Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство свинца"

Приказ Министра экологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 30 сентября 2026 года № 236-П

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам " Производство свинца".

2. Департаменту климатической политики Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан в установленном законодательством порядке обеспечить:

1) направление настоящего приказа на государственном и русском языках в течение пяти рабочих дней со дня его подписания в Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан" Министерства юстиции Республики Казахстан для официального опубликования и включения в Эталонный контрольный банк нормативных правовых актов Республики Казахстан;

2) размещение настоящего приказа на интернет-ресурсе Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан после его официального опубликования.

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на курирующего вице-министра экологии и природных ресурсов Республики Казахстан.

4. Настоящий приказ вводится в действие после дня его первого официального опубликования.

Министр *А. Куантыров*

"СОГЛАСОВАН"
Министерство финансов
Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"
Министерство национальной
экономики Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"
Министерство промышленности и строительства
Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"

Министерство энергетики
Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"
Министерство водных ресурсов и ирригации
Республики Казахстан
Приложение к приказу

Справочник
по наилучшим доступным техникам
"Производство свинца"

Оглавление

Оглавление 3
Список рисунков 8
Список таблиц 8
Глоссарий 10
Предисловие 32
Область применения 34
Принципы применения 35
1. Общая информация 37
1.1. Ресурсы и материалы 38
1.2. Производственные площадки 40
1.3. Основные экологические проблемы 42
1.3.1. Энергоэффективность 43
1.3.2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух 50
1.3.3. Сбросы загрязняющих веществ 60
1.3.4. Отходы производства 63
1.3.5. Шум и вибрация 67
1.3.6. Запах 68
1.3.7. Выбросы радиоактивных веществ 68
1.3.8. Снижение воздействия на окружающую среду 68
1.3.9. Введение комплексного подхода к защите окружающей среды 70
2. Методология определения наилучших доступных техник 72
2.1. Детерминация, принципы подбора 72
2.2. Критерии отнесения техник к НДТ 74
2.3. Экономические аспекты применения НДТ 75
3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время 77
3.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья 77

3.1.1. Размораживание 77
3.1.2. Сушка 77
3.1.3. Дробление, измельчение и грохочение 78
3.1.4. Приготовление шихты 79
3.1.5. Брикетирование, гранулирование, окатывание и другие методы компактирования 81
3.1.6. Снятие покрытий и обезжиривание 82
3.1.7. Методы сепарации 83
3.1.8. Системы транспортировки и загрузки 84
3.2. Производство первичного свинца 84
3.2.1. Агломерация свинцовых концентратов 84
3.2.2. Шахтная плавка свинцового агломерата 88
3.2.3. Прямая плавка 91
3.2.4. Плавка в жидкой ванне (ПВ) 96
3.2.5. КИВЦЭТ-ЦС-процесс 98
3.3. Производство вторичного свинца 101
3.3.1. Извлечение свинца из свинцово-кислотных аккумуляторов 102
3.3.2. Извлечение свинца из остатков и лома 108
3.3.3. Восстановление свинца из отходов - пыли металлургического производства 112
3.3.4. Извлечение свинца и других металлов из вторичного сырья и отходов 116
3.3.5. Извлечение свинца и других металлов из вторичного сырья и отходов 121
3.3.6. Извлечение свинца из вторичного сырья и отходов по комбинированной технологии 124
3.3.7. Технологии PLACID и PLINT 126
3.3.8. CX-EW-процесс и его совершенствование 127
3.4. Рафинирование первичного и вторичного сырья 128
3.4.1. Технология электролитического рафинирования чернового свинца 131
3.5. Доизвлечение ценных компонентов (редких металлов) 133
3.6. Плавление и производство свинцовых сплавов 135
4. Общие НДТ для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов 137
4.1. Повышение интеграции производственных процессов 137
4.2. Система экологического менеджмента 138
4.3. Система управления энергоэффективностью в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 142
4.4. Мониторинг и контроль технологических процессов. 144
4.5. Контроль качества сырья и топлива 146
4.6. Общие принципы мониторинга и контроля эмиссий 151

4.6.1. Компоненты мониторинга 153
4.6.2. Исходные условия и параметры 154
4.6.3. Периодический мониторинг 155
4.6.4. Непрерывный мониторинг 155
4.6.5. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух 156
4.6.6. Мониторинг сбросов в водные объекты 159
4.6.7. Управление отходами 160
4.7. Управление водными ресурсами 162
4.8. Управление технологическими остатками 165
4.9. Шум 165
4.10. Запах 167
5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник 168
5.1. Приемка, транспортировка и хранение сырья 168
5.1.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов 168
5.1.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях 171
5.1.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения организованных выбросов пыли 175
5.2. Предварительная обработка сырья 196
5.2.1. Предотвращение и/или снижение выбросов при предварительной подготовке первичного и вторичного сырья (кроме аккумуляторов) 196
5.2.2. Предотвращение и/или снижение выбросов в атмосферу при сушке сырья 199
5.2.3. Предотвращение и снижение выбросов при дроблении, спекании, брикетировании 202
5.2.4. Предотвращение и/или снижение выбросов при подготовке аккумуляторных батарей 203
5.2.5. Процессы и методы, применяемые для образующихся химических веществ и газов 206
5.3. Процессы и методы предупреждения неорганизованных выбросов и сбора отходящих газов при производстве металлов 207
5.4. Производство первичного свинца 209
5.4.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов при окислительной плавке 210
5.4.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения организованных выбросов пыли в атмосферу с отходящими газами при восстановительной плавке 214
5.4.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при загрузке, выпуске и предварительном обезмеживании 216

5.4.4. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при переработке шлака окислительной плавки 218
5.4.5. Снижение выбросов SO2 219
5.4.6. Снижение выбросов металлов и их соединений 233
5.4.7. Снижение выбросов SO3 234
5.5. Производство вторичного свинца 235
5.5.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения организованных выбросов 235
5.5.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов 237
5.5.3. Снижение выбросов SO2 239
5.5.4. Использование горелок-дожигателей для удаления CO и органического углерода 243
5.5.5. Системы мокрой очистки для предотвращения и/или сокращения выбросов газообразных соединений 244
5.5.6. Скрубберы сухой и полусухой очистки 245
5.5.7. Кислородно-топливное сжигание 246
5.5.8. Техники снижения выбросов ПХДД/Ф 247
5.6. Переплавка и рафинирование, получение сплавов и розлив 249
5.6.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов при рафинировании, переплавке и литье свинца 250
5.6.2. Методы снижения выбросов ртути 251
5.7. Методы обращения со сточными водами 258
5.7.1. Предотвращение образования сточных вод 258
5.7.2. Методы очистки сточных вод 264
5.8. Обращение с отходами, полупродуктами и оборотными материалами 277
5.8.1. Техники контроля образования и минимизации остатков 278
5.8.2. Предотвращение и минимизация образования отходов и остатков при окислительных процессах 280
5.8.3. Предотвращение и минимизация остатков и отходов при восстановительных процессах 281
5.8.4. Методы переработки-утилизации и обезвреживания мышьяксодержащих отходов 283
5.9. Потребление энергетических ресурсов (энергетическая эффективность) 290
5.9.1. Снижение потребления энергии (энергетическая эффективность) 290
5.9.2. Производство энергии, использование вторичных энергетических ресурсов 300
6. Заключение, содержащее выводы по НДТ 306
6.1. Система экологического менеджмента 307

6.2. Управление энергопотреблением 308
6.3. Управление процессами 309
6.3.1. Мониторинг выбросов 310
6.3.2. Мониторинг сбросов 312
6.3.3. Шум 313
6.3.4. Запах 314
6.4. Выбросы в атмосферу 314
6.4.1. Неорганизованные выбросы 314
6.4.2. Организованные выбросы 319
6.4.3. Выбросы диоксида серы 321
6.4.4. Выбросы оксидов азота 324
6.4.5. Выбросы органических соединений 325
6.4.6. Выбросы ртути 328
6.5. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод 329
6.6. Управление отходами 331
6.7. Требования по ремедиации 334
7. Перспективные техники 336
7.1. Перспективные техники производства свинца 336
7.1.1. Процесс КЭПАЛ-ЖВ 336
7.1.2. Низкотемпературные процессы 336
7.1.3. Технологические схемы производства свинца из свинецсодержащих промпродуктов предприятий цветной металлургии 337
7.1.4. Удаление серы из массы свинцового аккумулятора с растворителем на основе аминов 339
7.1.5. Мокрая обработка массы израсходованного аккумулятора 339
7.1.6. Отдельный процесс для переработки израсходованных свинцовых аккумуляторов и производства новых решеток аккумуляторов 339
7.1.7. Обработка шлаков из пирометаллургического производства цинка и свинца в печи с погруженной дугой 339
7.1.8. Использование разобранных аккумуляторов в шахтной печи 339
7.1.9. Повышение эффективности существующих систем сбора пылегазовых потоков 339
7.2. Энергоэффективность 340
7.2.1. Использование тепла отходящих газов 340
7.2.2. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора 340
7.2.3. Внедрение системы сбора и возврата конденсата 341
7.2.4. Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду 342
7.2.5. Методы снижения токсичности мышьяксодержащих отходов 342
7.3. Водные ресурсы 344

7.3.1. Установка обратного осмоса для очищения сточной воды из производства свинца 344

7.3.2. Использование гранулированного материала для эффективного удаления тяжелых металлов 345

8. Дополнительные комментарии и рекомендации 346

Библиография 348

Список рисунков

Рисунок 1.1	Мировые запасы свинца
Рисунок 1.2	Среднегодовые показатели производственной мощности свинцового завода УКМК ТОО "Казцинк"
Рисунок 1.3	Производственные показатели/выбросы ЗВ в атмосферный воздух
Рисунок 1.4	Технологические остатки от плавильных печей
Рисунок 1.5	Технологические остатки от установок серной кислоты
Рисунок 1.6	Технологические остатки от установок очистки сточных вод
Рисунок 3.1	Схема шахтной печи свинцовой плавки
Рисунок 3.2	Схема печи для взвешенной плавки "Оутокумпу"
Рисунок 3.3	Схема реактора "Айзасмелт"
Рисунок 3.4	Схема аппарата "КИВЦЭТ-ЦС":
Рисунок 3.5	Схема типичного процесса восстановления аккумуляторных батарей в шахтной печи
Рисунок 3.6	Схема рафинирования свинца
Рисунок 4.1	Сточные воды и методы обращения с ними
Рисунок 5.1	Конструкция циклона
Рисунок 5.2	Принцип работы рукавного фильтра
Рисунок 5.3	Принцип действия электрофильтра
Рисунок 5.4	Шлакорозливочная машина
Рисунок 5.5	Электрофильтр на медном заводе
Рисунок 5.6	Эксплуатационные характеристики процессов очистки технологических газов от SO_2, применяемых в цветной металлургии
Рисунок 5.7	Принципиальная схема песчаного фильтра
Рисунок 5.8	Схема производства свинца (агломерационный обжиг)
Рисунок 5.9	Схема производства свинца (автогенная окислительная плавка)
Рисунок 5.10	Рекуперативная горелка Ecomax
Рисунок 5.11	Производство электроэнергии из низкопотенциального тепла

Список таблиц

Таблица 1.1	Результаты геолого-экономической оценки свинца и цинка
Таблица 1.2	Потребление исходного сырья и энергетических ресурсов в процессе подготовки и первичной плавки
Таблица 1.3	Потребление исходного сырья и энергетических ресурсов в процессе плавки продукта в шахтных печах с попутным получением чернового свинца и дополнительное извлечение ценных компонентов из бедных шлаков
Таблица 1.4	Потребление сырья и энергетических ресурсов в процессе получения товарного свинца путем рафинирования чернового свинца и переработки промпродуктов рафинирования
Таблица 1.5	Показатели потребления энергоресурсов по вспомогательным переделам производства свинца
Таблица 1.6	Удельные показатели потребления энергоресурсов и основного исходного сырья при производстве свинца
Таблица 1.7	Источники/процессы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве свинца
Таблица 1.8	Выбросы SO_2 на 1 тонну производства свинца
Таблица 1.9	Массовый выброс металлов из некоторых европейских процессов
Таблица 1.10	Потенциальные источники сточных вод
Таблица 1.11	Твердые остатки при процессах рафинирования
Таблица 3.1	Материальный баланс шахтной плавки вторичного свинцового сырья
Таблица 3.2	Распределение металлов по продуктам шахтной плавки, %
Таблица 3.3	Примерный состав образующейся и перерабатываемой пыли при производстве свинца, %
Таблица 3.4	Состав пыли свинцового производства
Таблица 3.5	Состав чернового свинца различных заводов, %
Таблица 3.6	Состав рафинированного свинца
Таблица 4.1	Сравнение непрерывных и периодических измерений [33]
Таблица 4.2	Перечень загрязняющих веществ
Таблица 5.1	Различные типы механических конвейеров и пневмотранспорта
Таблица 5.2	Эффективность очистки при использовании циклонов
Таблица 5.3	Распространенные ткани, используемые в рукавных фильтрах
Таблица 5.4	Сравнение различных систем рукавные фильтров
Таблица 5.5	Эффективность очистки и уровни выбросов, связанных с использованием электрофильтров

Таблица 5.6	Выбросы при сушке материалов
Таблица 5.7	Выбросы при подготовке аккумуляторов
Таблица 5.8	Выбросы SO_2
Таблица 5.9	Методы предотвращения и/или снижения выбросов SO_2
Таблица 5.10	Методы восстановления/абсорбции SO_3/H_2SO_4 [47]
Таблица 5.11	Пример выбросов пыли из печей вторичного производства
Таблица 5.12	Выбросы пыли и SO_2 при использовании герметичного корпуса и рукавного фильтра с впрыском извести для очистки
Таблица 5.13	Эффективность сокращения содержания ртути в отходящих газах [112]
Таблица 5.14	Меры предотвращения и/или сокращения объема сточных вод
Таблица 5.15	Образование сточных вод и методы их очистки
Таблица 5.16	Методы осаждения металлов и их соединений
Таблица 6.1	Периоды усреднения технологических показателей выбросов/сбросов, связанные с НДТ
Таблица 6.2	Технологические показатели пыли, связанные с НДТ, при подготовке сырья
Таблица 6.3	Технологические показатели пыли, связанные с НДТ, при подготовке батарей
Таблица 6.4	Технологические показатели пыли и свинца, связанные с НДТ
Таблица 6.5	Технологические показатели SO_2, связанные с НДТ, при рекуперации серы, содержащейся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов
Таблица 6.6	Технологические показатели SO_2, связанные с НДТ (кроме тех, которые не направляются на установку серной кислоты или других продуктов), при загрузке, плавке и выпуске металла при производстве первичного и вторичного свинца
Таблица 6.7	Технологические показатели SO_3/H_2SO_4, связанные с НДТ
Таблица 6.8	Технологические показатели органических соединений, связанные с НДТ
Таблица 6.9	Технологические показатели ПХДД/Ф, связанные с НДТ, при плавке вторичного сырья
Таблица 6.10	Технологические показатели ртути, связанные с НДТ, при пирометаллургическом процессе с использованием сырья, содержащего ртуть
	Технологические показатели концентрации загрязняющих веществ в сбросах сточных вод,

Таблица 6.11

поступающих в принимающие водоемы, соответствующие НДТ при производстве первичного и вторичного свинца

Глоссарий

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

Глоссарий представлен следующими разделами:

термины и их определения;

аббревиатуры и их расшифровка;

химические элементы;

химические формулы;

единицы измерения.

Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

Термин		Определение
агломерат	—	спекшаяся в куски мелкая (часто пылевидная) руда размерами 5—100 мм с незначительным содержанием мелочи;
агломерация	—	образование спеканием относительно крупных пористых кусков из мелких частиц руды или пылевидных материалов, при котором легкоплавкая часть материала, затвердевая, скрепляет между собой твердые частицы;
агрегат	—	совокупность конструктивно связанных технологического оборудования и устройств, обеспечивающая проведение комплексного металлургического процесса в условиях массового и поточного производства;
адсорбция	—	поглощение поверхностью фазово инородного тела (адсорбента) каких-либо веществ (адсорбатов) из смежной газовой или жидкой среды, протекающее на границе раздела фаз;

аммиак	—	продукт прямого синтеза из азота и водорода с эмпирической формулой NH_3;
ангидрид	—	химическое соединение какого-либо неметалла с кислородом, которое можно получить, извлекая воду из кислоты;
анион	—	отрицательно заряженный ион - ион, который притягивается к аноду в электрохимических реакциях;
анод	—	положительный электрод;
оценка	—	изучение уровня адекватности ряда наблюдений и соответствующего набора критериев, достаточных для основных целей для принятия решения. Кроме того, сочетание анализа с мероприятиями, связанными с политикой, такими как определение проблем и сравнение рисков и выгод (таких как оценка рисков и оценка воздействия).
первичное производство	—	производство металлов с использованием руд и концентратов;
нейтрализация	—	реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабо диссоциирующего вещества;
дробление	—	достигается путем обсадки руды по жестким поверхностям или ударного воздействия по поверхностям в неподвижном направлении принудительного движения;
ванна	—	раствор химических веществ для удельной поверхностной обработки, например, травильная ванна. Термин также относится к соответствующему резервуару или рабочей станции в последовательности процессов.
вельцевание	—	процесс извлечения металлов (Zn, Pb, Cd и др.) отгонкой при нагреве во вращающейся печи полиметаллических отходов свинцового, медного и оловянного производств;

точность	—	термин связан с измеренными значениями. Означает оценку того, насколько близко измерение соответствует принятому или истинному значению. Для оценки точности используются химические препараты с известной чистотой и/или концентрацией. Эти растворы, называемые "стандартными", анализируются с использованием того же метода, с помощью которого измеряются образцы. Точность никогда не следует путать с погрешностью: погрешность измеряет, насколько близко аналитические результаты могут быть воспроизведены.
доломит	—	тип известняка, в карбонатной фракции которого преобладают минеральные доломиты, карбонат кальция-магния ($CaMg(CO_3)$);
дренаж	—	естественное или искусственное удаление поверхностных и подземных вод из района, включая поверхностные потоки и грунтовые воды;
наилучшие доступные техники	—	наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду;
		уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/Нм3, мг/л) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу

технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник	—	производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;
движущая сила внедрения	—	причины реализации технологии, например, законодательство, улучшение качества продукции;
камера дожигания	—	термин, применяемый к зоне, расположенной после начальной камеры сгорания, где происходит прогар газа. Также упоминается как вторичная камера сгорания или ВКС.
щековая дробилка	—	машина для уменьшения размера материала путем удара или дробления между неподвижной пластиной и колеблющейся пластиной;
поверхностный сток	—	часть осадков и таяния снега, которая не впитывается, а движется как поверхностный поток;
классификация	—	разделение сыпучего продукта, неоднородного по размеру частиц, на две или более фракции частиц определенного размера с помощью просеивающего устройства;
годовые капитальные затраты	—	равный или равномерный платеж, производимый каждый год в течение срока полезного использования предлагаемой техники. Сумма всех платежей имеет ту же "приведенную стоимость", что и первоначальные инвестиционные расходы. Годовая капитальная стоимость актива отражает альтернативную стоимость владения активом для инвестора.
восстановление тепла	—	в этом секторе термин может означать использование технологического тепла для

		предварительного нагрева сырья, топлива или воздуха для горения;
калибровка	—	набор операций, который устанавливает при определенных условиях систематическое различие, которое может существовать между значениями измеряемого параметра и значениями, указанными измерительной системой (с соответствующими значениями, приведенными в отношении конкретной "эталонной" системы, включая эталонные материалов и их принятые значения). Примечание: результат калибровки позволяет либо присвоить значения параметров для измерения, либо определять поправки в отношении показаний.
катод	—	отрицательный электрод;
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".
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.);
		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;
комплексный технологический аудит (КТА)	—	
конденсатор	—	полая цилиндрическая башня скрубберного типа, орошаемая циркулирующей водой противотоком печному газу, применяемая для сжижения фосфора;
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.
вторичное производство	—	производство металлов с использованием остатков и / или отходов, включая переплавку и легирование;
остаток	—	материал, который не преднамеренно производится в процессе производства и может быть или не быть отходами;
отходящий газ	—	общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы);
переработка отходов	—	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;

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;
восстановительный процесс	—	физико-химический процесс получения металлов из их оксидов , связыванием кислорода восстановителем – веществом, способным соединяться с кислородом;
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;
шлак	—	продукт высокотемпературного взаимодействия компонентов шихты, состоящий в основном из сплава оксидов;
действующая установка	—	стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятие) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (или) модернизированные установки после введения в действия настоящего справочника по НДТ.
достигнутые экологические выгоды	—	основное воздействие (я) на окружающую среду, которое должны рассматриваться с помощью технологии (процесса или борьбы), включая достигнутые значения выбросов и эффективность работы.

		Экологические выгоды метода по сравнению с другими.
свинцовый кек	—	является промпродуктом, содержащим свинец и некоторое количество серебра;
воздействие на окружающую среду	—	любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации;
автоматизированная система мониторинга эмиссий в окружающую среду	—	автоматизированная система производственного экологического мониторинга, отслеживающая показатели эмиссий в окружающую среду на основных стационарных источниках эмиссий, которая обеспечивает передачу данных в информационную систему мониторинга эмиссий в окружающую среду в режиме реального времени, в соответствии с правилами ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля, утвержденными уполномоченным органом в области охраны окружающей среды;
сплав	—	металл, который представляет собой комбинацию, либо в растворе, либо в соединении, из двух или более элементов, по меньшей мере, один из которых представляет собой металл и где полученный материал имеет металлические свойства;
двойное контактирование (двойная абсорбция)	—	двухстадийный способ окисления диоксида серы и абсорбции сернистого газа, при котором диоксид серы после 3 слоя катализатора отводится в промежуточный абсорбер для поглощения оксида серы (VI) и затем возвращается на 4 слой катализатора для доокисления и последующей абсорбции в моногидратном абсорбере;
		общий термин, используемый для изделий в их (почти) готовой

отливка (заготовка)	—	обработке, сформированных путем затвердевания металла или сплава в форме (ISO 3134–4: 1985) ;
разубоживание	—	потеря качества полезного ископаемого, происходящая от снижения содержания полезного компонента или полезной составляющей при его добыче, транспортировке, переработке по сравнению с содержанием их в балансовых запасах. Разубоживание выражается в снижении содержания полезного компонента или полезной составляющей в добытой горной массе в сравнении с их содержанием в массиве вследствие добавления к ней пустых пород или некондиционного полезного ископаемого, а также потерь части полезного компонента или полезной составляющей при добыче, транспортировке или переработке (например, в виде потерь обогащенной раздробленной массы, при выщелачивании полезного компонента и т.д.). Применяется также в смысле разбавления, например, "разубоживание обжиговых газов воздухом".
компонент	—	вещество, помещенное в смесь, например, в сточные воды, отработанные газы или воздух;
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.
кислота	—	донор протона - вещество, которое более или менее легко выделяет ионы водорода в водном растворе;
		любые вещества в твердом, жидком, газообразном или парообразном состоянии, которые при их поступлении в

загрязняющее вещество	—	окружающую среду в силу своих качественных или количественных характеристик нарушают естественное равновесие природной среды, ухудшают качество компонентов природной среды, способны причинить экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека;
выброс загрязняющих веществ	—	поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;
сброс загрязняющих веществ	—	поступление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, недра или на земную поверхность;
ликвация	—	сегрегация в металлургии, неоднородность химического состава сплавов, возникающая при их кристаллизации;
обезжиривание	—	исключение, насколько это возможно, масла или смазки из компонента;
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;
минеральные ресурсы	—	концентрация или возникновение естественного, твердого, неорганического или окаменелого органического материала в или на земной коре в такой форме и количестве и такого содержания или качества, что он имеет разумные перспективы для экономической добычи. Расположение, количество, качество, геологические характеристики и непрерывность минерального ресурса известны, оцениваются или

		интерпретируются из конкретных геологических данных и знаний.
мониторинг	—	систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т. д;
желоб	—	канал, используемый для транспортировки расплавленного металла или шлака;
БПК	—	биохимическая потребность в кислороде - количество растворенного кислорода, потребляемого микроорганизмами для разложения органического вещества. Единицей измерения является мг O_2/л.
операции пуска и остановки	—	эксплуатация во время деятельности, элемент оборудования или резервуар вводится, или выводится из эксплуатации либо выходит или приходит в нерабочее состояние. Регулярно колеблющиеся фазы активности не следует рассматривать как запуски или остановки;
осмос	—	прохождение жидкости из слабого раствора в более концентрированный раствор через полупроницаемую мембрану, что позволяет пропускать растворитель (воду), а не растворенные вещества;
горелка-дожигатель	—	специально разработанная дополнительная установка для сжигания с системой обжига (не обязательно используемая все время), которая обеспечивает время, температуру и перемешивание с достаточным количеством кислорода для окисления органических соединений до диоксида углерода. Установки могут быть спроектированы таким образом, чтобы использовать энергоемкость необработанного газа для обеспечения большей части требуемой тепловой

		мощности и большей энергоэффективности.
ХПК	—	химическое потребление кислорода (ХПК) — показатель содержания органических веществ в воде, который показывает количество кислорода (или другого окислителя), затраченное на окисление органических соединений в пробе. Количественно ХПК выражается в миллиграммах потребленного кислорода на 1 л воды ($мгO_2$/л) и используется для оценки уровня органического загрязнения природных и сточных вод.
измерение	—	набор операций для определения значения количества;
измерительная система	—	полный набор измерительных приборов и другого оборудования, включая все рабочие процедуры, используемые для проведения указанных измерений;
погрешность измерения	—	количество, на которое наблюдаемый или приблизительный результат отличается от истинного или точного. Как правило, это происходит из-за неточности или расхождения результатов при измерении значений параметров.
рафинирование	—	очистка металлов от примесей;
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.
перспективные техники	—	техники с потенциалом улучшения экологической эффективности, но которые еще не были коммерчески применены или которые все еще находятся на стадии исследований и разработок . Потенциальное будущее НИТ.
		агрегат, внутри которого металлосодержащие материалы подвергаются при помощи тепловой энергии требуемым

печь	—	физико-химическим превращениям для того, чтобы извлекать, рафинировать и обрабатывать металлы;
регенеративные горелки	—	они предназначены для извлечения тепла из горячих газов с использованием двух или более огнеупорных масс, которые альтернативно нагреваются, а затем используются для предварительного нагрева воздуха для горения (см. рекуперативная печь);
рекуперативные горелки	—	они предназначены для циркуляции горячих газов в системе горелки для восстановления тепла (см. регенеративные горелки);
колошник	—	верхняя часть шахтной печи (см. шахтная печь), куда загружают рудные материалы, флюсы, топливо;
сточные воды	—	воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека или на загрязненной территории. Дождевая вода и непрямая охлаждающая вода не включаются из-за различных определений сточных вод в государствах-членах ЕС. Вместо этого дождевая вода и потребность в ее переработке рассматриваются отдельно.
оценка соответствия	—	процесс сравнения фактических выбросов загрязняющих веществ с установки (производственной единицы) с допустимыми предельными значениями выбросов в пределах определенной степени достоверности;
синтез de novo	—	механизм, посредством которого мелкие частицы углерода реагируют с неорганическими хлоридами или органически связанным хлором в температурном интервале от 250 °C до 500 °C для получения ПХДД/Ф. Этот процесс катализируется присутствием металлов, таких как медь или железо.

разрежение	—	снижение давления воздуха или продуктов сгорания в каналах сооружений и технических систем, способствующее притоку среды в область пониженного давления;
скруббер	—	аппараты различной конструкции для промывки жидкостями газов с целью их очистки и извлечения одного или нескольких компонентов, а также барабанные машины для промывки полезных ископаемых, в том числе пылеулавливающая установка;
скруббер Вентури	—	скоростной газопромыватель, применяемый для очистки отходящих газов от твердых частиц размером <1 мкм;
дожигание	—	зажигание и сжигание выхлопных газов путем впрыска воздуха или использования горелки (например, для уменьшения количества CO и (летучих) органических соединений);
спрудина	—	промежуточный продукт рафинирования Pb-Sb-сплава от Cu и S методом ликвации. Сера, перешедшая в процессе плавки вторичного сырья в Pb в виде PbS, при понижении температуры всплывает в виде спрудины и концентрирует в себе Cu, Fe и другие примеси. Образующуюся спрудину снимают, охлаждают и направляют на переработку.
фильтрование	—	процесс разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции;
щелочь	—	акцептор протонов - вещество, которое более или менее легко поглощает ионы водорода в водном растворе;
выщелачивание	—	прохождение растворителя через пористый или измельченный материал для извлечения компонентов из жидкой фазы. Например, золото может быть извлечено путем кучного выщелачивания пористой руды или отходов обогащения. Другими методами являются выщелачивание резервуаров руды,

		концентратов или отходов обогащения и выщелачивание на месте.
продукт выщелачивания	—	раствор, содержащий ценный компонент или кек, – осадок после выщелачивания, содержащий примеси и металлы-спутники;
отбор проб	—	процесс, посредством которого часть вещества, материала или продукта удаляется, чтобы сформировать репрезентативный выборку целого с целью изучения рассматриваемого вещества, материала или продукта. План отбора проб, выборка и аналитические соображения всегда должны учитываться одновременно.
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;
технический кислород	—	кислород из воздуха, который был отделен от азота для получения более 97 % O_2;
техническая характеристика	—	величина, отражающая функциональные, геометрические, деформационные, прочностные свойства сооружения, конструкции и/или материалов;
технологические нормативы	—	экологические нормативы, устанавливаемые в комплексном экологическом разрешении в виде: 1) предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий; 2) количества потребления сырья, вспомогательных материалов, электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги;
эффективность	—	достижение каких-либо определенных результатов с минимально возможными издержками или получение максимально возможного объема

		продукции из данного количества ресурсов;
окислительный процесс	—	химический процесс, сопровождающийся увеличением степени окисления атома окисляемого вещества посредством передачи электронов от атома восстановителя (донора электронов) к атому окислителя (акцептору электронов);
окислитель	—	материал, который может реагировать с высокой степенью экзотермичности при контакте с другими материалами, в частности , воспламеняющимися веществами ;
постель	—	это слой мелкого агломерата, укладываемый перед загрузкой шихты на колосниковую решетку спекательных тележек (паллет), который выполняет следующие функции предохраняет колосники спекательных тележек от чрезмерного нагрева, т. е. увеличивает срок их службы предотвращает просыпание под машину мелких частичек материала и сохраняет живое сечение между колосниками, препятствуя забиванию его влажной шихтой исключает приплавление пирога агломерата к колосникам, обеспечивая свободный сход его с машины;
гранулирование	—	процесс искусственного превращения порошкообразного или твердого материала в гранулят , в однородные по размеру и единообразной формы зерна – гранулы;
дымовой газ	—	смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящего из камеры сгорания и направленного вверх по выхлопной трубе, и которая должна быть выпущена;
прямые измерения	—	конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;
токсичное вещество	—	вещество, которое при вдыхании или проникновении через ротовое

		отверстие или кожу может вызвать нарушение ограниченного характера;
непрерывные измерения	—	круглосуточные измерения, допускающие перерывы для проведения ремонтных работ, устранения дефектов, пуско-наладочных, поверочных, калибровочных работ;
организованный источник	—	источник выделения, от которого вредные вещества в составе отходящего газа (вентиляционного воздуха) поступают в атмосферу через систему газоходов или воздуховодов (труба, аэрационный фонарь, вентиляционная шахта и т.д.);
организованный выброс	—	выброс, который осуществляется через специальное сооружение, систему или устройство (дымовые и вентиляционные трубы, газоходы, воздуховоды, вентиляционные шахты, аэрационные фонари, дефлекторы и иные), обеспечивающие направленность потока отходящих пыле- и газовоздушных смесей;
неорганизованный выброс	—	высвобождение загрязняющих веществ в атмосферный воздух в виде ненаправленных диффузных потоков;
измельчение	—	процесс измельчения дает мелкозернистый продукт (<1 мм), где уменьшение размера достигается за счет истирания и ударов и иногда поддерживается свободным движением несвязанных средств, таких как стержни, шарики и каменная крошка;
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;
флюс	—	неорганические вещества, которые добавляют к руде при выплавке из нее металлов, чтобы снизить ее температуру плавления и облегчить отделение металла от пустой породы;

футеровка	—	облицовка огнеупорными, химически стойкими, а также теплоизоляционными материалами, которыми покрывается внутренняя поверхность печей, топок котлов и прочего оборудования;
фьюмингование	—	это способ извлечения летучих компонентов из расплавленных шлаков, содержащих цинк, свинец или олово;
пыль	—	твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе;
шахтная печь	—	вид металлургических печей, предназначенных для плавки и обжига кусковых материалов, а также термической обработки металлических изделий. Шахтные печи имеют сильно вытянутое вверх рабочее пространство круглого или прямоугольного сечения.
шихта	—	сырьевая смесь для получения металлов, состоящая из концентратов, флюсов, восстановителей и т.п.;
шлам	—	суспензия "твердое в жидком", извлекаемая из сточных вод и очистных сооружений;
шпейза	—	промежуточный или побочный продукт в цветной металлургии, представляющий собой сплав арсенидов и антимонидов железа, кобальта, никеля, меди и др. металлов; образуется при плавке сырья с высоким содержанием мышьяка. Отделение и переработка шпейз сопряжены с большими трудностями. Образуется в случае, если мышьяк и сурьма недостаточно полно удалены при обжиге.
штейн	—	смесь сульфидов, которая образуется при плавлении сульфидных металлических руд, содержащих никель, медь, кобальт и т. д.;
		действие открытия выпускного отверстия печи для удаления

выпуск	—	расплавленного металла или шлака;
извлечение	—	оценка полноты использования исходного сырья в разделительных технологических процессах. Извлечение определяется как отношение количества извлекаемого вещества, перешедшего в данный продукт, к его количеству в исходном материале (в процентах или долях единиц). В металлургии чаше 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.
валковая дробилка	—	тип вторичной дробилки, состоящей из тяжелой рамы, на которой установлены два валка. Они приводятся в действие так, что вращаются друг к другу. Порода, подаваемая сверху, сжимается между движущимися валками, измельчается и выгружается снизу.
экологическое разрешение	—	документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности;
экономика	—	информация о затратах (инвестиции и операции) и любой возможной экономии, например, снижении потребления сырья, сборе отходов, а также связанная с возможностями техники;
экстракция	—	массообменный процесс извлечения компонентов из смесей экстрагентами;

электрод	—	проводник, посредством которого электрический ток входит или выходит из электролита в электрохимической реакции (или электрической дуге или вакуумной трубке) (см. 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 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;
эмиссия	—	поступление загрязняющих веществ, высвобождаемых от антропогенных объектов, в атмосферный воздух, воды, на землю или под ее поверхность.

Аббревиатуры и их расшифровка

АКМ	агломерационная конвейерная машина
АО	акционерное общество
МКР	мягкий контейнер разового использования
ПВ	процесс Ванюкова
дБА	акустический децибел
Справочник НДТ	справочник по наилучшим доступным техникам
ЧРП	частотные регуляторы приводов
ТОО	товарищество с ограниченной ответственностью
К	Кельвин

КИВЦЭТ-КФ	кислородно-взвешенная циклонная электротермическая с коксовым фильтром
КИВЦЭТ-ЦС	кислородно-взвешенная циклонная электротермическая (цинк-свинец)
кПа	Паскаль
КТА	комплексный технологический аудит
КЭПАЛ	кислородно-электротермическая плавка аккумуляторного лома
КЭПАЛ-ЖВ	кислородно-электротермическая плавка аккумуляторного лома в жидкой ванне
РУ	редуцирующие устройства
СКЗ	серно-кислотный завод
ОС	окружающая среда
НПА РК	нормативно-правовой акт Республики Казахстан
ЗРК	Закон Республики Казахстан
СТ РК	Национальный стандарт Республики Казахстан
БПК	биохимическое потребление кислорода
ХПК	химическое потребление кислорода
ПХДД/Ф	полихлорированные дибензо-n-диоксины и дибензофураны
КПД	коэффициент полезного действия
СЭнМ	система энергоменеджмента
ДДГ	десульфуризация дымовых газов
ТРГ	техническая рабочая группа
ТП	технологический показатель
УФ	ультрафиолетовое излучение
ЛОС	летучие органические соединения
ТООС	трехосновной сульфат свинца
ПЭК	программа экологического контроля
СЭМ	система экологического менеджмента
ЭПР	электронный парамагнитный резонанс
ЭФ	электрофильтры
ШЭ	электромагнитные шкивы
SCR	реактор селективной каталитической нейтрализации
WSA	серная кислота из мокрого газа

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)**
AI_2O_3	оксид алюминия
CO	монооксид углерода
CO_2	диоксид углерода
CaO	оксид кальция, гидроокись кальция
FeO	оксид железа
Fe_2O_3	оксид железа трехвалентный
H_2O_2	перекись водорода
H_2S	сероводород
H_2SO_4	серная кислота
HCl	хлористоводородная кислота
HF	фтороводородная кислота

HNO_3	азотная кислота
K_2O	оксид калия
MgO	оксид магния, магнезия
MnO	оксид марганца
NaOH	гидроокись натрия
NaCl	хлорид натрия
$CaCl_2$	хлорид кальция
Na_2CO_3	карбонат натрия
Na_2SO_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_3O_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 единицы измерения	Название единиц измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
бар	бар	Давление (Д)	1.013 бар = 100 кПа = 1 атм.
°C	градус Цельсия	Температура (Т) Разница температур (РТ)	
г	грамм	Вес	
ч	час	Время	
K	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 K
Па	паскаль		1 Па = 1 $Н/м^2$
част/млр. / ppb	части на миллиард	Состав смесей	1 част/млрд. / ppb = 10-9
част/млн. / ppm	части на миллион	Состав смесей	1 част/млн. / 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	

Предисловие

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

Настоящий справочник по НДТ представляет собой документ, включающий технологические показатели, объемы образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, а также заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам и любые перспективные техники.

Термин "наилучшие доступные техники" введен в Экологический кодекс Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс) в ст. 113, согласно которой под

наилучшими доступными техниками понимается наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

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

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

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с порядком определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также Правилами разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам (далее – Правила) [2].

При разработке справочника по НДТ учтен 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 [52].

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 13–2020 [39].

3. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency [55].

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48–2017 [40].

5. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения [41].

Технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности наилучших доступных техник для технологического процесса, определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Производство свинца".

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий цветной металлургии (производство цинка и кадмия, свинца, меди и золота) составляет порядка 176 000 тонн в год. На сегодняшний день степень внедрения НДТ на казахстанском предприятии по производству свинца оценивается на уровне 71,2 %.

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

Предполагаемый объем инвестиций составит порядка 1,3 млрд теңге согласно отчету об экспертной оценке по цветной металлургии на соответствие принципам НДТ. Внедрение НДТ предусматривает индивидуальный подход к выбору НДТ с учетом экономики конкретного предприятия и готовности предприятия к переходу на принципы НДТ, выбора страны производителя НДТ, мощностных показателей, габаритов НДТ и степени локализации НДТ.

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

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 свинца в Республике Казахстан, за 2015-2019 годы, полученные по результатам КТА и анкетирования, проведенного подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по наилучшим доступным техникам.

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 свинца.

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

Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

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

Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
Обезвреживание отходов	Обращение с отходами

Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов	Процессы очистки сточных вод
Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
Уничтожение и утилизация отходов термическим способом	Вовлечение отходящих газов в качестве топливного компонента
Производство меди и драгоценного металла - золото	Производство серной кислоты, отходы производства меди
Производство цинка и кадмия	Производство серной кислоты, отходы производства цинка

Область применения

В соответствии с нормами Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на:

1) производство и переработку свинца, в частности:

производство свинца из концентратов или вторичных сырьевых материалов посредством металлургических и электрометаллургических процессов;

получение свинца из промпродуктов свинцового производства, включая пыли, шлаки, шламы сернокислотного производства, кеки цинкового производства пиро- и гидрометаллургическими способами;

переработку продуктов рафинирования свинца (медные шликера, висмутовые дроссы, серебристая пена, щелочные плавы);

процессы переплавки, легирования свинца с получением товарного продукта (свинец и сплавы на его основе в слитках);

получение свинца из промпродуктов цинкового и медного производства;

2) утилизацию серосодержащих газов свинцового производства с последующим производством серной кислоты и иной продукции.

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

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;

хранение и подготовка топлива;

производственные процессы (пирометаллургические, гидрометаллургические и электролитические);

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

хранение и подготовка продукции;

производство серной кислоты из отходящих газов свинцового производства.

Справочник по НДТ не распространяется на процессы добычи, обогащения руды и получение концентратов, процессы, связанные с поверхностной обработкой металлов, вспомогательные процессы, необходимые для бесперебойной эксплуатации производства, а также на внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами.

Принципы применения

Статус документа

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

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

применение малоотходных технологических процессов;

высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;

рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

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

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

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

Положения, обязательные к применению

Положения раздела "6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по наилучшим доступным техникам.

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

На основании заключения по наилучшим доступным техникам операторами объектов разрабатывается программа повышения экологической эффективности,

направленная на достижение уровня технологических показателей, утвержденных в заключениях по наилучшим доступным техникам.

Рекомендательные положения

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

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

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

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта с учетом особенностей производства, а также проведенной модернизации, усовершенствованиями и модернизациями техники и технологии на данных предприятиях производства свинца, 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, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

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

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

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

1. Общая информация

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание отрасли цветной металлургии в Республике Казахстан, а также основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребление энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

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

Добыча свинца производится на месторождениях полиметаллических, свинцово-цинковых и свинцовых руд. Главные объекты по добыче руд свинца и цинка

в Республике Казахстан расположены в Рудном Алтае (Восточный Казахстан), Южном и Центральном Казахстане. Свинец – достаточно распространенный в земной коре металл [6,7,11]. Основной объем производимого свинца используется в мире для производства аккумуляторов, а также на нужды электротехнической промышленности при изготовлении кабелей и покрытий к ним. Хорошие антикоррозионные свойства свинца позволяют использовать его в химической и металлургической промышленности. Широкое применение в машиностроении и электротехнике получили сплавы свинца с оловом, кальцием, цинком, содержащие в различных пропорциях сурьму, медь, мышьяк, кадмий – бронзы, баббиты, латуни, припои. Свинец входит в состав типографского сплава. Свинец широко применяется при производстве взрывчатых материалов, а также в военной промышленности при изготовлении снарядов, дроби, пуль. Развитие атомной энергетики поставило вопрос о защите от гамма-излучения. Свинец лучше многих материалов способен поглощать гамма-лучи и поэтому очень широко используется для защиты от радиации в медицине, атомной промышленности, научной деятельности.

Свинец (Pb) – голубовато-белый, блестящий, тяжелый металл. Температура плавления свинца составляет 327,4 °С, плотность твердого свинца - 11,34 г/см^3. Свинец образует сплавы и твердые растворы с целым рядом металлов: оловом, цинком, кадмием, медью, висмутом, сурьмой, кальцием, ртутью, золотом, серебром и другими. Особенностью свинца является то, что он практически не растворяет железо. Это позволяет вести металлургические операции даже при высоких температурах в аппаратуре, изготовленной из стали и чугуна. Свинец по сравнению с другими металлами имеет наиболее высокий массовый коэффициент поглощения рентгеновских лучей. В химическом отношении свинец достаточно инертен. Во влажном воздухе он медленно окисляется с образованием плотной пленки из PbO или основных углекислых и сернокислых солей, предохраняющей его от дальнейшего окисления.

В свинце почти не растворяются такие газы, как O_2, SO_2, H_2, N_2, CO и CO_2.

Свинец обладает рядом уникальных свойств: высокой пластичностью, ковкостью, плотностью, низкой температурой плавления, жидкотекучестью, отсутствием растворимости железа, а также чрезвычайной устойчивостью к коррозии и защитой от проникновения различных видов излучения, что определяет широкий спрос на него в различных отраслях промышленности как в виде металла допустимой чистоты, так и компонента сплавов [6-12].

1.1. Ресурсы и материалы

Обогащение полиметаллических свинцово-цинковых, свинцово-цинково-медных руд осуществляется флотацией по коллективно-селективным или селективным схемам с получением кондиционных медных, свинцовых и цинковых концентратов. Однако показатели извлечения ценных компонентов в соответствующие концентраты

находятся на уровне 60–87, что приводит к значительным потерям металлов в разноименных концентратах.

Запасы полиметаллических руд сосредоточены на территории многих стран, самыми богатыми из которых являются: США (37 % мировых запасов свинца, и 46 % - не считая стран СНГ и Восточной Европы, и соответственно 20,7 и 28 % цинка), Канада (10 и 12,6 % свинца, 16,1 и 21,6 - цинка) и Австралия (15,4 и 19 % свинца и 16, и 21,6 - цинка).

Качество свинцовых концентратов определяется содержанием в них свинца, металлов-примесей и составом компонентов пустой породы. С технологической точки зрения свинцовые концентраты грубо можно разделить на весьма богатые, содержащие от 70 % до 80 % свинца при малом содержании кремнезема, сурьмы и других примесей, и на прочие концентраты, содержащие менее 70 % свинца и заметное количество других сопутствующих металлов. Эти прочие концентраты включают как богатые концентраты с 55–70 % свинца, так и концентраты, содержащие менее 55 % свинца и много примесей. Основную массу свинца выплавляют из концентратов, получаемых из сульфидных или смешанных руд самого различного состава и содержащих менее 70 % этого металла. В большинстве случаев руды носят полиметаллический характер, поэтому качество получаемых концентратов во многом зависит от минералогического состава руд, степени прорастания в них минералов и многих других факторов, влияющих на процесс обогащения. Но даже из весьма труднообогащаемых руд можно выделить достаточно удовлетворительные концентраты в результате перевода значительной части металлов в промежуточные продукты сложного состава. Расчеты показывают, что нередко целесообразно выделять такие продукты и подвергать их самостоятельной переработке, чтобы получать богатые и достаточно чистые концентраты.

Среди стран мира с запасами руд свинца и цинка заметно выделяются Австралия, КНР, РФ, США, Казахстан, Перу, Мексика. Подавляющая часть запасов цинка и свинца сконцентрирована в Азиатско-Тихоокеанском регионе, учитывающем Россию и страны СНГ, а также в Северной и Южной Америках. Доля десяти ведущих стран в мировой добыче цинка непрерывно возрастает, в 2000-х гг. она превысила уже 80 %. Доля десяти ведущих стран по добыче свинца также имеет тенденцию к повышению, с середины 2000-х гг. она превысила 90 %.

Страны, обладающие наиболее крупными запасами свинца, представлены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1. Мировые запасы свинца

По данным [11], в результате геолого-экономической оценки 44 месторождения, содержащие свинец, цинк и другие металлы (52,4 %), получили положительную оценку , т. е. запасы по ним являются активными. Активные запасы по цинку после переоценки составляют 88,7 % общих, аналогичные данные по свинцу – 66,8 % (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Результаты геолого-экономической оценки свинца и цинка

№ п/п	Товарная стоимость, млн. долл. США	Месторождения
1	2	3
1	I. >500	Орловское, Малеевское, Артемьевское, Шалкия, Дальнезападный участок месторождения Жайрем, Бестобе, Жезказган, Николаевское, Новолениногорское
2	II. 200-500	Абыз, Западный (карьерная отработка) и Восточный Жайрем, Тишинское, Иртышское, Юбилейно-Снегирихинское, Космурун, Коктау, Приорское, Шаймерден
3	III. 50-200	Майкаин, Жайрем (уч. Западный — подземная отработка), Кокзабой, Шубинское,

		Стрежанское, Обручевское, Долинное, Шемонаихинское, Анисимов Ключ
4	IV. 5-50	Красноярское, Космурун, Лиманное, Талап Карагайлы (главный участок), Майкаин Е, Сувенир, Ушкагыл, Алашпай, Акжал, Новолениногорское (Успенская залежь), Маячное, Акбастау, Коктау, Весенне-Аралчинское, Кундыздинское
5	V. До 5	Жила Новая, Путинцевское, Верхнекумыстинское, РиддерСокольное
6	VI. Отрицательная	Карагайлы (подземная отработка), Кайрактинское, Березовское, Белоусовское, Коксу, Узунжал, Чекмарь, Лиманное, Акбастау (подземная добыча), Майское и др. ; всего 24 объекта

В Казахстане имеется сырьевой потенциал свинца, кадмия, никеля, мышьяка и других компонентов для производства аккумуляторов, позволяющий увеличить их выпуск до 28–30 млн. штук с ориентировочной стоимостью более 1,2 млрд. долларов США, что даст в 20 раз больше доходов, получаемых сегодня от экспорта свинцового сырья [19].

1.2. Производственные площадки

Развитие металлургического производства свинца в Казахстане связывается с дальнейшей эксплуатацией существующего свинцового завода в городе Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанской области. При этом важной проблемой остается все та же проблема сырья для указанного завода, который сталкивается с нехваткой свинцовых концентратов собственной сырьевой базы, что влечет необходимость загрузки существующих металлургических мощностей путем использования импортного сырья, в том числе промпродуктов. "Казцинк" – казахстанская горнорудная компания, которая была образована слиянием казахстанских предприятий, занимающихся добычей и обработкой руд цветных металлов в Восточно-Казахстанской области (в Зыряновске – Зыряновский свинцовый комбинат, Риддере – Лениногорский полиметаллический комбинат, в Усть-Каменогорске – Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат).

Свинцовый завод в городе Усть-Каменогорске, Восточно-Казахстанская область (с 1952 года). В начале Великой Отечественной войны в Усть-Каменогорск из города Орджоникидзе (нынешний Владикавказ) был эвакуирован завод "Электроцинк". В кратчайшие сроки в военное время был развернут североосетинский завод " Электроцинк" – основа будущего свинцово-цинкового комбината. Сюда же было

перевезено оборудование Магдебургского цинкового завода в счет репараций с Германией. В 1947 году был осуществлен запуск цинкового производства. В 1952 году Усть-Каменогорский цинковый завод преобразован в свинцово-цинковый комбинат: в этом году был осуществлен ввод в эксплуатацию также свинцового завода. В январе 1956 года на заводе была запущена шлаковозгоночная установка по переработке шлаков, в 1964 году запущена в работу новая шлаковозгоночная установка, на которой в 1997 году был установлен новый котел-утилизатор. Производство рафинированного свинца осуществлялось по классической схеме "агломерация шихты – шахтная плавка – рафинирование чернового свинца". В 1986 году на свинцовом заводе начата опытная эксплуатация КИВЦЭТ-процесса, разработанного ВНИИцветмет, на установке производительностью 500 т шихты в сутки, однако в последующем применение этой технологии не нашло применения на данном заводе. В 2010-е годы в рамках проекта развития производства впервые в Казахстане для технологической плавки свинцовых концентратов взамен схемы "агломерация-шахтная плавка" внедрен процесс Isasmelt, разработанный компанией "Mount Isa mines", дочерней компанией "Xstrata Copper" (Австралия). В результате из технологической схемы исключено образование не утилизируемых "бедных диоксидом серы" газов, а более концентрированные газы полностью перерабатываются в сернокислотном производстве с получением из них товарной продукции – серной кислоты. В 2012 году свинцовое производство было реконструировано, на заводе внедрили новую технологию ISASMELT, позволяющую перерабатывать газы с переводом диоксида серы в товарную серную кислоту. Технология ISASMELT отличается герметичностью оборудования плавки и получением при этом малых объемов газов с высокой концентрацией SO_2, которые можно полностью утилизировать. Реконструкция свинцового производства позволила снизить энергоемкость, вести масштабную переработку вторсырья и улучшить экологические показатели данного производства. Среднегодовые показатели производственной мощности свинцового завода УКМК ТОО "Казцинк" представлены на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2. Среднегодовые показатели производственной мощности свинцового завода УКМК ТОО "Казцинк"

Строительство Талдыкорганского завода аккумуляторов началось в 1970 году, а в январе 1975 года была выпущена первая аккумуляторная батарея 6СТ -75ЭМ. В течение короткого времени был запущен серийный выпуск аккумуляторных батарей в широком ассортименте. Талдыкорганский завод свинцовых аккумуляторов был одним из пяти производителей аккумуляторных батарей на территории СССР.

Завод построен по полному технологическому циклу от выпуска аккумуляторов и сырья до утилизации и переработки отработавших батарей.

1.3. Основные экологические проблемы

Оказываемое при производстве свинца воздействие на окружающую природную среду и здоровье человека (вне зависимости от применяемых технологических решений) можно разделить по степени влияния на определенный компонент экосистемы.

Атмосферный воздух

Наиболее ключевой экологической проблемой на сегодняшний день остается содержание загрязняющих веществ в отходящих газах при производстве свинца. Большинство пирометаллургических процессов характеризуются образованием большого количества газов. Помимо возможного использования ценных составляющих газов (в основном SO_2) необходимо производить их обезвреживание с целью охраны окружающей среды.

Поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходит на всех этапах производственного цикла и определяется лишь спецификой производственной деятельности:

производство свинца из первичного сырья;

попутное извлечение свинца из вторичного сырья, содержащего свинец в виде примеси;

очистка получаемой продукции от примеси свинца и т. д.

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

диоксид серы (SO_2) – пирометаллургические процессы переработки свинцовых концентратов;

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

оксиды азота (NO_x) – восстановительные процессы;

ЛОС, ПХДД/Ф – в основном образуются при производстве вторичного свинца.

Поверхностные и подземные воды

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

Качественный состав сбрасываемых сточных вод обусловлен составом вод, используемых на водоснабжение предприятия, составом используемого сырья, спецификой технологических процессов, составом промежуточных продуктов, либо готовых продуктов, существующих систем очистки сточных вод.

Твердые остатки (полупродукты производственного процесса)

Помимо основной продукции твердыми материалами, образующимися при производстве свинца, являются шлаки свинцовой плавки, штейн (сплав сульфидов железа, меди, свинца и цинка), уловленная пыль дымовых газов после очистки, шламы от очистки сточных вод. Современные производственные линии, ориентированные на максимум извлечения металлов из исходного сырья и получение товарных побочных продуктов, позволяют использовать большую часть побочной продукции непосредственно на самом предприятии, либо с возможностью передачи их другим специализированным предприятиям для дальнейшего восстановления и переработки (доизвлечения).

1.3.1. Энергоэффективность

Согласно Закону об энергосбережении и повышении энергоэффективности Республики Казахстан [4] к основным направлениям государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности относятся также стимулирование энергосбережения и повышение энергоэффективности, включая использование энергосберегающего оборудования и материалов, пропаганда экономических, экологических и социальных преимуществ эффективного использования энергетических ресурсов.

Таким образом повышение энергоэффективности является важным аспектом деятельности любого производства и как следствие одним из индикаторов воздействия производственного объекта на окружающую среду. Вопросы повышения энергоэффективности и использования энергии при оценке НДТ в цветной металлургии в целом и производстве свинца, в частности, имеют существенное значение. Кроме того, при производстве свинца доля использования вторичных ресурсов существенная, что исключает выбросы десятков тысяч тонн загрязняющих веществ и CO_2.

Удельные прямые выбросы плавильных заводов, перерабатывающих лом, в 3 раза ниже, чем выбросы плавильных заводов, работающих на первичном сырье, потребление энергоресурсов на таких заводах также меньше.

В Казахстане осуществляется в основном плавка первичного свинца. В качестве сырья на свинцовом производстве используются свинцовые сульфидные концентраты, золотосодержащие концентраты, металлургические пыли, лом и отходы цветных металлов, свинцовые кеки, шламы, прочие свинецсодержащие промпродукты и различные флюсующие материалы (окисленные руды и другие шлакообразующие материалы). Помимо переработки материалов из собственной сырьевой базы перерабатывается также сырье других производителей. Поставщиками стороннего сырья помимо казахстанских производителей выступают такие страны как Гватемала, Перу, Мексика, Россия, Киргизия, Таджикистан, Узбекистан и другие. Подготовка смеси шихты и, соответственно, загрузка стороннего концентрата варьируются исходя из текущих потребностей рынка сбыта продукции, а также ориентируясь на обеспечение стабильной бесперебойной работы всех стадий производственного процесса, что в целом увеличивает энергопотребление и осложняет процесс оптимизации потребления энергии.

Как показывает мировая практика, одним из действенных методов повышения энергоэффективности является использование систем энергоменеджмента, описанных в международном стандарте ISO 50001 или национальном стандарте [38].

При производстве свинца широко применяется утилизация энергии и тепла. Пирометаллургические процессы (агломерация, плавка) протекают при высокой температуре и достаточно теплоемки, технологические газы содержат огромное количество тепла. Поэтому для утилизации тепла используются регенерация и рекуперация тепла, различные теплообменники и котлы утилизаторы. В ряде случаев могут быть использованы регенеративные и рекуперативные горелки [5,7]. Пар или электроэнергия могут вырабатываться на предприятии как для собственного использования, так и для внешних потребителей, которыми могут быть, например, муниципальные системы отопления. Пар может быть использован для подогрева материалов или газообразного топлива. Технологии, применяемые для рекуперации тепла на различных объектах, могут существенно различаться. Их характеристики зависят от целого ряда факторов, таких как эксергетический КПД, возможные направления использования тепла и электроэнергии на промплощадке или рядом с ней, масштаба производства и способности газов или содержащихся в них компонентов откладываться или осаждаться в теплообменниках.

Горячие газы, образующиеся при плавке или обжиге сульфидных руд, почти всегда проходят через паровые котлы утилизаторы. Получаемый пар может использоваться для производства электроэнергии или отопления. Помимо генерации электроэнергии пар может использоваться в процессе сушки концентрата, а остаточное тепло для предварительного подогрева воздуха, поступающего для поддержания горения.

Другие пирометаллургические процессы также имеют ярко выраженный экзотермический характер, особенно при использовании дутья, обогащенного

кислородом. Многие процессы используют избыток тепла, который на этапах обжига или плавки используется, например, для плавки вторичного сырья (лома). В этом случае лом используется для снижения температуры процесса, причем состав лома тщательно контролируется.

При использовании в горелках обогащенного кислородом воздуха или кислорода сокращается потребление энергии за счет возможности перехода в режим автогенной плавки и более полного сгорания углеродных материалов [6,7]. Объемы отходящих газов при этом существенно сокращаются, что позволяет применять дутьевые механизмы меньших размеров и т. п. Например, стремление интенсифицировать процесс выгорания серы из шихты привело к мысли о возможности обогащения воздуха, подаваемого на агломашину, кислородом. Исследованиями было установлено оптимальное содержание кислорода в дутье – 23,5–24,0 %. Повышение производительности агломашины при использовании воздуха, обогащенного кислородом, подтверждено на ряде свинцовых заводов – Чимкентском (Казахстан), East Helena (США), Hoboken (Бельгия), до их закрытия.

Материал футеровки печи может также влиять на энергетический баланс плавки. Имеются данные о положительном эффекте применения легких огнеупорных материалов, снижающих теплопроводность и нагрев производственного помещения. При этом необходимо сбалансировать получаемые от этого выгоды со сроком службы футеровки, инфильтрацией металлов в футеровку, поэтому легкие огнеупорные материалы не могут применяться во всех без исключения случаях.

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

Производство серной кислоты из диоксида серы, образующегося на стадиях обжига и плавки сульфидного свинцового концентрата, - экзотермический процесс, включающий несколько стадий охлаждения газа. Тепло, накапливаемое в газе при обжиге, может быть использовано для производства пара и (или) горячей воды.

Тепло утилизируется путем использования горячих газов со стадий плавки для сушки и предварительного подогрева шихты. Аналогичным образом топливный газ и подаваемый для поддержания горения воздух могут быть предварительно подогреты, или в печи может быть использована рекуперационная горелка. Термоэффективность в этих случаях повышается.

Важным методом повышения энергоэффективности является охлаждение отходящих газов перед подачей в газоочистные системы. При применении рукавного фильтра также обеспечивается температурная защита фильтра, что позволяет применять более широкий спектр материалов для его изготовления. В некоторых случаях на этой стадии возможна утилизация тепла, например, с применением тепловых насосов или органического цикла Ренкина.

Образующаяся при восстановительной плавке в шахтной печи окись углерода улавливается и сжигается в качестве топлива в нескольких различных процессах или используется для производства пара, например, для местного отопления, а также на другие энергетические нужды. CO может образовываться в существенных объемах, и можно привести целый ряд примеров, когда большая часть энергии, используемой установкой, производится на основе CO, улавливаемого в электродуговой печи при вторичном производстве свинца.

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

Часто практикуется использование тепла газов или пара для увеличения температуры выщелачивающих растворов. В некоторых случаях часть газового потока может отводиться на скруббер для отдачи тепла в воду, которая затем используется для целей выщелачивания. Охлажденный газ затем возвращается в основной поток для дальнейшей очистки.

В отдельных случаях во время переплавки лома аккумуляторов горючий пластик вносит свой вклад в энергию, которая используется в процессе плавки и сокращает объем необходимого ископаемого топлива.

Преимущества предварительного нагрева воздуха, подаваемого для поддержания горения, безусловны и подтверждены многими документами. Если воздух подогревается на 400 °C, рост температуры пламени составляет 200 °C, а если предварительный подогрев составляет 500 °C, температура пламени растет на 300 °C. Такое увеличение температуры пламени обеспечивает более высокую эффективность плавки и сокращение потребления энергии. Имеются сведения о регенеративных горелках, подогревающих подаваемый воздух до 900 °C, что сокращает потребление энергии до 70 % [5,6]. Применение регенеративных горелок хорошо освоено, а примеры внедрения свидетельствуют, что достигнутый срок окупаемости составляет менее одного года.

Альтернативой предварительного нагрева воздуха на горение является предварительный нагрев материала, подаваемого в печь. Теоретически 8 % экономии энергии может быть достигнуто на каждые 100 °C предварительного нагрева материала [5,7].

Во многих обстоятельствах предварительная сушка сырья обеспечивает энергосбережение, потому что снижает потери тепла с уходящими газами, кроме того, уменьшается объем газов, следовательно, дымососы и газоочистные сооружения тоже могут быть меньшими по размеру и потреблять меньше энергии. Горячие газы, улавливаемые, например, над выпускными летками, могут использоваться для поддержания горения [5,7].

Вторичное использование тепла и энергии - несомненно, важный фактор для предприятий цветной металлургии, отражающий высокую долю энергозатрат в себестоимости [5,7,8]. Многие методы вторичного использования энергии относительно легки для применения при модернизации существующих производств, однако иногда могут возникать проблемы, связанные с отложением металлов в теплообменниках. Поэтому в основе качественного проектирования должны лежать достоверные знания о выбрасываемых компонентах и их поведении при различных температурах. Для поддержания высокой термоэффективности также используются системы очистки теплообменников.

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

Ниже в таблицах 1.2–1.4 представлены показатели потребления сырья и энергетических ресурсов на отечественных предприятиях (на основе данных за 2016–2020 годы).

Подготовка и первичная плавка свинцовой шихты (по данным ТОО "Казцинк")

В таблице 1.2 представлено фактическое потребление исходного сырья и энергетических ресурсов в процессе подготовки и первичной плавки свинецсодержащего сырья.

Таблица 1.2. Потребление исходного сырья и энергетических ресурсов в процессе подготовки и первичной плавки

№ п/п	Наименование сырья, материалов и энергоресурсов	Объем годового потребления		
Ед. изм.	Факт	На тонну шихты		
1	2	3	4	5
1	Свинецсодержащее сырье (свинецсодержащие, золотосодержащие концентраты, пыли, кеки, магнитная фракция клинкера)			
1.1	Клинкер. Немагнитная фракция	тонн	3983,0	0,011
1.2	Промпродукты цинкового производства (Pb кеки)	тонн	42531,9	0,114

1.3	Свинцовый и золотосодержащий концентрат	тонн	327354,0	0,876
	Итого:	тонн	373868,9	1
2	Энергетические и природные ресурсы			
2.1	Вода на технологические нужды (оборотная вода)	м³	11493240,0	30,74
2.2	Дизельное топливо	тонн	2062,0	0,006
2.3	Известняк	тонн	7292,0	0,02
2.4	Кислород	м³	87823000,0	234,9
2.5	Пар (ВЭР собственный)	Гкал	10903,0	0,029
2.6	Электроэнергия	кВт*ч	66870217	178,86
2.6.1	Электроэнергия покупная (ТЭЦ)	кВт*ч	37662000,0	100,736
2.6.2	Электроэнергия собственная	кВт*ч	29208217,0	78,124

Таблица 1.3. Потребление исходного сырья и энергетических ресурсов в процессе плавки продукта в шахтных печах с попутным получением чернового свинца и дополнительное извлечение ценных компонентов из бедных шлаков

№ п/п	**Наименование сырья, материалов и энергоресурсов**	**Объем годового потребления**		
Ед. изм.	**Факт**	**На тонну сырья**		
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Исходное сырье			
1.1	Клинкер. Магнитная фракция	тонн	55353,0	0,1290
1.2	Свинец	тонн	31,3	0,0001
1.3	Богатый свинецсодержащий шлак	тонн	373868,9	0,8710
	Итого:	тонн	429253,2	1
2	Энергетические и природные ресурсы			
2.1	Вода на технологические нужды (оборотная вода)	м³	7667964,0	17,863
2.2	Известняк	тонн	41750,	0,097
2.3	Селитра натриевая	тонн	5190,9	0,012
2.4	Кислород	м³	14147000,	32,957
2.5	Кокс	тонн	50983,0	0,119

2.6	Пар (собственный)	Гкал	6640,25	0,015
2.7	Сжатый воздух	млн. $м^3$	40,147	0,0001
2.8	Уголь (в ШВУ)	тонн	35071,0	0,082
2.9	Электроэнергия	кВт*ч	66372500,0	154,623
2.9.1	Электроэнергия покупная (ТЭЦ)	кВт*ч	56416625,0	131,430
2.9.2	Электроэнергия собственная	кВт*ч	9955875,0	23,193

Таблица 1.4. Потребление сырья и энергетических ресурсов в процессе получения товарного свинца путем рафинирования чернового свинца и переработки промпродуктов рафинирования*

№ п/п	**Наименование сырья, материалов и энергоресурсов**	**Объем годового потребления**		
Ед. изм.	**Факт**	**На тонну сырья**		
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Конечный продукт			
1.2	Свинец рафинированный	тонн	150173	1
	Итого:	тонн	150173	1
2	Энергетические и природные ресурсы			
2.1	Вода на технологические нужды (оборотная вода)	$м^3$	4652000	30,978
2.2	Дизтопливо	тонн	25,0	0,0002
2.3	Едкий натр	тонн	3063,8	0,02
2.4	Известь	тонн	6270	0,042
2.5	Кальций	тонн	204	0,001
2.6	Кислород	$м^3$	6,96	0,00005
2.7	Магний	тонн	760	0,005
2.8	Мазут	тонн	1145,6	0,008
2.9	Пар ВЭР	Гкал	35637	0,237
2.10	Сера	тонн	195	0,001
2.11	Сжатый воздух	млн. $м^3$	47,48	0,0003
2.12	Цинк чушковый с цинкового завода	тонн	1248,7	0,008
2.13	Электроэнергия собственная	кВт*ч	55690215,0	370,84

* удельные показатели потребления энергетических ресурсов и сырья представлены на тонну конечного продукта рафинированного свинца.

Вспомогательные производства, связанные с технологией получения свинца, также потребляют значительное количество энергетических ресурсов. Так, например, система очистки газов от пыли, которая работает в круглосуточном режиме, для чего организована сложная многоступенчатая схема с применением комбинированных методов очистки, основным из которых является очистка в рукавных фильтрах, потребляет более 30 % электроэнергии при производстве свинца.

Таблица 1.5. Показатели потребления энергоресурсов по вспомогательным переделам производства свинца

№ п/п	**Наименование сырья, материалов и энергоресурсов**	**Объем годового потребления**	
Ед. изм.	**Максимальное потребление**		
1	**2**	**3**	**4**
1	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП: доизвлечение ценных компонентов с получением товарной продукции в виде редких металлов		
1.1	Вода на технологические нужды (оборотная)	$м^3$	293000,0
1.2	Дизтопливо	тонн	1269,0
1.3	Мазут	тонн	479,0
1.4	Пар (собственный ВЭР)	Гкал	37540,0
1.5	Сжатый воздух	млн. $м^3$	33,31
1.6	Электроэнергия собственная	кВт*ч	4712400,0
1.7	Электроэнергия покупная ТЭЦ	кВт*ч	831600,0
2	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП: очистка газов от пыли		
2.1	Пар (собственный ВЭР)	Гкал	1922,0
2.2	Сжатый воздух	млн. $м^3$	41,25
2.3	Электроэнергия собственная	кВт*ч	88631965,0
2.4	Электроэнергия покупная ТЭЦ	кВт*ч	15640935,0
3	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП: очистка технологических серосодержащих газов		
3.1	Вода на технологические нужды (оборотная)	$м^3$	4420100,0
3.2	Дизтопливо	тонн	120,0
3.3	Пар ВЭР	Гкал	35503,0
3.4	Сжатый воздух	млн. $м^3$	4,304
3.5	Электроэнергия собственная	кВт*ч	13278360,0
3.6	Электроэнергия покупная ТЭЦ	кВт*ч	2343240,0

Производство свинца в Казахстане в последние годы достаточно стабильно, ежегодно производится от 120 до 150 тыс. тонн рафинированного свинца. В таблице 1.6 представлены данные об удельных показателях потребления энергоресурсов и основного исходного сырья (шихта из свинцового и золотосодержащего сырья) на уровне 2016–2020 годов.

Таблица 1.6. Удельные показатели потребления энергоресурсов и основного исходного сырья при производстве свинца

№ п/п	Наименование сырья и материалов, поступающих в производство	Объем годового потребления	Расход на единицу конечной продукции		
Единица измерения	Годовое потребление	Максимальный	Минимальный		
1	2	3	4	5	6
1	Вода оборотная	$м^3$	27253044,0	226,91	181,478
2	Кислород	м³	102300000,0	851,755	681,214
3	Кокс	тонн	51332,0	0,427	0,342
4	Мазут	тонн	1688,0	0,014	0,011
5	Мазут	тонн	3492,0	0,029	0,023
6	Сжатый воздух	м³	168494000,0	1402,889	1121,999
7	Теплоэнергия в паре (собственная)	Гкал	128147,0	1,067	0,853
8	Теплоэнергия в паре (ТЭЦ)	Гкал	15208,0	0,127	0,0
9	Уголь	тонн	35071,0	0,292	0,234
10	Шихта из свинцового и золотосодержащего сырья	тонн	437761,0	3,645	2,915
11	Электроэнергия	кВт*ч	295692000	2461,946	1969,009

1.3.2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Источниками выбросов загрязняющих веществ являются следующие технологические процессы:

1) подготовка (дробление, пересыпка, транспортировка, сушка и др.), хранение сырья и материалов;

2) термические реакции получения промежуточной и готовой продукции:

обжиг с получением агломерата;

восстановление агломерата в шахтной печи;

3) вторичные процессы:

переработка шлаков свинцовой плавки с целью извлечения цинка, свинца; меди и благородных металлов (шлаковозгонка);

очистка чернового свинца от меди, теллура, мышьяка, олова, сурьмы, золота, серебра и висмута (рафинирование);

переработка лома и отходов свинца, гранулированной шихты;

утилизации тепла отходящих газов.

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

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

6) подготовка к отгрузке готовой продукции.

В таблице 1.7 представлены загрязняющие вещества, образующиеся при производстве свинца с описанием процессов/источников выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 1.7. Источники/процессы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве свинца

№ п/п	Процесс	Описание	Компоненты отходящих газов
1	2	3	4
1	Транспортировка и хранение сырья	Хранение руд и концентратов, а также составляющих компонентов для приготовления шихты. Другие растворы и реагенты, использующиеся в процессе производственного процесса (кислоты, щелочи и т. д.). Транспортировка - перемещение/передача сырья, полупродуктов между стадиями обработки.	Пыль и металлы
		Удаление избыточного количества влаги из шихты для предотвращения образования больших объемов пара, которые могут привести к возникновению нежелательных последствий, в том числе:	

2	Сушка	аварии, сбои в управлении авто термическим процессом (уменьшение/увеличение количества потребляемой энергии), коррозионные процессы, химические реакции с образованием загрязняющих веществ.	Пыль и металлы
3	Дробление, измельчение и грохочение	Уменьшение размера частиц продуктов или сырья с использованием дробильных установок (валковые, щековые, молотковые, в зависимости от типа и свойств обрабатываемого исходного материала). В основном дроблению подвергается сухой материал, который, как правило, является потенциальным источником выбросов пыли.	Пыль и металлы
4	Гранулирование	Формирование мелких частиц шлака путем пропуска расплавленного шлака через поток воды или подача его в ванну с водой. В процессе грануляции могут образовываться и аэрозоли.	Мелкодисперсная пыль (может содержать цветные металлы)
5	Приготовление шихты	Процесс смешивания руд или концентратов различного качества и введения в состав образующихся смесей флюсов или восстанавливающих агентов в определенных пропорциях с целью получения стабильного заданного состава смеси (шихты). Необходимый состав смеси достигается с помощью установок для усреднения шихты, систем дозирования, конвейерных весов или с	Пыль и металлы

		учетом объемных параметров погрузочной техники.	
6	Спекание/обжиг Плавка	Пирометаллургические процессы, основанные на изменении фазового или химического состава перерабатываемого сырья, при высоких температурах, сопровождающиеся поглощением теплоты. Температура процесса перехода из одного состояния в другое зависит от минералогического состава исходного сырья и характера газовой среды и давления.	Пыль и соединения металлов
			Диоксид серы
			Оксид углерода
			Оксиды азота
			ЛОС, диоксины
			Хлориды, фториды (в малых количествах)
7	Обработка шлака	Шлак, получаемый при пирометаллургической переработке, содержит различное количество ценных металлов, таких как Zn, Pb, Cr, Cd, Ag и редкие металлы - германий, индий, таллий, теллур, селен, олово и другие. Высокая ценность таких шлаков обусловливает обязательную их дополнительную переработку в замкнутой технологической схеме производства.	Пыль и металлы
			Диоксид серы
			Монооксид углерода
		Выщелачивание основано на использовании кислоты или другого растворителя для отделения в процессе растворения металлической составляющей от оксидной руды или оксида, образовавшегося в процессе обжига перед рафинированием и электролизом. Под химическим рафинированием понимаются процесс	Хлор

8	Выщелачивание и химическое рафинирование.	конденсирования металла из паров или селективное выпадение металла в виде осадка из водного раствора. Примеси содержат впоследствии извлекаемые медь и ценные металлы. Отходящим газом является угарный газ	Оксид углерода
9	Термическое рафинирование.	Удаление металлов-примесей из чернового свинца, полученного после шахтной восстановительной плавки. При этом из чернового свинца удаляются такие примеси как медь, мышьяк, висмут, теллур, золото, серебро.	Пыль и металлы
10	Предварительная обработка вторичного сырья	Разделка отработанных аккумуляторных батарей	Пыль и металлы, диоксид серы ЛОС и ПХДД/Ф

Следует отметить, что выбросы загрязняющих веществ, в частности SO_2, с отходящими газами при процессах обжига или плавки обрабатываются и очищаются посредством направления их на установку производства серной кислоты.

Выбросы ЛОС и ПХДД/Ф образуются при производстве вторичного свинца и обусловлены наличием органических соединений в составе сырья.

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

Основная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на организованные источники выбросов с уходящими газами через дымовые трубы – порядка 93 % - 99 % от общего количества выбросов. Загрязняющие вещества в составе

дымовых газов: диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), окислы азота (NO_x), пыль, металлы (свинец, ртуть, мышьяк) и их неорганические соединения, ЛОС. Считается, что другие загрязняющие вещества менее важны для отрасли, потому что они не присутствуют в производственном процессе, или потому что их нейтрализуют на начальных этапах образования (например, хлор или HCl), или в виду их незначительной концентрации (доля их не превышает 0,5 % – 1,0 % в общем объеме выбросов). Большая часть выбросов в значительной степени привязана к пыли (за исключением кадмия, мышьяка и ртути, которые также могут присутствовать на стадии пара).

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

К неорганизованным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу относятся: выбросы пыли при хранении, подготовке, загрузке концентрата; утечки из агрегатов обжига и плавления шлака, оборудования подготовки и переработка сырья; выбросы от вспомогательного оборудования для поддержания условий эксплуатации технологического оборудования.

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

Наиболее эффективным средством борьбы с выбросами пыли и вредных газообразных компонентов в воздушный бассейн предприятиями является установка газоочистного оборудования. Однако, как показала практика, пылегазовыделения можно значительно сократить путем их подавления и локального отсоса, а также осуществления ряда мероприятий технологического и планировочного характера.

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

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

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

аспирация мест пылеобразования;

непрерывность процесса производства;

сигнализация и блокировка процессов производства, предотвращающих аварийные ситуации.

На рисунке 1.3 представлено соотношение производственной мощности свинцового завода (процесс ISASMELT^{TM}) и поступивших в атмосферу выбросов загрязняющих веществ [13].

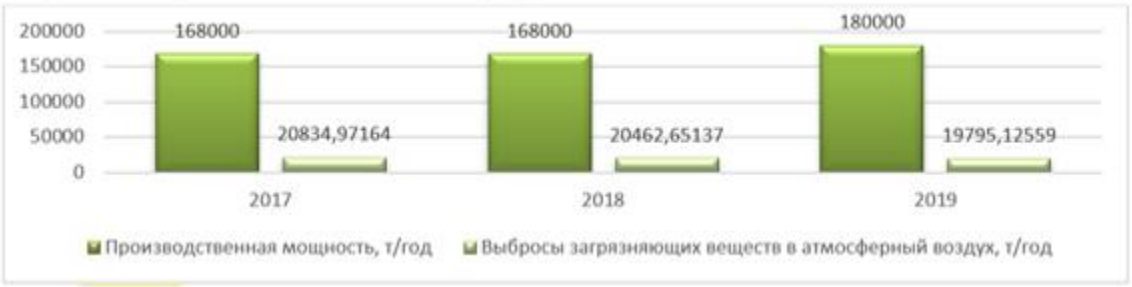


Рисунок 1.3. Производственные показатели/выбросы ЗВ в атмосферный воздух

Далее в разделах данной главы представлена более подробная, насколько это возможно, информация о загрязняющих веществах, образуемых в процессе производства свинца.

1.3.2.1. Диоксид серы (SO_2)

Выбросы SO_2 на свинцовых заводах в первую очередь определяются содержанием сульфидных соединений в сырьевых материалах и применяемого способа производства . Диоксид серы образуются в процессе плавки и иных операций.

Источниками выбросов диоксида серы при первичном производстве сырья являются:

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

выбросы сернокислотных установок;

неконтролируемые выбросы во время пуска/остановки технологической линии производства.

Содержание сульфатов при использовании вторичного сырья зависит от способа, который применяется при предварительной обработке. В большинстве случаев сера переводится в так называемые соединения тиосолей. Мера затвердевания зависит от используемых флюсов и других металлов, связанных с процессом. В других случаях SO_2 может выделяться и требует дальнейшей обработки. Типичные величины при использовании вторичного сырья находятся в диапазоне от 50 мг/Нм^3 до 500 мг/Нм^3.

В таблице 1.8 содержатся данные по выбросам SO_2 при различных процессах производства.

Таблица 1.8. Выбросы SO_2 на 1 тонну производства свинца*

№ п/п	Процесс	Производство свинца (тонн/год)	Выбросы SO_2 (г/тонну свинца)
1	2	3	4
1	QSL**	135000	700

2	ISASMELT**	120000	3000
3	Свинцовая шахтная печь и агломерационная установка**	110000	10000-45000
4	Вторичное сырье без предварительной обработки (аккумуляторы целиком) ***	50000	4000-6000
5	Вторичное сырье (аккумуляторы) без содержания серы***	35000-50000	1070-3000
6	Вторичное сырье (аккумуляторы) с предварительной обработкой (сера удалена)***	35000	3200
7	Аккумуляторы + дополнительная масса***	10000	210 (система удаления серы в печном газе)
8	Аккумуляторы - процесс МА ***	33000	6600

* источник: [61], [59];

** первичное производство свинца;

*** вторичное производство свинца.

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

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

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

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

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

Подробное описание предлагаемых технологических решений представлено в разделе 5 справочника по НДТ.

1.3.2.2. Окислы азота (NO_x)

Образование оксидов азота (NO_x) происходит в процессе переработки богатого свинецсодержащего шлака в плавильных печах с целью получения чернового свинца в результате связывания азота топлива с кислородом в пламени, так и связывания атмосферного азота и кислорода воздуха, подаваемого для горения, и обычно состоят из смеси NO и NO_2. Выделение NO_x зависит от технологии используемого процесса производства.

Снижение концентрации NO_x в отходящих газах возможно в случаях:

поглощения окислов азота при производстве серной кислоты;

использования кислородно-топливных горелок.

Концентрация окислов азота в процессах загрузки, плавки и отводе товарного продукта находится в пределах от 20 до 150 мг/$Нм^3$.

1.3.2.3. Монооксид углерода (CO)

Одними из основных источников выбросов монооксида углерода (CO) служат отходящие газы плавильных печей в процессе восстановительной реакции на стадии плавки и рафинирования. Появление CO в дымовых газах печей может быть обусловлено неполным сгоранием технологического топлива при недостаточном количестве кислорода, подаваемого в печь, либо присутствием различных органических соединений, содержащих углерод, в сырьевых материалах. Восстановитель и тепло для плавления получают за счет горения загружаемого в печь кокса. Кокс сгорает в реакции с воздухом с образованием монооксида углерода (CO), который и восстанавливает оксид свинца. Соединения углерода могут выделяться на стадии сушки в зависимости от сырья и топлива, используемого для сушки, если данный процесс является частью используемой технологии производства свинца. Увеличение выбросов CO происходит при пуске/наладке или остановке плавильных печей.

1.3.2.4. Пыль и металлы

Экологические вопросы, связанные с производством большинства цветных металлов на основе первичных сырьевых материалов, например, руда и концентраты, затрагивают такой аспект, как атмосферные выбросы пыли, содержащей тяжелые металлы и металлы/металлические соединения. Источниками выбросов пыли и металлов являются обжиговые печи, металлургические печи, реакторы и процесс транспортировки расплавленного металла. Экологические вопросы, связанные с производством цветных металлов из вторичных сырьевых материалов, например, таких как скрап, остатки и т. д., также относятся к содержащим пыль и металлы газам,

отходящим от различных печей и образующимся в ходе тех или иных процессов транспортировки.

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

В ряде пирометаллургических процессов производства свинца вынос пыли из шихты и переход металлов в пыль могут достигать очень высоких значений. Особенно интенсивно пыль образуется при плавке свинцовых концентратов во взвешенном состоянии, в шлаковозгоночных печах.

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

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

Степень перехода в пыли и концентрация в них цветных и редких металлов определяются содержанием их в сырье, технологическим режимом металлургических процессов, свойствами образующихся при этом химических соединений и конструкцией систем пылеулавливания. За счет возгонки компонентов и относительно небольшого выхода тонких пылей содержание в них редких и некоторых цветных металлов даже при неполном их извлечении в десятки раз больше, чем в концентратах, и в 100–200 раз больше, чем в руде.

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

Обработка шлака и закаливание также становятся источником пыли. Диапазон пыли из этих источников колеблется между <1 мг/Нм^3 и 20 мг/Нм^3. Шлаки и окалина, полученные во время извлечения свинца из аккумуляторов, могут содержать сурьму. Выбросы аэрозолей, которые могут содержать металлы, возникают в гальваническом цеху и дробилках аккумуляторов. Диапазон туманов и выбросов пыли из этих источников колеблется между 0,1 мг/Нм^3 и 4 мг/Нм^3 [34].

Особому контролю подлежат неконтролируемые выбросы пыли, улавливание и очистка которых могут вызвать затруднение. Основными источниками

неорганизованных выбросов являются хранение и обработка материалов (сырья), пыль, прилипающая к транспортным средствам или улицам, а также открытые рабочие площадки.

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

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

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

улавливание отходящего газа и его очистка;

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

закрытие крыш технологических зданий и модернизация фильтров;

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

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

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

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

закрытие и удаление загрязнений со старых площадей размещения шлака.

Металлы. Применяемые при производстве свинца сырье и топливо всегда содержат металлы. Их концентрация изменяется в широких пределах в зависимости от сложности технологических процессов и применяемого оборудования (таблица 1.9). Металлы, присутствующие в процессе плавки при наличии их в сырье и топливе, могут испаряться полностью или частично в печи в зависимости от их летучести, взаимодействия с соединениями, присутствующими в газовой фазе.

Большая часть мышьяка в отходящих газах присутствует в виде паров триоксида мышьяка (As_2O_3). Незначительная часть присутствует в пыли в качестве соединений мышьяка. Очистка отходящих газов включает охлаждение газа, что приводит к

конденсации и последующему удалению As_2O_3 в виде твердого вещества. Наличие металлов (таких как железо, медь, свинец, цинк и т. д.) в отходящих газах также способствует захвату мышьяка в результате образования металлических мышьяков.

