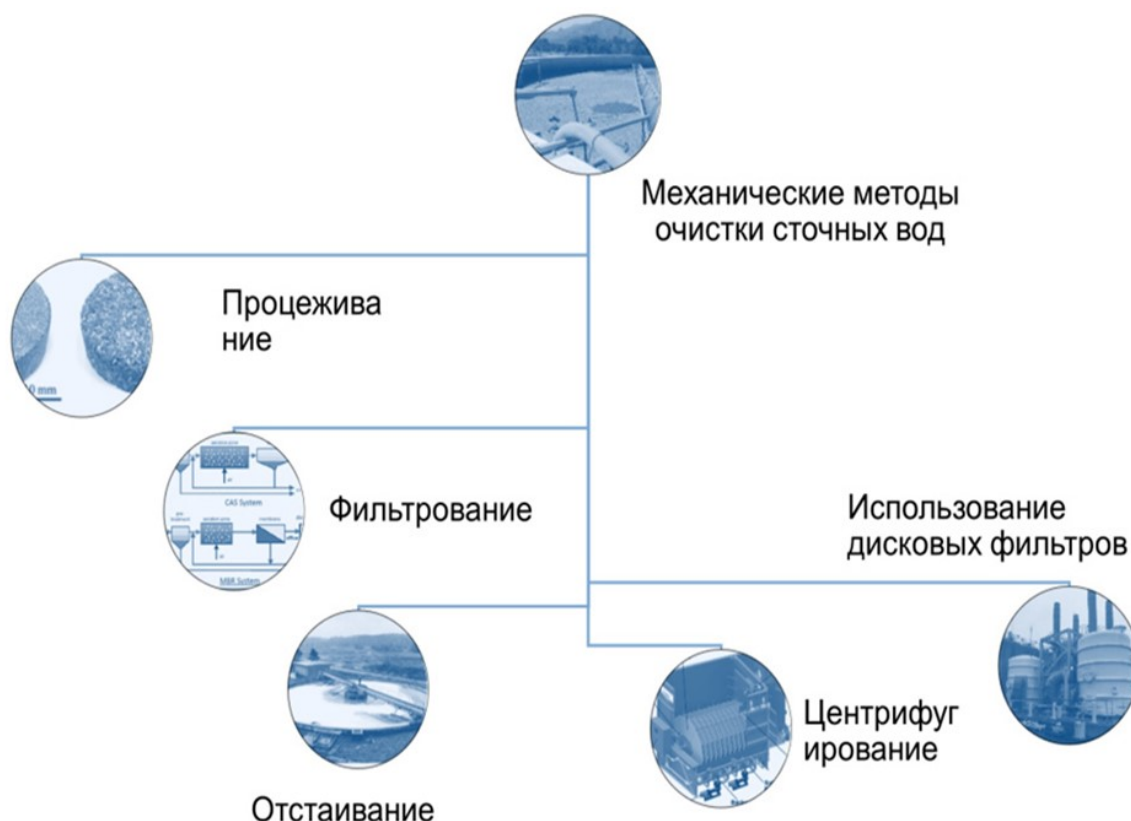


Рисунок 5.19. Методы механической очистки сточных вод

Процеживание, фильтрование и отстаивание – более простые методы механической очистки, а применение дисковых фильтров и центрифугирование – более сложные [54].

Таблица 5.9. Характеристика методов механической очистки сточных вод

№ п/п	Метод механической очистки	Характеристика метода
1	2	3
1	Процеживание	Сточные воды пропускаются через решетки и сетки (как правило, металлические) с требуемым размером ячеек, в результате чего задерживаются механические частицы (камни, пластиковые бутылки) и биологические фрагменты (ветки, листья) соответствующего ячейкам размера.
2	Фильтрование	Вода пропускается через перегородки, заполненные засыпным наполнителем или пористым материалом, которые задерживают дисперсную фазу.
3	Отстаивание	В основе метода лежит использование силы тяжести, под воздействием которой частицы оседают на дне отстойника или безголовки. Верхний очищенный слой воды переливается в следующую камеру, оставляя в первой загрязнения. Далее процесс повторяется.
4	Дисковые фильтры	Дисковые фильтры представляют собой "пакет" цилиндрической формы из полимерных дисков, попадая в который сточные воды очищаются от механических примесей.
5	Центрифугирование (гидроциклоны)	В этом методе происходит (разделение фракций твердых частиц во вращающемся потоке жидкости.

Преимуществами механической очистки являются простота аппаратного оформления, эффективная очистка от взвешенных частиц. Недостатком механического фильтрования является то, что при механической фильтрации из сточных вод не удаляются растворенные примеси.

Осадок из отстойников удаляется под гидростатическим давлением и с помощью различных механизмов (скребков, насосов, элеваторов и др.).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение в сбросах нерастворимых фракций различного происхождения.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В осветлителях достигается снижение концентрации загрязнений на 70 % по взвешенным веществам и 15 % – по БПК за счет совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка.

Достижимый в производственных условиях эффект снижения концентрации взвешенных веществ не превышает 50 – 60 %.

Кросс-медиа эффекты

Механическую очистку используют как предварительный этап перед биологической очисткой или в качестве доочистки стоков. Убирает только нерастворимые механические примеси.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод. На шахте "Шерегешская" (Россия) (2021) установлено оборудование, которое предназначено для очистки шахтных сточных вод на выпуске в реку Большой Унзас. Очищение воды происходит за счет отстаивания и добавления реагентов. Очистка по взвешенным частицам, шламу и песку достигает 98 %, по нефтепродуктам – 90 %.

Для очистки шахтных и оборотных вод обогатительных фабрик от взвешенных веществ в ПО "Донецкуголь" (Украина) разработана конструкция наклонного тонкослойного отстойника. Отстойник состоит из двух отделений – зоны осветления и накопления осадка. Принцип действия наклонного отстойника заключается в следующем. Исходная вода подается в продольные распределительные каналы, откуда через щели, образованные наклонными направляющими плоскостями, она поступает в нижнюю часть наклонных ячеек. Наклонные плоскости, образующие ячейки, установлены под углом больше естественного угла откоса осадка. Восходящий поток воды между наклонными плоскостями имеет ламинарный характер, вследствие чего в пределах ячейки происходит интенсивное выпадение взвешенных частиц. Такая конструкция по сравнению с обычными горизонтальными отстойниками позволяет повысить нагрузку на сооружение в 45 – 50 раз. Такие отстойники эксплуатируются на шахтах "Кировская" и им. Газеты "Правда" ПО "Донецкуголь" (Украина), "Павлоградская" ПО "Павлоградуголь".

С целью повышения эффективности отстаивания применяют реагентную обработку воды коагулянтами или флокулянтами (сернокислый алюминий, хлористое железо, полиакриламид, полиэлектролит ВПК-402 и др.).

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ применяют гидроциклоны и центрифуги. Особенно широко для очистки шахтных вод за рубежом применяют

гидроциклоны. Они успешно заменяют отстойники, имея ряд преимуществ перед ними: занимают малую площадь, имеют высокую степень очистки до 70 %, высокую производительность, не имеют подвижных частей, их работа может быть полностью автоматизирована. Наибольшее применение нашли напорные (закрытые) и безнапорные (открытые) гидроциклоны.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Снижение сбросов взвешенных веществ в сточных водах.

5.5.6. Химические и физико-химические методы очистки

Описание

Химические методы очистки заключаются в выделении загрязнений путем химических реакций между загрязнениями сточных вод и реагентами. К химическим методам очистки сточных вод относятся нейтрализация, окисление и восстановление.

Физико-химическая очистка сточных вод используется для очистки стоков от взвешенных и мелкодисперсных загрязнений и примесей, частиц растворенных газов, минеральных и органических веществ.

Техническое описание

Химические методы очистки позволяют выделять из сточных вод растворенные вещества, пагубно влияющие на окружающую среду. Ведутся с добавлением реагентов.

Химические и физико-химические методы очистки сточных вод отражены на рисунке 5.20.

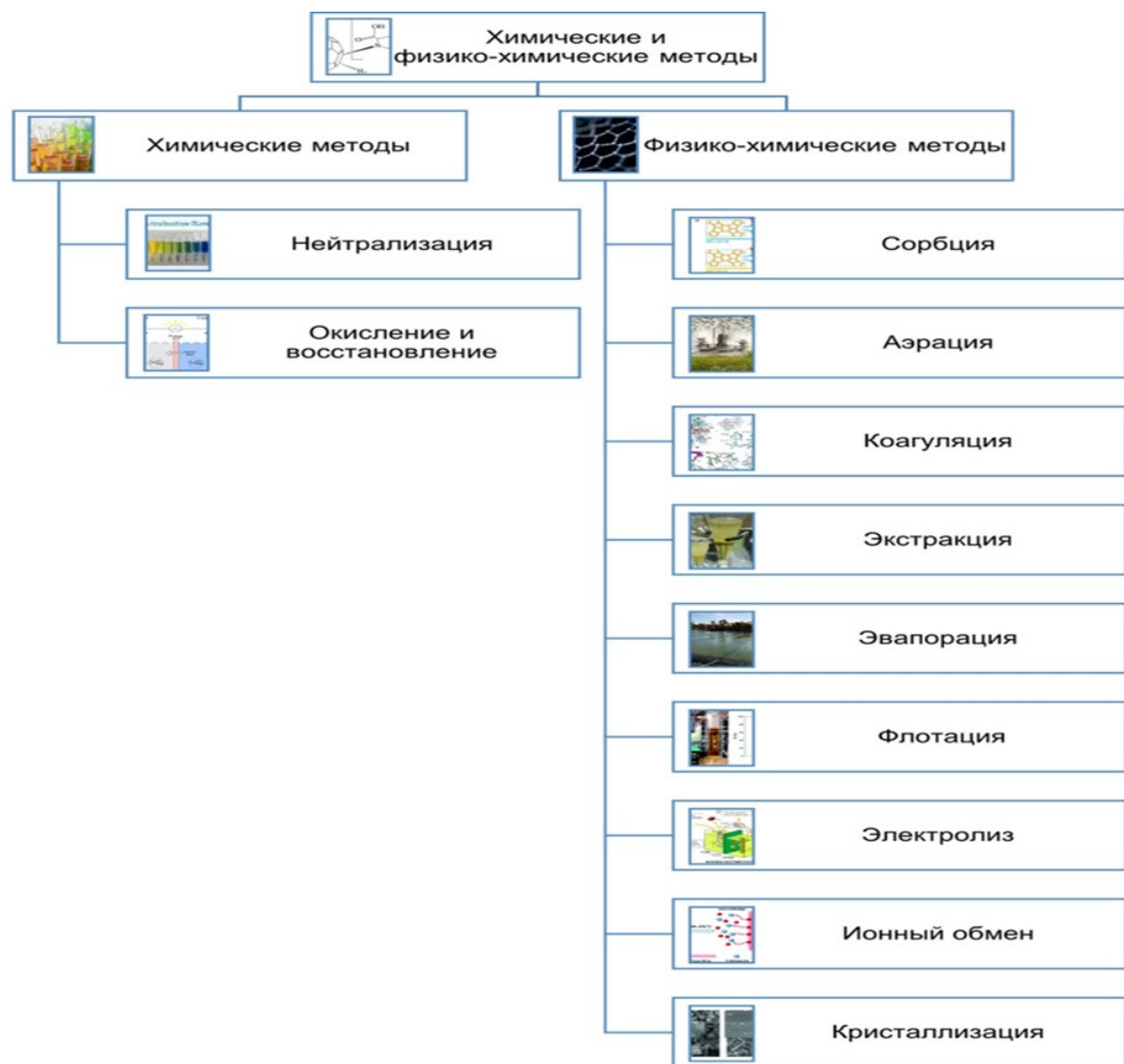


Рисунок 5.20. Химические и физико-химические методы очистки сточных вод

Химическая водоочистка основана на химических реакциях реагентов с загрязняющими веществами в водном растворе и обезвреживании последних путем перевода в неопасные соединения или связывания загрязнителей в нерастворимые комплексы. Химические процессы при очистке воды идут с одинаковой скоростью в произвольном объеме жидкости, потому этот метод считается производительным. Химическая очистка на предприятиях лежит в основе обеспечения оборотного водоснабжения и обезвреживания промышленных вод.