Таблица 1.9. Массовый выброс металлов из некоторых европейских процессов [59]

№ п/п	Процесс	Продукт	Производство (тонны)	Пыль (г/тонну продукта)	Zn (г/тонну продукта)	Pb (г/тонну продукта)	Cd (г/тонну металла)	As (г/тонну металла)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**QSL**	**Свинец**						
2	процесс	Слиток Pb	120 000	1	Н/Д	<0,1	<0,01	<0,0001
3	рафинирование	Чистый Pb, сплавы Pb	135 000	5,4	Н/Д	<0,1	<0,01	<0,01
4	**Ausmelt/ ISASMELT**	**Свинец**						
5	процесс	Слиток Pb	113 000	<1	0,09	2,5	<0,1	0,01
6	рафинирование	Чистый Pb, сплавы Pb	120 000	Н/Д	1	4	0,01	0,02
7	**Аккумулятор - целиком (шахта)**	**Свинец**						
8	процесс		49 000	10-25	0,1	2,5	<0,1	<0,15
9	рафинирование		53 000	0,49	Н/Д	0,024	Н/Д	Н/Д
10	**Аккумуляторная масса без содержания серы**	**Свинец**						
11	процесс		43 000	1-3	Н/Д	0,1-1	0,01	0,18
12	рафинирование		52 000	4	Н/Д	0,5	0,02	0,24

Особое место среди металлов занимает ртуть Hg. Она обладает высокой летучестью при температурах до 100 °С, практически не оседает на частицах пыли и удаляется из печи вместе с дымовыми газами. Ртуть (Hg), присутствующая в отходящих газах как от процессов спекания, так и процессов плавки может быть удалена на отдельной стадии удаления ртути до ухода газов на установку для регенерации серной кислоты (при наличии). Техническое решение для снижения выбросов ртути из плавильных печей может быть достигнуто путем резкого снижения температуры отходящих газов или

адсорбции на активированном угле. На сернокислотных установках ртуть концентрируется в шламах.

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

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

1.3.2.5. ЛОС, ПХДД, ПХДФ

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

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

Концентрация ЛОС в общем потоке выбросов после удаления твердых веществ составляет менее 40 мг/Нм^3. Содержание окислов углерода в отходящих газах шахтных печей до этапа пылеочистки составляет менее 5 %.

1.3.3. Сбросы загрязняющих веществ

Виды и концентрация загрязняющих веществ в сточных водах металлургических производств зависят главным образом от состава перерабатываемого сырья и применяемых технологических реагентов, а также от качества очистки (обезвреживания) сточных вод.

Сточные воды свинцового производства могут содержать:

грубодисперсные примеси в виде взвеси твердых частиц;

соли, содержащие ионы железа, меди, никеля, свинца, цинка, кобальта, кадмия, мышьяка, сурьмы, хрома, а часто и ртути, которые попадают в сточные воды в результате растворения их соединений при выщелачивании;

кислоты, применяемые в технологическом процессе в основном в качестве растворителей;

различные реагенты, находящие широкое применение в отдельных гидрометаллургических производствах.

Основными загрязнителями являются металлы и их соединения, такие как Zn, Cd, Pb, Hg, Cu, As, Ni, Cd.

В таблице 1.10 представлены виды и основные источники сточных вод при производстве свинца (из первичных и вторичных материалов).

Таблица 1.10. Потенциальные источники сточных вод [52]

№ п/п	Производство (этап, процесс)	Операция/Источник	Загрязняющие вещества	Использование/ вариант обработки
1	2	3	4	5
1	Хранение сырья и материалов	Грунтовая вода (дождь/увлажнение), стоки с поверхности промплощадок хранения	Взвешенные вещества, тяжелые металлы (Pb, Zn)	Установка по очистке сточных вод
2	Агломерационная установка	Скруббер (охлаждение мелкой фракции агломерата)	Взвешенные вещества, тяжелые металлы (Pb, Zn, As, Cd)	Установка по очистке сточных вод
3	Плавка	Вода, используемая для системы охлаждения печи	Тяжелые металлы (Pb, Zn, As, Cd), взвешенные вещества, соли	Рециркуляция
4	Гранулирование шлака	Фильтраты мокрой очистки дымовых газов Вода, используемая для гранулирования	Кислоты, тяжелые металлы (Pb, Zn, As, Cd), взвешенные вещества	Рециркуляция, установка по очистке сточных вод.
5	Разделение аккумуляторов/ Удаление серы из аккумуляторной массы	Технологический щелок	Кислоты, тяжелые металлы (Pb, Zn, As, Cd, Hg), взвешенные вещества	Используется в процессе удаления серы/установке по очистке сточных вод
6	Установка серной кислоты	Оборудование охлаждающей воды. Мокрая очистка дымовых газов (фильтрат)	Кислоты, тяжелые металлы (Pb, Zn, As, Cd, Hg)	Рециркуляция. Установка по очистке сточных вод
7	Система очистки газа	Конденсат из системы охлаждения газа и мокрого скруббера.	Кислоты, тяжелые металлы (Pb, Zn, As,	Удаление взвешенной пыли и повторное использование в качестве сырья.

		Конденсат при удалении ртути.	Cd, Hg), взвешенные вещества, соли	Установка по очистке сточных вод. Рециркуляция.
8	Установка по очистке сточных вод	Обработка фильтрата	Кальций, магний и другие ионы	Повторное использование (если применимо), сброс
9	Все технологические процессы	Техническое обслуживание	Взвешенные вещества, тяжелые металлы (Pb, Zn, As, Cd), кислоты	Установка по очистке сточных вод
10	Общее	Дождевая вода с дорог, дворов, крыш, влажная очистка дорог, чистка грузовиков и т.д.	Взвешенные вещества, тяжелые металлы (Pb, Zn),	Установка по очистке сточных вод, затем повторное использование или рециркуляция

Для предотвращения негативного влияния сточных вод на окружающую среду широко используются внедрение частичного или полного водооборота и повторного использования сточных вод в производственном цикле. В случае сброса сточных вод в водоемы их очистка обеспечивает содержание каждой из загрязняющих примесей ниже предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового использования.

1.3.3.1. Сточные воды "мокрых" систем очистки

В целом все системы мокрой очистки газов работают с переработкой жидкостей. Отводимая жидкость содержит взвешенные твердые частицы и растворенные соли в определенных пределах. Отводимая жидкость обрабатывается отдельно или с использованием встроенной установки по очистке воды для удаления твердых частиц и растворенных продуктов перед загрузкой.

Использование мокрых электрофильтров является источником кислотной смачивающей жидкости в скруббере. Ее перерабатывают после фильтрации.

Удаление ртути происходит перед направлением на установку производства серной кислоты с использованием контактного резервуара газа и жидкости или градирни, в которой жидкость содержит реагент, связывающий ртуть с ее последующим удалением . В качестве реагента часто используется хлорид ртути ($HgCl_2$), который вступает в реакцию с металлической ртутью, содержащейся в газе, с образованием твердого остатка Hg_2Cl_2 (каломель). Относительно чистую жидкость сливают в качестве сточной воды для дальнейшей обработки. Твердый остаток Hg_2Cl_2 реализуется для дальнейшего извлечения ртути, обрабатывается для повторного получения хлорида ртути или стабилизируется для окончательной утилизации. Одним из способов извлечения ртути с получением товарного продукта (металлической ртути) является ее извлечение из шламов (осадка при промыве рудного материала) сернокислотных

заводов путем их переработки. Технологическая схема процесса состоит из следующих стадий: приготовление сульфидной пульпы, цементация ртути в аппарате ЦРС, химическое и вакуумное рафинирование металлической ртути при переработке шламов промывных башен сернокислотного завода.

1.3.3.2. Сточные воды при переработке аккумуляторов

Этапы размельчения аккумуляторов и промывки производят кислотный фильтрат, который содержит свинец и другие металлы во взвешенном состоянии и раствор. Этот фильтрат нейтрализуют, а воду перерабатывают в технологическом процессе. По мере возможности кислота используется в другом месте. Часть обычно отводят из системы, чтобы контролировать растворенные соли. Также может возникать охлаждающая вода из системы охлаждения процесса дробления [43].

Эти процессы также производят загрязненную грунтовую воду, впоследствии эту воду тоже обрабатывают и повторно используют. Обычно сливают отводимую жидкость из этого контура уплотняющей воды после дальнейшей обработки и анализа. Загрязнение дорог и грунта сводят к минимуму путем частой влажной чистки дорог, мест паркования, грузовиков и методом очистки утечек.

Качество и количество сточной воды зависят от используемого процесса, состава применимого сырья и технологий, используемых на производстве. Также распространено повторное использование технологической и дождевой воды.

Охлаждающая вода из гранулирования шлака или охлаждающего водоема обычно повторно пропускается через циркуляционную систему в замкнутом контуре.

1.3.4. Отходы производства

Одной из экологических проблем при производстве цветных металлов, в том числе свинца, является образование значительных объемов промежуточных продуктов (в виде твердых остатков), требующих переработки или утилизации.

Твердые остатки, полученные из различных процессов и систем очистки, могут быть обработаны одним или несколькими методами, представленными ниже:

переработка в процессе или вверх по потоку процесса;

обработка вниз по потоку для извлечения других металлов;

окончательная утилизация после обработки для обеспечения безопасной утилизации.

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

Отходы свинцового производства в основном состоят из шлаков, пылей, шламов, кеков, сплесков, сора, а также аспирационной пыли, составляют 40–50 % от объема получаемой продукции. Содержание свинца в большинстве отходов позволяет использовать их для глубокой переработки в производственном процессе (доизвлечение металлов).

Аспирационная пыль, уловленная в осадительных камерах и рукавных фильтрах, содержащая ценные для производства компоненты, возвращается в производство в качестве сырья как во внутренний процесс (в плавильную печь или контур выщелачивания для извлечения свинца), так и на производство других металлов, таких как, Ge, Ga, In и As.

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

На рисунках 1.4–1.6 представлена информация о видах и объемах технологических остатков, образующихся на различных этапах производства свинца при использовании различных технологий [58,61].

Твердые остатки (шлаки из плавильных печей) обычно содержат очень низкие концентрации выщелачиваемых металлов, поэтому они, как правило, пригодны для использования в строительстве [15, 45]. Выход шлака варьирует в пределах 10–70 % от произведенного готового продукта в зависимости от используемого сырья.

При этом:

шлак – подлежит дальнейшей переработке с извлечением всех ценных компонентов ;

грубая пыль – возвращается для повторного использования в плавильную печь;

пар – используется для производства энергии.



Рисунок 1.4. Технологические остатки от плавильных печей



Рисунок 1.5. Технологические остатки от установок серной кислоты

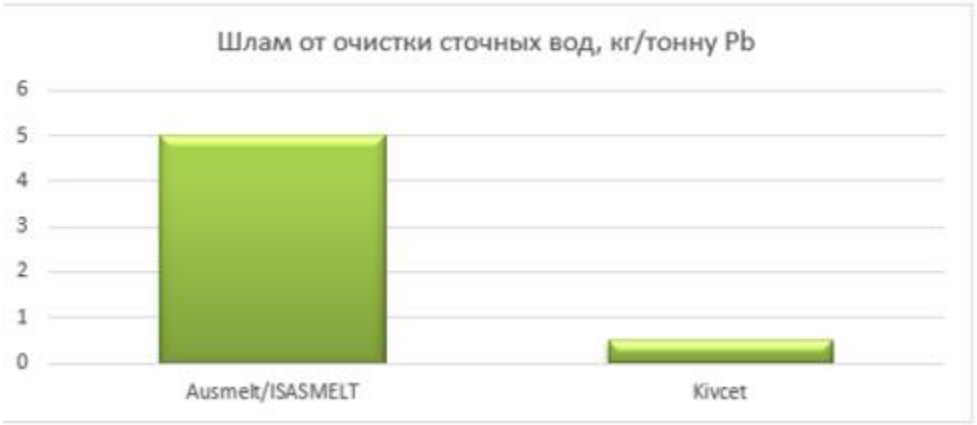


Рисунок 1.6. Технологические остатки от установок очистки сточных вод

Образующиеся на этапе рафинирования твердые частицы (аспирационная пыль, черные съемы (изгарь), шлаки), кроме свинца, содержат также другие металлы, которые обуславливают возможность их переработки с дальнейшим доизвлечением. В таблице 1.11 представлены объемы образуемых твердых остатков при рафинировании свинцовых слитков.

Шлаки из установок по обработке аккумуляторов составляют 13–25 % от веса произведенного свинца. Они могут быть пригодны для строительных целей в зависимости от выщелачиваемости металлов, которые они содержат. На выщелачиваемость влияют используемые флюсы и эксплуатационные условия [45]. Использование флюсов на основе натрия (Na_2CO_3) для затвердевания серы в шлаке вызывает повышение количества выщелачиваемых металлов. Эти шлаки и окалина из процессов утилизации аккумуляторов могут содержать сурьму. Окалина и твердые частицы, удаленные во время плавки свинца на этапах рафинирования, содержат металлы, которые пригодны для извлечения.

Таблица 1.11. Твердые остатки при процессах рафинирования*

№ п/п	Этап рафинирования	Технологические остатки	Варианты использования/ обработки
1	2	3	4
1	Удаление шлака/меди	Медные шликеры	Дальнейшая обработка для извлечения меди и свинца
2	Смягчение (Процесс Харриса)/размягчение кислородом	Шлаки Харриса Шлак сурьмы	Гидрометаллургическая обработка для извлечения металлов Пирометаллургическая обработка для извлечения металлов
3	Удаление серебра	Серебреная пенка	Извлечение благородных металлов
4	Удаление цинка	Металлический цинк	Повторное использование удаления серебра
5	Удаление висмута	Висмутовые дроссы	Извлечение висмута
6	Удаление щелочных и щелочноземельных металлов	Щелочные плавы	Внутренняя переработка в качестве флюса
7	Доводка	Щелочной плав	Внутренняя переработка

* источник: [52].

В шлаки при шахтной плавке переходит более 80 % цинка, 20 % меди, 23 % свинца, а также германий (90 %), индий (45 %), таллий (55 %), теллур (30 %), селен (30 %), кадмий, олово и благородные металлы.

Шлаки свинцовой плавки можно перерабатывать фьюмингованием, вельцеванием и электроплавкой. В настоящее время наибольшее распространение получил метод фьюмингования, так как он обеспечивает высокое извлечение металлов в соответствующие продукты, высокую производительность оборудования, небольшой расход угля или природного газа и возможность безотвальной технологии переработки шлаков. Все образующиеся побочные продукты нуждаются в стабилизации для окончательной утилизации.

Стоимость ценных металлов в наиболее богатой части шлаков свинцового производства в 2–3 раза выше, чем в добываемых рудах. Таким образом, шлаки цветной металлургии могут рассматриваться как перспективная сырьевая база для получения дополнительного количества цветных металлов, а также железа, содержание которого в большинстве шлаков цветной металлургии сопоставимо с его содержанием в перерабатываемых железных рудах. Кроме того, шлаки – это сырье, которое не требует затрат на добычу: для вовлечения их в переработку на специальных установках необходимо лишь осуществить незначительные транспортно-погрузочные работы.

Именно это является основным фактором экономики при переработке шлаков, так как при получении ценных компонентов из рудного сырья около 70 % всех затрат приходится на добычу и обогащение.

Особого внимания требует вопрос вывода мышьяка из технологического процесса в составе конечных продуктов металлургической переработки в устойчивой форме, который по-прежнему остается одной из актуальных экологических проблем.

В настоящее время, как уже указывалось выше, наиболее оптимальной формой для захоронения отходов считаются соединения типа скородита или мышьяковых гидроксидов железа (ферригидрита). При быстрой нейтрализации As-Fe-содержащих растворов происходят образование и осаждение фазы оксигидрита железа (III) – ферригидрита, который сорбирует ионы AsO_4^{3-} и AsO_3^{2-}. Процесс происходит по реакциям:

$$Fe^{3+} + {}^{(3+x)}H_2O = FeO(OH)(H_2O)^{1+x} + 3H^+ \quad (1)$$

$$FeO(OH)(H2O)^{1+x} + AsO_4^{3-} = AsO_3\text{-}\cdot FeO(OH)(H_2O)^{1+x} \quad (2)$$

Эффективность по переводу мышьяка в устойчивую форму из кислых растворов достигается при одновременной подаче в раствор избытка солей железа (III) и извести. Взаимодействие с образованием арсената и гидроксида железа происходит по реакциям :

$$2H_3\,AsO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2FeAsO_4\,2H_2O + 3CaSO_4\,2H_2O \quad (3)$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O = 2Fe(OH)_2 + 3CaSO_4\,2H_2O \quad (4)$$

Захоронение этих отходов требует больших материальных затрат и не обеспечивает необходимых гарантий безопасности. При хранении получаемых осадков происходит загрязнение мышьяком грунтовых вод и окружающей среды.

Актуальной задачей являются поиски направлений многотоннажного использования мышьяка и его солей, что позволило бы сократить объемы отвалов и за счет этого получить как прямой, так и косвенный экономический эффект. На сегодняшний день наилучшей мировой практикой является вывод мышьяка в виде железистых соединений.

1.3.5. Шум и вибрация

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

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

Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования, например вентиляторов и насосов. Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума. К общим методам снижения шума можно отнести: использование насыпей для экранирования источника шума; использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум; использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования; тщательную настройку установок, издающих шум; изменение частоты звука. Максимально допустимый уровень звука на рабочих местах производственных и вспомогательных зданиях составляет 95 дБА [19].

1.3.6. Запах

К источникам запахов при производстве цветных металлов можно отнести сульфиды, органические соединения и растворители, металлические пары, образующиеся при охлаждении шлака и очистке сточных вод, а также кислые газы. Запахи также могут образовываться при гидрометаллургических процессах с использованием химических реагентов, например, аммиака, обладающего резким запахом.

Правильное проектирование и надежная эксплуатация технологического оборудования при обработке металлов, а также выбор соответствующих реагентов являются одними из предупреждающих мер по предотвращению запахов.

Производственный контроль запахов основан на: предотвращении или сведении к минимуму использования материалов с резким запахом, локализации и устранении пахучих материалов и газов до их рассеивания и разбавления; обработке материалов путем дожигания или фильтрации (если это возможно).

1.3.7. Выбросы радиоактивных веществ

Выбросы радиоактивных веществ отсутствуют в перечне загрязняющих веществ, эмиссии которых подлежат экологическому нормированию [3].

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

1.3.8. Снижение воздействия на окружающую среду

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

управление рисками в области обеспечения экологической безопасности;

ввод в эксплуатацию природоохранных объектов;

экологический мониторинг и производственный экологический контроль;

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

развитие программ энергосбережения и повышения энергоэффективности;

развитие программ по утилизации/обезвреживанию отходов производства;

реализация программ модернизации технологических процессов (оборудования);

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

обучение и развитие персонала в области экологической безопасности.

Для улучшения показателей в области экологической безопасности рассматриваются:

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

совершенствование процессов в рамках системы экологического менеджмента.

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

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

реализацией эколого-экономических требований обеспечения качества окружающей среды (очистка выбросов в атмосферу предусматривает минимальные затраты при минимальном ущербе окружающей среде).

В дополнение к этим актуальным перспективным направлениям деятельности по снижению негативного воздействия на окружающую среду являются совершенствование существующих и внедрение новых технологий производства продукции, при которых обеспечивается минимальное образование и поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих производств необходимо выполнять требования технологического регламента и не допускать отклонения от него

. В случае возникновения аварийных ситуаций или при неблагоприятных метеорологических условиях переходить на режимы работы, не допускающие существенных загрязнений окружающей среды. Одними из мер для действующего производства являются реализация технологий снижения выбросов за счет герметизации оборудования, применение методов нейтрализации образующихся в рабочей зоне 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.

1.3.9. Введение комплексного подхода к защите окружающей среды

Комплексный подход к защите окружающей среды подразумевает под собой систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия производственной деятельности предприятий (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и образование/размещение отходов) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрение и применение наилучших доступных техник с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия уделяют 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, внедрении наилучших доступных техник по сокращению использования природных ресурсов и снижении 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 проведении сертификации производства в системе экологического менеджмента;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении комплексных экологических разрешений;

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

При этом следует учитывать:

взаимное влияние методов сокращения выбросов для различных загрязняющих веществ;

зависимость эффективности используемых методов сокращения выбросов/сбросов/ отходов в отношении взаимных экологических аспектов и использования энергии и сырьевых ресурсов, экономики, а также нахождении 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 удается 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 влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок тоже вырабатываются отходы , хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией вредных веществ. Наконец, работа большей части очистных установок требует значительных энергетических затрат, что в свою очередь тоже небезопасно для окружающей среды.

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 свинца" в соответствии с положениями Правил.

В рамках данной процедуры учтены международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на справочном документе Европейского

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

2.1. Детерминация, принципы подбора

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 свинца определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической эффективности.

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

1. Оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости.

2. Оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

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

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

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

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

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

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

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

Также учитывались отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

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

3. Оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

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

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

4. Определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

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

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

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

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

1) использование малоотходной технологии;

2) использование менее опасных веществ;

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

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

5) технологические прорывы и изменения в научных знаниях;

6) природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;

7) даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;

8) продолжительность сроков, необходимых для внедрения наилучшей доступной техники;

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

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

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

12) информация, опубликованная международными организациями;

13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

2.3. Экономические аспекты применения НДТ

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

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

$$\text{Экономическая эффективность (затраты)} = \frac{\text{Годовые затраты}}{\text{Общее годовое сокращение выбросов/сбросов}}$$

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

В условиях, когда процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях часто является составной частью общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства, понимается, что объективными данными для определения общих инвестиций на НДТ, включая капитальные вложения и затраты на техническое обслуживание, являются данные о затратах на природоохранное мероприятие "на конце трубы". То есть затраты предприятия, направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду.

В таких условиях в расчетах "на конце трубы" в общую сумму затрат включается только стоимость основной технологии, установки, оборудования и других компонентов субъекта НДТ, дополнительных и вспомогательных до/после очистных технологий, установок, оборудования и сооружений, а также необходимых расходных

материалов, сырья и реагентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ, и без которых применение НДТ невозможно технологически. Расчет затрат "на конце трубы" позволяет исключить фактор неопределенности и рассчитать объем затрат предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям.

Следует понимать, что проведение оценки экономической эффективности техники-кандидата рекомендуется только в случае существенных разногласий по вопросу отнесения предлагаемой для внедрения техники/установки/оборудования к НДТ. Тогда детальный анализ экономической эффективности будет рассматриваться как решающая часть оценки. Кроме того, НДТ также может быть признана экономически приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной промышленной эксплуатации. Примеры расчета экономической эффективности представлены в приложении 2 к справочнику по наилучшим доступным техникам "Производство свинца".

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

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

3.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья

Руды, концентраты и вторичное сырье нередко поступают на производство в такой форме, в которой они не могут быть использованы непосредственно в основном процессе. Из соображений контроля качества и безопасности могут быть необходимы их сушка/размораживание, радиационный и пироконтроль. Размер фракций материала в ряде случаев необходимо увеличить или уменьшить, чтобы интенсифицировать химические процессы или снизить окисление. Для обеспечения металлургических процессов могут добавляться специальные добавки, такие как уголь, кокс, флюсы и (или) другие шлакообразующие материалы. Флюсы добавляют, чтобы оптимизировать процесс извлечения основного металла и отделить примеси. Для того, чтобы избежать проблем с очисткой выбросов и повысить скорость плавки может потребоваться удаление защитных покрытий. Все эти методы применяются для получения стабильной и надежной смеси исходных материалов (шихты), используемой в основном технологическом процессе.

3.1.1. Размораживание

Размораживание выполняется с целью последующей обработки смерзшихся материалов. Размораживание проводится при выгрузке руды, концентратов или твердого ископаемого топлива из железнодорожных составов в зимний период.

3.1.2. Сушка

Процессы сушки используются для обеспечения качества исходных материалов, соответствующего требуемым характеристикам основных технологических процессов. При выборе способов сушки необходимо учитывать экономические аспекты, доступность, надежность и особенности источников энергии, используемых при различных методах сушки, например, вращающихся сушилок, паровых и других установок непрямой сушки. Наличие избыточного количества влаги в шихте может быть нежелательным по нескольким причинам:

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

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

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

может возникать химическая коррозия установки и трубопроводов;

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

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

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

3.1.3. Дробление, измельчение и грохочение

Дробление, измельчение и грохочение применяются для уменьшения размера частиц продуктов или сырья с целью их дальнейшей переработки. Используются различные виды дробильных установок, такие как валковые, щековые, молотковые

дробилки и мельницы с различным типом мелющих тел. Влажные или сухие материалы измельчают и при необходимости смешивают. Выбор того или иного оборудования определяется свойствами обрабатываемых исходных материалов. Главным потенциальным источником выбросов пыли является сухое дробление, поэтому здесь всегда используются системы пылеулавливания, собранная пыль из которых обычно возвращается в технологический процесс. Измельчение влажных материалов практикуется в тех случаях, когда образование пыли может вызвать серьезные проблемы и когда за измельчением непосредственно следует стадия мокрой обработки. Гранулирование используется, в частности, для отходов производства и формирования мелких частиц шлака, которые могут применяться при пескоструйной обработке, противоскользящей подсыпке автодорог в зимний период времени. Расплавленный шлак подается в ванну с водой или пропускается через поток воды. Гранулирование также используется при производстве металлических продуктов. В процессе грануляции могут образовываться мелкодисперсные пыли и аэрозоли, выбросы которых необходимо собирать и возвращать в технологический цикл. Вторичным источником целого ряда цветных металлов являются отработанные электронные устройства, которые измельчаются для отделения пластика и других материалов от металлических компонентов, таким образом, появляется еще и этап разделки.

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

Например, система CX компании Engitec [8] с разделением материалов была спроектирована для завода Britannia Refined Metals по переработке вторичного свинца при дроблении и переработке целых автомобильных аккумуляторов. Аккумуляторы подвергались первичному дроблению в молотковой мельнице, затем дробленные аккумуляторные материалы подвергались мокрому грохочению для отделения пасты от металлических и других компонентов. Паста проходила через грохот с размером ячеек 0,6 мм в сборный резервуар для сгущения, а затем посредством дозирующего транспортера в емкости для десульфуризации. Свинец металлический, материал корпуса, другие материалы загружались в двухстадийный гидродинамический сепаратор (осаждение/флотирование), из которого каждую фракцию можно получать отдельно. Свинец металлический, металлические решетки либо переплавлялись в печи ISASMELT, либо во вращающейся печи.

3.1.4. Приготовление шихты

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

Для получения хороших показателей в процессе агломерирующего обжига (высокая производительность оборудования, хорошее качество агломерата, минимальные потери свинца с улетучиванием) на обжиг отправляется шихта, в состав которой входят свинцовый концентрат, флюсы, оборотные материалы, оборотный агломерат и вода.

Свинцовые концентраты, получаемые на обогатительных фабриках, представляют собой мелкозернистый материал с влажностью 10–20 %. Перевозят их обычно в специальных контейнерах.

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

Обычно на свинцово-цинковых заводах для хранения свинцовых (а также и цинковых) концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады с шириной 24–30 м и центральной железнодорожной разгрузочной эстакадой. Склад разделен на отсеки длиной 18 м. Каждый отсек предназначен для хранения определенного материала и имеет емкость 950–1300 $м^3$. Обогреваемое днище в отсеках позволяет отогревать смерзшиеся концентраты.

Склады оборудованы также устройствами для оттаивания концентрата в контейнерах и мойки опорожненных контейнеров, местами для укладки порожней тары , подготовленной к отправке [6].

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 обеспечивает хранение запаса сырья, флюсов и других материалов на 10–30 суток работы завода.

Это дает возможность свинцовому заводу работать на усредненном сырье.

Обычно на свинцовых заводах применяют бункерный или штабельный способ приготовления шихты. Бункерную шихтовку производят в шихтарнике, вдоль которого установлен ряд бункеров емкостью 50–60 $м^3$. В каждом бункере хранится один из компонентов шихты, предварительно измельченный до заданной крупности. Каждый компонент шихты разгружается из бункера пластинчатым питателем на сборный транспортер, который подает шихту в смеситель.

Штабельная шихтовка, как наиболее совершенный метод приготовления шихты, получила более широкое распространение. Приготовление шихты этим способом производится следующим образом. В шихтарник, разделенный на три и более отсека, транспортерами подают свинецсодержащие материалы, флюсы и оборотный агломерат. Разгрузку компонентов шихты с транспортера, проходящего вдоль длинной оси штабеля на высоте 7–8 м от пола, производят при помощи разгрузочной тележки, которая непрерывно автоматически движется вдоль всего отсека вперед и назад, рассыпая компоненты шихты последовательно тонкими слоями.

Таким образом, в каждом отсеке создается штабель шихты. Штабель имеет форму усеченной пирамиды длиной 60–70 м, шириной около 16 м и высотой 5– 6 м и содержит до 8000 тонн шихты.

Штабель составляют с таким расчетом, чтобы содержащейся в нем шихты хватило на несколько дней работы завода. Приготовление шихты организуют таким образом, что во время разгрузки одного штабеля в другом отсеке укладывают новый штабель и уточняют его состав.

По мере надобности шихту из штабеля подают шихтовочной машиной на транспортер, который доставляет ее в смесители, а затем в бункера агломерационных машин или плавильных установок.

Для перемешивания шихты на свинцовых заводах чаще всего применяют барабанные смесители. Смеситель может быть установлен горизонтально или с наклоном. Производительность барабанного смесителя составляет 150–270 $м^3$/ч.

Шихту подают в загрузочную воронку. При вращении барабана загруженный материал пересыпается и перемешивается. Для улучшения перемешивания внутри барабана имеется шнек (вал с лопастями), а на стенках барабана – лифтеры. Внутрь барабана по трубе с насадками подводится вода для увлажнения шихты. Готовый продукт выходит из барабана с противоположного от загрузки конца через разгрузочную воронку и поступает на дальнейшую переработку.

3.1.5. Брикетирование, гранулирование, окатывание и другие методы компактирования

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

Прогрессивным методом подготовки свинцовой шихты перед металлургическим процессом является ее грануляция. Грануляция повышает газопроницаемость шихты, увеличивает производительность металлургических агрегатов.

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

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

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

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

3.1.6. Снятие покрытий и обезжиривание

Операции по снятию покрытий и обезжириванию обычно выполняются применительно к вторичному сырью для снижения содержания органических веществ в материалах, обрабатываемых в рамках некоторых основных процессов. При этом используются процессы промывки и пиролиза. Извлечь масла и снизить нагрузку на термические системы можно с помощью центрифугирования. Существенные изменения в содержании органических веществ могут приводить в некоторых печах к неэффективности процесса горения и образованию больших объемов печных газов, содержащих остаточные органические соединения. Наличие покрытий может также значительно уменьшить скорость плавки. Эти факторы могут вызвать значительные выбросы дыма, ПХДД/Ф и металлической пыли, если системы газоулавливания и сжигания недостаточно надежны. Могут возникать искры или горящие частицы, что может причинить значительный ущерб газоочистному оборудованию. Удаление покрытий из загрязненного металлолома внутри общей печи во многих случаях менее эффективно, чем удаление покрытий из измельченного материала в отдельной печи, поскольку в первом случае образуется больше шлака, однако некоторые печи специально предназначены для переработки органических примесей. Удаление масла и некоторых покрытий осуществляется в специальных печах, например, в сушилках для стружки. В большинстве случаев для испарения масел и воды используется вращающаяся печь, работающая при низкой температуре. Применяется как прямой, так и косвенный нагрев материала. Для разрушения органических продуктов, образующихся в печи, используется дожигательная камера, работающая при высокой температуре (более 85 °C), а отходящие газы, как правило, подаются на рукавный фильтр. Для удаления изоляции с проводов и покрытий с других материалов также часто применяется механическая зачистка. В некоторых случаях применяются криогенные методы, облегчающие удаление покрытий за счет придания им хрупкости. Также может использоваться промывка с помощью растворителей (иногда хлорированных) или с помощью моющих средств. Наиболее распространенными являются системы испарения растворителей со встроенными конденсаторами. Эти процессы также применяются для обезжиривания производимой продукции. В этих случаях для предотвращения загрязнения воды используются системы водоочистки.

3.1.7. Методы сепарации

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

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

Существует множество типов электромагнитных сепараторов для обработки лома и отходов цветных металлов, различающихся конструктивными особенностями и

назначением. При выборе типа электромагнитного сепаратора учитывают крупность материала, необходимую степень извлечения железа, производительность. Полнота отделения ферромагнитных включений определяется крупностью кусков сырья, толщиной слоя и насыпной массой сырья, засоренностью, напряженностью магнитного поля и скоростью перемещения в нем сепарируемого материала.

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

Подвесной сепаратор устанавливают вдоль или поперек оси конвейера. Железосодержащие предметы притягиваются электромагнитом к ленте и выносятся в сторону для разгрузки. Выделение из сырья магнитной фракции идет непрерывно. Разгрузка ленты сепаратора может быть непрерывной или проводится по мере накопления на ней магнитного материала. Ферромагнитные детали размером до 5 мм и массой менее 0,08 кг подвесными сепараторами не извлекаются.

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

3.1.8. Системы транспортировки и загрузки

Эти системы используются для передачи сырья, полупродуктов и готовой продукции между стадиями обработки. Применяются методы, подобные тем, которые используются для сырья, и для них характерны те же проблемы, связанные с образованием, улавливанием и извлечением выбросов пыли. В основном применяются механические системы, но также большое распространение получили пневматические системы транспортировки, где в качестве носителя применяется воздух, и которые способны наряду с транспортировкой выровнять различия в составе шихты. Предварительно подготовленные материалы могут быть еще суше, чем сырье, и поэтому для предотвращения выбросов пыли применяются более качественные методы сбора и очистки. Конвейеры для транспортировки пылящих материалов, как правило, закрыты, и в этих случаях в чувствительных зонах, таких как точки перегрузки с одного конвейера на другой, устанавливаются эффективные системы улавливания и очистки выбросов. В качестве альтернативы используют распыление воды. Для предотвращения разноса материала при обратном ходе ленты на конвейерах устанавливаются нижние очищающие скребки. Для транспортировки сыпучих материалов часто используются пневматические системы. Некоторые материалы поступают в бочках, мешках (биг-бегах, МКР) или другой упаковке. Если материал пылит, то его выгрузка из упаковки осуществляется с использованием

пылеулавливающих систем, например, герметичных устройств с аспирацией, при орошении водой или в закрытых помещениях. В некоторых случаях целесообразно смешивание этих материалов с водой или увлажненным сырьем, при условии, что исключены нежелательные химические реакции. В противном случае предпочтительна их раздельная обработка в закрытых системах.

3.2. Производство первичного свинца

3.2.1. Агломерация свинцовых концентратов

Назначение агломерирующего обжига – подготовить свинцовый концентрат к шахтной плавке на черновой свинец. Подготовка свинцовых сульфидных концентратов к плавке преследует следующие цели:

1. Удаление из концентрата серы путем окисления сульфидного сырья кислородом воздуха. Оптимальная степень десульфуризации при обжиге колеблется от 60 до 85 % и зависит от химического состава свинцовых концентратов. Так, при наличии в концентрате значительных количеств меди в агломерате оставляют столько серы, чтобы при последующей плавке агломерата получить медный штейн, содержащий 15–25 % Cu. При переработке свинцового сырья, содержащего много цинка, обжиг ведут с максимальной десульфуризацией (окислительный обжиг "намертво").

2. Окускование мелкого материала и получение пористого, газопроницаемого, прочного агломерата, пригодного для плавки в шахтной печи.

3. Перевод ценных летучих компонентов концентрата в газовую фазу с последующим извлечением их из обжиговых газов (S, As, Sb, Cd и редкие металлы).

Спекание и обжиг свинцовых концентратов удобно производить на агломерационных машинах, отличительной особенностью которых является интенсивное просасывание (или продувка) воздуха в процессе обжига через слой шихты. Такое аппаратурное оформление обжига позволяет легко совместить в одном металлургическом агрегате и окислительный обжиг свинцового концентрата, и спекание обожженного материала.

Необходимость удаления серы из свинцовых концентратов и окисления сульфидов металлов до оксидов вызвана тем, что оксид свинца наиболее легко восстановимое в процессе последующей плавки соединение свинца. Неполное удаление серы из шихты, поступающей на плавку, приводит к потерям свинца с сульфидной фазой и снижению извлечения его в черновой металл.

Удаление серы осуществляют путем нагревания концентрата в окислительной атмосфере до температуры 1000–1100 °C. При этом протекают следующие реакции:

$$PbS + 1{,}5O_2 = PbO + SO_2 \qquad (5)$$

$$PbS + 2O_2 = PbSO_4 \qquad (6)$$

Чтобы обеспечить нагрев компонентов и поддержание оптимальной температуры в зоне обжига без добавки топлива, содержание серы в шихте должно составлять 6–8 %. Более высокое содержание серы не желательно.

Во-первых, это приведет к большому тепловыделению в зоне обжига слоя шихты, в результате чего температура превысит оптимальную и произойдет преждевременное оплавление компонентов шихты, что затруднит их дальнейшее окисление. Во-вторых, при степени десульфуризации (степени выгорания серы) при агломерирующем обжиге, не превышающей 85 %, остаточное содержание серы в готовом агломерате составит более 2 % и потребуется повторная агломерация.

Введение расчетного количества флюсов не обеспечивает необходимого содержания серы и свинца в шихте. Для корректировки состава шихты по свинцу и сере, а также придания ей хорошей газопроницаемости в шихту добавляют оборотный агломерат в количестве 100–300 % от массы сырой шихты.

Готовая к обжигу шихта должна содержать, %: 6–8 S, 45–50 Pb, 10–20 CaO, 25–35 FeO, 20–25 SiO_2. Перед обжигом шихту увлажняют (6–10 %). Это повышает пористость и газопроницаемость шихты, так как испарившаяся вода оставляет поры и каналы, по которым легче и равномернее проникает просасываемый воздух. Кроме того, испаряясь, вода отводит часть избыточного тепла и является терморегулятором шихты.

При агломерации свинцовых концентратов редкие элементы распределяются по продуктам обжига: таллий на 50–55 % переходит в возгоны и концентрируется в пылях ; селен и теллур на 70 % остаются в агломерате, а на 30 % возгоняются, уносятся с газами и концентрируются в пылях; галлий, германий и индий практически полностью остаются в агломерате.

Золото встречается в свинцовых концентратах в металлическом виде, при обжиге никаких соединений не образует и полностью остается в агломерате.

В свинцовом производстве используют агломерационные спекательные машины двух типов: с прососом воздуха через слой шихты сверху вниз и продувом шихты воздухом снизу-вверх.

Обжиг и спекание шихты происходят на спекательных тележках (паллетах). Паллета представляет собой стальной или чугунный короб с днищем из чугунных колосников. Каждая паллета опирается на четыре ходовых ролика, которые в верхней части катятся по горизонтальному рельсовому пути, в нижней – по направляющим, наклоненным под углом 3–5 градусов к горизонту.

Подъем и перемещение паллет производятся с помощью приводных звездочек. Нижние края паллет плотно прижаты к бортам стальных вакуумных камер, соединенных с эксгаустером. Разрежение в камерах – 1,5–8,0 кПа.

Шихта агломерации поступает в бункер над аглолентой, с помощью маятникового питателя ее загружают на движущиеся паллеты. Зажигание шихты осуществляется под горном при прососе воздуха. Окончание спекания совпадает с прохождением паллетой последних вакуум-камер, над которыми просасываемый воздух охлаждает спек. На закругленной направляющей разгрузочного участка тележка переворачивается, ударяется о предыдущую и от общего массива агломерата отрывается кусок, равный длине паллеты. Выпавший спек попадает на колосниковый грохот, затем поступает в дробилку и вновь на грохот. Верхний продукт грохота крупностью +20–100 мм является готовым агломератом и идет в плавку. Нижний продукт грохота измельчают и вводят в шихту как оборотный агломерат.

Удельная производительность агломерационных машин изменяется от 8 до 10 тонн/($м^2$сут). Расход топлива на зажигание шихты составляет 1,5–2,0 %. Существенный недостаток агломерационных машин с прососом для спекания сульфидного сырья – сильное разубоживание обжиговых газов воздухом. Вследствие этого среднее содержание SO_2 в отходящих газах не превышает 1,5 – 3,0 %. Особенно разубоживаются обжиговые газы в хвостовых вакуумных камерах.

Для предотвращения разбавления богатые серосодержащие газы отбирают из головных камер и направляют на производство серной кислоты, а бедный газ из хвостовых камер либо используют как оборотный, либо выбрасывают. Кроме того, недостатками агломерации с прососом воздуха являются получение рыхлого, недостаточно прочного агломерата и приваривание спека к колосникам паллет.

Эти недостатки в значительной степени устраняются при использовании агломерационных машин с подачей дутья снизу-вверх. В камеры под паллетами со слоем шихты вентилятором нагнетается воздух. Вся рабочая ветвь такой агломашины оборудована укрытием (колпаком) для сбора серосодержащих газов. Пространство в колпаке условно разделено на две зоны – богатого и бедного (в хвостовой части) газа, которые отсасываются раздельно двумя вентиляторами. Богатые газы, содержащие 5–7 % SO_2, направляют на производство серной кислоты. В них переходит 55–60 % серы, содержащейся в шихте. Бедные газы с 2–2,5 % SO_2 либо отправляют в оборот в первые дутьевые камеры (рециркуляция), либо после охлаждения с 450–500 °С до 80 °С направляют на пылеулавливание в рукавные фильтры и выбрасывают в атмосферу.

Дутьевые машины имеют усложненный узел поджигания шихты и три бункера: для постели, зажигательного слоя и основной шихты. Высота слоя постели равна 15–20 мм, зажигательного слоя – 20–25 мм и основного слоя – 200–250 мм.

Постель приготавливают из оборотного агломерата крупностью 8–15 мм. Зажигательный слой представляет собой мелкую фракцию шихты, которую отделяют на грохоте перед загрузкой шихты на агломерационную машину. Зажигательный горн с газовыми горелками расположен между питателями зажигательного слоя и основной

шихты, под ним находится одна вакуумная камера. На зажженный слой загружают основную массу шихты, при этом меняется направление дутья, нижний горящий слой поджигает шихту, и ее горение перемещается снизу-вверх.

Агломерационные машины с дутьем имеют в 2 раза большую удельную производительность (13–18 тонн/($м^2$/сут)), устраняют припекание шихты к колосникам, что увеличивает их срок службы, позволяют повысить степень использования серы из газов до 85–90 %, в дутьевых машинах возможно обжигать шихту с более высоким содержанием свинца, так как исключается попадание образующегося при обжиге металлического свинца в дутьевые камеры.

В цветной металлургии стран бывшего СССР наибольшее распространение получили агломерационные конвейерные машины марок АКМ-50 и АКМ-75 с площадью спекания, соответственно, 50 и 75 $м^2$. Со второй половины XX века в развитии свинцового производства наблюдается увеличение единичной мощности агломерационных машин до 90 $м^2$ и более. Так, на заводе "Геркулениум" (США) установлены машины площадью около 97 $м^2$. Достаточно крупная агломашина с площадью спекания 132 $м^2$ работает на заводе "Эйвонмаут" (Великобритания). Фирма " Лурги" (Германия) разработала конструкцию агломерационной машины площадью спекания 200 $м^2$. Сегодня ПАО "Уралмашзавод" (УЗТМ) выпускает агломашины с площадью спекания до 600 $м^2$.

Стремление интенсифицировать процесс выгорания серы из шихты привело к мысли о возможности обогащения воздуха, подаваемого на агломашину, кислородом. Исследованиями было установлено оптимальное содержание кислорода в дутье – 23,5–24,0 %. При этом производительность агломашины по годному агломерату повысилась на 20–25 % и содержание сернистого ангидрида в газах возросло с 5,3 до 6,8 % [6]. Более высокая концентрация кислорода в дутье снижает производительность машины вследствие быстрого роста температуры в зоне окисления сульфидов и образования большого количества жидкой фазы, затрудняющей выгорание серы.

Повышение производительности агломашины при использовании воздуха, обогащенного кислородом, было подтверждено на ряде заводов – "Ист-Хелена" (США) , "Хобокен" (Бельгия) до их закрытия [6,8].

3.2.2. Шахтная плавка свинцового агломерата

Восстановительная плавка – это наиболее распространенный процесс получения свинца. Она характеризуется универсальностью и высокими технико-экономическими показателями.

Цели восстановительной плавки свинцового агломерата:

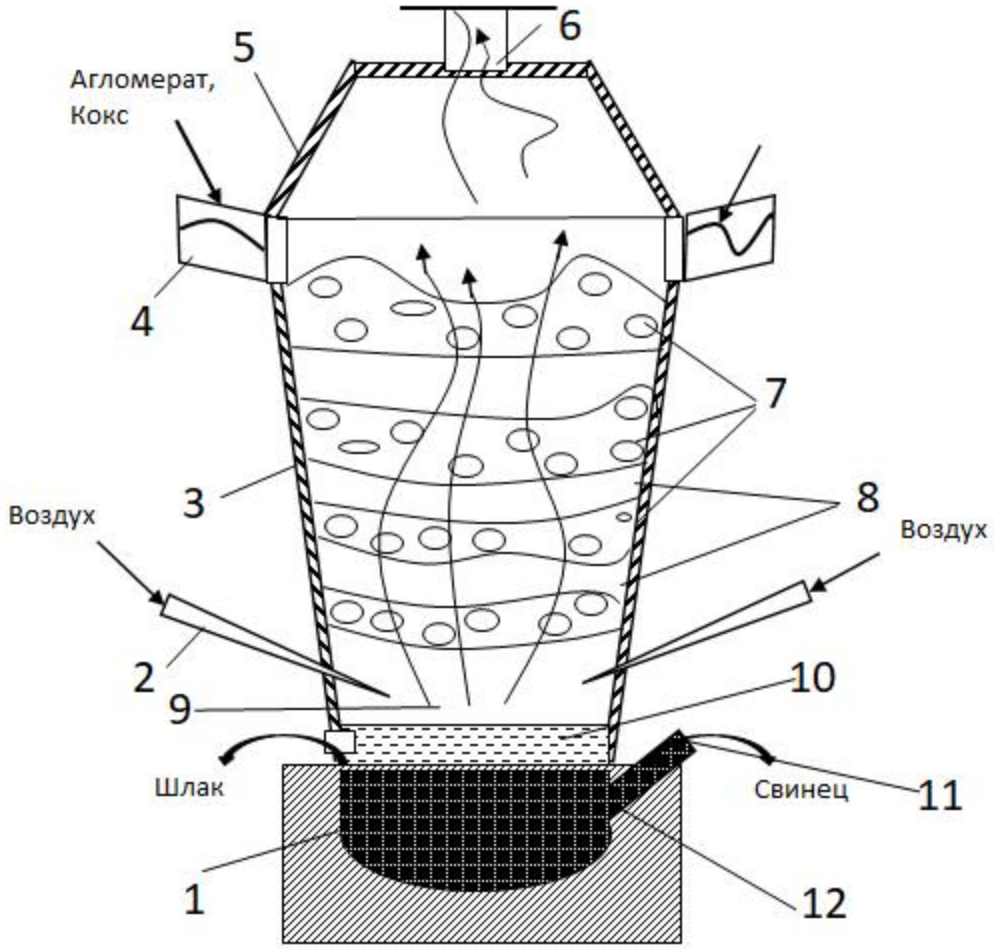
получить максимальное количество свинца в виде чернового металла, содержащего золото, серебро, медь, висмут, сурьму, мышьяк, олово, теллур;

ошлаковать пустую породу и перевести в шлак максимальное количество цинка.

В настоящее время на большинстве свинцовых заводов восстановительную плавку проводят в шахтных печах, так как в ней легко создать и регулировать восстановительную атмосферу.

Исходными материалами для плавки являются свинцовый агломерат, кокс и воздух. Агломерат содержит свинец, сопутствующие металлы (медь, цинк, золото, серебро, висмут и т.д.) и все необходимые компоненты для образования шлака. Загрузка агломерата и кокса в печь осуществляется послойно. В нижней части печи (горне) скапливаются жидкие продукты плавки: черновой свинец, штейн, шлак. Выше слоя шлака расположен столб шихты, нижняя часть которого (0,5–1,0 м) состоит из раскаленного кокса (фокус печи). Для горения кокса через фурмы в печь подают сжатый воздух. В результате интенсивного горения кокса температура в фокусе печи достигает 1500 °С. Раскаленные печные газы, проходя через столб шихты, нагревают ее и участвуют в реакциях восстановления окисленных соединений свинца и других металлов. На выходе из печи (в колошнике) газы имеют температуру 200–400 °С.

Столб шихты (4–6 м) по мере выгорания кокса и выплавления продуктов плавки медленно опускается вниз (около 1 м/ч) и его пополняют очередными загрузками агломерата и кокса (см. рисунок 3.1).



1 – горн; 2 – фурмы; 3 – шахта печи; 4 – загрузочные люки; 5 - колошник; 6 – газоход; 7 – агломерат; 8 – кокс; 9 – фокус печи; 10 – шлак; 11 - сифон для свинца; 12 – свинец

Рисунок 3.1. Схема шахтной печи свинцовой плавки

Продуктами шахтной восстановительной плавки являются черновой свинец, шлак, штейн, шпейза и пыль.

Жидкие продукты плавки скапливаются в горне печи. Вследствие различия в объемных массах и малой взаимной растворимости в горне шахтной печи образуется три четко разграниченных слоя: нижний слой – черновой свинец, средний – штейн и верхний – шлак.

Черновой свинец, получаемый при плавке свинцовых концентратов, всегда содержит примеси: медь, сурьму, мышьяк, олово, висмут, благородные металлы и другие элементы. В черновом свинце может содержаться, %: 92–98 Pb; 1–5 Cu; 0,5–2 As; 0,5–2 Sb; 0,1–0,2 Bi; 0,01–0,05 Te; 1000–1500 г/т Ag; 50-100 г/т Au. Общее содержание примесей составляет от 2 до 10 %.

Шлак представляет собой многокомпонентный расплав, формирующийся из оксидов пустой породы и специально вводимых флюсов. Шлак служит для отделения

компонентов пустой породы от чернового свинца и других ценных продуктов плавки (штейна и шпейзы). Шлаки свинцовой плавки должны иметь температуру плавления 1100–1150 °С, вязкость при 1200 °С – около 0,5 Па, плотность – не более 3,5–3,8 г/см^3. Шлаки с такими свойствами содержат, %: 20 – 30 SiO_2; 30-40 FeO; 10-18 CaO. Важной особенностью шлаков свинцовой плавки является наличие в них окиси цинка – 5–25 %. Сумма компонентов SiO_2, FeO, CaO и ZnO в шлаке может достигать 90 % и даже более.

Со шлаками шахтной плавки теряется 2–3 % свинца. На 60–75 % свинец в шлаке присутствует в металлическом состоянии, на 8–10 % – в виде сульфида и на 15–20 % – в виде окисленных соединений (силикатов, ферритов).

Штейн свинцового производства включает сульфиды железа, свинца, меди и цинка. Во всех медно–свинцовых штейнах присутствуют растворенные металлы: свинец, медь , железо, серебро, золото. В зависимости от характера сырья и принятой технологии получают медно–свинцовые штейны различного состава, %: 7–40 Cu, 16–45 Fe, 20–25 S , 8–17 Pb.

Штейн – нежелательный продукт плавки, так как для переработки его с целью извлечения меди, свинца и благородных металлов необходимы сложные дополнительные переделы, сопряженные с затратами топлива, материалов и с потерями металлов. Плавка с получением штейна особенно нежелательна, если в свинцовых концентратах содержится много цинка. При плавке сульфид цинка распределяется между штейном и шлаком, затрудняя разделение этих продуктов. Плавку с образованием штейна ведут в том случае, если в агломерате содержание меди более 2–3 %.

Шпейза – более тугоплавкая и тяжелая, чем штейн. Она размещается в горне печи между свинцом и штейном. Отделение и переработка шпейз сопряжены с большими трудностями. Она образуется редко, если мышьяк и сурьма недостаточно полно удалены при обжиге. Состав шпейз колеблется в пределах, %: 2–15 Pb; 2–34 Cu; 20–50 Fe; 18–30 As; 1-6 Sb; 0,001-0,01 Au; 0,015 - 0,2 Ag.

Пыли свинцового производства – ценное полиметаллическое сырье. В процессе шахтной восстановительной плавки в пыли переходит до 70 % Tl, 55 % Se, 40–50 % Te, около 25 % In, а также значительная часть кадмия, германия и других ценных компонентов сырья. Средний состав пылей шахтной печи, %: 45–55 свинца; 10–20 цинка; 2–3 кадмия; 0,3–3 мышьяка; 0,03-0,5 селена; 0,04-0,2 теллура; 0,005-0,02 таллия; 0,002-0,02 индия; 0,005-0,01 германия; 3-7 серы.

Отходящие из печи газы имеют температуру 200–400 °С и содержат значительное количество пыли (8–17 г/м^3). После пылеочистки (в циклонах и рукавных фильтрах) выбрасываются в атмосферу.

В целях снижения расхода кокса необходимо проводить исследования по замене его природным газом. Природный газ обладает рядом преимуществ по сравнению с

твердым и жидким топливом. Газ просто и легко транспортируется к потребителю. Его легче смешивать с окислителем, что дает возможность сжигать газ с меньшим избытком воздуха и поэтому эффективнее и экономичнее.

Исследования по замене кокса природным газом показали, что при полной замене кокса природным газом трудно обеспечить необходимую восстановительную атмосферу в печи [77]. При безкоксовой плавке не происходит регенерации оксида углерода, как основного восстановителя, по реакции Будуара.

Хорошие результаты были достигнуты при частичной замене кокса природным газом с одновременным подогревом дутья. Исследования показали, что при подогреве дутья природным газом до 650 °С печь устойчиво работала с удельным расходом кокса на 25 % меньше, чем с холодным дутьем, при этом производительность печи была на 6 –10 % выше. Температура колошниковых газов снизилась на 160 °С. Однако содержание свинца в шлаке в этом случае повысилось. Опытные плавки с нагретым дутьем при снижении расхода кокса не более чем на 20 % от обычного расхода позволили получить шлаки при плавке с меньшим содержанием свинца, чем при плавке на холодном дутье [77,78].

3.2.3. Прямая плавка

К настоящему времени известен целый ряд исследований по разработке и внедрению технологий прямого получения металлов методом прямой обжиг-плавки сульфидного сырья в атмосфере воздуха, обогащенного кислородом.

В мире до 80 % свинца получали пирометаллургическим способом переработки свинцового сырья по схеме "агломерирующий обжиг – восстановительная шахтная плавка". Еще в начале 80-х на него приходилось ~95 % от общего объема мирового производства первичного свинца, включая попутно выплавляемый в шахтных печах цинковых заводов, работающих по способу "Imperial Smelting". Традиционный способ являлся настолько универсальным и технологически хорошо отработанным, что лишь резкое ужесточение в 70-е годы экологических требований на токсичные выбросы металлургических производств заставило производителей свинца искать альтернативные, экологически чистые способы переработки свинцового сырья, прежде всего, свинцовых концентратов.

Высокие уровни выбросов в атмосферу свинца и сернистого ангидрида, присущие традиционному способу, связаны со значительными объемами технологических газов, образующихся на стадиях обжига и плавки свинцового сырья. Через горящую сульфидную шихту на стадии агломерирующего обжига продувается 10–12 кратный против необходимого по стехиометрии на окисление серы избыток воздуха плюс подсосы, составляющие ~50 % от объемов подаваемого дутья. Сильное разбавление отходящих газов приводит к довольно низкому объемному содержанию в них сернистого ангидрида (обычно от 1,5 % до 6 %). Экономически целесообразной

считают утилизацию серы из газов, содержащих не менее 3–3,5 % SO_2. К началу 80-х утилизация серы при обжиге свинцовых концентратов на большинстве заводов мира не превышала 40 %, а содержание SO_2 в воздухе рабочей зоны предприятий было заметно выше установленных экологических норм (в СССР 10 мг/м^3).

Снизить объем агломерационных газов, повысив содержание в них сернистого ангидрида, пытались путем обогащения воздушного дутья кислородом. Однако существенное повышение температуры горящего слоя с увеличением содержания кислорода в дутье более 24–26 % приводит к оплавлению материала шихты, расстраивая тем самым процесс спекания пористого агломерата. Те же противоречия присущи восстановительной плавке свинцового агломерата в шахтных печах. Устойчивость процесса восстановления свинца, определяемая условиями оплавления пористого агломерата, ограничивает содержания кислорода в дутье шахтных печей на уровне 24–30 %, ограничивая тем самым возможность снижения объемов отходящих газов плавки.

Интенсивные поиски экологически чистой альтернативы традиционному способу, развернувшиеся в свинцовом производстве с начала 70-х годов, привели к разработке целого ряда новых пиро- и гидрометаллургических процессов переработки свинцового сульфидного сырья. Однако при оценке целесообразности промышленного внедрения новых процессов в расчет принимали не только степень их экологической чистоты, но и такие факторы, как энергоемкость, удельную производительность, глубину проработки совокупности технологических стадий и комплексность извлечения ценных компонентов свинцового сырья в товарную продукцию. В результате приоритет и выход в промышленное производство получили только пирометаллургические процессы прямой плавки свинцового сырья, которые были адаптированы к структуре традиционного свинцового передела. В настоящее время промышленно эксплуатируют несколько процессов такого типа – Caldo, QSL, Ausmelt, "Оуто-Кумпу", КИВЦЕТ [6,9,10].

Способ обжиг-плавка во вращающихся барабанного типа печах, так называемый способ Кенно-Шуман-Лурги (QSL), предложенный в США, применяется на промышленной установке завода "Берцелиус" (г. Дуйсбург, Германия).

В реакторе непрерывного действия совмещены операции автогенной плавки свинцовых концентратов и восстановления свинца из богатых шлаков.

Концентрат в смеси с оборотной пылью увлажняют, окатывают и загружают в окислительную зону реактора. Через фурмы, расположенные в дне реактора, продувают кислород. В окислительной зоне при температуре 960 – 980 °С осуществляется реакционная плавка с получением свинца и богатого шлака (~60 % свинца). Полученный в окислительной зоне свинец непрерывно вытекает из реактора через сифон. Богатый шлак перетекает в восстановительную зону, где

восстанавливается вдуваемой через фурмы угольной пылью до конечного содержания свинца 2 % в шлаке. В восстановительной зоне температура поддерживается 1100–1230 °С.

Шлаковая ванна между окислительной и восстановительной зонами разделена перегородкой. Восстановленный из шлака свинец выпускается из восстановительной зоны. Обедненный шлак после отстаивания выпускают через летку и гранулируют. В процессе предусмотрена высокая степень утилизации тепла.

С 1992 г. процесс Q-S-L производительностью 60 тыс. тонн свинца в год применяется на заводе в г. Онсан (Республика Корея). Процесс "Q-S-L" будет также внедрен в промышленном масштабе на новом заводе в Бей-Ине (КНР). Мощность завода 50 тыс. тонн чернового свинца в год.

Этот способ испытывается и осваивается с целью доработки и совершенствования технологии (КНР, Германия, Южная Корея), так как до сих пор не обеспечивается реализация проектных решений (получаются богатые по свинцу шлаки, большой пылевынос, невысокое суммарное извлечение свинца – до 94 %).

В начале 1928 г. на заводе "Реншер" (Швеция) прошла промышленное опробование плавка богатых свинцовых концентратов (66,1–76,4 % Pb) в конвертере TBRC. Способ основан на совмещении процессов плавки сухих концентратов и обеднения шлаков в одном агрегате.

Процесс осуществляется в две стадии: автогенная плавка концентратов при обогащении дутья кислородом с образованием чернового свинца и шлака; предварительное восстановление шлака исходным концентратом, а затем заключительное восстановление коксовой мелочью. На первой стадии ведут плавку концентрата и загрузку извести. Продувку осуществляют на обогащенном до 50 % O_2 дутье. Содержание серы в первичном свинце 0,5 %. Содержание свинца в шлаке будет составлять 35–55 % при извлечении свинца в металл на первой стадии менее 70 %. Во вторую стадию ведут загрузку флюсов к шлаку, количество которых дозируют исходя из условий получения шлака после восстановления следующего состава, %: 20 CaO; 25 SiO_2; 35 (Fe + Zn).

Предварительное восстановление шлака осуществляют свинцовым концентратом, вдуваемым в ванну воздухом со скоростью 300 кг/мин. После снижения содержания свинца в шлаке меньше 35 % приступают к заключительному восстановлению коксовой мелочью, загружаемой в ванну. Скорость вращения конвертера в восстановительный период составляет 4 – 5 об/мин; здесь особенно важна поверхность контакта коксика со шлаком.

Восстановление заканчивается при содержании свинца в шлаке 3 %, дальнейшее снижение экономически не оправдано. Испытания данного метода выплавки свинца показали, что износ футеровки конвертера не превышал 30 мм в неделю.

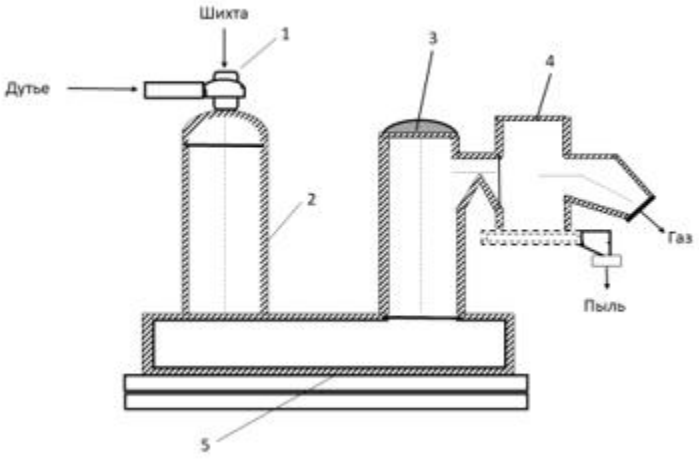
Энергозатраты в 3 раза ниже, чем при традиционной шахтной плавке. Содержание SO_2 в отходящих газах составило 10–12 %.

Процесс плавки свинцовых концентратов в конвертере позволяет соблюдать жесткие требования по содержанию свинца в воздухе.

Процесс фирмы "Каминко" испытан на опытной установке производительностью 100 т концентрата в сутки. Для введения концентрата в печь используется вертикальная фурма. Из-за небольшого расстояния между концом фурмы и поверхностью ванны большая часть непрореагировавших сульфидов попадает в ванну, где продолжается процесс десульфуризации.

Процесс "Каминко" работает на чистом кислороде. Реакция обжига протекает быстро из-за высокой температуры. Специалисты считают, что этот процесс может найти промышленное применение.

Плавка свинцовых концентратов во взвешенном состоянии разрабатывается с семидесятых годов; при этом способе значительное количество свинца переходит в шлак (содержащего 20–30 % свинца), с доизвлечением свинца из богатого шлака в электротермической печи (фирма "Оутокумпу" – Финляндия) восстановлением пылеугольным топливом (см. рисунок 3.2).



1 – шихтовая горелка; 2 – плавильная шахта; 3 – аптейк;
4 – котел-утилизатор; 5 – отстойная зона

Рисунок 3.2. Схема печи для взвешенной плавки "Оутокумпу"

Печь для плавки концентратов снабжена вертикальной шахтой высотой 5,9 м с площадью поперечного сечения 1,2 $м^2$. Шахта соединена с отстойником, где скапливаются жидкие продукты плавки. Предварительно концентрат подсушивают в трубчатой печи до влажности 0,1 %, смешивают с флюсом и вдувают в печь воздухом,

подогретым до 350–550 °С. Температура в печи достигает 1250 °С. Через 2–3 часа накопленный свинец, штейн и шлак выпускают в обеднительную печь типа отражательной.

Фирма "Маунт-Айза" разработала процесс "Айзасмелт" – автогенную плавку свинцовых концентратов в жидкой ванне. Процесс осуществляется в две стадии: на первой стадии свинцовые концентраты плавятся с образованием богатого шлака и свинца при плавке богатых концентратов (65–70 % Pb), а бедные концентраты (45–50 % Pb) плавят на шлак; на второй стадии осуществляют восстановление шлаков углем с образованием чернового свинца и отвального шлака.

Процесс позволяет без затруднений справляться с концентратами от низкосортных до высококачественных, а также вторичным сырьем типа батарейной пасты и решеток, свинцового лома, шламами и кеками от процессов выщелачивания. Процесс " Айзасмелт" по свинцу также принимает смесь первичного и вторичного свинец содержащего сырья и может также перерабатывать смесь вторичных и первичных свинцовых материалов, с намного большей долей вторичных материалов при плавке смешанного сырья (до 100 %) по сравнению со старой технологией, агломерация-плавка (~5 %).

Системы "Айзасмелт" по свинцу действуют в трех режимах: плавка, восстановление шлака и фьюмингование шлака. Все эти три режима реализуются в одной печи "Айзасмелт" или в двух сопряженных печах "Айзасмелт", если требуется большая производительность.

Свинцовые концентраты и вторичное сырье плавятся в печи "Айзасмелт" при температуре в 1050 °С на черновой свинец и богатый шлак по свинцу (4050 % Pb). Черновой свинец (98 % Pb) периодически сливается из печи в ковши и отправляется на участок рафинирования (см. рисунок 3.3).

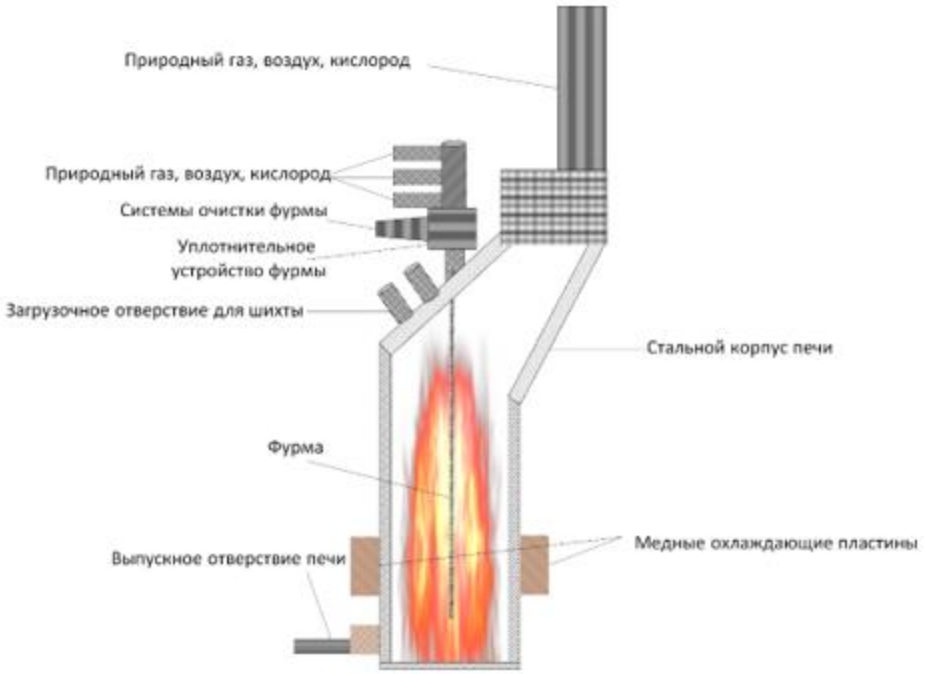


Рисунок 3.3. Схема реактора "Айзасмелт"

Возгоны, генерируемые на стадии плавки, в основном возвращаются в печь " Айзасмелт" для последующей плавки и достижения максимального извлечения металла в черновой свинец. Сквозное извлечение свинца в черновой свинец для стадии плавки составляет от 60 до 85 % в зависимости от исходного содержания в сырье.

При порционной загрузке шлак накапливается в ходе плавки до заполнения печи. При эксплуатации именно в этот момент прекращается подача всех флюсов, исключая восстановительный уголь, и возникает готовность к переходу на следующую стадию плавки восстановление шлака, богатого свинцом.

При непрерывной загрузке шлак отправляется на грануляцию и далее перерабатывается отдельно в печи "Айзасмелт" или другой печи.

Рассмотренные способы непосредственной обжиг-плавки свинцовых концентратов, несмотря на различное инженерное оформление и, до некоторой степени повышенное суммарное извлечение свинца (до 96–97 %) имеют ряд существенных недостатков:

они применимы в основном к богатым свинцовым концентратам (64 % свинца и выше);

низкая удельная производительность агрегатов (6–10 тонн/м^{2}сут шихты);

связаны с образованием большого количества пылей, газов, возгонов;

образуется значительное количество свинцовистых штейнов и богатых по свинцу шлаков (1,6–5 % Pb);

необходимость второго агрегата или передела для восстановления свинца из шлакового расплава и переработки богатых по свинцу (21–38 %) штейнов.

3.2.4. Плавка в жидкой ванне (ПВ)

Перспективным выглядит применение для прямого получения свинца ПВ, предложенного Московским институтом стали и сплавов (кафедра металлургии тяжелых цветных металлов) [9,10]. ПВ хорошо освоен на территории России и стран СНГ в промышленном масштабе на предприятиях медной подотрасли (ОАО "ГМК " Норильский никель", на Балхашском медеплавильном заводе, ОАО "Среднеуральский медеплавильный завод"), что позволило выявить его преимущества перед другими автогенными процессами.

Окисление сульфидов позволяет рационально использовать выделяющееся тепло там, где оно требуется. Интенсивное перемешивание расплава создает благоприятные условия для укрупнения и осаждения мелкой сульфидной взвеси, что позволяет снизить механические потери металлов. Печь Ванюкова отличают удачные конструктивные решения, определяющие надежность процесса, простоту в обслуживании и длительность непрерывной эксплуатации. Разработчиками процесса предложен простой и надежный способ защиты фурм от заливания расплавом при прекращении подачи дутья. ПВ и по сей день остается единственным освоенным автогенным процессом, в котором фурмы не выводятся из-под расплава. Отсюда – значительное упрощение конструкции по сравнению с печами, в которых фурмы поднимают из расплава вверх (Mitsubishi, TBRC, TSL), или в которых фурму выводят из-под расплава поворотом всего реактора (Noranda, QSL).

Преимуществом ПВ является также отсутствие огнеупорной футеровки в зоне перемешиваемого расплава – реакционной фурменной зоне. Шахта печи выполнена из медных водоохлаждаемых элементов - кессонов, на которых в процессе эксплуатации образуется защитный слой шлакового гарнисажа.

Из огнеупоров выполнена лишь нижняя часть печи, не контактирующая со шлаковым расплавом. Несомненным достоинством ПВ является возможность эксплуатации однотипных аппаратов в различных режимах: в режиме окислительной плавки шихты, в режиме обеднения шлаков, во фьюминговом режиме.

Перечисленные преимущества применения ПВ для переработки медного сырья актуальны и для получения свинца. В этом случае особое значение приобретает факт отсутствия коррозии футеровки при контакте со шлаком.

Агрессивность шлаков, содержащих повышенное количество PbO, что характерно для процессов прямой выплавки свинца. Коррозия огнеупоров отмечена исследователями процесса "Outocumpu", в процессе TBRC скорость растворения футеровки составляет 30 мм в неделю, испытания способа фирмы "Saint Joseph Lead" вообще были прекращены из-за быстрого выхода из строя футеровки фурменного пояса. Применение кессонов в конструкции ПВ позволяет полностью снять этот вопрос . При применяемом в ПВ способе окисления сульфидов образуются благоприятные условия для снижения выхода возгонов, что особенно важно при получении свинца.

Содержание свинца в шлаке окислительной стадии варьируется в пределах от 5 до 50 %. Образующийся металлический свинец накапливается в горне и непрерывно выпускается через сифон. В восстановительной зоне слой шлака продувается смесью природного газа, угольной пыли или мазута с воздухом обогащенным кислородом, и на поверхность барботируемого расплава загружается твердый восстановитель (уголь, коксик). Оксид свинца при этом восстанавливается до металлического свинца и осаждается на подину печи, а оксид цинка восстанавливается до ZnO и возгоняется, возможно также селективное восстановление свинца и цинка из шлака в две стадии.

ПВ уже почти 30 лет в промышленном масштабе используется для переработки медного и медного никельсодержащего сульфидного сырья.

Опыт эксплуатации ПВ показал его высокую эффективность и универсальность. На базе ПВ разработаны технологии переработки золотосурьмяных сульфидных концентратов, железорудного сырья на чугун, окисленных никелевых руд.

ПВ может быть использован для переработки как селективных свинцовых, так и коллективных свинцово-цинковых сульфидных концентратов.

Переработка селективных свинцовых сульфидных концентратов в ПВ ведется непрерывно в две стадии. На первой стадии осуществлением реакционного процесса получают черновой свинец и шлак, содержащий до 50 % оксида свинца, а во второй – восстановительной обработкой шлака выделяют металлический свинец с получением отвального шлака.

При переработке коллективных свинцово-цинковых концентратов ПВ дополняется третьей стадией более глубокого восстановления шлака с целью отгонки цинка в режиме непрерывного фьюмингования в печи Ванюкова.

В реакционной фурменной зоне ПВ при интенсивном барботаже расплавов кислородсодержащим дутьем создаются условия, близкие к идеальному перемешиванию, при которых обеспечивается однородность строения, теплового состояния и химических составов металлической и шлаковой фаз, образующих металло-шлаковую эмульсию. При этом создаются необходимые температурные условия, и достигается высокая растворимость меди в образующихся каплях свинца, что реально позволяет вести процесс переработки медистых свинцовых концентратов без образования штейна, переводя, в случае необходимости практически всю медь в черновой свинец.

Интенсивный барботаж шлаковой ванны способствует слиянию образовавшихся мелких капель свинца в более крупные, которые быстро оседают из перемешиваемого объема шлакового расплава. Высокая разность плотностей металлического свинца и шлака обеспечивает при этом практически полное разделение металло-шлаковой эмульсии, сводя до минимума механические потери свинца с отвальным по содержанию свинца шлаком. Содержание свинца в отвальном шлаке на уровне 1-3 % характеризуется в основном растворенными потерями.

При низком содержании цинка шлак второй стадии является отвальным по свинцу и может быть направлен в отвал (на временное складирование), так как не представляет экологической опасности ввиду "прочной упаковки" оксида свинца в структуре силикатного шлака, или может быть использован на другие нужды, например, в строительстве, в качестве наполнителя бетонных смесей.

При содержании цинка в шлаке второй стадии, позволяющей экономически выгодно извлекать его в товарный полупродукт (цинковые возгоны), технологически возможно и технически целесообразно направлять его на извлечение цинка возгонкой в непрерывном режиме в печи Ванюкова.

Выделяемый во второй стадии металлический свинец практически не содержит благородных металлов, которые с большой полнотой концентрируются в первичном черновом свинце вследствие высокой степени завершенности химических взаимодействий и физических процессов первой стадии. Это обстоятельство целесообразно учитывать при организации технологии его последующего рафинирования.

Уникальные особенности ПВ позволяют регулировать распределение компонентов по конечным продуктам и полностью контролировать ведение процесса и распределение ценных элементов по продуктам плавки в зависимости от создаваемых условий.

ПВ для переработки сульфидного свинцового сырья успешно прошел этапы полупромышленных, опытно-промышленных и промышленных испытаний на опытном свинцовом заводе компании "Zhonglian" (провинция Хенань, КНР).

3.2.5. КИВЦЭТ-ЦС-процесс

Способ плавки концентратов в аппарате КИВЦЭТ-ЦС основан на рациональном применении технического кислорода, принципов взвешенной и циклонной плавок с электротермической доработкой образующегося шлакового расплава. Эта технология наиболее полно отвечает современным требованиям металлургической переработки сульфидного свинцового сырья.

Процесс КИВЦЭТ-ЦС включает следующие последовательно проходящие операции: обжиг-плавку исходного сырья в атмосфере технического кислорода; углетермическое восстановление расплава; окисление возгонов и улавливание их из технологических газов.

КИВЦЭТ-ЦС-процесс эквивалентен трем процессам переработки свинцовых концентратов – агломерирующему обжигу, восстановительной плавке и обеднению шлаков, но превосходит их по комплексности использования сырья и экономическим показателям.

На плавку в аппарат КИВЦЭТ-ЦС поступает шихта, которая имеет сложный многокомпонентный состав и кроме свинцовых концентратов включает кварцевые и

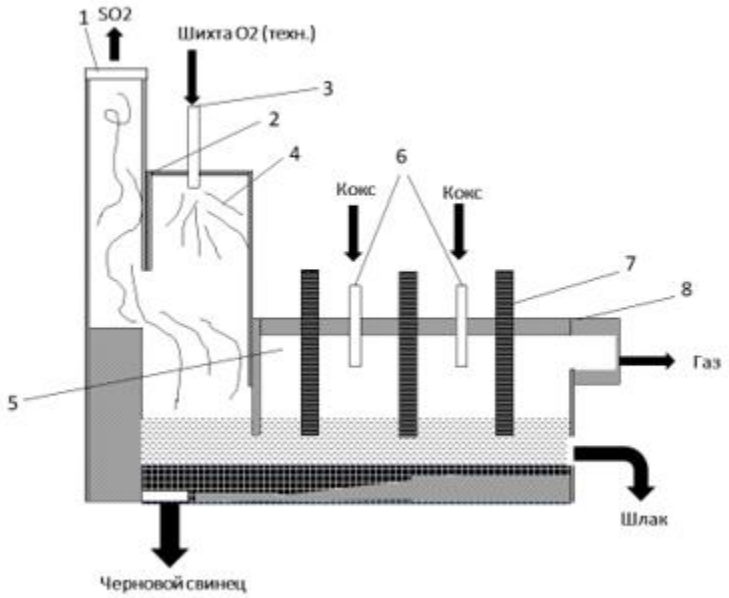
известковые флюсы, углеродистые материалы, кеки и другие оборотные материалы свинцового и цинкового производства.

Перед плавкой проводят сухую или мокрую шихтоподготовку. Шихта после сухой подготовки должна быть тщательно перемешана и во всем объеме иметь одинаковый состав. Крупность частиц компонентов шихты не должна превышать 2 мм, чтобы шихта была сыпучей, влажность ее не должна превышать 1,0–1,5 %.

Мокрая шихтоподготовка включает распульпацию всех свинецсодержащих материалов, мокрое измельчение флюсов и кокса с классификацией в гидроциклонах, усреднение шихты. Пульпу усредненной шихты фильтруют, кек подвергают двухступенчатой сушке до остаточной влажности около 1 %, после чего направляют на плавку в аппарат КИВЦЭТ-ЦС.

Шихту из бункеров и технический кислород (95–96 % O_2) через вертикальную горелку вводят в обжигово-плавильную камеру агрегата. Шихту и кислород подают в соотношении, обеспечивающем степень десульфуризации, близкую к 100 %. Обжиг и плавление шихты осуществляются во взвешенном состоянии (см. рисунок 3.4).

В обжигово-плавильной камере получают жидкие продукты плавки: черновой свинец, шлак, иногда штейн и концентрированные по SO_2 (~70 %) технологические газы. Извлечение свинца в черновой металл в обжиговоплавильной камере достигает 35–40 % от исходного в концентрате.



1-газоохладительный стояк; 2-обжигово-плавильная камера; 3-горелка; 4-факел; 5-электротермическая камера; 6-загрузочные отверстия для кокса; 7-электроды; 8-газоход электротермической камеры

Рисунок 3.4. Схема аппарата "КИВЦЭТ-ЦС"

Если в составе свинцовых концентратов содержится медь, то ее переводят в черновой свинец либо в некондиционный (с высоким содержанием свинца) штейн. Шлак, полученный в обжигово-плавильной камере, подвергают углетермической обработке в электротермической камере аппарата. Окисленные соединения свинца, цинка и других металлов восстанавливаются до металла или низших оксидов. В электротермической камере поддерживается температура шлаковой ванны 1350–1400 ° С и загружается кокс для создания сильновосстановительной атмосферы.

Образовавшиеся оксиды в виде пыли уносятся газами из аппарата и поступают в систему газоочистки от пыли. Уловленные возгоны содержат около 50 % цинка и 22–30 % свинца.

В электротермической камере образующийся металлический свинец в основном переходит в черновой металл, часть свинца – в возгоны, а цинк переводится в возгоны на 90–92 %.

Газы, поступающие из обжигово-плавильной камеры, охлаждаются в газоохладительном стояке и очищаются от пыли в электрофильтре. Очищенные газы, содержащие 30–70 % SO_2, могут быть использованы для производства серной кислоты, жидкого ангидрида или элементарной серы.

В электрофильтре улавливается 99,99 % пыли [66]. Пыль либо возвращается в шихту плавки, либо направляется на специальную переработку.

Для повышения извлечения свинца в черновой металл в обжигово-плавильной камере было предложено усовершенствовать процесс плавки в аппарате КИВЦЭТ путем загрузки на поверхность шлаковой ванны обжигово-плавильной камеры восстановителя – кокса или клинкера после вельцевания цинковых кеков.

Полученный шлаковый расплав в обжигово-плавильной камере в виде мелких капель проходит через кусочки раскаленного кокса или клинкера, т. е. через слой коксового фильтра. При этом оксид и силикат свинца в значительной степени восстанавливаются, и свинец переходит в черновой металл.

Извлечение свинца в черновой металл в обжигово-плавильной камере повышается с 35–40 % до 90 %.

Оксид цинка из шлака при этом не восстанавливается из-за значительно большего значения энергии активации, необходимой для восстановления его по сравнению с оксидом свинца. Оксид трехвалентного железа (Fe_2O_3), который частично образуется в факеле, восстанавливается до оксида двухвалентного железа (FeO) в коксовом фильтре. Восстановительный коксовый фильтр в обжигово-плавильной камере позволяет получать шлак с невысоким содержанием оксида свинца и меньшего объема. В электротермической камере аппарата, куда переходит шлак для доработки, концентрация оксида свинца быстро снижается до 1 %.

Плавка свинцовых концентратов в аппарате КИВЦЭТ-КФ с коксовым фильтром позволяет повысить производительность аппарата, значительно улучшить качество цинковых возгонов, которые содержат мало свинца и не содержат хлора и фтора; увеличить извлечение свинца в черновой металл.

Лимитирующей стадией КИВЦЭТ-процесса является доработка шлаков в электротермической камере с восстановлением и переводом в возгоны цинка. Процесс восстановления оксида цинка экстенсивен, требует большой продолжительности, высокой температуры, большого расхода восстановителя и значительного расхода электроэнергии и не позволяет получить конечное содержание цинка в доработанном шлаке менее 2,5–3,0 %.

С целью увеличения производительности аппарата КИВЦЭТ, уменьшения расхода электроэнергии, а также снижения капитальных затрат на строительство КИВЦЭТ-установки было предложено шлаки, получаемые при плавке, дорабатывать не в электротермической камере аппарата, а направлять на доработку методом фьюмингования, при котором значительно ускоряются восстановление и возгонка из шлака цинка. Доработка шлака фьюмингованием позволяет значительно уменьшить площадь электротермической камеры аппарата КИВЦЭТ с 22 $м^2$ до 6–8 $м^2$, повысить удельную производительность аппарата 2,0–2,8 раза, снизить в 3–4 раза расход электроэнергии и повысить извлечение цинка в возгоны.

На основании опытно-промышленных испытаний определили технологические условия стабильной работы аппарата КИВЦЭТ: мокрая шихтоподготовка, глубокая сушка шихты до влажности менее 1 %, плавка сухой шихты в КИВЦЭТ-КФ с доработкой шлака с целью извлечения цинка процессом фьюмингования.

Технология переработки свинцовых концентратов позволяет вести процесс плавки с более низким расходом топлива, кислорода, низким выходом обогащенных сернистым ангидридом технологических газов. Благодаря этому снижаются капитальные и эксплуатационные затраты на охлаждение, очистку и утилизацию таких газов. Пылевынос при плавке в агрегате КИВЦЭТ-КФ составляет не более 6 %. Технология обеспечивает высокое общее извлечение свинца в черновой металл до 99 %, извлечение цинка в возгоны 94–95 %, высокую производительность плавильного агрегата с более низкой его стоимостью [6].

3.3. Производство вторичного свинца

Учет экологических факторов в подходах к государственному регулированию экономического развития стал приоритетным во многих странах мира в связи с общим ухудшением экологической обстановки. Ужесточение санитарных норм на загрязнение окружающей среды привело к разработке и внедрению экологически чистых технологий во всех сферах промышленного производства. В свинцовое производство постепенно внедрялись экологически чистые технологии прямой плавки свинцового

сырья (процессы Caldo, QSL, Mitsubishi и Ausmelt), частично заменившие традиционный способ "агломерации - шахтной плавки", не отвечающий современным экологическим требованиям. Цинковое производство, напротив, повсеместно переходило на экологически чистые гидрометаллургические технологии полного выщелачивания сырья. Благодаря естественному составу свинцового и цинкового сырья металлургические производства свинца и цинка тесно связаны потоками окисленных свинец- и цинксодержащих промпродуктов. Потребность в их переработке определяется не только экономической целесообразностью повышения комплексности извлечения металлов из сырья, но и экологическими задачами защиты окружающей среды от загрязнения токсичными материалами. Наблюдаемые тенденции переориентации и опережающего развития цинкового производства обусловили постепенное нарастание потока свинецсодержащих промпродуктов электролитных цинковых заводов в свинцовое производство.

В то же время качество подобного свинецсодержащего сырья ограничивает возможности его переработки существующими технологическими способами. Это ведет к накоплению токсичных свинецсодержащих материалов (кеков, шламов) в цинковых производствах. Подобная ситуация с накоплением свинцовых пылей складывается и в интенсивно развивающемся медном производстве. Тем самым, проблема переработки окисленных свинецсодержащих промпродуктов цинкового и медного производства все более обостряется с ростом загрязнения окружающей среды в районах размещения данных производств токсичными соединениями свинца.

3.3.1. Извлечение свинца из свинцово-кислотных аккумуляторов

Лом и отходы свинца и его сплавов подразделены на 4 класса: А, Б, Г, АЛ (лом и отходы свинцовых аккумуляторов) [12].

Класс А разделен на четыре группы:

свинец чистый марок С0000, С000, С00, С0, С1, С2, С3; содержание Pb, %: в 1-м сорте не менее 97, во 2-м – не менее 90;

свинец сурьмянистый марок ССу1, ССу2, ССу3, ССу8, ССу10, ССуМ, ССуМ1, ССуМ2, ССуМ3, ССуМт, ССуМО, ССуА, УС, ССу; типографские сплавы МШ1, МШ2, МШ3, МП1, МСМ1, МЛН1; содержание металла не менее, %: в 1-м сорте – 95, во 2-м – 93, в 3-м – 90;

баббиты кальциевые марок БКА, БК2, БК2Ш; содержание металла, %: в 1-м сорте не менее 95, во 2-м – не менее 85;

низкокачественные лом и отходы свинца и сплавов, не отвечающие требованиям 1–3 групп; содержание металла, %: не менее 75.

Класс Б (стружка свинца и сплавов) разделен на две группы:

стружка свинца и кальциевых баббитов (1-й сорт) и стружка свинцово-сурьмянистых баббитов (2-й сорт); содержание металла, %: не менее 97;

стружка, не отвечающая требованиям группы 1; содержание металла, % - не менее 50.

Класс Г (прочие отходы свинца и сплавов) разделен на 2 сорта:

шламы, съемы, изгарь; содержание металла, %: не менее 60;

шламы, глет, паста, зола, тировые земли; содержание металла, %: не менее 10.

Класс АЛ имеет две группы:

свинец аккумуляторный пяти сортов; содержание металла, % - не менее: в 1-м сорте – 90, во 2-м – 85, в 3-м и 4-м сортах – 75, в 5-м (аккумуляторный шлам) – 60.

свинец аккумуляторный низкокачественный, не отвечающий требованиям группы 1 ; содержание металла, %: не менее 40. К 1-му сорту отнесены свинцовые аккумуляторы , ко 2-му – аккумуляторы с медными пластинами.

Состав лома и отходов. При производстве свинцовых сплавов используют качественное вторичное сырье – лом и отходы первых сортов групп 1 и 3 класса А и группы 1 класса Б. Для производства сурьмянистого свинца применяют самое разнообразное вторичное и техногенное сырье – аккумуляторный лом, металлические и окисленные отходы свинца и сплавов, отработанные химические соединения свинца.

Наиболее сложный вещественный состав имеет аккумуляторный лом, доля которого в общем объеме перерабатываемого вторичного свинцового сырья достигает 80 %. В таком ломе 60 % свинца, причем половина его находится в пластинах, контактах и перемычках в виде сурьмянистого свинца, содержащего 3,5–6 % Sb; другая половина сосредоточена в активной массе пластин. Масса положительных пластин содержит, %: 90 PbO_2, 7 PbO, 3 $PbSO_4$, отрицательных, %: 95 Pb, 3 PbO, 2 $PbSO_4$. Аналогичный вещественный состав имеет образующийся при эксплуатации аккумуляторов шлам, среднее содержание свинца в котором составляет 70,8 %. В аккумуляторном ломе содержится 20 – 25 % органических веществ – эбонита, полипропилена, полиэтилена, поливинилхлорида, пека, тканей, из которых изготовлены моноблоки, крышки, сепараторы, пробки и уплотнители аккумуляторных батарей. Засоренность отработанных батарей с электролитом - в среднем 50 %, без электролита: в эбонитовых моноблоках – 45 %, в термопластовых – 40 %.

В настоящее время перерабатывают как разделанный, так и неразделанный аккумуляторный лом. Морские аккумуляторы кораблей Каспийского моря поступают, как правило, в виде отдельных секций, автомобильные – в основном в виде целых батарей. Большое количество аккумуляторного лома приходит в виде отдельных пластин и полублоков с осыпавшейся активной массой. Пластины и шламы чаще всего пропитаны серной кислотой.

В мировой практике получили применение в основном схемы разделки аккумуляторного лома с использованием операций дробления, классификации и последующего гравитационного разделения дробленых продуктов. Различаются эти

схемы лишь методом гравитационного разделения, которое осуществляется в воздушной, водной и тяжелой суспензионных средах.

Основными пирометаллургическими способами переработки вторичного сырья на черновой свинец являются шахтная плавка и плавка в электрических печах. Также применяют плавку в отражательных и барабанных печах.

Шахтная плавка свинцового сырья. Шахтная плавка вторичного свинцового сырья является типичным восстановительным процессом (см. рисунок 3.5).

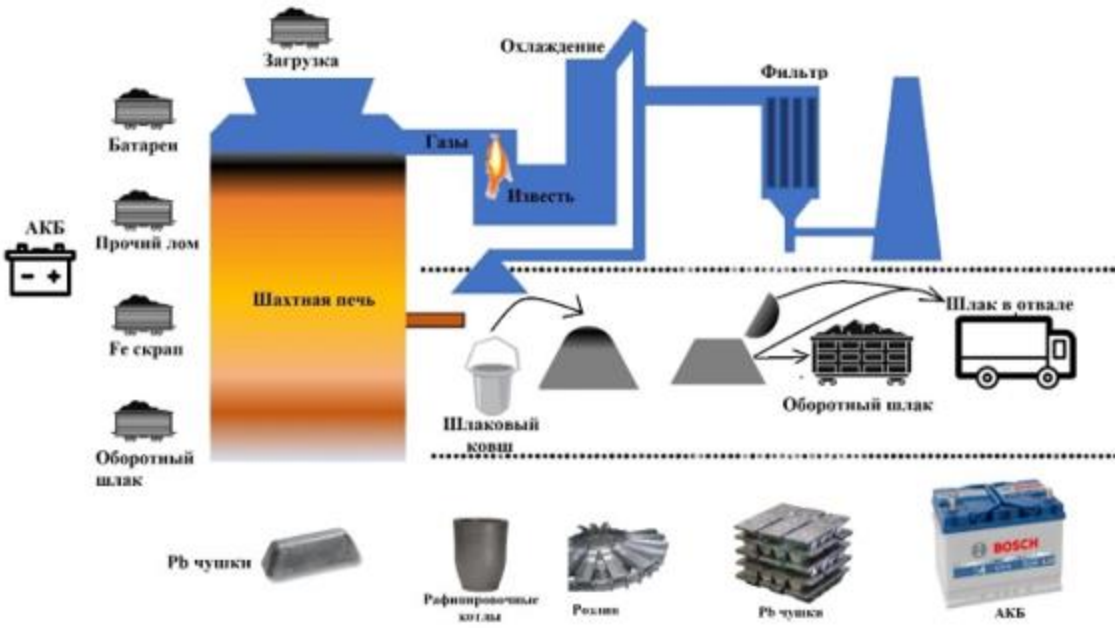


Рисунок 3.5. Схема типичного процесса восстановления аккумуляторных батарей в шахтной печи

Ее задача состоит в том, чтобы свинец и сурьму сконцентрировать в металле, а все остальные компоненты перевести в шлак. Возможно получение некоторого количества штейна (когда серы в шихте больше 1–2 %).

Органические соединения в отходящих газах печи доокисляются в последующей камере дожигания и газа, затем охлаждаются и очищаются в рукавном фильтре. Пыль фильтра дихлорируется и возвращается в печь.

В шахтной печи шихта заполняет верхнюю часть печи, в нижней части печи обогащенный кислородом воздух вдувается внутрь, чтобы зажечь кокс и расплавить шихтовые материалы. Воздух инжектируется в нижнюю часть печи, и образующиеся потоки газа поступают в верхнюю часть печи, проходя через материал, загруженный сверху. Сера от батарейной пасты (сульфат свинца) в основном (более 90 %) поглощается железным штейном, оставшаяся сера в печи (менее 10 % от первоначального объема) отходит из печи в виде SO_2 газа. Отходящие газы, содержащие непрореагировавшие углеводороды и остаточные CO, обрабатываются в

камере дожигания с последующей очисткой сухой известью и щелочной водой. Там, где это применимо, может быть использовано тепло отходящих газов.

Особенностью перерабатываемого вторичного сырья является присутствие в нем шихтовых компонентов двух разновидностей – с повышенной упругостью насыщенного пара при высоких температурах и с пониженной упругостью.

К первой группе относятся, прежде всего, соединения сурьмы и свинца. Вторая группа более обширна. Она включает соединения других цветных металлов (например, меди), соединения железа и пустую породу.

Наиболее легко переходят в газовую фазу соединения сурьмы. Для температуры 772 °С упругость пара составляет 7,98 кПа. Повышенную летучесть имеет сульфид свинца.

К числу основных взаимодействий в шахте печи следует отнести процессы диссоциации высших оксидов и сульфатов, взаимодействия между твердыми и газовыми, твердыми и жидкими компонентами. Так, сульфаты свинца начинают заметно диссоциировать при температуре выше 707 °С, PbO_2 при 627 °С практически полностью разлагается с образованием PbO. Неразложившийся сульфат свинца взаимодействует с сульфидом по реакции:

$$PbSO_4 + PbS = 2Pb + 2SO_2 \qquad (3)$$

Твердая шихта, находящаяся в шахте печи, пронизывается восходящим газовым потоком, одним из компонентов которого является CO – продукт неполного сгорания кокса в фокусе печи. Оксиды цветных металлов, как было отмечено ранее, являются легко восстановимыми. Процессы восстановления протекают в основном в твердых фазах по схеме твердое – газ.

По мере приближения шихты к фокусу печи (зоне наиболее высоких температур) развиваются реакции между твердыми и жидкими компонентами, а также взаимодействие в жидких фазах.

Роль восстановителя при плавке выполняет также металлическое железо. Оно поступает в печь с шихтовыми компонентами, а иногда вводится специально в виде флюсов. Оксид железа необходим для образования шлака, металлическое железо для взаимодействия по реакциям:

$$PbO + Fe = FeO + Pb \qquad (4)$$

$$PbS + Fe = FeS + Pb \qquad (5)$$

Жидкие продукты плавки, шлак и металл концентрируются во внутреннем горне, где происходит их разделение по плотности. По мере охлаждения выплавленного свинца в котле на поверхности расплава образуется спрудина, состоящая из первичных кристаллов сурьмянистой и оловянистой меди, а также железистых металлических соединений и сульфидов, распределенных в свинце. Выход спрудины тем больше, чем полнее ведут восстановление шихты в печи и чем беднее по свинцу и сурьме шлаки. Образующуюся спрудину снимают, охлаждают и направляют на переработку, а сурьмянистый свинец удаляется из горна с нижней его части непрерывно (через сифон) , шлак – периодически через летку, расположенную в верхней части горна. Это создает благоприятные условия для протекания процессов на границе металл – шлак и позволяет приблизить систему к равновесному состоянию. Материальный баланс шахтной плавки вторичного свинцового сырья представлен в таблице 3.1, а распределение металлов в таблице 3.2.

Таблица 3.1. Материальный баланс шахтной плавки вторичного свинцового сырья

№ п/п	Исходное сырье и продукты плавки	%	Содержание основных металлов, %			
Pb	Sb	Sn	Cu			
1	2	3	4	5	6	7
	Загружено					
1	Агломерат	39,20	20,89	0,61	0,47	0,98
2	Аккумуляторный лом	44,2	71,5	2,42	0,13	0,2
3	Несортное сырье	4,2	6	2,92	0,44	0,01
4	Шликеры	4,86	62,21	3,99	2,10	7,38
5	Оборотный шлак	7,14	0,95	0,04	0,07	0,21
	Получено					
6	Черновой свинец	46,18	93,47	3,51	0,45	1,25
7	Шлак	46,46	0,95	0,04	0,07	0,21
8	Штейн	4,96	15,13	0,14	0,33	5,10
9	Пыль	2,40	48,44	0,58	2,38	0,35

Таблица 3.2. Распределение металлов по продуктам шахтной плавки, %

№ п/п	Продукт плавки	Pb	Sb	Sn	Cu
1	2	3	4	5	6
1	Черновой свинец	93,98	99,36	56,47	66,34
2	Шлак	0,96	1,25	8,84	11,20
3	Штейн	1,62	0,43	4,43	29,10

4	Пыль	2,53	0,85	15,21	0,95
5	Потери	0,63	0,21	3,06	0,25
6	Невязка	-0,28	2,10	-11,99	7,84

Переработка отходов в электрических печах. Переработка вторичного свинецсодержащего сырья в электропечах является прогрессивным процессом. Его очевидным преимуществом по сравнению с переработкой аккумуляторного лома и агломерированного вторичного сырья в шахтных печах является низкий расход кокса, который добавляют в шихту только в количестве, обеспечивающем протекание восстановительных реакций в печи. При этом отпадает необходимость в использовании воздуха для сжигания кокса, в результате чего образуется небольшое количество газов, сокращаются пылевынос и затраты на пылеулавливание. При электроплавке значительно сокращаются потери тепла как с отходящими газами, так и со шлаком, выход которого уменьшается в 2,5 раза.

На электроплавку поступают: лом и отходы свинца и сурьмянистого свинца; аккумуляторный лом; изгарь; шламы; металлизированный продукт от разделки аккумуляторного лома.

Электроплавка на свинцовосурьмянистый сплав предъявляет повышенные требования к подготовке вторичного сырья, которые заключаются в тщательном проведении следующих операций: приемка, сортировка, разделка, подготовка к плавке. В холодный период года сырье обязательно сушат до остаточной влаги не более 4 %.

Шихта для плавки в электропечи состоит из 100 % (содержание свинца не менее 75 %) вторичного сырья, 4–6 % от массы вторсырья кальцинированной соды, 1,5–2,0 % известняка, 2–3 % железной стружки, 5–8 % металлургического кокса. Кокс дозируют из расчета получения постоянного его слоя на поверхности расплава толщиной 50–100 мм.

Состав шихты определяют необходимостью получения шлакоштейнового расплава следующего состава, %: 3–5 Pb; 23–30 $Fe_{общ}$.; 1,2–3,0 Cu; 12–15 S; 1720 Na; 7-9 SiO_2; 12-14 CaO; 7,3-16,0 – прочие.

При получении свинцовосурьмянистого сплава в электропечи совмещаются процесс плавки и взаимодействия сульфата и оксида свинца с содой (или содово-сульфатной смесью), другими оксидными компонентами шихты и углеродистым восстановителем. Расплавление шихты в электропечи в восстановительной атмосфере сопровождается образованием жидких фаз; черновой свинец располагается в нижней части печи; штейношлаковый расплав – более легкая фаза составляет верхнюю часть расплава.

Поскольку во вторичном сырье содержание компонентов пустой породы невысокое, шлак отдельной фазой не образуется, а входит в состав штейношлакового расплава.

Процесс плавки осуществляют в трехфазной трехэлектродной печи с диаметром электродов 0,3 м. Необходимую температуру в печи поддерживают как за счет тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через шлаковый расплав, так и в результате излучения электрических дуг, образующихся между электродами и шихтой.

Выход продуктов плавки следующий, %: 73–76 чернового свинца, 12–16 шлако-штейна, 5–7 пыли, 0,3 щелочных плавов.

Вращающиеся (наиболее распространенные печи до сих пор), качающиеся вращающиеся и отражательные (наиболее распространенные в США и также используемые в Евросоюзе) печи могут использовать сжигание газа или мазута с обогащенным кислородом в различных вариантах. Во вращающихся печах плавка обычно осуществляется порционно, шлак и металл сливаются отдельно, и партия шлака обрабатывается для извлечения свинца и производства шлака постоянного состава.

Большая часть серы из шихты переходит в шлак. Шлак может включать содовосульфидножелезное соединение с небольшим количеством свинца и других металлов или силикатный шлак, который более приемлем для утилизации. Пыли, улавливаемые системой газоочистки от вращающихся роторных печей и рафинировочных котлов, являясь оборотным материалом, направляются на переплав в печи. В наклоняющихся вращающихся печах плавка также осуществляется порционно. Но шлак и металл могут быть успешно отделены после охлаждения. Сера также успешно переходит в шлак и может быть на 40–80 % эффективнее, чем во вращающихся печах (обе печи используют десульфаризированную пасту). В отражательных печах плавка непрерывна, спек и металл удаляются отдельно. Спек расплавляется (обычно во вращающейся печи для производства силикатного шлака), поток отходящего газа из отражательной печи содержит SO_2, который взаимодействует с известью с получением гипса. Печи, описанные выше для плавки первичного сырья, упомянуты здесь, так как они могут быть использованы для плавки вторичных материалов.

В процессе Ausmelt серосодержащая паста и восстановитель непрерывно подаются в печь и черновой свинец сливается периодически. Когда ковш полностью заполняется шлаком, восстанавливающий агент и флюсы добавляются для производства высокосурьмянистого черного металла и отвального шлака. Шлак может быть также восстановлен в отдельной печи.

В QSL-процессе некоторые компоненты аккумуляторных батарей, такие как паста, перерабатываются вместе с другими вторичными материалами (дроссы, шламы, отходы выщелачивания, пыли и другие).

3.3.2. Извлечение свинца из остатков и лома

В стальных котлах, допускающих кратковременный перегрев до 700 – 800 °С, перерабатывают отсортированный металлический лом рольного свинца и химической аппаратуры, не содержащий окислов или других соединений свинца и расплавляющийся при температуре ниже 600 °С. После полного расплавления лома (при температуре, не превышающей 500–550 °С) и снятия всплывающих на поверхность расплава тугоплавких пенок, называемых спрудиной, и медистых съемов свинец перекачивают в разливочный котел.

При плавке свинцового лома в котлах в сплав переходит 96,5–97 % металла, в оборотные съемы 2,3–2,8 %, теряется 0,7 %. Полное извлечение с учетом переработки съемов достигает 98,7 %.

Свинцовые материалы, содержащие значительное количество окислов и сульфатов свинца, плавят при температуре выше 900 °С в отражательных и короткобарабанных печах, отапливаемых мазутом или газом. Отражательные печи, площадь пода которых до 6 $м^2$ и глубина ванны 400 мм, позволяют перерабатывать мелкие порошкообразные материалы без предварительного окускования.

Плавку в отражательных печах ведут периодически. После загрузки шихты для окончательного ее расплавления и завершения реакций в печи поддерживают температуру 900–1050 °С. Выпущенный из печи в котел металл охлаждают до 400–450 °С, снимают с него спрудину, а затем разливают в чушки, дополнительно снимая в изложницах всплывающую пенку, возвращаемую в отражательную печь. Шлак из печи выпускают после металла, охлаждают, разбивают и перерабатывают в шахтной печи.

В результате отражательной плавки свинцового лома без добавки восстановителя получается малосурьмянистый свинец, богатые свинцом шлаки и спрудины. Кроме того, значительное количество свинца и особенно сурьмы улетучивается. При переработке оборотных продуктов может быть достигнуто извлечение свинца около 95 % при потерях с газами 5 %. При отражательной плавке свинцового лома с добавкой небольшого количества восстановителя (практика некоторых американских заводов) содержание сурьмы и олова в сплаве повышается, потери этих металлов снижаются, а одновременно выход спрудины увеличивается и состав ее приближается к получаемому свинцовому сплаву. В Германии в последнее время довольно широко применяют вращающиеся короткобарабанные печи, отапливаемые мазутом или газом.

В таких печах лучше осуществляется перемешивание и используется тепло. Поэтому производительность барабанных печей выше, чем отражательных печей соответствующего размера. Однако улетучивание металла в них больше, поэтому мелкие материалы в этом случае рекомендуется брикетировать.

При плавке свинцового вторичного сырья получают черновой свинец, спрудину, шлак и пыль. Черновой свинец может быть выдан в виде товарного сурьмянистого или

рафинированного металла, все остальные продукты плавки также подлежат переработке.

Состав сплава зависит от качества сырья и содержания в нем металлов примесей. Металлы используются лучше в том случае, если сплавы приготавливают из одноименных соответствующих видов сырья свинцово-оловянный лом используют для приготовления оловянистых баббитов, свинцово-сурьмянистый лом направляют на производство сурьмянистого свинца; лом, содержащий натрий и кальций, служит для производства кальциевых баббитов.

При смешанном сырье (с переменным составом) из него сначала выплавляют промежуточные ставы, которые затем шихтуют и переплавляют на продукцию заданного состава. Приготовление промежуточных сплавов из чистого лома сводится к расплавлению лома в котле без каких-либо дополнительных операций. Разливку для большей однородности ведут при перемешивании расплава в котле. Получение сурьмянистого сплава из более загрязненного лома требует предварительного ликвационного рафинирования от меди и железа.

Сурьмянистый свинец из аккумуляторного лома выплавляют в шахтной или отражательной печи. При этом для максимального перевода сурьмы в свинцовый сплав плавку ведут в восстановительной атмосфере. Если необходимо получить бедные сурьмой сплавы, то плавку ведут в отражательных печах без восстановителя. При этом основная масса примесей окисляется глетом и переводится в шлак.

В отдельных случаях возникает необходимость рафинировать вторичный свинец от всех или от основной массы примесей. В этом случае применяют обычные способы рафинирования, описанные выше. При рафинировании вторичного свинца для удаления железа, мышьяка, меди и сурьмы иногда применяется алюминий, который не растворим в свинце и образует с перечисленными примесями тугоплавкие и не растворимые в свинце интерметаллические соединения. Алюминий вмешивают в расплавленную ванну свинца, а всплывающие при этом кристаллы удаляют дырчатой ложкой.

Жирная спрудина содержит 90–95 % Pb, 1–3 % Sb, до 0,3 % Sn, 0,3 % Fe, 1 % S и 1,5 % Cu. Она состоит из первичных кристаллов сурьмянистой и оловянистой меди, а также железистых металлических соединений и сульфидов, распределенных в значительной массе свинца.

Обычно жирную спрудину подвергают ликвации при 500 °С в небольшой пламенной печи с наклонным подом. Вытапливаемый свинец используют в качестве подготовительного сплава при производстве баббитов. Сплав содержит 97 % Pb, 1,8 % Sb, 0,8 % Cu и 0,25 % Sn. В него извлекается 83 % Pb и 44 % Sb.

Получаемая после ликвации сухая спрудина, выход которой не превышает 20 %, содержит около 60 % Pb, 10 % Sb, 3 % Sn и 2,5 % Cu. В нее переходит 12 % Pb и 55 %

Sb. При более полной ликвации сухая спрудина может содержать до 40 % Pb значит и больше всех металлов-примесей.

Было предложено много методов переработки спрудины, основанных на различных способах удаления меди с использованием обезмеженного сплава для приготовления баббитов: методы обезмеживания серой, присадкой кремния (не получившее распространения) и сульфатизирующим обжигом с последующим выщелачиванием серной кислотой.

Простая ликвация жирной спрудины позволяет быстро возвращать в производство основную массу свинца. Сухую спрудину целесообразно накапливать и периодически перерабатывать для извлечения из нее сурьмы, олова и других металлов на заводах производства первичного свинца.

В мире подавляющее количество баббитов производится из вторичного сырья.

Баббиты в зависимости от содержания в них олова и свинца подразделяются на три группы:

1) на оловянной основе – без свинца;

2) на свинцовой основе – с оловом;

3) на свинцовой основе – без олова.

В производстве цветной металлургии предусмотрено четыре марки свинцовооловянных баббитов (Б16, БН, БТ, Б6), две марки оловянных баббитов (Б89 и Б83), две марки безоловянных кальциевых баббитов (БК и БК2), а также свинцовосурьмянистые баббиты БС1 и БС2.

Свинцовооловянные баббиты изготовляют из лома и отходов, подготовительных сплавов, лигатуры и первичных металлов, необходимых для подшихтовки.

Баббит Б16 представляет собой четырехкомпонентный став Pb-Sn-Sb-Cu на свинцовой основе, содержащий 15–17 % Sb, 15–17 % Sn, 1,5–2,0 % Cu и 0,6 % суммы примесей других металлов. Медь вводят в сплав для предотвращения заметной ликвации сплавов на свинцовооловянной основе.

Плавку ведут в чугунных котлах емкостью 2 тонны. Средняя стойкость котлов 100 плавок. В котле сначала расплавляют подготовительный сплав, лигатуру и сурьму, затем расплав доводят до температуры 700–750 °С и покрывают его поверхность древесным углем для предотвращения окисления, после этого загружают остальную часть шихты, причем олово в последнюю очередь.

Сплав тщательно перемешивают, поверхность его очищают от золы, остатков угля и окислов металлов и после небольшого отстаивания и вторичного перемешивания разливают в чушки при 360–400 °С.

Баббит БН представляет собой многокомпонентный сплав на свинцовой основе. Он содержит 13–15 % Sb, 1,5–2,0 % Cu; около 1,5 % Cd, 1 % Ni, 9 % Sn, 0,5–0,9 % As и остальное – свинец.

Сплав готовят так же, как и сплав Б16, расплавляя сначала богатый медью подготовительный сплав, всю сурьму и лигатуру; далее вводят мышьяк, олово и последним – кадмий. Сплав разливают в чушки при 500–540 °С.

Баббит БТ содержит 14–16 % Sb, 9–11 % Sn, около 1 % Cu и до 2 % Te. Сплав готовят аналогично предыдущим, в последнюю очередь вводя в котел при 550–600 °С сурьмянотеллуристую лигатуру и олово. Разливают сплав при 400 – 450 °С.

Свинцовокальциевонатриевые баббиты. Первые опыты по получению сплавов свинца со щелочными металлами проводились академиком А.А. Бочваром и профессором, доктором технических наук Н.Н. Мурачом методом электролиза расплавленных хлористых солей кальция и натрия.

Вводимый в свинец металлический кальций образует твердые кристаллы Pb_3Ca, а металлический натрий образует мелкие кристаллы Na_2Pb_5, равномерно распределенные в свинце и увеличивающие его твердость. Сплав содержит 0,6 – 0,9 % Na и 0,85–1,15 % Ca.

Так как требования к содержанию примесей очень строгие, для производства баббита БК применяют только хорошо отсортированный свинцовый лом, кабельные оболочки, свободные от сурьмы рольные листы и другие отходы, содержащие не более 0,3–0,4 % Sb.

Кальциевые баббиты получают тремя способами: с применением хлористого кальция (хлоридный), с применением металлического кальция и методом электролиза расплавленных солей. В печи с площадью 1,5–2,0 $м^2$ и глубиной ванны 100–150 мм расплавляют хлористый кальций, который добавляют к свинцовонатриевому сплаву, приготовленному в котле. При этом образуется тройной сплав Pb-Na-Ca, представляющий основу кальциевого баббита ВК, и смесь солей NaCl и $CaCl_2$. Сплав отливается в чушки при 550600 °С.

В случае применения металлического кальция его вводят в свинцовую ванну, нагретую до 800 °С. Так как реакция образования Pb_3Ca протекает весьма бурно, то натрий во избежание его улетучивания вводят в охлажденный двойной сплав после полной ассимиляции кальция. Указанный способ требует большого расхода свинца и кальция.

Необходимость повышения экономической эффективности вторичного производства свинца и удовлетворения растущих потребностей к защите окружающей среды от выброса загрязняющих веществ привела к частичной или полной замене пирометаллургических методов переработки лома свинцовых аккумуляторов на гидрометаллургические. Гидрометаллургические схемы эффективны при селективном извлечении металлов с получением товарных продуктов и организацией замкнутой по токсичным растворам технологической схемы.

Результаты исследований и опыт работы зарубежных и отечественных предприятий свидетельствуют о том, что разделка дробленых отработавших батарей позволяет экологически приемлемыми способами практически полностью перевести содержащийся в батареях свинец в два богатых по нему продукта: пасту (окислительно-сульфатная фракция) и металлическую фракцию, выделить товарный полипропилен и получить отходы с низким содержанием свинца, которые после его отмывки могут быть использованы в дорожном строительстве.

Обессеривание сульфатно-оксидной фракции проводят путем обработки ее раствором соды. Сущность этого процесса состоит в переводе сульфат-иона из сульфата свинца в раствор, а свинца в менее растворимое соединение. В качестве основных десульфуризующих реагентов применяют гидроксид натрия и карбонаты щелочных металлов или аммония.

При этом за счет реакции:

$$PbSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow PbCO_3 + Na_2SO_4 \qquad (6)$$

Серу переводят в раствор. После упарки раствора получают сульфат натрия в виде готовой продукции. Однако выделение паров свинца в окружающую среду в этом случае также остается высоким.

3.3.3. Восстановление свинца из отходов - пыли металлургического производства

На металлургических заводах в процессе обжига, агломерации, плавки сульфидного сырья, конвертировании медных и медно-свинцовых штейнов, а также переработке окисленного свинцово-цинкового сырья, цинкосодержащих и оловосодержащих шлаков получается значительное количество разнообразных по составу сухих пылей и возгонов.

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

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

Степень перехода в пыли и концентрация в них цветных и редких металлов определяются содержанием их в сырье, технологическим режимом металлургических процессов, свойствами образующихся при этом химических соединений и

конструкцией систем пылеулавливания. За счет возгонки компонентов и относительно небольшого выхода тонких пылей содержание в них редких и некоторых цветных металлов даже при неполном их извлечении в десятки раз больше, чем в концентратах, и в 100–200 раз больше, чем в руде (таблица 3.3). Основная часть металлов в пылях представлена в виде оксидов, сульфидов, сульфатов, арсенатов, хлоридов, селенидов и других соединений.

Извлечение ценных компонентов в пыли на отдельных переделах различно. Так, таллий в свинцовом производстве переходит преимущественно в пыли агломерации, кадмий – в основном в пыли шахтной плавки и частично в пыли агломерации, селен почти равномерно распределяется между пылями агломерации, шахтной плавки и конвертирования полиметаллического штейна. При обжиге цинкового концентрата в шламы сернокислотного производства переходит большая часть селена и ртуть. В медном производстве при обжиге и плавке концентратов в пыли извлекается основное количество рения и висмута, при конвертировании штейна – значительная часть цинка, свинца, кадмия, висмута, индия, таллия, германия, рения. Суммарно в пыли всех пределов переходит от 60 до 90 % кадмия и таллия, более 80 % селена, ртути и рения, значительная часть цинка, свинца, индия.

Таблица 3.3. Примерный состав образующейся и перерабатываемой пыли при производстве свинца, %

№ п/п	Компонент	Процесс		
Агломерация	Шахтная плавка	Конвертирование		
1	2	3	4	5
1	Zn	1,4–2,0	8–28	6–12
2	Pb	50-60	32-54	44-56
3	Cu	0,2-0,5	0,1-0,5	1,2-1,6
4	Cd	1,0-1,5	1,5-3,0	0,2-0,6
5	Bi	0,1-0,2	0,02-0,1	-
6	In	0,001	0,002-0,5	0,004-0,007
7	Ta	0,12-0,3	0,008-0,02	0,001
8	Ge	0,001	0,001	0,001
9	S	-	-	3–5
10	Re	-	-	-
11	Se	0,15–0,9	0,05–0,4	0,4-0,9
12	Te	0,07-0,2	0,07-0,2	0,03-0,1
13	Fe	-	-	0,2-0,4
14	As	0,5-5	0,5-3	7,5-20
15	Sb	-	-	-
16	CaO	-	-	-
17	SiO_2	-	0,1	-

18	Cl	0,5-6	-	-
19	F	0,1-0,3	-	-

Грубая пыль улавливается в пылевых камерах, циклонах и сухих электрофильтрах. Наиболее тонкие пыли этими устройствами не улавливаются и в ряде случаев выбрасываются вместе с газами в атмосферу. Улавливание очень тонкой пыли осуществляется главным образом в устройствах для мокрой очистки газов – скрубберах , пенных аппаратах и мокрых электрофильтрах – в виде пульпы, после сгущения которой получаются шламы, содержащие ряд ценных компонентов.

В связи с высоким содержанием свинца пыли свинцового производства в большинстве случаев возвращают на агломерацию. В некоторых случаях часть их обжигают и перерабатывают гидрометаллургическим способом в основном для извлечения кадмия. Многократный оборот пыли в производственном цикле приводит с одной стороны к накоплению в них цветных и редких металлов, с другой − при каждом цикле оборота возникают новые дополнительные потери металлов (механические, со шлаками, с газами за счет неполного улавливания легколетучих соединений).

Оборот пыли проводит не только к потере редких и цветных металлов, но и существенно осложняет технологию извлечения основных компонентов, снижает ее показатели. Так, переработка пыли совместно со свинцовыми концентратами приводит к снижению производительности агломашин, а циркуляция содержащегося в них мышьяка увеличивает потери свинца со шлаком, повышает выход шпейзы и потери с ней благородных металлов, приводит к повышенному настылеобразованию в плавильных агрегатах, вызывает значительные трудности при рафинировании свинца и в конечном итоге снижает его извлечение в металл. Циркуляция Pb, As, Bi в производстве меди снижает сортность черновой меди, затрудняет электролиз и получение кондиционного медного купороса.

Таким образом, возврат пыли в процесс приводит к нежелательным последствиям. В то же время высокое содержание в пыли мышьяка, хлора и фтора снижает извлечение из них цинка и кадмия, а в некоторых случаях делает практически невозможным извлечение редких металлов. Поэтому технологические схемы переработки пыли обеспечивают не только извлечение ценных компонентов, но и вывод из процесса мышьяка, хлора и фтора.

Разнообразие и сложность процессов, связанных с выводом мышьяка, хлора и фтора и извлечением многих компонентов, вызывает необходимость создания на предприятиях специализированных цехов по переработке металлургических пылей и разработки соответствующей их составу технологии, обеспечивающей комплексное использование всех ценных компонентов пыли.

В пыли свинцового производства концентрируется значительное количество редких и рассеянных элементов. Степень концентрации их по отношению к руде представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Состав пыли свинцового производства

№ п/п		Cd	In	Se	Tl
1	2	3	4	5	6
1	Руда	1	1	1	1
2	Свинцовый концентрат	3-4	2	4-10	4-6
3	Пыль	150-200	20	100-150	100-150

В целом по свинцовому производству в этой пыли концентрируется до 70 % Tl, 55 % Se, 40–50 % Te, около 25 % In, а также значительная часть кадмия и других ценных компонентов сырья. Наряду с этими элементами в свинцовых пылях концентрируются мышьяк, фтор и хлор. Содержание мышьяка в пыли превышает содержание индия в 500–1000 раз, талия в 40–50 раз, селена в 10–20 раз и кадмия в 2–5 раз. Такая концентрация мышьяка делает практически невозможным извлечение из свинцовых пылей цветных и редких металлов без предварительного его удаления.

В настоящее время свинцовые пыли перерабатывают различными путями. Наиболее распространенным способом являются многократная циркуляция пылей в свинцовом производстве и затем по мере накопления в них компонентов гидрометаллургическая их переработка. Одним из эффективных гидрометаллургических способов является сульфатизация пыли серной кислотой.

Способ сульфатизации, разработанный ВНИИцветметом, заключается в предварительной грануляции пыли с серной кислотой на чашевом грануляторе с последующей термической обработкой гранул в печах кипящего слоя. Расход серной кислоты составляет 110 % от расчетного. Сульфатизацию проводят при температуре 350–400 ºС. Водное выщелачивание просульфатизированных гранул позволяет извлечь в раствор 95–97 % Zn; 93–95 % Cd и 74–93 % редких металлов. В операциях грануляции и сульфатизации из пылей отгоняется 80 – 85 % As; 70–75 % Se; 85 % Cl и 80–85 % F.

Применение воздуха, обогащенного кислородом, в печах кипящего слоя позволяет увеличить степень отгонки селена с 75 до 90 %, что существенно облегчает его дальнейшее извлечение. Остаток от водного выщелачивания сульфатного продукта содержит около 65 % Pb, 0,5 % Zn и ~0,2 % Cd.

Его возвращают в процесс агломерации свинцового производства.

Наряду с сульфатизацией пыли серной кислотой длительно применялся электротермический способ плавки свинцовых пылей с сульфатом натрия и коксом. В процессе электроплавки при 900–1000 ºС происходят восстановление сульфата натрия

до сульфида, а также свинца из его соединений до металла и возгонка цинка и кадмия. Основные продукты электроплавки – металлический свинец, кадмиевые возгоны и натриевый штейно-шлаковый расплав (расплав тиосолей).

Плавку ведут в электропечи при нагрузке на электроды 6000–7000 А и при напряжении 88–100 В. Глубина ванны 1600 мм. Для обжига кадмиевых возгонов и снижения температуры газов с 700–800 ºС до 250±50 ºС в пылевую камеру подсасывают воздух. Металлический свинец направляют на рафинирование, кадмиевые возгоны отгружают цинковому заводу для гидрометаллургической переработки, а натриевый штейно-шлаковый расплав разлагают, измельчают сильной струей воды и выщелачивают, в результате чего получаются цинковый концентрат и раствор, содержащий Se, Te и In.

Основные технико-экономические показатели промышленной переработки свинцовых пылей электротермическим методом: расход Na_2SO_4 – 0,25-0,40 тонн/тонну пыли; расход кокса – 0,08-0,13 тонн/тонну пыли; расход электроэнергии – 600 кВтч/тонну пыли; прямое извлечение, %: Pb в металл – 95-96, Cd в возгоны – 94,6-96,6, Zn в концентрат – 79-90,5; извлечение As, Na, Se, Te в расплав тиосолей – 80-92 %; состав кадмиевых возгонов, %: 12 - 20 Cd, 25-29 Pb, 27-37 Zn, 0,10-0,35 As; состав цинкового концентрата, %: 46-54 Zn, 21-23 S, 1,75-2,5 Na; выход продуктов плавки от массы пыли, %: чернового свинца – 52-57, штейно-шлакового расплава – 50-54, возгонов ~8; удельный проплав электропечи, тонн/(м².сут) – 7,5-8.

Электроплавкой перерабатывают все пыли шахтной плавки свинцового производства, содержащие, %: 53–58 Pb, 30 Zn, 0,8–0,9 Cd, 0,17–0,20 Se, 0,15 – 0,50 As, 15–40 г/тонну Ag. Основные преимущества способа – высокое извлечение свинца непосредственно в металл (96 %), высокое извлечение кадмия в возгоны и затем в металл (соответственно 96 и 92,5 %), относительно высокое извлечение цинка в концентрат (до 90 %).

3.3.4. Извлечение свинца и других металлов из вторичного сырья и отходов

Переработка шлаков. По своему химическому составу шлаки могут быть условно разделены на три группы:

шлаки свинцовой и оловянной плавок и очень небольшое количество шлаков медной плавки, содержащие летучие компоненты – Zn, Pb, Sn, – в таких количествах, что извлечение их экономически выгодно без полной, комплексной переработки шлака и извлечения всех компонентов;

шлаки медной плавки, содержащие менее 5 % Zn и Pb, с малым содержанием Cu и высоким железа (переработка этих шлаков может быть целесообразной только при комплексном извлечении летучих компонентов, железа и силикатной составляющей);

никелевые шлаки и часть медных шлаков, в которых содержание цветных металлов слишком мало, чтобы можно было их извлекать, и мало железа, поэтому возможна прямая их переработка для использования силикатной части.

Потери металлов со шлаками. Различают три группы потерь металлов со шлаками:

механические, обусловленные наличием в шлаках взвешенных корольков металлов и штейна;

физические, обусловленные растворением в шлаке компонентов сульфидной или металлической фаз;

химические, обусловленные наличием в шлаке невосстановленных или несульфидированных оксидов.

Физические и химические виды потерь металлов в шлаках иногда объединяют в группу электрохимических или физико-химических потерь.

Таким образом, промышленные шлаки представляют собой эмульсии с низкой концентрацией мелкодисперсных штейновых и металлических частиц. Размер капелек штейна и металлов в шлаках свинцового и медного производств колеблется в пределах от нескольких микрон до 0,1 мм.

Технология переработки цинксодержащих шлаков. Цинксодержащие шлаки образуются при плавке металлургического сырья в свинцовом, медном и оловянном производствах. В настоящее время в мировой практике применяют в основном три способа переработки таких шлаков: фьюмингование, вельцевание и электротермия. Наиболее распространен метод фьюмингования.

Сущность процесса фьюмингования заключается в следующем: в ванну расплавленного шлака, содержащего оксиды металлов, воздухом под давлением вдувают угольную пыль. Воздух подают в количестве, недостаточном для полного горения угля, поэтому углерод сгорает до CO, который и восстанавливает оксиды металлов, присутствующие в шлаке. Температура процесса – 1200–1300 °C, расход угольной пыли 17–25 % от массы шлака.

Основные реакции процесса:

$$C+O_2=CO_2 \quad (7)$$

$$CO_2+C=2CO \quad (8)$$

$$ZnO+CO=Zn_{пар}+CO_2 \quad (9)$$

Аналогично восстанавливаются и соединения свинца. Оксиды железа частично восстанавливаются до металлического Fe, которое реагирует с оксидами и сульфидами Pb и Zn:

$$PbO+Fe=Pb+FeO \qquad PbS+Fe=Pb+FeS \qquad (9)$$

$$ZnO+Fe=Zn+FeO \qquad ZnS+Fe=Zn+FeS \qquad (10)$$

Над шлаковой ванной пары металлов и сульфидов, а также CO окисляются за счет специально подводимого или естественно подсасываемого воздуха. Полученные оксиды Zn и других металлов выносятся потоком газов из печи и улавливаются в пылеуловителях.

Для продувки жидкого шлака угольной пылью применяют шахтные печи. Процесс заключается в следующем. В печь заливают 35–80 тонн жидкого шлака и сжатым воздухом через фурмы продувают измельченный уголь (0,07 мм). Фурмы специальной конструкции допускают одновременную подачу воздуха и топлива. В жидкой ванне протекают реакции (9) и (10), сопровождающиеся возгонкой Zn и Pb. Через 1,5 - 2 часа, когда в шлаке останется ≈1,5-3,0 % Zn, процесс заканчивают и из печи выпускают обесцинкованный шлак. Начальное содержание в шлаке, %: 9–18,3 Zn, 1,2–4,5 Pb; после продувки, %: 1,4 -2,8 Zn, до 0,12 Pb.

Медь и драгоценные металлы переходят, а штейн и по мере накопления его выпускают из переднего горна печи или электрообогреваемого отстойника. Отвальный шлак гранулируют и направляют в отвал. При фьюминговании в возгоны почти полностью извлекают Pb (98–99 %), на 90 % – Zn и на 80-85 % – Sn, однако этот процесс не позволяет извлекать из шлака медь и ряд других ценных компонентов.

Наряду с угольной пылью и мазутом фьюмингование шлаков проводят и природным газом. Интенсификация процесса фьюмингования может осуществляться также путем обогащения дутья кислородом, подогрева дутья, применения металлических восстановителей.

Фьюминговые установки, как правило, перерабатывают жидкие горячие шлаки, поступающие из плавильных печей. Холодный шлак добавляют в относительно небольших количествах к горячему.

Процесс вельцевания (от нем. wälzen – катать) основан на взаимодействии шлака с восстановителем. Осуществляется он в трубчатой вращающейся наклонной печи. Твердая шихта, перекатываясь по стенкам печи, нагревается до 1100–1200 °C за счет теплоотдачи стенок печи и горячих газов, при этом протекают реакции восстановления Zn, Pb и редких элементов до металлов. Пары металлов возгоняются и в пространстве над шихтой вновь окисляются и в виде оксидов уносятся газами в пылеуловительную систему.

Химизм процесса возгонки цинка из его оксидов можно представить реакциями:

$$ZnO+C=Zn_{пар}+CO-Q_1\ (Дж) \quad (11)$$

$$2CO+O_2=2CO_2+Q_2\ (Дж) \quad (12)$$

$$2Zn_{пар}+O_2=2ZnO+Q_3\ (Дж) \quad (13)$$

Присутствующие в значительных количествах в шихте оксиды железа восстанавливаются до металла, который взаимодействует с соединениями цинка:

$$ZnO+Fe=FeO+Zn_{пар} \quad (14)$$

$$ZnS+Fe=FeS+Zn_{пар} \quad (15)$$

Таким образом, в возгоны извлекают Zn, Pb, Cd. Медь и благородные металлы, содержащие в шихте, не возгоняются и практически полностью остаются в клинкере – твердом остатке вельцевания, который направляют в шихту медной плавки. Выход клинкера – 85 %, а при повышенном расходе кокса – 100 % от массы шихты.

В связи с легкоплавкостью шлаков для предотвращения спекания и расплавления в шихту добавляют кокс (50–55 % от массы шихты).

Готовая шихта питателем непрерывно загружается в печь и непрерывно продвигается вдоль нее. Занимая 15 % поперечного сечения печи, шихта располагается на поднимающейся при вращении печи стенке и постепенно с нее ссыпается. Благодаря этому шихта хорошо перемешивается, что создает тесный контакт оксидов с восстановителем и обуславливает высокое извлечение Pb и Zn в возгоны. Скорость вращения барабана 0,75–1,0 об/мин.

Длительность прохождения шихты через печь, расположенную под уклоном 3–5 º, составляет 2–3 часа. За это время происходят восстановление и окисление паров металлов. Отходящие газы, содержащие оксиды, проходят через кирпичную пылеуловительную камеру и кулеры для охлаждения и поступают в электрофильтры или рукавные фильтры. Грубые частицы пыли оседают в пылевой камере и возвращаются в процесс вельцевания.

Извлечение в возгоны цинка составляет 93–97 %, Pb – 90–92 %. Клинкер от вельцевания шлаков содержит 0,39–0,87 % Zn и 0,05–0,1 % Pb. Свинцово-цинковые возгоны поступают на выщелачивание серной кислотой. Раствор направляют в основное цинковое производство, а свинцовый кек от выщелачивания перерабатывают в свинцовом производстве.

На ТОО "Казцинк" освоен технологический процесс комплексной переработки твердых шлаков свинцовой плавки вельцеванием с последующей магнитной

сепарацией клинкера и использованием немагнитной его части для производства строительных материалов.

Вельцевание применяют главным образом для цинковых кеков, окисленных руд, цинксодержащих шлаков свинцовых заводов, раймовки (остаток в виде сыпучей или полуспекшейся массы, получаемый при дистилляции Zn из его агломерата).

Основные недостатки процесса вельцевания – значительный расход кокса, образование большого количества требующих очистки газов, трудности при эксплуатации, связанные с образованием в печи настылей и низкой стойкостью футеровки.

Электротермическая переработка шлаков с конденсацией цинка. Если фьюмингование наиболее целесообразно применять для жидких шлаков текущего производства, а вельцевание можно использовать только для твердых шлаков, то электротермической переработке можно подвергать и твердые, и жидкие шлаки.

Электротермический метод позволяет в одну операцию получить жидкий металлический цинк и отвальный шлак, т. е. избежать процессов выщелачивания возгонов, электролиза цинка или переработки клинкера.

Плавка ведется в закрытых руднотермических печах, в которых электроды погружены в шлак, служащий телом сопротивления. Электроплавка шлаков – восстановительный процесс, при котором расплав реагирует с находящимся на его поверхности коксом.

Шлак содержит большое количество железа и при восстановлении 8590 % цинка восстанавливается до 30–35 % железа. Основные реакции восстановления Zn и Fe при температуре расплава 1250–1500 °С следующие:

$ZnO+CO \rightarrow Zn+CO_2$;	$FeO+CO \leftrightarrow Fe+CO_2$;	(16,17)
$Fe_3O_4+CO \leftrightarrow 3FeO+CO_2$;	$Fe_2O_3+CO \leftrightarrow 2FeO+CO_2$;	(18,19)
$C+CO_2 \leftrightarrow 2CO$;	$3FeO+ZnO \leftrightarrow Zn+Fe_3O4$;	(20,21)
$2FeO+ZnO \leftrightarrow Zn+Fe_2O_3$;	$2FeO+2ZnO \leftrightarrow ZnO+Fe_2O_3+Zn$;	(22,23)
$2Fe_3O_4+ZnO \leftrightarrow Zn+3Fe_2O_3$;	$4Fe_2O_3+Fe \leftrightarrow 3Fe_3O_4$;	(24,25)
$Fe_3O_4+Fe \leftrightarrow 4FeO$;	$ZnO+Fe \leftrightarrow Zn+FeO$;	(26,27)
$ZnS+Fe \leftrightarrow Zn+FeS$;	$ZnS+FeO \leftrightarrow ZnO+FeS$	(28,29)

Распространению электротермического метода переработки цинксодержащих шлаков в мировой практике препятствуют его недостатки: более низкое по сравнению с электролитическим качество металла и необходимость его рафинирования, высокое остаточное содержание цинка в обесцинкованном продукте, что не позволяет считать этот шлак отвальным; малая удельная производительность электропечей в связи с низкой скоростью возгонки цинка; высокий расход электроэнергии.

Цементационные способы переработки отвальных шлаков. Одним из возможных процессов, позволяющих извлечь из отвальных шлаков цветные металлы, а также железо и подготовить силикатную часть шлака для производства из него различных строительных материалов, является процесс цементации металлов науглероженным жидким чугуном.

Цементационный метод обеднения шлаков основан на высокой активности углерода, растворенного в жидком чугуне, и протекает на границе чугун–шлак под слоем шлака по реакции:

$$Me^{2+}_{шл} + O^{2-}_{шл} + C_{чуг} \rightarrow Me_{чуг} + возгоны + CO_{газ} \qquad (30)$$

Оксид углерода и пары летучих металлов обеспечивают перемешивание ванны, что способствует более высокой скорости извлечения ценных металлов из шлака, чем при работе с твердыми восстановителями (кокс, уголь).

Восстановленные из шлака Cu, Ni, Co и Fe переходят в чугун, а Zn, Pb, Sn и редкие металлы – в возгоны. По мере накопления в ванне печи чугуна, легированного медью и другими металлами, избыточное его количество периодически выпускают из печи.

Для обеспечения непрерывного протекания процесса восстановления металлов необходимо пополнять содержание углерода в чугуне в пределах 24 %. Такая концентрация необходима также для поддержания температуры плавления чугуна в пределах 1200–1350 °С и предотвращения настылеобразования. Необходимое содержание углерода в чугуне поддерживают путем периодической подачи в чугун измельченного кокса через сопло с помощью сжатого воздуха.

Цементационный метод переработки шлаков обеспечивает содержание металлов в отвальных шлаках, %: 0,03 Pb, 0,3 Zn, 0,06 Cu. Извлечение металлов в зависимости от содержания их в исходном шлаке составляет, %: Zn – 91,2–98,2, Pb – 95,1–99,0 (в возгоны), Cu – 78,0–98,5 (в черновой чугун).

3.3.5. Извлечение свинца и других металлов из вторичного сырья и отходов

Разработана гидроэлектрохимическая технология переработки использованных свинцовых аккумуляторов. В отличие от имеющейся практики вместо соды в качестве обессеривающего шлам реагента рекомендован и испытан поташ. При взаимодействии его с сульфатом свинца по реакции [21]:

$$PbSO_4 + K_2CO_3 \rightarrow PbCO_3 + K_2SO_4 \qquad (31)$$

образуется растворимый в электролите карбонат свинца и сульфат калия, ценное дефицитное калийное оборудование.

В работах [19,21] представлены исследования нескольких вариантов переработки свинцовых и свинцово-оловянных кеков: выщелачивание растворами этилендиамина с получением карбоната свинца, выщелачивание олово-свинцовых кеков в растворах двунатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты с получением оловянного концентрата и свинецсодержащего раствора, направляемого на электроэкстракцию свинца, карбонизация кеков содовыми растворами с последующей плавкой и электролитическим рафинированием.

Одной из крупных областей потребления свинца (кроме производства аккумуляторных батарей) является производство его химических соединений, используемых при получении специальных стекол (электровакуумных, электротехнических, оптических, антирадиационных и т.д.), хрусталя, красок (свинцовых и свинцово-молибденовых кронов, антикоррозионных красок на основе сурика и пр.), пластмасс (стабилизаторов поливинилхлоридных пластикатов) [22].

В настоящее время химические соединения свинца производят из его оксида (глета) , который получают окислением расплавленного марочного металлического свинца, что требует существенных затрат на исходный металл и не всегда обеспечивает высокое качество изделий из-за присутствия в глете небольшого количества металлического свинца.

В работе [25] представлена технология производства различных соединений свинца непосредственно из пасты батарей без промежуточной стадии получения и рафинирования металлического свинца.

В [21] также представлена технология получения трехосновного соединения свинца (ТООС) или силиката свинца из промпродуктов переработки отработавших батарей. В качестве исходного сырья могут быть использованы сульфат-оксидная фракция от разделки батарей (паста) и пыли (в том числе хлорсодержащие) от ее переработки в печах различного типа. Технологическая схема включает следующие основные операции:

десульфуризация (обесхлоривание) пасты кальцинированной содой;

после десульфуризации проводится упарка растворов с получением товарных солей (сульфата или хлорида натрия), не содержащих свинца;

выщелачивание карбонатного кека азотной кислотой;

упарка раствора нитрата свинца ($PbNO_3$);

кристаллизация $PbNO_3$;

сушка $PbNO_3$;

осаждение трехосновного сульфата свинца или силиката свинца из раствора нитрата свинца.

Возможна комбинированная технология переработки, включающая пирометаллургическую переработку нитрата свинца с получением глета и силиката свинца (фритты) высокого качества с заданными свойствами.

Гидрометаллургическая технология проверена в полупромышленных условиях, полученные партии химических соединений свинца прошли испытания у потребителей и получили подтверждение их высокого качества. В работе [25] отсутствуют сведения по поведению рения и осмия, поскольку эти металлы не содержатся в исходном сырье.

Имеется публикация, посвященная комплексной переработке пылей медных заводов с получением соединений свинца (нитрат, сульфат свинца, ТОСС), солей натрия (сульфат и нитрат натрия), извлечением рения в раствор и цветных металлов в карбонатный кек [27]. Предложенный способ основывается на операциях выщелачивания пыли раствором соды и последующей обработке карбонатного кека азотной кислотой. Известно, что рений в пылях ~ на 50 % присутствует в виде хорошо растворимых в воде соединений, а остальное количество в виде соединений низших степеней окисления, для перевода которых в раствор необходимо применение окислителей. Поэтому вызывают сомнение результаты по извлечению рения из пылей на стадии выщелачивания содой (~ 100 %) [28].

В работе [29] представлена технология переработки свинцовых пылей методом электровыщелачивания с переводом редких и цветных металлов в раствор и получением осадка сульфата свинца. После карбонизации последнего и прокаливания $PbCO_3$ образовывался сурик.

В работе [30] предложены технологии переработки свинцовых кеков с получением сульфата и нитрата свинца, натриевой селитры, сульфата натрия и промпродуктов: карбонатов цветных металлов, селенового кека.

Технология включает следующие основные операции:

обработка свинцового кека раствором соды;

фильтрация пульпы;

выщелачивание карбонатного кека азотной кислотой;

отделение селенового кека от свинецсодержащего раствора фильтрацией;

осаждение из фильтратов сульфата и нитрата свинца добавлением соответствующих кислот.

Из фильтрата после осаждения сульфата свинца выделяют карбонаты цинка, кадмия и меди, а маточные растворы после осаждения нитрата свинца направляют на выщелачивание карбонатного кека. Селеновый кек и карбонаты цветных металлов возвращают в металлургический цикл. Сульфат натрия получают упариванием части раствора, образующегося при выщелачивании исходного кека раствором соды. Натриевую селитру получают упариванием фильтратов, образующихся после отделения карбонатов цветных металлов. К сожалению, в данной работе не

рассматривается поведение рения и осмия. Кроме того, ни один из продуктов не доведен до товарной кондиции.

Предложена технология переработки свинцового кека методом электротермической плавки с использованием реакции взаимодействия между сульфидом и оксидными соединениями свинца [31]. Для получения металлического свинца необходимо обеспечить соотношение PbS: ($PbSO_4$+PbO) = 1:2-2,5. При прокалке при температуре 700-800 медь остается в сульфатной форме, а цинк и железо в оксидной. Последующая электротермическая плавка проводится с получением чернового свинца, медносвинцовожелезного штейна и шлака. Для получения шлака требуемого состава к свинцовому кеку добавляют оксид железа и известняк. Шихту целесообразно прокалить для удаления влаги и разложения карбоната кальция. Данная технология, опробованная в лабораторном масштабе, имеет несомненные преимущества:

показана возможность проведения в одном аппарате процесса восстановления части сульфатов свинца до сульфидов в соотношении, обеспечивающем при последующей плавке реакционное взаимодействие с получением металлического свинца и практически полным окислением избыточного углерода;

подтверждена возможность проведения реакционной плавки шихты, состоящей из прокаленного при температуре 750 °С свинцового кека и окисленной железной руды при соотношении в огарке серы сульфидной и сульфатной 1,0:2,5;

исследования показали возможность получения за счет реакционного взаимодействия и других окислительно-восстановительных реакции в одной печи трех хорошо расслаивающихся расплавов: чернового свинца, медносвинцовожелезного штейна и шлака.

Впервые получены легкоплавкие шлаки с высоким содержанием оксида цинка и оксида свинца.

В отечественной практике для получения свинца из свинецсодержащего промпродукта используют в основном пирометаллургические методы. Плавка и многостадийное рафинирование свинца в расплаве сопряжены со значительными капитальными затратами, получением промпродуктов, требующих утилизации, выделением токсичных соединений свинца в атмосферу. Эти недостатки определяют необходимость изыскания более совершенных методов для переработки комплексного свинецсодержащего сырья.

3.3.6. Извлечение свинца из вторичного сырья и отходов по комбинированной технологии

Технологические процессы, применяемые на производстве по переработке вторичного свинца, можно разделить на два основных процесса: гидрометаллургический и пирометаллургический. Технология и оборудование для проведения гидрометаллургических процессов предполагают переработку

отработанных свинцовых аккумуляторов, содержащих электролит или гель, включающую дробление, сепарацию, сгущение, осветление, гидравлическую классификацию, десульфатацию, фильтрацию с получением содержащих свинец промпродуктов (дробленых клемм, решеток и обезвоженного кека), легкой и тяжелой органики и товарного сухого сульфата натрия (высшего сорта). Крошка вторичного полипропилена благодаря высокой степени отмывки практически не содержит свинца, а также других загрязняющих веществ и пользуется спросом у производителей полипропилена. Сырьем для пирометаллургического передела являются продукты гидрометаллургического передела (металлическая фракция и обессеренная паста), а также сырье поставщиков (черновые сплавы, кабельная оболочка, разделанный лом и другие содержащие свинец промпродукты). Металлическая фракция и обессеренная паста переплавляются во вращающихся короткобарабанных печах с получением черновых "мягких" и сурьмяных сплавов. Печи оборудованы люками, через которые происходят загрузка шихты и выпуск чернового свинца в установленные на передвижные тележки ковши. Печи полностью закрыты колпаками, которые соединены с рукавными фильтрами. Черновые сплавы собственного производства и от поставщиков подвергаются рафинированию с целью получения марочного свинца и сплавов на основе свинца по согласованию с потребителями. Управление технологическими процессами максимально автоматизировано и компьютеризировано. Системы аварийных защит не позволяют обслуживающему персоналу выполнить неправильные операции. Весь технологический процесс наглядно представлен на многочисленных мониторах. Территория завода выполнена под уклоном – это позволяет все ливнестоки, воду от мытья колес выезжающего автотранспорта, воду от увлажнения и мытья территории спецавтотранспортом собирать в коллектор и направлять на свои очистные сооружения, очищенная вода с которых возвращается в гидрометаллургический передел.

Гидрометаллургические способы переработки отработавших аккумуляторных батарей.

Необходимость повышения экономической эффективности вторичного производства свинца и удовлетворения возрастающих требований к защите окружающей среды от выброса загрязняющих веществ привела к разработке и постепенному внедрению в существующее пирометаллургическое производство отдельных гидрометаллургических процессов и установок.

Первой по срокам внедрения и наиболее удачной внедренной разработкой с использованием гидрометаллургической технологии была технология разделки дробленых отработавших аккумуляторных батарей. Затем в производство была внедрена технология десульфуризации пасты растворами кальцинированной или каустической соды. Разработаны и внедрены технология жидкостной экстракции железа из отработавшего электролита с подкреплением кислотой и возвратом

очищенного электролита на заливку новых аккумуляторных батарей, а также электрохимическая технология очистки растворов орошения скруббера от селена. Разработана также технология производства различных соединений свинца непосредственно из пасты аккумуляторных батарей без промежуточной стадии получения и рафинирования металлического свинца. Длительное время проводилась работа по созданию гидрометаллургической технологии переработки свинецсодержащих фракций от разделки отработавших аккумуляторных батарей, исключающей высокотемпературные процессы, образование возгонов и шлаков. К настоящему времени разработаны два варианта технологии переработки свинецсодержащих фракций:

комбинированная технология, включающая низкотемпературную пирометаллургическую переплавку металлической фракции, гидрометаллургическую технологию десульфуризации пасты с последующей гидрометаллургической же переработкой десульфуризованной пасты и получением металлического свинца из раствора электролизом;

полностью гидрометаллургическая технология переработки свинецсодержащих фракций с получением металлического свинца из раствора электролизом и последующей переплавкой, окончательным рафинированием и разливкой катодного свинца существующими низкотемпературными пирометаллургическими способами.

В отечественной практике для получения свинца из свинецсодержащего промпродукта используют в основном пирометаллургические методы. Плавка и многостадийное рафинирование свинца в расплаве сопряжены со значительными капитальными затратами, получением промпродуктов, требующих утилизации, выделением токсичных соединений свинца в атмосферу. Эти недостатки определяют необходимость изыскания более совершенных методов для переработки комплексного свинецсодержащего сырья.

3.3.7. Технологии PLACID и PLINT

Технология PLACID включает следующие основные операции:

хлоридное выщелачивание свинца из пасты при температуре 80 °С;

очистку раствора от сульфат-иона известью и (или) раствором $CaCl_2$;

очистку раствора от примесей цементацией на свинцовом порошке;

электролитическое выделение свинца на катоде и кислорода на аноде с разделением катодного и анодного пространств электролизера ионообменной мембраной;

промывку и брикетирование свинцовой губки с катода, плавку брикетов и разливку катодного свинца;

очистку части раствора от примесей известью с возвратом PbS на выщелачивание, а раствора $CaCl_2$ на стадию очистки основного раствора от сульфатиона; примеси выводятся с отвальными гидроксидными продуктами.

Свинец осаждается в виде губки, которая отрывается от катода и падает на дно, откуда специальным транспортным устройством ее выгружают из электролизера. Ожидаемый расход электроэнергии составит 800 кВт ч/тонну свинца. Расчеты показывают, что процесс электроосаждения более выгоден для крупных заводов. Основные недостатки PLACID-процесса:

свинец на катоде получается в виде губки, что приводит к его частичному окислению при промывке, брикетировании губки и переплавке брикетов, увеличению количества оборотных съемов при плавке;

большой расход свинцового порошка на восстановление PbO_2 при выщелачивании пасты: учитывая, что почти половина свинца в пасте находится в виде PbO_2, каждый раз в раствор возвращается то же количество свинца из свинцового порошка, на получение которого электроэнергия уже была израсходована, т. е. расход электроэнергии превышает теоретический почти в полтора раза;

в осадке гипса после очистки раствора от сульфат-иона содержание свинца составляет от 1 % до 3 %, т. е. с осадком теряется часть свинца, и на захоронение такого гипса потребуются дополнительные затраты (то же относится к нерастворимому остатку от выщелачивания пасты).

Одним из вариантов совершенствования PLACID-процесса является PLINT-процесс . От PLACID-процесса PLINT-процесс отличается тем, что вместо электроосаждения свинца на катоде свинец из очищенного электролита осаждают известью, раствор направляют на выщелачивание пасты, осадок - на восстановление свинца твердым углеродом при более низкой, чем обычно, температуре с получением свинца 99,99 %.

3.3.8. CX-EW-процесс и его совершенствование

Разработкой и совершенствованием гидрометаллургической технологии переработки свинецсодержащих фракций от разделки аккумуляторных батарей уже более 30 лет занимаются итальянские компании группы Engitec. Первоначально была предложена технология CX-EW, включавшая следующие основные операции:

разделка аккумуляторных батарей;

низкотемпературная (400–450 °C) переплавка металлической фракции с получением слитков сурьмянистого сплава;

десульфуризация пасты с помощью Na_2CO_3 или NaOH с получением кристаллического сульфата натрия упаркой его раствора;

выщелачивание десульфуризованной пасты в оборотном электролите, содержащем HBF_4 и $Pb(BF_4)_2$, с восстановлением PbO_2 по реакциям;

электроосаждение свинца из богатого по свинцу электролита с получением чистого свинца на катоде и кислорода на аноде;

переплавка катодного свинца и разливка в слитки.

Основными недостатками этого процесса, три первых операции которого успешно внедрены на многих заводах мира, являются:

большой расход реагентов на десульфуризацию сульфата свинца;

большой расход реагентов на восстановление диоксида свинца;

высокая стоимость нерастворимых анодов;

повышенные энергозатраты на выделение кислорода на аноде из-за высокого потенциала его образования;

необходимость применения реагентов-ингибиторов образования PbO_2 на аноде;

повышенные энергозатраты на выпаривание воды при получении кристаллического сульфата натрия.

В результате дальнейших исследований на основе CX-EW-процесса была разработана новая технологии CX-EWS (или CX-EWS + FLUBOR). Технология CX-EWS имеет следующие отличия от технологии CX-EW:

операция десульфуризации пасты заменена операцией сульфидизации свинца сульфидом натрия;

предложено получать Na_2S растворением элементной серы в щелочном растворе или восстановлением кристаллического Na_2SO_4 твердым углеродом;

предложено использовать FLUBOR-процесс, т. е. проводить выщелачивание сульфида свинца раствором $Fe(BF_4)_3$ (анолитом) с получением элементной серы по реакции с последующим электроосаждением чистого свинца на катоде и регенерацией $Fe(BF_4)_3$ на аноде по реакции без выделения кислорода. Сульфидизация свинца позволяет улучшить фильтруемость и отмывку сульфидного кека, а окисление $Fe(BF_4)_2$ на аноде позволяет уменьшить его потенциал (следовательно, и напряжение на ванне) почти на 1 в и полностью исключить образование кислорода и осаждение PbO_2 на аноде, так как не достигается потенциал их образования. Пропорционально уменьшается расход электроэнергии.

Дальнейшей ступенью развития гидрометаллургической технологии переработки пасты стал процесс THIOPAQ + FLUBOR. По THIOPAQ-процессу сульфат-ионы в твердой фазе (в недесульфуризованной пасте) восстанавливают методом биосульфидизации по реакциям с помощью анаэробных бактерий и газов, содержащих H_2 и CO_2, например, получаемых при высокотемпературной обработке смеси природного газа с парами воды. Эта технология позволяет исключить трудо- и энергоемкие операции десульфуризации пасты содой, очистки и выпаривания раствора сульфата натрия, получения его в кристаллическом виде. Соответственно уменьшению количества технологических операций по сравнению с технологией CX-EWS + FLUBOR уменьшается количество технологического оборудования, снижаются

эксплуатационные и энергетические затраты. Сера из остатка от выщелачивания сульфида свинца анолитом может быть извлечена в товарный продукт. Катодное и анодное пространства электролизера разделяются обычной полипропиленовой диафрагмой, используемой, например, в электролизе никеля. Свинец осаждается на катоде в виде компактного осадка. Прямые затраты электроэнергии во время испытаний составили около 500 кВт ч/тонну свинца.

Расчеты показывают, что капитальные вложения в обычный пирометаллургический завод мощностью 30000 тонн свинца в год составят 11 млн долларов США, а по технологии CX-EWS — около 15 млн. долларов США, но эти вложения быстро окупаются за счет значительной экономии эксплуатационных затрат и затрат на защиту окружающей среды.

3.4. Рафинирование первичного и вторичного сырья

Черновой свинец, получаемый при плавке свинцовых концентратов любым методом, всегда содержит примеси: медь, сурьму, мышьяк, олово, висмут, благородные металлы и другие элементы. Общее содержание примесей достигает 2–10 %. Необходимость очистки (рафинирования) чернового свинца обусловлена, во-первых, тем, что примеси, несмотря на малое содержание их в сплаве, сильно изменяют физические и химические свойства свинца, делая его непригодным для использования в промышленности. Во-вторых, многие примеси в черновом свинце представляют большую ценность для народного хозяйства и должны быть при рафинировании извлечены в отдельный продукт. Иногда общая стоимость примесей в черновом свинце превышает стоимость самого свинца. Состав чернового свинца различных заводов приведен в таблице 3.5.

На свинцовых заводах получают свинец марок С0, С1, С2 и С3, широко применяемых в различных отраслях промышленности. Необходимое количество особо чистого свинца (марки С00, С000, С0000, ГОСТ 22861-93) для нужд радиоэлектронной техники и для использования в новых областях науки и техники получают по специальной технологии.

Рафинирование чернового свинца от примесей проводят одним из двух методов: пирометаллургическим или электролитическим (в водных растворах).

Таблица 3.5. Состав чернового свинца различных заводов, %

№ п/п	Завод (страна)	Pb	Cu	As	Sb	Bi	Ag*	Au*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ТОО "КАЗЦИНК" (Казахстан)	90-91	2,0-5,0	1,0-2,2	1,0-1,51	0,05-0,07	200-1500	–
2	Электроцинк (Россия)	93-97	0,8-1,3	0,3-0,7	0,8-1,2	0,1-0,2	1000–2000	5,0

3	Порт-Пири (Австралия)	97-98	0,8-1,2	0,15-0,2	0,3-0,6	0,003	1500	1,2
4	Трейл (Канада)	96-98	–	0,2-0,5	0,6-0,7	0,12	1200	–
5	Бункер-Хилл (США)	94–96	1,8-2,3	0,5-1,0	1,5-2,0	0,02	5000	3,0
6	Сан-Гавино (Италия)	95-97	1,5-2,0	0,1-0,3	1,0-1,5	0,07	800	–
7	Пловдив (Болгария)	95-97	1,0-3,0	0,1-0,3	0,2-0,4	0,03-0,04	800-1300	–

* в граммах на тонну.

Конечная степень очистки от основных примесей регламентируется ГОСТ 3778–98 (таблица 3.6).

Таблица 3.6. Состав рафинированного свинца (ГОСТ 3778–98)

№ п/п	Марка	Pb, не менее %	Примеси							
Ag	Cu	Zn	Bi	As	Sb	Sn	Fe	Mg, Ca, Na в сумме		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	С0	99,992	0,0003	0,000	0,001	0,004	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,002
2	С1С	99,990	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
3	С1	99,985	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
4	С2С	99,970	0,002	0,002	0,002	0,02	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
5	С2	99,950	0,0015	0,001	0,001	0,03	0,002	0,005	0,002	0,002	0,015
6	С3	99,900	0,0015	0,002	0,005	0,06	0,005	0,005	0,002	0,005	0,04
7	С3С	99,500	0,01	0,090	0,070	0,15	0,050	0,20	0,10	0,01	–

Электролитическое рафинирование экономически выгодно проводить при небольшом содержании примесей в черновом металле, в основном, от благородных металлов и висмута на небольших по мощности заводах. Из-за малой интенсивности процесса, сложной схемы переработки электролитного шлама, больших капиталовложений, высокой токсичности электролита, при большом содержании в черновом свинце разнообразных примесей электролитическое рафинирование нецелесообразно.

В настоящее время на большинстве свинцовых заводов используют пирометаллургический метод рафинирования. При огневом (пирометаллургическом) способе очистки чернового металла используют различия физических и химических свойств свинца и элементов-примесей: растворимость, температура плавления или

кипения, окислительную способность или сродство к сере, а также возможность образования соединений, нерастворимых в свинце.

При пирометаллургическом рафинировании из чернового свинца последовательно удаляют следующие металлы:

медь ликвацией и с помощью обработки расплава элементарной серой;

теллур с помощью металлического натрия в присутствии едкого натра;

мышьяк, сурьму и олово в результате окислительных операций;

серебро и золото с помощью металлического цинка;

цинк окислением в свинцовой ванне или в щелочном расплаве, вакуумированием и другими способами;

висмут удаляют металлическим кальцием, магнием, сурьмой, при этом происходит загрязнение свинца этими металлами;

кальций, магний и сурьму качественным рафинированием.

На каждой стадии рафинирования образуются съемы (промежуточные продукты), в которые переходят примеси и часть свинца. Их подвергают самостоятельной переработке. Структурная схема рафинирования свинца представлена на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6. Схема рафинирования свинца

Существенным недостатком применяемой в последнее время на отечественных заводах пирометаллургической технологии рафинирования чернового свинца является использование периодических процессов. При периодических процессах режим работы рафинировочного оборудования (котлов) чрезвычайно тяжелый. Температура свинца в котлах за кратковременный период изменяется от 330 до 550 °С. Частые теплосъемы, термические удары, воздействия на внутренние стенки котла агрессивных компонентов приводят к тому, что срок службы этого агрегата редко превышает два года.

3.4.1. Технология электролитического рафинирования чернового свинца

Электролитическое рафинирование свинца применяют реже, чем огневое, хотя промышленное применение электролиза свинца известно с 1903 года (завод "Трейл", Канада). Электролизом рафинируют около 20 % производимого в мире свинца. В настоящее время доля свинца, рафинируемого электролитическим способом, возрастает. Особенно широко используют электролитическое рафинирование заводы Японии, Италии и Канады. Внедрение электролитического рафинирования свинца стимулирует возможность получения свинца высокой чистоты в одну-две стадии. Однако малая интенсивность процесса и сложная схема переработки электролитного шлама сдерживают широкое распространение этого способа рафинирования на свинцовых заводах.

Процесс электролитического рафинирования заключается в растворении анода, отлитого из чернового металла, и осаждении свинца в виде чистого марочного металла на катоде. Примеси чернового свинца остаются в виде шлама на аноде или переходят в электролит, не осаждаясь на катоде.

Поведение примесей при электролизе во многом зависит от положения их в ряду напряжений. При растворении анода вместе со свинцом переходят в электролит все, более электроотрицательные, чем свинец (f° = -0,126 В), элементы: цинк, железо, никель, олово.

Эти элементы не восстанавливаются на катоде и накапливаются в электролите. Наибольшую опасность для совместного восстановления на катоде представляет олово, электродный потенциал которого (–0,136 В) настолько близок к потенциалу свинцового электрода, что небольшая поляризация катода, необходимая для обеспечения скорости процесса, перекрывает разницу в электродных потенциалах и обеспечивает олову совместный разряд со свинцом. Поэтому олово перед электролизом должно быть удалено из свинца огневым рафинированием.

Элементы более электроположительные, чем свинец (сурьма, мышьяк, висмут, медь , серебро, золото), не растворяются в электролите и остаются на аноде, образуя шлам.

Для обеспечения чистоты катодного свинца и снижения анодной поляризации необходимо снизить анодную плотность тока (скорость растворения свинца) и

уменьшить толщину осадка. Последнее достигается сокращением времени пребывания анода в ванне под током.

Для обеспечения высоких показателей процесса электролитического рафинирования свинец предварительно подвергают очистке от меди и олова.

Некоторые заводы (главным образом заводы Японии) перед электролизом проводят щелочное рафинирование даже при отсутствии олова с целью очистки исходного свинца от сурьмы и мышьяка, что позволяет получить более чистый катодный металл и упростить технологию переработки шлама.

Электролиз свинца ведут в железобетонных ваннах, футерованных изнутри хлорвиниловыми листами. Размеры ванн: длина 2,7–4,0 м; ширина 1,0 м; глубина 1,05–1,5 м. В каждой ванне устанавливают от 24 до 40 анодов и от 25 до 41 катода. Расстояние между центрами анодов составляет 100–110 мм.

Ванны включают последовательно, аноды и катоды – параллельно.

Свинец, подвергаемый рафинированию, расплавляют в котле и на машине карусельного типа отливают аноды в виде пластин с заплечиками, которыми они опираются на борта ванны. Толщина анодов (20–40 мм) зависит от количества примесей, содержащихся в свинце: чем больше примесей, тем меньшей толщины делают анод. Масса свинцовых анодов – 150–200 кг.

Катодные листы в настоящее время отливают при помощи водо-охлаждаемого вращающегося барабана, погруженного на небольшую глубину в расплавленный свинец. Барабан вращается вокруг горизонтальной оси со скоростью 10 об/минуту. Тонкий слой металла, кристаллизующийся на поверхности барабана, снимают в виде непрерывной ленты. Катодные матричные листы обычно выполняют толщиной 0,8–1,0 мм.

Катоды, извлеченные из ванны, промывают водой и направляют в котлы для переплавки и дополнительного рафинирования от сурьмы и мышьяка.

Катоды плавят при 450 °С под слоем едкого натра с механическим перемешиванием . Расход NaOH составляет 0,7–0,8 кг/тонну свинца. С поверхности свинца снимают порошкообразные оксиды, а свинец направляют на разлив.

При электролизе чернового свинца выход по току равен 95–97 %. Расход электроэнергии составляет в среднем 140–200 кВт·ч/тонну катодного свинца.

Рафинирование методом электролиза обеспечивает получение рафинированного свинца чистотой 99,995–99,997 %.

3.5. Доизвлечение ценных компонентов (редких металлов)

В используемых при производстве свинца концентратах иногда присутствуют и другие металлы. Они обычно накапливаются в шлаках, дроссах, колошниковой пыли и других остаточных продуктах, образующихся в процессе производства. Такие продукты могут использоваться в качестве шихты для специальных установок, предназначенных для извлечения этих ценных металлов.

При плавке свинцового сырья, а также при агломерирующем обжиге образуется пылегазовая смесь, которая по газопроводам подается на пылеулавливане. Грубая пыль улавливается в циклонах и пылевых камерах, тонкая – в рукавных фильтрах и электрофильтрах. Состав грубой пыли мало отличается от состава исходной шихты и содержит, %: 45–55 Pb; 10–20 Zn; 0,5 – 1,5 As; 6–8 S; 0,1–1,5 Fe. Грубую пыль направляют в оборот в шихту плавки.

Тонкая пыль содержит заметное количество возгонов редких и рассеянных элементов. В целом по свинцовому производству в этих пылях концентрируется до 70 % Tl; 50–55 % Se; 40–50 % Te; до 25 % In; а также значительная часть кадмия и других ценных компонентов сырья. Селен концентрируется в основном в пылях агломерации, а также в пылях шахтной плавки и конвертирования полиметаллических штейнов. Талий – преимущественно в пылях агломерации. Кадмий, цинк, индий, германий – в пылях шахтной плавки.

Состав тонких пылей свинцового производства следующий, %: 45–50 Pb; 10–20 Zn; 1,6–3,5 Cd; 0,2–1,0 Se; 0,05–0,2 Te; 0,02–0,06 In; 0,1–0,2 Tl; 0,001–0,003 Ge.

Наряду с этими элементами в свинцовых пылях концентрируются мышьяк, фтор и хлор. Содержание мышьяка в пылях превышает в 500–1000 раз содержание индия, в 40 –50 раз – содержание таллия, в 2–5 раз – содержание кадмия. Такое содержание мышьяка делает практически невозможным извлечение из пылей цветных и редких металлов без предварительного удаления мышьяка.

Наиболее распространенным способом является многократная циркуляция пылей в свинцовом производстве до максимального накопления в них ценных компонентов и последующей их гидрометаллургической переработки.

Высокие технико-экономические показатели имеет технологическая схема переработки пылей с использованием процесса сульфатизации их серной кислотой с получением стандартного цинкового купороса.

По этой технологии пыль подвергают грануляции на чашевом грануляторе с крепкой серной кислотой с последующей термической обработкой гранул в печах " кипящего слоя" при температуре 350–400 °С. При сульфатизации из пыли отгоняют 80 –85 % As, 70–75 % Se, 85 % Cl, 80–85 % F.

Просульфатизированные гранулы поступают на водное выщелачивание, в результате которого в раствор извлекают 95–97 % цинка, 93–95 % кадмия и 74–93 % редких металлов. Остаток от водного выщелачивания сульфатного продукта содержит около 65 % свинца, 0,5 % цинка, около 0,2 % кадмия. Его возвращают на агломерирующий обжиг свинцовых концентратов.

Из растворов от выщелачивания медь и кадмий цементируют цинковой пылью, индий и таллий извлекают жидкостной экстракцией, цинковый раствор упаривают до сухого цинкового купороса и отгружают потребителю.

Переработка свинцовых пылей с использованием сульфатизации концентрированной кислотой обеспечивает комплексное извлечение ценных компонентов из пыли с одновременным выводом вредных примесей из процесса.

Недостатки технологии: большой безвозвратный расход серной кислоты, не решается экологическая проблема, низкое извлечение селена, получение свинца в виде сульфата.

В 80 годах XX века на Лениногорском свинцовом заводе (Восточный Казахстан) был испытан электротермический способ переработки пыли свинцового производства. По данному способу пыль смешивается с сульфатом натрия, коксом и плавится в электропечи при температуре 900–1000 °С.

Соединения свинца, присутствующие в пыли, восстанавливаются до металла, кадмий при плавке переходит в возгоны.

Основные продукты электроплавки пылей – металлический свинец, кадмиевые возгоны и натриевый штейно-шлаковый расплав. Металлический свинец поступает на рафинирование, кадмиевые возгоны на гидрометаллургическую переработку, а натриевый штейно-шлаковый расплав измельчают сильной струей воды и выщелачивают, в результате чего получают цинковый концентрат и раствор, содержащий селен, теллур и индий.

Электротермический способ обладает рядом достоинств: высоким извлечением свинца в металл (96 %), кадмия в возгоны (96 %), и затем в металл (92,5 %), относительно высоким извлечением цинка в концентрат (до 90 %).

3.6. Плавление и производство свинцовых сплавов

Плавку свинца ведут в чугунных тиглях под слоем древесного угля. После расплавления с поверхности металла снимают шлак и доводят температуру до 375–400 °С. При этой температуре производят рафинирование и разливку. Очистку от неметаллических включений ведут нашатырем (NH_4Cl), который вводят в расплав в количестве до 0,15 % от массы расплава с помощью колокольчика.

Работа со свинцовыми сплавами проста ввиду их легкоплавкости. Сплавы почти не поглощают газов, поэтому в отливках отсутствуют газовые раковины и пористость. Особенностью свинцовых сплавов является высокая склонность к ликвации по плотности. Прежде всего это относится к сплавам, содержащим сурьму и олово. Для защиты от окисления применяют древесный уголь, который загружают на поверхность расплава слоем толщиной 10–15 мм.

Свинцовосурьмяные и свинцовосурьмянооловянные баббиты плавят в тигельных печах в чугунных или стальных тиглях. В качестве шихтовых материалов используют олово, свинец, сурьму, сурьмяный свинец, кадмий, мышьяк, лигатуры Cu-Sb (50 %); Sb-Te (30 % Te); Sn-Sb-Ni (30 % Sb; 10 % Ni); подготовительные сплавы, полученные переплавкой отходов. В первую очередь в чугунный тигель загружают тугоплавкую

часть шихты (сурьму, лигатуры Sn-Sb-Ni и Cu-Sb). При расчете шихты угар сурьмы принимают равным 7 %, а теллура 15–20 %. Одновременно загружают 10–20 % легкоплавкой части шихты (свинец, вторичные сплавы, сурьмяный свинец). Завалку расплавляют под покровом древесного угля. С поверхности расплава снимают шлак и при 600 °С вводят кусковой или порошкообразный мышьяк. Расплав при этом тщательно перемешивают. Затем загружают остальное количество легкоплавкой части шихты. Последними при 420–450 °С вводят кадмий, теллур и олово. После непродолжительной выдержки (5–10 минут) и тщательного перемешивания производят рафинирование расплава хлористым аммонием (0,15 %). Затем после выдержки в течение 10–15 минут при 420-450 °С его разливают. Разливку ведут при постоянном перемешивании расплава, так как только в этом случае возможно получение однородных по составу слитков. Контроль качества баббитов оценивают по результатам анализа химического состава и осмотра поверхности и излома слитков. В изломе не допускается наличие шлака и газовых раковин.

Плавку натриевокальциевого баббита ведут обычно путем сплавления свинца, натрия и кальция в чугунных тиглях под слоем древесного угля при 600– 650 °С. Ведение плавки при более низких температурах влечет за собой повышенные потери кальция из-за образования кристаллов химического соединения Pb/Ca и удаления их со шлаком и съемами.

Технология плавки типографских сплавов включает две операции – плавление шихты и рафинирование расплава от примесей. Плавку обычно начинают с очистки тигля от остатков предшествующей плавки. В очищенный тигель загружают 3/4 навески свинца или типографской сыпи. Содержимое тигля расплавляют, поверхность расплава покрывают прокаленным древесным углем (слой толщиной 10–15 мм) и доводят температуру расплава до 500–550 °С. При достижении заданной температуры в расплав вводят сурьму или медносурьмяную лигатуру (для сплавов, содержащих медь). После растворения сурьмы вводят остаток свинца.

Удаление из расплава неметаллических включений осуществляют введением 0,1–0,3 % хлористого аммония или дразнением. Операция дразнения состоит в погружении в расплав куска древесины и выдержки его в расплаве 30–60 минут. Продукты сухой перегонки древесины, проходя через расплав, увлекают взвешенные неметаллические включения.

Если расплав загрязнен нежелательными растворимыми примесями (железо, никель , алюминий, цинк и др.), предусматривают дополнительную обработку расплава с целью их удаления. Для ликвидации цинка и алюминия расплав при 500–550 °С продувают водяным паром в течение 0,5–2 часов. Пар подводят стальными трубками на дно тигля. Образующиеся при продувке оксиды алюминия и цинка всплывают на поверхность расплава, откуда их удаляют со съемами.