Таблица 5.10. Характеристика методов химической очистки

№ п/п	Методы очистки сточных вод	Характеристика метода
1	Нейтрализация	При использовании метода оптимизируют кислотно-щелочной баланс на основе протекания реакции нейтрализации между кислой и щелочной средой с образованием солей.

2	Окисление	За счет действия хлора и его соединений, проявляющих сильные окислительные свойства, происходит изменение форм целевых веществ. Погибают патогенные микроорганизмы, токсичные органические вещества окисляются и переходят в менее вредные.
3	Восстановление	На основе метода подготавливаются окисленные формы токсичных хрома, мышьяка, ртути, металлов свинца и никеля в молекулярное состояние с целью дальнейшего отделения с помощью методов коагуляции, флотации, отстаивания и связывания на фильтрах для химической очистки воды.

К физико-химическим методам очистки сточных вод относятся сорбция, аэрация, коагуляция, экстракция, эвапорация, флотация, электролиз, ионный обмен, кристаллизация.

Таблица 5.11. Физико-химические методы очистки

№ п/п	Методы очистки	Характеристика метода
1	2	3
1	Сорбция	Сорбент (твердое тело) погружается в воду с растворенными загрязняющими веществами и поглощает их.
2	Экстракция	В основе метода лежит способность отдельных видов загрязнений растворяться в жидкости, не смешивающейся со сточными водами (например, гексан). При добавлении такой жидкости в сточные воды загрязнения переходят в нее. При последующем удалении последней из сточных вод загрязненность стоков уменьшается. Этим методом удаляют фенолы и жирные кислоты.
3	Аэрация	Метод удаляет летучие вещества, такие, как сульфиды, сероводород, а также поверхностно-активные вещества (ПАВ) за счет окисления

		кислородом и перевода поллютантов в газовую фазу.
4	Флотация	Загрязнения удаляются за счет насыщения воды крошечными пузырьками воздуха, к которым прилипают частицы-загрязнители (нефтепродукты, жиры, волокна) и вместе с пузырьками всплывают на поверхность.
5	Коагуляция	Коагулянты (сернокислородное, сернистокислородное, хлорное железо, сернокислый алюминий, алюминат натрия) при добавлении в воду образуют гелеобразные хлопья гидроокиси железа и алюминия, которые захватывают коллоидные взвешенные частицы в сточной воде и оседают на дно. Для ускорения коагуляции в воду добавляются флокулянты (например, полиакриламид, активированная кремниевая кислота), за счет которых хлопья укрупняются и упрочняются. Для удаления органических примесей используют активный ил, а сам процесс носит название "биокоагуляция".
6	Ионный обмен	Очистка воды производится за счет процесса обмена между ионами, находящимися в сточной воде, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита. С помощью этого метода извлекаются ценные примеси, такие, как цинк, хром, медь, свинец, ртуть и другие металлы, а также соединения фосфора и мышьяка, ПАВ и радиоактивные вещества.
7	Эвапорация	При использовании метода загрязнения отгоняют вместе с циркулирующим водяным паром. Отделение загрязнений производят затем раствором щелочи. Метод применяется для удаления летучих веществ.
8	Кристаллизация	Метод построен на выделении твердой кристаллической фазы из растворов, расплавов и газов. При изменении температуры загрязненных вод получают перенасыщенные растворы

		находящихся в них веществ, которые затем преобразуются в кристаллы.
9	Электролиз	Этим методом разрушают органические вещества за счет электрохимического окисления на аноде или регенерируют кислоты, щелочи, металлы.

Химическое осаждение используется главным образом для удаления из стоков растворимых ионов металлов. Растворимые металлы можно осадить из сточных вод путем корректировки значения pH. 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 используется для повышения производительности системы очистки.

Для удаления из стоков таких металлов, как железо, свинец, цинк, 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..

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.

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.

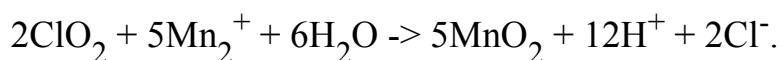
Состав стоков меняется в зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие потоков сточных вод. Часто для оптимизации эксплуатационных характеристик требуется адаптация технологических параметров.

Химические методы очистки (нейтрализация) применяются для очистки кислых сточных вод, содержащих металлы (тяжелые металлы), повышением величины pH кислых растворов путем добавления щелочных реагентов с целью образования осадка.

Достоинством нейтрализации является возможность предварительной очистки сточных вод, с целью увеличения эффективности процесса очистки в целом.

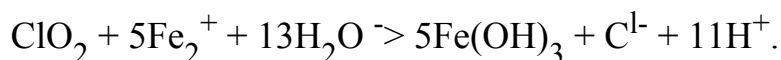
ОАО "Учалинский ГОК" (Россия) осуществляет обработку стоков комбинатов, основанную на реакции нейтрализации свободной серной кислоты, определяющей низкие значения pH очищаемых вод, с последующим образованием гидроксидов тяжелых металлов и сульфата кальция (в виде гипса). При этом на станцию нейтрализации поступает смесь всех образующихся стоков – шахтных, подотвальных, дебалансных. Основной реагент – 5 %-ый раствор известкового молока. На выходе показатель по железу составляет 0,21 мг/дм³, меди – 0,024 мг/дм³, цинку – 0,09 мг/дм³, взвешенным веществам – 56,4 мг/дм³.

Диоксид хлора эффективно окисляет марганец (II) до марганца (IV) с выпадением в осадок оксида марганца. Поскольку хлорит-анион также реагирует с Mn (II), то вся реакция может быть представлена следующим образом:



Реакция протекает быстро и интенсивно, уже через 5 минут более 99 % оксида марганца может быть удалено фильтрованием. Этой реакции способствует скорее слабощелочная, чем кислая среда.

Диоксид хлора легко окисляет железо (II) в железо (III) с выпадением в осадок гидроксида железа (III). Поскольку хлорит-анион также легко взаимодействует с Fe (II), то вся реакция может быть записана следующим образом:



Далее образующийся осадок удаляют методом фильтрования. Этой реакции также способствует нейтральная и слабощелочная среда.

Достигнутые экологические выгоды

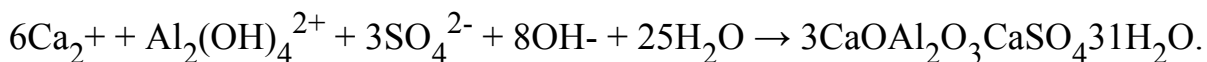
Химические и физико-химические методы очистки сточных вод позволяют значительно сократить сбросы загрязненных сточных вод в природные водные объекты, снижая их негативное воздействие на экосистемы. Эти методы эффективно удаляют тяжелые металлы, нефтепродукты, органические и неорганические загрязнители, а также нейтрализуют токсичные соединения. Кроме того, они способствуют снижению содержания взвешенных веществ и повышению качества воды, что облегчает ее последующую биологическую очистку или повторное использование в технологических процессах. Применение таких методов особенно важно для промышленных предприятий, стремящихся к минимизации экологического следа и соблюдению нормативных требований.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависит от конкретного объекта. Эффективность очистки сточных вод с помощью химических и физико-химических методов зависит от следующих факторов:

выбор химического осадителя;
количество добавляемого осадителя;
эффективность удаления осаждаемого металла;
поддержание правильного значения pH 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.

Данные методы очистки шахтных вод прошли промышленные испытания или были внедрены на предприятиях США, Канады, России и Китая. Для повышения эффективности очистки шахтных вод предложены различные методы доочистки предварительно осветленных нейтрализованных стоков. Наиболее часто используются методы обработки с использованием алюминийсодержащих реагентов (средних и основных солей), а также гидроокиси алюминия, получаемой в процессе электрохимического растворения металла при обработке стоков в электро- или гальванокоагуляторах. Основная цель использования соединений алюминия – выделение сульфатов в виде гидросульфоалюмината кальция $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ (ГСАК). Осаждение сульфатов по данному методу описывается уравнением:



Глубина выделения сульфатов данным методом зависит от расхода алюминийсодержащего реагента. Минимальное содержание сульфат-ионов в осветленной воде определяется растворимостью и составляет 25 мг/дм³.

Локальные очистные сооружения подотвальных сточных вод с территории рудника "Купол" Кинросс Голд установлены для очистки дренажных и ливневых сточных вод с территории золотодобывающего рудника "Купол" (400 км северо-западнее г. Анадырь, Чукотский автономный округ, Россия):

Векса-100-С производительностью 100 л/сек. для очистки дренажных вод;

Векса-100-С в количестве 3-х штук для очистки поверхностного ливневого стока и шахтного водоотлива;

установка Argel UV-10 для обеззараживания сточных вод;

ARD-зумпф для очистки подтоварной воды.

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. Эффективность очистки

может достигать 90 – 95 %. Расход коагулянта зависит от его вида, а также состава и требуемой степени очистки сточных вод и составляет 0,1 – 5 кг/м³ сточных вод. На ООО "Ловозерский ГОК" (Россия), руднике "Карнасурт" используются реагенты: флокулянты – "Магнафлок 333", "Праестол 2515"; коагулянты – полиоксихлорид алюминия ("Аква-Аурат-30"), хлорид железа (FeCl).

Для окисления 1 мг марганца необходимо 2,5 мг диоксида хлора при pH>7. Для окисления 1 мг железа необходимо 1,3 мг диоксида хлора при pH>5.

Кросс-медиа эффекты

Образуется гораздо больше осадка, сброс которого на полигон ТБО недопустим. Также осадок трудно поддается обезвоживанию. Необходимо большое количество электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.5.7. Биологическая очистка

Описание

Биологическая очистка сточных вод основана на использовании жизнедеятельности микроорганизмов (бактерий). Бактерии очищают за счет окисления органических веществ, находящихся в загрязненных водах в растворенном состоянии. Биохимическим методом удастся освободиться от органических загрязнений, остающихся в воде после механической очистки на 90 % и выше.

Техническое описание

Наиболее эффективным, достаточно простым и доступным является метод биологической очистки. Он основан на природной способности естественных экосистем утилизировать разнообразные неорганические и органические вещества с помощью сообщества микроорганизмов, т.е. активного ила. Данный вид очистки предпочтителен для сточных вод, содержащих органические соединения. При биологической очистке из сточных вод удаляют наиболее мелкие взвешенные вещества, оставшиеся после механической очистки. После полной биологической очистки получается незагнивающая жидкость, содержащая растворенный кислород и нитраты [55].

Биологическую очистку ведут в условиях, близких к естественным или искусственно созданных. Естественная биологическая очистка сточной воды

происходит на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах. Процесс очищения происходит медленно за счет запаса кислорода в воде биологических прудов и в почве, а также в результате деятельности микроорганизмов-минерализаторов, которые окисляют органические загрязнения.

Искусственная биологическая очистка производится на биологических фильтрах или аэротенках. Очистительные сооружения, в которых очистка вод осуществляется в искусственно контролируемой среде (например, аэротенки и биологические фильтры). В этих установках создаются условия, ускоряющие процесс биоочистки. Осветленные сточные воды, получающиеся в процессе очистки, выпускают в водоемы после их обеззараживания посредством хлорирования. Для естественной биологической очистки отводят и специально оборудуют поля орошения или фильтрации. Очистные станции с биофильтрами сооружают для средних и малых населенных пунктов.

В процессе биологической очистки, так же как при механической, получается большое количество осадков (ила), которое направляется в метантенк для сбраживания. Затем осадок обезвоживают, т.е. подсушивают на иловых площадках или искусственными методами (вакуум-фильтрацией, термической сушкой). После обезвоживания сброженный осадок можно использовать как удобрение [56].



Рисунок 5.21. Классическая схема биологической очистки стоков
Биологический и биохимический методы

Метод позволяет очистить воду от примесей железа, сероводорода, аммония, марганца, уменьшить жесткость воды, удалить привкусы и цвет, обеззаразить от бактерий.