Железо, никель и медь удаляют путем введения в расплав серы. Образующиеся при 500–600 °С сульфиды этих металлов снимают с поверхности расплава.

Если в составе шихты не содержится сурьмы или медносурьмяной лигатуры, то температура расплава в процессе плавки не должна превышать 400– 450 °С.

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

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

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

определение ключевых экологических проблем;

изучение методов, наиболее подходящих для решения этих ключевых проблем;

выбор наилучших доступных имеющихся методов.

При определении наилучших доступных техник необходимо применять общий подход к пониманию производственного процесса. Следует отметить, что многие методы прямо или косвенно затрагивают несколько экологических аспектов (выбросы, сбросы, образование отходов, загрязнение земель, энергоэффективность).

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

4.1. Повышение интеграции производственных процессов

Описание

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

Технологическое описание

Примером интеграции производственных площадок является Усть-Каменогорский металлургический комплекс ТОО "Казцинк", в состав которого входят пять заводов: цинковый, свинцовый, медный, завод по производству драгоценных металлов, сернокислотный завод. Все производства имеют общую инфраструктуру. Расположение заводов на одной площадке образует уникальную технологическую схему, позволяющую достичь комплексного извлечения максимального количества полезных компонентов из сырья. Применительно к производству свинца плюсы интеграции состоят в следующем:

получение свинца из промпродуктов цинкового и медного производства;

использование промпродуктов свинцового передела в виде штейно-шпейзовой смеси при производстве меди;

использование в качестве сырья для производства серной кислоты отходящих серосодержащих газов плавильных печей;

переработка возгонов, полученных методом извлечения из шлаков свинцовой плавки цинка и свинца с использованием шлаковозгоночной установки, в цинковом производстве.

Достигнутые экологические выгоды

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

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность используемой в связке сернокислотной установки находится на уровне 99 %. С вводом в эксплуатацию этой установки в 2004 году выбросы диоксида серы в целом по предприятию УКМК были снижены в два раза (с 69 до 34 тыс. тонн в год).

Кросс-медиа эффекты

При повышенном содержании мышьяка в промпродуктах, направляемых на медное производство, увеличивается циркуляционная нагрузка этого вещества между свинцовым и медным заводами за счет переработки свинцово-медных оборотов, что приводит к риску получения некачественной товарной продукции. Это обусловлено тем, что мышьяк по химическим свойствам имеет сродство к меди. Необходима дополнительная переработка медных съемов свинцового производства с целю снижения в них содержания мышьяка. Например, электротермическая плавка медных шликеров с получением тиосолей мышьяка. В дальнейшем мышьяк может быть выведен из производства в виде нетоксичного сульфида мышьяка [80].

Технические соображения, касающиеся применимости

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

Экономика

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

Еще одним примером межотраслевого взаимодействия можно назвать реализацию проекта по производству сульфата аммония на базе ПАО "Среднеуральский медеплавильный завод". Проект основан на оптимальной сырьевой обеспеченности, так как планируется использование 380 тыс. тонн собственной серной кислоты предприятия, получаемой в сернокислотном цеху при обработке технологических газов [89].

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Экономические выгоды.

4.2. Система экологического менеджмента

Описание

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

Техническое описание

Возможность решения экологических проблем на систематической основе и наглядном уровне есть основа метода, описываемого как система экологического менеджмента (СЭМ). СЭМ наиболее эффективны и действенны там, где они являются неотъемлемой частью общего управления и эксплуатации производства. СЭМ необходима для того, чтобы природопользователь мог сконцентрировать внимание на экологических характеристиках предприятия посредством применения рабочих процедур для нормальных и внештатных условий эксплуатации, а также определения соответствующих линий ответственности.

СЭМ – это непрерывный процесс, который основывается на цикличной последовательности (планируй - делай - проверяй - исполняй) (Plan, Do, Check and Act) (PDCA), которая представляет собой динамическую модель, в которой завершение одного цикла перетекает в начало следующего и используется не только в отношении охраны окружающей среды, но и в других контекстах управления предприятием.

Модель PCDA может быть описана следующим образом:

планируй (Plan): разработка экологических целей и процессов, необходимых для получения результатов, соответствующих экологической политике организации;

делай (Do): внедрение процессов, как запланировано;

проверяй (Check): проведение мониторинга и измерения процессов в отношении реализации экологической политики, включая содержащиеся в ней обязательства экологических целей и критериев работы, а также отчетность о результатах;

действуй (Act): выполнение действий по постоянному совершенствованию.

Система экологического менеджмента может быть в форме:

стандартизированной системы, такой как международная стандартизированная система ISO 14001:2015 [66];

не стандартизированной ("настраиваемой") системы, должная разработка и внедрение которой повышают ее эффективность.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

1. Заинтересованность руководства, включая высшее руководство.

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

.

3. Экологическая политика, которая включает в себя постоянное совершенствование предприятия посредством менеджмента.

4. Планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями, включая обеспечение соблюдения применимых правовых требований.

5. Внедрение процедур и действий (включая корректирующие и предупреждающие действия, если необходимо) для достижения экологических целей и предотвращения экологических рисков, требующих особого внимания:

структура и ответственность;

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

внутренние и внешние коммуникации;

вовлечение сотрудников;

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

эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

программа технического обслуживания;

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

обеспечение соответствия экологическому законодательству.

6. Проверка эффективности и принятие корректирующих действий, требующих особого внимания:

мониторинг и измерения;

ведение документации;

независимый (где это практически возможно) внутренний и внешний аудит с целью оценки экологических показателей и определения того, соответствует ли СЭМ запланированным мероприятиям и была ли она должным образом внедрена и поддерживается;

оценка причин несоответствий, выполнение корректирующих действий в ответ на несоответствия, анализ эффективности корректирующих действий и определение того, существуют ли или потенциально могут возникнуть подобные несоответствия.

7. Обзор СЭМ и ее постоянной пригодности, адекватности и эффективности со стороны высшего руководства.

8. Подготовка регулярного экологического отчета.

9. Валидация органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ.

10. Отслеживание информации о развитии более чистых технологий.

11. Учет воздействия на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации на этапе проектирования новой установки и в течение всего срока ее эксплуатации.

12. Применение отраслевого сравнительного анализа на регулярной основе.

13. Система управления отходами.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей и поддерживание высокого уровня эффективности этих показателей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

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

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

дисциплины технологии;

использования современных технологий;

внедрения технического перевооружения.

Так, например, переход плавильного производства стали на прогрессивную технологию непрерывной разливки способствует снижению вредных выбросов в атмосферный воздух на 5,3 тыс. тонн в год [84].

Кросс-медиа эффекты

Отсутствует.

Технические соображения, касающиеся применимости

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

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения СЭМ являются:

улучшение экологических показателей;

совершенствование основы для принятия решений;

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

повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции;

снижение ответственности, страхования и затрат на несоблюдение требований.

4.3. Система управления энергоэффективностью в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001

Описание

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

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 [67].

Руководства и процедуры системы должны уделять особое внимание следующим вопросам:

организационной структуре системы;

ответственности персонала, его обучению, повышению компетентности в области энергоэффективности;

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

вовлечения персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

ведения документации и обеспечения эффективного контроля производственных процессов;

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

определения 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, связанном с последующим выводом их из эксплуатации;

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

Достигнутые экологические выгоды

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

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяют снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1-3 % (на начальном этапе до 10-20 %), что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов [23,24,25]. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ) , эти направления деятельности характеризуются синергией. В Казахстане пока приоритет в этой области отдается именно вопросам энергетической эффективности.

Кросс-медиа эффекты

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

Технические соображения, касающиеся применимости

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

стандартизированная) будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

Повышение уровня мотивации и вовлечения персонала является важной движущей силой внедрения и работы СЭнМ. Например, в 2015 году на Магнитогорском металлургическом комбинате сотрудниками было подано более 600 идей, затраты на их реализацию составили более 3,8 млрд. рублей, а годовой экономический эффект – более 2,4 млрд. рублей. Выплаты по системам мотивации составили за этот период более 800 млн. рублей. Было внедрено 128 идей, эффект составил более 311 млн. рублей. В проработке находились 478 проектов, и затем 126 было реализовано [23].

4.4. Мониторинг и контроль технологических процессов.

Описание

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

Техническое описание

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

Проверка и выбор исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами и методами борьбы с загрязнением. К стандартным процедурам относятся следующие (большинство процессов подразумевают письменную форму): проверка грузовых документов; визуальная проверка соответствия доставленных материалов описанию, приведенному в контракте, и сопроводительным грузовым документам; определение массы.

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

визуальный осмотр;

выборочный проверочный анализ в зависимости от типа материала;

тест на радиоактивность;

приемка (или отбраковка) исходных материалов;

направление в зону хранения;

разгрузка, проверка и очистка транспортных средств, если это необходимо;

если необходимо и возможно, сортировка посторонних веществ, при необходимости возврат поставщику или соответствующая утилизация; соответствующая обработка - при необходимости выполнение процесса "адаптации";

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

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

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

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

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

непрерывный мониторинг вибрации для обнаружения блокировок и возможных поломок оборудования;

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

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

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

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

Мониторинг и контроль температуры в плавильных печах необходимы для предотвращения образования металлов и оксидов металлов в результате перегрева.

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

Коэффициент кислорода в печи можно автоматически контролировать с помощью математической модели, которая позволяет прогнозировать изменения в составе подаваемого материала и температуры печи; данная модель может основываться более чем на 50 переменных процесса.

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

Операторы, инженеры и другие лица проходят регулярное обучение и оценку знаний в сфере использования инструкций по эксплуатации, описанных современных методов управления и значимости аварийных сигналов и действий, которые необходимо предпринять в случае нештатных ситуаций. Также применяются системы охраны окружающей среды и обеспечения качества.

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

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

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

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

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других соединений в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эксплуатационные данные не предоставлены.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости, повышение энергоэффективности и культуры обслуживания.

Технические соображения относительно применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа.

Экономика

Информация по конкретным процессам не предоставлена, но известно, что процессы являются экономичными.

Движущая сила для осуществления

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и обеспечения наличия ресурсов.

4.5. Контроль качества сырья и топлива

Руды и концентраты

Для хранения руд и концентратов (если они образуют пыль), других пылящих материалов в большинстве случаев используются закрытые склады, укрытые штабеля и бункеры. Руды и концентраты обычно используются на крупных установках, поэтому в качестве основного места хранения бункеры используются не часто, но они могут использоваться для промежуточного хранения либо для приготовления рудных/ флюсовых смесей. Для хранения крупных фракций окомкованного материала используются открытые штабеля, размещаемые на площадках с твердым, влагонепроницаемым покрытием (бетонированные площадки) для предотвращения материальных потерь, загрязнения почв и сырья. Некоторые крупнокусковые материалы не размещают на площадках с твердым покрытием из-за возможных повреждений покрытия. Для разделения руд разного качества между их штабелями часто оставляют проходы.

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

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

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

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

Для взвешивания руд и флюсов с целью получения оптимальных смесей и улучшения технологического контроля используются системы дозирования "по изменению веса" и конвейерные весы, дозаторы.

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

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

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

Топливные ресурсы

Топливо, используемое в металлургических процессах, может быть использовано как источник тепла и как восстановитель или одновременно, исходя из целей для каждой конкретной установки. Топливо может доставляться на площадку с помощью систем трубопроводов, либо посредством транспортных средств (автомобильным, железнодорожным транспортом).

Жидкое топливо

Для доставки наиболее часто используются автомобильные и железнодорожные цистерны. Для систем хранения топлива на площадке характерно использование резервуаров с вентилируемой или плавающей крышей, размещаемых в закрытых зонах, либо внутри обвалования, емкость которого достаточна для удержания содержимого самого большого резервуара (или 10 % от общего объема всех резервуаров, в

зависимости от того, что больше). Часто практикуется дренирование испарений от резервуаров для возврата обратно в загрузочный резервуар, за исключением случаев использования плавающей крыши. При доставке жидкого топлива и сжиженных газов используется автоматическая повторная герметизация соединяющих трубопроводов. Питающие соединения находятся внутри обвалованной территории.

Общепринятой практикой являются регулярные проверки содержимого резервуара для обнаружения утечек и определения безопасного объема загрузки. Используются системы подачи сигналов тревоги. В некоторых случаях применяется инертная атмосфера.

Для доставки жидкого топлива могут также использоваться трубопроводные системы, включающие резервуары промежуточного хранения. Раздача топлива для технологических нужд из резервуаров хранения обычно производится по воздушным трубопроводам, сервисным траншеям или реже по подземным трубопроводам. Для предотвращения повреждения воздушных трубопроводов используются барьеры. Использование подземных трубопроводов может затруднять выявление утечек топлива , которые могут повлечь загрязнение почвы и подземных вод.

При наличии риска загрязнения грунтовых вод территория для хранения должна быть изолирована и устойчива к воздействию хранящегося материала.

Газообразное топливо

Для доставки газообразного топлива используются системы трубопроводов. Доставка газа часто связана с применением оборудования для понижения давления или иногда компрессорного оборудования. В любом случае для выявления утечек часто используют измерение давления и объема, а для контроля состояния атмосферы на рабочих местах и поблизости от резервуаров хранения – газовые датчики.

К числу общепринятых методов относится распределение газа с помощью воздушных трубопроводов или трубопроводов, размещаемых в сервисных траншеях; при этом, применяются соответствующие методы защиты этих трубопроводов от повреждений.

Твердое топливо

Для доставки твердого топлива используется автомобильный, железнодорожный или водный транспорт. В зависимости от типа (например, кокс, уголь) и риска пылеобразования топливо хранят в бункерах, закрытых штабелях, открытых штабелях или в зданиях. Открытые штабели используются нечасто, но там, где они применяются, их проектируют с откосом с наветренной стороны; могут устанавливаться ограждающие стены для уменьшения воздействия ветра и сохранения материала. Материал может перегружаться конвейером, грейфером или фронтальным погрузчиком .

Конвейерные системы проектируются с минимальным числом поворотов и минимальной высотой падения на этих поворотах, чтобы сократить потери и

пылеобразование. В зависимости от риска пылеобразования используются закрытые, укрытые или открытые конвейеры, при необходимости используются системы фильтрации и пылеочистки. При использовании открытых конвейеров пыление может возникать при слишком быстром движении конвейера (т. е. свыше 3,5 м/с). С целью предотвращения потерь для очистки возвратной секции конвейера используются ленточные скребки.

Для предотвращения выбросов пыли может контролироваться влажность топлива. Выбросы пыли возможны при использовании сухого и тонкодисперсного материала. Здесь сокращению воздействия может способствовать наличие в контракте на поставку топлива его спецификации с указанием параметров влажности и приемлемой концентрации тонкодисперсных фракций.

Для предотвращения пылеобразования под воздействием ветра и поверхностного окисления топлива над открытыми штабелями в некоторых случаях разбрызгиваеются вода или связующие агенты (такие как поливинилацетат или меласса). Поскольку твердые частицы могут быть смыты в дренажные системы, для предотвращения загрязнения стоков с открытых штабелей часто используется осаждение этих стоков.

Твердое топливо может транспортироваться по площадке при помощи грузовых автомобилей, конвейера, пневматических систем. Часто в качестве временных или резервных хранилищ используются силосы или бункеры.

Эти системы обычно включают пылеулавливающее и фильтрующее оборудование.

Используемые реагенты

Кислоты и щелочи, другие химические реагенты часто используются в основных технологических процессах для выщелачивания металлов, осаждения соединений или в очистном оборудовании, а также могут производиться в ходе основного технологического процесса.

Поставщик, как правило, указывает требования к условиям хранения таких материалов. Многие из этих реагентов могут взаимодействовать между собой, что учитывается при определении методов их хранения и переработки: обычно применяется раздельное хранение химически активных материалов. Жидкости обычно хранятся в бочках или резервуарах на открытых или закрытых обвалованных территориях; при этом для таких территорий используются покрытия, устойчивые к воздействию кислот и химических веществ. Твердые материалы обычно хранятся в бочках или мешках МКР (биг-бэгах) в помещениях с изолированными дренажными системами; для хранения некоторых материалов, таких как, например, известь, используются силосы. Применяются пневматические транспортные системы.

В производстве свинца, как и других цветных металлов, для различных целей используются газы, в частности, в больших объемах могут применяться технологические газы. Потребление отдельных видов газов оказывает влияние на методы их транспортировки и распределения.

Для улучшения сгорания, обеспечения окисления и улучшения процесса конвертирования используется кислород; для восстановления оксидов металлов используются природный газ, бутан или пропан. Диоксид углерода, азот и аргон используются для обеспечения инертной атмосферы и дегазации расплавленного металла. Окись углерода и водород используются в основных технологиях. Водород и диоксид серы используются для восстановления оксидов и солей. Хлор и кислород используются в процессе выщелачивания.

Оператор может производить газы на своей площадке для собственных нужд, хотя известны случаи выпуска газов по контрактам для поставки на другие площадки. На некоторых объектах для улучшения горения используется кислород, а для подавления искрения воспламеняющихся материалов – азот. Для производства обоих этих газов используются одни и те же криогенные процессы или процессы, основанные на перепадах давления; производимый низкокачественный азот может применяться в ряде операций, требующих инертной среды. Аналогичным образом дымовые газы с низким содержанием кислорода могут использоваться для предотвращения самовозгорания.

Газы могут транспортироваться в цистернах или по трубопроводам. Контроль объема запасов и давления обеспечивает обнаружение утечек для всех газов.

Для смешивания газов (например, приготовления смесей аргона и хлора) используются балансировка и слияние потоков. При небольших потребностях могут поставляться предварительно смешанные газы.

Распределение газов внутри площадки обычно обеспечивается воздушными трубопроводами, снабженными надежными системами защиты от повреждений.

4.6. Общие принципы мониторинга и контроля эмиссий

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанными на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами.

Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду. Одним из наиболее важных вопросов является контроль эффективности процессов, связанных с очисткой выбросов, сбросов, удалением и переработкой отходов для того, чтобы можно было провести анализ о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлении и устранении возможных аварий и инцидентов.

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого сырьевого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения эмиссий , при этом она должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по тому параметру, мониторинг которого проводится. В большинстве случаев для

получения информации о концентрации загрязняющих веществ в отходящих потоках используются среднесуточные значения или среднее значение за определенный период выборки.

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

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

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

режим работы установки и возможные причины его изменения;

потенциальная опасность выбросов;

время, необходимое для отбора проб, с целью получения репрезентативных данных.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором может быть отмечено максимальное воздействие на окружающую среду (максимальная нагрузка).

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

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

Для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах могут быть использованы произвольный отбор проб или показатели объединенных суточных проб (в течение 24 часов), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

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

Мониторинг эмиссий может проводиться как прямым методом (инструментальные замеры), так и непрямым методом (расчетные методики). При этом метод, основанный на проведении инструментальных замеров, зависит от частоты отбора проб и может

быть периодическим или непрерывным. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки. В таблице 4.1 приведены основные отличительные характеристики непрерывных и периодических измерений.

Таблица 4.1. Сравнение непрерывных и периодических измерений

№ п/п	Характеристика	Непрерывные измерения	Периодические измерения
1	2	3	4
1	Период отбора проб выбросы/сбросы ЗВ	Измерения охватывают все или практически все время, за которое происходят выбросы/ сбросы	Отдельные замеры служат представлением данных об эмиссиях за долгосрочный период
2	Скорость	Возможность получения результатов в онлайн режиме	Результаты в режиме реального времени доступны только при использовании инструментальных анализаторов. Отсроченные результаты получают при ручном отборе проб с проведением последующего лабораторного анализа
3	Усреднение результатов	Результаты могут быть усреднены за любой необходимый период (30 минут, 1 час, 24 часа и др .)	Усреднение результатов привязано к продолжительности периода отбора проб (интервал от 30 минут до нескольких часов)
4	Калибровка и отслеживаемость измерений	Автоматизированные системы мониторинга (АСМ) требуют калибровки и настройки согласно сертифицированным справочным материалам в период техобслуживания	Могут быть использованы ручные или автоматизированные методы
5	Сертификация оборудования	Сертификация оборудования доступна	Доступна сертификация переносного оборудования
6	Затраты на установку и обслуживание	Обычно выше, чем затраты на периодические измерения, 32 800 евро/год	Обычно ниже, чем затраты на АСМ 4000 евро/год

4.6.1. Компоненты мониторинга

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

Таблица 4.2. Перечень загрязняющих веществ

№ п/п	Компонент/вещество	Определение
1	2	3
1	Пыль (общая)	Твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе
2	Металлы и их соединения	Zn, Cd, Pb, Hg, Se, Cu, As
3	SO_2	Диоксид серы
4	NO	Оксид азота
5	NO_2	Диоксид азота
6	CO	Окись углерода
7	ЛОС*	Летучие органические соединения
8	ПХДД/Ф*	Полихлоридный дибензопародиоксин/фтор
9	HCl**	Газообразные хлориды, выраженные в виде HCl
10	HF**	Газообразные фториды, выраженные в виде HF
11	H_2SO_4***	Серная кислота

* выделяются при производстве вторичного свинца;

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

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

4.6.2. Исходные условия и параметры

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать как метеорологические условия:

температура окружающей среды;

относительная влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общее погодное состояние (облачность, наличие осадков).

так и технологические параметры газовоздушной смеси:

объемный расход температура отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);

содержание водяных паров;

статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

содержание кислорода.

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

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

количество загружаемого сырья;

производительность;

температура горения (или скорость потока);

температура катализатора;

количество подсоединенных аспирационных установок;

скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли электрофильтром вместо концентрации пыли;

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

датчики утечки, устанавливаемые на пылегазоочистном оборудовании (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышеперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки дымовых газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких как напряжение и электричество (электрофильтры), перепад давления (рукавные фильтры), pH орошающей воды (скрубберы) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

4.6.3. Периодический мониторинг

Периодический мониторинг - измерения (наблюдения), проводимые через определенные интервалы времени при помощи инструментальных замеров. Интервал отбора проб устанавливается исходя из цели измерений, условий эксплуатации производственного объекта, при которых необходимо проводить измерения (нормальные условия эксплуатации и/или условия эксплуатации, отличные от нормальных, если они известны заранее).

В большинстве случаев частота проведения замеров регулярна - один раз в месяц, один раз в квартал или один/два раза в год. Количество отбираемых проб может быть различным, в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения объективных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время отбора проб, точки отбора проб, определяемые вещества (загрязняющие вещества и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе при определении целей мониторинга. Продолжительность отбора пробы определяется как период времени, в течение которого берется проба. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также может быть и 60 минут, в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места 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.

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

4.6.4. Непрерывный мониторинг

Непрерывный контроль включает измерение при помощи автоматических измерительных систем.

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

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

В металлургической отрасли пыль может содержать токсичные компоненты, поэтому непрерывный мониторинг пыли важен не только для оценки соответствия, но

также для оценки того, имели ли место какие-либо сбои при эксплуатации пылегазоочистного оборудования.

Даже в случаях, когда абсолютные значения нельзя считать надежными, применение непрерывного контроля может производиться для обнаружения тенденций в выбросах и контрольных параметрах технологического процесса или очистной установки.

4.6.5. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух

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

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

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

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

контроль эффективности эксплуатации пылегазоочистного оборудования;

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

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

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

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

инструментально-лабораторный - основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения), а также использованием расчетных методов, основанных на использовании методологических данных, в случаях, когда измерение выбросов технически невыполнимо или экономически нецелесообразно.

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

Мониторинг концентраций ЗВ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся

специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. Для измерений образец дымового газа извлекается из газохода, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий путем непрерывных измерений (автоматизированный мониторинг) осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, а также в газоходе с соблюдением действующих в Республике Казахстан стандартов отбора проб.

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

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

Особое внимание следует уделять 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 осаждений 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 относительны или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать стандартам производственной гигиены и техники безопасности, быть легко и быстро достижимы и иметь должные размеры.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и может быть определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

Мониторинг неорганизованных выбросов, попадающих в атмосферу от неплотностей технологического оборудования, должен проводиться с помощью оборудования для обнаружения утечек летучих органических соединений (ЛОС). Если объемы утечек малы и их невозможно оценить инструментальными замерами, то может применяться метод массового баланса в сочетании с отдельными измерениями концентраций загрязняющих веществ.

Описанные методы для мониторинга неорганизованных выбросов были разработаны с учетом международного опыта и находятся на той стадии, когда они не могут выдать точные и надежные фактические показатели, однако они позволяют показывать ориентировочные уровни выбросов или тенденции возможного увеличения выбросов за определенный период времени. В случае применения одного или нескольких предлагаемых методов необходимо учитывать местный опыт использования, знания местных условий, особой конфигурации установки и т. п.

4.6.6. Мониторинг сбросов в водные объекты

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

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

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

pH 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).

4.6.7. Управление отходами

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

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

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должны обеспечивать условия, при которых образующиеся отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье персонала

предприятия при необходимости временного накопления производственных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом процессе или направления на объект для размещения).

Система управления отходами заключается в следующем:

идентификация образующихся отходов;

раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;

сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;

транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду, а также воздействие погодных условий на состояние отходов.

Характерными для производства свинца отходами и побочными продуктами являются:

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

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

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

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

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

Образующиеся при переработке свинец-содержащей пыли мышьяксодержащие промпродукты являются источником образования мышьяксодержащих отходов (известково-мышьяковистый кек, мышьяк-железосодержащий отход). Мышьяксодержащие отходы после затаривания подлежат транспортировке для захоронения на специализированных площадках.

Бедный гранулированный шлак, образующийся при восстановительной плавке свинецсодержащего сырья, а также при процессах фьюминговании, являясь техногенным минеральным образованием, складируется на специализированных площадках с возможностью повторного использования в закладочной смеси либо передачи заинтересованным сторонам для дальнейшего использования, например, при производстве цемента.

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

технологические процессы и оборудование, связанные с образованием отходов;

системы транспортировки, обработки, утилизации и обезвреживания отходов;

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

Воздействие отходов производства и потребления на компоненты окружающей среды является косвенным и выражается в загрязнении атмосферного воздуха и почвенных ресурсов при пылении или разносе компонентов отходов под воздействием ветра, попадании составляющих отходов в водные объекты с талыми водами и атмосферными осадками, повышенном содержании микрокомпонентов, входящих в состав отходов, в растительности территории, расположенной близ производственного объекта.

4.7. Управление водными ресурсами

Водопотребление

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

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

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

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

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

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

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

Водоотведение

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

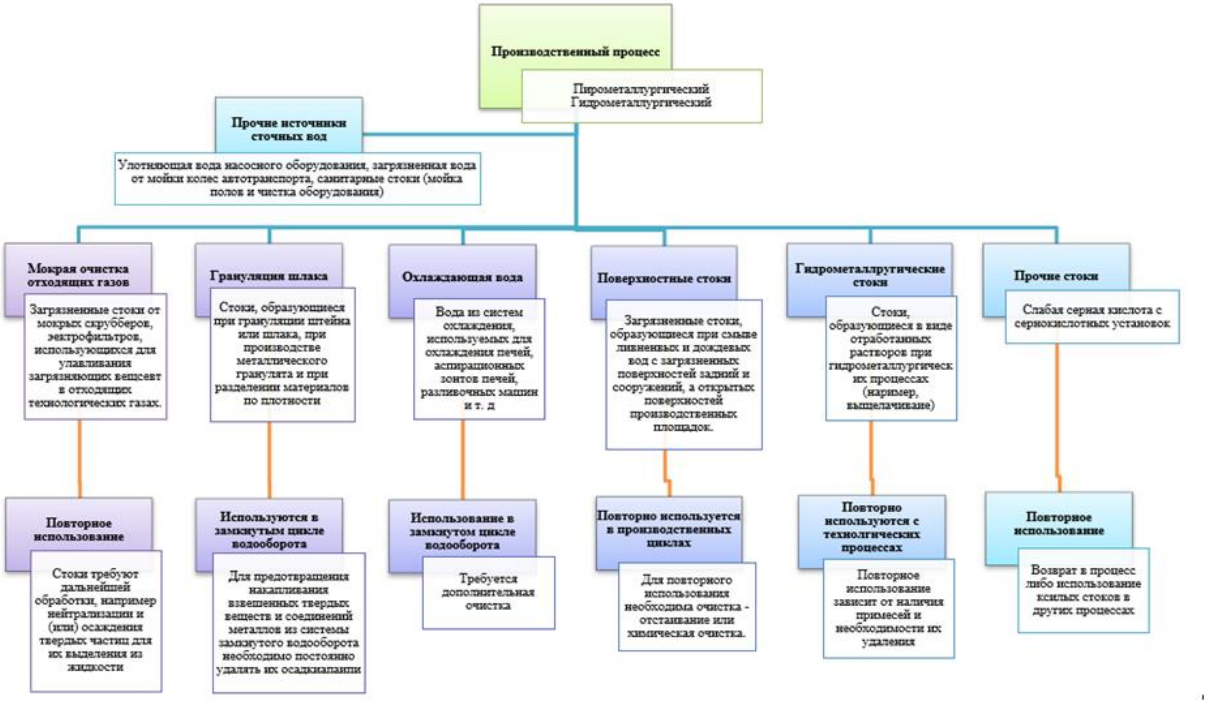


Рисунок 4.1. Сточные воды и методы обращения с ними

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

4.8. Управление технологическими остатками

Свинцовое производство из первичного и вторичного сырья связано с потенциальным получением широкого ассортимента побочных продуктов, промежуточных продуктов и отходов. Эти остатки возникают на разных этапах производственного процесса, таких как металлургические операции и процесс плавки, а также очистка отходящих газов и сточных вод [60, 61]. Содержание и ценность содержащихся в остатках элементов влияют на их возможности повторного использования. При любом отнесении остатков к отходам для удаления следует это учитывать. Вещество может описываться как отход либо вторичное сырье в зависимости от специфики его образования, транспортировки и использования или извлечения.

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

Уже много десятилетий многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов, и давно установлена широкая сеть металлургических производств для увеличения извлечения металлов и снижения количества отходов для удаления. Также широко известно, что производящие металл отрасли имеют один из

самых высоких показателей повторного использования среди всех отраслей промышленности: большинство из образуемых побочных и промежуточных продуктов и отходов возвращаются в производство или повторно используются как в самой отрасли цветной металлургии, так и в других отраслях.

Так, на отечественном свинцовом заводе шлаки используются в качестве бетонозакладочных смесей в выработанные пустоты шахт либо в случае спроса направляются на цементные заводы как железокальциевый реагент в цементную смесь. Единственным отходом является железомышьяковый кек, направляемый на специализированные площадки.

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

4.9. Шум

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами в данном секторе промышленности, а их источники встречаются во всех отраслях.

Образование шума сопровождает все стадии производственного процесса от подготовки сырья до процесса получения, складирования, выгрузки и отправки готовой продукции. Основными источниками образования шума на предприятиях цветной металлургии являются:

транспорт, используемый при разгрузке и погрузке сырья и материалов;

производственные процессы, связанные с пирометаллургическими операциями и измельчением материалов;

двигатели авто- и спецтехники;

трансформаторы и выпрямители;

вентиляторы (вентиляционные камеры);

компрессоры;

насосное оборудование;

транспортировка сред в системах (конвейерные ленты и др.), не имеющих оптимальных размеров;

транспортировка на территории и вблизи объекта, включая железные дороги;

очистка технологического оборудования;

срабатывание автоматических систем сигнализации и др.

Шум и вибрация могут быть измерены несколькими способами, но, как правило, они являются специфическими для каждой площадки, при этом необходимо учитывать частоту звука и местоположение населенных пунктов.

Новые установки могут характеризоваться низким уровнем шума и вибрации. Надлежащее техническое обслуживание предотвращает разбалансировку оборудования (вентиляторы, насосы). Соединения между оборудованием могут быть

сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума.

Для уменьшения шума применяются следующие методы:

устранение причин шума в источнике его образования (тщательная настройка установок, издающих шум);

изменение направленности излучения - использование насыпей для экранирования источника шума;

рациональная планировка предприятий и цехов;

звукоизоляция (использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования);

звукопоглощение (использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум);

применение средств индивидуальной и коллективной защиты.

Наиболее действенным способом борьбы с шумом является уменьшение его в источнике образования путем применения технологических и конструктивных мер, организации правильной наладки и эксплуатации оборудования. К конструктивным и технологическим мерам, позволяющим создать механизмы и агрегаты с низким уровнем шума, относят совершенствование кинематических схем. Своевременная смазка, тщательная регулировка, подтягивание болтовых соединений, замена изношенных частей, негодных фланцев и резиновых прокладок также приводят к уменьшению шума. В борьбе с вредным действием шума на производстве большое значение имеет правильная организация периодических перерывов в работе.

Изменение направленности излучения шума достигается соответствующей ориентацией установок по отношению к рабочим местам.

При рациональной планировке наиболее шумные источники должны располагаться по возможности дальше от другого оборудования. При этом шумные источники должны оказывать минимальное влияние на жилые массивы. Уменьшение шумов достигается также применением средств коллективной и индивидуальной защиты. Средствами коллективной защиты являются акустическая обработка рабочих помещений, улучшение герметичности дверных и др. проемов, которые позволяют уменьшить проникновение шума из этих помещений.

Одним из широко используемых на практике методов снижения шума на предприятиях является применение звукопоглощающих облицовок, которые служат для поглощения звука в помещениях с самим источником шума и в изолированных от него.

Для снижения уровня шумового воздействия возможно применение одного или комплекса мероприятий, указанных выше.

Влияние шума на операторов внутри установки не рассматривается в рамках данного документа.

4.10. Запах

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

Методы борьбы с загрязнением, описанные ранее в этой главе, также способствуют предотвращению или устранению запахов.

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

Методы, применяемые для контроля запахов:

предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом;

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

обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно.

Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим в случае разбавления материалов с резким запахом. Для очистки очень больших объемов газа с низкой концентрацией пахучих материалов требуется крупная технологическая установка.

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. Приемка, транспортировка и хранение сырья

5.1.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов

Описание

Методы или совокупность методов для предотвращения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов.

Техническое описание

При выборе метода предотвращения/снижения неорганизованных выбросов при хранении необходимо учитывать физико-химические свойства материала, такие как размер частиц, токсичность, содержание влаги и др. Представленные методы (конструктивные и технические решения) являются общеприменимыми и могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Первостепенным методом снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов (руды, свинцовые концентраты, флюсы, кокс, тонкодисперсные материалы, продукты процесса агломерации, растворители и кислоты, а также вещества, содержащие водорастворимые органические соединения) на открытых площадках является необходимость изолирования данных источников путем экранирования, устройства перегородок или высадки полос вертикальной растительности (естественных или искусственных насаждений) для препятствования раздувания пыли ветром, а также сооружения укрытий для непылящих материалов. Эффективным решением для предотвращения выбросов является использование для хранения материалов закрытых помещений (складов), закрытых емкостей (бункеры, силосы) или полностью автоматизированных систем хранения. При этом необходимо учитывать следующие аспекты:

проектирование и строительство мест хранения должны проводиться в соответствии с установленными стандартами;

ремонтные работы и техническое обслуживание должны проводиться по установленному графику работ;

при проектировании мест хранения необходимо учитывать системы контроля и проверки складируемых материалов для предотвращения и выявления возможных утечек;

использование герметичной упаковки;

места хранения нерастворимых материалов должны иметь непроницаемые и герметичные поверхности (забетонированные площадки) для предотвращения загрязнения почвенного покрова, а также должны быть оборудованы дренажными системами;

места хранения восстановителей, таких как кокс, должны быть спроектированы с учетом пожароопасных свойств хранимого материала.

Для предотвращения возможных случаев самовозгорания необходимо проводить регулярные обследования таких участков;

системы хранения опасных материалов (кислоты, щелочи) должны быть заключены в непроницаемые обваловки, размеры которых способны вместить по меньшей мере объем самого большого резервуара для хранения в пределах обваловки;

раздельное хранение несовместимых материалов (например, окислители и органические материалы);

использование водяных распылителей или туманообразующих распылителей (создание водяных туманов без переувлажнения материала), для подавления пыли. При использовании распылителей необходимо уплотнить поверхность основания и обеспечить сбор избыточной воды, которую можно использовать в оборотном цикле. Увлажнение сыпучих материалов, руды и пыли резко сокращает пыление по всем трактам движения и складирования этих материалов. Для проведения операции пылеподавления используют автоматические стационарные распылители и специальные автомобили. Равномерное увлажнение обеспечивают расположением и подбором форсунок, давления воды, высоты распыления. Каждый материал имеет свою предельную влажность, при которой не происходит пылевыделение, для пыли она равна 18-20 %.

материалы, используемые для изготовления резервуаров, должны быть устойчивы к материалам, которые в них хранятся, альтернативным методом является использование резервуаров с двойными стенками;

использование надежных систем обнаружения утечек и индикации уровня заполнения емкостей с подачей сигналов для предотвращения их переполнения;

оборудование мест загрузки и перегрузки системами пылегазоулавливания, как источников наибольшего пылеобразования (улавливание пылегазовыделений с помощью цеховых фонарей, зонтов, местных укрытий (колпаков), защитных кожухов);

проведение регулярной очистки места хранения.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неорганизованных выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Обычно на свинцовых 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 м. Каждый отсек предназначен для хранения определенного материала и имеет емкость 950–1300 м^3. Обогреваемое днище в отсеках позволяет отогревать смерзшиеся концентраты [32].

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

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

Концентраты складывают в штабеля и выдают со склада грейферными кранами. Кран подает концентрат в небольшой приемный бункер, из которого с помощью

ленточного питателя концентрат попадает на наклонный ленточный транспортер и направляется на приготовление шихты.

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

Использование интегрированных систем отбора проб позволяет определять и контролировать качество сырья, посыпающего на хранение.

В компании "Umicore" Хобокен складские помещения для сырья полностью закрыты. Проводится интенсивная уборка дорог и площадей на производственных площадках и ближайших окрестностях. Зоны интенсивного пылеподавления орошаются водой, используется ветровой барометр, в соответствии с которым обработка и перемещение сырья ограничиваются или откладываются в зависимости от погодных условий [85].

В марте 2021 года на металлургическом заводе KGHM (Глогов) было завершено строительство склада для свинецсодержащих материалов, оснащенного системами орошения водой и закрытой системой сбора фильтрата, для предотвращения неорганизованных выбросов [86].

Внедрение в 2020 году системы пылеподавления на открытом и закрытом складе железнорудного сырья ПАО "ММК" способствовало сокращению неорганизованных выбросов пыли на 200 тонн. Система пылеподавления, смонтированная в цехах подготовки аглошихты, состоит из двух стадий: первичное пылеподавление происходит благодаря форсуночным системам, которые обеспечивают локализацию пыли в границах склада, предотвращая тем самым пылеунос при выгрузке материала. Вторичное пылеподавление осуществляется снегогенераторами. Эффективность использования системы составляет более 70 %. Система локального пылеподавления была применена в углеподготовительном цеху, в самых запыленных точках. На сегодняшний день цех оборудован пятью системами пылеподавления, что позволило добиться заявленной эффективности в 80 % [87].

В 2021 году на территории Среднеуральского медеплавильного завода (предприятие металлургического комплекса УГМК) был установлен пневмокаркасный ангар для хранения медного концентрата с функцией автоматической подкачки воздуха с интеллектуальной системой контроля. Необходимость в установке надувного ангара обосновывалась необходимостью дополнительных мест хранения концентратов в период проведения капитального ремонта в медеплавильном цеху [88].

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:

эксплуатации систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала, увлажненного в процессе пылеподавления, при использовании распыления водой.

Дополнительные расходы воды на увлажнение материалов.

Вероятность образования дополнительных отходов, которые могут образовываться в процессе технического обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо

Экономика

При закрытых складах сокращаются потери материалов, следовательно, и ценностей, в ней заключенных, до минимума, что быстро окупает затраты на их сооружение.

В 2007–2008 завод "Metallo-Chimique" в Бельгии инвестировал 6,5 млн евро в крытую зону хранения пылящих материалов. Зона хранения занимает 8000 $м^2$ и 180000 $м^3$ и имеет максимальную емкость складских помещений в 20000 тонн. Максимальная производительность склада - 50000 тонн/год.

Внедрение в 2020 году системы пылеподавления на открытом и закрытом складе железнорудного сырья ПАО "ММК" потребовало инвестиций в размере 60 млн рублей [87].

Стоимость и реализация проекта по установке пневмокаркасного ангара на Среднеуральском медеплавильном заводе оказались на более чем 80 % ниже тех, что понадобились бы при капитальном строительстве обычного склада [88].

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.1.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях

Описание

Методы или совокупность методов, 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, разгрузки, выбросы которых прямо пропорциональны интенсивности ветра;

взвеси дорожной пыли, поднимаемой при эксплуатации транспортных средств;

выбросы органических соединений при операциях, связанных с жидкостями (жидкое топливо, реагенты, кислоты и щелочи) и газами, в том числе утечки их систем трубопроводов.

Для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов пыли в ходе операций погрузки и выгрузки площадки обычно оборудуются одним и более пылегазоочистным устройствами (например, рукавный фильтр).

Для снижения выбросов пыли от штабелей применяются увлажнение поверхности участков загрузки и выгрузки, а также регулирование высоты конвейеров. В том случае , если не удается избежать неорганизованных выбросов пыли, их уровень можно снизить подбором высоты разгрузки материала, а также высоты штабелей. Все операции проводят либо в автоматическом режиме, либо со снижением скорости разгрузки.

К мерам, применяемым по предотвращению загрязнения окружающей среды при транспортировке/перемещении сырья и материалов, относятся:

использование вакуумных систем, оборудованных вентиляционной системой для улавливания и очистки воздуха;

использование пневматических систем или закрытых конвейеров для транспортировки мелких и пылящих материалов, оборудованных эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих концентратов, флюсов, пульпы, промпродуктов;

размещение перегрузочных конвейеров и трубопроводов на безопасных, открытых участках над поверхностью земли для своевременного обнаружения возможных утечек и устранения их последствий;

размещение разгрузочных площадок в пределах обваловок для возможности сбора пролитого материала;

регулирование скорости движения ленточных конвейеров без укрытия (<3,5 м/с);

размещение конвейеров для непылящих твердых материалов под навесами;

регулирование (уменьшение) высоты падения материала с конвейерных лент;

очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов;

распыление воды для увлажнения материалов в местах их обработки, а также удаления осевшей пыли;

искусственные и естественные (дождевая вода) потоки сточных вод, смывающие пыль с поверхности площадок, должны собираться и проходить очистку перед попаданием их в естественные водоемы для максимального извлечения цветных металлов;

минимизация материальных потоков между процессами;

использование максимально коротких маршрутов транспортировки.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неорганизованных выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование интегрированных систем отбора проб и анализов для определения качества транспортируемого материала, планирования и подготовки операций по дальнейшей обработке.

Таблица 5.1. Различные типы механических конвейеров и пневмотранспорта

№ п/п	Наименование транспортера	Ориентированность в пространстве	Экологичность	Энергопотребление при производительности 50 т/час	Надежность
1	2	3	4	5	6
1	Ленточный конвейер	Горизонтальное и наклонное направление. Максимальный угол до 25°. Произвольное количество зоны загрузки. Не гибкий	Пыление во время работы. Открытая транспортировка	До 15 кВт	Срок службы ленты в зависимости от материала и режима работы 3–6 месяцев.
2	Пластинчатый конвейер	Горизонтальное и наклонное направление до 45 °	Пыление во время работы. Открытая транспортировка	До 20 кВт	Срок службы транспортных элементов несколько лет.
3	Ковшовый конвейер	Вертикальное до 40 м или наклонное (60-82 ° к горизонтали) перемещение. Ограниченное количество зон выгрузки/ загрузки.	Пыление во время транспортировки и погрузочных операций	От 33 кВт	Срок службы тягового органа 0 ремня или цепи в зависимости от режима эксплуатации от нескольких месяцев до нескольких лет.
4	Винтовой конвейер	Горизонтальное или вертикальное перемещение. Произвольное количество зон загрузки/ выгрузки. Не гибкий.	Пыленепроницаем	22-30 кВт	Срок службы транспортируемого органа винта несколько месяцев Попадание твердых элементов в материал может привести к выходу конвейера из строя.
		Горизонтальное или вертикальное перемещение.			

Использование интегрированных систем отбора проб и анализов для определения качества транспортируемого материала, планирования и подготовки операций по дальнейшей обработке.

5	Пневмотранспорт	Возможность соединения длинных транспортировочных участков в одну транспортировочную систему. Произвольное количество зоны выгрузки.	Обязательное наличие системы аспирации.	Мощность до 55 кВт.	При работе с абразивными материалами образуется выработка на радиусных участках трассы.
6	Трубчатый цепной конвейер	Возможна горизонтальная (до 50 м), вертикальная (до 30 м) и комбинированная транспортировка. Возможность соединения длинных транспортировочных участков в одну транспортировочную систему. Произвольное количество зон загрузки/ выгрузки.	Пыленепроницаем на всех участках	Мощность до 11 кВт	Срок службы тягового органа цепи в зависимости от интенсивности эксплуатации от года до нескольких лет
7	Трубчатые ленточные конвейеры	Предусматривает выполнение горизонтальных и вертикальных криволинейных изгибов по трассе, не требуя дополнительных свободных площадей и устройства перегрузочных станций	Защищает перемещаемый груз от ветра и от осадков, а также полностью предотвращает пыление	Производительность и размеры оборудования подбираются исходя из потребностей	Срок службы определяется характеристикам и используемых материалов для транспортировки.

В 2019 году на заводе "KGHM" (Польша) были проведены работы по герметизации натяжных станций ленточных конвейеров концентратов и усреднительного склада с использованием пневматических транспортных систем для транспортировки и обработки концентратов и мелкозернистого материала [86].

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:

эксплуатации систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала увлажненного в процессе пылеподавления с использованием распыления воды.

Дополнительные расходы воды на увлажнение материалов.

Вероятность образования дополнительных отходов, которые могут образовываться в процессе технического обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.1.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения организованных выбросов пыли

5.1.3.1. Циклоны

Описание

Оборудование для удаления пыли из технологического отходящего газа или потока отработанного газа, основанное на использовании центробежных сил.

Технологическое описание

Циклоны предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при подготовительных, пирометаллургических процессах (предварительная обработка сырья, плавка/обжиг, агломерация и т. д.), а также очистки аспирационного воздуха. Для удаления частиц из отходящего газового потока используется принцип инерции, основанный на создании центробежными силами двойной вихревой воронки внутри тела циклона. Входящий газ приводится в круговое движение вниз по циклону рядом с внутренней поверхностью трубки циклона. В нижней части газ поворачивается и вращается вверх по центру трубки и выходит из верхней части циклона. Частицы в потоке газа под действием центробежной силы вращающегося газа выталкиваются к стенкам циклона, но противопоставляются силе жидкостного сопротивления газа, проходящего через и из циклона. Крупные частицы достигают стенки циклона и собираются в нижнем бункере, тогда как мелкие частицы покидают циклон с выходящим газом и могут быть удалены другими методами очистки, такими, как рукавные фильтры, электрофильтры, скрубберные системы.

Мокрые циклоны являются высокоэффективными устройствами, распыляющими воду в поток отходящего газа для увеличения веса твердых частиц и, следовательно, удаления более мелких частиц пыли.

Для очистки больших объемов пылегазовых потоков используют батарейные циклоны (мультициклоны), которые компонуют из большого количества циклонных элементов, объединенных общим пылевым бункером и имеющих специальные устройства для закручивания газового потока. Подача газа для очистки происходит тангенциально или аксиально, после чего газ приводится во вращение лопастями. Правильное газораспределение между циклонными элементами мультициклона является очень важным фактором, так как при неравномерном газораспределении могут произойти реверс или засорение газа. Эффективность мультициклонов зависит от размера частиц и может достигать более 99 %.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов твердых частиц в атмосферу. Снижение нагрузки загрязняющих веществ перед следующими этапами очистки (если применяется). Циклоны применяются для улавливания твердых частиц размером 5–25 мкм (5 мкм с применением мультициклонов). Эффективность варьируется в диапазоне 60–99 % в зависимости от размера частиц и конструкции циклона.

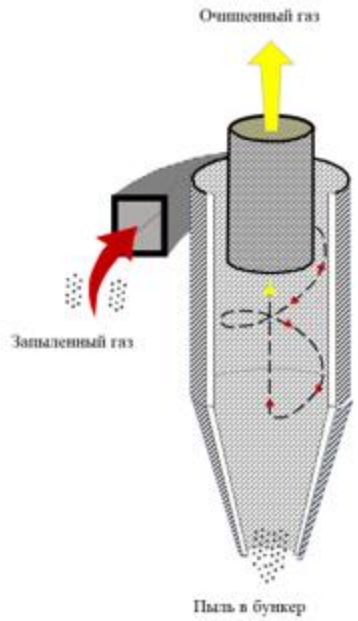


Рисунок 5.1. Конструкция циклона

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень улавливания пыли в значительной степени зависит от размера частиц, конструкции циклона и увеличивается по мере возрастания нагрузки загрязняющим веществом: для стандартных отдельных циклонов данная величина ориентировочно равна 70–90 % для общего количества взвешенных частиц, 30—90 %.

Основные условия эксплуатации циклонов:

1) необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль (для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер);

2) подсос воздуха в нижней части циклона недопустим (бункер для сбора пыли должен быть герметичным, спуск пыли из бункера осуществляется через патрубок с двойным затвором-мигалкой, отрегулированной так, чтобы клапаны работали поочередно);

3) стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше 400 °С и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа;

4) при работе на газе с высокой температурой циклоны внутри футеруют огнеупорными плитками, а выхлопную трубу выполняют из жаропрочной стали или керамики (при низкой наружной температуре минимальная температура стенки циклона должна превышать температуру точки росы не менее чем на 20-25 °С, для обеспечения этого условия стенки циклонов в ряде случаев покрывают снаружи теплоизоляцией);

5) начальная концентрация для неслипающихся пылей в циклонах диаметром 800 мм и более допускается до 400 г/м^3 (для слипающихся пылей и циклонов меньших размеров концентрация пыли должна быть в 2-4 раза ниже);

6) циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов;

7) рекомендуется установка циклонов перед вентиляторами, чтобы последние работали на очищенном газе и не подвергались абразивному износу.

Циклоны наиболее эффективны при высоких скоростях воздуха, малых диаметрах и большой длине цилиндра. Скорость воздуха в циклоне составляет от 10 м/с до 20 м/с, а средняя скорость - около 16 м/с. Колебания значения скорости (снижение скорости) приводят к резкому снижению эффективности очистки.

Эффективность улавливания может быть увеличена при увеличении:

размера частиц и/или плотности;

скорости во впускном канале;

длины корпуса циклона;

числа оборотов газа в циклоне;

отношения диаметра корпуса циклона к диаметру выходного отверстия;

гладкости внутренней стенки циклона.

Эффективность снижается при:

увеличении вязкости газа;

увеличении диаметра камеры циклона;

увеличении плотности газа;

увеличении размеров канала на входе газа;

утечке воздуха в выходное отверстие для пыли.

Требования к техническому обслуживанию циклонов невысоки; должен быть обеспечен легкий доступ для обследования циклона на предмет эрозии или коррозии. Перепад давления в циклоне регулярно контролируется, а система пылеулавливания проверяется на наличие засоров.

В таблице 5.2 представлены некоторые показатели очистки пылегазовых потоков с использованием циклонов, используемых на свинцовом заводе УКМК ТОО "Казцинк".

Таблица 5.2. Эффективность очистки при использовании циклонов

№ п/п	Процесс/ источник пыли	Применяемое оборудование	Кол-во, шт	Концентрация до очистки, г/нм^3	Концентрация после очистки, г/нм^3	Эффективность, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Подготовка и транспортировка шихтовых материалов	ЦН-15	6	1,29	0,36	70,4
2	Транспортировка и пересыпка оборотного агломерата	ЦН-15	8	0,762	0,265	62,1
3	Очистка газов агломерационной машины	ЦН-24	2	14,8	9,4	36
4	Очистка технологических газов шахтной печи	ЦН-24	2	12,45	8,3	30,7
5	Очистка газов от электротермической печи	б/н	6	12,5	4,28	55,4

Мониторинг

Уровень производительности циклона может быть определен путем мониторинга концентрации твердых частиц в потоке входящего и выходящего газа, используя изокинетический зонд для отбора проб или измерительный прибор, на основе УФ, бета-лучей.

Кросс-медиа эффекты

Необходимость утилизации остатков пыли, если повторное использование/ рециркуляция невозможны. Дополнительный расход энергии 0,25–1,5 кВт ч/1000 нм^3. Работа циклонов является источником шума, который необходимо устранять путем ограждения оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Циклоны используются для удаления твердых частиц размером PM_{10}. Для удаления частиц меньшего размера ($PM_{2,5}$) применяются высокоэффективные мультициклоны.

В большинстве случаев циклоны применяются в качестве предварительных очистителей для более эффективных систем, таких как рукавные фильтры (см. раздел 5.1.3.2) и электрофильтры (см. раздел 5.1.3.3), ввиду низких показателей эффективности, которые, как правило, не отвечают нормам загрязнения воздуха. Широко используются после операций дробления, измельчения, а также после процессов распылительной сушки, при предварительной подготовке сырья.

Преимущества использования:

рекуперация сырья (возврат уловленных частиц пыли в технологический процесс);

отсутствие движущихся частей, следовательно, низкие требования к техническому обслуживанию;

низкие эксплуатационные расходы;

низкие инвестиционные затраты;

сухой сбор и удаление, за исключением использования мокрых циклонов;

относительно небольшие требования к площадке размещения.

Применимость может быть ограничена:

относительно низкой эффективностью очистки для мелкодисперсных частиц;

относительно высоким перепадом давления;

наличием в составе очищаемых газов липких или клейких материалов;

шумностью работы оборудования.

Экономика

Как правило одиночные конструкции, применяющиеся для очистки отходящих газов с низкой концентрацией твердых частиц, будут дороже (на единицу расхода и на количество очищенного загрязняющего вещества), чем большая установка для очистки потока отработанного газа с высокой концентрацией.

Так, для одиночного циклона с пропускной способностью 180043000 $нм^3/ч$ и остаточной запыленностью между 2,3 и 230 $г/Нм^3$ эффективность улавливания составляет 90 %. Для мультициклона с пропускной способностью в пределах от 36000 $нм^3/ч$ и 180000 $нм^3/ч$ показатели остаточной запыленности и эффективности аналогичны показателям одиночного циклона.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов твердых частиц с возможностью регенерации (повторного использования в качестве сырья) является основной движущей силой внедрения.

5.1.3.2. Рукавные фильтры

Описание

Очистка отходящих газов от пыли путем пропуска через плотно сплетенную или войлочную ткань, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

Технологическое описание

Использование рукавных фильтров в металлургическом производстве обусловлено их высокой эффективностью очистки от пыли и содержащихся в ней металлов, образующихся на различных этапах производственного цикла (подготовка сырья, плавка, обработка продуктов плавки). Рукавные фильтры изготавливаются из пористой тканой или войлочной ткани, через которую пропускаются газы для удаления частиц. Использование рукавного фильтра требует выбора ткани, подходящей для характеристик отходящего газа и максимальной рабочей температуры. Установка дополнительного оборудования перед рукавными фильтрами, такого как осадочные и холодильные камеры, котлы-утилизаторы, уменьшает вероятность возникновения пожаров, кондиционирования частиц и восстановления тепла отходящего газа перед удалением пыли.

Обычно рукавные фильтры классифицируются в соответствии с методом очистки фильтрующего материала. Необходимо регулярно удалять пыль из ткани для поддержания эффективности экстракции.

Наиболее распространенными методами очистки 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.

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. В таблице 5.3 представлены типы тканей, широко используемых при очистке.

Таблица 5.3. Распространенные ткани, используемые в рукавных фильтрах

№ п/п	Исходный полимер или сырье	Название волокна	Плотность, кг/м3	Термостойкость, °С	Химическая стойкость в различных средах
п р и длительном	п р и кратковременном		щелочи		

воздействии	воздействии	кислоты					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Целлюлоза	Хлопок	1520	65-85	90-95	ОП	Х
2	Протеины	Шерсть	1320	95-100	120	У	ОП
3	Полиамид	Капрон	1140	80-90	120	ОП	ох
4		Номекс	1380	220	260	У	ох
5	Полиэфир	Лавсан	1380	130	160	Х	У-П
6	Полиакрилонетрил	Нитрон	1170	120	150	Х-У	У
7	Полиолефин	Полипропилен	920	85-95	120	ОХ	ОХ
8	Поливинилхлорид	Хлорин, ацетохлорин, ПВХ	1380–1470	65-70	80-90	ОХ	ОХ
9	Политетрафаторэтилен	Фторопласт, олифен	2300	220	270	ОХ	ОХ
10	Полиоксидиазол	Оксалон	-	250	270	Х	
11	Алюмоборосиликатное стекло	Стеклянное волокно	2540	240	315	Х	У-П
12		Керамическое волокно	-	760	1204	ОХ	Х
	ОХ - очень хорошая; Х - хорошая; У - удовлетворительная; П - плохая; ОП- очень плохая.						

Продолжение таблицы

Стойкость в средах		Горючесть	Прочность на разрыв, МПа	Разрывное удлинение, %	Стойкость к истиранию	Влагоемкость, %, при 20 °С	
окисляющие агенты	растворители		при f= 65 %	при f = 90–95 %			
9	10	11	12	13	14	15	16
У	ОХ	Да	360-530	7-8	У	7-8,5	24-27
У	Х	Да	130-200	30-40	У	13-15	21,9
У	Х	Да	450-600	18-32	ОХ	3,5-4,5	7-8,5
Х	Х	Нет	400-800	14-17	ОХ	-	-
Х	Х	Да	450-700	15-25	ОХ	0,4	0,5
Х	-	Да	300-470	15-17	У	0,9-2	4,5-5
Х	Х	Да	440-860	22-25	ОХ	0	0
ОХ	У-Х	Нет	180-230	15-30	ОП-П	0,17-0,3	0,7-0,9
ОХ	ОХ	Нет	350-400	50	У-П	0	0
-	-	-	-	-	Х	-	-
ОХ	ОХ	Нет	1600-3000	3-4	ОП	0,3	-
ОХ	ОХ	Нет	-	-	-	-	-
ОХ - очень хорошая; Х - хорошая; У - удовлетворительная; П - плохая; ОП- очень плохая.							

Существует несколько различных конструкций рукавных фильтров, в которых используются различные виды фильтрующих материалов.

Использование технологий мембранной фильтрации (поверхностная фильтрация) приводит к дополнительному увеличению срока службы, увеличению пределов температуры (до 260 °C) и относительно низким затратам на техническое обслуживание. Мембранные фильтрующие рукава состоят из ультратонкой мембраны из расширенного политетрафторэтилена (ПТФЭ), встроенной в материал основы. Частицы в потоке отходящего газа улавливаются на поверхности рукава. Вместо формирования осадка на внутренней части или проникновения в ткань рукава частицы отталкиваются от мембраны, образуя тем самым меньший по объему осадок.

Синтетические фильтрующие ткани, такие как тефлон/стекловолокно, позволяют использовать рукавные фильтры в широком спектре процессов, обеспечивая длительный срок службы. Эффективность современных фильтрующих материалов при высоких температурах или в условиях абразивности достаточно высока, и производители тканей могут оказать помощь в определении материала для конкретного применения. При использовании подходящей конструкции для соответствующего типа пыли в особых случаях может быть обеспечен очень низкий уровень выбросов пыли. Более высокая надежность и более длительный срок службы компенсируют расходы на современные рукавные фильтры. Достижение низких уровней выбросов пыли имеет важное значение, поскольку пыль может содержать значительные уровни металлов. Чтобы предотвратить утечку неочищенных газов в атмосферу, необходимо учитывать влияние деформации распределительных коллекторов и надлежащую герметизацию рукавов.

По причине возможного забивания фильтров в определенных условиях (например, в случае липкой пыли или при использовании в воздушных потоках при температуре конденсации) и чувствительности к огню, они подходят не для всех целей применения. Фильтры также могут использоваться вместе с существующими рукавными фильтрами и подвергаться модернизации. В частности, система уплотнения рукава может быть улучшена во время ежегодного технического обслуживания, а фильтрующие рукава могут быть заменены более современными материалами в соответствии со стандартными графиками замены, что также может снизить будущие затраты.

Самым распространенным типом используемых фильтров являются рукавные фильтры в виде мешков, при этом несколько отдельных фильтрующих элементов из ткани размещаются вместе в группе. Образующийся на фильтре пылевой кек может значительно повысить эффективность сбора. Рукавные фильтры также могут быть в виде листов или картриджей.

Фильтр состоит из нескольких секций, часть из которых работает в режиме фильтрации очищаемого газа, а часть – в режиме регенерации, т. е. удаления осевшей

на рукавах пыли. В режиме очистки запыленный газ фильтруется через поры рукава, а пыль осаждается на его поверхности. Со временем гидравлическое сопротивление рукава с накопленным на нем слоем пыли увеличивается и эффективность осаждения возрастает. При этом пропускная способность фильтра по газу существенно снижается, и секцию отключают на регенерацию для удаления пыли механическим (встряхиванием, скручиванием) и (или) аэродинамическим (импульсной продувкой сжатым воздухом) способами. Поток газа, подлежащего обработке, может направляться либо изнутри рукава наружу, либо снаружи рукава вовнутрь.

На рисунке 5.2 представлена схема (принципы) очистки газа с использованием рукавного фильтра.

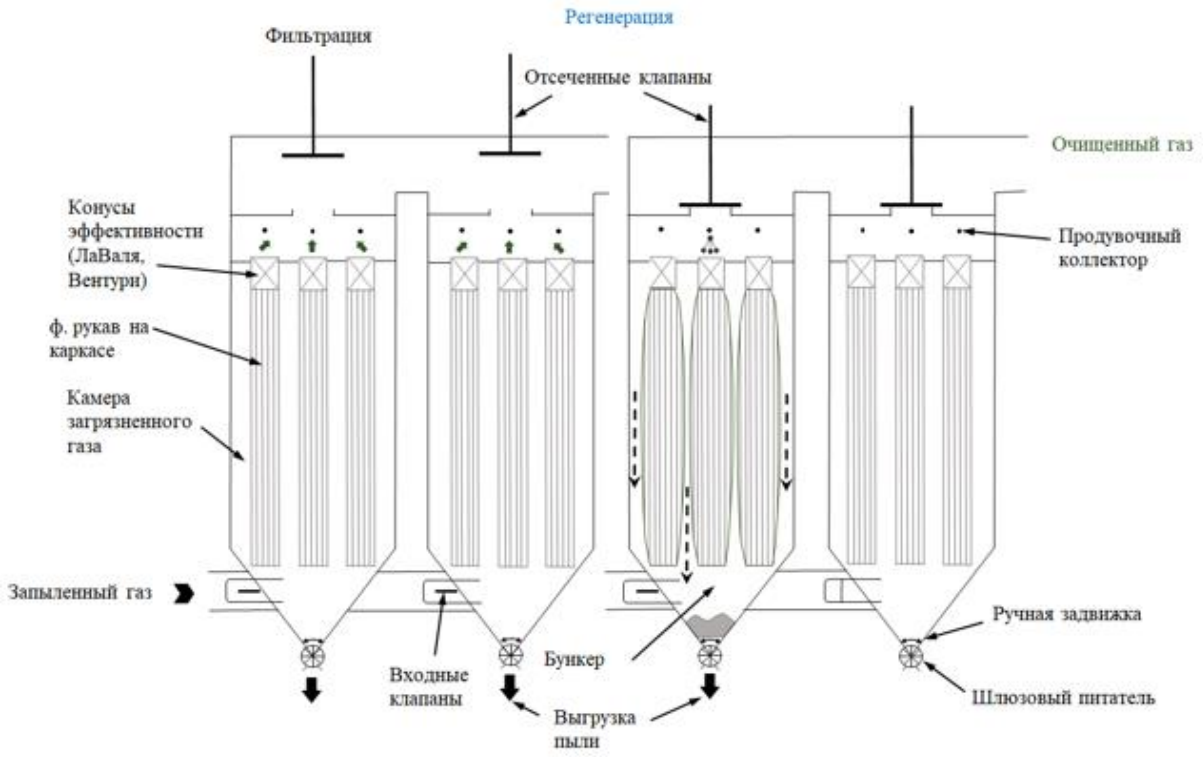


Рисунок 5.2. Принцип работы рукавного фильтра

В случае содержания в поступающих отработанных относительно крупных частиц для снижения нагрузки на рукавный фильтр, особенно при высокой концентрации частиц на входе, для дополнительной предварительной очистки могут использоваться механические коллекторы (циклоны, электростатические фильтры и др.).

Мониторинг

Для обеспечения правильной работы фильтра следует применять одну или несколько из следующих функций.

Особое внимание уделяется выбору фильтрующего материала и надежности системы крепления и уплотнения. Современные фильтрующие материалы, как правило, являются более прочными и имеют более длительный срок службы. В большинстве

случаев дополнительные затраты на современные материалы компенсируются продолжительным сроком службы.

Рабочая температура выше точки конденсации газа. Термостойкие рукава и крепления используются при более высоких рабочих температурах.

Непрерывный контроль содержания пыли путем улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра. При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для обнаружения отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные рукава.

Использование газового охлаждения и искрового гашения, если это необходимо. Циклоны считаются подходящими устройствами для искрового гашения. Большинство современных фильтров расположено в нескольких отсеках, поэтому в случае необходимости поврежденные отсеки могут быть изолированы.

Мониторинг температуры и искрообразования может применяться для обнаружения пожаров. На случай возникновения опасности воспламенения могут быть предусмотрены системы инертных газов или добавлены инертные материалы (например, гидроокись кальция) к отходящему газу. Чрезмерный перегрев ткани сверх расчетных пределов может вызвать токсичные газообразные выбросы.

Необходимо отслеживать перепад давления для контроля механизма очистки.

Достигнутые экологические выгоды

Удаление твердых частиц размером до 2,5 мкм. Удаление определенных газообразных загрязняющих веществ возможно в случае сочетания их с системами, расположенными после пылеуловительной камеры с рукавными фильтрами и связанными с внесением дополнительных материалов, в том числе с адсорбцией и сухим вдуванием извести/бикарбоната натрия.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность зависит от типа применимого оборудования для очистки и может находиться в пределах 99–99,9 %. Средняя скорость фильтрации находится между 0,5 и 2 м/минуту. Помимо пыли, рукавный фильтр удаляет вещества, адсорбированные на частицах пыли, такие как присутствующие металлы и диоксины.

Добавление рукавной камеры, расположенной после электростатического фильтра, позволяет достичь очень низкого уровня выброса твердых частиц.

Фильтры должны находиться под постоянным наблюдением, осуществляемым специальными устройствами.

Износ фильтрующих рукавов приводит к постепенному снижению производительности, которое поддается измерению. Повреждение или катастрофический отказ нескольких рукавов представляют угрозу при возникновении коррозии, фильтрации абразивного материала или возникновении опасности возгорания. Простые системы непрерывного мониторинга, такие как индикаторы

падения давления или приборы контроля пыли, обеспечивают только приблизительную характеристику производительности. В таблице 5.4 приведено сравнение наиболее используемых параметров различных фильтров.

Таблица 5.4. Сравнение различных систем рукавных фильтров

№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Фильтр с импульсной очисткой	Мембранный фильтр из стекловолокна	Фильтр из стекловолокна
1	2	3	4	5	6
1	Тип рукава	-	Полиэстер	Мембрана/ стекловолокно	Стекловолокно
2	Размер рукава	м	0,126 x 6	0,292 x 10	0,292 x 10
3	Площадь ткани на рукав	$м^2$	2	9	9
4	Корпус	-	Да	Нет	Нет
5	Перепад давления	кПа	2	2	2,5
6	Отношение воздуха к ткани	м/ч	80 - 90	70 - 90	30 - 35
7	Интервал рабочей температуры	°С	250	280	280
8	Срок эксплуатации рукава	месяцев	До 30	72 - 120	72 - 120

При использовании рукавных фильтров отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод.

Кросс-медиа эффекты

Фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2–4 года (срок службы зависит от различных факторов), чтобы не допустить образования кека. Падение давления, которое следует компенсировать за счет подкачки , приводящей к дополнительному энергопотреблению. Поскольку рукавные фильтры очень эффективно улавливают тонкодисперсные частицы, они также эффективно уменьшают выбросы тяжелых металлов, которые содержатся в пыли дымовых газов в виде субмикронных частиц.

Дополнительно возможно увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки.

При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае (типа и количества используемых фильтровальных рукавов). Стоимость фильтров зависит от эффективности работы оборудования (нагрузка на фильтр), используемых систем очистки (интегрированных или второстепенных), а также от показателя дифференциального давления самого фильтра. Снижение инвестиционных затрат возможно путем организации тесного взаимодействия вышеперечисленных факторов, а именно за счет наименьших значений дифференциального давления и минимальных для воздуха при очистке, а также максимально возможных отношений воздух-обшивка.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в окружающую среду. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

5.1.3.3. Электрофильтры

Описание

Частицы, подлежащие удалению, заряжаются, а специальные электроды, расположенные в корпусе фильтра, имеют другой заряд. При прохождении запыленного воздуха частицы загрязнений притягиваются к электродам и впоследствии ссыпаются в приемный бункер. Эффективность очистки может зависеть от количества полей, времени пребывания и предшествующих устройств для удаления частиц. Электростатические фильтры могут быть сухого или мокрого типа в зависимости от метода, используемого для сбора пыли с электродов.

Технологическое описание

Принцип работы электростатистического фильтра заключается в улавливании частиц, в потоке поступающего отработанного газа посредством электрической силы на пластины коллектора. Уловленные частицы получают электрический заряд, когда они проходят через корону, где протекает поток газообразных ионов. Электроды в центре проточной полосы поддерживаются при высоком напряжении и создают электрическое поле, которое заставляет частицы двигаться к стенкам коллектора (см. рисунок 5.3).

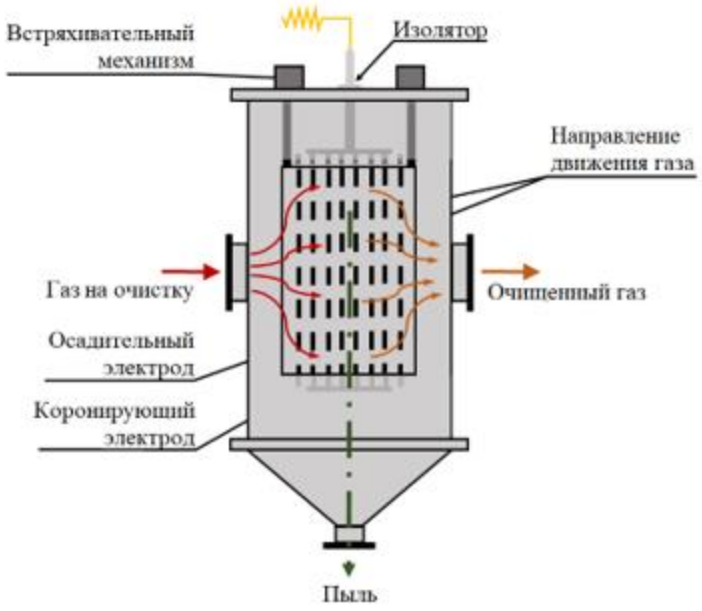


Рисунок 5.3. Принцип действия электрофильтра

При этом необходимо поддержание напряжения постоянного тока в диапазоне 20–100 кВ. Электрофильтры ионной абразивной обработки обычно работают в диапазоне 100–150 кВ для обеспечения высокой эффективности сепарации. Отличительной особенностью электрофильтров является способность работать при высокой температуре (горячие) и высокой влажности обеспыливаемых газов (мокрые). Количество образующейся пыли - так называемый вынос пыли (в процентах от массы перерабатываемой шихты) или переход металлов в пыль зависят от вида металлургического агрегата, физико-химической характеристики шихты (крупность, прочность, содержание легковозгоняемых металлов и соединений и прочее), интенсивности и характера пирометаллургического процесса и многих других факторов. Особенно интенсивно пыль образуется в технологических процессах, таких как обжиг и плавка концентратов, возгоночные процессы.

Мониторинг

Необходимы своевременный контроль и техническое обслуживание. Производительность рукавного фильтра определяется на основании замера концентрации твердых частиц в потоке отходящего газа (до и после).

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли в атмосферу (улавливание твердых частиц размером менее 1 мкм.). Возможность рециркуляции (повторное использование уловленной пыли). Снижение нагрузки загрязняющих веществ, направляемых на следующие этапы очистки.

Таблица 5.5. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанных с использованием электрофильтров [62]

	Загрязняющее	Эффективность	

№ п/п	вещество	очистки, %	Примечание	
С у х о й электрофильтр	**М о к р ы й электрофильтр**			
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Пыль (размер частиц не определен)	Н/Д	99-99,2	
2	Пыль, аэрозоли	Н/Д	97-99	Остаточная запыленность 5–20 мг/нм^3
	PM_1	>97	Н/Д	
	PM_2	>98	Н/Д	
	PM_5	>99,9	Н/Д	
3	PM_5	>99,9	Н/Д	Эффективность зависит от конкретной конфигурации установки и условий эксплуатации; указанные показатели основаны на среднечасовых значениях.
4	$PM_{2,5}$	Н/Д	97–99,2	
5	PM_2	>98	Н/Д	
6	PM_1	>97	Н/Д	

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Электрофильтр применяется для удаления не только пыли, но и веществ, которые адсорбируются на частицах пыли, такие, как диоксины и металлы.

Размер электрофильтра является основным фактором, определяющим эффективность сбора. Другими параметрами, которые влияют на эффективность сбора, являются:

удельное сопротивление частиц;

состав частиц и газового потока;

температура частиц и температура газа;

размер частиц и распределение частиц по размерам.

Удельное сопротивление частиц может быть уменьшено путем введения одного или более из следующих компонентов в "голове" процесса очистки:

триоксид серы (SO_3);

аммиак (NH_3);

вода.

Однако при добавлении новых реагентов или воды частицы могут перестать быть пригодными для повторного использования.

Потребление электрической энергии электрофильтров растет экспоненциально снижению содержания пыли в очищенном газе.

Для эффективной эксплуатации электрофильтра необходим контроль температуры и влажности очищаемого потока газа. Соблюдение оптимальных рекомендуемых условий работы и проведение своевременных сервисных работ позволяют увеличить срок эксплуатации электрофильтра.

Снижение затрат при модернизации возможно путем усовершенствования существующих установок, без полной замены.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости при оптимальных режимах работы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована, обусловлена наличием в пыли соединений тяжелых металлов и диоксинов (при сжигании вторичных энергоресурсов). Содержание этих веществ может быть основанием классификации уловленной пыли как опасного отхода.

Вероятность образования дополнительных отходов при сервисном обслуживании.

Технические соображения, касающиеся применимости

Основным недостатком электрофильтров является высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, состава пыли, а также незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

Поэтому, несмотря на высокие показатели эффективности, применимость ограничивается риском возникновения пожаров и взрывов, при увеличении концентрации окиси углерода.

Основными преимуществами использования электрофильтров являются:

высокая эффективность пылеулавливания (> 97 %) даже для мелких частиц (эффективность может быть повышена путем добавления полей или зон);

низкий перепад давления обуславливает низкую потребность в энергии (в некоторых случаях требуется вентилятор с принудительной или нагнетательной тягой, необходимой для преодоления падения давления в системе перепада давления);

подходят для широкого диапазона температур, давления и потоков газа;

пыль может быть удалена сухим способом, что делает возможным повторное использование (для сухого электрофильтра);

частичное удаление кислотных паров (для мокрого электрофильтра);

мокрые электрофильтры могут удалять липкие частицы, туманы и взрывоопасную пыль;

при напряжении более 50 кВ эффективность очистки не зависит от времени пребывания, что позволяет создавать более компактные конструкции (для мокрого электрофильтра).

Недостатки использования электрофильтров:

менее подходит для процессов с изменяющимися газовыми потоками, температурами или концентрацией пыли (возможно использование автоматической регулировки, как компенсационных мер);

возможный повторный унос из-за высокой скорости газа, низких показателей очистки или плохого потока газа;

чувствительны к техническому обслуживанию и настройкам;

требуется относительно большое пространство для размещения;

необходимость в высококвалифицированном персонале;

специальные меры предосторожности для защиты персонала от высокого напряжения;

риск взрыва при использовании сухих электрофильтров;

мощность очистки зависит от удельного сопротивления частиц пыли (при использовании сухих электрофильтров);

сухие электрофильтры не рекомендуется использовать для удаления липких или влажных частиц;

коррозия вблизи верхней части проводов из-за утечки воздуха и конденсации кислоты (для мокрых электрофильтров);

высокая стоимость мокрых электрофильтров.

Экономика

Стоимость установки зависит от применяемого метода и оборудования, в каждом конкретном случае определяется отдельно. Электрофильтры имеют достаточно низкие энергетические затраты на улавливание частиц, включающие потери энергии на преодоление газодинамического сопротивления аппарата, не превышающего 150–200 Па, и затраты энергии, обычно составляющие 0,1 – 0,5 кВт ч на 1000 $м^3$ газа.

Замена устаревших электрофильтров тонкой очистки на более современное оборудование для очистки конвертерных газов Среднеуральского медеплавильного завода позволила снизить уровень запыленности с 1 $г/м^3$ до 0,1 $г/м^3$ [89].

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов твердых частиц с возможностью их повторного использования. Требования экологического законодательства.

5.1.3.4. Мокрый электрофильтр

Описание

Для удаления пыли путем смыва ее с поверхности электродов орошающей жидкостью в большинстве случаев используется вода. При необходимости охлаждения

газа и доведения его температуры до точки росы перед мокрыми электрофильтрами ставят мокрые пылеуловители — скрубберы. Для удаления капель воды перед сбросом отходящего газа в атмосферный воздух устанавливаются специальные механизмы (брызго-, туманоуловители).

Технологическое описание

Мокрые электрофильтры обычно используются на стадии удаления остаточной пыли и капель после абсорбции. Принцип действия схож с принципами работы сухих электрофильтров. В этом случае собранная пыль удаляется с пластин коллекторов или труб с помощью жидкостной пленки, образовавшейся под действием циркуляционной воды и осажденного собранного кислотного тумана. В случае высокого содержания твердых веществ могут использоваться встроенные распылительные форсунки для непрерывного распыления воды в фильтр, тем самым предотвращая образование отложений шлама на коллекторных электродах. Распыление увеличивает жидкостную пленку на коллекторных электродах и уменьшает содержание в ней твердых веществ. В электрофильтрах мокрого типа, предназначенных для улавливания вместе с твердыми частицами мелких капелек тумана, уловленная пыль смывается с электродов водой и удаляется в виде суспензии (шлама). В таких аппаратах улавливается также пыль с высоким электрическим сопротивлением, плохо задерживаемая в электрофильтрах сухого типа. Газ предварительно увлажняют и охлаждают до температуры ниже точки росы. Кроме того, мокрые фильтры оснащены промывочными системами. Промывка осуществляется на периодической основе. Во время промывки подача высокого напряжения прерывается. Данные фильтры обладают преимуществом при удалении определенных видов пыли, оседающих на стандартных пластинах, или в случаях, когда другие компоненты газового потока препятствуют работе, например, в случае холодного влажного газа. В этом случае образуется жидкий сток, который требует дальнейшей обработки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Мокрые электрофильтры могут обеспечить практически любую степень улавливания любого типа пыли. Эффективность газоочистки с использованием электрофильтров зависит от физико-химических параметров пылегазового потока, скорости и времени пребывания газа в электрофильтре. Как правило, величина эффективности находится в диапазоне от 98–99,9 %.

Кросс-медиа эффекты

Значительный расход электроэнергии. Необходимость в дополнительных расходах водных ресурсов. Могут возникнуть затруднения в поддержании чистоты электродов при образовании на них шламов, которые необходимо удалять частой промывкой при снятом напряжении, что способствует образованию сточных вод, которые требуют

обработки для предотвращения попадания металлов и других веществ в воду. Очищенные газы достаточно влажные, в результате этого в отходящих печных газах может наблюдаться шлейф.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена необходимостью охлаждения отходящих газовых потоков до температуры ближе или ниже точки росы.

При очистке высокотемпературных потоков охлаждение их водой способствует снижению их объема. Преимущества и недостатки использования мокрых электрофильтров описаны в п.п. 5.1.3.4.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли и других соединений. Экономия сырья при условии возврата пыли в процесс.

5.1.3.5. Мокрый скруббер

Описание

Удаление твердых загрязняющих веществ из технологического отходящего газа или потока отходящего газа путем переноса газов в подходящую жидкость, часто воду или водный раствор.

Технологическое описание

Мокрая очистка от пыли подразумевает отделение пыли путем интенсивного смешивания поступающего газа с водой обычно в сочетании с удалением крупных частиц с помощью центробежной силы. Для этого газ вводится тангенциально (под углом сбоку). При соприкосновении частиц с каплями или другой поверхностью жидкости под действием одного или нескольких физических воздействий (инерционный удар, броуновская и турбулентная диффузия и др.) частицы смачиваются, в большинстве случаев тонут, в результате чего улавливаются. При мокром улавливании в основном газы очищают от крупных частиц (более 3–5 мкм). Для улавливания мелких частиц (возгоны) применение мокрой очистки менее эффективно, что объясняется наличием газового или воздушного слоя между частицей и мокрой поверхностью, при этом мелкие частицы (капельки), движущиеся вместе с газовым потоком, при встрече с жидкостью (с каплей или с другой мокрой поверхностью) не соприкасаются с ней, а огибают мокрую поверхность. Данный факт способствовал совершенствованию конструкций мокрого пылеуловителя. Благодаря этому были разработаны скоростные или турбулентные мокрые пылеуловители, в которых движущийся с большой скоростью газ дробит жидкость на мелкие капли. Частицы легче сталкиваются с мелкими каплями и достаточно полно улавливаются (даже возгоны).

Каскадные скрубберы или мокрые скрубберы Вентури часто используются для удаления пыли из отходящих газов, насыщенных CO, из герметичных электродуговых печей. Затем газ используется в качестве газа с высокой теплотворной способностью и выделяется после дополнительной обработки. Он также используется для очистки газов из спекательной машины со стальной лентой, когда пыль обладает высокой абразивностью, но легко поддается смачиванию. Без этого действия скруббера срок службы рукавного фильтра был бы очень ограничен, а быстрый износ ткани снижал бы производительность.

Скрубберы используются, когда природа пыли или температуры газа исключает применение других методов, или когда тип пыли подходит для удаления именно в скруббере. Использование скрубберов также целесообразно, когда газы необходимо удалять одновременно с пылью, либо, когда они составляют часть цепи методов борьбы с загрязнением, например, при удалении пыли перед попаданием материала на завод по производству серной кислоты. Для обеспечения увлажнения и улавливания частиц требуется достаточное количество энергии.

Удаленная твердая пыль после мокрой очистки собирается в нижней части скруббера. Помимо пыли, также смогут быть удалены неорганические вещества, такие как SO_2, NH_3, HCl, HF, летучие органические соединения и тяжелые металлы.

Скрубберы также используются вместе с мокрыми электрофильтрами для охлаждения и очистки газов перед преобразованием на заводах серной кислоты или поглощения кислотных газов.

Мониторинг

Мокрые скрубберы должны включать систему контроля перепада давления, скорости потока очищающей жидкости и (в случае удаления кислых газов) уровня pH. Очищенные газы должны попадать из скруббера во влагоотделитель.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли.

Эффективность методов мокрой очистки пыли сильно зависит от размера твердых частиц и собираемых аэрозолей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Производительность очистки отходящих газов от твердых частиц зависит от типа оборудования и находится в пределах 50–99 %. Мокрая очистка (абсорбция) от пыли может сочетаться с последующей обработкой путем фильтрации (например, рукавные фильтры) или электростатического осаждения. Эффективность очистки при этом находится в диапазоне от 90 до более чем 99 %.

Кросс-медиа эффекты

Возможно ухудшение условий рассеивания в атмосфере влажных очищенных газов (может потребоваться дополнительная очистка). Большие затраты энергии (особенно для турбулентных пылеуловителей).

Потребление воды в значительной степени зависит от входящей и выходящей концентрации газообразных соединений. Потери на испарение в основном определяются температурой и влажностью входящего газового потока. Выходящий газовый поток в большинстве случаев полностью насыщен водяным паром. Обычно необходима очистка рециркулирующей жидкости в зависимости от ее разложения и потерь на испарение.

В результате абсорбции образуется отработанная жидкость (в виде стоков и шлама), которая обычно требует дальнейшей обработки или утилизации (особенно при содержании агрессивных компонентов), если она не может быть использована повторно. Проблема, возникающая при использовании этого метода, заключается в эрозии, которая может возникнуть из-за высокой скорости в канале. Это обуславливает необходимость применения антикоррозионных и в ряде случаев дорогостоящих и дефицитных конструктивных материалов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Как правило, не существует технических ограничений для применения этой техники. Использование абсорбции зависит от наличия подходящего абсорбента.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в атмосферный воздух. Требования экологического законодательства. Экономические выгоды.