Метод заключается в переработке загрязнений микроорганизмами активного ила и последующем разьединении прореагировавшей смеси. Механизм процесса состоит из нескольких стадий:

- сорбционное накопление загрязняющих веществ на поверхности биомассы;

- расщепление высокомолекулярных органических веществ за счет внешних ферментативных воздействий до молекул небольших размеров и проникновение их внутрь клетки;

- реакции с внутренними ферментами клетки, сопровождающиеся окислением низкомолекулярных веществ до H_2O , CO_2 и синтезом новых клеточных веществ.

Биологический пруд – искусственно созданный резервуар малой глубины, предназначенный для очистки и доочистки сточных вод. Такая очистка является биологической очисткой первой категории. Биологические пруды должны содержать большое количество водорослей, которые синтезируют кислород – без него невозможно создать комфортные условия для жизни микроорганизмов. Так как водоросли используют углекислый газ и аммонийный азот, выделяющиеся в результате разложения органических веществ, необходимо соблюдать оптимальные условия температуры и pH-среды. Наличие фильтрационных полей – одно из обязательных условий работы биологического пруда, на них сбрасываются стоки.

Биологические пруды из-за небольшой глубины применяются для очистки выпадающих в водохранилище рек и промышленных стоков. Ряд недостатков биопрудов :

- относительно малая производительность;

- необходимость больших площадей земли;

- сезонность – наибольшая результативность проявляется летом.

Анаэробная очистка

Такой процесс очистки ведется при помощи бактерий, которым для жизнедеятельности не требуется кислород. Его принято называть брожением.

Анаэробные процессы необходимы для перевода трудно окисляемых веществ до легко усваиваемых на следующей аэробной зоне. Часть органики подвергается деструкции, а остальная используется на прирост биомассы. Часто такие аппараты проектируются в две ступени. На первой – в цилиндрическую емкость организуется рецикл иловой смеси для наращивания концентрации биоценоза. Перемешивание организуется мешалками или насосным оборудованием. Вторая ступень оборудована

конусным днищем, где происходит накопление осадка. На этой ступени наблюдается доокисление органических веществ, а также осаждение и уплотнение скопления микроорганизмов.

Очистку проводят в метантенках – закрытых резервуарах с трубой для отвода биогаза, образующегося в результате брожения. Степень очистки составляет 85 %.

Аэробная очистка

Происходит в результате жизнедеятельности микроорганизмов активного ила в присутствии кислорода.

При анаэробной очистке сточных вод протекают два процесса – сорбция загрязнений активным илом и их внутриклеточное окисление микроорганизмами.

В ходе аэробной очистки растворенные органокомплексы, а также неосаждающиеся твердые вещества переходят в биомассу активного ила.

В таких сооружениях обычно устанавливается загрузка, на которой непрерывно развиваются прикрепленные аэробно-факультативные микроорганизмы, обеспечивающие совместно с рециркулируемым активным илом деструкцию органических загрязнений. Для протекания биоокислительных процессов и перемешивания сточных вод с активным илом в зоны аэрации блоков биоочистки постоянно должен подаваться сжатый воздух. Очистку проводят в аэротенках и биофильтрах. Степень очистки достигает 99 % [54].

Достигнутые экологические выгоды

Химические и физико-химические методы очистки сточных вод позволяют значительно сократить сбросы загрязненных сточных вод в природные водные объекты, снижая их негативное воздействие на экосистемы. Эти методы эффективно удаляют тяжелые металлы, нефтепродукты, органические и неорганические загрязнители, а также нейтрализуют токсичные соединения. Кроме того, они способствуют снижению содержания взвешенных веществ и повышению качества воды, что облегчает ее последующую биологическую очистку или повторное использование в технологических процессах. Применение таких методов особенно важно для промышленных предприятий, стремящихся к минимизации экологического следа и соблюдению нормативных требований.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Биологический способ очистки является наиболее эффективным и простым в обслуживании, так как:

1. Очистка от загрязнений осуществляется за счет метаболизма микроорганизмов. Коагулянты и флокулянты для очистки воды в отличие от флотационной очистки не требуются.

2. Данный метод наиболее экономичный. Физико-химические методы очистки требуют применения большого количества дорогостоящих реагентов, которые еще к

тому же дополнительно загрязняют сточные воды. Также флотатор работает 24 часа и потребляет много электроэнергии.

3. Процесс биологической очистки осуществляется самотеком без дополнительных перекачек.

4. Использование биологической схемы очистки одновременно решает вопрос минерализации образовавшихся осадков и значительно сокращает их объем.

5. Минерализованный дегельминтизированный осадок после биологических очистных сооружений вывозится на утилизацию на полигон ТБО. По согласованию с экологическими службами может применяться в качестве удобрений.

6. Степень очистки гораздо выше [57].

Очистка сточных вод биологическим методом имеет высокую эффективность: КПД автономной системы достигает 99 %, что отвечает требованиям экологического законодательства. Сравнительная характеристика аэробной и анаэробной очистки показана в таблице 5.23.

Таблица 5.12. Сравнительная характеристика аэробной и анаэробной очистки

№ п/п	Аэробная	Анаэробная
1	Удаление 99 % органических загрязнений, соединений азота и фосфора.	Степень очистки – 85 %.
2	Требуется кислород.	Требуется углекислый газ и нитраты.
3	Воздух подается воздуходувками.	Бактерии выделяют метан, поэтому необходима система вентиляции.
4	Аэробные микроорганизмы на фоне окисления распадаются на углекислый газ, воду и минеральный осадок.	Микроорганизмы присутствуют в стоках в малых количествах.

Биологический процесс относится к числу экологически безопасных методов деструкции (разложения) органических соединений. Они также предпочтительны по сравнению с физическими и химическими процессами, которые обусловлены способностью биологических процессов обрабатывать широкий спектр органических соединений с более низкими эксплуатационными затратами. Однако на биологические процессы обычно влияет изменение качества и количества поступающих вод. Чтобы исследовать производительность водоочистных сооружений, необходимо измерить различные параметры качества сточных вод, такие, как ХПК, БПК и другие. Микроорганизмы в биореакторах используют различные ферменты для разложения органических загрязнителей. Более высокая токсическая органическая нагрузка на биологический процесс может привести к ухудшению производительности процесса из-за снижения микробной активности биомассы.

Фермент дегидрогеназа, образующийся в данных процессах, может использоваться в качестве индикатора для биологической очистки сточных вод. ООО "НПО "Агростройсервис" (Россия) были изучены эффективные параметры, такие, как время инкубации и другие методы, и разработана лучшая процедура для измерения активности дегидрогеназы в процессе биологической очистки сточных вод. Настоящее исследование представляет простой и модифицированный метод оценки процесса биологической очистки сточных вод с помощью измерения активности дегидрогеназы [54].

Примером биологической очистки сточных вод может служить крупное предприятие города Волгограда – экологический центр АОТ "Каустик" (Россия). Проектная производительность очистных сооружений – 196,2 тыс. м³ сточных вод в сутки. На данном предприятии после традиционной механической очистки промышленные и хозяйственно-бытовые воды смешиваются и поступают общим потоком на биологическую очистку в аэротенки с пневматической аэрацией воздухом. Очищающим началом в них является активный ил, состоящий из бактерий и микроскопических животных, которые для процессов своей жизнедеятельности используют компоненты сточных вод.

Кроме того, наиболее эффективно работающими очистными сооружениями города Волгограда являются: МУПП "Волгоградводоканал" на острове Голодный, проектная производительность очистных сооружений – 400 тыс. м³ сточных вод в сутки.

Эффективные очистные сооружения по биологической очистке сточных вод эксплуатируются в городе Волжском (Россия), являющемся крупнейшим в области центром химической промышленности [56].

Основными преимуществами биологической очистки, проявляющимися при использовании ее в различных сферах промышленности, являются:

- удаление широкого спектра загрязняющих веществ – азотных и фосфорных групп, нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, соединений во взвешенной, растворенной, коллоидной формах;

- экологическая безопасность (сложные вещества используются живой экосистемой как средство питания, при этом они перерабатываются до простых безвредных продуктов, таких, как вода, диоксид углерода и т.п.);

- низкая себестоимость очистки (по сравнению с физико-химической очисткой применение реагентов сводится к минимуму);

- использование образующегося в процессе очистки активного ила в качестве удобрений и для рекультивации почв после его обеззараживания (он содержит большое количество питательных элементов, необходимых для роста и развития растений) [58].

Кросс-медиа эффекты

Очистка сточных вод в основном только от органических загрязнений.

Требуется предварительная очистка от ядохимикатов и кислот.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Низкая себестоимость очистки.

Низкие эксплуатационные затраты.

По сравнению с другими методами очистки применение реагентов сводится к минимуму.

Движущая сила внедрения

Экологическая безопасность.

Требования экологического законодательства.

Социально-экономические аспекты.

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.6. НДТ, направленные на сокращение воздействия отходов процессов в производстве титана и магния

5.6.1. Методы переработки отходов производства титана и магния

Описание

Оптимальное управление отходами заключается в использовании интегрированных и операционных методов для минимизации отходов за счет внутреннего использования или применения специализированных процессов переработки (внутренних или внешних).

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

Техническое описание

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды управление отходами производится в соответствии с международными стандартами и действующими нормативами РК, а также внутренними стандартами.

Система управления отходами заключается в следующем:

идентификация образующихся отходов;

раздельный сбор отходов в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;

сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;

транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду, а также воздействие погодных условий на состояние отходов.

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

Достигнутые экологические выгоды

Применение методов переработки отходов производства титана и магния способствует значительному снижению объема отходов, направляемых на захоронение, что уменьшает нагрузку на полигоны и снижает риск загрязнения почвы и грунтовых вод. Переработка позволяет извлекать ценные компоненты из отходов, что способствует ресурсосбережению и снижает потребность в первичном сырье. Кроме того, данные методы способствуют сокращению выбросов вредных веществ, повышению энергоэффективности производственных процессов и улучшению экологической безопасности предприятий. Комплексный подход к утилизации отходов в этой отрасли играет важную роль в развитии циркулярной экономики и устойчивого промышленного производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В работе [67] показаны результаты работы утилизации хлоридных отходов, образующихся при получении губчатого титана из ильменитовых концентратов в процессе Кроля и металлического магния электролизом из природного карналлита.

Предложен способ обезвреживания хлорсодержащих отходов путем перевода в водонерастворимую малотоксичную форму нейтрализацией кислых пульп известковым молоком. С хлоридными отходами теряются калий, магний, ниобий, тантал, скандий, марганец, хром и другие ценные металлы.

Представлен обзор экологически безопасных, экономически оправданных технологий по переработке хлоридных отходов, который показал возможность извлечения скандия, ниобия и редкоземельных элементов и возврат в производство титана и магния.

В работе (какой?) [68] показано, что отходы титанового производства являются эффективными добавками в буровые растворы, улучшающие различные структурно-механические свойства последних. Показано, что введение в буровые растворы отходов хлоридов в количестве 0,5–1,5 % приводит к снижению вязкости буровых растворов за счет коагуляции дисперсной глинистой фазы ионами поливалентных металлов.

На форма собственности "ЕВРАЗ ЗСМК" (Россия) утилизируется, перерабатывается и повторно используется около 88 % отходов производства. В 2022 году этот показатель составлял порядка 4,6 млн. тонн. Примерно 65 % отходов,

которые образуются на комбинате, передаются специализированным организациям в целях последующей обработки, утилизации или обезвреживания. В технологический процесс собственного производства вовлекается порядка 23 % отходов.

В работе? [69] рассматривается способ обезвреживания хлоридных пылей титановых хлораторов на промышленном оборудовании непосредственно на месте их образования методом термогидролиза. Хлоридная пыль в виде пульпы ($pH=1-2$, $\rho=1,07$ г/см³) впрыскивается в печь с температурой рабочей зоны 1250 – 1300 °С. Процесс гидролиза хлоридов железа, марганца и алюминия, входящих в состав хлоридной пыли, протекает с образованием хлористого водорода.