5.1.3.6. 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 PM $_{10}$. Фильтры имеют высокую термостойкость и, зачастую, именно корпус фильтра определяет верхнюю границу рабочей температуры. Расширение опорной конструкции в условиях высоких температур также является важным фактором, поскольку при этом нарушается герметичность элементов фильтра в корпусе, что приводит к просачиванию неочищенного газа в поток очищенного. Системы обнаружения отказов в режиме реального времени используются аналогично рукавным фильтрам. Керамические и

металлические сетчатые фильтры не такие гибкие, как рукавные. При очистке таких фильтров продувкой мелкая пыль не удаляется с той же эффективностью, как из рукавного фильтра, что приводит к накоплению тонкой пыли внутри фильтра и, таким образом, к уменьшению его производительности. Это происходит за счет накопления сверхтонкой пыли.

Керамические фильтры производятся из алюмосиликатов и могут быть покрыты слоем различных фильтрующих материалов для улучшения химической или кислотной устойчивости или для фильтрации других загрязняющих веществ. С фильтрующими элементами относительно легко обращаться, когда они новые, но после того, как они подвергнутся воздействию высоких температур, они становятся хрупкими, и их можно случайно повредить во время обслуживания или при неосторожных попытках очистки.

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

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

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

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

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

В случае необходимости соответствующая подготовка газа.

Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления.

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

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Кросс-медиа эффекты

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

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

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

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.2. Предварительная обработка сырья

5.2.1. Предотвращение и/или снижение выбросов при предварительной подготовке первичного и вторичного сырья (кроме аккумуляторов)

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ при процессах, связанных с предварительной подготовкой сырья.

Техническое описание

В данном подразделе рассматриваются техники, связанные с работой сопутствующего оборудования, которые включают:

конвейеры закрытого типа или пневматические транспортные системы (см. раздел 5.1.1);

оборудование закрытого типа (см. раздел 5.2.2);

системы подавления пыли (см. раздел 5.1.1);

гранулирование сырья (см. раздел 5.1.1);

циклон (см. раздел 5.1.3.1);

рукавные фильтры (см. раздел 5.1.3.2).

Рудное сырье (свинецсодержащие концентраты), используемое при производстве свинца, смешивают с другими материалами плавки и флюсами (такими как руда окисленная, известняк, магнитная фракция клинкера, немагнитная фракция клинкера) для получения исходного материала определенного физико-химического состава, в соответствии с технологическим регламентом основной линии производства. Приготовление исходных смесей, добавление флюсов могут производиться путем применения закрытых дозирующих систем (бункеров) с использованием конвейерных весов или систем контроля потери массы. Окончательное смешивание и гомогенизация

могут происходить в смесителях, грануляторах или в системах подачи и дозирования. Использование закрытого оборудования, закрытых и/или пневматических систем транспортировки сырья способствует предотвращению выбросов пыли на этапах подготовки.

Используемое разнообразие шлаков, содержащих свинец, золы, штейн, остатки, электронный скрап и шлак с широким диапазоном всех компонентов при вторичном производстве свинца, является обоснованием внедрения и использования техник для снижения выбросов загрязняющих веществ на начальных этапах производства. Получить шихту необходимого состава возможно достичь путем смешивания многих индивидуальных фракций друг с другом. Смешивание осуществляется традиционными транспортными системами (грузовики, колесные погрузчики) и автоматизированными мостовыми кранами, а также с использованием дозирующих бункеров, оснащенных устройствами автоматического взвешивания. Иногда смесь из этих бункеров подают в интенсивный смеситель или в смесительный барабан до загрузки в плавильную печь. Смешивание может происходить в крытом помещении, оснащенном системами подавления пыли для зоны смешивания и для всего здания в целом.

В случае ограниченности площади промплощадок смешивание материалов, а также предварительную обработку можно производить на открытом пространстве, если при хранении материалов используются системы подавления пыли с использованием воды (оросители) для предотвращения неорганизованных выбросов. Мелкозернистые материалы можно гранулировать, площадки гранулирования при этом должны быть огорожены и укрыты.

Для транспортировки сырья используются конвейеры закрытого типа.

К предварительной подготовке также относят дробление, размалывание и просеивание для изменения размеров вторичного сырья и возможности его дальнейшей обработки. Все эти операции являются потенциальным источником выбросов пыли и как следствие требуют решения. Для этого используются вытяжные системы и скрубберы, уловленную при этом пыль возвращают в процесс.

Для удаления выбросов пыли применяются вентиляционные системы с последующей очисткой в циклонах (для крупных частиц) и рукавных фильтрах (для средне- и мелкодисперсных веществ).

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и снижение выбросов пыли и металлов. Снижение расходов сырья , что обуславливается возможностью повторного использования уловленных потоков, после их очистки от пыли.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На свинцовом заводе в Усть-Каменогорске предварительная подготовка сырья осуществляется в отделении шихтоподготовки. Для переработки концентратов с содержанием влажности до 14 % была разработана система подготовки шихты,

состоящая из загрузочных бункеров, конвейеров, питателей и смесительных барабанов. После автогенной окислительной плавки подготовленной шихты шлак с высоким содержанием свинца непрерывно выпускается в промежуточную мульду и далее на шлакорозливочную машину, состоящую из двух линий, которая показана на рисунке 5.4.



Рисунок 5.4. Шлакорозливочная машина

С использованием машины производятся шлаковые чушки для загрузки в существующую шахтную печь для восстановления. Были разработаны полностью автоматические двухлинейные разливочные машины производительностью 45 – 60 тонн/час. Температура розлива свинцового шлака составляет примерно 1150 °C. Охлаждение шлака происходит с помощью воздуха путем естественной конвекции в начале разливочной машины, затем принудительной конвекции с помощью воздуходувок для снижения температуры до 500 °C и в конце машины путем распыления воды через 20 форсунок в верхней части, а также снизу для того, чтобы охладить брикеты ниже температуры 300 °C. После охлаждения шлака до проектной температуры затвердевания чушки транспортируются в существующую шахтную печь на восстановительную плавку для производства чернового свинца и отвального шлака. Аспирационные газы улавливаются у источника и очищаются на существующих рукавных фильтрах. Модернизация свинцового завода позволила значительно сократить вредные выбросы в окружающую среду.

В марте 2021 года на металлургическом заводе KGHM (Глогов) было завершено строительство площадки для свинецсодержащих материалов для предотвращения неорганизованных выбросов пыли. Площадка представляет собой закрытое здание с

зонами для порционной подготовки, оснащенными системами орошения водой и закрытой системой сбора фильтрата [86].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение затрат энергоресурсов при:

использовании конвейеров закрытого типа или пневматических транспортных систем;

смешивании сырья;

гранулировании сырья;

использовании систем подавления пыли;

использовании систем улавливания (вытяжные системы) и очистки от пыли в зависимости от размера частиц (циклоны, рукавные фильтры).

Возможно образование сточных вод при использовании воды для подавления пыли.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена требованиями к необходимым размерам площадки или потребностью в надлежащем проектировании здания при модернизации существующих заводов.

При установке вентиляционных систем необходимо учитывать размер частиц, размеры и функциональность закрытого склада, а также особенности возникающих выбросов в атмосферу.

Гранулирование сырья применяется только тогда, когда печь и технология спроектированы для работы с гранулированными материалами.

Экономика

В компании "Aurubis", Гамбург, строительство крытой зоны хранения (5000 $м^2$) со встроенными мощностями дробления, просеивания и транспортировки, подключенными к рукавному фильтру (70000 $нм^3$/ч), привлекло капитальных затрат в сумме 7,5 млн. евро [52].

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение нагрузки на экосистемы (воздух, вода, почвенный покров).

5.2.2. Предотвращение и/или снижение выбросов в атмосферу при сушке сырья

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ в процессах сушки сульфидных руд и свинецсодержащих концентратов, в случаях, если для плавки или снижения влажности исходного материала требуется сухая подача материала.

Технологическое описание

В данном подразделе рассматриваются техники, связанные с работой сопутствующего оборудования, которые включают:

конвейеры закрытого типа или пневматические транспортные системы (см. раздел 5.1.1);

оборудование закрытого типа (см. раздел 5.1.2);

системы подавления пыли (см. раздел 5.1.1);

циклоны (см. раздел 5.1.3.1);

рукавные фильтры (см. раздел 5.1.3.2);

регенеративные горелки (см. раздел 4.4).

Вращающиеся сушилки горячего газа, сушилки по типу парового змеевика или сушилки горячим воздухом конвейерного типа или вакуумные сушилки могут использоваться, если плавильный процесс требует сухой подачи сырья или снижения влажности исходного материала (например, содержание влаги является ограничивающим фактором для плавильного процесса и может потребоваться ее снижение). Кроме того, предварительная сушка исходных материалов снижает потребление энергии во время выплавки, так как испарение воды при низких температурах требует меньше энергии, чем высокотемпературная обработка. Сушилки по типу парового змеевика используют отработанное тепло из других частей процесса при условии, что тепловой баланс позволяет это.

Сухой материал обычно очень пыльный. Использование закрытых систем, включая подающее устройство и места обильного пылеобразования, конвейеров закрытого типа или пневматических транспортных систем является методом предотвращения выбросов в окружающую среду. Для предотвращения выбросов из систем подготовки дымового газа эксплуатация этой системы осуществляется при отрицательном давлении. Неорганизованные выбросы пыли от непосредственно сухого исходного сырья улавливаются и очищаются от пыли с использованием рукавных фильтров. Все очистные установки проектируются с учетом специфики выделяющихся загрязняющих веществ.

В случае выделения в процессе сушки летучих органических соединений (ЛОС) и соединений углерода (CO) используются контролируемые системы (дожигатели), основанные на принципе разрушения несгоревших либо частично сгоревших углеродных соединений за счет реакции термического окисления.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неорганизованных выбросов в атмосферу при использовании оборудования и конвейеров закрытого типа или пневматических транспортных систем.

Использование рукавных фильтров позволяет сократить выбросы пыли и металлов. Уловленные частицы могут быть повторно возвращены в процесс после очистки (экономия сырья).

Использование систем дожигания топлива способствует снижению выбросов ЛОС и CO.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Процесс сушки сопровождается образованием и выделением сухих пыльных материалов, для удаления которых необходима установка пылегазоулавливающего оборудования для очистки отходящих пыльных газов. Наиболее эффективными в применении оказались рукавные фильтры. Уловленную пыль возвращают в процесс.

В таблице 5.6 представлены применяемые при сушке сырья технологии на различных установках заводов ЕС и связанные с ними показатели выбросов в атмосферу.

Таблица 5.6. Выбросы при сушке материалов

№ п/п	Завод	Тип печи	Производительная мощность	Топливо для нагрева	Обработка отходящего газа	Выбросы
1	2	3	4	5	6	7
1	Metallo-Chimique, Беерсе	Вращающаяся сушилка	15 тонн/час (2 тонны воды / час - весовая доля воды до сушки 12 %, после <1 %)	Природный газ	Первичный выброс: рукавный фильтр + дожигатель + скруббер. Вторичные выбросы: рукавный фильтр	Пыль: 1–3 мг/Нм^3
2	Aurubis, Гамбург	Сушилка горячим воздухом конвейерного типа	До 10 тонн/час	Горячий воздух из пара	Рукавный фильтр	Непрерывное измерение пыли: уровни пыли: 0.5–12 мг/Нм^3 (в среднем за полчаса) 1.1–4.6 мг/Нм^3 (в среднем за сутки)
		Вакуумная сушилка	2 тонны/час	Природный газ	Рукавный фильтр	

В 2020 году на заводе KGHM (Легниц, Польша) был завершен проект по установке для удаления мышьяксодержащей пыли из газов, поступающих из установки для сушки концентрата. Эксплуатационные показатели экологической эффективности составили: менее 1 мг/Нм^3 для пыли, мышьяк – менее 0,002 мг/Нм^3 (среднее значение 0,01 мг/Нм^3), ртуть – менее 0,004 мг/Нм^3 (среднее значение 0,002 мг/Нм^3) [86].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение затрат энергоресурсов при использовании:

конвейеров закрытого типа или пневматических транспортных систем;

систем пылегазоулавливания (вытяжные системы) и очистки от пыли в зависимости от размера частиц (циклоны, рукавные фильтры).

Необходимость утилизации уловленной пыли в случаях невозможности ее возврата в технологический цикл.

При использовании дожигателей возможно увеличение выбросов NO_x, а также может возникнуть необходимость в дополнительных топливных ресурсах, если произведенной окислением отходящего газа энергии недостаточно для достижения требуемой температуры.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Применимость использования систем дожигания может быть ограничена только в том случае, если в процессе сушки выделяются такие загрязняющие вещества, как CO и ЛОС.

Экономика

Приводится пример затрат, связанных с установкой рукавного фильтра и дожигателя, в компании "Metallo-Chimique" в Беерсе. В 2007–2008 для замены существующего рукавного фильтра на новой производительности 19500 $нм^3$/ч, для обработки печного газа из сушилки, потребовалось 665 тыс. евро (дымовая труба, рукавный фильтр, дожигатель в дымовой трубе).

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.2.3. Предотвращение и снижение выбросов при дроблении, спекании, брикетировании

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ при процессах дробления, спекания, брикетирования и гранулирования сырья, необходимых для улучшения процесса извлечения металла для последующих этапов технологического процесса.

Техническое описание

Технологии, которые рассматриваются, включают:

оборудование закрытого типа (см. раздел 5.1.2);

рукавные фильтры (см. раздел 5.1.3.2).

Спекание применятся при подготовке концентратов для некоторых плавильных процессов. Для этого могут использоваться агломерационные машины вверх и вниз по потоку. В случае спекания частиц вниз по потоку повышается эффективность процесса улавливания дымовых газов непосредственно во время самого процесса спекания.

Также могут применяться последние разработки, такие как процесс спекания с использованием стального конвейера.

Для сырья, состоящего в основном из мелких частиц, применяются брикетирование и гранулирование. Для предотвращения неорганизованных выбросов площадки

гранулирования заключают в закрытые корпуса. При транспортировке материалов используются конвейеры закрытого типа.

Для улавливания и удаления пыли применяются вентиляционные системы и рукавные фильтры. Все процессы и оборудование, связанные с измельчением и дроблением сырья, оснащены системами улавливании и удаления пыли.

Достигнутые экологические выгоды

Использование оборудования закрытого типа с вытяжной системой способствует предотвращению выбросов пыли в атмосферный воздух.

Использование рукавных фильтров позволяет снизить выбросы пыли, уловленные частицы пыли могут быть повторно использованы в процессе (экономия сырья).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В компании "Aurubis" в Гамбурге гранулируют мелкие материалы и материалы по типу шлака. Печную пыль хранят в закрытых силосах до гранулирования. Зона гранулирования заключена в корпус и укрыта. Используются конвейеры закрытого типа. Отходящие газы направляются в рукавный фильтр [52].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение затрат энергоресурсов при использовании:

оборудования закрытого типа;

пылегазоулавливающего оборудования в зависимости от размера улавливаемых частиц (циклоны, рукавные фильтры).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Информация не предоставлена.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.2.4. Предотвращение и/или снижение выбросов при подготовке аккумуляторных батарей

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ при подготовке вторичного сырья (аккумуляторных батареи).

Техническое описание

В данном подразделе рассматриваются техники, связанные с работой сопутствующего оборудования, которые включают:

оборудование закрытого типа (см. раздел 5.1.1);

рукавный фильтр (см. раздел 5.1.3.2);

мокрые пылеуловители (см. раздел 5.1.3.5);

защитное, стойкое к воздействию кислот, покрытие полов и систем сбора кислоты;

извлечение кислоты и повторное использование;

очистку сточных вод от частиц, капель остаточных кислотных туманов.

Образуемые в процессе предварительной обработки (дробления, просеивания, классификации) аккумуляторов выбросы пыли и кислотных туманов улавливаются и очищаются с использованием сухих (рукавный фильтр) и мокрых (мокрые скрубберы) методов. Предварительная очистка печного газа и кислых паров от маслянистых соединений (в случае наличия) является обязательным этапом и реализуется путем установки масляных фильтров перед рукавными фильтрами.

При использовании мокрого скруббера для снижения выбросов пыли и кислотного тумана стоки, образуемые в процессе очистки, направляются на установку по очистке сточных вод от отработанной кислоты из аккумуляторов. Металлические соединения удаляются методом нейтрализации и осаждения с Na_2CO_3 или путем добавления флокулянтов. Отходы направляют в плавильную печь для повторного использования.

Содержание кислот в аккумуляторах может способствовать загрязнению почвенного покрова и грунтовых вод. Чтобы этого избежать, используют защитный слой, устойчивый к воздействию кислоты, которым покрываются поверхность пола установки по подготовке аккумуляторов, соединенной с баками отработанной кислоты или с установкой по очистке жидких отходов. Материалы, из которых изготавливается технологическое оборудование, должны быть также устойчивыми к воздействию кислот.

Достигнутые экологические выгоды:

предотвращение выбросов газа и утечек кислоты (оборудование закрытого типа, оборудованное вытяжной системой);

сокращение выбросов пыли (рукавный фильтр);

снижение выбросов пыли и кислотных туманов (мокрый скруббер);

предотвращение загрязнения почвенного покрова и грунтовых вод (использование кислотостойкого покрытия и оборудования);

повторное использование вторичного материала, предотвращение сбросов в поверхностные воды (извлечение кислоты из отходящих газов);

предотвращение сбросов загрязняющих веществ в поверхностные воды (очистка стоков, содержащих кислоты на установке по очистке сточных вод).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В таблице 5.7 представлены показатели выбросов, сбросов загрязняющих веществ при подготовке аккумуляторных батарей для последующей переработки.

Таблица 5.7. Выбросы при подготовке аккумуляторов*

№ п/п	Источник	Обработка сточных вод	Загрязняющее вещество	Погрешность (%)	Величины (кг/день)	Частота мониторинга		
Мин.	Средн.	Макс.						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Технологическая вода, грунтовая сточная вода, технологическая зона для извлечения свинца из вторичных источников	Регулирование уровня pH Добавление хлорида железа Флокуляция и осаждение Анионовая/катионовая флокуляция Механическая фильтрация	Pb	16	0,06	0,57	1,45	Периодическая смешанная проба в течение 24 часов
2			Cd	12	0,003	0,115	0,552	
3			Sb	20	0,002	0,212	1,096	
4			As	25	0,001	0,018	0,092	
5			Cu	10	0,001	0,017	0,046	
6			Hg	25	0,001	0,002	0,009	
7			Ni	10	0,001	0,130	0,428	
8			NH_{4+}	25	0,21	2,478	6,17	

* источник: [52].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение затрат энергоресурсов при:

использовании систем пылегазоулавливания (рукавные фильтры);

использовании оборудования для очистки отходящих газов от пыли и кислот (мокрые скрубберы);

процессах по извлечению кислоты для повторного использования.

Необходимость утилизации уловленной пыли в случаях невозможности ее повторного использования.

При использовании скрубберов мокрой очистки образуются сточные воды, требующие дополнительной обработки для предотвращения попадания кислоты и металлов в естественные водоемы.

Дополнительные расходы реагентов, используемых для очистки сточных вод от туманов кислоты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость использования мокрых скрубберов может быть ограничена необходимостью дополнительной обработки образующихся загрязненных вод для предотвращения попадания кислот и металлов в водные экосистемы.

Для обработки кислотного тумана на установке по очистке сточных вод требуется соответствующая налаженная система очистки.

Экономика

Инвестиционные затраты ввиду необходимости в дополнительном оборудовании и инфраструктуре.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.2.5. Процессы и методы, применяемые для образующихся химических веществ и газов

Кислоты и щелочи, другие химические реагенты часто используются в основных технологических процессах для выщелачивания металлов, осаждения соединений или в очистном оборудовании, а также могут производиться в ходе основного технологического процесса.

Поставщик, как правило, указывает требования к условиям хранения таких материалов. Многие из этих реагентов могут взаимодействовать между собой, что учитывается при определении методов их хранения и переработки: обычно применяется раздельное хранение химически активных материалов. Жидкости обычно хранятся в бочках или резервуарах на открытых или закрытых обвалованных территориях; при этом для таких территорий используются покрытия, устойчивые к воздействию кислот и химических веществ. Твердые материалы обычно хранятся в бочках или мешках МКР (биг-бэгах) в помещениях с изолированными дренажными системами; для хранения некоторых материалов, таких как, например, известь, используются силосы. Применяются пневматические транспортные системы. В производстве свинца, как и других цветных металлов, для различных целей используются газы.

В частности, в больших объемах могут применяться технологические газы. Потребление отдельных видов газов оказывает влияние на методы их транспортировки и распределения.

Для улучшения сгорания, обеспечения окисления и улучшения процесса конвертирования используется кислород; для восстановления оксидов металлов используются природный газ, бутан или пропан. Диоксид углерода, азот и аргон используются для обеспечения инертной атмосферы и дегазации расплавленного металла. Окись углерода и водород используются в основных технологиях. Водород и диоксид серы используются для восстановления оксидов и солей. Хлор и кислород используются в процессе выщелачивания.

Оператор может производить газы на своей площадке для собственных нужд, хотя известны случаи выпуска газов по контрактам для поставки на другие площадки. На некоторых объектах для улучшения горения используется кислород, а для подавления искрения воспламеняющихся материалов – азот.

Для производства обоих этих газов используются одни и те же криогенные процессы или процессы, основанные на перепадах давления; производимый низкокачественный азот может применяться в ряде операций, требующих инертной среды. Аналогичным образом дымовые газы с низким содержанием кислорода могут использоваться для предотвращения самовозгорания.

Газы могут транспортироваться в цистернах или по трубопроводам. Контроль объема запасов и давления обеспечивает обнаружение утечек для всех газов.

Для смешивания газов (например, приготовление смесей аргона и хлора) используются балансировка и слияние потоков. При небольших потребностях могут поставляться предварительно смешанные газы.

Распределение газов внутри площадки обычно обеспечивается воздушными трубопроводами, снабженными надежными системами защиты от повреждений.

5.3. Процессы и методы предупреждения неорганизованных выбросов и сбора отходящих газов при производстве металлов

Этот подраздел посвящен предотвращению неорганизованных выбросов и улавливанию отходящих газов металлургических процессов, включая неорганизованные выбросы, вызванные дефектами в проектировании или обслуживании систем газоулавливания. Газы и испарения технологического процесса попадают в рабочую зону и затем – в окружающую среду. Они, таким образом, влияют на обеспечение условий труда работников, а также вносят свой негативный вклад в воздействие процесса на окружающую среду. Методы улавливания технологических газов используются для предотвращения и минимизации таких неорганизованных выбросов.

Пыль, испарения и газы металлургических процессов улавливаются с помощью систем укрытия печей путем полного или частичного перекрытия желобов, систем выпуска расплавов, зон передачи, с помощью других аналогичных систем или с помощью вытяжных зонтов. Горячие газы от желобов могут улавливаться и использоваться для поддержания горения, что также позволяет утилизировать остаточное тепло. В герметизированных печах могут использоваться закрытые кислородные фурмы и горелки, пустотелые электроды, вытяжные зонты и колосники, стыковочные системы, обеспечивающие герметичность печи на время загрузки. Вытяжные зонты размещаются как можно ближе к источнику выбросов с учетом наличия пространства, необходимого для выполнения производственных операций. В некоторых случаях используются перемещаемые зонты, а для ряда процессов вытяжные зонты используются для улавливания первичных и вторичных выбросов.

Также применяются отдельные третичные системы улавливания, спроектированные для сбора всех остающихся выбросов; их часто называют "house in house".

Кроме вышеупомянутых методов, имеются сведения о следующих мерах по предотвращению неорганизованных выбросов и улавливанию отходящих газов металлургических процессов:

увеличение объема шихты, загружаемой в печь или ячейку, для обеспечения лучшей герметизации и улавливания отходящих газов;

обновление или усовершенствование оборудования для улавливания и фильтрации отходящих газов;

сокращение времени простоя печи за счет улучшения огнеупорной футеровки (тем самым сокращается время разогрева и останова, когда происходит краткосрочное увеличение выбросов);

герметизация крыш производственных зданий и модернизация фильтров.

Практически все системы улавливания проектируются на основе достоверных данных об улавливаемом материале (размеры частиц, концентрация и т. п.), форме облаков пыли в условиях предельных режимов и влиянии изменений объема, давления и температуры на эти системы.

Для достижения оптимальных проектных параметров и эффективности улавливания могут использоваться компьютерные модели динамики потоков. Корректное измерение или оценка объема, температуры и давления газа выполняются для того, чтобы обеспечить необходимую степень очистки на пике газовых потоков. Для качественного проектирования с целью предупреждения истирания, отложения, коррозии или конденсации также необходимо измерять и некоторые другие параметры, характеризующие состояние газа и пыли. Другим важным фактором является обеспечение доступа к зонам загрузки материалов и выпуска расплавов из печи при сохранении высокого уровня улавливания отходящих газов; для учета этого фактора на стадии проектирования необходимо использовать практический опыт персонала, эксплуатирующего печи.

Применение критериев проектирования для систем улавливания и очистки полезно не только для предотвращения выбросов в атмосферу, но и сокращения энергопотребления, так как улавливание газа требует перемещения больших объемов воздуха и может быть связано с потреблением огромных объемов электроэнергии. При проектировании современных систем улавливания основное внимание уделяется увеличению доли улавливаемых загрязняющих веществ и минимизации объемов перемещаемого воздуха. Конструкция системы улавливания или вытяжных зонтов очень важна, так как современные проектные решения могут обеспечить высокую эффективность улавливания без избыточного энергопотребления в остальной системе. Герметизированные системы, такие как закрытые печи, могут обеспечивать очень высокую эффективность улавливания и имеют преимущество перед другими, полугерметичными печами. Для оборудования с периодическим режимом работы, например, конвертеров характерна высокая изменчивость газовых потоков; герметизацию такого оборудования сложно обеспечить, поэтому его часто приходится оснащать вторичными вытяжными устройствами.

Для подачи улавливаемых газов на очистку или обработку используются газоходы и вентиляторы. Эффективность улавливания зависит от эффективности вытяжных устройств, целостности газоходов, устойчивой работы системы контроля давления/ потока. Для обеспечения степени улавливания, отвечающей меняющимся условиям (например, изменениям в объеме отходящих газов), с целью минимизации

энергопотребления используются вентиляторы с переменной скоростью. Также возможно использовать систему автоматического управления вентиляторами, которая включает их только на этапах процесса, связанных с образованием выбросов, как в вышеупомянутой системе "house in house". Системы улавливания также могут проектироваться с учетом характеристик установок, с работой которых они связаны, например, установки газоочистки или сернокислотной установки. Используются системы управления, обеспечивающие качественное проектирование и обслуживание систем.

5.4. Производство первичного свинца

Производство первичного свинца основано на преобразовании руд и концентратов, сложных вторичных материалов (кек свинцовый, кек карбонизированный свинцовый, глет и т. п.) в сырой черновой свинец с необходимостью его дальнейшей переработки.

Известные два основных пирометаллургических способа производства свинца из сульфидного сырья или из смешанного сырья:

агломерация или спекание/плавка в шахтной печи;

прямая плавка, ориентированная преимущественно на использование дутья, обогащенного кислородом, в комбинации с шахтными печами. При этом стадия спекания не производится отдельно /печи включают прямую плавку из смешанного сырья.

Стимулирующими факторами развития производства свинца с использованием методов прямой плавки послужили постоянно ужесточающиеся требования экологии и органические недостатки доминировавшей в получении чернового свинца классической технологической схемы с агломерацией и последующей восстановительной плавкой. Очевидность применения автогенных процессов прямого получения чернового свинца из сульфидного сырья подтверждается ликвидацией передела агломерации, значительным сокращением или полным устранением потребности в коксе, общим снижением энергозатрат, расширением возможности в выборе топлива, получением стабильных технологических газов с более высоким содержанием сернистого ангидрида, позволяющих устойчиво использовать их в процессе производства серной кислоты.

Во всех печах смешанные сульфидные концентраты загружаются непосредственно в печь и затем плавятся и окисляются. Образуется диоксид серы, который собирается, очищается и направляется на производство серной кислоты. Восстановитель и тепло для плавления получают за счет горения загружаемого в печь кокса. Углерод (кокс или газ) и флюсы добавляются к загрузке в печь. В качестве вторичных энергоресурсов, а также с целью недопущения накопления в окружающей среде в загрузке шахтных печей могут участвовать отходы производства. Также в шахтных печах осуществляется переработка лома и крошки разделанных свинцовых аккумуляторных батарей.

Для разрушения органических продуктов, образующихся в шахтных печах, используется дожигательная камера, работающая при высокой температуре, а отходящие газы, как правило, подвергаются очистке. Оксид свинца восстанавливается до элементного свинца и образуется шлак.

Некоторое количество цинка и кадмия улетучивается, и их оксиды улавливаются и передаются на восстановление в другое производство.

Применяемые и разрабатываемые новые способы выплавки свинца из концентратов включают две стадии: окисления и восстановления. Стадию окисления осуществляют методами спекания/плавки либо прямой плавки с получением чернового свинца с низким содержанием примесей и "тяжелого" (богатого по содержанию свинца) шлака при низком прямом извлечении свинца в черновой металл, в ряде случаев, не превышающим 50 %. Стадию восстановления богатого свинцовистого шлака проводят с целью доизвлечения металлического свинца, цинка, меди и благородных металлов, а таже получения отвального по содержанию свинца шлака в технологическом процессе.

5.4.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов при окислительной плавке

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ.

Техническое описание

Для предотвращения и/или снижения выбросов в атмосферу используются:

герметичные системы подачи/загрузки сырья (двойной конус, конвейеры закрытого типа и подающие устройства);

герметичные или закрытые печи, оснащенные системами пылегазоулавливания;

эксплуатация оборудования при отрицательном давлении и достаточном количестве отводимого газа, для предотвращения создания давления внутри печи и уменьшения эффекта вдувания;

электрофильтр (см. раздел 5.1.3.3);

мокрый электрофильтр (см. раздел 5.1.3.4);

рукавный фильтр (см. раздел 5.1.3.2);

мокрый скруббер (см. разделы 5.1.3.5).

Отходящие печные газы плавильной печи предварительно перед утилизацией на установку серной кислоты (если применимо) проходят очистку от пыли и газообразных соединений. Это необходимо для защиты катализатора и производства серной кислоты в соответствии со стандартами качества. Очистка от пыли и газообразных соединений может производиться с использованием горячих электрофильтров, позволяющих очищать газ при высоких температурах, а также при помощи рукавных фильтров и

мокрых скрубберов. Предварительное охлаждение газа производится в котлах утилизаторов, в которых одновременно происходит оседание значительного количества твердых частиц.

Для эффективности улавливания и очистки технологических газов может использоваться комбинация нескольких очистных установок.

Уловленная в фильтрах пыль возвращается в процесс после выщелачивания хлорида или кадмия (если необходимо).

Дополнительно в систему очистки отходящего газа печи может быть включен скруббер для очистки от соединений ртути. Этот шаг необходим при утилизации газов плавильных печей на сернокислотных установках, так как для получения серной кислоты надлежащего качества содержание ртути в отходящих газах должно быть очень низким. Образуемые остатки от скрубберов после удаления ртути подлежат утилизации, если они не могут быть использованы для других процессов.

Газы, идущие в сернокислотный цех, очищают в электрофильтрах с предварительной подготовкой в скруббере. Охлаждение и увлажнение газов перед электрофильтром в скрубберах необходимы из-за высокого электрического сопротивления пыли. Мокрый скруббер используется для снижения выбросов пыли, если он находится перед установкой производства серной кислоты или SO_2, или в качестве скруббера отходящего газа, если он установлен после сернокислотной установки (см. раздел 5.3.5).

Отделенную пыль/отходы в виде остатков могут повторно использовать в производстве с целью извлечения металлов. В случае необходимости может потребоваться предварительная обработки этих остатков для удаления хлоридов, кадмия и/или других нежелательных элементов.

При использовании электрических печей отходящий газ дожигают, охлаждают, очищают от пыли в рукавных фильтрах, очищают от ртути и направляют на сернокислотные установки для извлечения SO_2 без дополнительной промывки и охлаждения.

Для передачи собранных газов на этап очистки или обработки используются воздуховоды и вентиляторы. Эффективность сбора зависит от производительности вытяжек, целостности воздуховодов, а также использования хорошей системы контроля давления/расхода. Использование вентиляторов с переменной скоростью обеспечивает выполнение экстракции на скорости, соответствующей переменным условиям, таким как объем газа при минимальном потреблении энергии. Также используются интеллектуальные системы автоматического управления вентиляторами, клапанами и заслонками для обеспечения оптимальной эффективности сбора на этапах технологического процесса, связанных с образованием паров. Для обеспечения герметичности и предотвращения утечек проводятся регулярный осмотр и

профилактическое обслуживание печей, трубопроводов, вентиляторов и систем фильтрации.

Достигнутые экологические выгоды

Использование герметичных систем и оборудования позволяет предотвратить неорганизованные выбросы в атмосферу.

Использование электрофильтров и рукавных фильтров способствует снижению выбросов пыли и металлов. Уловленная в фильтрах пыль возвращается в технологический цикл производства.

Применение мокрых скрубберов способствует сокращению выбросов пыли, ртути, а также диоксида серы.

Использование отходящих газов при производстве серной кислоты путем извлечения SO_2 позволяет сократить выбросы диоксида серы.

Другим положительным эффектом является сокращение объемов сырья в сернокислотном производстве.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Переработка свинцовых концентратов на свинцовом заводе УКМК производится в Айза печь (технология ISASMELT^{TM}).

Печь состоит из стального корпуса с футеровкой и съемной фурмы (для обеспечения дутья воздуха и кислорода). Загрузка концентрата в печь производится через отверстие в своде печи. Воздух и кислород подаются в печь при помощи погружной фурмы. Основными продуктами печи являются свинец, содержащий шлак, технологические и аспирационные газы. Загрузка печи производится непрерывно. Отходящий газ охлаждают в котле-утилизаторе отходящих газов приблизительно с 1100 °С до 350 °С и пропускают через горячий электрофильтр с температурой на выходе около 350-400 °С. На рисунке 5.5 представлен электрофильтр на свинцовом заводе УКМК.



Рисунок 5.5. Электрофильтр на медном заводе

Концентрация SO_2 в отходящих газах перед подачей на сернокислотное производство составляет не более 3,5–13,5 %. Технологический процесс получения серной кислоты контактным способом из смеси серосодержащих газов свинцового и цинкового производств состоит из стадий: очистка газа от пыли, мышьяка, ртути, селена, фтора, тумана серной кислоты; транспортировка и смешение газов; конверсия сера диоксида (SO_2); конденсация серной кислоты. Серосодержащие газы свинцового производства после очистки их от основного количества пыли в рукавном фильтре поступают в промывные системы для окончательной очистки от пыли. Процесс очистки газа производится с использованием промывных башен, скрубберов-электрофильтров, установленных последовательно. После очистки в промывном участке газы с температурой 32-50 °С и разрежением не более 2,5 КПа поступают в смеситель в объеме не более 85000 $нм^3$/час и концентрацией SO_2 не более 12,5 % для смешивания очищенными газами цинкового производства для дальнейших операций (нагрев, окисление, конденсация) и получения серной кислоты надлежащего качества. В таблице 5.8 представлена концентрация диоксида серы в выбросах от сернокислотной установки ВСА "ХальдорТопсе", применяемой на УКМК ТОО " Казцинк".

Таблица 5.8. Выбросы SO_2

№ п/п	Наименование	Ед.изм.	Минимальная концентрация	Максимальная концентрация	Периодичность мониторинга	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

1	Установка мокрого катализа WSA "Haldor Topse"	мг/Нм3	629.2	3700	Непрерывные измерения	Для получения серной кислоты используются смешанные газы свинцового и цинкового производства.

Кросс-медиа эффекты

Повышение затрат энергоресурсов при:

использовании пылегазоулавливающего оборудования (электрофильтры, рукавные фильтры, мокрые скрубберы);

процессах по извлечению кислоты для повторного использования.

Необходимость утилизации уловленной пыли в случаях невозможности ее повторного использования.

При использовании скрубберов мокрой очистки образуются сточные воды, требующие дополнительной обработки для предотвращения попадания ртути и металлов в естественные водные системы.

Дополнительные расходы реагентов, используемых для удаления ртути.

Образуемые при удалении ртути остатки в виде твердых или жидких отходов подлежат утилизации. Межсредовые влияния при эксплуатации сернокислотной установки представлены в соответствующем разделе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Комбинация технологий зависит от характеристик печного газа. Применимость сернокислотной установки может ограничиваться требованиями содержания SO_2 в отходящих печных газах.

Экономика

Затраты при реализации проекта строительства установки "Хальдор-Топсе" для утилизации слабосернистых газов на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе (УКМК) ТОО "Казцинк" составили ≈33 млн. долларов.

Движущие силы внедрения

Требования экологического законодательства.

Социально-экологические аспекты.

Получение серы как готовой продукции для дальнейшей реализации.

5.4.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения организованных выбросов пыли в атмосферу с отходящими газами при восстановительной плавке

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ при восстановительной плавке.

Техническое описание

Газы шахтных печей, применяемые при восстановительной плавке, как малоагрессивные, можно очищать от пыли сухими и мокрыми методами. Очищать от грубой пыли газы шахтных печей целесообразно в циклонах (см. раздел 5.1.3.1), устанавливаемых непосредственно у печей. Этим устраняется опасность забивания пылью длинных газоходов, а иногда также повышается содержание высокодисперсных фракций редких металлов в пыли пылеуловителей тонкой очистки, таких как рукавные фильтры (см. раздел 5.1.3.2). Применение мокрых электрофильтров при удалении мелкодисперсионных частиц пыли требует меньшего расхода энергии, но при этом имеет достаточно высокую стоимость (см. раздел 5.1.3.4).

Для пыли газов шахтных печей характерно высокое электрическое сопротивление (она содержит в основном PЬO, PbS и ZnO). Поэтому подготовка этих газов (охлаждение и увлажнение) существенно важна для достижения высокой степени улавливания пыли. Высокая дисперсность пыли и значительная запыленность газов обуславливают применение ступенчатой очистки и установки в качестве аппаратов тонкой очистки пылеуловителей наиболее совершенного типа. Низкое содержание в газах шахтных печей сернистого ангидрида делает возможным применение наряду с сухими мокрых газоочистных аппаратов.

Мокрые скрубберы используются при повышенном содержании влаги в отходящих газовых потоках (при сушке материалов или гранулировании шлака), а также в случаях с самовоспламеняющейся пылью. Тип скруббера может быть радиальный или распыляющий. Может использоваться в комбинации с промывочным раствором (например, щелочной раствор), для очистки сильнозагрязненных печных газов (см. раздел 5.1.3.5). Применение мокрых методов пылеулавливания для газов шахтных печей особенно целесообразно, если уловленную пыль (возгоны) подвергают на месте гидрометаллургической переработке. Пыль, извлеченную из мокрых систем, удаляют в качестве шлама в отдельной системе или в установке обработки сточных вод.

Для удаления ртути используются методы абсорбции с соответствующими абсорбентами в зависимости от состава исходных материалов или другие технологии (см. раздел 5.1.3.5).

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли и металлов. Снижение потребления сырья при возврате уловленных веществ в производство.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Цель шахтной плавки, используемой на УКМК – получение чернового свинца восстановлением его окислов из шихты, агломерата или богатого шлака Айза печи. Восстановление и расплавление шихты происходят за счет горения загружаемого в

печь кокса. Утилизации в шахтных печах также подлежат: подробленный, с металлическими включениями огнеупорный материал металлургических печей свинцового завода, отработанный ванадиевый катализатор, отработанные изделия керамические. Также в шахтных печах осуществляется переработка лома и крошки разделанных свинцовых аккумуляторных батарей. Технологические газы, отходящие от шахтных печей при любых режимах работы, направляются на очистку в отделение пылеулавливания для дальнейшей очистки на рукавные фильтры. Очищенные газы после очистки сбрасываются в атмосферный воздух. Уловленная пыль системой шнеков и элеватором загружается в высоконапорный камерный пневмонасос и пневмотранспортом передается на склад концентратов. В аварийных случаях пыль выгружается в наружный бункер. Объем газов от шахтных печей, поступающих на очистку, 260–320 тыс. $м^3$/час.

Модернизация системы обеспыливания (рукавный и картридж фильтры) шахтных печей на заводе "KGHM" (Польша) в 2019 году позволила добиться показателей: менее 1 мг/$нм^3$ для пыли и менее 0,05 мг/$нм^3$ для мышьяка (среднее значение 0,02 мг/$Нм^3$) [86].

Кросс-медиа эффекты

Повышение затрат энергоресурсов при:

хранении шлака в силосах или использовании орошения водой для хранения на открытых площадках;

очистке от пыли и металлов (сухие методы - циклоны, рукавные фильтры, электрофильтры, мокрые методы - абсорбция).

Необходимость утилизации уловленной пыли в случаях невозможности ее повторного использования. Для восстановления печных газов требуется обработка, внутри или снаружи, для удаления примесей.

Дополнительный расход добавок, используемых в качестве реагентов.

При очистке отходящих потоков от ртути образуются твердые или жидкие отходы, которые требуют дополнительной обработки и утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость циклонов может быть ограничена необходимостью их использования в комбинации с другими системами очистки.

Мокрые скрубберы могут использоваться только для влажных газовых потоков.

Необходимость очистки от соединений ртути зависит от состава исходных материалов.

Экономика

Нет данных.

Движущие силы внедрения

Требования экологического законодательства. Возможность восстановления и повторного использования уловленной пыли в качестве вторичного сырья.

5.4.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при загрузке, выпуске и предварительном обезмеживании

Описание

Методы предотвращения неконтролируемых выбросов, основанные на проектировании и оптимизации технологических решений, направленных на их исключение, если это возможно, сбор и очистку.

Техническое описание

Метод или совокупность методов использования систем сбора и контроля выбросов , интегрированных в технологический процесс на этапах проектирования или внедрения их в действующий производственный процесс. Техническое обслуживание систем сбора, а также непрерывный контроль отходящих потоков являются одними из составляющих предлагаемых технических решений:

использование систем загрузки, встроенных в корпуса;

использование крытых производственных площадок;

постоянный контроль и поддержание температур в печи на оптимально низком требуемом уровне;

использование герметичных печей/систем подачи сырья, оснащенных системами пылеулавливания, или оснащение эксплуатируемых печей и другого технологического оборудования вытяжными системами;

оптимизация конструкций и методов эксплуатации вытяжных устройств и газоходов с целью улавливания газов, возникающих при загрузке шихты и отходящих потоков от разогретого металла (колпаки/укрытия в местах загрузки и выпуска металла);

использование закрытых желобов при выдаче и перемещении расплавов сульфидов или шлаков;

использование укрытий печей, локальных аспирационных систем для улавливания выбросов при подаче сырья в печь и при выдаче продуктов плавки;

сбор пыли в местах перегрузки пылящих материалов (в точках загрузки и выгрузки печей, на выпускных желобах леток);

внедрение вторичных систем отведения газовоздушных потоков в точках загрузки и выгрузки печей;

использование систем улавливания и очистки отходящих газов, сконструированных с учетом особенностей улавливаемых смесей;

использование систем, позволяющих подавать сырье небольшими порциями, если допустимо в рамках используемого технологического оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неконтролируемых выбросов пыли, металлов, газообразных соединений. Большая часть улавливаемой пыли возвращается в технологический цикл для повторного использования.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Проведенные исследования на свинцовом заводе УКМК по снижению концентрации свинца в перемещаемых продуктах плавки показали, что при транспортировке или отстое ковшей происходят остывание поверхности расплава и снижение интенсивности испарения. Характер снижения температуры поверхности зависит от теплофизических свойств расплавов. Наибольшая интенсивность испарения соответствует моменту заливки ковша штейном, что обусловлено высокой начальной температурой. Для шлака начальная интенсивность испарения меньше за счет меньшего содержания свинца. Наименьшая интенсивность испарения – в момент заливки ковша черновым свинцом, но уменьшение интенсивности испарения происходит медленно. Для всех расплавов поступление аэрозолей свинца за счет испарения зависит от времени пребывания ковша вне укрытия. С учетом этого сделаны выводы, что при отстое ковшей под укрытиями местной вытяжной вентиляции не менее одной минуты происходит снижение поступления свинца в окружающую среду.

В 2020 году на заводе KGHM (Легниц, Польша) был завершен проект по установке для удаления мышьяксодержащей пыли из газов, выделяемых литейными машинами. Эксплуатационные показатели экологической эффективности составили: менее 2 мг/Нм^3 для пыли (среднее значение 1,6 мг/Нм^3) [86].

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена для действующих установок (существующей технологической схемой, панировка производственных помещений). В случаях использования герметизации оборудования и оснащения существующих участков погрузки/разгрузки сырья и продукции системами улавливания и отведения газов может возникнуть ограничение по соображениям безопасности (например, типом /конструкцией печи, риском возгорания, утечки).

Экономика

Информация отсутствует.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Экономия сырья – возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.4.4. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при переработке шлака окислительной плавки

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ при переработке шлака.

Техническое описание

В данном подразделе рассматриваются только технологии, связанные с работой сопутствующего оборудования по предотвращению и снижению выбросов, которые включают:

закрытое хранение шлака в силосах или использование орошения водой при хранении на открытых площадках;

оборудование закрытого типа и вытяжные системы в местах обильного пыле-газообразования (см. раздел 5.2.2);

рукавный фильтр (см. раздел 5.1.3.2);

мокрый электрофильтр (см. раздел 5.1.3.4).

Техническое описание

Для предотвращения выброса пыли во время хранения и транспортировки шлака используется система орошения водой, для увлажнения материала и его хранения во влажном состоянии. Используемое для транспортировки оборудование должно быть укрыто.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов пыли и металлов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На свинцовом заводе УКМК из шлака свинцовой плавки при помощи шлаковозгоночной установки доизвлекают свинец и цинк, которые переходят в возгоны и далее перерабатываются на цинковом заводе.

При переработке шлаков цинк и свинец переходят в пыль. Отходящие запыленные технологические газы поступают на очистку в рукавные фильтры (с эффективностью очистки 99,9 %) и выбрасываются в атмосферу с остаточной концентрацией - менее 5 мг/м^3.

По окончании продувки шлака на грануляции открывается вода, включаются пароотсос и вытяжная вентиляция на выпускном желобе, после этого открывается выпускное отверстие и шлак выпускается из печи по желобу на грануляцию и уже гранулированный оседает в зумпфе. Узлы заливки шлака в шлаковозгоночную установку и выпуска шлака оборудованы отсосами с дальнейшей передачей на очистку в рукавных фильтрах с дальнейшим выбросом в атмосферу. Шлак гранулируется водой . При контакте горячего шлака с водой он разбивается на мелкие гранулы и быстро застывает в зумпфовых ямах. Узел грануляции шлака оборудован вытяжной установкой с удалением пара через организованный источник. Из приемных зумпфов выходит влажный шлак (что исключает его пыление), грейферным краном грузится в

автомашины и вывозится на территорию отвального хозяйства для использования в закладочной смеси либо передается на переработку сторонним организациям в случае наличия спроса.

Кросс-медиа эффекты

Повышение затрат энергоресурсов при:

хранении шлака в силосах или использовании орошения водой при хранении на открытой площадке;

использовании электрофильтров для очистки от пыли;

использовании оборудования для очистки от пыли и металлов (мокрые электрофильтры).

Необходимость утилизации уловленной пыли в случаях невозможности ее возврата в технологический цикл.

При использовании скрубберов мокрой очистки и оросительных систем образуются сточные воды, требующие дополнительной обработки для предотвращения попадания загрязняющих веществ (металлов и др.) в естественные водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Информация не предоставлена.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.5. Снижение выбросов SO_2

Важное значение для свинцовой промышленности имеет утилизация серы из бедных по содержанию SO_2 газов. На большинстве заводов мира утилизация серы при обжиге свинцовых концентратов не превышает 40 %. На производство серной кислоты обычно направляют газы с содержанием сернистого ангидрида не менее 3,5 %. Газы камер зажигания и хвостовой части машин, содержащие 0,5–1,0 % SO_2, выбрасываются в атмосферу.

При выборе технологических решений, применяемых для извлечения и/или сокращения выбросов SO_2 в отходящих газах, следует учитывать концентрацию диоксида серы в отходящих потоках. В таблице 5.9 представлены методы снижения выбросов для газов с содержанием SO_2 <1 % 1 % и >1 %.

Таблица 5.9. Методы предотвращения и/или снижения выбросов SO_2

№ п/п	Содержание SO_2<1 %	Содержание SO_2>1 %
1	2	3
	Впрыск извести с последующей очисткой в рукавных фильтрах.	

1	Очистка при помощи аминов или растворителя на основе полиэстра Окисление при помощи перекиси водорода с получением серной кислоты. Окисление при помощи катализатора из активированного угля с получением серной кислоты. Двойная щелочная очистка с абсорбцией каустической содой и осаждением гипса. Абсорбция глиноземом и осаждение гипса (процесс Dowa). Скруббер с $Mg(OH)_2$ и кристаллизация сульфата магния. Реакция с сернокислым натрием и водой для получения бисульфата натрия.	Использование отходящих серосодержащих газов при производстве серной кислоты. Применяемые техники: сернокислотные установки одинарного контактирования; сернокислотные установки двойного контактирования; метод мокрого катализа (процесс WSA). Абсорбция двуокиси серы в холодной воде с последующим вакуумным извлечением в виде жидкой двуокиси серы.

5.4.5.1. Установки одинарного контактирования

Описание

Технологический процесс получения серной кислоты стандартным контактным способом основан на преобразовании SO_2 в SO_3 с помощью серии из нескольких слоев катализаторов.

Технологическое описание

Обжиговые газы после очистки их от основного количества пыли в сухих электрофильтрах поступают на промывку. После очистки в промывных системах обжиговые газы поступают в сушильное отделение. Осушенный газ поступает в контактные аппараты для окисления сернистого ангидрида в серный.

Окисление диоксида серы (SO_2) до триоксида (SO_3) происходит по реакции:

$$SO_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow SO_3 + 96{,}12 \text{ кДж/кг} \qquad (32)$$

Процесс окисления диоксида серы происходит в контактных аппаратах на четырех слоях ванадиевого катализатора. В качестве катализатора используются контактные массы различных марок в виде гранул, таблеток или колец.

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

После контактных аппаратов газ поступает в абсорбционное отделение. Сущность процесса абсорбции состоит в поглощении серной кислотой триоксида серы из газовой

фазы. Абсорбция серного ангидрида производится в моногидратных абсорберах серной кислотой концентрацией 97,5–98,3 %, поступающей на орошение с температурой 55-80 °С.

Очищенный газ очищается от брызг и тумана серной кислоты с помощью фильтров-туманоуловителей.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов SO_2.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Необходимыми условиями нормального течения процесса абсорбции являются равномерное распределение орошающей кислоты по сечению абсорбера, а также стабильность концентрации и температуры кислоты. Равномерное распределение орошающей кислоты по сечению башни достигается при помощи распределительной плиты, расположенной внутри башни над насадкой.

Технология одинарного контактирования используется для переработки металлургических газов цинкового производства Усть-Каменогорского металлургического комплекса. Степень контактирования составляет не ниже 96 %. Концентрация SO_2 на входе перед контактным аппаратом – не менее 7 %, на выходе – 0,3 % [13].

Кросс-медиа эффекты

При отсутствии этапа предварительной очистки газа степень конверсии достаточная низкая.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.5.2. Двойное контактирование/двойная абсорбция

Описание

Принцип метода двойного контактирования состоит в том, что после частичного окисления сернистого ангидрида в серный, технологический газ выводят из контактного аппарата с целью дальнейшего его окисления.

Технологическое описание

Наличие триоксида серы тормозит конверсию двуокиси серы и поэтому для достижения более эффективной конверсии двуокиси серы наиболее часто применяется процесс с двойным контактом/двойной абсорбцией в тех случаях, когда содержание диоксида серы в газе достаточно высоко. В этом случае триоксид серы поглощается в 98 % серной кислоте после второго или третьего прохода, что позволяет добиться

конверсии большего количества диоксида серы при последующих проходах. После этого идет следующая стадия абсорбции триоксида серы. В ходе данного процесса двуокись серы, содержащаяся в газе, превращается в трехокись серы под действием контакта, когда газы проходят через слой катализатора из пентоксида ванадия. Основными особенностями метода двойного контактирования, которые необходимо учитывать при данном процессе, являются повышенная концентрация сернистого ангидрида в газе и наличие промежуточной абсорбции. Общими преимуществами систем двойного контактирования с двойной абсорбции являются:

общая эффективность и изученность технологических решений;

отсутствие жидких сточных вод и, соответственно, дополнительных расходов по их очистке и нейтрализации;

высокие фонды рабочего времени технологических систем и отдельного оборудования;

относительно низкие рабочие температуры рабочих сред;

легко осуществимые пуск и остановка.

При двойном контактировании выход энергетического пара гораздо ниже в сравнении с системами одинарного контактирования в связи с затратами тепла на промежуточный подогрев газа перед второй стадией контактирования.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов диоксида серы в атмосферу. Снижение затрат на сырье и материалы. Исключены образование сточных вод и как следствие необходимость их очистки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение метода двойного контактирования позволяет значительно уменьшить содержание SO_2 в хвостовых газах, кроме того, уменьшается объем газа в контактном и абсорбционном отделениях. Степени контактирования варьируются в пределах 99–99,8 % при концентрации диоксида серы в отходящих газах не выше 0,03 %.

Рекомендуемая температура эксплуатации должна быть ниже максимальных температур катализатора на 20 °С. Соблюдение данного условия обусловлено возможными колебаниями концентрации SO_2 при использовании в качестве сырья отходящих печных газов. Эти колебания могут вывести из строя катализатор. Тот же эффект достигается при более низких температурах, и, следовательно, очень важно поддерживать необходимый уровень температуры примерно на 10-30 °С выше стандартной, что приводит к значительному снижению скорости конверсии.

Удаление примесей (предварительная очистка) перед процессом двойного контактирования необходимо для защиты катализатора и получения серной кислоты товарного качества. Очистка позволяет снизить концентрации большинства металлов до приемлемых уровней в производимой кислоте. Предварительная очистка потока газа

обычно включает ряд стадий в зависимости от загрязняющего вещества, присутствующего в газовом потоке. Эти стадии могут включать охлаждение с рекуперацией тепла, горячий электростатический фильтр, очистку для удаления ртути и т. п., а также мокрый электростатический фильтр. Слабая кислота, образующаяся в секции очистки газа, обычно содержит 1–50 % H_2SO_4.

Из трубы могут выбрасываться кислотные туманы, и там, где это необходимо, можно использовать туманоуловители свечного типа или мокрые скрубберы.

Кросс-медиа эффекты

Образование твердых или жидких растворов (слабые кислоты), которые требуют обработки и/или утилизации. Необходимость очистки от брызг и тумана серной кислоты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Данный метод применяется в пирометаллургических процессах с использованием сульфидного сырья. Для сокращения выбросов SO_2 в отходящих газах менее 0,5–1 кг/тонну серной кислоты необходимы либо снижение исходной концентрации SO_2 в газе, что приведет к ухудшению технико-экономических показателей работы системы, либо строительство дополнительной установки доочистки отходящих газов.

Любые NO_X, присутствующие в очищаемых на установке серной кислоты газах, абсорбируются производимой кислотой. Если концентрации высокие, то получается коричневая кислота, а это может быть неприемлемо для рынка сбыта. Если серная кислота коричневая в связи с органическими соединениями, можно добавить перекись водорода для удаления цвета.

В 2007 году технология производства серной кислоты из металлургических газов с использованием установки двойного контактирования, разработанная фирмой "SNC Lavalin", была внедрена на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе. На установку для производства серной кислоты направляются сернистые печные (с содержанием SO_2 – 8-25 %) и конвертерные газы (SO_2 – 1-6,4 %). Проектная концентрация диоксида серы перед входом в контактный аппарат составляет 12,3 %. Концентрация получаемой серной кислоты 92,5 -94 % и 98–98,5 % [13].

Позже, в октябре 2009 года, похожая технология была внедрена на Среднеуральском медеплавильном заводе для переработки отходящих газов металлургического производства. Концентрация диоксида серы перед входом в контактный аппарат составляет около 9 %, что является оптимальным для получения серной кислоты. Степень преобразования диоксида серы в триоксид по схеме ДК/ДА составляет минимум 99,7 % [89].

Экономика

Конверсия с двойным контактом/двойной абсорбцией сложная и дорогая. Гипс может производиться для внешних продаж. Эти возможности могут привести к экономии энергии и меньшему образованию отходов, но затраты следует сравнить для конверсии в местных условиях. Если рынок сбыта для гипса отсутствует, то следует предусмотреть затраты на свалку гипса.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в атмосферный воздух. Требования экологического законодательства. Экономические выгоды.

5.4.5.3. Утилизации диоксида серы методом мокрого катализа

Описание

Обработка влажных технологических газов свинцового производства, основанная на извлечении газообразного диоксида серы и получении серной кислоты товарного качества.

Технологическое описание

Одной из широко применяемых технологий мокрого катализа является процесс WSA - "серная кислота из мокрого газа", который представляет собой каталитический процесс переработки влажного технологического газа, восстанавливает SO_2 в виде концентрированной серной кислоты без добавления химикатов или абсорбентов, разработанный компанией Haldor Topse A/S в середине 1980-х годов. Серосодержащие газы свинцового производства после очистки их от основного количества пыли в сухих электрофильтрах с температурой 300–400 °С поступают в коллектор перед промывкой свинцовых газов, откуда газ распределяется по промывным системам. Затем газ охлаждается до требуемой температуры и очищается от вредных примесей. Сущность процесса очистки газа состоит в выделении из состава газа примесей, присутствие которых отрицательно влияет на ход технологического процесса и ухудшает качество выпускаемой продукции. К таким примесям относятся: пыль, которая увеличивает гидравлическое сопротивление аппаратуры, мышьяк, фтор, селен, ртуть, которые являются отравителями ванадиевого катализатора. После предварительного нагрева очищенный газ поступает в конвертер, который содержит ванадиевый катализатор, который был специально разработан для данного применения. В присутствии катализатора SO_2 преобразуется в SO_3.

В зависимости от концентрации SO_2 и требуемой степени конверсии используются один или несколько слоев. При использовании нескольких слоев охлаждение между слоями может осуществляться различными способами в зависимости от теплового баланса установки. Горячий воздух, вырабатываемый в конденсаторе WSA, используется для нагрева исходного газа, поступающего на установку после

промывного отделения. На выходе из конвертера газ охлаждается, что позволяет образовавшемуся SO_3 реагировать с водяным паром с образованием серной кислоты в газовой фазе:

$$SO_3\ (г) + H_2O\ (г) \rightarrow H_2SO_4\ (г) + 101\ кДж/моль \qquad (33)$$

Охлажденный газ поступает в конденсатор WSA, который конденсирует сернокислый газ с образованием жидкого продукта.

Достигнутые экологические выгоды

Степень преобразования диоксида в триоксид серы в большинстве случаев составляет 98 %. Процесс WSA основан на конденсации кислоты (а не на поглощении), которая особенно подходит для газов, содержащих 1–4 % SO_2. Отсутствие необходимости предварительной осушки технологического газа перед подачей его на установку WSA способствует исключению образования сточных вод и потери серы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Основными особенностями процесса являются:

95–99 % удаление и восстановление содержания серы;

производится серная кислота товарного качества;

рекуперация технологического тепла;

низкое потребление воды для охлаждения;

отсутствие отходов сточных вод.

Процесс легко адаптируется к работе с газами, содержащими примеси, такие как NO_X. Перед конвертером SO_2 может быть установлен реактор селективной каталитической нейтрализации (SCR) для обработки NO_X. Аммиак вводится в поток газа перед реактором SCR в стехиометрическом количестве по отношению к NO_X в газе. NO_X преобразуется в азот и воду в соответствии с реакцией:

$$NO + NH_3 + ¼\ O_2 \rightarrow N_2 + 3/2H_2O + 410\ кДж/моль \qquad (34)$$

Технология WSA была внедрена на Усть-Каменогорском металлургическом комплексе в 2004 году для утилизации газов свинцового и цинкового производства. Степень контактирования составляет не ниже 98 %. Концентрация SO_2 на входе перед контактным аппаратом – не более 6,5 %, на выходе – 0,13 %. Установка позволяет получать серную кислоту с концентрацией 97,5–98 % и 92,5–94 % после разбавления [13].

Кросс-медиа эффекты

Образование твердых или жидких растворов (слабые кислоты), которые требуют обработки и/или утилизации. Необходимость очистки от брызг и тумана серной кислоты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Процесс WSA является автотермическим для концентраций SO_2 от 3–5 %, однако для газов ниже 3 %, требуется дополнительное тепло, которое обычно подается с помощью газового нагревателя. При концентрациях свыше 6 % SO_2 процесс WSA требует разбавления воздухом для контроля температуры в слое катализатора, что приводит к увеличению объема кислотной установки.

Газ, обрабатываемый установкой WSA, должен быть свободен от твердых частиц. Содержание пыли должно быть снижено до 1–2 мг/Нм^3 для уменьшения накопления пыли на катализаторе. Поэтому для WSA может потребоваться дополнительная система мокрой газоочистки в зависимости от применения.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов SO_2 в атмосферный воздух. Сокращение расходов сырья. Экономические выгоды.

5.4.5.4. Десульфуризация отходящих газов с низким содержанием SO_2

Описание

Удаление SO_2 из дымовых газов путем ввода (например, карбоната кальция) в отходящий газовый поток в виде суспензии/растворов в специальных абсорберах, их реакции с сернистыми соединениями с образованием готового вещества (сернокислый кальций). Перед этапом десульфуризации необходима предварительная очистка дымовых газов от твердых частиц (пыли).

Технологическое описание

Дымовые газы с низким содержанием SO_2 предварительно охлажденные и очищенные в электро- или рукавном фильтре от пыли до нормируемого значения подаются в систему десульфуризации. Т. к. наиболее эффективным способом десульфуризации является противоточное движение газов и суспензии, то из нижней части скруббера суспензия подается в среднюю часть скруббера и распыляется форсунками в виде мелкокапельного раствора. Количество форсунок определяется на этапе проектирования.

При использовании в качестве сорбента карбонат кальция известняк <40 мкм после предварительной обработки (дробления) поступает в бак приготовления известняковой суспензии, оборудованный механическими мешалками. Размеры резервуаров

обеспечивают полную реакцию поглощенного SO_2 с суспензией $CaCO_3$, окисление соединений серы до сульфатов.

Для улучшения окисления сульфитов до сульфатов в резервуар скруббера через пневмогидравлический аэратор подается сжатый воздух. Далее суспензия по линиям подается в скруббер и накапливается в его нижней части в виде шлама с образованием крупного кристаллического остатка синтетического сернокислого кальция $CaSO_4$-$2H_2O$.

Очищенные дымовые газы, пройдя через систему промывных каплеуловителей, выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу (использование "мокрой трубы" исключает необходимость подогрева очищенного газа).

После завершения первой стадии абсорбции реакционные шламы со сточной водой, содержащие сульфат кальция (сернокислый кальций), направляются в систему фильтрации и очистки воды. После обезвоживания в фильтровальном прессе сернокислый кальций выгружается непосредственно в контейнер для хранения, расположенный под прессом, откуда он транспортируется на склад и затем реализуется на рынке. Очищенная вода возвращается в систему сероочистки. В скруббер постоянно поступают свежая суспензия и часть рециркулируемого промежуточного продукта, т. к. в нем содержится некоторое количество непрореагировавшего сорбента. Для предотвращения появления отложений на стенках скруббера предусмотрена система перемешивания суспензии в нижней части скруббера.

В качестве сорбента также может быть использован раствор NaOH (каустика или кальцинированной соды).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эффективность удаления SO_2 при использовании извести колеблется в пределах 50 –95 %, при использовании NaOH – может достигать 99 %. Скорость удаления при более высоком значении этого диапазона возможна только в идеальных условиях при использовании новых, специально разработанных установок.

На болгарском свинцовом заводе бедные обжиговые газы направляются на нейтрализацию содой с получением в качестве товарного продукта соли $NaHSO_3$ (бисульфита натрия).

Челябинский цинковый завод реализует проект по установке дополнительной очистки отходящих газов двух печей вельц-цеха. Системы предполагают мокрый способ очистки, при этом отходящие газы в специальном абсорбере орошаются реагентом – суспензией извести. Заявленная степень очистки составляет 98 %. В результате реакции образуется гипс, который может быть использован в производстве

строительных материалов. Ожидаемый экологический эффект – сокращение выбросов диоксида серы на 20-25 % [90].

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов, а также материальных ресурсов (веществ, используемых в качестве сорбента). При этом следует отметить, что потребление электроэнергии при использовании скрубберов на основе натрия ниже по сравнению с известковыми скрубберами благодаря меньшей скорости рециркуляции насоса и низкому перепаду давления. Однако натриевый скруббер требует обработки стоков Na_2SO_3. Стоки обычно окисляются до Na_2SO_4 и могут быть размещены на специализированных площадках.

В случае отсутствия рыночного спроса на сернокислый кальций возможно образование дополнительных объемов отходов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к новым установкам. Касательно применимости на действующих заводах необходима модернизация технологической линии (замены существующего очистного оборудования) в случае низкой производительности существующего пылеулавливающего оборудования и других факторов:

недостаточный объем емкости установленного рукавного фильтра в случае улавливания дополнительных объемов пыли при его использовании совместно для улавливания пыли и сернокислого кальция;

использование прямого впрыска в действующий фильтр возможно при достаточных показателях температуры, влажности и времени выдерживания.

Недостатки, ограничивающие применимость:

при повышенном значении pH на стенках оборудования (скруббер, насосы и трубопроводы) образуется мягкий налет (сульфит кальция);

при низких значениях pH образуется твердый налет (сульфат кальция).

Эти факторы приводят к снижению производительности оборудования и как следствие снижению эффективности удаления SO_2. Использование извести, обогащенной магнием, помогает увеличить эффективность очистки от SO_2 и снижает вероятность образования накипи. Более высокое соотношение жидкости и газа в известковых скрубберах приводит к повышению эффективности и снижению образования накипи. Однако оба эти фактора увеличивают стоимость системы.

Скрубберы на основе натрия обычно намного меньше, чем скрубберы на основе извести, благодаря реактивности реагента и возможности использования внутренних частей башни для большего контакта газа с жидкостью. Кроме того, возможность образования накипи снижается практически до нуля, поскольку скруббер на основе

натрия работает в кислотном режиме. Стоимость поставок каустика и кальцинированной соды также выше, чем извести, поэтому затраты на реагенты будут выше.

К факторам, ограничивающим применимость, также относятся:

дополнительные примеси в пыли, влияющие на возможность переработки;

образование гипсового продукта, не находящего применения;

большие объемы газов;

для действующих производств – необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с выделением отдельных потоков для обессеривания;

отсутствие площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений.

Экономика

Инвестиционные затраты на приобретение очистных установок.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO_2. Требования экологического законодательства.

5.4.5.5. Очистка перекисью водорода

Описание

См. ниже.

Технологическое описание

Для окисления SO_2 до образования серной кислоты используется перекись водорода (H_2O_2):

$$SO_2(g) + H_2O_2(aq) \rightarrow H_2SO_4\,(aq) \qquad (35)$$

Очистка выполняется методом прямого контакта в прямоточной оросительной башне и последующей противоточной очищающей башне. Концентрация полученной кислоты может достигать 50 % H_2SO_4. Кислота может быть переработана для использования на сернокислотной установке в качестве разбавителя или реализована как побочный продукт.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На заводе Aurubis (Гамбург) отходящий газ (содержание SO_2 от 0,1 % до 2 %) улавливается, затем либо используется для разбавления технологических газов, обрабатываемых на сернокислотной установке, либо очищается на установках с

использованием H_2O_2. Для эффективности поглощения SO_2 концентрация серной кислоты в этом процессе составляет 30–35 %. Уровни SO_2 в газе после очистки находятся в диапазоне от 20 до 350 мг/м^3 (в соответствии со среднесуточными непрерывными измерениями) [52].

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов и реагентов (перекись водорода). Серная кислота, полученная при очистке перекисью водорода, не подлежит прямому использованию и должна быть направлена на установку серной кислоты. Дальнейшая обработка ограничивает применимость процесса (в зависимости от необходимости в разбавлении на установке серной кислоты).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Операционные расходы на объем около 60000–70000 нм^3/ч и до 2 % SO_2 составили 1 миллион евро в год (2012 год).

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO_2. Требования экологического законодательства.

5.4.5.6. Процесс очистки SO_2 на основе растворов аминов

Описание

Скрубберная очистка поглощающим диоксид серы растворителем на основе амина или полиэфира; полученный промежуточный продукт затем подвергается десорбции и направляется на сернокислотную установку или удаляется за счет реакции с водой для получения серной кислоты или жидкого диоксида серы.

Технологическое описание

В данной технологии для достижения высокоэффективной селективной абсорбции SO_2 из различных газовых потоков используется водный раствор амина. В качестве абсорбента используется абсорбент, специально разработанный для очистки газов в металлургических производствах, обладающий оптимальными показателями по селективности извлечения диоксида серы. Газ, содержащий SO_2, подается сверху в абсорбционную колонну, а аминовый раствор подается снизу колонны, тем самым используется противоточный поток. Может использоваться абсорбционная колонна с псевдоподвижным слоем или распылительного типа, расположенная таким образом, чтобы обеспечить максимальный контакт между амином и газом. Амин, содержащий

SO_2, проходит из нижней части колонны через теплообменник и поступает в верхнюю часть регенерационной колонны. В регенерационной колонне в смесь амина и SO_2 подается пар, тем самым происходит отделение SO_2 из аминового раствора.

Водяной пар, насыщенный SO_2, проходит через конденсатор, который удаляет воду из потока до точки насыщения SO_2. Конденсат подается обратно в верхнюю часть башни, и насыщенный SO_2 выводится из системы в качестве конечного продукта.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

К примеру, эффективность очистки технологии Cansolv SO_2 на основе растворов аминов составляет более 98 % для газовых потоков, содержащих от 0,5 % до 5 % SO_2. Основным продуктом является насыщенный водой газ SO_2, который может быть реализован или переработан. Установка Cansolv может обрабатывать газовые потоки с содержанием твердых частиц до 40 мг/Нм^3, что позволяет производить очистку газовых потоков после электрофильтров, скрубберов Вентури или систем газоочистки на основе рукавных фильтров.

Так, ОАО "ГМК "Норильский никель" при реконструкции производства серы на медном заводе в рамках реализации "Серной программы" были рассмотрены технологии очистки отходящих газов от SO_2 методом его концентрирования для возможности использования для производства серосодержащей продукции. Для реализации проекта была выбрана система Cansolv (Shell), которая показала самые низкие показатели остаточного содержания SO_2 в дымовых газах – 0,001-0,0015 % [91].

На сегодняшний день известны и другие системы концентрирования SO_2 с использованием водных растворов.

Технология регенеративного восстановления SO_2, SolvR компании MECS, основанная на использовании экологически безопасного абсорбционного растворителя. Система может быть интегрирована в сернокислотные установки для снижения выбросов SO_2 или использована для концентрации газового потока перед установкой серной кислоты при больших объемах отходящих газов и низким содержанием SO_2. Концентрация SO_2 в отходящих газах заявлена как 20 ppm и менее. Технология SolvR была использована в комплексе с технологией производства серной кислоты MECS для медеплавильных заводов корпорации Codelco (Чили), крупнейшего производителя меди в мире [92].

Технология DSR компании Keyon Process Co., LTD. Данный технологический метод основан на использовании нетоксичного, экологически безопасного растворителя (абсорбента), предназначенного для избирательного поглощения SO_2. Абсорбированный диоксид серы впоследствии извлекается из растворителя, после чего регенерированный растворитель может быть использован повторно для очистки. Эффективность восстановления SO_2 составляет более 99,5 %, концентрация SO_2 в отходящих газах после очистки - не более 35 мг/Нм^3. Дополнительно в процессе использования технологии DSR могут быть снижены концентрации ртути и твердых частиц (не более 5 мг/Нм^3). Технология была внедрена на молибденовом заводе Jinduicheng (Китай) [93].

Кросс-медиа эффекты

При взаимодействии с кислородом образуются сульфатные соединения, которые легко отделяются от растворителя. Низкое потребление пара (при его рекуперации) способствует снижению эксплуатационных расходов. Имеются сведения об образовании дополнительного объема кеков до 12–15 тонн/год при использовании технологии DSR и SolvR для доочистки хвостовых газов после сернокислотных установок при начальной концентрации SO_2 – 6,5 %.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Восстановленный SO_2 может быть перенаправлен на производство серной кислоты, элементарной серы, сжиженного диоксида серы и сульфатов, что означает взаимодополняемость технологических процессов.

Экономика

В 2022 году был проведен предварительный анализ внедрения технологии DSR Keyon Process для доочистки хвостовых газов, в результате которого было рассчитано, что необходимое количество растворителя при общей загрузке системы составляет - 12 м^3/год, при рыночной стоимости 3 тыс. евро за 1 м^3.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO_2. Требования экологического законодательства.

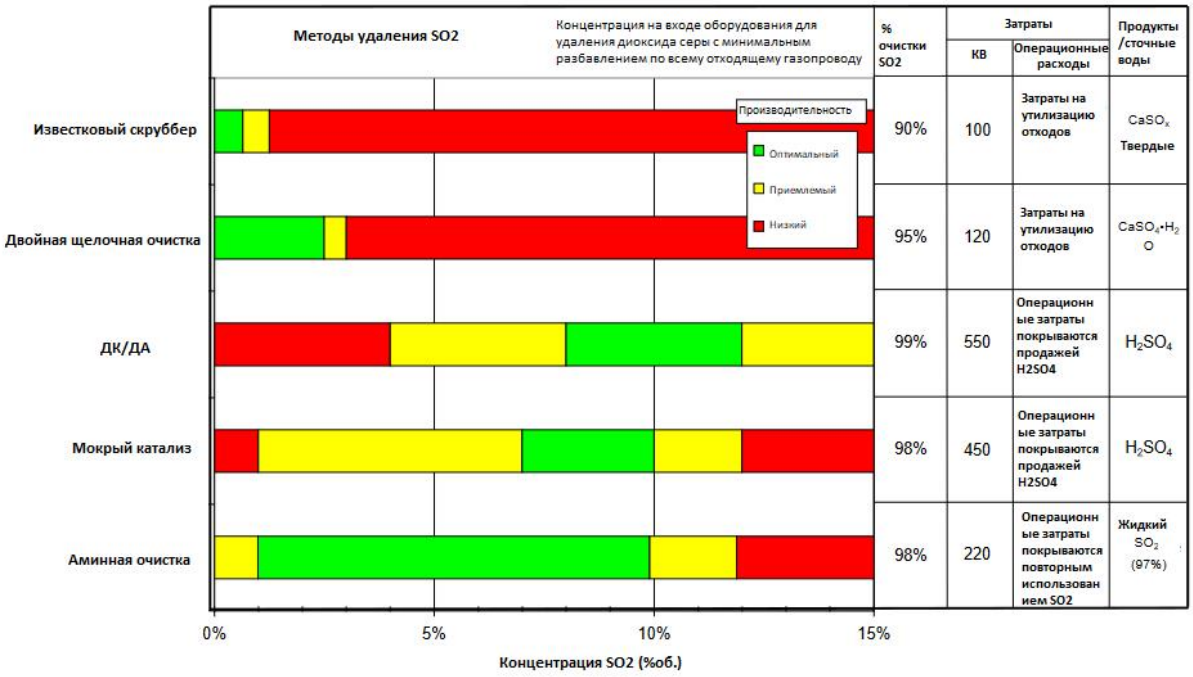


Рисунок 5.6. Эксплуатационные характеристики процессов очистки технологических газов от SO_2, применяемых в цветной металлургии

5.4.6. Снижение выбросов металлов и их соединений

Описание

См. ниже.

Техническое описание

Пирометаллургические процессы применяются для удаления примесей из нужного металла путем испарения и/или шлакования других металлов. Например, цинк, висмут, свинец, олово, кадмий, мышьяк и галлий могут испаряться в рабочих условиях в печи и удаляться из расплава. Выбор рабочей температуры влияет на этот этап процесса, а сбор оксидов металла может осуществляться путем применения соответствующей технологии удаления пыли. Затем металлы извлекаются из собранной дымовой пыли несколькими способами. Для удаления летучих металлов, которые собираются в виде дымовой пыли, также применяются печи по очистке шлака и процессы сжигания шлака . Таким образом, дымовая пыль и другие остатки формируют сырье для различных металлов.

Резервуары и другое оборудование, используемые на гидрометаллургических заводах, подвергается вентиляции, а вентиляционный воздух выбрасывается в атмосферу для обеспечения безопасности рабочих мест. Этот вентиляционный воздух может содержать кислотный туман, включающий соединения металлов из раствора. Методы удаления включают мокрые скрубберы или брызгоуловители. Элементы брызгоуловителей помещаются в газовый поток в вентиляционной трубе или поверх

охлаждающих башен, а отделяемый раствор возвращается обратно в основной резервуар.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и сокращение выбросов металлов. Извлечение металлов с целью их повторного использования непосредственно на том же самом производстве или вне его.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Черновой свинец, получаемый при плавке свинцовых концентратов любым методом, всегда содержит примеси: медь, сурьму, мышьяк, олово, висмут, благородные металлы и другие элементы. Общее содержание примесей достигает 2–10 %. Необходимость очистки (рафинирования) чернового свинца обусловлена, во-первых, тем, что примеси, несмотря на малое содержание их в сплаве, сильно изменяют физические и химические свойства свинца, делая его непригодным для использования в промышленности. Во-вторых, многие примеси в черновом свинце представляют большую ценность для народного хозяйства и должны быть при рафинировании извлечены в отдельный продукт.

При пирометаллургическом рафинировании из чернового свинца последовательно удаляют следующие металлы:

медь с помощью обработки расплава элементарной серой;

теллур с помощью металлического натрия в присутствии едкого натра;

мышьяк, сурьму и олово в результате окислительных операций;

цинк окислением в свинцовой ванне или в щелочном расплаве, вакуумированием и другими способами;

висмут – удаляют металлическим кальцием, магнием, сурьмой, при этом происходит загрязнение свинца этими металлами;

кальций, магний и сурьму качественным рафинированием.

На каждой стадии рафинирования образуются съемы (промежуточные продукты), в которые переходят примеси и часть свинца. Их подвергают самостоятельной переработке.

Кросс-медиа эффекты

Энергоемкость процесса. Вероятность образования отходов и сточных вод, если собранный материал не может быть повторно использован в процессе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Предотвращение и сокращение выбросов в окружающую среду. Экономические выгоды (экономия сырья).

5.4.7. Снижение выбросов SO_3

Описание

Снижение выбросов SO_3 и H_2SO_4 в виде туманов и брызг посредством применения одной или комбинации мер, представленных ниже.

Техническое описание

Выбросы туманов SO_3 или H_2SO_4 происходят из-за неполной абсорбции (процессы сухого контакта), а также в результате неполной конденсации при процессе мокрого катализа. Снижение выбросов достигается путем ведения регулярного мониторинга и контроля параметров процесса, таких как:

обеспечение постоянства производственных процессов – источников SO_2-газа, минимизация колебаний уровня SO_2 во входящих потоках;

достаточное осушение входного газа и воздуха для сжигания в процессах без использования воды (процессы сухого контактирования);

использование большей площади конденсации (для процесса мокрого катализа);

оптимизация распределения кислот;

эффективность свечных фильтров и их контроль;

циркулирующие объемы;

концентрация и температура абсорбирующей кислоты;

мониторинг тумана SO_3/H_2SO_4.

В таблице 5.10 представлены методы, используемые для снижения выбросов SO_3/H_2SO_4.

Таблица 5.10. Методы восстановления/абсорбции SO_3/H_2SO_4 [52]

№ п/п	Наименование	Достижимые уровни выбросов	
мг/Нм^3 в виде H_2SO_4	кг SO_3/ на тонну H_2SO_4		
1	2	3	4
1	Высокоэффективные свечные фильтры (волокнистые туманоуловители)	<50	<0,14
2	Мокрая очистка	-	-
3	Сетчатый фильтр	<100	<0,07
4	Электрофильтр	<20	<0,03
5	Мокрые электрофильтры	-	-

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов SO_3 или тумана H_2SO_4.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

На сернокислотном производстве по технологии одинарного и двойного контактирования УКМК для очистки газа от брызг и тумана серной кислоты используются диффузные волокнистые туманоуловители Brink компании MECS. Содержание SO_2 в очищенном газе составляет не более 0,3 %. Содержание тумана и брызг H_2SO_4 – не более 40 мг/Нм^3 [13].

Кросс-медиа эффекты

Расход химикатов и энергии при мокрой очистке.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от технологических характеристик в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов SO_3. Требования экологического законодательства.

5.5. Производство вторичного свинца

5.5.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения организованных выбросов

Описание

Техники, которые рассматриваются, могут использоваться как индивидуально, так и в комбинации.

Техническое описание

Для снижения выбросов пыли в отходящих газах при вторичном производстве свинца используются следующие техники:

Циклоны (см. раздел 5.1.3.1) могут использоваться в качестве оборудования предварительной очистки в сочетании с рукавными фильтрами (см. раздел 5.1.3.2), которые высокоэффективны при очистке газа от более мелких частиц пыли. Использование реагентов применимо в отношении сильнозагрязненных потоков. Всю уловленную пыль от фильтров повторно используют в качестве дополнительного сырья (после выщелачивания нежелательных компонентов, если требуется).

Системы удаления ртути используются в зависимости от состава исходных материалов. Для очистки газов с высоким содержанием воды (например, из систем гранулирования шлака) либо газов с самовоспламеняющейся пылью применяются мокрые скрубберы (радиальный или распыляющий). Для одновременного удаления газообразных веществ из печных газов могут использоваться комбинации с использованием специальных реагентов, например, щелочного раствора.

Мокрые электрофильтры эффективны при удалении очень мелких частиц пыли, однако требуют высоких инвестиционных затрат (см. раздел 5.1.3.4). Пыль, извлеченную из мокрых пылеуловителей, удаляют в качестве шлама в отдельном водном контуре или на установке по обработке сточных вод.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли и металлов. Снижение потребления сырья.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Ниже приведены примеры комбинации вышеупомянутых техник:

В компании "Metallo-Chimique", Берсе и "Elmet", Беранго, плавильная печь может использоваться для выплавки (отдельными производственными циклами) вторичного свинца. Компания "Metallo-Chimique" использует печь TBRC, отходящие печные газы пропускают через воздушный охладитель, циклон и рукавный фильтр [52]. В таблице 5.11 представлены выбросы пыли из трех различных печей вторичного производства свинца.

Таблица 5.11. Пример выбросов пыли из печей вторичного производства*

№ п/п	Тип печи	Производительность	Предварительная обработка газа	Обработка газа	Выбросы
1	2	3	4	5	6
1	Доменная печь	50 000 тонн/год	н/д	н/д	<2 мг/Нм^3
					Расход газа 90000 м^3/ч
2	Печь TBRC (небольшая)	30 тонн/загрузка	Охладитель + циклон	Рукавный фильтр	<5 мг/Нм^3
3	Плавильная печь	60 тонн/загрузка	Охладитель + циклон	Рукавный фильтр + рукавный фильтр со впрыском сорбалита	<5 мг/Нм^3

* источник: [61].

Кросс-медиа эффекты

Энергоемкость. Необходимость утилизации уловленной пыли, если ее невозможно вернуть обратно в процесс.

При использовании мокрых скрубберов образуются сточные воды в виде отработанных фильтратов, которые подлежат обработке, для предотвращения попадания металлов и других веществ в водоемы.

Использование реагентов при необходимости удалении ртути.

Образующиеся при удалении ртути сточные воды и твердые остатки требуют утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Для эффективности удаления пыли необходимо использовать комбинации техник (циклон в сочетании с рукавным фильтром).

Использование мокрого скруббера применимо для влажных газов и потоков с содержанием самовоспламеняющейся пыли.

Использование систем удаления ртути зависит от состава исходных материалов.

Экономика

Инвестиционные затраты на монтаж установки по удалению ртути в компании " Aurubis", Гамбург, составили до 5 млн. евро (конденсатор, нагреватели, рукавный фильтр, система впрыска, абсорбер и вентиляторы) [52].

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Восстановление сырья.

5.5.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению неорганизованных выбросов при вторичном производстве свинца.

Техническое описание

Техники, которые рассматриваются, включают:

эксплуатацию печи и газоотводящей системы под разряжением и с достаточной скоростью отвода газа для предотвращения повышения давления;

поддержание температуры в печи на минимально необходимом уровне (см. раздел 5.2);

оборудование закрытого типа с вытяжкой печного газа (см. раздел 5.1.1);

рукавный фильтр (см. раздел 5.1.3.2);

систему "House in house".

В системе "House in house" технологическое оборудование находится в крытом здании и дополнительно размещено в хорошо герметичном корпусе, вентиляционные газы улавливаются и очищаются. Все операции по выплавке, розливу и транспортировке обрабатываемого сырья осуществляются внутри этого корпуса, которое оснащено краном на колесах (загрузочная тележка).

Все операции управляются дистанционно с помощью пульта, в том числе предусмотрено автоматизированное управление системой вентиляции. Перечисленные условия эксплуатации позволяют снизить потребление энергии, так как объем отходящих газов, подлежащих очистке, значительно ниже в сравнении вентиляционными системами обычного здания.

В целом принимаемые меры схожи с техниками предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов, приведенными в разделе 5.3.1.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение и снижение выбросов пыли и металлов. Возврат уловленной и очищенной пыли в технологический процесс.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Концентрация загрязняющих веществ, полученных методом непрерывных измерений, при различных режимах эксплуатации установки, непостоянстве исходного

сырья, истирании оборудования и износе фильтрующих элементов, представлена в таблице 5.12 (данные европейских справочников).

Таблица 5.12. Выбросы пыли и SO_2 при использовании герметичного корпуса и рукавного фильтра с впрыском извести для очистки*

№ п/п	Источник выбросов	Загрязняющее вещество	Показатели при обычных рабочих условиях (мг/Нм^3)		Частота мониторинга
Мин.	Макс.				
1	2	3	4	5	6
1	Машина для отливки свинцовых слитков	Пыль	<0,5	10	Непрерывно (в среднем за полчаса)
		Пыль	0,8	2,7	Непрерывно (в среднем за сутки)
		Пыль	2	4	Непрерывно (в среднем в год)
		SO_2	<50	1425	Непрерывно (в среднем за полчаса)
		SO_2	65	250	Непрерывно (в среднем за сутки)
		SO_2	100	200	Непрерывно (в среднем в год)
		Cu	<0,01	0,23	4 раза в год (4* 20 минут)
		Pb	0,01	0,3	
		Ni		<0,02	
		As	<0,01	0,07	
		Cd	<0,01	0,02	

* источник: [52].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии (если не используется герметичный корпус).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Основные эксплуатационные расходы связаны с потреблением электроэнергии и необходимостью технического переоборудования вентиляционных систем. Так, энергозатраты рукавного фильтра составляют 1,5 кВт ч на 1000 м^3. Энергозатраты для типовой плавильной печи с производительностью в 300000 м^3/ч (среди которых

основные технологические газы составляют менее 10 %) составляют приблизительно 400 тыс. евро в год (0,10 евро за кВт ч).

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.3. Снижение выбросов SO_2

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов диоксида серы при вторичном производстве свинца.

Техническое описание

К техникам, которые способствует снижению выбросов SO_2 из печей вторичной плавки, относят:

удаление серы из исходного сырья;

затвердевание серы в расплавленной фазе с использованием добавок;

обработку газового потока впрыском извести или бикарбоната натрия (см. раздел 5.3.5.4);

мокрый скруббер (см. раздел 5.1.3.5);

удаление SO_2 путем его извлечения и использования для производства серной кислоты (см. раздел 5.3.5).

Предварительная очистка вторичного сырья от сульфатов является необходимым этапом, так как выбросы диоксида серы при выплавке напрямую зависят от содержания серы в обрабатываемом сырье. Так, масса свинцового кислотного аккумулятора может содержать много свинцовых соединений, некоторые из которых содержат серу, например, $PbSO_4$. Для предотвращения или снижения выбросов SO_2 во время процесса выплавки серу, присутствующую в качестве сульфатов, можно предварительно удалить методом щелочного выщелачивания.

Удаление серы из массы кислотного свинцового аккумулятора путем реакции со щелочным раствором (карбонат натрия или гидроокись натрия) представлено в сокращенных химических реакциях ниже:

$$PbSO_4 + Na_2CO_3 \text{ ^ } PЬCO_3 + Na_2SO_4 \qquad (41)$$

$$PbSO_4 + 2NaOH \text{ ^ } PbO + Na_2SO_4 + H_2O \qquad (42)$$

Аккумуляторный электролит (кислота) также можно отделять для повторного использования вместо того, чтобы передавать его в реактор удаления серы для получения сульфата натрия.

Раствор сульфата натрия, полученный в процессе, можно обрабатывать двумя способами в зависимости от локальных условий окружающей среды, экономики и

требований к спецификации продукта: извлечение сульфата натрия путем кристаллизации; утилизация раствора сульфата в качестве товарного продукта натрия после удаления других примесей (например, металлов).

Добавление в печь железа и/или соды также способствует снижению выбросов SO_2, так как железо, добавленное в печь, вступает в реакцию с серой, содержащейся в исходном материале, с образованием штейна (например, сульфид железа). Скорость улавливания серы при производстве штейна составляет приблизительно 90 % при оптимальных условиях. Штейн покидает печь в жидкой форме, но твердеет при комнатной температуре, что облегчает его обработку. Медь, если присутствует в исходном материале, реагирует так же, как и железо, приводя к затвердеванию серы в виде сульфида меди. Для безопасной утилизации и возможности использования штейна в качестве товарного продукта необходимо соблюдать соотношение исходных составляющих шихты перед ее выплавкой.

Следующим методом удаления SO_2 из отходящих газов печей является метод сухого впрыскивания извести или бикарбоната натрия на выходе из дожигателя при температуре 1100 °С или при более низкой температуре в газопроводе перед рукавным фильтром. Более высоких показателей можно добиться при одновременном впрыске воды и большого количества извести.

При установке системы впрыска извести для удаления SO_2 в действующую схему очистки с функционирующим рукавным фильтром, предназначенным для очистки выбросов от пыли, необходимо учитывать его производительность.

При использовании процесса очистки с впрыском извести необходимо соблюдение температуры, содержание влаги и времени контактирования в определенном диапазоне. Для этого может понадобиться использование смесительной камеры, для получения нужной смеси технологического газа, закачиваемой воды и извести.

Для улавливания SO_2 из отходящих газовых потоков также используется комбинация сухого (рукавный фильтр) и мокрого (скруббер) способов очистки. При этом необходимо предварительное охлаждение газов водой до 200 °С.

В качестве реагента в мокром скруббере используются известь, NaOH или H_2O_2. Для улавливания SO_2 газовый поток сначала проходит через рукавный фильтр, а затем поступает в мокрый скруббер с промывочным раствором, в котором происходит окисление сульфита в сульфат. При использовании извести после фильтрации образуется гипс, а при использовании гидроокиси натрия после испарения воды образуется сульфат натрия, который извлекается после очистки. Насыщенные водой газы охлаждают, чтобы удалить влагу. Эффективность улавливания SO_2 достигает 99 % (при оптимальных условиях).

Использование сернокислотных установок для метода утилизации SO_2 описано в разделе 5.3.5. При этом следует отметить возможность использования комбинации нескольких техник в зависимости от состава исходного сырья и типа используемой печи.

Достигнутые экологические выгоды

Общий экологический эффект от всех представленных техник - снижение выбросов SO_2. Возможность использования вторичных материалов повторно (например, гипс, полученный при щелочной чистке). SO_2 можно извлекать в виде серной кислоты на установках производства серной кислоты.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эффективность применяемых технологий обработки будет зависеть от состава газа (влага и концентрация SO_2) используемой печи, колебаний состава газа от времени и температуры.

При впрыске извести или бикарбоната натрия процент улавливания серы составляет более 95 % при оптимальных условиях. При этом следует учитывать, что реакция SO_2 с известью происходит на поверхности частиц извести и чем выше содержание влаги, тем быстрее протекает процесс. Снижение потребления извести возможно при: одновременном впрыске воды (пара), использовании гашеной извести с высокой поверхностью/пористостью, рециркуляции пыли из рукавного фильтра.

Примеры использования технологии впрыска извести.

Приведенные величины касаются использования впрыска извести, натрия или щелочной воды в печной газ вторичной доменной печи типового завода с производительностью 30000–50000 тонн свинца в год (например, "Boliden Bergsoe", Швеция, "Johnson Controls Recycling", Германия; "Kovohute Pribram", Республика Чехия , "Campine", Бельгия).

Расход технологического газа: 50000–90 000 $нм^3$/ч.

Выброс SO_2: <500 $мг/Нм^3$ (в среднем в год).

Выброс пыли: <2 $мг/Нм^3$.

Пример использования утилизации отходящих газов на сернокислотной установке для снижения выбросов SO_2 - завод "Umicore" в Бельгии, использующий технологию ISASMELT производительностью 1000 тонн/день (периодический технологический процесс):

исходные материалы: материалы, содержащие свинец и медь;

исходящие данные: нечистая медь и шлак свинцового оксида;

расход технологического газа: 54000 $нм^3$/ч;

концентрация SO_2 в технологических газах: до 10 %;

концентрация SO_2 после двухконтактной/двойной абсорбционной установки серной кислоты: <300 мг/Нм^3 (в среднем за сутки).

Кросс-медиа эффекты

Затвердевание серы на фазе выплавки с использованием добавок:

необходимость дополнительных добавок;

повышение потерь шлака и свинца в шлаке.

Обработка газового потока, содержащего SO_2, впрыском извести и бикарбоната натрия:

использование смесительной камеры создает дополнительное падение давления, что приводит к повышенному использованию энергии вентилятором;

необходимость использования дополнительных добавок;

вероятность образования дополнительных отходов, если уловленную пыль нельзя повторно использовать.

Установка щелочного скруббера после фильтрации пыли:

энергоемкость процесса;

возможное образование сточных вод, а также необходимость их обработки для предотвращения попадания металлов в водоемы при сбросе.

Межсредовые эффекты при использовании сернокислотной установки при вторичном производстве свинца представлены в разделе 5.3.5.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость техник обусловлена рыночным спросом:

улавливание SO_2 путем добавления железных или щелочных флюсов применимо в случаях возможности реализации полученного в процессе реакции железного штейна или шлака;

использование в качестве абсорбента серосодержащих соединений (известь или бикарбонат натрия), для улавливания SO_2 в потоке отработанного газа вторичных плавильных печей, необходимо соблюдение технологических условий, таких как содержание SO_2, температура, содержание влаги, наличие примесей во входящем потоке;

техники мокрой чистки могут применяться только при наличии соответствующих реагентов для очищаемого водного потока. Применимость мокрого скруббера также может быть ограничена в засушливых зонах необходимостью больших объемов воды;

применимость двухконтактной/двойной абсорбционной кислотной установки может быть ограничена концентрацией серы в обрабатываемом сырье.

Экономика

Если удаление серы из исходного сырья происходит перед выплавкой, потребуется меньшее количество добавок и энергии для образования шлака. Фактически затраты на

удаление серы из исходного материала должны быть сопоставимы с преимуществом применения меньшего количества флюсов и реагентов, меньшего времени выплавки, меньшего потребления энергии и меньшего количества шлака, производимого для утилизации.

Затвердевание серы с использованием добавок, таких как, железо или сода, приводит к повышению эксплуатационных расходов ввиду высокой стоимости добавок .

Низкие инвестиционные затраты при использовании впрыска извести или бикарбоната натрия возможны при условии, что производительности установленной системы по улавливанию пыли достаточно для обработки дополнительного количества пыли. Затраты на дополнительный рукавный фильтр, если это необходимо, могут оказаться значительными. Количество необходимой извести можно снизить за счет использования извести с высокой удельной поверхностью.

Щелочные скрубберы требуют значительных инвестиций, а монтаж может потребовать адаптаций под существующие установки по очистке сточных вод (для отвода отработанных фильтратов в общий сток).

При расчете финансовых затрат также необходимо учесть расходы, связанные с обработкой образующихся твердых остатков, которые могут быть классифицированы как отход.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.4. Использование горелок-дожигателей для удаления CO и органического углерода

Описание

Разрушение и окисление соединений углерода в дымовых газах в результате термической реакции при контакте загрязняющего вещества с кислородом.

Техническое описание

Комбинация дожигателя и системы охлаждения может использоваться для удаления органического углерода и CO из отходящих газов от печи. Для снижения выбросов пыли может использоваться рукавный фильтр. Дожигатель представляет собой камеру, где дымовой газ смешивают с избыточным кислородом при высокой температуре (>850 °C) турбулентности. Время нахождения в камере при указанных условиях должно быть достаточным для разложения и сжигания всего углерода в газовом потоке и разрушения любых диоксинов. Затем газы закаливают (ниже 250 °C), чтобы избежать преобразования диоксинов или, если применимо, охлаждают для рекуперации тепла.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов CO и ЛОС.

Рекуперация энергии (по мере необходимости).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В случае необходимости энергию можно восстанавливать для внутреннего обогрева производственного участка и/или внешней теплоцентрали; 30–40 ГВт ч можно восстанавливать из одной установки с шахтной печью.

В доменной печи компании "Umicore", Хобокен дожигание технологических газов приводит к продукции ПХДД/ПХДФ в дымовой трубе <0,005 нг МТЭ/нм^3 и CO <50 мг/Нм^3. Газы сначала частично дожигают, охлаждают и удаляют пыль, а потом полностью дожигают с восстановлением тепла [52].

Кросс-медиа эффекты

Увеличение выбросов NO_X.

Требуется топливо, если энергии, произведенной путем окисления печных газов, недостаточно для достижения требуемой температуры.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Дожигатель используется в установках, которые не отделяют пластмассу перед выплавкой.

Экономика

Повышение инвестиционных затрат. Увеличение затрат на энергоресурсы.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рекуперация тепла.

5.5.5. Системы мокрой очистки для предотвращения и/или сокращения выбросов газообразных соединений

Описание

Процесс мокрой газоочистки основан на растворении газообразных компонентов в растворе. После мокрого скруббера отходящие газы насыщаются водой, что обуславливает необходимость использования влагоудалителей перед выбросом отходящих газов в атмосферу. Образующаяся жидкость очищается на водоочистных сооружениях, а нерастворимые частицы улавливаются с помощью осаждения или фильтрации.

Техническое описание

Системы мокрой газоочистки, которые в основном используются для удаления твердых частиц, могут также применяться для удаления газообразных компонентов при их небольшом содержании, а также контроля температуры (с помощью адиабатного охлаждения). И хотя основная технология, используемая в таких установках, зачастую одинакова, проектные решения систем улавливания пыли и газообразных компонентов существенно различаются. Системы мокрой газоочистки, как правило, используются для всех трех сред (воздух, вода, почва) одновременно, поэтому проектное решение должно быть компромиссным и учитывать межсредовые эффекты, например, в зависимости от характеристик конкретного процесса возможно увеличение объема стоков.

Выбор параметров для контроля результативности работы скруббера определяется сферой его применения. Среди таких параметров могут быть: перепад давления и скорость потока скрубберной жидкости, температура, мутность, проводимость и pH.

К методам удаления низкоконцентрированного диоксида серы (менее 1 %) и других газов, таких как HF и HCl, относятся правильное проектирование, подбор размера и монтаж специализированных установок.

Мокрые скрубберы должны использоваться совместно с системами мониторинга для контролирования показателей давления, потока скрубберной жидкости и pH, а также контролирования исходящих газовых потоков – газ из скруббера должен поступать в туманоотделитель. Слабокислые растворы, получаемые в процессе очистки , следует использовать повторно, или, если возможно, восстанавливать или использовать, что способствует снижению объемов сбрасываемой воды.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов твердых и газообразных соединений в окружающую среду.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергозатрат.

Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения попадания загрязняющих веществ в водные объекты со сточными водами.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

5.5.6. Скрубберы сухой и полусухой очистки

Описание

В поток отработанных газов добавляются и диспергируются сухой порошок или суспензия/раствор щелочных реагентов. Материал реагирует с газообразными компонентами серы и формирует твердые частицы, которые удаляются фильтрацией (рукавными или электрофильтрами). Эффективность системы газоочистки повышается при использовании реакционной колонны.

Техническое описание

Методы абсорбции, такие как скрубберы сухой очистки, используются для поглощения кислых газов и металлических или органических соединений. Зачастую в обоих случаях используются известь, гидроксид магния, известняк, окись цинка и глинозем. В других странах используются двух щелочные скрубберы. Для удаления металла (ртути) и органических веществ используется активированный уголь (или кокс), который в этом случае обычно более эффективен.

Для метода абсорбции используется насадочный скруббер башенного типа или вводится реагент непосредственно в струю газа с последующим использованием реакционной колонны. Для улавливания частично отработанного скрубберного материала чаще всего используются рукавные фильтры, которые также представляют собой дополнительную поверхность для дальнейшей абсорбции. Скрубберный материал можно несколько раз использовать повторно в системе скрубберов для максимального использования его абсорбционной способности (глинозем и окись цинка затем используются в основном технологическом процессе). Помимо скрубберов сухой очистки могут использоваться и полусухие системы. В этом случае пастообразная суспензия реагента (как правило, извести) подается в реактор вместе с потоком газа. Вода выпаривается при условии, что температура газа достаточно высокая, а газообразные компоненты вступают в реакцию с частицами абсорбента. Отработанные частицы в последующем удаляются из газового потока. Сухие скрубберы зачастую менее эффективны, чем скрубберы полусухой или мокрой очистки , особенно при работе с менее химически активными газами, например, SO_2. Эффективность абсорбции зависит от активности реагента, и поставщики извести нередко могут производить материалы под конкретные условия применения.

Когда эти процессы используются для удаления SO_2, они называются методами десульфуризации дымовых газов (ДДГ), и применяются для снижения содержания SO_2 в газах анодных печей и других источников слабо концентрированного диоксида серы, а также очистки конечных газовых выбросов сернокислотной установки. При использовании скрубберов мокрой очистки образуется гипс, который при определенных условиях может быть реализован.

Скрубберы сухой очистки, использующие активированный уголь, относятся, прежде всего, к методам извлечения органических веществ, таких как ПХДД/Ф, или ртути. В зависимости от области применения скрубберов должны учитываться следующие аспекты:

скрубберы сухой и полусухой очистки должны быть оборудованы соответствующими камерами смешивания и реакторами;

твердые частицы, образующиеся в ходе реакции, могут быть уловлены рукавным фильтром или ЭФ;

частично отработанный агент, используемый в скруббере, может повторно использоваться в реакторе;

отработанный агент, используемый в скруббере, по возможности необходимо использовать повторно;

при образовании туманов в виде капель воды скрубберы полусухой очистки должны быть оборудованы туманоотделителями.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение энергопотребления.

Необходимость захоронения отходов (уловленной пыли), если она не может быть повторно использована.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для новых установок.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.7. Кислородно-топливное сжигание

Описание

Данный метод предусматривает замещение воздуха, подаваемого для поддержания горения кислородом с последующим исключением/уменьшением термического образования NO_X из азота, поступающего в печь. Остаточное содержание азота в печи зависит от чистоты подаваемого кислорода, качества топлива и возможного попадания воздуха.

Техническое описание

В производственных процессах обычно используются высокие температуры, но они также связаны и с использованием кислорода. При этом снижается парциальное давление азота в пламени, а также уменьшается образование оксидов азота, если в очень горячих зонах нет больших количеств азота. По имеющимся данным типичные уровни выбросов оксидов азота при производстве вторичной меди составляют от 20 до 400 мг/м^3 в зависимости от типа печи и режима работы. Для снижения образования NO_X при внедрении высокоэффективных процессов (например, Contimelt) на местах необходимо обеспечить требуемое соотношение потребления энергии и достигнутого значения концентрации в выбросах.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов оксидов азота.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование чистого кислорода в горелке позволяет снизить парциальное давление азота в пламени и, соответственно, уменьшить термическое образование NO_X. При обогащении дутья кислородом в горелке или возле нее, либо при значительном поступлении воздуха в печь более высокая температура газа может стать причиной

увеличения термического образования NO_X. В этом случае можно добавить кислород в зону после горелки, чтобы уменьшить данный эффект и поддержать скорость плавления.

Кросс-медиа эффекты

Нет информации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Кислородно-топливное горение – это метод, который можно применить в большинстве используемых процессах горения и пирометаллургических процессах. Максимальная выгода от применения этого метода достигается на новых установках, когда топочную камеру и системы снижения выбросов можно также спроектировать на меньшие объемы газа. Этот метод можно также применять на существующих установках, которые во многих случаях можно модернизировать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов оксидов азота. Экономия энергии.

5.5.8. Техники снижения выбросов ПХДД/Ф

Описание

Рассматриваемые техники включают как первичные методы (такие как улучшение условий горения, удаление органических соединений из сырья или модификация систем загрузки в печь), так и техники очистки в конце производственного цикла (такие как эффективная фильтрация пыли, добавление активированного угля).

Рекомендуемые методы снижения выбросов включают:

использование камер дожигания в установках пылеудаления из отходящих газов;

повышение тепловой эффективности технологического процесса (например, введение кислородного дутья или топливных горелок);

герметизацию технологических линий с установкой вытяжных систем.

Техническое описание

ПХДД/Ф образуются в результате реакций газовой фазы с хлорированными органическими исходными веществами. Помимо постоянно присутствующего источника углерода даже незначительное количество хлора в исходных материалах или топливе (например, содержание хлора в товарном коксе составляет 0,05 %масс.) является достаточным для образования ПХДД/Ф. Известно, что медь, железо, цинк, алюминий, хром и марганец являются катализаторами образования ПХДД/Ф.

Образование ПХДД/ПХДФ происходит либо при неполном сгорании, либо в плохо регулируемых дожигателях и воздухоочистных устройствах.

ПХДД/Ф образуются при процессах горения, спекания, плавке металлов и т.д. Большая часть ПХДД/Ф образуется в результате синтеза "de novo", который

представляет собой реакцию взаимодействия углерода с неорганическими хлоридами или органически связанным хлором при температуре от 250 °C до 500 °C (углерод, присутствующий в исходном сырье либо образуемый в ходе химической реакции, должен принять ароматическую структуру). В качестве катализатора в данном процессе выступают металлы, такие как медь или железо. Поэтому предварительный выбор или обработка исходного материала для минимизации количества исходного материала или органического вещества являются очень важной мерой предотвращения образования ПХДД/Ф.

Основным источником образования ПХДД/Ф является плавка вторичного свинца с использованием загрязненных исходных материалов, содержащих хлор и органические вещества, при отсутствии эффективных условий эксплуатации или газоочистки. Присутствие ПХДД/Ф в пыли, а также наличие полихлорированных бифенилов в трансформаторном ломе и других материалах являются потенциальными прямыми источниками образования ПХДД/Ф.

Количество выбросов ПХДД/Ф с отходящим газом зависит от эффективности контроля процесса (условия массообмена) и технологических параметров отходящего газа, таких как температура, время выдерживания в разных температурных интервалах, содержание SO_2, а также состава обрабатываемых материалов и используемого топлива.

Возможные методы сокращения выбросов ПХДД/Ф:

уменьшение содержания органического вещества путем его удаления из исходного материала;

улучшение условий горения – использование обогащенного воздуха или чистого кислорода, оптимальное смешивание кислорода с горючими веществами, а также повышение температуры горения или времени выдерживания в камерах при высоких температурах;

использование термического дожигания или горелки-дожигателя: сжигание отходящего газа, сопровождаемое быстрым охлаждением горячего газа, также способствует сокращению образования ПХДД/Ф (могут использоваться системы каталитического окисления);

впрыск кислорода в верхнюю зону печи при отсутствии места для установки горелки-дожигателя;

модификация систем загрузки печи для возможности добавления небольших, равномерных порций сырья (это способствует уменьшению охлаждения печи во время загрузки, поддержанию более высоких температур газа, оптимизации процесса);

использование высокоэффективных рукавных фильтров с каталитическим слоем для удаления пыли и ПХДД/Ф.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов ПХДД/Ф и CO.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Может применяться обработка скрапа для удаления органического загрязнения.

При невозможности обработать газы из печей в дожигателе их можно окислить путем добавления кислорода над зоной плавки.

Для впрыска адсорбента количество и состав добавок зависят в большей мере от технологических условий, происхождения и состава исходных материалов. Для снижения расходов на адсорбенты, всю или некоторую часть пыли из фильтра можно использовать повторно.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии для выработки кислорода.

Уловленная пыль может содержать ПХДД/Ф в высоких концентрациях, из-за чего могут потребоваться ее утилизация или обработка путем возврата в печь.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.6. Переплавка и рафинирование, получение сплавов и розлив

Черновой свинец, получаемый при плавке свинцовых концентратов любым методом, всегда содержит примеси. Их количество в черновом свинце составляет 2–10 %. В черновом свинце содержатся следующие примеси: медь, сурьма, мышьяк, олово, висмут, селен, теллур, серебро, золото и др. Отдельные примеси представляют большую практическую ценность, в связи с чем возможно их извлечение из чернового свинца. Для извлечения примесей из чернового свинца используется процесс рафинирования.

Рафинирование свинца от примесей осуществляют по двум методам: пирометаллургическим и электролитическим (в водных растворах).

В процессах рафинирования чернового свинца, осуществляемых в открытых емкостях (котлах) и в пределах относительно низких температур 350 - 600 °C, особую опасность представляет испарение свинца, серы, мышьяка, сурьмы, кадмия и других легколетучих вредных веществ. Для предотвращения/снижения концентрации металлов в отходящих газах их улавливают и подвергают очистке.

5.6.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов при рафинировании, переплавке и литье свинца

Описание

Техники, совокупность применения которых обладает высоким потенциалом к снижению выбросов загрязняющих веществ при обработке материала (переплавка, рафинирование и литье):

температурный контроль плавки;

крышки или колпаки на печах или котлах с системой вытяжки дыма;

рукавный фильтр (см. раздел 5.1.3.2);

мокрый электрофильтр (см. разделы 5.1.3.4);

мокрый скруббер (см. раздел 5.1.3.5);

технология вакуумной выплавки и рафинирования.

Техническое описание

В данном подразделе рассматриваются только техники, связанные с оптимизацией и эксплуатацией технологических процессов, применяемые для снижения выбросов, которые зависят от различных этапов рафинирования и формы реакционного продукта в рафинировании свинца.

Температурный контроль плавки играет важную роль при снижении выбросов свинца и других загрязняющих веществ, а также контроле процесса и энергетической эффективности печи.

Для расплавленного свинцового материала применяются тягельная печь или котел. Для улавливания выбросов от котлов и печей рафинирования над ними устанавливаются вытяжные зонты. Котлы рафинирования могут быть покрыты крышками, которые остаются закрытыми во время реакции рафинирования и добавления химикатов. Расплавленный свинец автоматически нагнетают в замкнутую систему и передают из одного этапа рафинирования в другой. Вытяжка газов также должна использоваться у выпускных желобов и мест выпуска металла. Уловленные выбросы направляют в рукавный фильтр или мокрый скруббер при наличии в отходящих газах вязких материалов, например, едкого натрия, образующегося при процессах рафинирования.

Под технологией вакуумной выплавки и рафинирования понимается процесс вакуумной дистилляции при высоких температурах, применяемый для разделения сплавов.

Достигнутые экологические выгоды

Контроль температуры при плавке способствует предотвращению выбросов тяжелых металлов и снижению потребления энергии.

Применение вытяжных зонтов позволяет сократить объем неорганизованных выбросов.

Использование рукавного фильтра способствует:

снижению выбросов пыли и тяжелых металлов;

снижению объемов ресурсопотребления путем возврата уловленной пыли в процесс

.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Все оборудование устанавливают в закрытых помещениях, оборудованных системами пылегазоулавливания и очистки отходящих газов для предотвращения и/или снижения выбросов в окружающую среду.

Так, на заводе компании "Umicore", Хобокен, нечистый свинец рафинируют в нескольких котлах, которые нагревают газовыми горелками с низким содержанием NO_X. Остаточное тепло горелок используется для получения пара в 10 бар в котле. Все котлы обеспечены закрытыми крышками и поддерживают отрицательное давление. Удаление окалины осуществляется автоматически при аспирации с закрытой системой скимминга. Воздух из всех сухих процессов очищают в рукавном фильтре. Соли Sb, Sn и As удаляют из свинца в процессе Харриса и далее обрабатывают в гидрометаллургическом процессе.

Кросс-медиа эффекты

Нет данных.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.6.2. Методы снижения выбросов ртути

Описание

Совокупность методов сокращения выбросов ртути в атмосферу.

Техническое описание

В данном разделе представлен ряд технологий для удаления паров ртути из газового потока, эффективность удаления определяется конкретными характеристиками газа. В случае использования установки для производства серной кислоты желательно удалять ртуть до того, как она поступает в эту установку с тем, чтобы свести к минимуму возможность попадания ртути в окончательный кислотный продукт (как правило, содержание Hg в серной кислоте должно составлять мене 0,1 ppm (мг/л), что эквивалентно менее 0,02 мг/$Нм^3$ в очищенном газе). Ртуть может обрабатываться в обеих фазах − в форме отходящих газов и жидкой фазе (кислотная установка). В этих целях применяются различные процессы. Основной принцип предусматривает реакцию ртути с реагентом для формирования продукта, который может выделяться из газа или жидкости:

Процесс Boliden-Norzink осуществляется в мокром скруббере на основе реакции между хлоридом ртути и ртутью, в результате которой образуется хлорид ртути (каломель), который выпадает в осадок из очищающей жидкости. Процесс выполняется

после завершения этапа промывки и охлаждения на кислотной установке, поэтому газ не содержит пыли и SO_3, а температура составляет около 30 °C. Газ промывается в башне с уплотненным слоем с помощью раствора $HgCl_2$, который вступает в реакцию с металлической ртутью в газе, что приводит к ее осаждению в виде каломеля (Hg_2Cl_2). Каломель извлекается из циркулирующего очищающего раствора и частично подвергается регенерации под действием газообразного хлора до образования $HgCl_2$, который затем возвращается на стадию промывки. Полученный ртутный продукт либо используется для производства ртути, либо хранится на складе. Хлорид ртути представляет собой очень токсичное соединение ртути, поэтому данный процесс следует выполнять с большой осторожностью.

Процесс Bolchem: данный процесс реализуется в установке для производства кислоты, как и процесс Boliden-Norzink, но для извлечения используется 99 % серная кислота. Кислота поступает из абсорбционной секции кислотной установки и вступает в реакцию окисления с ртутью при температуре окружающей среды. Полученная кислота, содержащая ртуть, разводится до 80 %, и ртуть осаждается в виде сульфида с тиосульфатом. После отфильтровывания сульфида ртути кислота возвращается на стадию абсорбции, таким образом, кислота в данном процессе не расходуется.

Процесс Outotec: ртуть также может удаляться на кислотной установке до стадии промывки. Газ при температуре около 350 °C проходит через колонну с уплотненным слоем, где он промывается в противоточном режиме 90 %-ной серной кислотой при температуре около 190 °C. Кислота образуется на месте из SO_3, содержащегося в газе. Процесс основан на преобразовании элементарной ртути, содержащейся в газе, в сульфат. Кислоту подвергают рециркуляции, пока раствор не будет насыщен $HgSO_4$ и не начнется осаждение. Затем кристаллы $HgSO_4$ отделяются в концентраторе. Ртутный шлам извлекается из охлажденной кислоты, отфильтровывается, промывается и направляется в производство металлической ртути, затем часть кислоты возвращается в скруббер. Помимо ртути такой скруббер будет удалять другие загрязняющие вещества из газа. Возможно извлечение ртути путем смешивания твердых частиц с оксидом кальция и последующего нагревания до выделения ртути, которая затем может быть обработана. Кроме того, ртуть может осаждаться, а ртутный шлам удаляться из охлажденной кислоты с последующей фильтрацией и промывкой. Затем часть кислоты возвращается на стадию обработки в скруббере. В одном из вариантов этого процесса ртуть удаляют из газов путем промывки раствором ионов селена, а вместе с селенидом ртути (II) получают металлический селен.

Процесс Lurgi: установка Lurgi для удаления ртути представляет собой разновидность фильтра с активированным углем. Установка состоит из электростатического фильтра, используемого для удаления остаточной пыли, и смол,

нагревателя газа, абсорбера с уплотненным слоем, вентиляторно-демпферной системы для контроля потока газа, проходящего через установку, и оборудования для комплексного анализа газа на основе продувки азотом для поддержания низких концентраций кислорода в газе. Нагреватель необходим для нагрева газов до оптимальной температуры 60–85 °C, более низкие температуры газа приводят к снижению скорости реакции и конденсации влаги в уплотненном слое, а более высокие температуры могут вызвать вымывание серы из абсорбента.

Процесс Tinfos/Miltec: это процесс очистки от ртути, основанный на окислении ртути в отходящих газах при помощи гипохлорита натрия. После окисления в промывной колонне ртуть осаждается в виде сульфида ртути HgS за счет добавления двунатриевого сульфида. Сульфид ртути удаляется из процесса в фильтр-прессе. Ртутьсодержащий шлам подвергается обработке как опасный вид отходов и утилизируется на герметизированном полигоне для захоронения отходов.

Процесс Boliden-Contech: в наполнителе используются шарики, покрытые селеном.

Процесс Dowa: ртуть адсорбируется на пемзу, покрытую сульфидом свинца, с помощью которого обеспечивается улавливание металлической и окисленной ртути и ртути в виде частиц.

Селеновый фильтр позволяет очищать газы с низким содержанием элементарной ртути, выходящие из печей первичной плавки руды, путем конвертирования селенистой кислоты в аморфный красный селен, реагирующий с газообразной ртутью с образованием селенида ртути (II). Для очистки используется пористый инертный материал, аналогичный носителю катализатора, пропитанный селеновой кислотой. Пропитка обеспечивается путем сушки раствора селенистой кислоты в присутствии SO_2 для осаждения красного аморфного селена. Фильтр действует до тех пор, пока содержание ртути в нем не достигает 10-15 %. Затем фильтр обрабатывается в целях извлечения ртути и регенерации селена. Применение селенового фильтра позволяет практически полностью очищать отходящие газы плавильных печей от ртути. Он также может применяться в качестве второго этапа обработки отходящего газа с тем, чтобы снизить содержание ртути до поступления газа в установку по производству кислоты. Фильтр на основе селена позволяет удалять около 90 % поступающей ртути.

Селеновый скруббер: при данном методе используется мокрый скруббер, в котором происходит реакция аморфного селена в серной кислоте с ртутью для удаления паров ртути высоких концентраций. Селеновый скруббер пригоден для удаления относительно большого количества ртути, присутствующей в газе, и характеризуется эффективностью ее удаления в размере около 90 %.

Фильтр с активированным углем хорошо известен как фильтр, обладающий большой адсорбционной способностью. Техника позволяет улавливать ртуть в форме стабильного сульфида ртути (HgS), который абсорбируется на пропитанный серой

активированный уголь. Активированный уголь в обычных условиях может поглощать 10–12 % веса ртути. Этот метод особенно пригоден для использования при низких концентрациях ртути в газе. В обычных условиях эффективность удаления ртути составляет 90 %. Преимущество активированного угля состоит в том, что он позволяет удалять все типы выбросов ртути в атмосферу, в том числе в форме оксидов, в связанной форме с частицами, и элементарную ртуть.

Процесс с использованием тиоцианата натрия: данный процесс используется в печах для обжига цинковых концентратов. Газообразный SO_2 промывается раствором тиоцианата натрия, и ртуть извлекается в виде сульфида.

Процесс с использованием сульфида свинца: сухой скруббер, в котором для удаления ртути из газового потока используются шарики сульфида свинца.

Для тех процессов, в рамках которых удаление ртути из газов невозможно с практической точки зрения, существуют методы удаления ртути в жидкой фазе. Эти методы используются главным образом для повышения качества серной кислоты. В настоящее время для сокращения содержания ртути в серной кислоте используются следующие методы:

1. Технология молекулярного распознавания (TMP) предусматривает применение высокоселективных и нередко неионообменных систем, в которых используются специально отобранные лиганды или макроциклы. Эти лиганды могут химическим образом связываться с твердой подложкой, такой как силикатный гель или полимеры, или свободно использоваться в растворе для формирования комплексного соединения с отдельными ионами. Системы твердой фазы состоят из связанного с лигандами материала (SuperLig), упакованного в ионообменные колонки с фиксированным основанием или фильтровальные патроны. Процесс TMP может использоваться в качестве основного метода для удаления ртути или на этапе полировки в тех случаях, когда конкретное предприятие уже имеет систему для удаления ртути.

2. Процесс "Тохо" основывается на добавлении иодида калия и осаждении ртути в форме иодида ртути. Концентрация иодида калия при температуре 0 °C должна быть не менее 93 %. Кроме того, в результате дальнейшего добавления йодистой меди будет образовываться более устойчивый осадок в форме Cu_2HgI_4. Осажденная ртуть выделяется путем фильтрации.

3. Осаждение сильфида. Коллоидная сера может образовываться в кислоте в результате добавления гипосульфита. Сера будет вступать в реакцию с ртутью, в результате чего будет образовываться кристаллический сульфид ртути (HgS).

Для снижения выбросов ртути в отходящих газовых потоках, не направляемых на сернокислотное производство, обычно используются такие методы, как тщательный выбор сырья, а также впрыск активированного угля и/или других адсорбентов в газовый поток перед рукавными фильтрами (см. раздел 5.1.3.3). Содержание ртути в

исходном материале, а также технологические циклы могут быть причиной более высокой или низкой концентрации ртути в выбросах. Для контроля выбросов ртути, концентрации ртути в исходном сырье может использоваться процесс смешивания, выполняемый для получения стабильного и однородного сырья, путем смешивания руд или концентратов различного качества, комбинации руд или концентратов с флюсами, а также смешивания с различными видами вторичного сырья. Контроль может быть необходим при плавке исходных материалов с чрезвычайно изменчивой концентрацией ртути или концентрацией, превышающей желательный уровень. Кроме того, снижение общего содержания ртути в сырье для плавки будет способствовать снижению концентрации ртути в отходящих газах и уменьшению конечных выбросов ртути из трубы.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов Hg в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Удаление ртути в отходящих газах до их направления на сернокислотную установку необходимо для получения серной кислоты товарного качества. Системы удаления ртути (Hg) также могут применяться для сокращения выбросов ртути непосредственно перед выбросом газов через выхлопную трубу. В соответствии со спецификацией содержание ртути в серной кислоте, как правило, составляет от <0,1 част/млн. до 0,5 част/млн. и <0,02 мг/Нм^3 в очищенном газе.

Процесс Boliden-Norzink

Эффективность удаления зависит от содержания ртути в поступающем на обработку отходящем газе и, как правило, составляет 99,7 %.

Процесс Lurgi

Эффективность поглощения ртути составляет 98 %.

Селеновый фильтр

Эффективность удаления зависит от времени удержания. Для достижения 95 % эффективности удаления, как правило, требуется удержание в течение трех секунд. Обычно достигается эффективность удаления 90 %. Минимальная ожидаемая среднечасовая концентрация ртути на выходе составляет менее 0,01 мг/Нм^3. Продуктивность процесса на основе селенового фильтра на заводе "Болиден Р?нскар" (по выплавке меди, свинца, цинка) при расходе газа 80000 нм^3/ч находится в пределах 71-95 % и зависит от концентрации ртути во входящем потоке.

Фильтр с активированным углем

Правильно разработанная и обслуживаемая система фильтрации с пропитанным серой активированным углем, расположенная после конденсатора, способна улавливать до 99 % ртути с достижением концентрации 0,01 мг/м^3. Уровень адсорбции ртути составляет 10-40 %. Однако обычно активированный уголь впитывает до 20 %

ртути (по весу), после чего требуется его замена. Отработанный адсорбент удаляется в качестве опасных отходов или обрабатывается для извлечения элементарной ртути.

Процесс Tinfos/Miltec позволяет удалять 95 % ртути из отходящих газов.

Ионообменный процесс Superlig позволяет достигать значений концентрации ртути <0,5 промилле.

В таблице 5.13 представлены показатели эффективности очистки для некоторых методов, применяемых для очистки от ртути.

Таблица 5.13. Эффективность сокращения содержания ртути в отходящих газах [112]

№ п/п	Методы удаления ртути	Скорость газового потока, нм3/час	Концентрация ртути (до очистки)	Концентрация ртути (после очистки)	Эффективность, %			
макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Boliden-Norzink	30000	9879	21	30	13	99,7	74
2	Dowa	170000	50	10,5	1,4	1,2	97	88
3	Селеновый фильтр	80000	1008	42	48	12	95	71
4	Фильтр с активированным углем	80000	1206	37,2	32	2,7	97	93

Кросс-медиа эффекты

Процесс Boliden-Norzink

Воздействие на воздух и воду вследствие образования твердых каломельных отходов при выщелачивании или испарении ртути.

Селеновый фильтр

Возможно потенциальное воздействие на воздух и воду вследствие испарения элементарной или окисленной ртути при образовании отходов, состоящих из твердого селенида ртути (II). Отходы требуют стабилизации перед дальнейшей обработкой.

Фильтр с активированным углем

Активированный уголь, не пропитанный серой, весьма эффективно удаляет органические соединения, такие как диоксины и фураны, и летучие органические соединения (ЛОС), содержащиеся в потоке газа. При наличии органических соединений обычно устанавливается так называемый "слой предварительной очистки из активированного угля", позволяющий удалить их до прохождения пропитанного серой слоя, предназначенного для фильтрации ртути. В отсутствие слоя предварительной очистки органические соединения будут адсорбироваться на пропитанном серой активированном угле, что снизит его способность к последующему

удалению ртути и увеличит расходы, обусловленные более частой заменой фильтрующего слоя.

Также может потребоваться удаление насыщенного ртутью фильтрующего слоя в качестве опасных отходов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Процесс Boliden-Norzink

Данный процесс применяется для обработки всех технологических газов рудоплавильных установок, в частности, технологических газов, содержащих SO_2.

Процесс Lurgi

В 2001 году компания Eramet запустила в эксплуатацию установку для удаления ртути и сообщает, что с тех пор она работает без каких-либо перебоев. Объем газового потока, проходящего через установку, составляет около 15000 $нм^3$/ч.

Селеновый фильтр

По сравнению с другими адсорбентами ртути с неподвижным слоем, такими как активированный уголь, преимущество селенового фильтра состоит в том, что в нем происходит селективная реакция с ртутью.

Нежелательных побочных реакций не происходит: известно, что селеновая масса не проявляет каталитической активности. Это дает возможность, например, использовать селеновый фильтр для удаления ртути во влажных газах, содержащих SO_2. В присутствии активированного угля SO_2 будет окисляться до SO_3, который объединяется с водяным паром с образованием серной кислоты и засоряет фильтр. Кроме того, для достижения концентрации ртути 0,05 $мг/Нм^3$ и ниже для разделения твердых соединений ртути и жидкой ртути потребуется крайне низкая температура охлаждения газа (ниже 0 °C). Того же остаточного уровня можно добиться путем сбора ртути в виде селенида ртути (II) (HgSe) при температурах до 140 °C.

Фильтр с активированным углем

Активированный уголь может применяться для удаления всех видов выбросов ртути: в форме газа, на твердых частицах, элементарной и окисленной ртути. Он способен адсорбировать от 10 до 40 % ртути (по весу), после чего требуется замена фильтрующего угольного слоя. Кроме того, пропитанный серой активированный уголь (15-20 % по весу) эффективно образует стабильный сорбент.

Экономика

Процесс Boliden-Norzink

Ввиду низкой температуры процесса (ниже 40 °C) для сооружения таких установок применяются в основном пластмассовые материалы.

Эксплуатационные расходы минимальны, поскольку они ограничиваются:

расходами на электроэнергию для циркуляционных насосов;

расходами в связи с дополнительным потреблением энергии вентиляторами, компенсирующими перепад давления, создаваемый скрубберной башней;

расходами на газообразный хлор для восстановления хлорида ртути (II).

Эксплуатационные расходы практически не зависят от уровня ртути в отходящих газах. На заводе "Аурубис" в Гамбурге инвестиционные затраты на сооружение агрегатов для удаления ртути достигли 5 млн. евро (включая затраты на конденсатор, нагреватели, рукавный фильтр, систему впрыска, абсорбер и вентиляторы).

Селеновый фильтр

Капитальные затраты пропорциональны объему расхода газа. При насыщении селеновой массы ртутью требуется ее замена. Сообщается, что ориентировочные расходы на селеновый фильтр мощностью 200 000 $м^3$/ч составляют примерно 3 млн. евро первоначальных инвестиций плюс 70 тонн селена по цене 35 000 евро за тонну.

Фильтр с активированным углем

Основной статьей расходов при эксплуатации являются замена и удаление отработанного пропитанного серой активированного угля. Периодичность замены зависит от содержания ртути в потоке газа. Стоимость замены пропитанного серой активированного угля в Северной Америке составляет 6,6 долларов США/кг.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Сокращение выбросов ртути. Получение товарного продукта.

5.7. Методы обращения со сточными водами

5.7.1. Предотвращение образования сточных вод

Описание

При производстве свинца образующиеся сточные воды подлежат очистке для возможности их повторного использования в замкнутом цикле или предотвращения попадания загрязняющих веществ в водные экосистемы.

Техническое описание

Снижения количества образуемых сточных вод можно достичь использованием нижеперечисленных методов:

использование эффективных водооборотных систем;

повторное использование охлаждающей воды или конденсированного пара для технологических целей (сточные воды от шахтных печей, шлаковозгонной установки и электроотстойников, а также условно-чистые сточные воды могут повторно использоваться в системе оборотного промводоснабжения для дальнейшего использования (например, для охлаждения технологического оборудования), перед этим образующиеся сточные воды охлаждаются (при необходимости) и проходят очистку от примесей);

применение пылегазоочистных устройств без использования воды;

использование охлаждения закрытого контура с воздушными охладителями в качестве вторичных теплообменников;

минимизация слива испарительных охладителей;

использование раздельной канализации. Сбор и отвод сточных вод по 2-м технологическим линям - производственные сточные воды и хозяйственно-бытовые сточные воды.

Использование раздельной канализации потоков незагрязненной воды (дождевая вода, неконтактная охлаждающая вода) из потоков технологической воды. Производственные сточные воды делятся на загрязненные сточные воды и условно-чистые (незагрязненные) сточные воды. Загрязненные сточные воды образуются после использования воды непосредственно в технологических циклах и процессах, условно-чистые сточные воды – после охлаждения элементов технологического оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов водопотребления.

Снижение количества энергии, используемой для нагнетания воды.

Снижение количества реагентов, используемых для сточных вод.

Снижение объемов сбрасываемых сточных вод и концентрации в них загрязняющих веществ. Теплоемкость процесса, передаваемая в водоприемник.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В таблице 5.14 представлены меры, ориентированные не только на предотвращение и/или снижение объемов образуемых сточных вод, но и снижение объемов водопользования и как следствие снижение нагрузки на окружающую среду в целом. Снижение общего и удельного объемов водопотребления влечет за собой как следствие снижение количества сточных вод, направляемых после очистки на сброс.

Таблица 5.14. Меры предотвращения и/или сокращения объема сточных вод

№ п/п	Описание	Достигнутые преимущества
1	2	3
1	Отделение сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, от условно чистых, ливневых или иных вод	Сокращение объемов первичного водопотребления и образования сточных вод
2	Создание замкнутых систем водооборота (системы рециркуляции воды), а также использование условно чистых вод, отводимых с поверхностей, в технологических процессах	Сокращение объемов первичного водопотребления
	Создание систем сбора и разделения сточных вод, в том числе ливневых и дренажных вод	

3	в производственных коллекторах водостока для их обработки и последующего использования	Сокращение образования сточных вод
4	Использование раздельного отвода технологических вод (например, конденсата и охлаждающих вод). При этом необходимо уделять внимание максимально возможному извлечению из сточных вод загрязняющих веществ, возникающих вследствие потерь сырья или продукта, для их последующего использования	Повышение эффективности систем повторного использования вод
5	Разработка программ производственного экологического контроля, в которых отражается информация о показателях, подлежащих контролю, а также периодичности контроля, которая зависит от специфики предприятия, а также от объема сточных вод, видов и количества загрязнений и требований к качеству их очистки. Контроль качества сбрасываемых сточных вод осуществляют в коллекторе, сборной камере или колодце на выпуске с очистных сооружений	Оптимизация процесса обработки сточных вод и обеспечения стабильного и бесперебойного функционирования объекта обработки сточных вод
6	Внедрение системы контроля целостности и герметичности оборудования, включая трубопроводные системы и насосные установки, а также возможных мест образования утечек (отстойников и другие узлы обработки вод)	Снижение объемов первичного водопотребления

На свинцовом заводе УКМК используются внутрицеховая система повторного использования воды и внутрицеховая система оборотного водоснабжения. Сточные воды от шахтных печей, шлаковозгонной установки и электроотстойников используются для охлаждения технологического оборудования. Снижение температуры повторно-используемой воды производится за счет продувки данной системы оборотной общекомбинатовской водой. Образующиеся сточные воды проходят очистку для возможности дальнейшего их использования в технологическом процессе предприятия (оборотная вода), условно-чистые сточные воды, которые после охлаждения на градирнях ОС в полном объеме также отводятся в общекомбинатовскую оборотную систему промводоснабжения для дальнейшего использования.

Техническая модификация системы охлаждения контактной установки на заводе " Aurubis" (Гамбург) в 2018 году посредством повышения уровня температуры для обеспечения возможности разделения централизованного теплоснабжения и строительства трубопровода централизованного теплоснабжения до границы завода способствовала предотвращению сброса 12 млн. $м^3$ охлаждающей воды в реку Эльба [94].

Кросс-медиа эффекты

Финансовые затраты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Реализация комплексных водооборотных систем возможна при удовлетворении потребностям производства для последующего применения в отношении расхода, температуры, состава и кислотности.

Технологии очистки отходящих газов с использованием воды применяются в случае повышенной влажности очищаемого потока и наличия примесей в виде кислотного тумана или вязких веществ.

Использование охлаждения закрытого контура с воздушными охладителями в качестве вторичных теплообменников требует больших площадей для установки воздушных охладителей.

Экономика

На существующих заводах внедрение этих технологий может повлечь высокие инвестиционные расходы.

Так, строительство ливненакопителя, который обеспечивает сбор ливневых и промышленных стоков филиала АО "Уралэлектромедь" потребует затрат в размере 70 млн. рублей. Строительство комплекса направлено на улучшение экологической обстановки и рациональное использование водных ресурсов - стоки планируется направлять на станцию нейтрализации для очистки, для возможности повторного использования в производстве [87].

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Использование установки по обработке сточных вод способствует снижению объемов отводимых сточных вод, поступающих на очистку.

5.7.1.1. Повторное использование и рециркуляция

Описание

Снижение объемов сбрасываемых сточных вод посредством их повторного использования в производственном цикле.

Технологическое описание

Техники и методы повторного использования воды успешно применяются в цветной металлургии для сокращения образования жидких отходов, сбрасываемых в

составе сточных вод. Снижение объемов сточных вод также иногда оказывается экономически выгодным, так как при снижении объема сбрасываемой сточной воды уменьшается объем отбора пресной воды из природных водных объектов.

В большинстве случаев процессы переработки и повторного использования интегрированы в технологические процессы. Переработка предусматривает возврат жидкости в процесс, в котором она была получена.

Воды, которые могут быть использованы после очистки, делятся на:

воды, образующиеся непосредственно в процессе производства (например, реакционная вода, промывочная вода, фильтраты);

сточные воды, образующиеся в результате очистки оборудования (например, во время технического обслуживания, промывки засоров, очистки многоцелевого оборудования в связи со сменой продукта).

Повторное использование стоков означает применение воды для другой цели, например, стоки поверхностных вод могут использоваться для охлаждения.

Как правило, в циркуляционной системе используются базовые методы очистки или периодически сбрасывается около 10 % циркулирующей жидкости в целях предотвращения накопления в циркуляционной системе взвешенных твердых частиц, металлов и солей. После обработки очищенную воду можно также повторно использовать для охлаждения, увлажнения и в некоторых других процессах. Соли, содержащиеся в очищенной воде, при повторном ее использовании могут создать определенные проблемы, например, осаждение кальция в теплообменниках. Данные проблемы могут значительно ограничить повторное использование воды.

Повторное использование воды, полученной в результате мойки, ополаскивания и очистки оборудования, помимо снижения нагрузки на сточные воды имеет преимущество восстановления продукта и увеличения выхода продукции при условии, что вода циркулирует в самом производственном процессе. Для этого требуется оборудование для сбора, буферизации или хранения сточных вод, что может быть ограничивающим фактором. Существуют и другие возможности рециркуляции стоков в технологический процесс вместо их сброса: например, дождевая вода может собираться и использоваться для подачи в скрубберы; рециркуляция конденсатов. В таблице 5.15 представлена информация о видах образуемых сточных вод на предприятии, их очистки для возможности повторного использования.

Таблица 5.15. Образование сточных вод и методы их очистки

№ п/п	Виды образуемых сточных вод	Технологический процесс (источник образования)	Методы очистки стоков	Примечание
1	2	3	4	5
1	Техническая вода	Повреждение свинцово-кислотных аккумуляторов	Нейтрализация и осаждение	Повторное использование в процессе, насколько это возможно

2	Вода для непрямого охлаждения	Охлаждение печей	Использование добавок с более низким потенциальным воздействием на окружающую среду	Использование герметичной системы охлаждения. Мониторинг системы для обнаружения утечек
3	Вода для прямого охлаждения	Выплавка Pb	Отстаивание. Осаждение, если необходимо	Отстаивание или другой метод обработки. Закрытая система охлаждения
4	Грануляция шлака	Cu, Ni, Pb, драгоценные металлы, ферросплавы	Отстаивание. Осаждение, если необходимо	Повторное применение в замкнутой системе
5	Скруббер (продувка)	Мокрые скрубберы. Мокрый ЭСФ и скрубберы на кислотных установках	Нейтрализация. Отстаивание. Осаждение, если необходимо	Обработка путем продувки. Повторное использование потоков слабых кислот, если это возможно
6	Поверхностная вода	Все процессы	Отстаивание. Осаждение, если необходимо. Фильтрация	Уборка дворов и дорог. Надлежащее хранение сырья

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

Водоочистная станция Nyrstar Balen в Бельгии, действующая с 2016 года, перекачивает 100 $м^3$/ч загрязненных подземных вод на глубину около 150 метров. Перекачиваемая вода максимально используется в промышленных производственных процессах, таких как промывка газов, образующихся в процессе обжига, и для промывки фильтров из процесса выщелачивания.

Полученные сточные воды затем тщательно очищаются для соблюдения строгих ограничений качества сточных вод, особенно для концентраций металлов. Сточные воды подвергаются физико-химической обработке, которая включает в себя повышение pH и осаждение металлов. В качестве заключительной стадии очистки применяется фильтрация песками Sibelco для удаления оставшихся загрязняющих частиц. Водоочистная станция Nyrstar работает 24/7 [82].

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов первичного водопользования.

Предотвращение образования сточных вод/сокращение объемов очищенных сточных вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Очистка сточных вод с применением определенных методов очистки способствует повышению эффективности рециркуляции.

Кросс-медиа эффекты

Очистка сточных вод для последующей рециркуляции требует дополнительных затрат энергии и материалов (например, осаждающих агентов, при подготовке охлаждающей воды), которые могут быть достаточно большими, чтобы свести на нет преимущества возможной рециркуляции. Шумовое воздействие от очистного оборудования (градирен).

Технические соображения, касающиеся применимости

Рециркуляция или повторное использование воды могут быть ограничены в случаях возможного негативного влияния на качество конечной продукции при использовании компонентов как побочные продукты или соли, а также проводимости раствора.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Необходимость применения обусловлена следующими факторами:

снижение объемов водопотребления;

предотвращение образования сточных вод;

отсутствие мест для сброса сточных вод, например, ограниченное законодательством или местными условиями;

экономические аспекты (например, из-за снижения платы за использование свежей воды или за счет восстановления продуктов и увеличения выхода продукции).

5.7.2. Методы очистки сточных вод

Необходимость снижения концентрации загрязняющих веществ, таких как металлы, кислотообразующие вещества и твердые частицы, путем очистки конечных сточных вод, сбрасываемых в природные водные объекты, которые не подлежат переработке или повторному использованию, является обязательным условием рационального природопользования. Для этого используются технологии очистки в конце производственного цикла, такие как, химическое осаждение, отстаивание или флотация и фильтрация. Как правило, эти методы применяются в комбинации на конечной или центральной установке очистки сточных вод, однако могут быть предприняты меры для осаждения металлов до того, как технологические стоки будут перемешаны с другими сточными водами.

Выбор наиболее подходящего метода очистки или комбинации различных методов осуществляется в каждом конкретном случае с учетом специфических факторов, характерных для каждого производственного объекта. Состав стоков может меняться в

зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие типов сточных вод. Зачастую для оптимизации производительности требуется адаптация технологических параметров. Для определения оптимального способа минимизации объемов конечных стоков и концентрации загрязняющих веществ необходимо принимать во внимание следующие факторы:

процесс, являющийся источником сточных вод;

объем образующихся сточных вод;

возможности повторного использования (рециркуляции);

доступность водных ресурсов;

вид и концентрацию загрязняющих веществ, физико-химические свойства примесей или их химических соединений, которые могут быть положены в основу метода очистки.

Характеристики, учитываемые при оценке качества вод:

общие показатели: pH, минерализация (сухой остаток), БПК, ХПК, соотношение БПК:ХПК, содержание взвешенных веществ;

неорганические показатели: азотная группа (аммоний-ион, нитраты, нитриты, общий азот), общий фосфор, сульфиды, хлориды, сульфаты, фториды, металлы (Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Zn);

органические показатели: общий органический углерод, ПХДД/ПХДФ.

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на обработку вод, определяется составом и особенностями сточных вод конкретных возможностей применения. Представленные ниже методы относятся к методам так называемым "на конце трубы", которые используются в случае, если предотвращение образования сточных вод невозможно или нецелесообразно по разным причинам. Все методы можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические или биохимические. При выборе одного или комбинации методов очистки сточных вод необходимо учитывать характер загрязнения.

5.7.2.1. Отстаивание

Описание

Использование силы тяжести для отделения нерастворимых комплексов металлов и твердых частиц из жидких стоков.

Техническое описание

После процеживания через решетки и сита для удаления грубодисперсных примесей сточные воды направляются на следующий этап более тонкой очисткой - отстаивание. Отстаивание может осуществляться в различных сосудах-отстойниках, например, отстойных бассейнах, прудах или специализированных отстойных емкостях

(сгустителях, баках для осветления воды) с устройствами для удаления шлама, установленными в нижней части емкости. Наиболее часто используются отстойники прямоугольной, квадратной или круглой формы. Шлам, который удаляется на этапе отстаивания, может обезвоживаться, например, с помощью вакуумного фильтра-пресса . Образующийся фильтрат может быть возвращен на начальный этап процесса очистки стоков или на тот технологический этап, на котором он был образован, в зависимости от технологии очистки. Отстаивание используется для выделения твердых частиц из сточных вод, которые использовались для грануляции шлака.

При необходимости выделения мелкодисперсных загрязнений перед отстаиванием применяют коагулирование и флокулирование. В этом случае конструкция отстойника иногда включает камеру хлопьеобразования.

Для предварительного осветления сточных вод используют осветитель.

Для удаления песка и крупнодисперсных загрязнений используют песколовки.

Отстойники рассчитывают на выделение частиц загрязнений определенной гидравлической крупности, являющейся по существу скоростью (мм/с) осаждения частиц, выделение которых обеспечивает требуемый эффект очистки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов в водные объекты.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Эффективность флотации определяется не только свойствами извлекаемых частиц, твердых и жидких загрязнений (масла, нефтепродукты, жиры, СПАВ и прочие), применяемых реагентов, но и гидравлической характеристикой аппаратов (флотокамер). Отстаивание является составной частью большинства производственных водоочистных сооружений металлургических заводов (например, Балхашский горнометаллургический комбинат).

Кросс-медиа эффекты

Нет данных.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Предотвращение попадания загрязняющих веществ в водные объекты. Требования экологического законодательства. Снижение сбросов в водные объекты.

5.7.2.2. Фильтрация

Описание

Фильтрация применяется для удаления из сточных вод тонкодиспергированных твердых и жидких веществ, отстаивание которых затруднено, и представляет собой процесс улавливания загрязнений в пористой среде, которая может быть образована

зернистыми минеральными, искусственными полимерными и волокнистыми материалами.

Техническое описание

Как правило, методы фильтрации применяются для выделения твердых частиц из жидкости, а также в качестве последнего этапа осветления в процессе очистки сточных вод. Фильтрация осуществляется между этапами отстаивания и заключительного контроля для удаления твердых частиц, оставшихся после предыдущего этапа очистки. Фильтрация может выполняться с использованием самых разных фильтрующих систем в зависимости от типа твердых частиц, подлежащих удалению.

Обычная фильтрующая установка состоит из слоя фильтрующего материала или материалов, через которые проходят жидкие стоки. Тонкие частицы, которые не могут пройти через фильтрующую среду, образуют фильтрационный кек, который необходимо постоянно или периодически удалять, например, путем обратной промывки, чтобы исключить значительные перепады давления. При низком уровне перепада давления сточные воды подаются на фильтрацию под действием гравитации.

Песчаные фильтры предназначены для механического удаления взвешенных твердых частиц или полутвердых материалов, таких как, осадок или гидроксиды металлов. Очистка сточных вод путем песчаной фильтрации осуществляется благодаря комбинации эффектов фильтрации, химической сорбции и ассимиляции. Песчаные фильтры иногда используются в качестве сосуда под давлением, заполненного слоями песка, зернистость которого повышается по мере увеличения глубины. Изначально фильтрационный кек может способствовать повышению эффективности фильтрации, особенно в отношении мелких частиц. По истечении некоторого времени фильтрующий песчаный слой необходимо подвергать обратной промывке. Песчаные фильтры зачастую применяются для дополнительной очистки воды, сбрасываемой из замкнутого цикла, или стоков, которые затем могут использоваться в качестве технической воды. Схема песчаного фильтра представлена на рисунке 5.7.

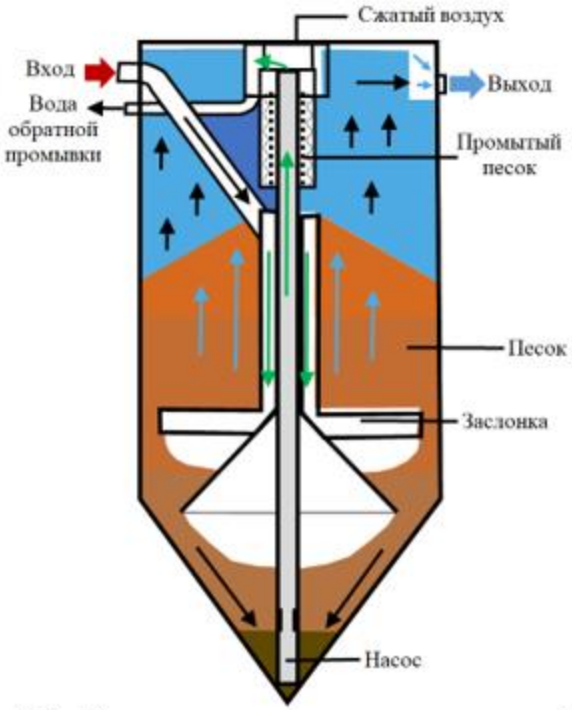


Рисунок 5.7. Принципиальная схема песчаного фильтра

Рисунок 5.7. Принципиальная схема песчаного фильтра

Для удаления мелких частиц могут использоваться гиперфильтрация или обратный осмос. Гиперфильтрация предусматривает прохождение частиц молекулярной массой приблизительно от 100 до 500 мкм, тогда как ультрафильтрация применяется для частиц размером от 500 до 100 000 мкм.

Ультрафильтрация представляет собой простой и эффективный метод очистки сточных вод, однако для его применения требуется потребление большого количества энергии. Стоки проходят через ультрафильтрационную мембрану. Эта мембрана с очень мелкими порами пропускает молекулярные частицы воды и препятствует проникновению более крупных молекулярных частиц. При использовании мембран очень тонкой очистки можно даже отфильтровывать очень мелкие частицы, такие как ионы металлов. В результате фильтрации с использованием мембраны образуются чистый фильтрат и концентрат, который может потребовать дальнейшей очистки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов в водные объекты.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Возможность регенерации искусственных материалов, использованных в качестве загрузок.

В 2020 году на заводе "Aurubis Bulgaria" (Пирдоп) была проведена модернизация станции очистки промышленных сточных вод: был установлен новый песчаный фильтр для снижения сброса нерастворенных веществ в поверхностные воды.

Использование установки ультрафильтрации на заводе "Aurubis Beerse" позволило сократить объемы использования подземных вод с 67 % в 2018 году до 30 % в 2020 и 2021 году [94].

Кросс-медиа-эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение сбросов в водные объекты. Требования экологического законодательства.

5.7.2.3. Химическое осаждение

Описание

Под химическим осаждением понимаются корректировка значения pH и повышение интенсивности осаждения растворимых металлов путем добавления реагентов (гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий) или их сочетания.

Техническое описание

Химическое осаждение сводится к связыванию ионов, подлежащих удалению, в малорастворимые и слабо диссоциированные соединения. Наиболее важным фактором в обеспечении максимальной эффективности удаления металлов является выбор осаждающих реактивов. При выборе реагентов для выделения примесей воды в виде осадков необходимо исходить из значений произведений растворимости образующихся соединений; чем ниже эта величина, тем выше степень очистки воды. Присутствие в воде посторонних солей обычно приводит к возрастанию растворимости образующихся осадков вследствие увеличения ионной силы раствора. Следует отметить, что скорость ионных реакций в водных растворах велика и обычно реакции протекают практически мгновенно.

Корректировка значения pH

При добавлении в сточные воды реагентов (например, гидроокись кальция, гидроокись натрия, сернистый натрий или их комбинаций) происходит образование нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Так ионы свинца, хрома (Ш), цинка, кадмия и меди при взаимодействии со щелочью образуют труднорастворимые гидроксиды. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации и седиментации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче поддаются отделению и часто используются для повышения производительности системы очистки.

Как показывает опыт, использование реагентов на основе сульфидов может обеспечивать достижение более низких концентраций некоторых металлов. Для

удаления сульфидов металлов в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и др. Осаждение сульфидов может привести к уменьшению концентраций определенных металлов в очищенных стоках (в зависимости от значения pH и температуры). Сульфиды металлов могут повторно использоваться в процессе плавки. С помощью данного метода можно также эффективно удалять такие металлы, как селен и молибден.

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала под действием гидроксида, а затем путем осаждения сульфидов. В целях удаления избыточных сульфидов после осаждения допускается добавление сульфата железа.

Поддержание требуемого значения pH в течение всего процесса очистки стоков также имеет первостепенную важность, поскольку некоторые соли металлов нерастворимы только в очень небольшом диапазоне значений pH.

При выходе за пределы этого диапазона эффективности удаления металла стремительно снижается. В целях максимальной эффективности удаления металлов процесс очистки следует проводить при различных значениях pH с использованием различных реактивов. Кроме выбора реактива и значения pH, также следует учитывать, что степень растворимости может зависеть от температуры и валентного состояния металла в воде.

В цветной металлургии остаточные металлы могут быть эффективно удалены из стоков путем добавления железистых солей, так при осаждении мышьяка образуется арсенат кальция или арсенат железа. Также возможно осаждение арсенитов, однако они в целом обладают лучшей растворимостью и меньшей устойчивостью по сравнению с арсенатами. Сток, содержащий арсенит, как правило, окисляется перед осаждением для обеспечения преобладания арсената.

Осаждение нерастворимых арсенатов железа сопровождается осаждением других металлов, таких как селен, что подразумевает взаимодействие между различными видами металлов и осадком гидроксида железа. Благодаря этому железистые соли обладают высокой эффективностью при удалении примесей, содержащихся в незначительных концентрациях.

Таким образом, достижение минимального содержания каждого металла в рамках одного процесса не представляется возможным ввиду существующих различий оптимальных значений pH для осаждения различных металлов.

В таблице 5.16 представлена информация о выборе реагента, условиях протекания реакции для осаждения металлов при очистке сточных вод в металлургической промышленности.

Таблица 5.16. Методы осаждения металлов и их соединений

№ п/п	Металл	Используемый реагент	Образуемое вещество (осадок)	Дополнительные условия

1	2	3	4	5
1	Zn	$Ca(OH)_2$ (известковое молоко)	$Zn(OH)_2$	Требуемое значение pH для полного осаждения цинка находится в диапазоне 9–9,2.
		Na_2CO_3 (карбонат натрия)	$ZnCO_3 \cdot Zn(OH)_2 \cdot H_2O$	Требуется значительное количество реагента, поэтому рекомендуется проводить двухступенчатую очистку воды от цинка, предусматривающую предварительную нейтрализацию серной кислоты карбонатом натрия с последующим осаждением цинка едким натром.
		Na_2S (сульфид натрия)	ZnS	Оптимальное значение pH составляет 2,5–3,5
2	Pb	$Ca(OH)_2$ (известковое молоко)	$Pb(OH)_2$	Уровень pH = 8,0–9,5. Выше и ниже этих пределов растворимость гидроксида возрастает.
3	Hg	Na_2S (сульфид натрия)	Hg_2S	В реальных сточных водах, содержащих и другие соли, растворимость Hg_2S выше, чем в дистиллированной воде. В результате осаждения образуются коллоидные частицы сульфида ртути, выделение которых из воды производится коагуляцией сульфатом алюминия или железа. Остаточная концентрация ртути

				после такой очистки не превышает 0,07 мг/дм3
4	As	NaHS (сульфогидрат натрия) Na_2S (сульфид натрия)	As_2S_3	Зависит от температуры и протекает достаточно медленно при значениях температуры ниже 50-60°C. Трехвалентный мышьяк выпадает в осадок в виде трехвалентного сульфида мышьяка (As_2S_3), который необходимо отделить от воды при значениях pH ниже 4–5. При повышении значения pH и наличии As_2S_3 существует риск возвращения мышьяка в раствор. Недостатком реакции является образование незначительного количество сульфида мышьяка (As_2S_5).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в воду вместе со сточными водами.

Эффективность очистки сточных вод с помощью химического осаждения главным образом зависит от следующих факторов:

выбор химического осаждающего реактива;

количество добавляемого осаждающего реактива;

эффективность удаления осаждаемого металла;

поддержание необходимого значения pH в течение всего процесса очистки;

использование железистых солей для удаления определенных металлов;

использование флокулянтов или коагулянтов;

изменение состава сточных вод;

присутствие комплексообразующих ионов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер принимающего водного объекта и скорость потока. Уменьшение объемного расхода в пользу более высоких концентраций приводит к сокращению потребления энергии для очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к образованию стоков с более высокими концентрациями, но с более высокой скоростью восстановления по сравнению с менее концентрированными потоками, что позволит в целом улучшить удаление загрязняющих веществ.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительный расход энергии и сырья, используемого в качестве реагентов. Образование отходов (осадок), которые необходимо утилизировать.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо на новых и действующих установках.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.7.2.4. Адсорбция с применением активированного углерода

Описание

Сорбционный метод заключается в сборе загрязняющего вещества из сточной воды в порах или на поверхности сорбента, в качестве адсорбента используется активированный уголь.

Техническое описание

Активированный уголь, представляющий собой высокопористое углеродное вещество, обычно используется для удаления органических материалов из сточных вод, а также может применяться для удаления ртути и извлечения драгоценных металлов. Как правило, фильтры на основе активированного угля используются в виде нескольких слоев или картриджей, чтобы проскок материала через один фильтр компенсировался очисткой во втором фильтре. Затем отработанный фильтр заменяется и используется в качестве вторичного фильтра. Эта операция зависит от наличия надлежащего метода определения проскоков через фильтры.

Достигнутые экологические преимущества

Сокращение выбросов органических веществ, ртути и драгоценных металлов в воду

.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

К основным преимуществам применения метода абсорбции относятся:

хорошая управляемость процессом;

отсутствие образования вторичных загрязнений.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты, связанные с необходимостью утилизации отработанного адсорбента. Регенерация активированного угля возможна, однако этот процесс достаточно трудоемкий и в условиях круглосуточно работающих очистных сооружений не удобен. Использование же активированного угля как одноразовой загрузки зачастую экономически нерентабельно.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение сбросов загрязняющих веществ. Требования экологического законодательства.

5.7.2.5. Нейтрализация кислых стоков

Описание

Очистка сточных вод, содержащих слабые кислоты (стоки сернокислотного производства или различные кислые промывочные воды), с использованием соответствующего реагента (обычно, гидроокись железа).

Технологическое описание

В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять. Для этих целей используют реакцию нейтрализации между ионами водорода и гидроксида, приводящую к образованию недиссоциированной воды . В качестве реагентов могут быть использованы NaOH, KOH, Na_2CO_3, NH_4OH, $CaCO_3$, $MgCO_3$, доломит ($CaCO_3$-$MgCO_3$). Чаще всего применяют гидроксид кальция (известь) , ввиду его дешевизны. Известь для нейтрализации вводят в сточную воду в виде гидроксида кальция ("мокрое" дозирование) или сухого порошка ("сухое" дозирование) .

При нейтрализации сернокислых сточных вод известковым молоком расход извести (по CaO) принимают на 5–10 % выше стехиометрического расчета.

В случае нейтрализации воды сухим порошком или известковой пастой доза оксида кальция составляет 140–150 % от стехиометрической, так как взаимодействие между твердой и жидкой фазами происходит медленнее и не до конца. Процесс с использованием извести в качестве реагента иногда называют известкованием. Известкование позволяет попутно переводить в осадок и такие металлы, как цинк, свинец, хром, медь и кадмий. Иногда для нейтрализации применяют карбонаты кальция или магния в виде суспензии. Соду и гидроксиды натрия и калия следует целесообразно использовать лишь в случае одновременного получения ценных

продуктов, или если они являются отходами производства (виду их высокой стоимости).

Выбор реагента для нейтрализации кислых вод зависит от вида кислот и их концентрации, а также растворимости солей, образующихся в результате химических реакций.

Различают три вида кислотосодержащих сточных вод:

Сточные воды, содержащие серную и сернистую кислоты. При очистке образуются труднорастворимые кальциевые соли, что снижает скорость реакции между раствором кислоты и твердыми частицами. Большая часть солей выпадают в осадок.

Сточные воды, содержащие сильные кислоты (например, HNO_3). Так как соли этих кислот хорошо растворимы в воде, отсутствует сложность при выборе реагента.

Сточные воды, содержащие слабые кислоты (H_2CO_3, CH_3COOH). Для очистки в основном используется известковое молоко. Перед смешиванием с известковым молоком сточные воды предварительно очищаются от твердых частиц (песколовка). Вместе с известковым молоком вводится раствор флокулянта. Нейтрализация и хлопьеобразование происходят в контактном резервуаре. Для удаления углекислого газа стоки аэрируются в контактных резервуарах воздухом. При этом образуется осадок более плотной структуры.

Для снижения влажности осадка применяют дополнительное отстаивание.

Образовавшийся осадок, содержащий главным образом сульфат кальция (сернокислый кальций), подвергается фильтрации и обезвоживанию для последующей переработки.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов сбрасываемых сточных вод. Снижение объемов водопотребления (возврат осветленных вод в процесс). Снижение концентрации загрязняющих сточных вод в отводимых сточных водах. Производство чистого сернокислого кальция.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Производимый сернокислый кальций содержит более 96 % $CaSO_4$-$2H_2O$. Несмотря на сравнительную дешевизну и общедоступность используемых реагентов, следует отметить ряд недостатков, а именно необходимость обязательного устройства усреднителей перед нейтрализацией, трудности регулирования дозы реагента по pH нейтрализованной воды.

Кросс-медиа эффекты

Существенным недостатком метода нейтрализации известью является образование пересыщенного раствора гипса ($CaSO_4$), что приводит к забиванию трубопроводов и аппаратуры.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила для осуществления

Требования экологического законодательства. Экономические выгоды (получение готового для реализации товарного продукта).

5.7.2.6. Процесс очистки сточных вод

Описание

Техники, или совокупность техник, описанных выше, которые показали свою эффективность применения на ряде заводов по производству свинца.

Техническое описание

Установка по обработке сточных вод имеет несколько этапов, которые применяются для всех типов сточных вод.

Отстаивание производственных технологических вод в прудах-отстойниках. Для удаления крупных фракций в воде (дерево, пластик, масло и т. д.) при входе в пруд-отстойник используется глубинный поток. Поддерживание уровня pH в необходимом диапазоне для дозирования в последующий растворный бак регулируется добавлением серной кислоты или едкого натрия.

Окисление (воздухом или химикатами) применяется при повышенных содержаниях сульфитов в воде.

Осаждение гидроокиси. Уровень pH регулируют до 9,5–10 путем добавления едкого натрия и флокуляторов. Флокуляторы гидроокиси удаляют путем фильтрации или отстаивания и фильтрации. На этом или на втором этапе осаждения гидроокиси можно добавить $FeCl_3$ для дополнительного удаления мышьяка из сточной воды.

Осаждение сульфида. Дозирование серной кислоты обеспечивает уровень pH в 7,5–8,5. Добавление раствора сульфида натрия/сероводорода натрия вызывает реакцию с оставшимися растворенными ионами металлов для образования растворимого осадка сульфида, который можно удалить путем фильтрации или отстаивания и фильтрации.

Добавление раствора сульфата железа (III) применяют для удаления избыточного сульфида при его наличии в воде. Воду затем фильтруют с использованием фильтр-пресса в комбинации с песочным или мембранным фильтром для удаления осадка.

В зависимости от местных условий может потребоваться предварительная обработка для удаления твердых частиц, содержащих большинство металлов, что способствует снижению уровня загрязненности шлака, образующегося в канализации общественного пользования.

Воды для коммунально-бытового снабжения имеют отдельную канализационную систему и сбрасываются в канализационную систему общего пользования или подходящий отстойник.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентрации загрязняющих веществ в сточной воде.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Необходимы непрерывный контроль за качеством образуемых и сбрасываемых сточных вод (ежедневно, каждую смену или др.) или метод случайного отбора проб согласно условиям, предусмотренным в разрешении на сброс вод. Пробы анализируют на содержание Pb, Cd, As, Cu, Fe, других металлов и параметров в соответствии с условиями, предусмотренными в разрешении на сброс вод.

Для удаления углекислого газа применяется аэрация воздухом сточных вод в контактных резервуарах. При этом осадок образуется с более плотной структурой.

Кросс-медиа эффекты

Энергоемкость процесса очистки. Необходимость использования дополнительных реагентов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.7.2.7. Метод очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов

Описание

Сорбционный метод очистки сточных вод с применением активированного алюмосиликатного адсорбента.

Техническое описание

Использование алюмосиликатных минералов в качестве основы для адсорбентов является наиболее целесообразным, т. к. это позволяет вводить в адсорбент разнообразные минеральные и органические добавки, задавая требования к поверхности адсорбента и необходимые свойства.

Так, на одном из отечественных металлургических комплексов алюмосиликатный адсорбент используют в процессе доочистки производственных осветленных сточных вод, поступающих с первичных очистных сооружений.

Суть технологии заключается в пропускании очищаемой воды через фильтр, загруженный зернистым адсорбентом (удаление взвешенных веществ и тяжелых металлов). При этом благодаря свойствам адсорбента в фильтрующей загрузке одновременно протекают процессы:

механической фильтрации (загрязнения задерживаются в межзерновом пространстве);

контактной коагуляции (осажденные на поверхности зерна в начале фильтроцикла загрязнения служат центрами хлопьеобразования);

физической сорбции (отрицательно заряженные частицы металлов задерживаются на поверхности зерен адсорбента, имеющих положительный заряд, и легко удаляются при промывке водой).

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентрации цинка, кадмия, ртути, марганца в отводимых сточных водах.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Срок использования адсорбента не ограничен, потери на истирание при промывках (до 10 % в год) восполняются досыпкой без перезагрузки фильтров. При снижении активности адсорбента его сорбционные свойства восстанавливаются с помощью активации 4 % растворами щелочи или сульфата магния. Растворы, используемые для активации адсорбента (4–5 % растворы NaOH и $MgSO_4$), могут использоваться многократно.

Челябинский цинковый завод – применение ионообменных технологий.

Процесс ионного обмена внедрен на Балхашском горнометаллургическом комбинате.

Кросс-медиа эффекты

Необходимость использования дополнительных реагентов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение концентрации загрязняющих веществ в сбросах и предотвращение попадания их в окружающую среду.

Требования экологического законодательства.

5.8. Обращение с отходами, полупродуктами и оборотными материалами

Основной задачей для снижения воздействия на окружающую при обращении с отходами производства является минимизация их образования путем оптимизации процессов и максимальной переработки полупродуктов и отходов при условии отсутствия негативных межсредовых последствий.

Так, образующиеся на различных этапах технологического процесса полупродукты могут быть повторно использованы после предварительной обработки. Извлечение свинца в черновой металл при шахтной восстановительной плавке составляет около 90

–93 %, а с учетом переработки всех образующихся полупродуктов (шлаков, штейнов, шпейзы, пыли) может достигать показателей 97–98 %. При этом возможность вторичной переработки зависит от состава и количественного содержания элементов в остаточном продукте. Так как полупродукты, кроме свинца, содержат значительное количество ценных металлов, возможность их извлечения повышает комплексность использования сырья и снижает себестоимость основного металла – свинца. Так, при плавке с получением штейна медь на 70–80 % переходит в штейн, при безштейновой плавке на 85 % переходит в свинец. Степень извлечения цинка, содержащегося в шлаке , достигает 90 %. 98–99 % благородных металлов извлекается в черновой свинец.

Использование полупродуктов свинцового производства в качестве сырья для других технологических процессов на сегодняшний день является сложившейся практикой. Деятельность большинства современных предприятий направлена на увеличение объемов извлекаемых металлов и снижение объемов отходов, направляемых на конечную утилизацию.

Большая часть полупродуктов и отходов может быть использована (повторно переработана или повторно использована) не только в металлургических процессах, но и в других отраслях, таких как цементное и абразивное производство, а также при строительстве. Это не связано с намерениями избавиться от них.

Согласно действующему законодательству большинство образующихся остаточных продуктов (полупродуктов) относится к отходам. Таким образом, одно и то же вещество может считаться как отходом, так и вторичным сырьем в зависимости от особенностей его производства, транспортировки, а также использования или извлечения.

5.8.1. Техники контроля образования и минимизации остатков

Описание

Перечень или комбинация методов, направленных на сокращение объемов образования остатков.

Техническое описание

Количество шлака и шлаковых отходов, образуемых при плавке металлов, в большей степени зависит от наличия примесей в исходном сырье, поэтому чем чище материал, тем меньшее количество твердых остатков будет образовываться. Тщательный отбор сырья является одним из методов сокращения возможных объемов образования твердых веществ, применимость которого может быть ограничена органичностью ресурсов и высокой стоимостью необходимых концентратов. Если выделение примесей осуществляется путем добавления реагентов, контроль их добавления в количестве, необходимом для достижения эффективного и экономичного удаления, позволит свести к минимуму количество образующегося остатка.

Накопление избыточной влаги в материалах может быть обусловлено неправильными условиями хранения и обращения с материалом. Это необходимо

учитывать, так как, например, при испарении воды в процессе переплавки может возникнуть риск взрывов.

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

Для предотвращения окисления поверхности расплава в ванне можно использовать закрытую печь. Например, при плавлении алюминия в восстановительной среде (использование инертного газа для промывания печи) уменьшается количество образующихся шлаковых отходов. Аналогичным образом, для уменьшения окисления также могут использоваться насосная система и боковая скважина.

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

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

тщательное строительство кирпичной футеровки печи;

непрерывное использование печи, сокращая тем самым изменение температуры;

осуществление теплотехнического контроля для выявления температур, выходящих за пределы рабочего диапазона;

установка охлаждающих блоков для отвода тепла из футеровки;

короткое время воздействия флюса;

отказ от использования агрессивных флюсов;

тщательная очистка печей и тиглей;

сокращение перемещения (вращения) печи;

выбор наиболее подходящих огнеупорных материалов для процесса;

контроль скорости нагрева/охлаждения, где это целесообразно.

При определенных условиях отработанная футеровка и огнеупорные материалы могут использоваться повторно в зависимости от их состава.

Огнеупорные материалы могут повторно использоваться после измельчения при выплавке первичной и вторичной меди для получения массы, поддающейся литью или выпуску, либо в качестве флюса для регулирования состава шлака. В качестве альтернативы содержащийся металл может быть отделен от материала путем перемалывания и измельчения, а отработанная футеровка и огнеупорные материалы могут повторно использоваться в строительстве или производстве огнеупорных футеровок или огнеупорного цемента. Содержащийся металл может быть возвращен на плавильный завод или другие установки для производства цветных металлов.

Еще одним методом является контроль качества шлака, обеспечивающий возможность его дальнейшего использования. Некоторые виды шлака обладают относительной инертностью и могут использоваться в качестве строительных материалов для замены агрегатов и в качестве абразивных веществ. Необходимо проводить надлежащий контроль качества материала для обеспечения его приемлемости при использовании в строительстве или в других отраслях.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов образования отходов, которые необходимо утилизировать. Использование инертных шлаков в качестве первичного сырья (в составе), а также повторное использование материалов в других производствах (производство огнеупорного цемента и др.).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Уменьшение количества шлака, извлечение металлов из шлака и уменьшение количества металлов в остатках шлака.

Целью KGHM (Польша) является постоянное совершенствование технологии обработки материалов, полученных в результате технологических процессов. Примером эффективной переработки отходов являются сырой свинец, выплавленный в печах Дершеля, или электролитная де-медная установка, которые установлены на Глогувском медеплавильном заводе. Гранулированный шлак из электропечи Глогувского медеплавильного завода II используется в качестве абразивного материала при обновлении стальных конструкций.

Кросс медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо, в зависимости от целей применения твердых остатков производства.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение объемов отходов производства. Экономические выгоды (затраты на утилизацию).

5.8.2. Предотвращение и минимизация образования отходов и остатков при окислительных процессах

Описание

При производстве первичного свинца основными источниками отходов и остатков являются примеси, содержащиеся в свинцовых рудах и их концентратах.