Кросс-медиа эффекты

Экономия сырья. При применении некоторых методов требуются дополнительные финансовые затраты (к примеру, при организации мест хранения отходов, при производстве продукции из вторичных ресурсов). Сокращение выбросов парниковых газов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства.

Улучшение экологических показателей.

5.6.2. Переработка пыли с газоочистки

Описание

Пыль с газоочистки образуется в результате очистки промышленных выбросов на очистных устройствах. Имеет следующий % масс: оксид железа – 35, оксид титана – 48, оксид кремния – 15.

Техническое описание

Пыль с газоочистки используется повторно в технологических процессах, при производстве магния, тетрахлорида титана, губчатого титана, титановых слитков, а также при ремонтно-механических работах.

Достигнутые экологические выгоды

Применение методов переработки отходов производства титана и магния способствует значительному снижению объема отходов, направляемых на захоронение, что уменьшает нагрузку на полигоны и снижает риск загрязнения почвы и грунтовых вод. Переработка позволяет извлекать ценные компоненты из отходов, что способствует ресурсосбережению и снижает потребность в первичном сырье. Кроме

того, данные методы способствуют сокращению выбросов вредных веществ, повышению энергоэффективности производственных процессов и улучшению экологической безопасности предприятий. Комплексный подход к утилизации отходов в этой отрасли играет важную роль в развитии циркулярной экономики и устойчивого промышленного производства.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Повторное использование пыли в технологическом процессе производства.

Экономия сырья и сокращения отходов.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Снижение затрат на утилизацию отходов.

Соблюдение требований экологического законодательства.

5.6.3. Переработка отработанного электролита в производстве магния

Описание

Отработанный электролит образуется в процессе электролиза хлормagneвиевого сырья в расплаве хлоридов щелочных металлов. Состав отработанного электролита, % масс: магния хлорид – 10,07, хлорид калия – 67,2, хлорид натрия – 21,82.

Техническое описание

Использование отработанного магниевоего электролита во многом зависит от его элементного состава, а именно: хлорид калия может использоваться для получения удобрений; хлориды калия, магния, натрия и кальция – при электролизе и в технологии получения сплавов; хлориды калия и магния – для синтеза искусственного карналлита.

В настоящее время отработанный электролит непосредственно в технологических процессах используется в качестве рабочего расплава при хлорировании титановых шлаков.

Достигнутые экологические выгоды

Применение методов переработки отходов производства титана и магния способствует значительному снижению объема отходов, направляемых на захоронение, что уменьшает нагрузку на полигоны и снижает риск загрязнения почвы и грунтовых вод. Переработка позволяет извлекать ценные компоненты из отходов, что способствует ресурсосбережению и снижает потребность в первичном сырье. Кроме того, данные методы способствуют сокращению выбросов вредных веществ,

повышению энергоэффективности производственных процессов и улучшению экологической безопасности предприятий. Комплексный подход к утилизации отходов в этой отрасли играет важную роль в развитии циркулярной экономики и устойчивого промышленного производства.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Повторное использование отработанного электролита в технологическом процессе производства.

Экономия сырья и сокращения отходов.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Экономия достигается за счет снижения затрат на утилизацию отходов.

Движущая сила внедрения

Снижение затрат на утилизацию отходов.

Соблюдение требований экологического законодательства.

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

Техники, перечисленные и описанные в настоящем заключении по НДТ, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими. Технологические нормативы устанавливаются в комплексном экологическом разрешении и не должны превышать соответствующие технологические показатели (при их наличии), связанные с применением наилучших доступных техник по конкретным областям их применения, установленные в заключениях по НДТ.

Технологические показатели, соответствующие НДТ, указанные в настоящем заключении по НДТ, относятся к следующим видам:

технологические показатели по выбросам в атмосферу, выраженные как массовые концентрации загрязняющих веществ на объем отходящего газа (мг/Нм^3) при условиях 273,15 К, 101,325 кПа, после вычитания содержания водяного пара;

технологические показатели по сбросам в водные объекты, выраженные как масса сброса на объем сточных вод, выраженные в мг/л;

при фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже диапазона указанных технологических показателей, связанных с применением НДТ, требования, определенные настоящим заключением по НДТ, являются соблюденными.

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.

6.1. Общие НДТ

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

НДТ для конкретных процессов, указанных в разделах 6.2. – 6.4., применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

6.1.1. Система экологического менеджмента

НДТ 1.

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении системы экологического менеджмента (СЭМ), 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 соответствия 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 8) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 3), также являются частью СЭМ.

Применимость.

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или нестандартизированная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Описание представлено в разделе 4.2.

6.1.2. Управление энергопотреблением НДТ 2.

Наилучшей доступной техникой является сокращение потребления тепловой и энергетической энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

№ п/п	Техники	Применимость

1	Использование системы управления эффективным использованием энергии (например, в соответствии со стандартом ISO 50 001).	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей.	
3	Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности.	
4	Применение энергосберегающих осветительных приборов.	
5	Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы.	
6	Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании.	
7	Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса.	

Описание представлено в разделах 4.3., 5.3.

6.1.3. Управление процессами

НДТ 3.

Наилучшей доступной техникой является измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени, для обеспечения стабильности и бесперебойности технологических процессов, что повысит энергоэффективность и позволит максимально увеличить производительность и усовершенствовать процессы обслуживания. НДТ заключается в обеспечении стабильной работы процесса с помощью системы управления процессом вместе с использованием одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием в производстве титана и магния.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения в производстве титана и магния.	

3	Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП).	
---	--	--

Описание представлено в разделе 5.2.

6.1.4. Мониторинг выбросов

НДТ 4.

НДТ является проведение мониторинга выбросов маркерных загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов.

№ п/п	Параметр	Контроль, относящийся к:	Минимальная периодичность контроля	Примечание
1	Пыль	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
2	Хлор	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
3	Хлористый водород	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
5	NO _x	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
6	CO	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
7	SO ₂	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
Непрерывный контроль проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям к периодичности контроля, предусмотренной действующим законодательством.				

Описание представлено в разделе 4.4.1.

6.1.5. Управление водными ресурсами

НДТ 5.

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод из очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

№ п/п	Параметр/маркерное загрязняющее вещество	Минимальная периодичность контроля
1	Температура (С ⁰)	Непрерывно*
2	Расходомер (м ³ /час)	Непрерывно*
3	Водородный показатель (ph)	Непрерывно*
4	Электропроводность (мкс – микросименс)	Непрерывно*
5	Мутность (ЕМФ-единицы мутности по формазину на литр)	Непрерывно*
6	Аммоний солевой	Один раз в квартал **
7	Железо (Fe)	Один раз в квартал **

8	Магний	Один раз в квартал **
9	Титан	Один раз в квартал **
10	Хлориды	Один раз в квартал **
11	Взвешенные вещества	Один раз в квартал **
* Непрерывный контроль проводится посредством АСМ на водовыпусках согласно требованиям, предусмотренным действующим законодательством.		
** Периодичность контроля применима для веществ при условии их наличия в составе при производстве титана и магния.		

Для мониторинга сброса сточных вод существует множество стандартных процедур отбора проб и анализа воды и сточных вод, в том числе:

случайная проба – одна проба, взятая из потока сточных вод;

составная проба – проба, отбираемая непрерывно в течение определенного периода, или проба, состоящая из нескольких проб, отбираемых непрерывно или периодически в течение определенного периода и затем смешанных;

квалифицированная случайная проба – составная проба из не менее чем пяти случайных проб, отобранных в течение максимум двух часов с интервалом не менее двух минут и затем смешанных.

Описание представлено в разделе 4.4.2.

6.1.6. Шум

НДТ 6.

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Звукоизоляция оборудования и инструментов с помощью глушителей, резонаторов, кожухов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Звукоизоляция ограждающих конструкций, звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов.	
3	Применение глушителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, в оборудовании.	
4	Акустически рациональные планировочные решения в проектировании зданий, помещений, сооружений.	
	Конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение	

5	шума, в том числе от инженерного и санитарно-технического оборудования зданий.	
---	--	--

Описание представлено в разделе 4.8.

6.1.7. Запах

НДТ 7.

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Выявление источников образования запахов и проведение мероприятий по их удалению и (или) сокращению запахов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи.	
3	Надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами.	
4	Внедрение систем очистки вредных выбросов, сопровождающихся неприятными запахами.	

Описание представлено в разделе 4.9.

6.2. Снижение выбросов загрязняющих веществ

6.2.1. Снижение выбросов от неорганизованных источников

НДТ 8.

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам как части системы экологического менеджмента (см. НДТ 1), который включает в себя:

- а) определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;
- б) определение и реализацию соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

НДТ 9.

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях, относятся:

--	--	--

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев.	
3	Применение стационарных и передвижных гидромониторно-насосных установок, на колесном и рельсовом ходу.	
4	Применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора.	
5	Организация процесса перевалки пылеобразующих материалов	
6	Пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой.	
7	Применение различных поверхностно-активных веществ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог.	
8	Укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта.	
9	Применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др.	
10	Очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов.	

11	Применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы.
12	Проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры.
13	Применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС.

Описание представлено в разделе 5.4.1.

НДТ 10.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении руд и продуктов их переработки.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении руд и продуктов их переработки, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ с использованием скального грунта, грубодробленной пустой породы.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев).	Применимо с учетом естественной среды обитания
3	Использование ветровых экранов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Описание представлено в разделе 5.5.1.

6.2.2. Снижение выбросов от организованных источников

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью технологические показатели (при наличии) установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции.

6.2.2.1. Выбросы пыли и газообразных веществ

НДТ 11.

В целях сокращения выбросов пыли (взвешенные вещества) при процессах, связанных с подготовкой сырья (прием, обработка, хранение, перемешивание, смешивание) при производстве титана и магния, НДТ предусматривает использование одной или нескольких газоочистных установок (камеры гравитационного осаждения,

циклоны, скрубберы), использование электрофильтров, рукавных фильтров, гибридных фильтров, фильтров с импульсной очисткой, керамических и металлических мелкоочистных фильтров и/или их комбинаций.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.1. Технологические показатели выбросов пыли в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, смешивание) при получении титанового шлака

№ п/п	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³) *
1	Циклоны типа ШВ(Ц)	2 – 5
2	Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)	
3	Рукавный фильтр	
4	Электрофильтры	
5	Циклоны	
6	Фильтр с импульсной очисткой	
7	Керамический и металлический мелкоочистные фильтры	

* При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышает 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

При отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенные в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделе 5.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 12.

В целях сокращения выбросов пыли при производстве титана и магния НДТ заключается в использовании техник предварительной очистки дымовых газов (камеры гравитационного осаждения, циклоны, скрубберы) с последующем использованием гибридного рукавного фильтра (электрофильтр+рукавный фильтр), электрофильтров,

рукавных фильтров, фильтров с импульсной очисткой, керамических и металлических мелкоочистных фильтров или их комбинаций.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов пыли в процессе плавки и выпуска расплава титанового шлака

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³) *	Применимость
2	Процесс плавки и выпуска расплава титанового шлака	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднесуточное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделе 5.5.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Таблица 6.3. Технологические показатели выбросов пыли в процессе приготовления трехкомпонентной титансодержащей шихты (сушка материалов, дробление материалов, помол, перемешивание) при производстве титана и магния

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³) *	Применимость
-------	-------------------------	---------	--------------------------------	--------------

1	Процесс приготовления трехкомпонентной титансодержащей шихты (сушка материалов, дробление материалов, помол, перемешивание)	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднemesячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделе 5.5.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 13.

В целях сокращения выбросов пыли в процессе восстановления титана из тетрахлорида титана магнийтермическим способом (восстановление, дистилляция) при получении титановой губки в производстве титана губчатого магнийтермическим способом НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.4. Технологические показатели выбросов пыли при получении титановой губки в производстве титана губчатого магнийтермическим способом

№				
---	--	--	--	--

п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³) *	Применимость
1	Восстановление титана из тетрахлорида титана магнийтермическим способом (восстановление, дистилляция)	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделе 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 14.