Снижение количества отходов возможно с использованием следующих методов:

выщелачивание кадмия из пыли, восстановленной в горячем электрофильтре при помощи серной кислоты;

удаление ртути методом фильтрации с использованием в качестве абсорбента активированного угля или при помощи процесса Boliden-Norzink;

удаление Se и Te при (мокрой или сухой) очистки газа;

извлечение Ag, Au, Bi, Sb и Cu на этапе рафинирования в качестве комплексных элементов и их восстановление;

извлечение металлов при очистке сточных вод.

Техническое описание

Современные методы по обработке отходов нацелены на минимизацию объемов образуемых отходов, а также на перевод (преобразование) их в менее опасный материал.

Удаление Cd. Во время выплавки из Cd удаляют газы и осаждают горячими электрофильтрами. Для извлечения пыли с высоким содержанием свинца Cd нужно разделить. Для этого используется процесс выщелачивания серной кислотой, Cd осаждается в виде $CdCO_3$. После фильтр-пресса этот материал размещается на специализированных площадках. Выщелоченный осадок возвращают в печь.

Разделение Se и Te и удаление Hg. Во время мокрой чистки из газа удаляют Se, Te и некоторое количество Hg. Поочередно, сначала происходит извлечение Se в товарный продукт из Se-Hg шламов, затем Hg из ртутьсодержащих растворов после отмывки шлама. Комплексный остаток размещают на специализированных площадках или используют для повторного извлечения металла.

Извлечение Ag, Au, Bi, Zn и Sb и некоторого количества Cu. Металлы удаляют во время чистки газа или рафинировании. Эти металлы подвергаются переработке с образованием оксидов (например, ZnO) и/или сплавов Ag-Au, Pb-Bi, Pb-Sb, а также медного штейна, которые можно использовать на собственные нужды или реализовывать как товарный продукт. Небольшое количество промежуточных продуктов и/или отходов, произведенных во время процесса рафинирования, подлежат возврату в плавильный процесс или рафинированию для переработки.

Извлечение металлов при доочистке сточных вод. Некоторые металлы выделяются после очистки сточных вод. Образующиеся остатки в виде шлама повторно пропускают через циркуляционную систему.

Другие компоненты свинцовой руды/концентрата концентрируются в шлаке. Состав шлака можно контролировать перед выплавкой путем добавления флюсов (некоторые из которых являются отходами), чтобы достичь нужного состава с хорошими свойствами выщелачивания. Соединения, которые имеют небольшую ценность, можно улавливать в качестве побочного продукта (с концентрацией Pb> 40 %) для дальнейшей реализации. В отдельных случаях из шлаков, содержащих Pb, Zn и Cu, удаляют газы для получения шлака с низким содержанием металла, который может быть использован для строительной отрасли.

Достигнутые экологические выгоды

Извлечение металлов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Минимизация экологических рисков, связанных с отходами, поступающими на полигоны.

Кросс-медиа эффекты

Энергоемкость. Использование реагентов в качестве добавок. Образование дополнительных объемов отходов, требующих утилизации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Извлечение Se и Te может быть ограничено количеством присутствующей Hg. Прямая выплавка шлака из установки очистки сточных вод зависит от концентрации в нем элементов, таких как, As, Tl и Cd, которые отрицательно влияют на процесс выплавки.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты.

5.8.3. Предотвращение и минимизация остатков и отходов при восстановительных процессах

Описание

Одними из методов предотвращения и минимизации отходов и остатков производства являются их повторное использование в плавильном процессе для восстановления свинца и других металлов, а также их обработка для восстановления материала или для других полезных сфер применения.

Техническое описание

При процессе плавки в шахтных печах большее количество шлака возвращают в печь. Метод применим для большинства других смежных процессов, при высоком содержании свинца.

Другие примеры остатков, направляемых в этап выплавки, включают:

свинцовый штейн;

материалы, полученные из этапов рафинирования, с возможностью извлечения Cu, Sb, Sn, As, драгоценных металлов и Bi, а также использования для получения медного штейна, Pb-Sb или Pb-Sn сплавов;

остатки от процесса очистки сточной воды после удаления влаги с использованием фильтр-пресса и остатки от вторичных плавильных печей, доступные для повторного использования ввиду большого содержания в них свинца.

Свинцовый кек может быть использован в процессе выплавки свинца, а также быть направлен в "голову" процесса для обработки.

Другие типы побочных продуктов, направляемых на другие установки для восстановления свинца:

свинцовый кек;

материалы, полученные на этапе рафинирования для восстановления Cu, Sb, Sn, Bi, In, Se, Te и драгоценных металлов;

пыль из пылеочистного оборудования.

Шлаки, которые удовлетворяют критериям выщелачивания для металлов, можно использовать в сфере строительства.

Достигнутые экологические выгоды

Восстановление металлов (доизвлечение).

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Проблема образования отходов решается путем их повторного использования непосредственно на собственных производственных площадках в качестве дополнительных топливных добавок и вторичных материальных ресурсов в процессе шахтной плавки либо в качестве заполнителей пустот при рекультивации нарушенных земель. Ключевым организационным решением проблемы образования отходов производства является выделение их в категорию промпродуктов при наличии технологий переработки, такие технологические вторичные виды продуктов отдельных процессов выделяются в качестве сырья для других технологических линий, что позволяет исключить их захоронение (размещение в окружающей среде), а также обеспечивает дополнительную степень извлечения полезных компонентов. В полном объеме возвращаются в производственный процесс такие промпродукты, как богатый свинецсодержащий шлак, пыли установок пылеулавливания, осадки (шламы) очистных сооружений. Единственным в настоящее время отходом свинцового производства, подлежащим захоронению, является мышьяк-железосодержащий отход, получаемый при выводе мышьяка из мышьяксодержащих материалов свинцового завода, который затем захоранивается на отдельно расположенном полигоне промышленных отходов.

Кросс-медиа эффекты

Информация не предоставлена.

Технические соображения, касающиеся применимости

На уровне уставной применимость ограничивается местными условиями и характеристиками используемого сырья.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.8.4. Методы переработки-утилизации и обезвреживания мышьяксодержащих отходов

Конечные продукты металлургической переработки, с которыми мышьяк выводится из технологического процесса, могут оказывать значительное воздействие на компоненты окружающей среды. Кроме того, захоронение мышьяксодержащих отходов требует больших материальных затрат и не обеспечивает необходимых гарантий безопасности.

Основными мышьяксодержащими полупродуктами свинцового производства являются пыли, медные шликеры, шпейза и др.

Распределение мышьяка среди продуктов переработки происходит неравномерно. Основное количество переходит в газы при пирометаллургической переработке. Газы подвергаются охлаждению (котлы-утилизаторы, градирня) и очистке (электрофильтры) с выделением пыли, концентрация мышьяка в которой может достигать 15 %. Очищенные газы направляются на производство серной кислоты, где происходит очистка от мышьяка с выделением осадка. Системы охлаждения и пылеулавливающее оборудование создают условия для конденсации и частичного улавливания As_2S_3 в электрофильтрах. Осаждение пыли в газообразной среде в электрофильтрах приводит к изменению новых форм мышьяка и образованию оксиарсенатов. Близость температур в электрофильтре к температуре кипения As_2O_3 обосновывает низкую эффективность улавливания соединений мышьяка, более 40 % которого остается в газах и затем попадает в серную кислоту. Изменение состава сырья, рост соотношения примесей, переход на режимы плавки, обеспечивающие выпуск штейна с высоким содержанием меди, а также изменение соотношения кислорода и воздуха в дутье изменяют распределение мышьяка между продуктами плавки.

Извлечение ценных компонентов из этих полупродуктов без предварительного удаления мышьяка затруднено. Это требует разработки специальных технологических переделов по их переработке.

Множество методов удаления мышьяка из технологических процессов позволяет удалить его эффективно, однако продукты, пригодные для непосредственного хранения , получают лишь в некоторых методах. Именно поэтому, для обеспечения экологической безопасности производства важное значение имеют вопросы получения и вывода мышьяка из технологических процессов в виде нерастворимых, термостабильных и в то же время компактных твердых соединений. Исходя из свойств мышьяка, можно выделить следующие соединения, которые не ухудшают экологические показатели производства: сульфиды, металлический мышьяк, шпейзы на основе арсенидов, арсенат железа (скородит). В конце XX столетия достаточно интенсивно проводились работы по выводу мышьяка из технологических процессов с переводом их в отвальные продукты различных металлургических переделов: отвальные шлаки, бетоны для заполнения горных выработок, железистую шпейзу и пр.

Проведенные многолетние исследования позволяют объективно оценить выщелачивание мышьяка при длительном хранении отходов, а также предложить меры по предотвращению загрязнения почв и воздуха. Так хранение шлаков в виде кусков ограничивает выщелачивание мышьяка, так как в твердых телах замедляются диффузные процессы шлакообразования его оксидов и сульфидов. Для устранения вредного влияния дисперсных материалов (пыли) необходимо проводить их обработку с выделением цветных металлов и осаждением мышьяка в малотоксичной форме. Дисперсные материалы (шламы, кек) с высоким содержанием мышьяка в виде арсенатов и сульфидов целесообразно агломерировать с материалами, которые создают твердую оболочку или переходят в минералоподобную форму. Таким образом, определение распределения мышьяка среди продуктов металлургического производства позволяет снизить потенциальные риски при обращении с ними.

5.8.4.1. Снижение показателей вывода мышьяка в составе арсенит-арсенатных кеков при первичной плавке сырья

Описание

Окисление мышьяка до высших оксидов с переходом его в богатый свинцовый шлак путем повышения окислительного потенциала процесса первичной плавки.

Технологическое описание

В процессе агломерирующего обжига свинецсодержащих руд и концентратов при температуре 700-1200 °С большая часть мышьяка, окисляясь, переходит в агломерат, образуя при этом комплексные нелетучие соединения с металлами (арсенаты). В процессе плавки в шахтной печи мышьяк восстанавливается до элементного состояния, при этом частично растворяясь в черновом свинце и частично образуя интерметаллидные соединения с медью. Мышьяк в составе чернового свинца в результате грубого обезмеживания переходит в медные съемы (около 27 % от первичной загрузки) в виде интерметаллидного соединения Cu_3As [23] и возвращается на восстановительную плавку. Большая часть мышьяка около 50 % от первичной загрузки переходит в штейн для последующей обработки и извлечения. Схема распределения свинца при агломерирующем обжиге представлена на рисунке 5.8. В схеме приведены средние значения выхода мышьяка за 2009–2010 гг. свинцового производства УКМК ТОО "Казцинк".

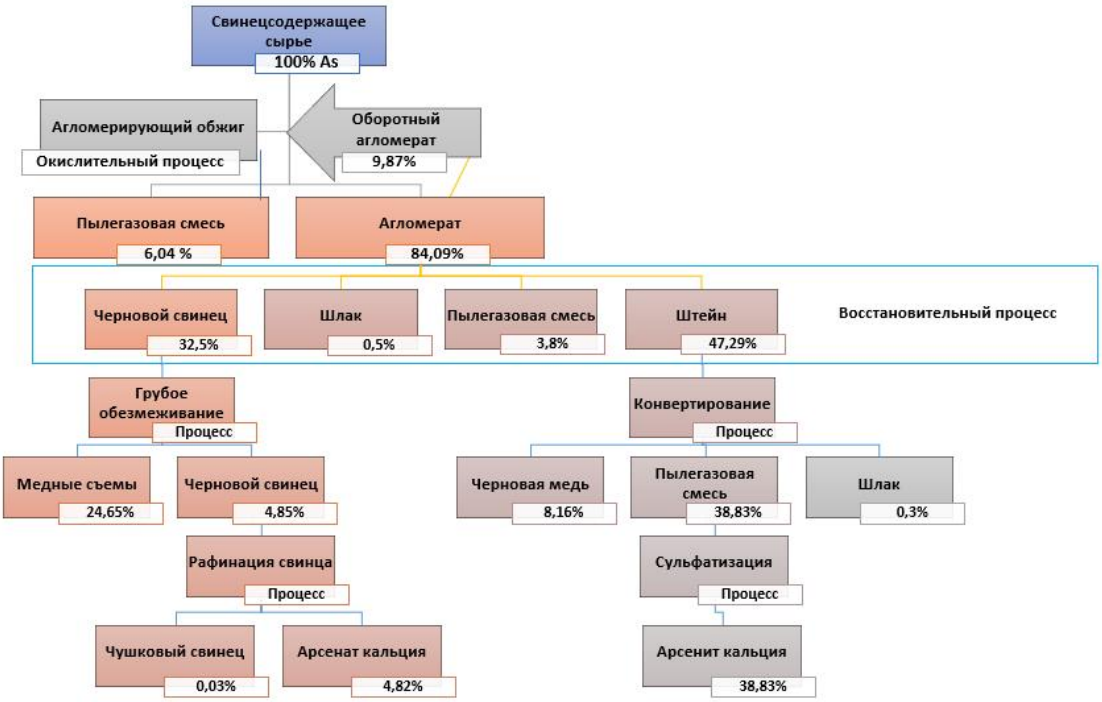


Рисунок 5.8. Схема производства свинца (агломерационный обжиг)

Модернизация свинцового завода УКМК ТОО "Казцинк" в 20112012 гг., а именно запуск новой технологической линии (см. рисунок 5.9), основанной на использовании автогенной окислительной плавки, вместо агломерирующего обжига позволили сократить содержание мышьяка в отходящих газовых потоках. Внедрение новой технологии позволило повысить эффективность окислительной реакции, благодаря чему мышьяк, окисляясь до высших окислов, практически полностью переходит в богатый свинцовый шлак. Дальнейшая переработка шлака в шахтной печи происходит без добавления сульфидизатора, необходимого для образования штейновой фазы, в которую распределялась значительная часть мышьяка при использовании агломерирующего обжига. При грубом обезмеживании чернового свинца шахтной плавки в мышьяк переходит около 91 % и образуются медные съемы, которые направляются для повторного использования при производстве меди. Образующиеся медные съемы, содержащие до 84 % мышьяка от первичной загрузки, в три раза выше распределения мышьяка в медные съемы по классической технологии (27,65 %).

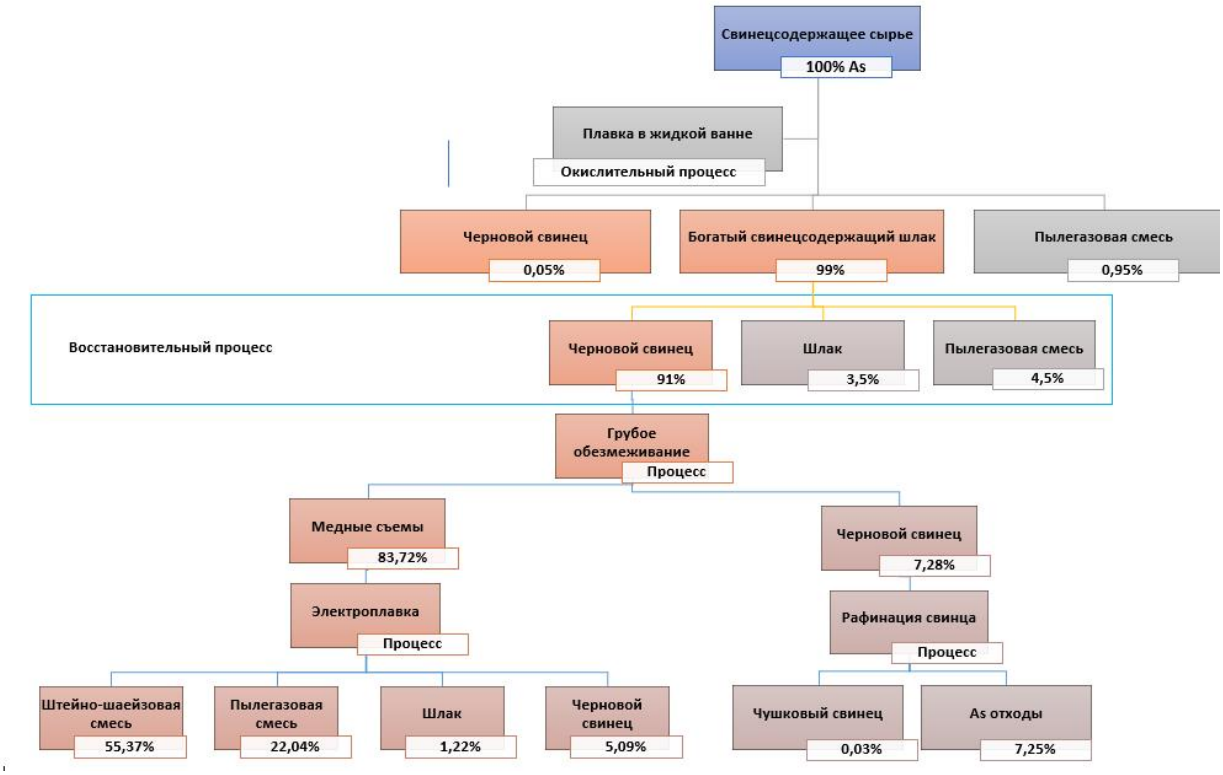


Рисунок 5.9. Схема производства свинца (автогенная окислительная плавка)

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Снижение показателей вывода мышьяка со свинцового завода в составе арсенит-арсенатных кеков с 43,65 % по старой технологии до 7,25 % по новой технологии, вместе с арсенатным кеком.

Кросс-медиа эффекты

Образующиеся медные съемы свинцового производства с высоким содержанием мышьяка нуждаются в дополнительной обработке для снижения циркуляции мышьяка.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость может быть ограничена развитием циркуляционной нагрузки мышьяка между свинцовым и медным производствами за счет переработки свинцово-медных оборотов, что приводит к риску получения некачественной товарной продукции.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты.

5.8.4.2. Вывод мышьяка в виде нерастворимых соединений

Описание

Процесс, основанный на выводе мышьяка из мышьяк-содержащих продуктов в виде малотоксичного, стабильного при хранении соединения - арсената железа, аналогичного по составу природному минералу скородит ($FeAsO_4 \cdot 2H_2O$), который является практически нерастворимым соединением.

Технологическое описание

Одним из наиболее стабильных соединений мышьяка признан скородит - кристаллический арсенат железа. Скородит – это встречающийся в природе минерал, что делает его идеальной формой для возврата мышьяка в природу.

Полученный в ходе стандартной технологии арсенат кальция подвергается плавке с выводом железомышьяковистой шпейзы. В шихту плавки помимо арсената кальция вводятся пыли и шлак свинцового производства, металлическое железо и коксик. В результате плавки образуются:

свинцово-цинковые возгоны, направляемые на переработку в цинковое производство;

черновой свинец, направляемый на рафинирование;

железомышьяковистая шпейза, направляемая на захоронение;

шлак, направляемый в отвал, с последующей утилизацией.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентрации мышьяка, поступающего вместе с продуктами металлургического производства в окружающую среду. Процент вывода мышьяка в шпейзу составляет более 90 % и более 1 % в шлак.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Вывод мышьяка в малотоксичный отход – железомышьяковистую шпейзу и извлечение ценных компонентов: черновой свинец 85-93 %, цинк в возгонах 85 - 90 %, драгоценные металлы в черновой свинец 93-96 %.

На комбинате "Уралэлектромедь" были проведены промышленные испытания по очистке медного электролита от мышьяка, при которых было установлено, что достаточными условиями для осаждения мышьяка является температура в пределах 90-110 °С, pH = 2,5-3 с продолжительностью процесса в 1,5 часа. Недостатками процесса явились значительные капиталовложения при применении автоклавных технологий. Позже было доказано, что осаждение скородита возможно и при атмосферном давлении и температуре 95 °С.

При использовании метода кристаллизации для обработки стоков в противоположность обычному способу "нейтрализация известью – осаждение", загрязнения связываются в стабильные, компактные и обладающие высокой плотностью кристаллические компоненты. Таким образом, предотвращается образование большого объема нестабильного осадка, а загрязнения связываются в кристаллическую форму. При этом следует подчеркнуть, что значение

кристаллообразования скородита зависит от концентрации мышьяка в исходном растворе, чем выше концентрация, тем ниже значение кристаллообразования и может изменяться от 93 до 80 %.

На медеплавильном заводе Xstrata Copper для удаления мышьяка из плавильных пылей в виде стабильного соединения так же используется процесс нейтрализации с кристаллизацией скородита. Нейтрализация производится известковым молоком до величины pH = 2.5-3.5 при 80-90 °C. Остаточный уровень содержания мышьяка в растворе составляет менее 1 мг/г.

Кросс-медиа эффекты

Процесс связан с образованием больших объемов рыхлых осадков, а также большого расход железа и нейтрализатора.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Стоимость проекта зависит от способа его реализации.

Движущая сила внедрения

Оптимизация объемов и уровня токсичности мышьяк-содержащих отходов. Социально-экономические аспекты. Требования экологического законодательства.

5.8.4.3. Метод переработки мышьяксодержащих полупродуктов комбинированным способом

Описание

Процесс, основанный на выводе мышьяка из мышьяк-содержащих полупродуктов в виде нетоксичного, стабильного при хранении товарного соединения – сульфида мышьяка.

Технологическое описание

Полученные в результате металлургической переработки мышьяксодержащие полупродукты (пыли, медные съемы и т.д.) перерабатываются совместно или раздельно комбинированной технологией, включающей в себя электроплавку и гидрометаллургический передел.

Достигнутые экологические выгоды

Доизвлечение ценных компонентов, перевод мышьяка в нетоксичную форму. Процент вывода мышьяка в сульфид составляет более 98 %.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Вывод мышьяка в нетоксичный отход – сульфид мышьяка и извлечение ценных компонентов: черновой свинец 97 %, цинка в тиосоли 96 %, драгоценные металлы в черновой свинец 93-96 %.

Кросс-медиа эффекты

Не установлено.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Данная технология была отработана на Лениногорском полиметаллическом комбинате и Чимкентском свинцовом заводе до его закрытия.

Экономика

Стоимость проекта зависит от способа его реализации.

Движущая сила внедрения

Оптимизация объемов и уровня токсичности мышьяк-содержащих отходов. Социально-экономические аспекты. Требования экологического законодательства.

5.8.4.4. Методы утилизации сульфидных мышьяксодержащих отходов

Описание

Технические решения, направленные на обезвреживание и утилизацию мышьяксодержащих отходов.

Технологическое описание

Использование мышьяксодержащих отходов при приготовлении твердеющей закладочной смеси отработанного пространства в шахтах.

Переработка сульфидных мышьяксодержащих отходов включает смешивание отходов и сплавление с элементной серой. Перед плавлением отходы сушат до влажности не более 4 %, дезинтегрируют до крупности не более 1,6 мм, после чего полученный порошок отходов нагревают до 120-155 °С и смешивают с расплавленной серой. Соотношение сульфидных мышьяксодержащих отходов и расплавленной элементной серы в смеси составляет 1:2,5-3,5. Полученную смесь гранулируют, охлаждают и получают гранулированную стекловидную смесь диаметром 2-5 мм. Способ позволяет получить смесь с максимальной жидкотекучестью и минимальной вязкостью, что приводит к минимальной вымываемости мышьяка водой. Гранулы используют в качестве одного из компонентов при приготовлении твердеющей закладочной смеси отработанного пространства в шахтах. Описанная технология отличается тем, что расплавленная элементная сера используется не в качестве добавки для получения труднорастворимых соединений, а в качестве изолирующей среды, в массе которой равномерно распределено капсулируемое вещество – трисульфид мышьяка. Свойства расплавленной жидкой серы позволяют осуществлять процесс обезвреживания мышьяксодержащих отходов изолированием кека трисульфида мышьяка в массе серы. Элементная сера не окисляется кислородом воздуха и не растворяется в воде и является высокоэффективным и устойчивым в природной среде капсулирующим веществом.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение концентраций мышьяка, поступающего вместе с продуктами метрического производства в окружающую среду. Процент вывода мышьяка в шпейзу составляет более 90 % и более 1 % в шлак.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Нет данных.

Кросс-медиа эффекты

Процесс связан с образованием больших объемов рыхлых осадков, а также большим расходом железа и нейтрализатора.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Стоимость проекта зависит от способа его реализации.

Движущая сила внедрения

Оптимизация объемов и уровня токсичности мышьяк-содержащих отходов. Социально-экономические аспекты. Требования экологического законодательства.

5.9. Потребление энергетических ресурсов (энергетическая эффективность)

5.9.1. Снижение потребления энергии (энергетическая эффективность)

5.9.1.1. Подача для дутья воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала

Описание

Обогащение кислородом или подача чистого кислорода используются для обеспечения автотермического окисления руд на основе сульфидов, увеличения мощности или скорости плавления определенных печей, а также обеспечения дискретных насыщенных кислородом зон в печи в целях обеспечения полного сжигания отдельно от восстановительной зоны.

Техническое описание

Обогащение воздуха для дутья кислородом часто используется в производственных процессах при производстве цветных металлов, в частности, при первичной и вторичной переработке свинца. В процессах используется технический кислород по потоку газов вне горелок печи или в корпусе печи.

Использование кислорода может обеспечить как финансовые, так и экологические выгоды при условии, что предприятие обладает мощностями для использования дополнительно выделяемого тепла и выпускаемой продукции. Существует вероятность того, что при обогащении кислорода могут вырабатываться повышенные концентрации оксидов азота, однако связанное с этим уменьшение объема газа обычно означает уменьшение массы. Данный процесс более подробно описан в соответствующих главах по металлу.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других соединений в атмосферу.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Обогащение кислородом может обеспечить следующие улучшения.

Увеличение количества тепла, выделяемого в корпусе печи, что позволяет увеличить мощность или скорость плавления и уменьшить количество используемого

топлива при соответствующем сокращении выбросов парниковых газов. Возможность автотермального управления некоторыми процессами и изменения степени обогащения кислородом в режиме "онлайн" для контроля металлургического процесса и предотвращения выбросов.

Значительное сокращение объема выработки технологических газов при уменьшении содержания азота, что позволяет значительно уменьшить размер нисходящих каналов и скрубберов, а также предотвратить потерю энергии, необходимой для нагрева азота.

Увеличение концентрации двуокиси серы (или других продуктов) в технологических газах, что позволяет повысить эффективность процессов конверсии и извлечения без использования специальных катализаторов.

Использование чистого кислорода в горелке приводит к понижению парциального давления азота в пламени и, следовательно, уменьшению теплового образования оксидов азота (NO_x).

Выработка технического кислорода на площадке связана с выделением газообразного азота из воздуха. Данный процесс время от времени используется для покрытия потребности в инертном газе на площадке.

Нагнетание кислорода в отдельных точках печи вниз по потоку от основной горелки позволяет контролировать температуру и условия окисления отдельно от операций, проводимых в основной печи. Это позволяет повысить скорость плавления без повышения температуры до недопустимого уровня.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства

.

Технические соображения, касающиеся применимости

Данный метод может применяться в большинстве используемых процессов сжигания и пирометаллургической обработки. Полная выгода может быть получена на новых заводах, на которых топки печей, камеры сгорания могут быть спроектированы для снижения объемов газа. Данный метод также применим к существующим предприятиям, хотя во многих случаях он может быть модернизирован. Для печей, в которых используется сырье, содержащее серу или углерод, использование обогащенного кислородом воздуха или чистого кислорода в горелках может обеспечить автогенную плавку или полное сжигание углеродистого материала.

Экономика

По экспертным данным снижение времени плавления может составить до 2,5 часов. При этом происходит снижение потребления топлива, но появляются дополнительные затраты на получение кислорода. Примерно 1 млн евро КАПЕКС на 1000 $м^3$\час кислорода. Однако более высокий темп производительности с использованием

кислородно-топливных горелок приведет к сокращению эксплуатационных расходов. Потенциальная экономия по данным [44] могут составить 23 евро/тонну при производстве объемом 27 000 тонн/год.

На свинцовых заводах при шахтной свинцовой плавке широко используется кислород с различной степенью обогащения дутья: "Бункер Хилл", "Ист Хелена" (США) 23÷24 % O_2, "Трейл" и "Торртон" (Канада) 22÷25 % O_2, "Хобокен" (Бельгия) 23÷ 27 % O_2, "Ля Оройя" Перу 22÷25 % O_2 [8].

При плавке на воздушном дутье в печи ISASMELT при 1000 °С выход возгонов составляет 20 %, увеличение степени обогащения дутья кислородом до 35 % резко повышает температуру и увеличивает выход возгонов до 40 %. Содержание свинца в отвальном шлаке составляет не более 3 % [6, 80].

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий являются: улучшение экологических показателей; дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.9.1.2. Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств, как, например, вентиляторы, насосы

Описание

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на собственные нужды , снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время применение ЧРП является наиболее оптимальным для целей регулирования производительности насосного и вентиляторного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее рациональное использование электрической энергии при ведении технологического процесса.

Техническое описание

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

Внедрение частотных регуляторов (ЧРП) для приводов технологических механизмов. Технологические режимы многих производственных механизмов на разных этапах работы требуют движения рабочего органа с различной скоростью, что обеспечивается либо механическим путем, либо путем электрического регулирования скорости электропривода. При этом требования к диапазону и точности регулирования скорости могут изменяться в широчайших пределах в зависимости от области применения электропривода. Применение регулируемого частотного электропривода позволяет сберегать электроэнергию путем устранения неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных методах регулирования в технологических процессах.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение 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 50 %, повысить надежность и срок службы электродвигателей. Как показал анализ загрузки электродвигателей ряда дымососов, воздуходувок свинцового завода ТОО "Казцинк", на которых установлены ЧРП, выполненный в 2019 году в период проведения энергоаудита, снижение нагрузки в отдельные месяцы достигает 40-70 %. Таким образом, при обоснованном использовании ЧРП снижение потребления электроэнергии может составить 30-40 % в год.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии в зависимости от режима работы двигателя, в пределах 15–40 %. 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).

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными двигателями и частотно-регулируемым приводом (далее ЧРП) 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. Так же это касается и регулирования производительности воздуходувок и насосных агрегатов.

В среднем применение таких способов регулирования может снижать потребление электроэнергии от 20 до 40 %.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Так например, применение двигателей с частотно-регулируемым приводом (далее ЧРП) целесообразно при резко переменной нагрузке в зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха вытяжными системами на 6–26 %, приточными системами на 3–12 %, 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 :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.9.1.3. Использование рекуперативных и регенеративных горелок

Описание

Пирометаллургические процессы обжига, агломерации, плавки обычно сопровождаются интенсивным выделением тепла, содержащегося, в частности, в отходящих газах. Для непосредственного использования тепла дымовых газов для подогрева воздуха горения используются регенеративные и рекуперативные горелки. Широкое применение нашли горелочные устройства, использующие газообразное и жидкое топливо.

Техническое описание

Для стадий сушки и предварительного подогрева шихты можно использовать горячие газы со стадий плавки. Аналогичным образом топливный газ и подаваемый для поддержания горения воздух могут быть предварительно подогреты, или в печи может быть использована рекуперационная горелка.

Рекуперативная горелка представляет собой газогорелочное устройство, снабженное встроенным рекуператором, который предназначен для подогрева воздуха за счет использования физической теплоты продуктов сгорания, удаляемых из рабочего

пространства печи. При этом, помимо выполнения функции топливосжигающего устройства, рекуперативная горелка решает задачу дымоудаления. Рекуперативные горелки используются при высокой температуре уходящих газов [69].

Удачной является рекуперативная горелка Ecomax немецкой фирмы Elster Kromschroeder [68]. Разработано несколько типоразмеров с разной мощностью, а также конструкций встроенных в горелку рекуператоров, имеющих различную степень рекуперации тепла отходящих газов. Пример рекуперативной горелки Ecomax приведен на рисунке 5.10.

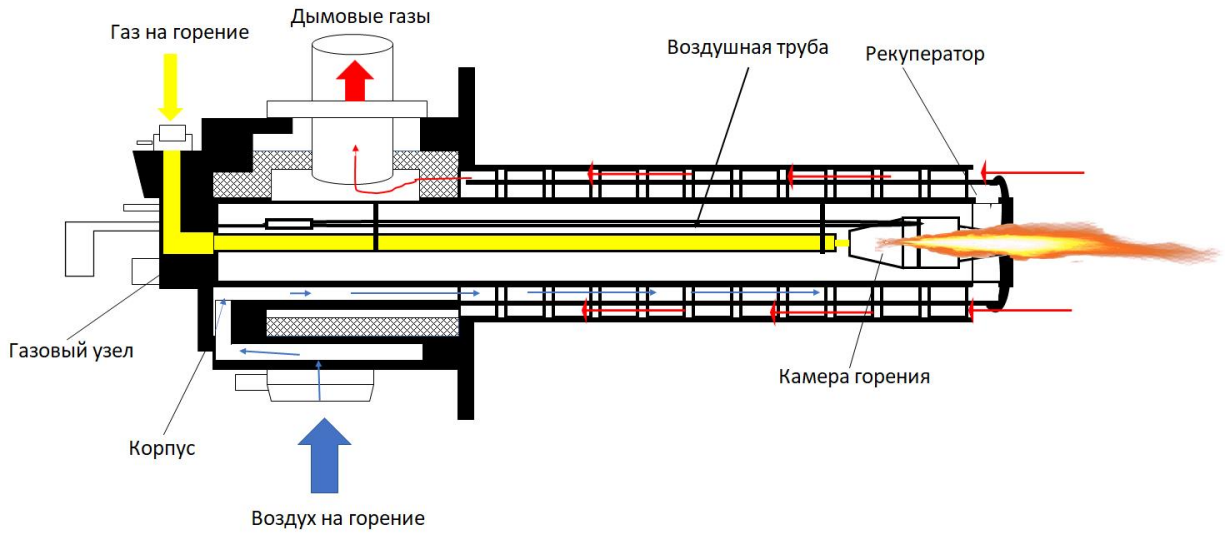


Рисунок 5.10. Рекуперативная горелка Ecomax

Принцип работы регенеративной горелки следующий: одни и те же тракты попеременно (со смещением во времени) служат для подачи воздуха горения в рабочее пространство печи и продукты сгорания из рабочего пространства печи. Для регенеративных горелок характерны высокий тепловой КПД, низкий расход топлива и высокая степень рекуперации отработанного тепла.

Достигнутые экологические выгоды

Энергосодержание горячих газов используется для нагрева воздуха и может снизить потребление энергии на 70 % по сравнению с потреблением при использовании обычной горелки. Исследования показывают, что регенеративные горелки используют на 30 % меньше энергии в сравнении с рекуперативными горелками.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

При применении рекуперативных горелок расходы топлива снижаются на 30-40 %, при этом обеспечиваются достаточно низкие выбросы NO_x. Существует ряд применений для регенеративных горелок. Процесс зависит от чередующегося цикла

газов, проходящих через ряд вспомогательных зон с помощью керамических шариков, где происходят циклы нагрева и охлаждения. Воздух для горения может быть предварительно нагрет приблизительно до 900 °С.

Важное значение имеет утилизация теплоты уходящих газов с возвратом части теплоты в печь, например, с дутьем. Это объясняется тем, что единица теплоты, отобранная у газа и вносимая в печь с воздухом (единица физической теплоты), оказывается значительно ценнее единицы теплоты, полученной в печи в результате сгорания топлива, так как теплота подогретого воздуха не влечет за собой потерь теплоты с дымовыми газами [75].

Рекуперация теплоты позволяет экономить до 30-40 % потребляемой энергии. В результате при том же расходе топлива количество теплоты, получаемой в процессе горения, увеличивается на 10-15 % [76].

Преимущества предварительного нагрева воздуха, подаваемого для поддержания горения, подтверждены многими документами. Если воздух подогревается на 400 °С, рост температуры пламени составляет 200 °С, а если предварительный подогрев составляет 500 °С, температура пламени растет на 300 °С [72]. Как следствие, возрастание калориметрической температуры влечет за собой увеличение радиационной составляющей в процессе теплопередачи греющей среды к нагревательным материалам, находящимся в рабочем пространстве печи. Увеличение радиационной составляющей объясняется тем, что теплопередача излучением зависит от температуры факела в четвертой степени. Поэтому увеличение температуры пламени обеспечивает более высокую эффективность плавки и сокращение потребления энергии [76].

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод применяется во многих новых и существующих процессах.

В зависимости от исходного материала может потребоваться дополнительная обработка газов.

Экономика

Информация отсутствует, но будут обеспечены более высокая эффективность плавки и сокращение потребления энергии, поэтому процесс является экономически и экологически целесообразным.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.9.1.4. Использование соответствующих изоляционных систем для высокотемпературного оборудования (трубы для пара и горячей воды)

Описание

Пирометаллургические процессы производят тепло в виде горячих газов. Высокопотенциальное тепло утилизируется в котлах утилизаторах, произведенный пар используется для отопления и в технологических процессах. Тепло в виде пара транспортируется по паропроводам. Использование соответствующей изоляции для высокотемпературного оборудования (трубы для пара и горячей воды) позволяет существенно снизить тепловые потери.

Техническое описание

Теплоизоляция паропроводов – актуальная задача для металлургической промышленности. 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.

Трубопроводы паровых сетей УКМК ТОО "Казцинк" выполнены из различных условных диаметров от 25 до 500 мм. Тепловая изоляция - маты минераловатные или шамотный кирпич, покровный слой - из оцинкованного железа и частично армированного асбобетона. На отдельных участках имеется износ существующей тепловой изоляции.

Шамотный кирпич является не эффективным теплоизоляционным материалом. Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича (=0,84+0,0006×t Вт/(м °С), = 0,99 Вт/(м °С) при температуре 250 °С в 10 раз выше, чем у минеральной ваты (=0,05 +

0,0002×t Вт/(м °С), = 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/м^3, так как они имеют более высокий межремонтный период. Нарушение изоляционного слоя паровых сетей, а также и покровного слоя изоляции приводит к увеличению тепловых потерь.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь тепла в процессе производства.

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 минимум на 30-50 %, а также эксплуатационные расходы за счет увеличения межремонтного периода.

Например, общая протяженность паропроводов предприятия УКМК ТОО "Казцинк " составляет 16787 м., из них прокладка в тоннелях – 2391 м (14 %) и надземная прокладка – 14396 м (86 %). Участки трубопроводов с изоляцией шамотным кирпичом составляют только 1078 м, а годовые потери – более 2200 Гкал, при нормативных 588 Гкал. Замена изоляции на современную позволит сэкономить 1627 Гкал. Потери в паропроводах, изолированных минеральной ватой, также превышают нормативные (на разных участках паропроводов от 1,3 до 1,8 раз). Доведение потерь в паровых сетях до нормативных позволит увеличить использование тепла на технологию и отопление на более чем 6000 Гкал в год.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

Информация отсутствует, но снижение тепловых потерь позволит производить дополнительное тепло без сжигания топлива, поэтому процесс является экономически и экологически целесообразным. Мероприятия по замене изоляции из шамотного кирпича на современную окупаются за 3-4 года, ремонт изоляции для участков трубопроводов без изоляции или с нарушенной изоляцией – за 1-2 года.

Движущая сила для осуществления

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.9.1.5. Использование отходов в качестве топлива или восстановителя

Описание

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

Зачастую отходы могут использоваться только после завершения определенных этапов предварительной обработки для получения специальных видов топлива для процесса горения. Операции по обработке отходов не охватываются данным документом.

Техническое описание

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

Для гарантии характеристик отходов, используемых в качестве топлива, требуется применение системы обеспечения качества. В частности, такая система должна включать положения, касающиеся отбора и подготовки проб, анализа и внешнего мониторинга.

Достигнутые экологические выгоды

Выбор отходов, используемых в качестве топлива, основан на ряде взаимосвязанных соображений, включая следующие основные моменты: сокращение выбросов, например, CO_2, получаемого из ископаемых видов топлива; сокращение использования природных ресурсов, например, ископаемых видов топлива; сокращение расстояния транспортировки; предотвращение захоронения отходов на полигоне; безопасный способ восстановления отходов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Исследование "Оценка применения и возможная разработка муниципального законодательства для контроля за сжиганием и совместным сжиганием отходов", проведенное институтом Окополь по поручению Европейской комиссии в 2007 году, показало, что в сфере цветной металлургии работают шесть заводов, которые используют отходы в качестве топлива. Отходы, используемые в качестве топлива в цветной металлургии, имеют высокую чистую теплотворную способность, например, отработанное масло с чистой теплотворной способностью 37 МДж/кг и растворители с чистой теплотворной способностью 26 МДж/кг.

Кросс-медиа эффекты

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

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа.

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

Экономика

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

Движущая сила для осуществления

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и обеспечения наличия ресурсов.

5.9.2. Производство энергии, использование вторичных энергетических ресурсов

5.9.2.1. Регенерация тепла из технологических газов

Описание

Использование для регенерации тепла из дымового газа печи котлов-утилизаторов. Для регенерации может также использоваться остаточное тепло из горелок при вторичной выплавке и рафинировании.

Технологическое описание

Тепло технологических газов плавильных печей в непрерывных производственных процессах можно использовать для регенерации горячей воды или пара при помощи котла-утилизатора отработанных газов.

При этом следует учитывать:

обеспечение безопасной эксплуатации оборудования с колебаниями тепла;

ограниченное поступление "диффузного воздуха";

эффективные меры безопасности;

своевременное обслуживание и ремонт при эксплуатации установки;

пылевую нагрузку (использование дополнительных систем очистки от твердых частиц при возможности).

Стандартные котлы, используемые при производстве свинца, устанавливаются с радиационным каналом. Отходящий газ котла и системы охлаждения должны иметь температуру в 200–300 °C перед очисткой от пыли с использованием горячих электрофильтров. Это предотвращает возможную коррозию от частиц хлора, а также конденсацию серной кислоты. При этом необходимо учитывать параметры отходящего газа для предотвращения возможной блокировки вследствие увеличения температуры потока.

Достигнутые экологические выгоды

Восстановление тепла и энергии.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Восстановление тепла до 40 ГВт ч в год.

Кросс-медиа эффекты

Образование диоксинов возможно в результате процесса синтеза de novo, когда охлаждение газа в диапазоне между 400 °C и 200 °C происходит замедленно.

Технические соображения, касающиеся применимости

Восстановление энергии может быть ограничено непрерывностью распределения отходящих потоков плавильных печей, а также использованием остаточного тепла из системы нагрева печей рафинирования. Контроль процессов позволит избежать высоких пылевых нагрузок и предотвратить коррозию.

Экономика

Затраты, связанные с установкой дополнительного оборудования, могут быть компенсированы прибылью, полученной в результате снижения затрат на электроэнергию.

Движущая сила для внедрения

Снижение затрат на энергию.

5.9.2.2. Производство электроэнергии за счет утилизации избыточного давления пара

Описание

Одним из направлений повышения энергоэффективности производства свинца является внедрение комбинированного производства тепла и электроэнергии. В производствах, имеющих производство пара с избыточным давлением, целесообразно

рассмотреть производство электроэнергии установкой паровой турбины с противодавлением, что позволит утилизировать тепло избыточного давления пара, снизить затраты на покупку электроэнергии.

Технологическое описание

В котлах утилизаторах свинцового производства вырабатывается пар различных параметров с давлением, как правило большим, чем требуется для производственных нужд. Поэтому после котлов-утилизаторов и установок испарительного охлаждения свинцового производства установлены редуцирующие устройства (РУ), в которых происходит снижение давления пара, и потенциальная энергия пара теряется бесполезно. Например, на УКМК ТОО "Казцинк" в РУ происходит понижение давление пара до требуемых 6 и 8 кгс/см^2. После РУ пар попадает в общезаводскую систему пароснабжения предприятия и подается технологическим потребителям. Установка паровой турбины с противодавлением позволит снизить давление пара после котла-утилизатора до требуемого и произвести электроэнергию.

Достигнутые экологические выгоды

Производство электроэнергии за счет утилизации вторичных энергетических ресурсов без дополнительного сжигания топлива.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Пар на производстве используется круглогодично для технологических нужд и в отопительный период для нужд систем отопления и вентиляции. Котлы утилизаторы печи ISASMELT и котлы утилизаторы плавильного цеха производят пар от 13 до 40 кгс /см^2. Котел утилизатор печи ISASMELT свинцового завода УКМК ТОО "Казцинк" вырабатывает пар с давлением 40 кгс/см^2 и температурой 259 С. Паропроизводительность котла утилизатора 29,4 тонн/ч. Для производства электроэнергии может быть установлена паровая турбина с противодавлением мощностью до 600 кВт.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

Затраты, связанные с установкой дополнительного оборудования, могут быть компенсированы прибылью, полученной в результате снижения затрат на

электроэнергию. При мощности паровой турбины 500 кВт она сможет в год производить более 4000 тыс. кВтч электроэнергии. Период окупаемости проектов по установке турбин с противодавлением, как правило, не превышают 3-5 лет, при эксплуатационном ресурсе паровой турбины не менее 30 лет.

Движущая сила для внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.9.2.3. Утилизация тепла технологических газов СКЗ для производства тепла в системе отопления

Описание

Одними из направлений повышения энергоэффективности производства свинца являются утилизация тепла технологических газов и производство тепла для нужд отопления.

Технологическое описание

После котлов утилизаторов свинцового производства технологические газы имеют достаточно высокую температуру 300-350 С и направляются для очистки от пыли в горячие электрофильтры. После очистки от пыли технологические газы со значительным содержанием SO_2 направляются на сернокислотный завод (технологические газы свинцового производства имеют концентрацию SO_2 от 3,5 до 13,5 %). Перед поступлением в установку по производству серной кислоты осуществляется очистка газа от пыли, мышьяка, ртути, селена, фтора, тумана серной кислоты, оказывающих вредное влияние на катализатор, аппаратуру и ухудшающих качество готовой продукции, в промывных участках сернокислотного завода. В промывных участках в качестве промывочной жидкости используются серная кислота различной концентрации и принцип противотока, т. е. подача газа производится снизу, а подача жидкости – сверху. Промывные башни орошаются серной кислотой концентрацией 15-50 % с температурой 30-60 С. Газ в башне охлаждается кислотой до температуры 5090 С, а кислота нагревается до температуры 50-80 С и ее необходимо дополнительно охлаждать в холодильниках. Охлаждая газы в газо-водяном теплообменнике до уровня 150 С (выше температуры сернокислой точки росы), можно утилизировать дополнительно тепло газов для подогрева сетевой воды в системе теплоснабжения.

Достигнутые экологические выгоды

Производство тепла за счет утилизации вторичных энергетических ресурсов без дополнительного сжигания топлива.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Тепло используется круглогодично в отопительный период для нужд систем отопления и вентиляции, в летний период для нужд ГВС. При расходе технологического газа свинцового производства 65000 $м^3$/час тепловая мощность теплообменника для системы теплоснабжения составит порядка 2 Гкал/ч, что позволит производить дополнительно более 9000 Гкал тепла в год.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Снижение издержек на закуп тепла.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

Затраты, связанные с установкой дополнительного оборудования, могут быть компенсированы прибылью, полученной в результате снижения затрат на тепло. При тепловой мощности теплообменника 2 Гкал/час он сможет в год производить более 9000 Гкал тепла. Период окупаемости проектов по установке теплообменников, как правило, не превышает 3-5 лет, при эксплуатационном ресурсе 15-20 лет.

Движущая сила для внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.9.2.4. Использование низкопотенциального тепла

Описание

Все пирометаллургические процессы производят тепло в виде горячих газов или горячей воды. Высокопотенциальное тепло утилизируется в котлах утилизаторах или регенеративных теплообменниках. Варианты извлечения низкопотенциального тепла всегда представляли сложную проблему ввиду своей ограниченности. Тепло может быть извлечено из жидкостей при температуре распада около 55 °C.

Техническое описание

Описание техники использования низкопотенциального тепла представлено на двух примерах. Первым примером является использование воды при распылительном охлаждении металлургического шлака, которая собирается в отстойнике и проходит через теплообменник для нагрева контура, в котором используется этиленгликоль. Пользователи низкопотенциального тепла могут выделять тепло из контура через другой теплообменник. Во втором примере низкопотенциальное тепло используется для выработки электроэнергии, что обеспечивает возможность производить электричество из нагретой воды при температуре 85 °C и выше.

Достигнутые экологические выгоды

Извлечение тепла и предотвращение выделения тепла.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Происходит теплообмен, после чего тепло переносится в замкнутый контур, содержащий жидкость-носитель, которая расширяет и приводит в действие турбину, которая, в свою очередь, приводит в действие генератор (см. рисунок 5.11) и вырабатывает электроэнергию. На малогабаритных электростанциях используется, как правило, два блока, установленных на контейнерах.

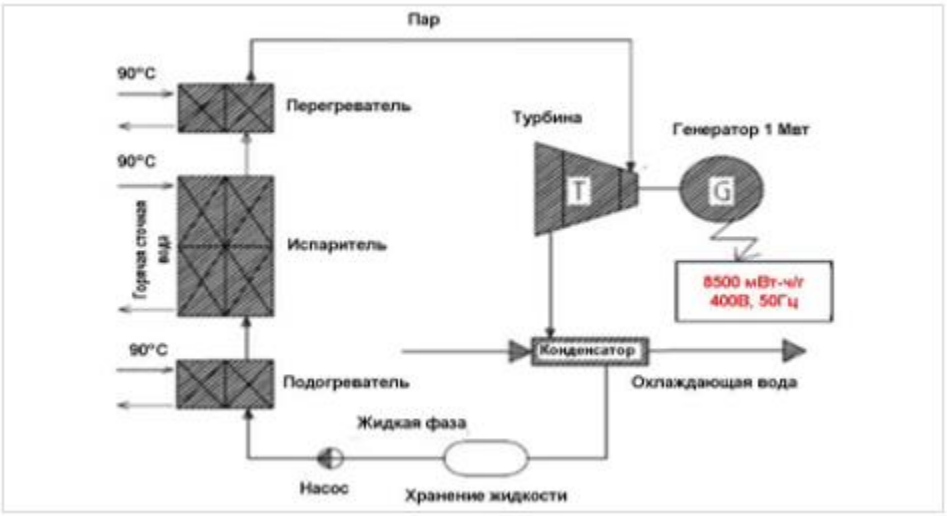


Рисунок 5.11. Производство электроэнергии из низкопотенциального тепла

Контейнеры оснащены подключениями к линиям нагрева сточной воды, а также выводами к входному устройству для подачи требуемой охлаждающей воды. Кроме того, контейнеры оснащены необходимыми приборами для подключения к существующим сетям распределения электроэнергии. Более крупные заводы могут быть построены на площадке или в качестве альтернативы могут быть установлены с помощью необходимого количества параллельно соединенных блоков контейнеров.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

Информация отсутствует, но использование низкопотенциального тепла позволит производить дополнительную электроэнергию без сжигания топлива, поэтому процесс является экономически и экологически целесообразным.

Движущая сила для осуществления

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

6. Заключение, содержащее выводы по НДТ

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими.

Технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, определяются как диапазон уровней эмиссий, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник и применяются в местах непосредственного выделения загрязняющих веществ в окружающую среду, на источнике выброса/сброса.

Технологические показатели в атмосферу, соответствующие НДТ, указанные в настоящем разделе, относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса выбрасываемых веществ на объем сбросных газов при стандартных условиях (273,15 K, 101,3 кПа);

НДТ по сбросам в воду относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса сбрасываемых веществ на объем сточных вод, в мг/л.

Для периодов усреднения применяются следующие определения (см. таблица 6.1).

Таблица 6.1. Периоды усреднения технологических показателей выбросов/сбросов, связанные с НДТ

№ п/п		Выбросы	Сбросы
1	2	3	4

1	В среднем за сутки	Среднечасовые и получасовые значения концентраций ЗВ за сутки при непрерывном контроле	Среднее значение за период выборки в течение 24 часов, взятое в качестве средне пропорциональной пробы (или в виде средне пропорциональной по времени пробы, при условии, что демонстрируется достаточная стабильность потока)*
2	Среднее значение за период выборки	Средняя величина трех последовательных измерений, по длительности как минимум 30 минут каждое, если не указано иное**	

* для периодических процессов могут использоваться среднее значение полученной величины измерений, взятых за общее время отбора проб, или результат измерения, в результате разового отбора проб;

** для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб). Для любого параметра, при котором вследствие ограничений по отбору проб или анализа 30-минутные измерения не допустимы, применяется соответствующий период отбора проб.

Определение иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов, в настоящем справочнике 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. 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:

1. Заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство.

2. Определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства.

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

4. Внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:

структуре и ответственности;

подбору кадров;

обучению, осведомленности и компетентности персонала;

коммуникации;

вовлечению сотрудников;

документации;

эффективному контролю технологического процесса;

программам технического обслуживания;

готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий;

обеспечению соблюдения экологического законодательства;

5. Проверка производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется:

мониторингу и измерениям;

корректирующим и предупреждающим мерам;

ведению записей.

6. Независимый (при наличии такой возможности) внутренний или внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация.

7. Анализ СЭМ и ее соответствия современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства.

8. Отслеживание разработки экологически более чистых технологий.

9. Анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации.

10. Проведение сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли (см. НДТ 6) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 4), также являются частью СЭМ.

Применимость

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или не стандартизированная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

6.2. Управление энергопотреблением

НДТ 2.

Наилучшей доступной техникой является сокращение потребления тепловой энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование системы управления эффективным использованием энергии (например, в соответствии со стандартом ISO 50001)	Общепременимо
2	Подача для дутья воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала	Общепременимо
3	Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств, как, например, вентиляторы, насосы	Общепременимо
4	Использование регенеративных и рекуперативных горелок	При использовании природного газа
5	Использование соответствующих изоляционных систем для высокотемпературного	Общепременимо

	оборудования (трубы для пара и горячей воды)	
6	Использование отходов в качестве топлива или восстановителя	Соответствие требованиям к установкам по сжиганию отходов
7	Регенерация тепла из технологических газов	Общеприменимо
8	Производство электроэнергии за счет утилизации избыточного давления пара	Общеприменимо
9	Утилизация тепла технологических газов СКЗ для производства тепла в системе отопления	При производстве серной кислоты
10	Использование низкопотенциального тепла	Общеприменимо

6.3. Управление процессами

НДТ 3.

Наилучшей доступной техникой являются измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени, 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	2	3
1	Контроль качества исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами	Общеприменимо
2	Подготовка шихты определенного состава для достижения оптимальной эффективности переработки, снижения потребления энергии и сокращения выбросов в окружающую среду, образования отходов	Общеприменимо
3	Использование систем дозирования и взвешивания исходного сырья	Общеприменимо

4	Применение автоматизированных систем для контроля скорости подачи материала, критических параметров и условий технологического процесса, включая сигнализацию, условия сгорания и добавки газа	Общеприменимо
5	Непрерывный мониторинг температуры, давления (или понижения давления) в печи, а также объема или расхода газа	Общеприменимо
6	Мониторинг критических технологических параметров оборудования, применяемого для предотвращения и/или сокращения выбросов в атмосферу, таких как температура газа, дозирование реагентов, перепад давления, ток и напряжение электрофильтров, расход очищающей жидкости и pH	Общеприменимо
7	Мониторинг содержания твердых частиц и ртути в отходящих газах перед направлением их на установку по производству серной кислоты	Для производственных площадок, включающих производство серной кислоты или других серосодержащих продуктов (интеграция производств)
8	Мониторинг и контроль температуры в плавильных и металлоплавильных печах для предотвращения образования дыма от перегрева металла и оксидов металлов	Применим для спекающих и плавильных печей
9	Операционный мониторинг вибраций для обнаружения завалов и возможного выхода из строя оборудования	
10	Контролирование подачи реагентов и производительности установки по очистке сточных вод посредством мониторинга температуры, мутности, pH, проводимости и расхода в режиме реального времени	Применим для установок очистки сточных вод

НДТ 4.

Для снижения организованных выбросов пыли и металлов НДТ заключается в применении системы управления техническим обслуживанием, в которой особое внимание уделяется поддержанию эффективности систем пылеподавления и пылеулавливания как части системы экологического менеджмента (см. НДТ 1).

6.3.1. Мониторинг выбросов

НДТ 5.

НДТ является измерением выбросов загрязняющих веществ из дымовых труб от основных источников выбросов всех процессов, для которых указаны технологические показатели, связанные с НДТ, а также вторичных производствах взаимосвязанных с основными производственными процессами (например, утилизация технологических газов отходящих печей на сернокислотных установках).

Периодичность мониторинга может быть адаптирована, если серия данных четко демонстрирует стабильность процесса очистки.

Проведение мониторинга регламентируется действующими стандартами в Республике Казахстан.

№ п/п	Параметр	Контроль, относящийся к:	Минимальная периодичность контроля******	Примечание
1	2	3	4	6
1	Пыль*	НДТ 18, НДТ 20, НДТ 21	Непрерывное**	Маркерное вещество
		НДТ 18, НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал**	В соответствии с программой ПЭК
2	Сурьма и ее соединения, выраженные как Sb	НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал	В соответствии с программой ПЭК
3	Мышьяк и его соединения, выраженные как As	НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал	
4	Кадмий и его соединения, выраженные как Cd	НДТ 18, НДТ 19, НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал	
5	Медь и ее соединения, выраженные как Cu	НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал	
6	Свинец и его соединения, выраженные как Pb	НДТ 18, НДТ 19, НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал	
7	Другие металлы, при необходимости ***	НДТ 18, НДТ 19, НДТ 20, НДТ 21	Один раз в квартал	

8	Ртуть и ее соединения, выраженные как Hg	НДТ 28	Один раз в год	
9	SO_2****	НДТ 22, НДТ 23	Непрерывно*****	Маркерное вещество
			Один раз в квартал**	В соответствии с программой ПЭК
10	NOx, выраженный как NO_2	НДТ 25	Непрерывно***** или Один раз в квартал**	В соответствии с программой ПЭК
11	Летучие органические соединения	НДТ 26	Один раз в квартал**	В соответствии с программой ПЭК Периодичность определяется с учетом сырьевых материалов и топлива, используемых в производственном процессе
12	ПХДД/Ф/Ф	НДТ 27	Один раз в год	В соответствии с программой ПЭК Периодичность определяется с учетом сырьевых материалов и топлива, используемых в производственном процессе
13	H_2SO_4	НДТ 24	Один раз в квартал	В соответствии с программой ПЭК

* для источников выбросов пыли при хранении и обработке сырья, при скорости потока менее 10000 $нм^3$/ч, мониторинг может быть основан на измерении косвенных параметров на основании требований технологического регламента;

** непрерывные измерения применимы для источников наибольших выбросов в атмосферу (более 500 т/год). В случае неприменимости непрерывного измерения НДТ заключается в увеличении частоты проведения периодического мониторинга;

*** зависит от состава используемого сырья;

**** для расчета выбросов SO_2 можно использовать баланс массы, основанный на измерении содержания серы в каждой партии сырья;

***** при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

a) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

b) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

c) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов.

При отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если результаты каждой серии измерений или иных процедур, определенные в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов.

****** частота мониторинга не применяется в случаях, когда установка эксплуатируется исключительно в целях измерения выбросов.

6.3.2. Мониторинг сбросов

НДТ 6.

НДТ заключается в использовании регламентирующих документов для отбора проб воды, мониторинга сбросов в месте выпуска сточных вод из очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, обеспечивающими предоставление данных эквивалентного качества.

№ п/п	Параметр	Периодичность отбора проб
1	2	3
1	Ртуть (Hg)*	Один раз в квартал
2	Мышьяк (As)	Один раз в месяц
3	Кадмий (Cd)	Один раз в месяц
4	Медь (Cu)	Один раз в месяц
5	Свинец (Pb)	Один раз в месяц
6	Цинк (Zn)	Один раз в месяц
7	Сульфат (SO_4)	Один раз в месяц
8	Взвешенные вещества	Один раз в месяц

* не является веществом, определяющим эмиссии всего производства, может выделяться только на отдельных технологических операциях.

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.

6.3.3. Шум

НДТ 7.

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Устранение причин шума в источнике его образования (тщательная настройка установок, издающих шум)	Общеприменимо
2	Изменение направленности излучения - использование насыпей для экранирования источника шума	Общеприменимо
3	Рациональная планировка производственных площадок и цехов	Общеприменимо
4	Звукоизоляция (использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования)	Общеприменимо
5	Звукопоглощение (использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум).	Общеприменимо

6.3.4. Запах

НДТ 8.

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом	Общеприменимо
2	Сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их развеивания и разбавления	Общеприменимо
3	Тщательное проектирование, эксплуатация и обслуживание любого оборудования, которое может генерировать различные запахи.	Общеприменимо

4	Обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно	Общеприменимо

6.4. Выбросы в атмосферу

НДТ 9.

Для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от печей и вспомогательных устройств (аспирационные газовоздушные потоки, вентиляционный воздух и др.) при первичном и вторичном производстве свинца НДТ заключается в сборе, обработке выбросов в централизованной системе очистки отходящих газов.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Отходящие потоки из различных источников собираются, смешиваются и обрабатываются в единой централизованной системе очистки отходящих газов, разработанной для эффективной обработки загрязняющих веществ, присутствующих в каждом из потоков. При этом следует не допускать смешивания потоков не совместимых по химическому составу.	Применимость ограничена для существующих установок в связи с конструктивными особенностями и расположением установок (необходимость дополнительных площадей)

6.4.1. Неорганизованные выбросы

НДТ 10.

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли, как части системы экологического менеджмента (см. НДТ 1), который включает в себя:

определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;

определение и реализацию соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

НДТ 11.

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов НДТ заключается в улавливании неорганизованных выбросов как можно ближе к источнику и их последующей обработки.

НДТ 12.

Наилучшей доступной техникой являются предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении и транспортировке материалов путем применения одного или нескольких методов.

При использовании систем улавливания и очистки выбросов наилучшей доступной техникой является оптимизация эффективности улавливания и последующей очистки путем применения соответствующих мер. Наиболее предпочтительным методом является сбор выбросов пыли ближе к источнику.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении и транспортировке сырья, относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Соблюдение требований технологических регламентов во избежание ненужных перегрузок материалов и длительных простоев в незащищенных местах	Общеприменимо
2	Использование закрытых складов или силосов/контейнеров при хранении сырья и материалов, оборудованных системой фильтрации и вытяжки воздух. В противном случае бункеры оснащаются пылезадерживающими перегородками и разгрузочными решетками, соединенными с системой пылеудаления и очистки	Применяется для пылеобразующих материалов, таких как концентраты, флюсы и т. д.
3	Использование укрытий при хранении материалов на открытых площадках	Применяется для не пылящих материалов, таких как концентраты, флюсы, твердое топливо, крупнотоннажные насыпные материалы и кокс, а также вторичного сырья, содержащего растворимые в воде органические соединения
4	Использование герметичной упаковки при хранении материалов или вторичных материалов, содержащих водорастворимые органические соединения	Общеприменимо
5	Использование системы орошения водой (желательно с использованием оборотной воды) для пылеподавления	Применимость ограничена для процессов, в которых используются сухие материалы или руды/ концентраты, содержащие достаточное количество естественной влаги, чтобы предотвратить пылеобразование. Применение также ограничено в регионах с нехваткой воды или с

		очень низкими зимними температурами
6	Установка пылегазоулавливающего оборудования в местах передачи (вентиляционных отверстий силосов, пневматических систем передачи и точек передачи конвейеров) и опрокидывания пылеобразующих материалов	Применяется в местах складирования пылящих материалов
7	Проведение регулярной очистки зоны хранения и, при необходимости, увлажнение водой В случае хранения на открытом воздухе располагать ориентацию расположения продольной оси отвалов по преобладающему направлению ветра	Общеприменимо
8	Создание ветрозащитных ограждений с использованием естественного рельефа, земляных насыпов или путем посадки высокой травы и вечнозеленых деревьев на открытых участках для улавливания и поглощения пыли	Применятся при хранении на открытых площадках
9	Ограничение высоты падения материала с конвейерных лент, механических лопат или захватов, если возможно, но не более чем 0,5 м	Общеприменимо
10	Регулировка скорости открытых ленточных конвейеров (<3,5 м/с);	Общеприменимо
11	Строгие стандарты технического обслуживания оборудования	Общеприменимо

НДТ 13.

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов пыли при подготовке (дозировании, смешивании, перемешивании, дроблении, сортировке) первичных и вторичных материалов (за исключением аккумуляторных батарей) НДТ заключается в применении одного или нескольких приведенных методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование закрытых конвейеров или пневматических систем	Применительно к пылеобразующим материалам, такие как концентраты, флюсы, мелкозернистый материал и т. д.
	Использование закрытого оборудования при работе с	Применяется, если используются бункер-дозатор или системы

2	пылеобразующими материалами оснащенного системами пылегазоулавливания, связанного с системами газоочистки	потери веса, при сушке, смешивании, помоле, разделении и гранулировании
3	Использование систем пылеподавления, таких как водяные оросители	В случае, если смешивание осуществляется на открытом пространстве
4	Гранулирование сырья	Применимость может быть ограничена требованиями технологических процессов

НДТ 14.

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при предварительной обработке сырья и материалов (таких как сушка, разборка, спекание, брикетирование, гранулирование и дробление аккумуляторов, сортировка и классификация) при вторичном и первичном производстве свинца НДТ заключается в использовании описанных в НДТ 13 (1, 2).

НДТ 15.

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при процессах загрузки, плавки и выгрузки при первичном и вторичном производстве свинца, а также от процессов предварительной очистки в производстве первичного свинца НДТ заключается в комплексном использовании одного или комбинации нескольких технических решений, приведенных ниже.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Закрытые здания и сооружения в сочетании с другими методами улавливания неорганизованных выбросов	Общеприменимо
2	Предварительная обработка пылеобразующего сырья, например, гранулирование	Применяется только тогда, когда процесс и печь могут использовать гранулированное сырье
3	Использование герметичных систем загрузки с системой вытяжки воздуха	Общеприменимо
4	Использование герметичных или закрытых печей с герметизацией двери для процессов с прерывистой подачей и выходом, что способствует поддержанию положительного давления внутри печи на этапе плавления	Общеприменимо
5	Эксплуатация печи и газовых магистралей под отрицательным давлением и достаточной скорости извлечения газа для	Общеприменимо

	предотвращения повышения давления и разгерметизации	
6	Оборудование мест загрузки и выгрузки, ковшей и зон дросселирования пылеулавливающим оборудованием (вытяжки/кожухи)	Общеприменимо
7	Установка вентиляционных систем для отведения газовоздушных потоков от основных источников пылегазообразовния (но новых установках)	Общеприменимо Применимость может быть ограничена для существующих установок в связи с необходимостью больших площадей
8	Герметизация печей для поддержания в печи некоторого разрежения, достаточного для предотвращения утечек и выбросов летучих веществ	Общеприменимо
9	Поддержание температуры в печи на минимально необходимом уровне	Общеприменимо
10	Применение защитного кожуха для ковша во время выпуска плавки	Общеприменимо
11	Оборудование пылеулавливающими системами зоны загрузки и выпуска плавки, соединенными с системой фильтрации для очистки улавливаемых потоков	Общеприменимо
12	Подбор и подача сырья в соответствии с типом печи и применяемыми методами сокращения выбросов	Общеприменимо

НДТ 16.

В целях предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при переплавке, рафинировании и литье при производстве первичного и вторичного свинца НДТ заключается в использовании одного или комбинации нескольких приведенных ниже методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Контроль температуры расплава	Общеприменимо
2	Закрытие крышкой котла во время реакции рафинирования и добавления химических веществ	Общеприменимо

3	Оборудование укрытий/колпаков над тигельной печью или котлом с системой вытяжки воздуха	Общеприменимо
4	Оборудование укрытий/колпаков в точках отвода и промывки	Общеприменимо
5	Использование закрытых механических сборщиков для удаления пылевидных шлаков/ остатков	Общеприменимо

НДТ 17.

НДТ является определение порядка величины неорганизованных выбросов из соответствующих источников с помощью методов:

прямые измерения, при которых выбросы измеряются у источника, возможны измерение или определение концентрации и массы;

косвенные измерения, при которых определение выбросов проводится на определенном расстоянии от источника;

использование расчетных методов с применением коэффициентов выбросов.

По возможности прямые методы измерения являются более предпочтительными, чем косвенные методы или оценки, основанные на расчетах с применением коэффициентов выбросов.

Описание

Примерами прямых измерений являются измерения в аэродинамических трубах с кожухами или другие методы. В последнем случае измеряется площадь вентиляционного отверстия на крыше, а также рассчитывается скорость потока. Поперечное сечение плоскости измерения вентиляционного отверстия на крыше разделено на участки одинаковой площади (измерение сетки).

Примеры косвенных измерений включают использование индикаторных газов, методы моделирования обратной дисперсии и метод баланса масс с применением лазерной системы обнаружения и измерения дальности.

Расчетные методы используются на основании рекомендаций по применению коэффициентов выбросов для оценки неорганизованных выбросов пыли при хранении и транспортировке сыпучих материалов, а также взвеси пыли с дорог в результате движения транспорта.

6.4.2. Организованные выбросы

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью технологические показатели установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции.

НДТ 18.

В целях сокращения выбросов пыли и металлов при процессах, связанных с предварительной подготовкой сырья (приемка, хранение, транспортировка, грануляция

, дозирование, смешивание, сушка, дробление и сортировка) при производстве свинца (кроме аккумуляторных батарей) НДТ заключается в использовании рукавного фильтра (одного или комбинации).

Технологические показатели пыли, связанные с НДТ, установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции (см. таблица 6.2).

Таблица 6.2. Технологические показатели пыли, связанные с НДТ, при подготовке сырья

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3
1	Пыль	≤5**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021г. ≤ 20 мг/Нм^3.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

НДТ 19.

Для сокращения выбросов пыли и металлов при подготовке батарей (дробление, сортировка и классификация) НДТ является использование рукавного фильтра или мокрого скруббера.

Технологические показатели, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Технологические показатели пыли, связанные с НДТ, при подготовке батарей

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3
1	Пыль	≤5

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

НДТ 20.

НДТ для предотвращения и/или снижения выбросов пыли и металлов в атмосферный воздух (за исключением тех, которые направляются на установку производства серной кислоты или других материалов) при процессах загрузки, плавки и выгрузки при производстве первичного и вторичного свинца, является использование рукавного фильтра.

Технологические показатели, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4. Технологические показатели пыли и свинца, связанные с НДТ

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3
1	Пыль	2-5**
2	Pb (свинец)	<1***

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** ожидается, что наименьшие выбросы пыли будут направлены к более низкому пределу диапазона, если выбросы превышают следующие технологические показатели: 1 мг/Нм^3 для меди, 0,05 мг/Нм^3 для мышьяка, 0,05 мг/Нм^3 для кадмия;

*** как среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

НДТ 21.

Для сокращения выбросов пыли и металлов при процессах переплавки, рафинирования и литья при производстве первичного и вторичного свинца НДТ заключается в поддержании температуры ванны расплава на минимально допустимом уровне в соответствии с технологическим процессом в сочетании с использованием рукавного фильтра. Данный метод применим к пирометаллургическим процессам. Для гидрометаллургических процессов НДТ является использование мокрых систем очистки пылегазовых потоков.

Технологические показатели, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.4.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.4.3. Выбросы диоксида серы

НДТ 22.

Снижение выбросов SO_2 из отходящих технологических газов плавильных печей свинцового производства НДТ является рекуперация серы путем производства серной кислоты или других серосодержащих продуктов. Используемые технологические решения при производстве серной кислоты:

№ п/п	Техники
1	2
1	Установки одинарного контактирования
2	Установки ДК/ДА (двойное контактирование/ двойная абсорбция)
3	Установки мокрого катализа

Технологические показатели, связанные с НДТ, представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5. Технологические показатели SO_2, связанные с НДТ, при рекуперации серы, содержащейся в отходящих газах плавильных печей, путем производства серной кислоты и других продуктов

№ п/п	Тип процесса преобразования	Коэффициент преобразования, %**	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3	4
1	Одноконтактный завод серной кислоты	-***	

2	Двухконтактный завод серной кислоты	>99,8	800-940
3	Установка мокрого катализа (процесс WSA)	>98***	

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** коэффициент преобразования, включающий абсорбционную колонну, без учета эффективности последующей очистки хвостовых газов;

*** показатели с учетом доочистки хвостовых газов.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

НДТ 23.

В целях предотвращения или уменьшения выбросов SO_2 в атмосферу (кроме тех, которые направляются на установку серной кислоты или жидкого SO_2) при процессах загрузки, плавки и выпуска плавки в производстве первичного и вторичного свинца НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Выбор сырья в соответствии с характеристиками печи и используемыми методами сокращения выбросов	Общеприменимо
2	Щелочное выщелачивание сырья, содержащего серу в виде сульфата	Общеприменимо
3	Использование "сухих" или "полусухих" методов очистки (сухой или полусухой скруббер)	Общеприменимо
4	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 ограниченностью территории (

		отсутствие производственных площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений).
5	Связывание серы на стадии расплава	Применяется только для производства вторичного свинца

Описание:

НДТ 23(2): раствор щелочной соли используется для удаления сульфатов из вторичных материалов перед плавлением.

НДТ 23(5): связывание серы на стадии расплава достигается добавлением железа и соды (Na_2CO_3) в плавильных печах, которые реагируют с серой, содержащейся в сырье , с образованием шлака Na_2S- FeS.

Технологические показатели, связанные с НДТ, представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6. Технологические показатели SO_2, связанные с НДТ (кроме тех, которые направляются на установку серной кислоты или других продуктов), при загрузке, плавке и выпуске металла при производстве первичного и вторичного свинца

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3
1	SO_2	50-500

*

1) среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

2) для предприятий, введенных в эксплуатацию до 01 июля 2021 года, до выбора техники очистки с минимальным воздействием на объекты окружающей среды и апробации в промышленных условиях: 50–940 мг/Нм^3.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

Выбросы серной кислоты

НДТ 24.

Сокращение выбросов SO_3/H_2SO_4 (в виде брызг и туманов) при производстве серной кислоты, основанной на использовании отходящих газов свинцового производства, заключается в использовании одной или нескольких техник, представленных ниже.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Минимизация колебаний уровня SO_2 во входящих потоках	Общеприменимо
2	Удаление влаги (сушка) входного газа и воздуха для горения	Только для процессов сухого контакта

3	Использование большей площади конденсации	Для процесса мокрого катализа
4	Применение высокоэффективных свечных фильтров после абсорбции	Общеприменимо
5	Оптимальное распределение кислоты и скорость циркуляции	Общеприменимо
6	Контроль концентрации и температуры абсорбирующей кислоты	Общеприменимо
7	Применение методов регенерации/ абсорбции в процессах мокрого катализа, таких как мокрые электрофильтры и мокрые скрубберы	Общеприменимо

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

Технологические показатели, связанные с НДТ, представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7. Технологические показатели SO_3/H_2SO_4, связанные с НДТ

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3
1	H_2SO_4	10-35

* средние показатели за год.

6.4.4. Выбросы оксидов азота

НДТ 25.

Для предотвращения и/или снижения выбросов окислов азота (NO_x) в атмосферу при пирометаллургических процессах НДТ является использование одного или комбинаций нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Горелки с низким уровнем выделения оксидов азота (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.
2	Кислородно-топливная горелка	Предназначена для замены воздуха для горения кислородом с последующим предотвращением/ уменьшением термического образования NO_x из азота, поступающего в печь. Остаточное содержание азота в печи зависит от чистоты поступающего кислорода, качества топлива и возможного поступления воздуха.
3	Рециркуляция дымовых газов	Повторная подача отработанного газа из печи в пламя для снижения содержания кислорода и, 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.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.4.5. Выбросы органических соединений

НДТ 26.

В целях сокращения выбросов органических соединений в атмосферу при процессах сушки и плавки сырья при производстве вторичного свинца НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Оптимизация условий сжигания для снижения выбросов органических соединений	Надлежащее смешивание воздуха или кислорода и углерода, контроль температуры газов и времени пребывания при высоких температурах для окисления органического углерода. Также может включать использование обогащенного кислородом воздуха или чистого кислорода
2	Выбор и подача сырья в соответствии с типом печи и используемыми методами	Выбор сырья и его загрузка в печь должны быть основаны на возможности эффективного удаления загрязняющих веществ в окружающую среду (повышение эффективности применяемых методов по очистке),

	предотвращения и/или снижения воздействия на окружающую среду	образующихся при наличии их в составе сырья, и как следствие их сокращении
3	Использование горелок - дожигателей (систем дожигания)	Основано на реакции загрязняющего вещества в потоке отходящих газов с кислородом при контролируемом температурном режиме для создания реакции окисления
4	Использование регенеративных термических окислителей	Использование регенеративных процессов для утилизации тепловой энергии газа и углеродных соединений с помощью огнеупорных опорных слоев адсорбента.

Применимость использования методов 3 и 4 может быть ограничена содержанием энергии в отходящих газах, которые необходимо обработать, так как отходящие газы с более низким содержанием энергии приводят к более высокому потреблению топлива.

Технологические показатели, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.8.

Таблица 6.8. Технологические показатели органических соединений, связанные с НДТ

№ п/п п/п	**Параметр**	**НДТ-ТП (мг/Нм^3)***
1	**2**	**3**
1	Общие ЛОС	10-40

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

НДТ 27.

НДТ, используемой в целях предотвращения и/или сокращения выбросов ПХДД/Ф в атмосферный воздух при вторичном производстве свинца, является использование одной из или комбинации техник:

№ п/п	**Техники**	**Описание**
1	**2**	**3**
1	Оптимизация условий сжигания для снижения выбросов органических соединений	Надлежащее смешивание воздуха или кислорода и углерода, контроль температуры газов и времени пребывания при высоких температурах для окисления органического углерода, содержащего ПХДД/Ф. Также может включать использование обогащенного кислородом воздуха или чистого кислорода

2	Выбор и подача сырья в соответствии с типом печи и используемыми методами предотвращения и/или снижения воздействия на окружающую среду	Выбор сырья и его загрузка в печь должны быть основаны на возможности эффективного удаления загрязняющих веществ в окружающую среду (повышение эффективности применяемых методов по очистке), образующихся при наличии их в составе сырье, и как следствие их сокращения
3	Использование систем загрузки для полузакрытой печи для подачи сырья небольшими порциями	Подача сырья небольшими порциями в полузакрытых печах способствует уменьшению потерь тепла во время загрузки, тем самым позволяет поддерживать более высокую температуру газа и предотвращает преобразование ПХДД/Ф
4	Система внутренних горелок для плавильных печей	Основано на пропуске отходящего газа через пламя горелки с преобразованием органического углерода в CO_2 в присутствии кислорода
5	Использование эффективной системы сбора пыли	Наличие пыли при температурах выше 250 °C способствует образованию ПХДД/Ф посредством первичного синтеза
6	Ограничение применения пылеулавливающих систем с высоким пылеобразованием при температурах> 250 °C	
7	Быстрое закаливание	Быстрое охлаждение газа с 400 °C до 200 °C предотвращает процесс первичного синтеза ПХДД/Ф (процесс de nova)
8	Впрыскивание адсорбирующего вещества в сочетании с эффективной системой сбора пыли	ПХДД/Ф адсорбируются на поверхности твердых частиц пыли и удаляются с ними путем использования эффективных систем пылеулавливания и очистки от пыли
9	Использование кислородного дутья в верхней зоне печи	Обеспечение автотермического окисления, увеличение мощности или скорости плавления определенных печей, а также обеспечение дискретных насыщенных кислородом зон в печи в целях обеспечения полного сжигания отдельно от восстановительной зоны

Технологические показатели, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9. Технологические показатели ПХДД/Ф, связанные с НДТ, при плавке вторичного сырья

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (нг МТЭ/Нм^3)*
1	2	3
1	ПХДД/Ф	<0,1

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки (не менее шести часов).

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.4.6. Выбросы ртути

НДТ 28.

НДТ для предотвращения и/или сокращения выбросов ртути в атмосферу (кроме тех, которые направляются на установку серной кислоты) от пирометаллургического процесса является использование одной или комбинации методов, описанных ниже:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование сырья с низким содержанием ртути	Общеприменимо
2	Использование адсорбентов (например, активированного угля) в сочетании с эффективной системой фильтрации пыли (например, рукавного фильтра)	Общеприменимо
3	Использование мокрых способов очистки с последующей сорбцией или осаждением ртути и переводом в труднорастворимые соединения	Общеприменимо

Использование активированного угля в качестве адсорбента основано на адсорбции ртути на поверхности адсорбента. После максимальной адсорбции на поверхности адсорбированное содержимое десорбируется в процессе регенерации адсорбента.

Технологические показатели, связанные с НДТ, приведены в таблице 6.10.

Таблица 6.10. Технологические показатели ртути, связанные с НДТ, при пирометаллургическом процессе с использованием сырья, содержащего ртуть

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм^3)*
1	2	3
1	Ртуть и ее соединения, выраженные как Hg	0,01-0,05

*

1) среднесуточное значение, так и среднее значение за период выборки (периодическое измерение, разовые пробы в течение не менее получаса);

2) нижний предел диапазона связан с использованием адсорбентов (например, активированного угля) в сочетании с эффективными системами фильтрации пыли.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

6.5. Управление водопользованием, удаление и очистка сточных вод

НДТ 29.

Наилучшей доступной техникой для удаления и очистки сточных вод являются сбор и разделение типов сточных вод, максимизация внутренней рециркуляции и использование надлежащей очистки для каждого конечного потока (сбросной канал). НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Измерение количества использованной пресной воды и количества отводящей сточной воды	Общеприменимо
2	Повторное использование сточных вод от операций очистки и розливов в одном и том же процессе	Общеприменимо
3	Повторное использование слабокислых вод, образующихся в мокрых электрофильтрах и мокрых скрубберах	Применимость может быть ограничена присутствием металлов и взвешенных веществ в сточных водах
4	Повторное использование сточных вод от гранулирования шлака	Применимость может быть ограничена присутствием металлов и взвешенных веществ в сточных водах
5	Повторное использование поверхностных сточных вод	Общеприменимо
6	Использование замкнутых систем охлаждающей воды	Общеприменимо
7	Повторное использование очищенной воды	Применимость может быть ограничена наличием солей в очищенной воде

НДТ 30.

НДТ для предотвращения загрязнения воды и снижения концентрации загрязняющих веществ в сточной воде заключается в разделении условно-чистых сточных вод от потоков сточных вод, требующих очистки.

Применимость

На действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией существующих систем сбора сточных вод.

НДТ 31.

Для предотвращения образования сточных вод в процессе щелочного выщелачивания НДТ предусматривает повторное использование воды, образующейся при кристаллизации сульфата натрия из раствора щелочной соли.

НДТ 32.

Для снижения выбросов в воду при подготовке аккумуляторных батарей, если кислотные пары направляются на очистные сооружения, НДТ заключается в эксплуатации надлежащим образом спроектированных очистных сооружений для борьбы с загрязняющими веществами, содержащимися в этом стоке.

НДТ 33.

Для сокращения сбросов в воду НДТ заключается в обработке сточных вод, образующихся при первичном и вторичном производстве свинца, и в удалении металлов и сульфатов с применением одной или нескольких приведенных ниже техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Отстаивание	Общеприменимо
2	Фильтрация	Общеприменимо
3	Химическое осаждение	Общеприменимо
4	Адсорбция	Общеприменимо

Технологические показатели, связанные с НДТ, представлены в таблице 6.11.

Используемые технологические показатели установлены в точке выпуска после установки по очистке сточных вод.

Таблица 6.11. Технологические показатели концентрации загрязняющих веществ в сбросах сточных вод, поступающих в принимающие водоемы, соответствующие НДТ при производстве первичного и вторичного свинца

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/дм^3)*
1	2	3
1	Мышьяк и его соединения	<0,1
2	Кадмий (Cd)	<0,1
3	Медь (Cu)	<0,2
4	Ртуть (Hg)	<0,05
5	Свинец (Pb)	<0,5
6	Цинк (Zn)	<1
7	Взвешенные вещества	<25

*

1) среднесуточное значение;

2) используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 6.

НДТ 34.

В целях предотвращения загрязнения почвенных и грунтовых вод от операций по хранению батарей, дроблению, сортировке и классификации, НДТ заключается в использовании кислотостойкой поверхности пола и системы сбора кислотных разливов . Генерация и очистка сточных вод.

6.6. Управление отходами

НДТ 35.

Чтобы предотвратить или, если предотвращение невозможно, сократить количество отходов, направляемых на утилизацию, НДТ подразумевают составление и выполнение программы управления отходами в рамках системы экологического менеджмента (см. НДТ 1), который обеспечивает, в порядке приоритетности, предотвращение образования отходов, их подготовку для повторного использования, переработку или иное восстановление.

НДТ 36.

В целях снижения количества отходов, направляемых на утилизацию при производстве первичного свинца, 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	2	3
1	Повторное использование пыли из системы пылегазоочистки	Общеприменимо
2	Извлечение Se и Te из пыли/ шлама, образующихся при процессах мокрой и сухой газоочистки	Необходимо учитывать количество присутствующей ртути в сырье
3	Извлечение Ag, Au, Bi, Sb и Cu из очищенного шлака	Общеприменимо
4	Извлечение металлов из шламов очистки сточных вод (осадок очистных сооружений)	Прямая выплавка осадка очистных сооружений может быть ограничена присутствием As, Tl и Cd
5	Добавление флюсовых материалов , которые повышают эффективность внешнего использования шлама	Общеприменимо
6	Повторное использование технологических остатков для извлечения свинца и других металлов	Общеприменимо
	Обработка технологических остатков и отходов с целью	

7	возможности их повторного использования для других целей	Общеприменимо

НДТ 37.