В целях сокращения выбросов в процессе подготовки шихтовых материалов (первичных и вторичных) для производства титановых сплавов (очистка в кислотном растворе, обезжиривание, дробеметная обработка, нагрев, измельчение, навешивание, прессование, сушка) НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.5. Технологические показатели выбросов пыли при производстве титановых сплавов

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³ *	Применимость
1	Подготовка шихтовых материалов (первичных и вторичных) для производства титановых сплавов (очистка в кислотном растворе, обезжиривание, дробеметная обработка, нагрев, измельчение, навешивание, прессование, сушка)	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделах 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 15.

В целях сокращения выбросов пыли при производстве титановых слитков (загрузка, плавление в вакуумных печах, выгрузка, охлаждение, шоопирование, обработка) НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.6. Технологические показатели выбросов пыли при производстве титановых слитков

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³ *	Применимость
1	2	3	4	5

1	Производство титановых слитков (загрузка, плавление в вакуумных печах, выгрузка, охлаждение, шоопирование, обработка)	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделах 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 16.

В целях сокращения выбросов пыли в процессе хлорирования обезвоженного искусственного карналлита анодными газами для получения безводного очищенного искусственного карналлита при производстве титана и магния НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.7 Технологические показатели выбросов пыли при хлорировании обезвоженного искусственного карналлита анодными газами для получения безводного очищенного искусственного карналлита

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³) *	Применимость
-------	-------------------------	---------	--------------------------------	--------------

1	Технологические выбросы от абсорбции примесей, газов, аэрозолей при получении очищенного искусственного карналлита	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделах 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 17.

В целях сокращения выбросов пыли в процессе электролиза расплава обезвоженного карналлита с получением первичного магния, при производстве титана и магния НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.8. Технологические показатели выбросов пыли при электролизе расплава обезвоженного карналлита с получением первичного магния.

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/м³) *	Применимость

1	Технологические выбросы при электролизе искусственного карналлита	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделах 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 18.

В целях сокращения выбросов пыли в процессе рафинирования и литья магния при производстве титана и магния НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Применение камер гравитационного осаждения	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Применение циклонов	
3	Применение мокрых газоочистителей	

Таблица 6.9. Технологические показатели выбросов пыли при рафинировании и литье магния.

№ п/п	Технологический процесс	Техники	НДТ-ТП (мг/нм ³) *	Применимость
-------	-------------------------	---------	--------------------------------	--------------

1	Технологические выбросы при производстве магния	Циклоны типа ШВ(Ц)	2-5	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
		Рукавный фильтр		
		Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр)		
		Электрофильтры		
		Керамический и металлический мелкоочистные фильтры		
		Фильтр с импульсной очисткой		
		Циклоны		

*При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

- а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;
- б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;
- с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

(Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделах 5.4.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.2.2. Выбросы диоксида серы

НДТ 19.

В целях предотвращения или сокращения выбросов SO_2 из отходящих технологических газов при производстве плавки и выпуска расплава титанового шлака НДТ заключается в использовании одной из или комбинации нижеперечисленных техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы	Общеприменимо
		Применительно для новых установок. Для действующих установок применимость может быть ограничена в случаях:

2	Использование "мокрых" способов очистки (мокрый скруббер)	очень высокие скорости потока отходящего газа (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема воды и необходимости очистки сточных вод); необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с выделением отдельных потоков для обессеривания, а также ограниченность территории (отсутствие производственных площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений).
---	---	--

Таблица 6.10. Технологические показатели выбросов SO₂ при производстве плавки и выпуске расплава титанового шлака.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	SO ₂	2-5

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссии должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к SO₂.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.3.

НДТ 20.

В целях предотвращения или сокращения выбросов SO₂ из отходящих технологических газов при рафинировании и литье магния при производстве титана и магния НДТ заключается в использовании одной из или комбинации нижеперечисленных техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1		Общеприменимо к видам деятельности и технологическим

	Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы	процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Использование "мокрых" способов очистки (мокрый скруббер)	Применительно для новых установок. Для действующих установок применимость может быть ограничена в случаях: очень высокие скорости потока отходящего газа (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема воды и необходимости очистки сточных вод); необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с выделением отдельных потоков для обессеривания, а также ограниченность территории (отсутствие производственных площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений).

Таблица 6.11. Технологические показатели выбросов SO₂ при рафинировании и литье магния.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	SO ₂	20-50

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.2.3. Описание представлено в разделе 5.4.3.Выбросы оксидов азота НДТ 21.

Для предотвращения и/или снижения выбросов окислов азота (NO_x) в атмосферу при ведении плавки и выпуске расплава титанового шлака НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техника	Применение
1	2	3
		Общеприменимо Повторная подача отработанного газа из печи в пламя для снижения содержания кислорода и,

1	Рециркуляция дымовых газов	следовательно, температуры пламени. Использование специальных горелок основано на внутренней рециркуляции дымовых газов, которые охлаждают основание пламени и снижают содержание кислорода в самой горячей части пламени.
2	Конструкция горелки (горелка с низким образованием NO_x)	Предназначены для снижения пиковых температур пламени, что задерживает процесс сгорания, но дает ему завершиться, при этом увеличивая теплопередачу. Эффект этой конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива, особенно при наличии в топливе летучих соединений, при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO_x . Конструкция горелок с более низкими показателями выбросов NO_x предполагает поэтапное сжигание (воздух/топливо) и рециркуляцию дымовых газов. Применимость на существующих заводах может быть ограничена конструктивными и/или эксплуатационными ограничениями.
3	Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Применение селективного каталитического восстановления (СКВ)	Общеприменимо. Применяется после обеспыливания и очистки от кислых газов.
5	Кислородно-топливная горелка	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Таблица 6.12. Технологические показатели выбросов NO_x при ведении плавки и выпуске расплава титанового шлака.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	NO_x	2-5

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к NOx.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.4.

6.2.2.4. Выбросы оксида углерода

НДТ 22.

Для предотвращения и/или снижения выбросов оксида углерода в атмосферу при ведении плавки по производству титанового шлака НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов	Низкотемпературный процесс очистки газов основан на физической абсорбции СО или промывке газа жидким азотом. Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления.
2	Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара	Процесс очистки может осуществляться с использованием реакции водяного пара (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов. Остаточное содержание оксидов углерода в очищенном газе составляет несколько десятитысячных долей процента. Одновременно происходит

		удаление свободного кислорода, если он присутствует в газе.
3	Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием	Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы либо природный газ, пропан-бутановые смеси. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки.
4	Регенеративный термический окислитель	Общеприменимо. Работа регенеративного термического окислителя основана на химическом/термическом и механическом процессах. ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO ₂ и водяной пар H ₂ O, которые не представляют опасности и не имеют запаха.

Таблица 6.13. Технологические показатели выбросов оксида углерода при ведении плавки по производству титанового шлака.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Углерода оксид	2-5

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.5.

НДТ 23.

Для предотвращения и/или снижения выбросов оксида углерода в атмосферу при производстве тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магниитермическим способом НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
		Низкотемпературный процесс очистки газов основан на физической абсорбции СО или промывке газа жидким азотом. Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного

1	Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов	охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотводородной фракции и азотного цикла высокого давления.
2	Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара	Процесс очистки может осуществляться с использованием реакции водяного пара (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов. Остаточное содержание оксидов углерода в очищенном газе составляет несколько десятитысячных долей процента. Одновременно происходит удаление свободного кислорода, если он присутствует в газе.
3	Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием	Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки.
4	Регенеративный термический окислитель	Общеприменимо. Работа регенеративного термического окислителя основана на химическом/термическом и механическом процессах. ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO_2 и водяной пар H_2O , которые не представляют опасности и не имеют запаха.

Таблица 6.14. Технологические показатели выбросов оксида углерода при производстве тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магниитермическим способом.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Углерода оксид	2-5*

* согласно результатам научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при переработке сырья с содержанием местного шлака - 10–20 мг/Нм³.

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссии должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к СО.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.5.

НДТ 24.

Для предотвращения и/или снижения выбросов оксида углерода от абсорбции примесей, газов, аэрозолей при получении очищенного искусственного карналлита НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов	Низкотемпературный процесс очистки газов основан на физической абсорбции СО или промывке газа жидким азотом. Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления.

2	Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара	Процесс очистки может осуществляться с использованием реакции водяного пара (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов. Остаточное содержание оксидов углерода в очищенном газе составляет несколько десятитысячных долей процента. Одновременно происходит удаление свободного кислорода, если он присутствует в газе.
3	Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием	Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки.
4	Регенеративный термический окислитель	Общеприменимо. Работа регенеративного термического окислителя основана на химическом/термическом и механическом процессах. ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO_2 и водяной пар H_2O , которые не представляют опасности и не имеют запаха.

Таблица 6.15. Технологические показатели выбросов оксида углерода от абсорбции примесей, газов, аэрозолей при получении очищенного искусственного карналлита.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Углерода оксид	30-60

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссии должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к СО.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.5.

6.2.2.5. Выбросы хлора

НДТ 25.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлора в атмосферу в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магниитермическим способом, при производстве титана и магния НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорберная система ШВ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Скруберная система типа ZK	
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические.	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.16. Технологические показатели выбросов хлора в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магниитермическим способом,

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлор	5-10

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

НДТ 26.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлора в атмосферу в процессе электролиза расплава обезвоженного карналлита с получением первичного магния и хлорирования обезвоженного карналлита анодными газами для получения безводного очищенного карналлита при производстве титана и магния НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорберная система ШВ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Скруберная система типа ZK	
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические.	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.17. Технологические показатели выбросов хлора при электролизе карналлита и хлорировании обезвоженного карналлита анодными газами.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлор	30 – 60

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

НДТ 27.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлора в атмосферу в процессе снижения выбросов при рафинировании и литье магния НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Абсорберная система ШВ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Скруберная система типа ZK	
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические,	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические,	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.18. Технологические показатели выбросов хлора при производстве магния,

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлор	5-10

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

6.2.2.6. Выбросы хлористого водорода

НДТ 28.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлористого водорода в атмосферу в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магниетермическим способом НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорберная система ШВ	

2	Скруберная система типа ZK	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические.	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические.	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.19. Технологические показатели выбросов хлористого водорода в процессе подготовки сырья (прием, обработка, хранение, хлорирование) при получении технического тетрахлорида титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлористый водород	5-10

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

НДТ 29.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлористого водорода в атмосферу в процессе восстановления титана из тетрахлорида титана магнийтермическим способом (восстановление, дистилляция) при получении титановой губки в производстве титана губчатого магнийтермическим способом НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорберная система ШВ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Скруберная система типа ZK	
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические.	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические.	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.20. Технологические показатели выбросов хлористого водорода при восстановлении титана в производстве титана губчатого магнийтермическим способом.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлористый водород	1 – 3

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

НДТ 30.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлористого водорода в атмосферу в процессе электролиза расплава обезвоженного карналлита с получением первичного магния и хлорирования обезвоженного карналлита анодными газами для получения безводного очищенного карналлита при производстве титана и магния НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорберная система ШВ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Скруберная система типа ZK	
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические,	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические,	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.21. Технологические показатели выбросов хлористого водорода при электролизе карналлита и хлорировании обезвоженного карналлита анодными газами.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлористый водород	10 – 20

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

НДТ 31.

Для предотвращения и/или снижения выбросов хлористого водорода в атмосферу в процессе снижения выбросов при рафинировании и литье магния НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	Абсорберная система ШВ	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Скруберная система типа ZK	
3	Абсорберные системы полые, цилиндрические.	
4	Скруберные системы полые, скоростные, безнасадочные, цилиндрические.	
5	Установка поглощения хлора	

Таблица 6.22. Технологические показатели выбросов хлористого водорода при производстве магния.

№		
---	--	--

п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)
1	Хлористый водород	10 – 20

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.4.6.

6.3. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 32.

Наилучшей доступной техникой для удаления и очистки сточных вод является управление водным балансом предприятия. НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
а	Разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
б	Внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе	
в	Сокращение водопотребления в технологических процессах	
г	Гидрогеологическое моделирование месторождения	
д	Внедрение систем селективного сбора шахтных и карьерных вод	На действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией существующих систем сбора сточных вод.
е	Использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод	На действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией существующих систем очистки сточных вод.

Описание представлено в разделе 5.5.

НДТ 33.

Наилучшей доступной техникой для снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты является снижение водоотлива карьерных и шахтных вод путем применения отдельно или совместно следующих технических решений.

	Техники	Применимость
а	Применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей	Определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения.

б	Использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких, как водопонижение и/или противофильтрационные завесы и другое,	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
в	Оптимизация работы дренажной системы	
г	Изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока	
д	Отвод русел рек за пределы горного отвода	Применяется в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно.
е	Недопущение опережающего понижения уровней подземных вод	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
ж	Предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки	

Описание представлено в разделе 5.5.

НДТ 34.

Наилучшей доступной техникой для снижения негативного воздействия на водные объекты является управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем путем применения отдельно или совместно следующих технических решений.

	Техники	Применимость
а	Организация системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов	
б	Перекачка сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище	
в	Отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенных участков, в том числе и выровненных, засеянных или озелененных, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод.	
	Очистка поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным	

г	использованием очищенных сточных вод на технологические нужды	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
д	Организация ливнеотоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмоستков и облицовок с целью защиты от эрозии	
е	Организация подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями	
ж	Выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии	

Описание представлено в разделе 5.5.

НДТ 35.

Наилучшей доступной техникой для снижения уровня загрязнения сточных (шахтных, карьерных) вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства, является применение одной или нескольких приведенных ниже техник очистки сточных вод:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
а	Осветление и отстаивание	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
б	Фильтрация	
в	Сорбция	
г	Коагуляция, флокуляция	
д	Химическое осаждение	
е	Нейтрализация	
ж	Окисление	
з	Ионный обмен	

Таблица 6.23. Технологические показатели сбросов при сбросах промышленно-ливневых (с очисткой) сточных вод при производстве титана и магния, поступающих в поверхностные водные объекты.

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/дм ³) (*) (**) (***) (****)
1	Взвешенные вещества	C _{н.к.} - 9
2	Аммоний солевой	C _{н.к.} - 0,2

3	Железо общее	$C_{н.к.} - 0,05$
4	Магний	$C_{н.к.} - 20$
5	Титан	$C_{н.к.} - 0,010$
6	Хлориды	$C_{н.к.} - 300$

(*) Среднесуточное значение;

(**) Используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;

(***) Установление факта негативного воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы свидетельствует о нарушении требований, применяемых к гидротехническим сооружениям. В этом случае количественные показатели эмиссий должны соответствовать действующим санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды по отношению к местам культурно-бытового водопользования;

(****) В целях соблюдения экологических нормативов качества ($C_{н.к.}$) и недопущения ущерба окружающей среде установление технологических показателей при сбросе сточных вод в водные объекты выше экологических нормативов качества допускается до верхней границы соответствующего диапазона при обосновании в рамках оценки воздействия на окружающую среду.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

Описание представлено в разделе 5.5.

6.4. Управление отходами

НДТ 36.

НДТ заключается в использовании интегрированных и операционных методов для минимизации отходов за счет внутреннего использования или применения специализированных процессов переработки (внутренних или внешних).

НДТ 37.

В целях снижения количества отходов, направляемых на утилизацию при производстве титана и магния, НДТ заключается в организации операций на объекте, для облегчения процесса повторного использования технологических полупродуктов или их переработку с помощью использования одной и/или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Переработка пыли с газоочистки	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Переработка отработанного электролита в производстве магния	

Описание представлено в разделе 5.6.

6.5. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве титана и магния являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов.

Величина воздействия деятельности производственных объектов в производстве титана и магния на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления и водоотведения, эффективности работы очистных сооружений, качественной

характеристики сброса сточных воды на поля фильтрации и рельеф местности. Качественный состав сбрасываемых сточных вод обусловлен составом вод, используемых на водоснабжение предприятия, составом используемого сырья, спецификой технологических процессов, составом промежуточных либо готовых продуктов, существующих систем очистки сточных вод.

Образующиеся в результате производственных и технологических процессов отходы могут передаваться на утилизацию/переработку сторонним организациям на договорной основе, частично используются для собственных нужд в технологических процессах.

Согласно 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 титана и магния 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, должна предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Кодекса (ст. 131 – 141 раздела 5) и Методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того чтобы, с учетом их текущего или будущего утвержденного целевого назначения, участок больше не

создавал значительного риска для здоровья человека и не причинял ущерб от ее деятельности в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

7. Перспективные техники

Данный раздел содержит информацию о новейших инновационных техниках, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

В процессе подготовки справочника НДТ составители и члены ТРГ проанализировали целый ряд новых технологических, технических и управленческих решений, которые обсуждаются как в европейских странах, так и в России. Это решения, направленные на повышение эффективности производства, сокращение негативного воздействия на окружающую среду, оптимизацию ресурсопотребления. Они еще не получили широкого распространения и надежными сведениями о внедрении их на двух предприятиях составители справочника не располагают.

Далее в тексте эти решения описаны применительно к процессам, относящимся к производству титана и магния.

7.1. Перспективные направления в производстве титана и магния

Титан и его сплавы является весьма перспективным цветным металлом благодаря высоким физико-механическим, эксплуатационным и технологическим свойствам. Сочетание легкости (*удельный вес титана $\rho = 4,5 \text{ г/см}^3$*), прочности, термостойкости и высокой коррозионной стойкости выгодно отличает данный металл от спецсталей, алюминиево-магниевых и других сплавов. Равнопрочные титановые детали почти в 5 раз легче, чем изготовленные из традиционно применяемых материалов. Такие преимущества определили применение титана в XX веке, прежде всего, в бурно развивающейся аэрокосмической промышленности, хотя сразу начались попытки его применения в судостроении, двигателестроении, автомобильной промышленности. Особенности физико-механических свойств (в частности, высокая химическая активность) обусловили то, что промышленное производство титана началось лишь в середине XX века – путем сложного и дорогого химико-термического процесса восстановления тетрахлорида титана. И, несмотря на многомиллионные инвестиции в разработки, альтернативы данному методу не нашлось до настоящего времени. Поэтому титан остается по-прежнему достаточно дорогим металлом и основные области его применения долгие годы определял военно-промышленный комплекс. Например, в конце 70-х годов XX века практически весь годовой объем производства титана в СССР ушел на один проект – использование титана в качестве основного конструкционного материала при производстве ядерной подводной лодки, что позволило на треть снизить ее массу, обеспечить глубоководность, немагнитность и

самую большую в мире скорость под водой, до сих пор являющуюся мировым рекордом. Дороговизна, наукоемкость и снижение ориентации на военные нужды (всю вторую половину XX века титан был "абсолютно военным" металлом) в конце XX века привели к некоторому спаду производства титана в мире. Однако в последние годы "оживает" авиапромышленность мира, быстро растет производство сталей с титановым легированием, что приводит к увеличению технологических и экономических показателей производства титана. Сегодня ежегодно в мире производится 50-70 тыс. т титана. Титан и его сплавы используются в авиа- и ракетостроении для изготовления каркасных деталей, обшивки, топливных баков, лопаток компрессоров, деталей реактивных двигателей и т.д.; в судостроении – для обшивки корпусов судов и подводных лодок, для гребных винтов; в химической промышленности – для реакторов, насосов, емкостей для агрессивных сред; в медицинской промышленности – для производства инструментов и имплантатов; в пищевой промышленности – для сепараторов, холодильников, емкостей и т.д. [70].

7.1.1. Перспективы развития титанового производства в Казахстане

Решение проблемы получения кондиционного концентрата диоксида титана из сырьевых источников Казахстана позволит увеличить мощности производства аэрокосмической титановой губки и создать собственное производство востребованного на мировом рынке пигментного диоксида титана. Ключевым узлом разрабатываемой технологии является термохимическое разложение рудных и нерудных минералов ильменитового концентрата, обеспечивающее перевод хрома, фосфора, алюминия, кремния и железа в водорастворимую форму. Разрабатываемую технологию целесообразно апробировать в промышленных условиях проведением балансовых исследований для уточнения расходных коэффициентов, оценки технико-экономической эффективности и составления технологического регламента.

В 2014 году по заказу АО "УКТМК" АО "Институт металлургии и обогащения" (АО "ИМиО") (Казахстан) провело балансовые исследования производства титанового шлака. Исследования были выполнены рудно-термической плавкой 2160 т шихты Вольногорского и Сатпаевского ильменитовых концентратов, где были определены технологические условия, позволившие увеличить почти на 11 % объем сверхнормативного годового производства титанового шлака. Указанный титановый шлак по качеству превзошел технические требования СТ АО 00202028 – 120, предъявляемые к продукции 1 сорта, без дополнительных энергозатрат за счет сокращения нормативных затрат: ильменитовых концентратов на 11,5 % и на 8 % антрацита, используемого в качестве восстановителя.

Совместными усилиями с комбинатом существенно улучшено качество технического тетрахлорида титана. Реализовано новое техническое

решение барботажа расплава ванадиевого хлоратора осушенным воздухом (азотом) перед подачей анодного хлоргаза, позволившее сократить содержание в нем ванадия

более чем в 6,5 раза, хлора в 2,9 раза, твердых взвесей более чем в 1,6 раза и увеличить выход ванадия в технический окситрихлорид ванадия в 16 раз.

Расширение мощностей производства титановых шлаков, ассортимента титановых слитков, сплавов, проката, титановых изделий зависит от объема производства титановой губки и, прежде всего, от необходимых объемов производства высококачественных ильменитовых концентратов.

В настоящее время на обогатительной фабрике ТОО "Тиолайн" (Казахстан) в результате переработки титан-цирконовых россыпей месторождения Обуховское накоплен большой объем, порядка 4,5 тыс. тонн, не реализуемого из-за несоответствия качества техническим требованиям по причине высокого содержания в нем хрома, придающего титановым сплавам и слиткам хладноломкость, ильменитового концентрата.

В АО "ИМиО" (Казахстан) разработан эффективный способ твердофазного кондиционирования ильменитового концентрата Обуховского месторождения без дополнительной механоактивации, обеспечивающего получение концентрата диоксида титана, превосходящего по химическому составу вольногорский и сатпаевский ильменитовые концентраты, и близкого по качеству к титановому шлаку, получаемому в АО "УКТМК" (таблицы 1, 2).

Совместная с вольногорским и сатпаевским ильменитовыми концентратами отдельная руднотермическая плавка кондиционного концентрата диоксида титана позволит не только расширить мощности, но и сократить себестоимость производства востребованной на мировом рынке титановой продукции, что является одной из важнейших ключевых задач развития экономики республики [71].

Таблица 7.1. Химический состав ильменитовых концентратов

№ п/п	Компоненты	Содержание, %			
		Вольногорский	Сатпаевский	Обуховский	АО "ИМиО"
1	2	3	4	5	6
1	TiO ₂	64,0	51,0	52,156	80,872
2	FeO	14,6	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃	-	39,7	29,128	11,993
4	Cr ₂ O ₃	1,6	0,2	8,033	0,636
5	SiO ₂	2,1	3,6	3,898	0,722
6	Al ₂ O ₃	2,1	0,6	2,271	0,286
7	CaO	0,19	0,11	0,121	0,21
8	MgO	0,63	0,30	0,705	0,19
9	MnO	1,5	2,9	1,535	0,296
10	P ₂ O ₅	0,29	2,9	0,218	0,013
11	ZnO ₂	0,13	0,17	1,072	1,206

12	Nb ₂ O ₅	0,18	0,28	0,155	0,176
13	Y ₂ O ₃	-	-	0,192	0,135
14	Sc ₂ O ₃	0,0058	0,005	-	-
15	Ta ₂ O ₅	0,0023	0,0023	-	-
16	S	<0,020	<0,020	0,008	0,017

Таблица 7.2. Технические требования предприятия к качеству титанового шлака.