В целях обеспечения возможности извлечения полипропилена и полиэтилена свинцовой батареи НДТ заключается в отделении его от батарей перед плавлением.

Применимость

Не может применяться для шахтных печей из-за газопроницаемости, обеспечиваемой не разобранными (целыми) батареями, что необходимо для работы печи.

НДТ 38.

В целях повторного использования или извлечения серной кислоты, собранной в процессе извлечения веществ из аккумуляторных батарей, НДТ заключается в организации работ на предприятии таким образом, чтобы облегчить ее внутреннее или внешнее повторное использование или переработку, посредством использования одной или комбинаций техник, представленных ниже:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Регенерация кислоты путем крекинга	Применимо только при наличии установки по производству серной кислоты или жидкого диоксида серы
2	Повторное использование в качестве травильного агента	Общеприменимо в зависимости от местных условий, таких как наличие процесса травления и совместимость примесей, присутствующих в кислоте, с этим технологическим процессом
3	Производство гипса	Применимо только в том случае, если примеси, присутствующие в регенерированной кислоте, не влияют на качество гипса или если гипс более низкого качества может быть использован для других целей, например, в качестве флюса
4	Производство сульфата натрия	Применимо для процесса щелочного выщелачивания
5	Повторное использование в качестве сырья на химической установке	Применимость может быть ограничена в зависимости от наличия химической технологической установки

НДТ 39.

НДТ для снижения количества отходов, направляемых на утилизацию при производстве свинца, заключается в организации работ на площадке таким образом, чтобы облегчить повторное использование остатков процесса или, в противном случае, переработку остатков процесса, в том числе путем использования одной или сочетания нескольких технологий, приведенных ниже.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Повторное использование технологических остатков в процессе выплавки для извлечения свинца и других металлов	Общеприменимо
2	Обработка остатков и отходов в специализированных установках для извлечения материала	Общеприменимо
3	Обработка остатков и отходов с целью возможности их повторного использования для других целей	Общеприменимо

НДТ 40.

В целях снижения объемов образования мышьяксодержащих отходов, а также их токсических свойств НДТ заключается в применении одного из нижеперечисленных методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Совершенствование технологических вопросов выплавки металлов для снижения концентрации мышьяка в отводящих газах	Общеприменимо
2	Перевод мышьяксодержащих продуктов переработки в нерастворимые соединения для возможности безопасного хранения	Общеприменимо
3	Переработки мышьяксодержащих полупродуктов комбинированным способом	Общеприменимо
4	Возможность использования мышьяксодержащих отходов в качестве твердеющей закладочной смеси при проведении горных работ	При содержании в отходах не более 1–3 % мышьяксодержащих полупродуктов (арсенат железа/кальция), а также допустимом уровне вышелачиваемости мышьяка

НДТ 41.

Наилучшей доступной техникой является производство тепла и электроэнергии за счет утилизации высокопотенциального тепла отходящих газов пирометаллургических процессов и процессов получения серной кислоты.

6.7. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве свинца являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов, в числе которых печи обжига, плавки концентратов, сушильные барабаны, оборудование для переработки промежуточных продуктов плавления, установки производства серной кислоты (в случае направления отходящих технологических газов для производства серосодержащих продуктов).

К неорганизованным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу относятся: выбросы пыли при хранении, подготовке, загрузке концентрата; утечки из агрегатов обжига и плавления шлака, оборудования подготовки и переработки сырья; выбросы от вспомогательного оборудования для поддержания условий эксплуатации технологического оборудования.

Величина воздействия деятельности производственных объектов свинцового производства на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления и водоотведения, эффективности работы очистных сооружений, качественных характеристик сброса сточных вод на поля фильтрации и рельеф местности. Производственные стоки отсутствуют, если только система охлаждающей воды установки не имеет замкнутого контура.

Образующиеся в результате производственных и технологических процессов отходы могут передаваться на утилизацию/переработку сторонним организациям на договорной основе, частично могут использоваться для собственных при заполнении выработанного пространства шахт, часть возвращается в производство после извлечения составных металлов образующихся в процессе восстановительных реакций.

Согласно Экологическому кодексу под ремедиацией признается комплекс мероприятий по устранению экологического ущерба посредством восстановления, воспроизводства компонента природной среды, которому был причинен экологический ущерб, или, если экологический ущерб является полностью или частично непоправимым, замещения такого компонента природной среды.

Таким образом, в результате деятельности предприятий по производству свинца, 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 инфильтрация в поверхностные и подземные воды;

воздействие на растительный и животный 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, действие или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса (ст. 131-141 раздела 5) и методологическим 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 техниках, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

7.1. Перспективные техники производства свинца

7.1.1. Процесс КЭПАЛ-ЖВ

В институте ВНИИЦветмет (Казахстан) разработаны базовые пирометаллургические процессы КЭПАЛ-ЖВ, КЭПАЛ и соответствующие им агрегаты , проведены их полупромышленные испытания. В основу процесса КЭПАЛ-ЖВ заложена концепция автогенной плавки дробленого аккумуляторного лома в барботируемой жидкой ванне технологического расплава с восстановлением оксидов свинца содержащейся в ломе органикой. Для эффективной реализации этого процесса разработан агрегат КЭПАЛ-ЖВ, состоящий из плавильной и электротермической частей. Шихта крупностью не более 150 мм подается через загрузочное отверстие в своде плавильной шахты и падает на поверхность расплава. Через фурмы в расплав подаются технический кислород или воздух, обогащенный кислородом. Тепло экзотермических реакций взаимодействия кислорода и органических материалов обеспечивает нагрев расплава до заданной температуры, разложение сульфатов свинца до оксида и восстановление его до металлического свинца. На базе процесса и агрегата КЭПАЛ-ЖВ разработана технологическая схема переработки дробленого

неразделанного аккумуляторного лома. Основными продуктами процесса являются свинцово-сурьмянистый сплав, кондиционный медный штейн и отвальной шлак. Хлор ПВХ-сепараторов выводится из процесса с хлорсодержащими пылями, а затем переводится в товарный хлорид натрия. Сера из сульфатов свинца и эбонита переводится в штейн и товарный строительный гипс. На переработку обычно поступает смесь аккумуляторного лома с корпусами из полипропилена и частично из эбонита. Полипропилен может быть использован повторно для различных промышленных целей , а сжигание его в агрегате КЭПАЛ-ЖВ или захоронение экономически нецелесообразны.

В институте ВНИИцветмет разработана также технология разделки отработанных аккумуляторов, содержащих полипропилен и эбонит. Основу ее составляют два основных процесса: гидродинамическое разделение лома на фракции (в том числе полипропиленовую) и пирометаллургическая переработка свинецсодержащих фракций и эбонита с использованием КЭПАЛ-ЖВ или КЭПАЛ-процессов.

7.1.2. Низкотемпературные процессы

Учитывая, что при переработке вторичного свинцового сырья необходимо соблюдение повышенных требований по охране окружающей среды, для легкоплавкого, летучего и токсичного свинца наиболее перспективными могут оказаться низкотемпературные процессы, поиск и разработка которых ведутся. Совместная щелочная плавка металлической и оксидной фракций от разделки аккумуляторных батарей. В Гинцветмете разработан и опробован в опытно-промышленном масштабе на Подольском заводе вторичных цветных металлов щелочной низкотемпературный способ переработки вторичного свинецсодержащего сырья. Лабораторные опыты по плавке разделанных свинцовых аккумуляторов (без органики) осуществлялись в тиглях из стали, опытно-промышленные плавки – в электротермической печи.

Позднее в 1996-1997 годах в Гинцветмете были продолжены исследования низкотемпературной плавки оксисульфатных фракций аккумуляторного лома. Разработан технологический регламент и выполнен эскизный проект на создание опытно-промышленных установок по переработке лома аккумуляторных батарей (без органики) по щелочной схеме. При плавке вторичного свинцового сырья при 700 °С с добавкой 25 % щелочи (едкий натр) и 3 % коксика извлечение свинца и сурьмы в сплав составило, соответственно, 98,0 и 48,6 % (остальная сурьма перешла в щелочной плав). Разработана схема переработки щелочного плава с выделением полупродукта – Pb-Sb шлама и раствора сульфата натрия, соответствующего ТУ Рязанского завода искусственного волокна. Технологическое направление щелочной плавки аккумуляторного лома перспективно при условии решения проблемы утилизации всех

промпродуктов (в первую очередь щелочного плава), так как безвозвратно использованный, не утилизируемый, дорогостоящий едкий натр существенно ухудшает экономику процесса и экологическую безопасность производства.

7.1.3. Технологические схемы производства свинца из свинецсодержащих промпродуктов предприятий цветной металлургии

На предприятиях по переработке медных и цинковых концентратов, а также на горнообогатительных комбинатах, перерабатывающих полиметаллическое сырье образуются свинецсодержащие промпродукты (пыли, кеки, шламы, шлаки и некондиционные по основным цветным металлам коллективные продукты обогащения) , самостоятельная переработка которых в настоящее время не ведется, несмотря на значительное количество в них цветных и благородных металлов. Обычная практика извлечения ценных компонентов из этого техногенного сырья заключается в подмешивании его к шихте свинцовых заводов, перерабатывающих рудные концентраты. При этом из-за увеличения объема отвальных шлаков на этих предприятиях все равно происходят большие потери цветных и благородных металлов. Предложенные до сих пор пиро- и гидрометаллургические схемы переработки таких сложных по составу промпродуктов не получили признания из-за неудовлетворительного разделения меди, свинца и цинка в самостоятельные товарные продукты (пирометаллургия) или из-за образования больших объемов загрязненных технологических растворов, требующих дорогостоящей очистки (гидрометаллургия). Кроме того, извлечение благородных металлов, как правило, было недостаточным, а распределение металлов по различным товарным продуктам неудовлетворительным. В институте "Гинцветмет" разработаны и испытаны в полупромышленном масштабе технологические схемы металлургической переработки свинцовых кеков цинковых заводов, пылей и шлаков плавильных и конвертерных переделов медеплавильных заводов, коллективных промпродуктов и некондиционных свинцовоцинково-медных концентратов, содержащих благородные металлы, с использованием в качестве основной плавильной технологии процесса усовершенствованной электротермической плавки предварительно прокаленной (обожженной) шихты. Эта технология существенно снижает суммарные затраты (в первую очередь энергетические и на пылегазоулавливание) и создает предпосылки для эффективного решения экологических проблем при очистке небольших объемов отходящих металлургических газов. Отказ от использования соды в плавильной технологии позволяет получать черновой свинец и хорошо расслаивающиеся штейн и шлак, в которых концентрируются ценные компоненты (в штейне – медь, в шлаке – цинк). Так как черновой свинец является коллектором драгметаллов, то при плавке они практически полностью извлекаются в свинец, частично в штейн, а далее по известной технологии переводятся в товарные продукты. Следует отметить, что даже при значительной концентрации золота и серебра в черновом свинце наличие промежуточного (

буферного) слоя штейна гарантирует достижение небольших потерь драгметаллов со шлаками, которые определяются коэффициентом распределения драгметаллов между штейном и шлаком при содержании их в штейне в 10 раз меньшем, чем в черновом свинце. В результате проведенных полупромышленных испытаний разработана экологичная малоотходная технология переработки некондиционных свинец-медьцинксодержащих концентратов и промпродуктов с получением следующих товарных продуктов: чернового свинца, содержащего основную часть благородных металлов; штейна и шлака, содержащего более 15 % ZnO, который рентабельно перерабатывать в виде расплава шлаковозгонкой или вельцеванием гранулированного шлака. Сера может быть утилизирована или нейтрализована. По разработанной технологии извлечение свинца в черновой свинец – 88,54 % и в медно-свинцовый штейн – 5,52 %; золота и серебра в черновой свинец и штейн – до 98,3 %, в том числе в черновой свинец – более 96 %; извлечение меди в штейн – 85,5 %, цинка в шлак – 97,3 %, серы в газы – 92 %. Процесс переработки некондиционных свинецсодержащих материалов осуществляется реакционной плавкой, для чего в шихте , поступающей на плавку, соотношение сульфидного свинца к сульфатному и оксидному должно быть не менее 1:2. Герметичная аппаратура и малые объемы отходящих газов обеспечивают экологичность технологии и снижают затраты на газопылеулавливание. Очистка газов от пыли в рукавных фильтрах со струйной продувкой или близких по показателям фильтрах с импульсной регенерацией снижает остаточную запыленность до 1 – 3 мг/Нм^3.

7.1.4. Удаление серы из массы свинцового аккумулятора с растворителем на основе аминов

В Польше на экспериментальной основе был разработан процесс по удалению серы из массы свинцового аккумулятора при помощи системы на основе растворителя и аминов. Процесс избегает использования карбоната натрия и производства белого шлака. Процесс основан на выделении сульфата свинца в водную фазу и на последующем осаждении карбоната свинца и окончательной регенерации растворителя с производством гипса.

7.1.5. Мокрая обработка массы израсходованного аккумулятора

Процесс CLEP функционирует на экспериментальной установке в Италии. Процесс представляет собой производство карбоната свинца или оксида и сульфата натрия из массы израсходованного аккумулятора в мокром процессе. Отсутствуют выбросы в воздух, и оксид свинца повторно используют в производстве аккумуляторной массы.

7.1.6. Отдельный процесс для переработки израсходованных свинцовых аккумуляторов и производства новых решеток аккумуляторов

Все еще длятся исследования по обработке свинцовых сплавов и свинцовых компонентов из израсходованных аккумуляторов и для производства новых

аккумуляторных решеток в отдельном процессе. Инновационная технология основана на сочетании процесса электрохимического растворения и процесса гальванического осаждения свинца и свинцовых сплавов в единой ванне при комнатной температуре. В технологии отсутствуют прямые выбросы CO_2 и заявлено, что она очень энергосберегающая ввиду комбинации двух процессов в единой электрохимической ячейке.

7.1.7. Обработка шлаков из пирометаллургического производства цинка и свинца в печи с погруженной дугой

Обработка шлаков, возникающих из пирометаллургического производства цинка и свинца, в печи с погруженной дугой для восстановления цинка и свинца и производство используемого и экологически чистого шлака находятся на стадии исследования.

7.1.8. Использование разобранных аккумуляторов в шахтной печи

На одном заводе по производству вторичного свинца в Германии на стадии разработки находится процесс по разделению полипропилена и другого содержания пластмассы перед шахтной печью, а также по эксплуатации шахтной печи с разобранными аккумуляторами.

7.1.9. Повышение эффективности существующих систем сбора пылегазовых потоков

На одном из металлургических заводов Германии вентиляционная система на крыше производственного корпуса спроектирована таким образом, что ее можно постепенно расширять. Вентиляционные отверстия на крыше здания закрыты и подключены к высокоэффективной вытяжной системе. Управление этими вентиляционными отверстиями на крыше осуществляется по требованию, т. е. каждый раз, когда ожидаются остаточные выбросы в производственном цехе, закрываются коньковые жалюзи на крыше и планки крыши автоматически закрываются и включается вытяжная система. Данная концепция управления адаптирована к актуальным требованиям и обеспечивает высокий уровень энергоэффективности. Ожидается, что эта мера сократит неконтролируемые выбросы от первичного производства примерно на 70 %.

7.2. Энергоэффективность

7.2.1. Использование тепла отходящих газов

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигаются за счет применения методов рекуперации тепла отходящих газов. В качестве примера повышения эффективности использования пара можно рассмотреть возможность замещения редукционной установки котла-утилизатора на паровой турбогенератор. Пар, производимый на котлах-утилизаторах ISA-печей свинцовых заводов, имеет рабочее давление 40 бар и не может напрямую быть передан

потребителям под таким давлением, так как магистральные паропроводы промышленной площадки рассчитаны на рабочее давление до 6 бар. Для снижения давления вырабатываемого пара от 40 бар до значения 6 бар в составе оборудования котлов-утилизаторов предусмотрена редукционная установка (РУ). Однако следует отметить, что при дросселировании пара на РУ безвозвратно теряется часть его потенциальной энергии. Установка и использование парового турбогенератора вместо реакционной установки либо поочередное их использование позволят:

использовать энергию пара с первичным давлением 40 бар для вращения парового турбогенератора с понижением давления пара до требуемого давления 6 бар и последующей передачей с целью реализации конечным потребителям;

вырабатывать электроэнергию для собственных нужд предприятия за счет потенциала пара ранее теряемого при дросселировании его на РУ.

7.2.2. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора

Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора РКФ 20/1,4–40–1300, установленного за шлаковозгоночной печью в ПЦ СЗ, внедрение клапана с программным управлением, регулирующего в автоматическом режиме содержание концентрации солей жесткости котловой воды и объемов сброса воды непрерывной продувки.

Сокращение потерь тепловой энергии со сверхнормативной непрерывной продувкой.

В процессе парообразования в котле повышается концентрация солей и других растворенных соединений. Высокие концентрации солей приводят к пенообразованию, образованию накипи на внутренних поверхностях нагрева котлов. Концентрация солей должна тщательно контролироваться и регулироваться с помощью продувок котла.

Для определения концентрации солесодержания в котловой воде плавильщики, обслуживающие котел, ежесуточно, а при необходимости ежесменно производят отбор проб котловой воды. Затем необходимо доставить анализы в лабораторию ТСО сервисного цеха. Через 5–6 часов будут готовы результаты анализов котловой воды. На основании результатов регулируется расход непрерывной продувки.

Принцип работы заключается в автоматическом регулировании количества продувки. Клапан продувки с электрическим приводом управления служит для управляемого периодического отвода солей жесткости из барабана котла. Содержание солей жесткости в котловой воде контролируется методом электропроводимости. При превышении уровня допустимой проводимости позиционный привод открывает клапан продувки. Когда проводимость снова опускается ниже допустимого уровня, привод переводит клапан в рабочее состояние экономичной продувки. При отключении котла привод приводит клапан в закрытое состояние. При обслуживании и ручной регулировке привод можно отсоединить.

Автоматизация контроля непрерывной продувки даст:

исключение сверхнормативных потерь тепловой энергии;

исключение превышения солесодержания в котловой воде;

высокую надежность и безопасность применения вследствие простоты конструкции ;

элементарное ручное или автоматизированное управление;

механизацию ручного труда;

устранение рисков получения травмы персоналом при отборе проб анализов котловой воды и их транспортировке в лабораторию ТСО сервисного цеха;

повышение эффективности работы котла-утилизатора.

7.2.3. Внедрение системы сбора и возврата конденсата

В процессе проведения энергетического аудита предприятия были выявлены места сброса конденсата в канализацию, что приводит к потерям тепловой энергии, содержащейся в нем, а также химически очищенной воды.

Предлагается возможность возврата конденсата на отделение химводоочистки. Конденсат смешивается с сырой водой перед химводоочисткой. В результате этого будет экономиться тепловая энергия, необходимая для нагрева сырой воды и артезианской воды.

Расход тепловой энергии в виде пара на нужды отопления и вентиляции составил 44 259 Гкал в 2018 г. Исходя из общего расхода тепловой энергии в виде пара на нужды отопления и вентиляции был определен объем невозвращаемого конденсата.

В связи с отсутствием учета потребления пара теплообменным оборудованием расчет объема сбрасываемого конденсата производился на основании паспортных данных расхода пара и времени наработки соответствующего оборудования.

Предполагается установить две системы сбора и возврата конденсата для двух групп потребителей пара, определенных исходя из их географического расположения. У каждой из групп необходима установка отдельной конденсатной станции. В расширительный бак конденсатной станции будет поступать конденсат от всех потребителей соответствующей группы. Конденсатные насосы будут направлять конденсат на отделение химводоочистки.

7.2.4. Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду

Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду.

В процессе проведения визуального осмотра и инструментальных измерений было выявлено, что частично на нужды отопления и вентиляции используется пар, что влечет за собой:

невозврат конденсата на источник пароснабжения;

завышенное потребление тепловой энергии на отопление потребителями (10–15 %) из-за отсутствия возможности регулирования теплопотребления;

увеличенные потери тепловой энергии (5–10 %);

завышенные потери тепловой энергии в паровых сетях относительно водяных (5–10 %).

Данная техника позволит улучшить управление энергопотреблением.

7.2.5. Методы снижения токсичности мышьяксодержащих отходов

Описываемые методы возможны к внедрению после сопутствующих доработок и исключения сдерживающих факторов, ограничивающих их применимость.

1. Сплавление мелкодисперсных мышьяковосульфидных осадков с элементарной серой.

Способ переработки мышьяксодержащего сырья, основанный на окислительно-сульфидизирующем обжиге мышьяксодержащих материалов в присутствии пирита, серы, сернистого ангидрида и халькопирита с извлечением мышьяка в виде сульфидов. Процесс проводят в печах закрытого типа с электрическим обогревом. Расход серы составляет 5–50 % от массы сырья.

Во избежание загрязнения воздуха мышьяксодержащими парами предусмотрен их отвод из печи с последующим поглощением в промывной башне. В результате сплавления получают плотный продукт, объем которого составляет около 5 % от первоначального. Потеря его массы при контакте с водой в течение 7, 75 и 156 дней составляет 0,033, 0,093 и 0,123 %, соответственно. Сплавление смеси отхода с серой при повышенном давлении осуществляют в автоклаве при давлении 0,26–0,44 МПа, температуре 130–145 °С и частоте перемешивания 1200 мин-1 с получением плотных гранул. Потеря в массе гранул при контакте их с водой в течение 160 дней не превышает 0,5 %. Достоинством процесса является возможность достаточно полного удаления мышьяка из материала и перевода его в компактную нетоксичную форму, удобную для складирования, транспортировки в качестве сырья для получения товарной продукции. К недостаткам способа относятся: использование в качестве сульфидизатора чистого пирита, дорогостоящей элементарной серы и необходимость дополнительного процесса дооксиления остаточной серы на выходе огарка из печи при увеличении подачи воздуха в схеме противотока, механоактивация или автоклавная обработка огарка [96,97,98,99,100].

2. Перевод несульфидных отходов в плавленые сульфидные.

Процесс происходит при температуре 310–330 °С, расходе серы 80 % от массы триоксида, продолжительности сплавления 1 час. Для уменьшения потерь мышьяка с газовой фазой предложено сульфидирование вести при максимальной высоте слоя. Для получения плавленого трисульфида из триоксида в смесь последнего с серой предложено вводить уголь и процесс осуществлять при температуре около 700 °С. Расход угля должен на 100 % превышать стехиометрически необходимый [100].

3. Плавка арсенатных кальциевых отходов после рафинирования чернового свинца на железомышьяковистую шпейзу.

Метод, основанный на использовании плавки железомышьяковистой шпейзы для обезвреживания арсенатных кальциевых отходов после рафинирования чернового свинца. Отходы рекомендуется плавить в режиме (добавка угля, металлического железа, температура 1150–1200 °С), обеспечивающем получение шпейзы с содержанием мышьяка 25–30 %. При этом шпейза не загрязняет мышьяком контактирующие с ней воды.

На сегодняшний день данный метод требует доработки, так как часть мышьяка переходит в пыль, что отрицательно сказывается на возможности ее переработки. Для захоронения шпейзы может потребоваться строительство специализированных площадок (полигонов) [101,102,103].

4. Процессы стабилизации мышьяка.

В 1996 году был предложен процесс SMITE (синтетическая минеральная технология иммобилизации), который представляет собой процесс стабилизации путем обработки вредных отходов вяжущими веществами (известь, гипс, различные виды цементов, глины, золы и другие силикатные материалы), с последующей сушкой смеси и высокотемпературным отжигом в печах. Процесс также может включать добавление pH корректирующих агентов, фосфатов или серных реагентов для сокращения обработки, увеличения прочности на сжатие или уменьшения выщелачиваемости загрязняющих веществ.

Данный метод, как правило, может привести к получению стабилизированного продукта, который соответствует нормативному порогу выщелачиваемости мышьяка, измеряемого методом TCLP. Однако тесты на выщелачиваемость не всегда являются точными показателями выщелачиваемости мышьяка для некоторых отходов при определенных условиях захоронения.

5. Термическая обработка арсенокальциевых отходов в присутствии извести.

В работе [104] смесь мышьяковистых отходов с обожженной известью в мольном отношении As_2O_3:CaO = 1:4 прессуют (1–2 т/см^2) с последующей термообработкой в 2 стадии, первую из которых осуществляют при 550–600 ºС в течение 0,5–1 час, вторую – при 800–900 ºС в течение 2–3 часов с образованием конечного продукта – труднорастворимого в воде четырехкальциевого арсената $Ca_4As_2O_9$. Двухстадийный обжиг брикетов проводится в атмосфере воздуха. Определение мышьяка в продукте показало, что связывание происходит на 80 %. После выдержки продукта обжига в воде около месяца раствор над твердой фазой содержит всего 0,04 мг/л мышьяка. В работе [105] подтверждается, что мышьяк может быть полностью задержан в твердых отходах путем известкового обжига (сегрегации).

6. Сплавление отходов со шлаками.

Способ перевода мышьяксодержащих соединений в труднорастворимые устойчивые в воде формы растворением в расплавленных отвальных шлаках.

Получение необходимых результатов основано на том, что плавку высушенных мышьяксодержащих сульфидных кеков с получением стекловидного трисульфида мышьяка ведут в предварительно сформированной из жидкого отвального шлака оболочке защитной капсулы при температуре 350–400 °C с использованием тепла отвального шлака. Сульфидирование оксидов и сульфатов, содержащихся в кеке, обеспечивает их перевод из легкоподвижной (растворимой в воде) высокотоксичной формы в малорастворимую и малотоксичную форму, связывает элементную серу в нелетучие сульфиды металлов. Высокая экономичность разработанного способа достигается путем использования тепла отвального шлака для плавления и протекания реакций сульфидирования [106,107].

7.3. Водные ресурсы

7.3.1. Установка обратного осмоса для очищения сточной воды из производства свинца

Применение установки обратного осмоса для очищения использованной технологической и охлаждающей воды из производства свинца изучается на демонстрационной установке промышленного масштаба. Цель – снижение сточной воды для утилизации, что приводит к сниженным выбросам металлов и меньшей потребности в свежей воде. Возникающие сточные воды и восстановленные металлы возвращают в плавильную печь.

7.3.2. Использование гранулированного материала для эффективного удаления тяжелых металлов

На заводе Aurubis (Гамбург), который является ведущим мировым поставщиком цветных металлов и одним из крупнейших переработчиков меди в мире, в пилотном режиме проводится эксплуатация установки, основанной на использовании запатентованного гранулированного материала на минеральной основе, которая эффективно удаляет тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества из воды. Результаты первоначальных испытаний показывают положительные результаты, в настоящее время планируются работы по расширению проекта, что в конечном итоге позволит рециркулировать и повторно использовать больше сточных вод для дальнейшего сокращения использования подземных вод.

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник по НДТ подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Первым этапом разработки справочника было проведение КТА, в процессе которого была дана экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству свинца, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей и степень воздействия предприятий на окружающую среду. Также был

проведен анализ соответствия технологий, используемых при производстве свинца, принципам НДТ.

Основными целями экспертной оценки являлись определение технологического состояния свинцового производства Республики Казахстан на существующее положение, а также оценка предприятий в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и/или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений)", а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

При КТА были проведены анализ и систематизация информации свинцового производства о применяемых технологиях, оборудовании, выбросах и сбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, а также других аспектах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении на основании литературных источников, нормативной документации и экологических отчетов.

Для сбора информации предприятиям были направлены анкетные формы на основании утвержденных шаблонов. Анализ представленных данных от предприятий позволяет сделать вывод о недостаточности информации по различным аспектам применения технологий, в том числе по технологическим показателям. Не приведены к стандартным условиям (сухой газовый поток при температуре 273 К и давлении 101,3 кПа) показатели выбросов загрязняющих веществ (ЗВ), представленные в отраслевых отчетах по производству свинца. Не предоставлялись фактические (замерные) нормализованные показатели по ЗВ с учетом поправки на содержание кислорода в отходящем газе. В данной редакции справочника использовались фактические имеющиеся результаты, предоставленные предприятиями.

Структура справочника по НДТ "Производство свинца" разработана согласно действующих НПА Республики Казахстан [1], а также по результатам проведенного КТА.

К перспективным технологиям отнесены не только отечественные разработки, но также и передовые технологии, применяемые на практике международные техники, не внедренные на предприятиях в Республике Казахстан.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ.

Предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих

этапов разработки справочника, в том числе и целях пересмотра маркерных загрязняющих веществ и диапазонов технологических показателей, связанных с применением НДТ.

Внедрение автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических нормативов маркерных загрязняющих веществ.

При модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов отрасли цветной металлургии на окружающую среду.

Библиография

1. Экологический кодекс Республики Казахстан. Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК. – Парламент Республики Казахстан. –Нур-Султан. – 2021. – 549 с.

2. Правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам.

3. Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 25 июня 2021 года № 212. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 июля 2021 года № 23279 "Об утверждении Перечня загрязняющих веществ, эмиссии которых подлежат экологическому нормированию" – Нур-Султан. – 2021. – 4 с.

4. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности. -Нур-Султан. -2012. – 24 с.

5. Регенеративная горелка: справочник. В 2 т./Г.М. Дружинин, И. М. Дистергефт; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Г.М.Дружинина. - Екатеринбург: АМК "День РА", 2019. - 1128 с.

6. Металлургия тяжелых цветных металлов: электрон. учеб. пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 393 с.

7. Процессы и аппараты цветной металлургии / С. С. Набойченко, Н. Г. Агеев, А. П. Дорошкевич [и др.]. – Екатеринбург: УГТУ, 2005. – 700 с.

8. Переработка высокожелезистых сульфидных свинцовых концентратов. М. М. Ахмедов, Э. А. Теймурова. Баку: XXI–YNE, 2008. – 252 с.

9. Романтеев Ю.П. и др. Металлургия свинца. Учебное пособие. – М.: МИСиС, 2005 . – 214 с.

10. Романтеев Ю.П., Быстров В.П. Металлургия тяжелых цветных металлов. Свинец. Цинк. Кадмий: – М.: Издательский Дом МИСиС, 2010. – 575 с.

11. Бейсембаев Б.Б., Кенжалиев Б.К., Горкун В.И. и др. Глубокая переработка свинцово-цинковых руд и промпродуктов с получением продукции повышенной товарности. - Алматы, Білім, 2002. - 220 с.

12. Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов. Учебное пособие. — Томск: Юргинский технологический институт, Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 196 с.

13. ОТЧЕТ об экспертной оценке технологических процессов Усть-Каменогорского металлургического комплекса ТОО "Казцинк" на соответствие принципам наилучших доступных технологий (НДТ). Глава 5. Производство свинца. – 2021. – 86 с.

14. Проект "Новая металлургия", ТОО "Казцинк" 2006–2011.

15. Отчет о проведении 2 уровня инвентаризации ртути в Республике Казахстан, 2019–119 с.

16. Расчетный лист к Методологии определения и количественной оценки поступлений ртути в окружающую среду UN Environment Версия 1.4, 2017.

17. Проект нормативов предельно-допустмых выбросов в атмосферу для УК МК ТОО "Казцинк" на 2018–2022 годы. – 2017. – 1564 с.

18. Досмухамедов Н.К., Айтенов К.Д. Потери свинца со шлаком при восстано-вительной плавке медь-, свинецсодержащего сырья на штейн// Вестник КазНТУ им.К.И.Сатпаева, 2011, № 1(83), с.173-177.

19. Муканов Д. Металлургия Казахстана: состояние, инновационный потенциал.

20. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-15 "Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека.

21. Смирнов М.П., Сорокина С.С., Герасимов Р.А. Организация экологически чистого гидроэлектрохимического производства свинца из вторичного сырья в России / /Цветные металлы. 1996. - № 9. – С. 13–17.

22. Карелов С.В., Мамяченков С.В., Набойченко С.С. Техногенные отходы медеплавильного производства и перспективы их переработки // Цветные металлы. 2000. - № 9. – С. 47–49.

23. Скобелев Д.О., Степанова М.В. Энергетический менеджмент: прочтение 2020 Руководство по управлению энергопотреблением для промышленных предприятий. Москва: Издательство "Колорит", 2020. 92 с

24. Щелоков Я. М. Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Екатеринбург: УрФУ. 2010. 390 с.

25. Беньяш Е.Я., Толстунова И.И., Иваницкий О.А., Рыбакова В.А., Резниченко В.В. Малоотходные технологии переработки полиметаллического сырья //Сб. науч. тр. ВНИИцветмета. – Усть-Каменогорск, 1989. – с. 16–21.

26. Кокушева А.А., Дайрабаева Г.А., Усабекова А.Ш., Перфильев Н.А. Извлечение рения из сернокислотных шламов Джезказганского медеплавильного завода //Цветные металлы. – 1992. – № 5. – С. 14–15.

27. Предпатент № 3351 РК. Способ переработки окисленных материалов, содержащих серу, тяжелые цветные и редкие металлы / Беньяш Е.Я., Толстунова И.И., Резниченко В.В., Рыбакова В.А.

28. Лебедев К.Б. Рений. – М., Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии. – 1963.– 207 с.

29. Измайлов Х.Х. Безотходная технология переработки свинцовых пылей металлургического производства и ее аппаратурное оформление.: дисс. канд. техн. наук . – Алма-Ата.: ИМиО, 1988. – 197 с.

30. Беньяш Е.Я., Гецкин Л.С., Фишман М.А. и др. Технология получения солей свинца из свинцовых кеков //Сб. науч. тр. ВНИИЦветмета. – М.: Металлургия. – 1970. – с. 45–50.

31. Тарасов А.В., Бесер А.Д., Чинкин Е.В. Исследования для разработки технологической схемы переработки свинцовых кеков с извлечением свинца, цинка, меди и драгоценных металлов // Цветная металлургия. -2002. - № 10. – С. 26–32.

32. Металлургия тяжелых цветных металлов [электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. – Электрон. дан. (6 Мб). – Красноярск/, тренд развития. — Алматы: РГП "НЦ КПМС РК", 2005. — 290 с.

33. Гецкин Л.С., Ларин В.Д., Яцук В.В. Отгонка мышьяка в процессе сульфатизации пылей свинцового производства // Цветная металлургия. -1961–№16, с.34-39.

34. Набойченко С.С., Мамячиков С.В., Карелов С.В. Мышьяк в цветной металлургии – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – с. 112-202.

35. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д. Мышьяк. Науч. ред. акад. РАН Толстиков Г.А. – Новосибирск: Сиб.универ., 2004. – с. 10, 225-313.

36. Козьмин Ю.А., Давыдов В.Я., Серба Н.Г., Пестунова Н.П., Багаев И.С. К вопросу о поведении и выводе мышьяка в свинцовом производстве // Совершенствование технологии производства свинца и цинка. Сб. науч. трудов ВНИИЦветмет. – 1982. – с. 44-51.

37. Патент РФ № 2019101564, 21.01.2019. Способ обезвреживания и утилизации сульфидных мышьяксодержащих отходов// Патент России № 2711766. 2019. Патентообладатель(и): Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский и проектный институт обогащения и механической обработки полезных ископаемых " Уралмеханобр" (ОАО "Уралмеханобр").

38. СТ РК ISO 50001-2019: Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию.

39. ИТС 13-2020. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям "Производство свинца, цинка и кадмия" - Москва: Бюро НДТ, 2020. – 258 с.

40. ИТС 48-2017. Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности - Москва: Бюро НДТ, 2017. – 165 с.

41. Skobelev D. O. Environmental Industrial Policy In Russia: Economic, Resource Efficiency And Environmental Aspects. In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. Vol. 19. Is. 5.3. c. 291-298.

42. World Bureau of Metal Statistics (WBMS).

43. UBA (D), UBA Copper, lead, zinc and aluminium. Abschlussbericht. Teil 1, 2, 3 and 4. Kupfer, etc., 2007.

44. ILA, ILA comments on D3, 2013.

45. Hähre, S., Report on BAT in German Zinc and Lead Production (Draft), University Karlsruhe DFIU (D), 1998.

46. NRW (D), NE-Metallindustrie - Betreiberleitfaden für Anlagen zum Gießen in Dauerformen - Druckgußverfahren, Ministerium NRW (D), 1997.

47. HMIP (UK), Processes for the Production of Lead and Lead Alloys, 1994.

48. Nordic Report, A Nordic contribution concerning the revision of the IPPC reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries, 2008.

49. Industrial NGOs, NFM data collection, 2012.

50. VDI 3790 part 3, Emission of gases, odours and dusts from diffuse sources - Storage, transhipment and transport of Bulk Materials, 2008.

51. AP 42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors.

52. COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Non-ferrous Metals Industries (NFM BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2001.

53. COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Emissions from Storage (EFS BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2006.

54. COM, JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2017.

55. COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Energy Efficiency (ENE BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2009.

56. COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities (MTWR BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2009.

57. COM, Reference Document on Economics and Cross-Media Effects (ECM REF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2006.

58. Krüger, J., Proposal for a BREF-note for Pb, Zn, Cd, Sb, University of Aachen for Eurometaux, 1999.

59. UBA (D), UBA Copper, lead, zinc and aluminium. Abschlussbericht. Teil 1, 2, 3 and 4. Kupfer, etc., 2007.

60. Ausmelt, Ausmelt Lead and Copper Processes and plant list, 2009.

61. ILA, ILA comments on D3, 2013.

62. US EPA, Air Pollution Control Technology Fact Sheet - Cyclones, United States Environmental Protection Agency, 2003.

63. HMIP, Pollution Abatement Technology for Particulate and Trace Gas Removal, Her Majesty's Inspectorate of Pollution, Bristol, 1994.

64. BASF, Verfahrenstechniken der Abgas-/Abluftbehandlung, BASF Aktiengesellschaft, 1999.

65. Schenk et al., Fact sheets on air emission abatement techniques, Information Centre for Environmental Licensing (InfoMil), The Hague, 2009.

66. CEN, ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use, 2015.

67. ISO 50001:2018 Energy management systems. Requirements with guidance for use, IDT.

68. Lurgi, A.G. et al., Cleaning of Process and Waste Gases, Lurgi AG, 1991.

69. Elkem Asa, 'Company Profile Including Development in Stack Emission Filtration Technology', 8th International Ferroalloys Congress, 1998, Beijing; China.

70. Hatch Associates Ltd, Pollution Control for Secondary Lead Production, HMIP (UK), 1993.

71. Technical Instructions on Air Quality Control-Luft, 2021.

72. https://www.kt.kz/rus/economy/na_ustjkamenogorskom_metallurgicheskom_komplekse_vveden_sernokislotnij_ zavod_1153540281.html.

73. Вохмяков А.М. Компьютерное моделирование газодинамики в рабочем пространстве печи, оснащенной скоростными рекуперативными горелками / А.М. Вохмяков, М.Д. Казяев // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ’2012) с международным участием. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. - с.25-28.

74. Смольков А.Н. Системы прямого и косвенного отопления печей с применением рекуперативных горелок типа BICR / А.Н. Смольков, G. Wohlschlaeger // Печетрубостроение: тепловые режимы, конструкции, автоматизация и экология: труды международного конгресса. – М: "Теплотехник", 2004. – С. 118-125.

75. Тинькова С.М., Прошкин А.В., Веретнова Т.А., Востриков В.А. Металлургичексая теплотехника: учебное пособие (электронный вариант лекций) //

Институт цветных металлов и золота" ФГОУ ВПО "Сибирский Федеральный Университет". – Красноярск, 2007. – 193 с.

76. Бурокова А.В., Рахманов Ю.А. К вопросу рекуперации теплоты газов печей термообработки металлических изделий / научный журнал НИУ ИТМО. Серия " Экономика и экологический менеджмент" №1, 2014.

77. Методика прогнозирования теплотехнической эффективности использования рекуперативных горелок/А.Б. Бирюков, П.А. Гнити?в, Я.С. Власов// "Вестник ИГЭУ", Вып. 1, 2018 г. - с.13-19.

78. Полывянный И.Р. Кислород и природный газ в металлургии свинца. "Наука", Алма-Ата, 1976, с. 375.

79. Евдокименко А.И., Костерин В.В. Природный газ в цветной металлургии. - Москва : Металлургия, 1972. с. 366.

80. Полывянный И.Р., Демченко Р.С. Электроплавка медных шликеров. "Наука", Алма-Ата, 1967, с. 176.

81. Errington W.J., Fewings J.H., Keran V.P., Denholm W.T. The Isasmelt lead smelting process. Extr, Met 85 Pap Symp., London, 9-12 Sept., 1985, c.199-218.

82. https://www.sibelco.com/news/an-essential-step-to-achieve-wastewater-quality.

83. https://www.ugmk.com/press/news/na-baze-sumza-postroyat-zavod-po-proizvodstvu-sulfata-ammoniya/.

84. https://www.urm-company.ru/about-us/blog/155-ekologiya-metallurgii/.

85. https://www.umicore.com/en/sustainability/environment/#sustainable_sourcing.

86. Raport Zintegrowany KGHM Polska Miedź S.A. i Grupy Kapitałowej KGHM Polska Miedź S.A. za 2021 rok.

87. https://www.metalinfo.ru/ru/news/136659.

88. https://ugmk.com/press/news/na-sumze-ustanovili-naduvnoy-angar-dlya-khraneniya-mednogo-kontsentrata/.

89. https://www.sumz.umn.ru/ru/press/news/tonkoy-ochistki/.

90. https://www.metalinfo.ru/ru/news/130405.

91. http://www.gtl-rus.com/files/doc/Presentations/4-nornickel.pdf.

92. https://elessentct.com/technologies/mecs/technologiestechnologies-mecsdupont-clean-technologies-mecs-processes/mecsr-solvrr-technology-for-regenerative-so2-recovery/.

93. http://www.ky-process.com/index_en.aspx.

94.https://www.aurubis.com/.

95. https://www.ugmk.com/press/corporate_press/ummc_newspaper/na-ppm-zavershen-ocherednoy-etap-stroitelstva-livnenakopitelya/.

96. Исабаев С.М. Физико-химические основы сульфидирования мышьяксодержащих соединений / С.М.Исабаев, А.С.Пашинкин, Э.Г. Мильке [и др.] – Алма-Ата: Наука. – 1986. – 184 с.

97. А.с. 373321 СССР, МПК С22В 7/00, С22В 30/04. Способ обработки мышьяксодержащих продуктов / Козьмин Ю.А., Саюн М.Г., Серба Н.Г. Заявл. 1670648/ 22–1, 10.06.1971 Опубл. 1973. Бюл. № 14.

98. А.с. 1082849 СССР, МПК С22В 7/00, С22В 30/04. Способ переработки мышьяксодержащих материалов / Козьмин Ю.А., Серба Н.Г., Куленов А.С. Заявл. 3565952/22–02 13.03.1983 Опубл. 30.03.1984. Бюл. № 12.

99. А.с. 1497250 СССР, МПК С22В 30/04. Способ вывода мышьяка из технологического процесса / Копылов Н.И., Семенов А.Е., Чирик Я.И. Заявл. 4352526/ 23–02 30.12.1987 Опубл. 30.07.1989. Бюл. № 28.

100. Руководство по обезвреживанию мышьяксодержащих растворов обработкой сульфидсодержащими реагентами, накоплению, транспортировке и захоронению осадков соединений мышьяка. Под ред. Передерия О.Г. – М.: Минцветмет СССР, – 1988. – 57 с.

101. Разработка и испытание способа обезвреживания отходов, содержащих арсенат кальция, с выдачей данных для проектирования. Усть-Каменогорск, ВНИИцветмет, отчет, 22 с. - СР НИОКР, 1980, 09.08.120.

102. Козьмин, Ю.А. К вопросу о поведении и выводе мышьяка в свинцовом производстве / Ю.А. Козьмин, В.Я. Давыдов, Я.Г. Серба [и др.]. // Совершенствование технологии производства свинца и цинка. Усть-Каменогорск. – 1982. – С. 44–51.

103. А.с. № 1063137 СССР, С22В 7/00. Способ переработки медных шликеров / Багаев И.С., Пашков Г.Л., Чучалин Л.К., Копылов Н.И. Заявл. 3565268/22–02 12.01.1983. Опубл. 30.06.1984. Бюл. №24.

104. А. с. 464531 СССР, М. Кл. С 01b 27/02. Способ переработки мышьяксодержащих отходов / А. Н. Петров, Т. Ф. Тельных, Г. И. Попова и др. – № 1877681/23-26 ; заявл. 29.01.73; опубл. 25.03.75, Бюл. №11. – 4 с.

105. Marcuson S. W. // Minerals Sci. Eng. – 1980. – V. 12 (1). – P. 21–26.

106. Изучение физико-химических основ термических методов обезвреживания мышьяксодержащиxx отходов. - Свердловск. УрГУ, отчет. 60 с. - СР НИСКР, 1980, 03.36.135.

107. Турбина, З.И. Получение нетоксичных мышьяксодержащих соединений сплавлением арсената кальция со шлаками / З.И. Турбина, Ю.Л. Козьмин, Я.Я. Копылов. // Цветные металлы. – 1976. – № 2. – С. 33.

108. А.с. № 1043178 СССР, МПК С22В 30/04. Способ переработки мышьяксодержащих отходов / Куленов А.С., Серба Н.Г., Фирман И.А., Слободкин Л.В. Заявл. 3432512/22–02 30.04.1982. Опубл. 23.09.1983. Бюл. № 35.

109. Михельсон, Ю.И., Максимов И.Е., Караульных Г.М. Метод определения проницаемости бетонного покрытия по отношению к растворимым соединениям мышьяка / Ю.И. Михельсон, И.Е. Максимов, Г.М. Караульных. // Цвет. Металлургия. – 1989. – № 10. – С. 59–61.

110. Седова, В.А., Вишнякова Н.Н. Об условиях вымывания мышьяка из отвальных сульфидных продуктов / В.А. Седова, Н.Н. Вишнякова // Цветные металлы. – 1980. – № 9. – С. 21–22.

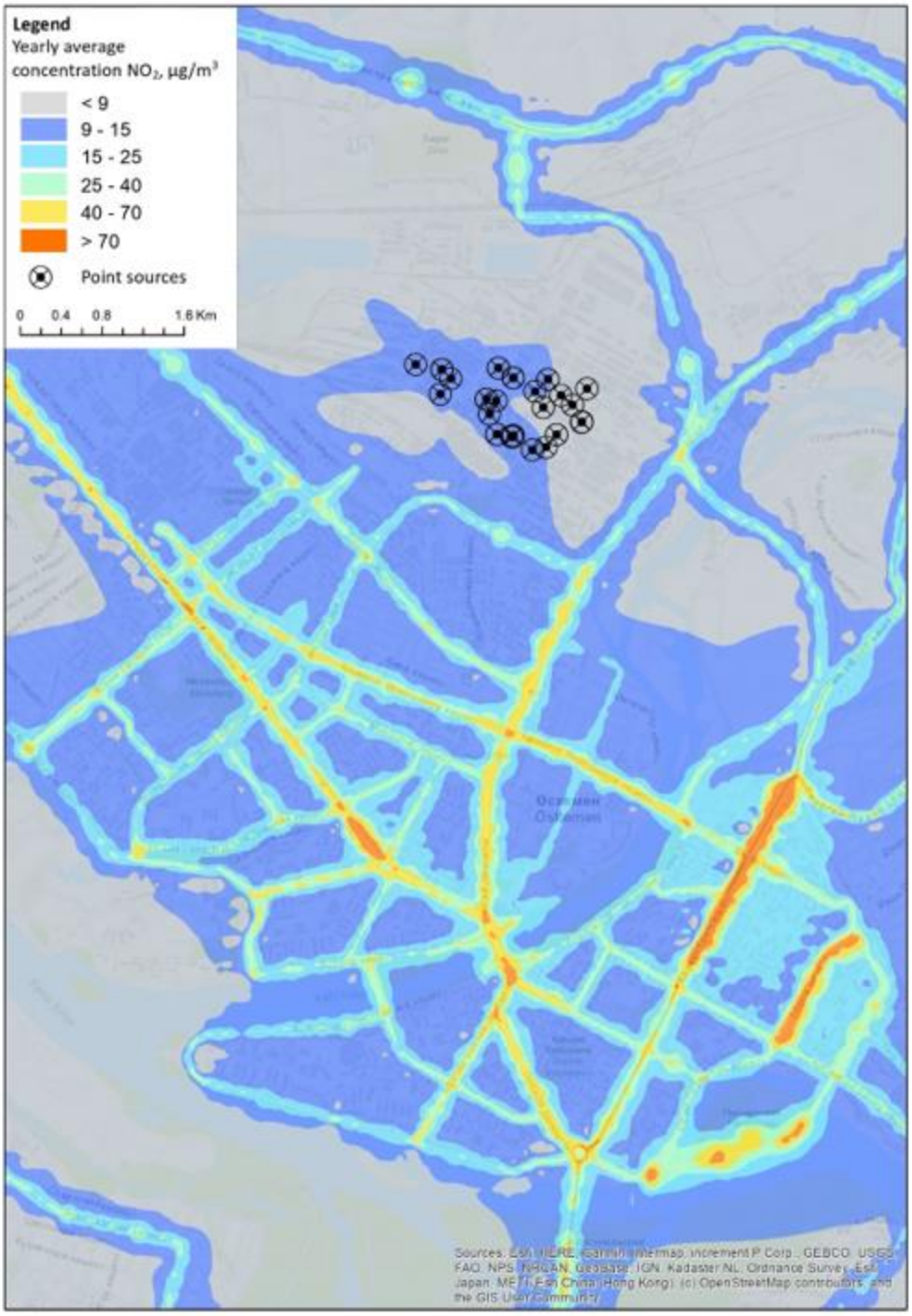
111. Патент № 2711766 Российская Федерация, МПК C22B 7/00, C22B 30/02, B09B 3/00. Способ обезвреживания и утилизации сульфидных мышьяксодержащих отходов: № 2019101564: заявл. 21.01.2019: опубл. 22.01.2020: бюл. № 3 / Булатов К.В., Закирничный В.Н., Верхорубова А. В., Передерий О.Г.; заявитель и патентообладатель научно-исследовательский и проектный институт обогащения и механической обработки полезных ископаемых "Уралмеханобр" (RU). – Текст: непосредственный.

112. Ahmadzai, H; Borell, M.; and Svedberg, A.: Information Exchange on Boliden AB Non-ferrous Smelter at Rönnskär; Arctic Council Action Programme (ACAP) Mercury Steering Group, Copenhagen, March 10, 2006.

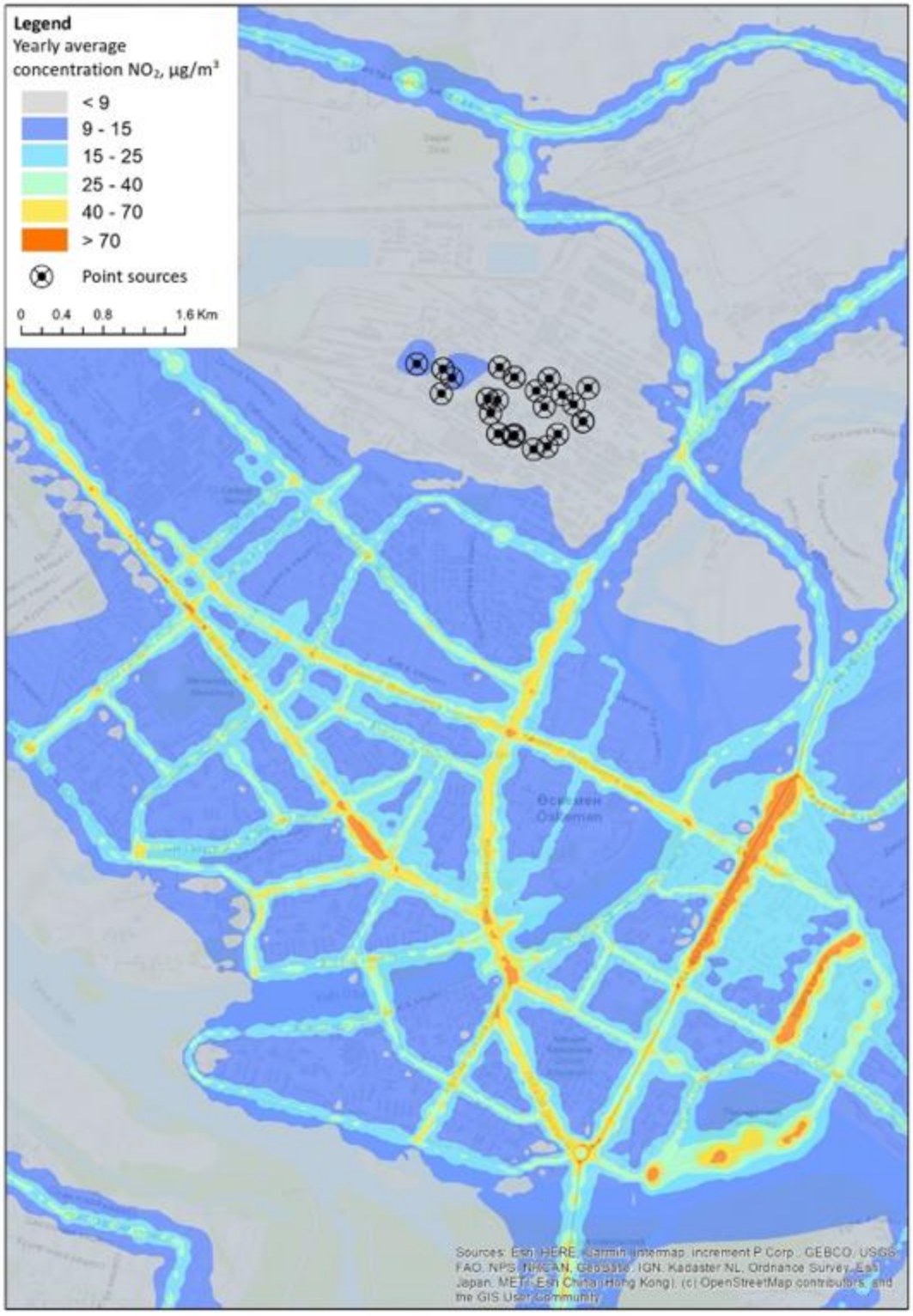
Приложение 1
к справочнику по наилучшим
доступным техникам
"Производство свинца"

Моделирование воздействия на атмосферный воздух

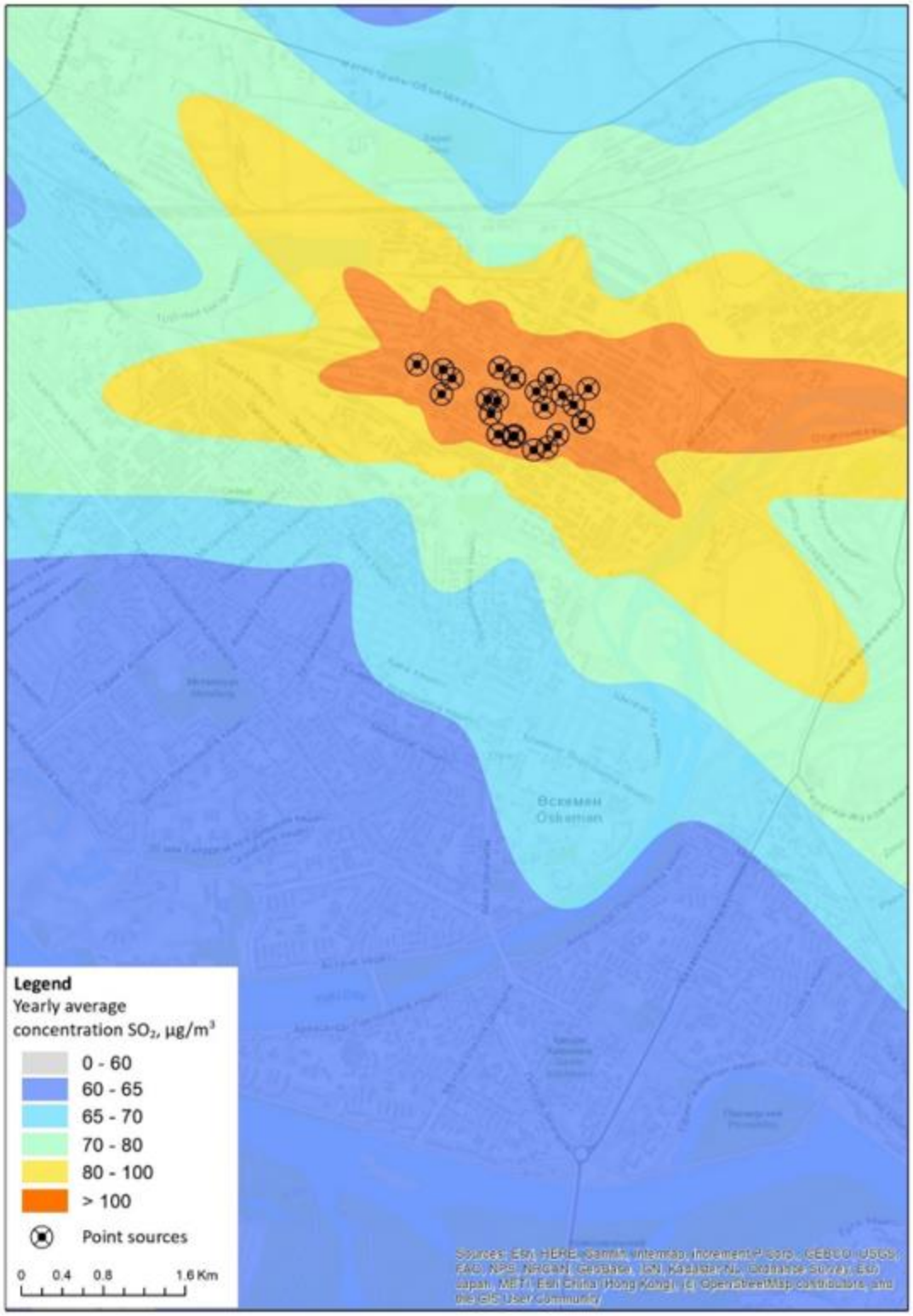
NO_x (на существующее положение)



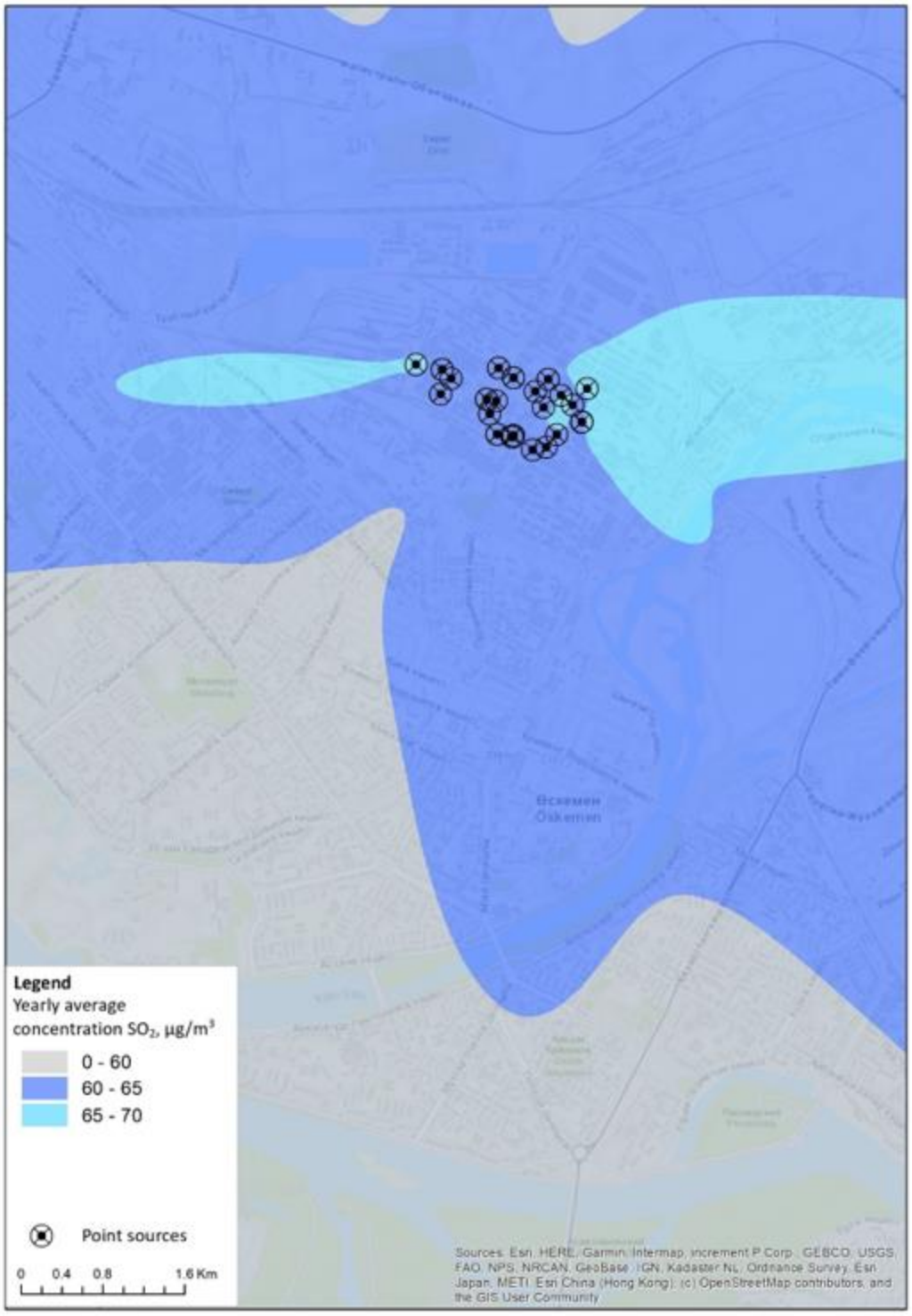
NO_x (после внедрения НДТ)



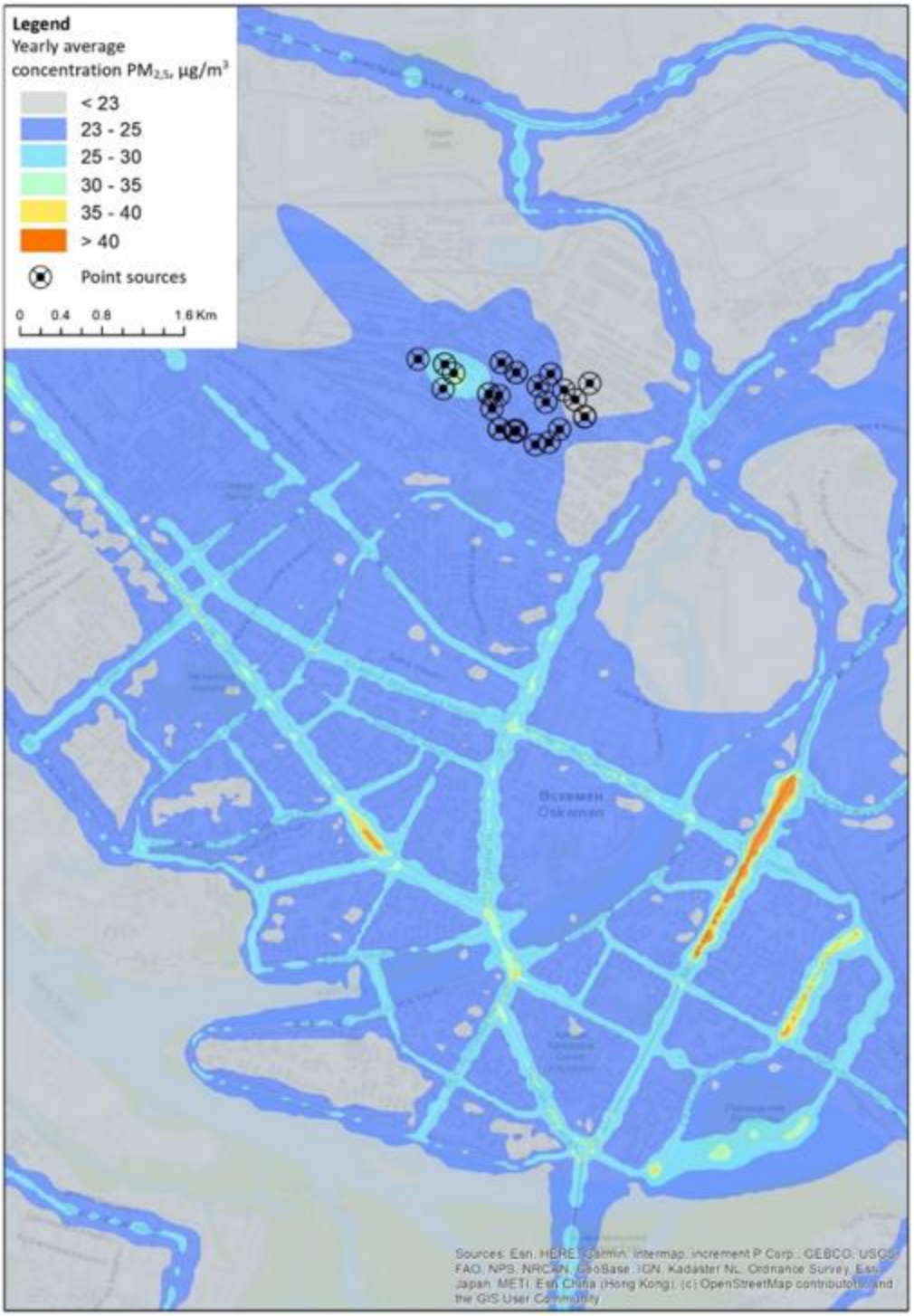
SO_2 (существующее положение)



SO_2 (после внедрения НДТ)



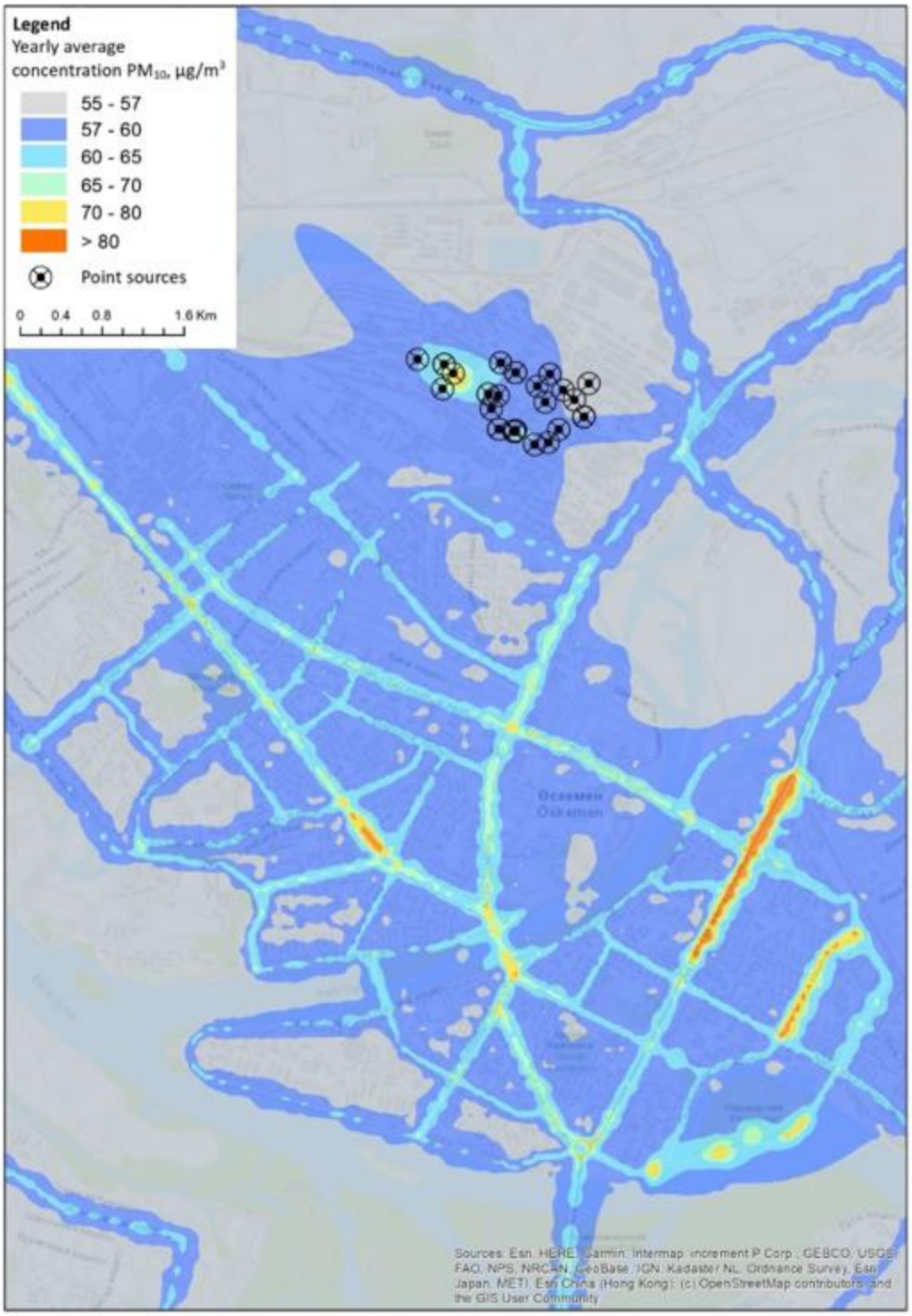
$PM_{2.5}$ (существующее положение)



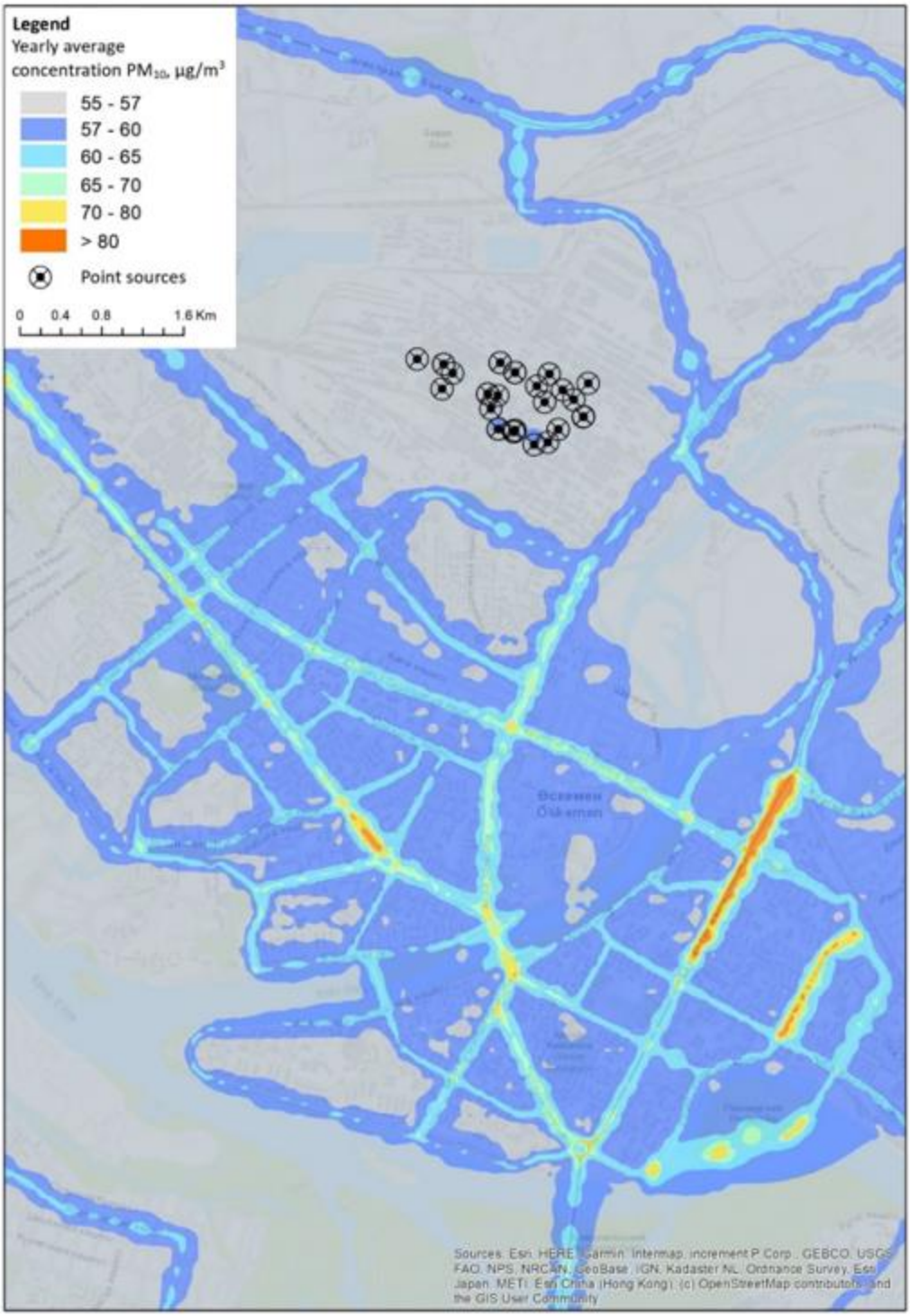
$PM_{2.5}$ (после внедрения НДТ)



PM_{10} (существующее положение)



$PM_{2.5}$ (после внедрения НДТ)



Приложение 2
к справочнику по наилучшим
доступным техникам
"Производство свинца"

Примеры расчета экономической эффективности

Изложенные подходы были использованы на примере расчетов экономической эффективности процесса доочистки сточных вод свинцового завода путем применения следующих техник:

адсорбция с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах;

адсорбция с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в блоке сорбционных фильтров;

обратный осмос.

Объем поступающей воды составил 320 куб.м/ч (2 803 куб.м/год) со сбросом рыбохозяйственного назначения. Параметры содержания загрязняющих веществ в поступающей воде до и после очистки с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры содержания загрязняющих веществ в поступающей воде до очистки и после очистки с использованием активированного алюмосиликатного адсорбента

Загрязняющее вещество	**Содержание загрязняющих веществ, мг/дм^3**	
до очистки	**после очистки**	
Взвешенные вещества	12,0	7,5
Свинец (Pb)	0,025	0,020
Цинк (Zn)	0,11	0,01
Кадмий (Cd)	0,006	0,001
Железо (Fe) общее	0,10	0,07
Мышьяк (As)	0,030	0,02
Медь (Cu)	0,006	0,006
Кальций (Ca)	115,0	100,0
Нефтепродукты	0,05	0,05
Хлориды (Cl)	200,0	150,0
Сульфаты (SO4)	295,0	230,0
Ртуть (Hg)	0,0002	0,0002
Селен (Se)	0,0026	0,0026
Марганец (Mn)	0,02	0,01
Теллур (Te)	0,002	0,002

Исходными данными для первого варианта стали сведения о реализованном на свинцовом заводе способе доочистки промышленных сточных вод методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах.

Для расчета капитальных вложений принято, что для входящей на доочистку сточных вод в объеме 320 куб.м/ч используются следующие технологические установки/оборудование и расходные материалы:

5 бетонных резервуаров размером 5,6х5,6х6 м с 2,5 м слоем адсорбента, общей стоимостью 10 млн. тенге из расчета 2 млн. тенге за один резервуар;

трубопроводная обвязка резервуаров общей протяженностью 70 пог.м стальной 2 мм трубы 50Ø, общей стоимостью 164 150 тенге из расчета 2 345 тенге/пог.м;

10 центробежных насосов производительностью 66 куб.м/ч, общей стоимостью 1 645 тыс. тенге из расчета 164 500 тенге за каждый;

адсорбент в объеме 392 куб.м для единовременной засыпки во все фильтры, общей стоимостью 260 288 000 тенге из расчета цене 664 000 тенге/куб.м.

По результатам расчетов общая сумма капитальных вложений определена в размере 272 097 150 тенге.

Операционные расходы предусматривают запасы адсорбента для восполнения объема при истирании в ходе эксплуатации в количестве 39,2 куб.м в год, общей стоимостью 26 028 800 тенге из расчета цене 664 000 тенге/куб.м. Кроме того, необходима периодическая активация сорбента для улучшения его адсорбирующих свойств путем промывки активаторами: 4-5 % раствор щелочи NaOH в количестве 64 т, общей стоимостью 12 240 000 из расчета 191 250 тенге/т; 4-5 % раствор сульфата магния $MgSO_4$ в количестве 64 т, общей стоимостью 21 216 000 тенге , из расчета 331 500 тенге/т.

Сумма операционных расходов определена в размере 59 484 800 тенге.

Общие расходы предприятия по доочистке промышленных сточных вод методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах составили 331 581 950 тенге (расчеты приведены в таблице 2).

Для сопоставимости различных денежных единиц все стоимости приведены в валюте приобретения по курсу Национального Банка Казахстана на дату расчета.

Таблица 2. Расчет капитальных и операционных затрат на доочистку промышленных сточных вод свинцового завода способом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах

					Общая стоимость (по курсу Национального Банка Республики

№ п/п	Наименование затрат	Ед.изм.	Кол-во	Стоимость за единицу (в валюте приобретения)	Казахстан на дату расчета) https://nationalbank.kz/ru/exchangerates/ezhednevnye-oficialnye-rynochnye-kursy-valyut)			
1 ₸	7,04 ₸	432,78 ₸	462,51 ₸					
тенге	рубль	доллар	евро					
1	2	3	5	4	6	7	8	9
I.	**Капитальные затраты**							
1	Безнапорный однослойный фильтр							
1.1	резервуар 5,6х5,6х6 м	шт.	5	2 000 000 ₸	10 000 000	1 420 455	23 106	21 621
1.2	трубопроводная обвязка	пог.м	70	2 345 ₸	164 150	23 317	379	355
1.3	центробежный насос	шт.	10	164 500 ₸	1 645 000	233 665	3 801	3 557
2.	адсорбент	куб.м	392	664 000 ₸	260 288 000	36 972 727	601 433	562 773
	Капитальные затраты, всего				**272 097 150**	**38 650 163**	**628 719**	**588 305**
II.	**Операционные расходы**							
1.	Адсорбент (потери на истирание)	куб.м	39,2	664 000 ₸	26 028 800	3 697 273	60 143	56 277
2.	Активаторы	т						
2.1	*4-5 % раствор щелочи NaOH (замена 1 раз в мес.)*		64	191 250 ₸	12 240 000	1 738 636	28 282	26 464

2.2	*4-5 % сульфат магния $MgSO_4$ (замена 1 раз в 4 мес .)*		64	331 500 ₸	21 216 000	3 013 636	49 023	45 871
	Операционные затраты, всего				**59 484 800**	**8 449 545**	**137 448**	**128 613**
III.	**Затраты всего (капитальные затраты + операционные расходы)**				**331 581 950**	**47 099 709**	**766 167**	**716 918**

Таблица 3. Оценка экономической эффективности затрат на доочистку промышленных сточных вод методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах

N п/п	**Наименование загрязняющего вещества**	**Необходимый технологический показатель по маркерным веществам, сбрасываемым в водоем**	**Содержание загрязняющих веществ в поступающей воде УК МК**	**Норматив сброса загрязняющих веществ УК МК**	**Доля в общей массе сброса**		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
		мг/дм^3	*мг/дм^3*	*мг/дм^3*	*г/ч*	*т/год*	*%*
1	Взвешенные вещества	25,00	12	7,5	5 250,00	21,000	2
2	Свинец (Pb)	0,50	0,025	0,02	14,00	0,056	0,0041
3	Цинк (Zn)	1,00	0,11	0,01	7,00	0,028	0,0021
4	Кадмий (Cd)	0,10	0,006	0,001	0,70	0,003	0,0002
5	Мышьяк (As)	0,10	0,03	0,02	14,00	0,056	0,0041
6	Медь (Cu)	0,20	0,006	0,006	4,20	0,017	0,0012
7	Ртуть (Hg)	0,05	0,0002	0,0002	0,14	0,001	0,00004
8	Железо (Fe) общее		0,1	0,07	49,00	0,196	0,0144

9	Кальций (Ca)		115	100	70 000,00	280,000	21
10	Нефтепродукты		0,05	0,05	35,00	0,140	0,0103
11	Хлориды (Cl)		200	150	105 000,00	420,000	31
12	Сульфаты (SO_4)		295	230	161 000,00	644,000	47
13	Селен (Se)		0,0026	0,0026	1,82	0,007	0,0005
14	Марганец (Mn)		0,02	0,01	7,00	0,028	0,0021
15	Теллур (Te)		0,002	0,002	1,40	0,006	0,0004
	Всего по всем веществам		**622,35**	**487,69**	**341 384,26**	**1365,537**	**100**

Продолжение таблицы

Снижение содержания загрязняющих веществ в сбросе (разница на входе и на выходе)	**Затраты на годовой объем снижения загрязняющих веществ**	**Годовая экономическая эффективность затрат на 1 килограмм сокращенного загрязняющего вещества (по курсу Национального Банка Республики Казахстан на дату расчета https://nationalbank.kz/ru/exchangerates/ezhednevnye-oficialnye-rynochnye-kursy-valyut)**			
9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
		1	7,41 ₸	415,12 ₸	443,06 ₸
мг/дм^3	*тенге/мг/дм*^{3}	<	<	**$**	**€**
4,50	0,026	15 789,62	2 242,84	**36,48**	34,14
0,00500	23,657	5 921 106,25	841 066,23	**13 681,56**	12 802,12
0,10000	1,183	11 842 212,50	1 682 132,46	**27 363,12**	25 604,23
0,00500	23,657	118 422 125,00	16 821 324,57	**273 631,23**	256 042,30
0,01000	11,829	5 921 106,25	841 066,23	**13 681,56**	12 802,12
-	-	19 737 020,83	2 803 554,10	**45 605,21**	42 673,72
-	-	592 110 625,00	84 106 622,87	**1 368 156,16**	1 280 211,51

0,03000	3,943	1 691 744,64	240 304,64	**3 909,02**	3 657,75
15,00000	0,008	1 184,22	168,21	**2,74**	2,56
-	-	2 368 442,50	336 426,49	**5 472,62**	5 120,85
50,00000	0,0024	789,48	112,14	**1,82**	1,71
65,00000	0,0018	514,88	73,14	**1,19**	1,11
-	-	45 546 971,15	6 469 740,22	**105 242,78**	98 477,81
0,01000	11,829	11 842 212,50	1 682 132,46	**27 363,12**	25 604,23
-	-	59 211 062,50	8 410 662,29	**136 815,62**	128 021,15
134,66	**76,14**	**874 632 907,33**	**124 237 628,88**	**2 020 964,25**	**1 891 057,29**

Расчеты показывают, что применение активированного алюмосиликатного сорбента в безнапорных фильтрах снизит содержание загрязняющих веществ по сравнению с их содержанием в исходной воде (графа 4 таблица 3) на значения, указанные в графе 9 таблицы 3. При этом денежные расходы предприятия на снижение содержания соответствующего загрязняющего вещества на 1 млг/дм3 составят значения, указанные в графе 10 таблицы 3 (в тенге на 1 млг/дм3).

При этом рассчитан основной показатель оценки экономической эффективности НДТ – затраты предприятия на 1 кг сокращенного количества по каждому из видов загрязняющих веществ, включая маркеры (графа 13 таблица 3).

Таким же образом проведена оценка экономической эффективности других способов доочистки воды: методом адсорбции с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в сорбционных фильтрах и способом обратного осмоса (таблица 4).

Таблица 4. Оценка экономической эффективности затрат на доочистку промышленных сточных вод различными методами (адсорбция с применением активированного алюмосиликатного адсорбента в безнапорных однослойных скорых фильтрах и сорбционных фильтрах; обратный осмос)

Показатель	**Единица измерения**	**Методы доочистки**
Применение активированного алюмосиликатного адсорбента в различных фильтрах	**Обратный осмос**	
безнапорный однослойный фильтр	**Сорбционный фильтр**	

1	**2**	**3**	**4**	**5**
Капитальные затраты	*$*	628 719	595 926	1 239 135
Операционные расходы	- " -	137 448	128 613	0
ВСЕГО затраты	- " -	766 167	724 539	1 239 135
Экономическая эффективность затрат на 1				

килограмм сокращенного загрязняющего вещества в год	*$/кг*			
Взвешенные вещества	- " -	36,48	34,50	59,01
Свинец	- " -	13 681,56	12 938,20	22 127,42
Цинк	- " -	27 363,12	25 876,41	44 254,83
Кадмий	- " -	273 631,23	258 764,09	442 548,34
Мышьяк	- " -	13 681,56	12 938,20	22 127,42
Медь	- " -	45 605,21	43 127,35	73 758,06
Ртуть	- " -	1 368 156,16	1 293 820,45	2 212 741,71
Железо общее	- " -	3 909,02	3 696,63	6 322,12
Кальций	- " -	2,74	2,59	4,43
Нефтепродукты	- " -	5 472,62	5 175,28	8 850,97
Хлориды	- " -	1,82	1,73	2,95
Сульфаты	- " -	1,19	1,13	1,92
Селен	- " -	105 242,78	99 524,65	170 210,90
Марганец	- " -	27 363,12	25 876,41	44 254,83
Теллур	- " -	136 815,62	129 382,04	221 274,17
ВСЕГО по всем веществам	- " -	2 020 964,25	1 911 159,66	3 268 539,08

Получив аналогичные показатели эффективности затрат различными способами доочистки, можно сравнить какой из них более эффективен с точки зрения годовых затрат предприятия на природоохранные мероприятия.

© 2012. РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан» Министерства юстиции Республики Казахстан