№ п/п	Массовая доля, %	Требования СТ АО 00202028-120	
		1 сорт	2 сорт
1	TiO ₂ , не менее	84	79
2	FeO, не более	7	10

7.1.2. Получение титана, сплавов и композиционных материалов методом электролиза оксидов в расплаве хлорида кальция: FFC Cambridge process.

Объектом исследования является способ производства металлического титана и его сплавов, основанный на катодном твердофазном электролизе диоксида титана в расплавленном хлориде кальция.

Способ разработан в середине 90-х годов XX века в Кембриджском университете и носит название метод FFC. Он назван FFC – по начальным буквам фамилий авторов Fray, Farthing, Chen и основан на катодном электрохимическом восстановлении TiO₂ до металла. Метод претендует на конкуренцию с традиционным методом Кролла и отличается простотой технологии, аппаратного оформления, использованием дешевого сырья и экологической безопасностью. Метод дает возможность непосредственно перерабатывать природные полезные ископаемые, например, рутил. В то же время ряд других методов, например, магнитермический, требуют промежуточного получения тетрахлорида титана из исходных руд. Рассматриваются актуальность производства титана с помощью FFC Cambridge процесса, возможные варианты механизма протекания реакции получения титана, его сплавов и композиционных материалов в процессе катодного восстановления оксидов в твердом состоянии, а также экологические аспекты внедрения данного способа. Указано на необходимость проведения дальнейших исследований по методу FFC с целью определения его эффективности для производства дешевого титана, его сплавов и композиционных материалов [72].

7.1.3. Порошковая металлургия

Порошковая металлургия является перспективным направлением производства изделий из титана. Эта технология применяется для изготовления "чистовых" деталей, требующих минимальной механической обработки. Габариты получаемых изделий варьируются в очень широких пределах, немаловажна также высокая

воспроизводимость и гомогенность изделий не только по составу, а и по механическим свойствам. Однако экономическая целесообразность этой технологии зависит от существования постоянного источника дешевого порошка, которого на данный момент не существует [73].

7.1.4. Процесс аэрозоля

Процесс аэрозоля основывается на технологии Хантера и является также непрерывным. Было продемонстрировано парофазное восстановление тетрахлорида титана как первая часть процесса из двух стадий. Вторая стадия, заключающаяся в конденсации пара на холодной стенке индукционной печи, так и не была проведена [73].

7.1.5. Расплав солей

Исследователи в центре Олбани (штат Аризона, США) стремились добиться восстановления по методу Хантера при непрерывном перемешивании.

Таким образом добиваются более высокого выхода продуктов реакции. Когда титановые частицы становятся слишком большими для суспензии, они начинают осаждаться и при непрерывном перемешивании содержимого реактора выводятся из него [73].

7.1.6. Toho Titanium Co., Ltd

В этом процессе тетрахлорид титана восстанавливается магнием в расплаве из хлорида магния. Титан оседает на дно реактора и направляется в индукционную плазменную печь. Основываясь на результатах работы установки производительностью 50 кг/ч, утверждается, что возможно производить титан дешевле на 30 % [73].

7.1.7. Электролитическое восстановление

Непрерывное электролитическое восстановление тетрахлорида титана – единственный процесс, который действительно мог бы заменить процесс Кроля. Когда Кроль посетил Японию в 1953 году он предсказал, что титан будет производиться электролитическим путем в течение ближайших 15 лет. Однако

даже спустя 56 лет электролиз не используется для проведения восстановления тетрахлорида титана. В начале 80-х годов компания "D-N Titanium" построила завод производительностью 90 т/год, на котором тетрахлорид титана восстанавливали в ванне с KCl и LiCl при температуре 520 °C.

Приблизительно в то же самое время "Timet" проводил электролиз, для которого использовали ванну с NaCl при температуре 900 °C. Обе попытки впоследствии были закрыты, очевидно, из-за неспособности управлять обратными реакциями титана с хлором. Второй, более радикальный подход к электролитическому восстановлению заключается в прямом восстановлении диоксида титана. В этом подходе рутил (96 %-ый TiO_2) сначала очищают и затем проводят процесс при температуре 1667 °C, что создает значительные трудности в выборе материалов. Технологические сложности

создала возможность титана образовывать соединения переменной валентности в электролитических ячейках [73].

7.1.8. Плазма

Плазменные процессы возможны в двух вариантах. Первый и самый простой основан на использовании энергии высокотемпературной плазмы, благодаря которой можно разделить молекулу. Используя тетрахлорид титана в качестве источника титана и разлагая его в плазме, необходимо было охладить титан на подложке раньше, чем он повторно прореагирует с хлором. Практически оказалось, что невозможно охладить титан достаточно быстро, чтобы предотвратить обратную реакцию большей части полученного титана, и в итоге получали слишком мелкий порошок с низким выходом и неудовлетворительной чистотой. Второй подход заключается в том, что компонент-восстановитель, такой, как водород или натрий, составлял поток плазмы, но применение плазмы как источника теплоты оказалось нерациональным [73].

7.1.9. Алюмотермическое восстановление

Алюмотермический процесс отличается от большинства других процессов, так как это бесхлорный процесс, в котором используют ильменит (FeTiO_3). Ильменит обжигают с Na_2SiF_6 для получения Na_2TiF_6 , который взаимодействует с алюминием в ванне с расплавленным цинком. Цинк и алюминий затем удаляют вакуумной сепарацией. Среди проблем, которые привели к закрытию опытной установки, было загрязнение титана кремнием из Na_2SiF_6 и кислородом из ильменита. Кроме того, титан не мог быть полностью очищен от цинка вакуумной сепарацией. Другие подходы для очистки титана, такие, как выщелачивание и пирометаллургия, также не принесли ожидаемых результатов [73].

7.1.10. Водородное, углеродное и другие способы восстановления

Водородное, углеродное и другие способы восстановления были предложены как для диоксида, так и для тетрахлорида титана. Концептуально такой метод правилен, так как единственное твердое вещество, получаемое в результате реакций при данных температурах – это титан, поэтому проект реактора непрерывного действия с такими восстановителями теоретически возможен. Термодинамически возможно восстановить водородом диоксид титана до $\text{TiO}_{1,75}$, а восстановить тетрахлорид титана до металлического титана водородом термодинамически при температурах ниже 3500°C невозможно.

Карботермическое восстановление диоксида титана термодинамически возможно. Однако температура должна быть выше 1800°C ; кроме того, восстановление неизбежно приводит к образованию TiC . CaH_2 был предложен как восстановитель и для диоксида титана, и для тетрахлорида титана. Было показано, что TiO_2 восстанавливается CaH_2 при температуре 1100°C , причем данная реакция приводит к

образованию TiH_2 , который при дегидратации превращается в порошок. Крупномасштабный завод в бывшем Советском Союзе производил порошки высокой чистоты, но он был закрыт в 90-е годы: CaH_2 оказался слишком дорог, а для процессов восстановления необходимо применять рутил высокой чистоты, чтобы уменьшить содержание примесей в полученном титане [73].

7.1.11. Космическая металлургия

Космическая металлургия, т.е. получение металлов и сплавов в космосе, сегодня по праву может считаться самостоятельным перспективным направлением развития металлургического производства. Особенности получения металлов в условиях космоса являются следующие: плавление металлов и получение сплавов осуществляется без специальных плавильных агрегатов, так как в космосе не действуют силы тяжести; под действием силы поверхностного натяжения расплав приобретает форму шара и свободно висит в пространстве. Используя электромагнитное поле, расплаву можно придать произвольную форму; – в условиях космоса компоненты сплава хорошо перемешиваются. В случае невесомости газы хорошо растворяются в расплавах, а после кристаллизации получаемые сплавы имеют вид губки с равномерно распределенными ячейками, заполненными газом. Такие сплавы называют "металлогазами". Они имеют чрезвычайно низкую плотность и могут содержать до 90 % газов, остальное – сталь.Metalлогазы весьма перспективны для самолето- и ракетостроения, а также для производства космической техники [70].

7.2. Перспективные направления в производстве магния

Малая плотность магниевых сплавов ($\rho = 1,74 \text{ г/см}^3$) в сочетании с достаточно высокой удельной прочностью, удовлетворительной коррозионной стойкостью, обрабатываемостью давлением и резанием определили техническую и экономическую целесообразность их применения в авиации, машиностроении, приборостроении, космической технике, в радиотехнике, в полиграфической и текстильной промышленности. Композиционные материалы на магниевой основе обладают наиболее высокой удельной прочностью на фоне других технических сплавов.

7.2.1. Перспективные легкие сплавы магния

Магний – достаточно универсальный металл и соединения на его основе могут применяться в различных сферах. Чтобы изделие из магниевого сплава могло быть применено в медицинских целях, оно должно отвечать главным требованиям – растворяться (резорбироваться) с заданной скоростью и без вреда для организма. С тем, чтобы раствориться, у магния проблем нет – он имеет низкую устойчивость к коррозии. Это делает его применимым для изготовления биорезорбируемых имплантов и стентов, например, в травматологии, ортопедии, стоматологии и даже кардиологии. Сейчас стенты и импланты производятся из титана или нержавеющей стали, а это значит, что их нужно будет извлекать из организма в рамках повторной операции. С

магнием этого делать не придется. Но необходимо управлять скоростью растворения в организме, чтобы не дать медицинскому изделию раствориться до заживления тканей.

С помощью технологии плазменно-электролитического (микродугового) оксидирования ученые Тольяттинского государственного университета (Россия) научились создавать на поверхности магниевых сплавов твердые износ- и коррозионностойкие керамические слои. Это защищает сплав от механического, коррозионного либо совместного воздействия. Именно плазменно-электролитическому (микродуговому) оксидированию отводится роль "регулирущика", который заставляет имплант из магниевого сплава раствориться в организме человека с заданной скоростью. Материаловеды Тольяттинского государственного университета создали ультрамелкозернистые магниевые сплавы, которые обладают требуемым набором свойств для изготовления медицинских имплантатов, в том числе заданной скоростью резорбции (растворения), разработали технологии получения полуфабрикатов, необходимых для производства конечных продуктов.

В партнерстве с Соликамским опытно-металлургическим заводом (Россия) Тольяттинский государственный университет разработал жаропрочный магниевый литейный сплав. Он обладает повышенной температурой воспламенения (на 200°C выше, чем у лучших образцов подобных сплавов) и предназначен для использования в авиационной промышленности.

Этот сплав необходим для отливки поршней двигателей беспилотных летательных аппаратов. За счет придания новых свойств мощность и надежность двигателя будет в разы выше и он сможет успешно конкурировать с зарубежными аналогами, в том числе применяться в силовых установках мощностью до 300 л.с. на воздушных судах малой авиации [74].

7.2.2. Повышение эффективности производства металлического магния на основе комплексной переработки и утилизации образующихся отходов производства

Основными технологиями получения магния являются электролиз безводного карналлита ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl}$) и силикотермическое восстановление магния из магнезитового или магезито-доломитового сырья (MgCO_3). Силикотермический способ производства используется прежде всего китайскими компаниями, с конца 1990-х годов доминирующими на мировом рынке магния.

Обзор патентов различных стран за последние годы и предварительный анализ эффективности имеющихся технических решений в этой области свидетельствуют о том, что одним из направлений, позволяющих существенно снизить себестоимость производства магния, является комплексная переработка отходов как техногенного сырья с получением новых товарных продуктов.

В частности, получение таких новых товарных продуктов:

- строительных теплозащитных, звукоизоляционных изделий и материалов на основе совместной переработки отходов деревоперерабатывающих предприятий и магниевой промышленности (шламы карналлитовых хлораторов, содержащие MgO и $MgCl_2$, используются в качестве магнезиальных вяжущих материалов) (патенты РФ № 2183599, 2185349, 2199503, 2203245);

- получение и использование магнезиальных вяжущих материалов для отверждения высокотоксичных и радиоактивных веществ (патенты РФ № 2194782, 2258752);

- комплексных минеральных и органоминеральных удобрений на основе совместной утилизации отходов агропромышленного комплекса и магниевого производства (отработанный электролит магниевых электролизеров) (патент РФ на ПМ № 43009);

- высокоэффективных экологически чистых противогололедных препаратов (патенты РФ на ПМ № 45951, 46448, 46692, 46957, 48187);

- переработка гипохлоритных растворов и пульп с получением отбеливающих ($NaClO$, белизна) и обезвреживающих ($NaClO_2$) препаратов, буровых растворов ($CaCl_2$, $NaCl$, KCl , $MgCl_2$ и др.) для нефтяной промышленности (патент РФ на ПМ № 34524).

Жесткая конкуренция на рынке магния в последнее десятилетие привела к убыточности производства и закрытию целого ряда западных магниевых компаний. Реализация вышеперечисленных мероприятий позволит снизить себестоимость производства магния и обеспечит их конкурентоспособность на мировом рынке [75].

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса Республики Казахстан от 2 января 2021 года.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности и экспертом по экономике. Состав группы независимых экспертов сформирован рабочей группой по отбору экспертов и (или) научно-исследовательских институтов и (или) высших учебных заведений для разработки разделов проектов справочников по наилучшим доступным техникам, созданной приказом Председателя Правления Центра

Подготовка настоящего справочника осуществлялась при участии ТРГ, созданной приказом Председателя Правления Центра. В состав ТРГ вошли представители субъектов промышленности по соответствующим областям применения справочника по НДТ, представители государственных органов в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научных и проектных организаций, экологических и отраслевых ассоциаций.

На первом этапе разработки справочника проведен комплексный технологический аудит (КТА) – экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству титана и магния, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей и степень воздействия предприятий на окружающую среду.

Целью проведения комплексного технологического аудита является оценка текущего состояния предприятий по производству титана и магния на соответствие принципам наилучших доступных техник, определение внедренных технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений, направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и выявление потенциала на предприятии для возможного внедрения наилучших доступных техник.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса Республики Казахстан, 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.

Был проведен анализ и систематизация информации о производстве титана и магния в целом; о применяемых в отрасли технологиях, оборудовании; сбросах и выбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства; других факторах воздействия на окружающую среду; энерго- и ресурсопотреблении с использованием литературных данных, изучением нормативной документации и экологических отчетов

При подготовке справочника по НДТ изучался европейский подход внедрения НДТ.

Структура справочника по НДТ разработана по результатам проведенного КТА и анализа особенностей структуры отрасли по производству титана и магния РК, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены передовые технологии на стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применяемые на практике или в качестве опытно-промышленных установок.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и технологических показателей, связанных с применением НДТ

;

внедрение АСМ эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ; при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов титаномагниевого производства на окружающую среду.

Библиография

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК.
2. Правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденные постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775.
3. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 24-2020.
5. Reference document on Best Available Techniques for Energy Efficiency European Commission 2009.
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48-2017.
7. Директива 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроле загрязнений);
7. Требухов С.А., Ахметова К. Ш., Ниценко А. В., Тулеутай Ф.Х., Бурабаева Н.М. Институт металлургии и обогащения. Материалы Международной научно-практической конференции "Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов".
8. <http://zadachi-po-khimii.ru/neorganicheskaya-ximiya/ii-gruppa-shhelochnozemelnye-metally>.
9. <http://www.astronet.ru/db/msg/1177210/pb022.htm>.
10. <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25619>.
11. В.В. Запарий., В. И. Лобанов. "Титано-магниева промышленность Советского Союза и Урала", Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2018. — С. 103–129.
12. <https://mining-metals.kz/ru/press-tsentr/novosti/novosti-blog/915-ust-kamenogorskij-titano-magnievyy-kombinat-flagman-tsvetnoj-metallurgii-kazakhstana>.
13. <https://metalmininginfo.kz/archives/2496>.

14. https://studref.com/518064/prochie/poluchenie_svoystva_primenenie_titana_magniya#aftercont.

15. Богатырева Е.В. Производство тугоплавких редких металлов. Металлургия титана и его соединений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Богатырева Е. В. — Москва: МИСИС, 2019.

16. Суйекпаев Е.С. "Титан-циркониевые россыпи и коры выветривания Восточного Казахстана и их практическое значение". Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD). Республика Казахстан, Усть-Каменогорск, 2021 год.

17. План горных работ добычи ильменитового сырья на месторождении Сатпаевское (Бектемир) в Восточно-Казахстанской области. Книга 1. Пояснительная записка. г. Усть-Каменогорск, 2022 год.

18. Отчет об экспертной оценке АО "Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат" на соответствие принципам наилучших доступных техник.

19. Закон Республики Казахстан "Об энергосбережении и повышении энергоэффективности" от 13 января 2012 года.

20. Интернет-ресурс: <https://www.rzd-partner.ru/other/news/mirovoy-rynok-titana-k-2026-g-mozhet-vyrasti-do-6-1-mlrd-dioksida-titana-do-27-9-mlrd/>Статья "Мировой рынок титана к 2026 г. может вырасти до \$6,1 млрд, диоксида титана — до \$27,9 млрд".

21. Раздел 18, глава 69, параграф 4 Налогового кодекса РК.

22. Особенная часть, глава 21 Кодекса Республики Казахстан "Об административных правонарушениях" от 5 июля 2014 года № 235-V ЗРК.

23. Пункт 8 ст. 576 Налогового кодекса РК.

24. Ст. 577 Налогового кодекса РК.

25. Постановление Правительства РК от 1.04.2022г. № 187.

26. Ст. 43 – 9 Закона РК от 25 декабря 2017 года "О введении в действие Налогового кодекса РК".

27. Ст. 328 Кодекса Республики Казахстан "Об административных правонарушениях" от 5 июля 2014 года № 235-V ЗРК.

28. Интернет-ресурс: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/metal-magnesium-market> Статья "Рынок металлического магния – рост, тенденции, влияние COVID-19 и прогнозы (2023 – 2028 г.г.)".

29. Годовой отчет АО "АО "УКТМК"" за 2020 г., г.Усть-Каменогорск, 2021 г.

30. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 "Об утверждении нормативов потребления".

31. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 24-2020 "Производство редких и редкоземельных металлов", утвержденный приказом Росстандарта от 23 декабря 2020 г. № 2185.

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

33. <https://volga.news/article/656195.html>.

34. Анкета, предоставленная АО "УКТМК", о работе за 2021 – 2022 г.г.

35. https://bstudy.net/614774/tehnika/metallurgiya_titana#242.

36. Технологический регламент "Производство титанового шлака" ТР ТМК 44–20-Р1. 13.04.2020 г.

37. Технологический регламент "Производство титанового шлака" ТР ТМК 44–20-Р3. 07.04.2023 г.

38. Технологический регламент "Производство технического тетрахлорида титана" ТР ТМК 23–34-Р4. 19.07.2022 г].

39. <https://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/proizvodstvo-tsvetnykh-metallov/542-proizvodstvo-titana.html>.

40. <https://topuch.com/22-tehnologicheskaya-shema-proizvodstva-titana-i-magniyatitan/index.html>.

41. http://edu.kstu.kz/pluginfile.php/103496/mod_resource/content/.

42. <https://znaeshkak.com>.

43. СТ РК ISO 14001:2015. Системы экологического менеджмента – требования и руководство по применению.

44. Михайлова О.И., Твердохлебов С.А. Исследование физико-химических характеристик материала при использовании в процессе спекания шламовой шихты различных видов восстановителей. Аллюминий Сибири, 2003, с. 355–360.

45. Шевкун Е.Б. Взрывные работы под укрытием. Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2004, 202 с.

46. Чемезов Е.Н., Делец Е.Г. Борьба с пылью на открытых горных работах. Научно-технический журнал Вестник, 2017, № 1, с. 42–46.

47. Eurasian Resources Group ERG: Официальный сайт URL: <https://erg.kz/ru>.

48. Каркашадзе Г.Г., Немировский А.В. Разработка способа предотвращения пыления наливного хвостохранилища горного предприятия с использованием глинокомпозитных адгезионных хвостов, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014.

49. Schenck Process. Фильтры с импульсной очисткой LST/LSTC [Электронный ресурс].

50. Планета Эко. Эффективные технологии очистки. Устройство пылеуловителей циклон [Электронный ресурс].

51. REINBERG Фильтрующие материалы и фильтры [Электронный ресурс].

52. СИБЭЛКОН Промышленная фильтрация [Электронный ресурс].

53. LLC "Intech GmbH" Сравнение и выбор фильтров [Электронный ресурс].

54. Condorchem Envitech, Очистка промышленных сточных вод и выбросов в атмосферу [Электронный ресурс].

55. Усть-Каменогорский завод технологического оборудования, Применение электрофильтров: особенности [Электронный ресурс].

56. СиБ Контролс, Каталитические термические окислители как системы контроля выбросов вредных и загрязняющих веществ [Электронный ресурс].

57. А.В. Балихин, М.И. Симонов. Комплексное использование минерального сырья. № 4. 2017.

58. Дубровская О.Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического комплекса Красноярского края, 2014.

59. И.Ф.Червоный, Д.А.Листопад, В.И.Иващенко, Р.Н.Воляр "Обзор технологий производства титана" 2008 год.

60. БЛМ Синержи, Регенеративный термический окислитель (РТО) [Электронный ресурс].

61. Бузин И. Современные методы очистки сточных вод, Испытательный центр МГУ, 2022.

62. Фомичев В.Т., Бузинова О.П. Современные методы очистки сточных вод [Электронный ресурс].

63. Система осушения Стойленского ГОКа, Новотэк, Научно-технический и экспертный центр новых экотехнологий в гидрогеологии и гидротехнике [Электронный ресурс].

64. Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник/ Под редакцией А.Н . Мирного. М.: Стройиздат, 1990.

65. Фомичев В.Т., Бузинова О.П. Современные методы очистки сточных вод [Электронный ресурс].

66. Технологический регламент "Производство очищенного тетрахлорида титана" ТР ТМК 23–37-Р2. 27.08.2021 г].

67. Технологический регламент "Производство губчатого титана магнетермическим способом" ТР ТМК 24–10-Р3. 23.02.2022 г].

68. Технологический регламент "Производство титановых слитков и сплавов" ТР ТМК 25–01-Р3. 20.04.2022 г].

69. Технологический регламент "Производство безводного караллита" ТР ТМК 22–39-Р2. 05.08.2021 г].

70. Технологический регламент "Производство магния-сырца" ТР ТМК 22–40-Р4. 07.03.2023 г].

71. Технологический регламент "Производство магния-восстановителя" ТР ТМК 22–44-Р2. 05.08.2021 г].

72. Технологический регламент "Производство хлоркалийевого электролита" ТР ТМК 22–47-Р2. 05.08.2021 г].

73. Технологический регламент "Производство магниевых слитков" ТР ТМК 22–41-Р2. 05.08.2021 г].

74. А.Т. Мамутова., А.А. Ультаракова., Е.И. Кульдеев., А.М. Есенгазиев. " Современное состояние и предполагаемые решения проблем переработки хлоридных отходов титано-магниевого производства".

75. Будник А.Г., Карпова Л. С. "Применение гидролизированных отходов хлоридов титанового производства для очистки буровых растворов" Сборник научных трудов " Обезвреживание и переработка отходов титаномагниевого производства". Запорожье, 1987. – С. 26–29.

76. Закаблук А.Б., Мовсесов Э.Е., Пивовар А.Г., Свядош И.Ю. " Высокотемпературное обезвреживание хлоридных отходов титано-магниевого производства" Сборник научных трудов "Обезвреживание и переработка отходов титано-магниевого производства". Запорожье, 1987. – С. 13–17.

77. Пупань Л.И., Кононенко В. И. Перспективные технологии получения и обработки материалов: Учеб. пособие / Л.И. Пупань, В. И. Кононенко. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2008. – 261 с.