

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО

СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

“ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ”

направления

МЕТАЛЛУРГИЯ

Тошкент – 2017

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО
ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ
КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

**«ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**Разработали: к.т.н. Худояров С.Р.,
ст. преп. Арибжонова Д.Е.**

ТАШКЕНТ -2017

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 603 от 29 августа 2017 года.

Разработали: Худояров С.Р - к.т.н. доцент, зав. кафедрой «Металлургии» ТГТУ

Арибжонова Д.Е –ст.преп кафедры «Металлургии» ТГТУ

Рецензент: Саматов А. –к.т.н. доцент кафедры «Металлургии» ТГТУ

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № _____ от _____ 2017 года).

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| I. Рабочая программа..... | 5 |
| II. Интерактивные методы обучения, используемые в модуле .. | 10 |
| III. Теоретические материалы | 16 |
| IV. Материалы практических занятий..... | 32 |
| V. Банк кейсов | 40 |
| VI. Темы для самостоятельного обучения..... | 43 |
| VII. Глоссарий | 44 |
| VIII. Список литературы | 56 |

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Введение

Программа составлена на основе указа ПФ-4732 от 12 июня 2015 года Президентом Республики Узбекистан «О мерах улучшения системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших учебных заведений», цель которой является улучшение, переподготовка и суть процесса повышения квалификации на основе современных требований, а так же поставленная задача регулярно повышать профессиональную компетентность педагогических кадров высших учебных заведений.

Рабочая программа включает в себя изучение теоретических и практических занятий по модулю «Энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды». Проблемы энергосбережения и экологии, в том числе и в металлургии, влияние пирометаллургических процессов на окружающую среду, пылеочистка в циклонах, электрофильтрах, в скрубберах, современное состояние и перспективы внедрения энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди, утилизация тепла отходящих газов металлургических печей, ресурсосбережение, очистка отходящих газов металлургических печей.

Цель и задачи учебного модуля

Цель и задача модуля: «Энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды» – изучать проблемы энергосбережения и экологии, в том числе и в металлургии, влияние пирометаллургических процессов на окружающую среду, пылеочистка в циклонах, электрофильтрах, в скрубберах, современное состояние и перспективы внедрения энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди, утилизация тепла отходящих газов металлургических печей, ресурсосбережение, очистка отходящих газов металлургических печей.

Требования, предъявляемые к знаниям, умениям, навыкам и компетенциями по модулю

Слушатели в результате освоения модуля «Энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды» должен:

иметь представление и охарактеризовать:

- актуальными проблемами специализации направления и их решениями;
- комплекс научно – производственных отраслей металлургии;
- иметь представление о технологических факторах обеспечения качества продукта.

знать:

- сущность основных понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные формулировки понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные методы теории нечётких множеств и нечёткого моделирования.
- современное состояние автогенных процессов;
- проблемы экологии в пирометаллургии меди;
- применение автогенных процессов в пирометаллургии меди;
- перспективы внедрения автогенных процессов;
- новые энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды;
- совершенствование системы продувки и охлаждения;
- производство агломерата и окатышей.

уметь и владеть навыками

- вести расчеты среднего состава шихты, материального баланса, теплового баланса (приход тепла, расход тепла) процесса конвертирования;
- вести расчет материального баланса восстановительно-сульфидирующей плавки окисленной никелевой руды на штейн, плавка гипсом, плавка с использованием пирита;
- определять количества и состава штейна;
- определять необходимых количеств гипса и кокса;
- анализировать состав и количество самоплавкого шлака.

Овладеть компетенциями:

- проводить патентные исследования;
- использовать современные методы по охрану окружающей среды при получении металлов различными способами;
- составлять заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности;
- составлять договоры, заключаемые в сфере интеллектуальной собственности.
- создания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий их применения на практике.

Рекомендации по проведению и организации модуля

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

- лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;
- практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов «Мозговой штурм», «Кластер», «Техника – Зигзаг» и др.

Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями

Содержание модуля непосредственно связано с другими блоками учебного плана и служит для решения вопросов внедрения в педагогическую деятельность проблематики и задач отрасли металлургии и принятия решений в получении качественного продукта, а также служит для объединения учебного процесса и производства путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли. Данный модуль тесно связан с модулями «Перспективные направления в цветной металлургии», «Технологические процессы переработки вторичных техногенных образований», «Перспективные направления в черной металлургии».

Роль модуля в системе высшего образования

Происходящие коренные изменения в системе образования, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля «Энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды» в системе высшего образования.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения дисциплин направления модуля «Энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды» и их применения в системе образования помогает системно увеличить качество образования. Отдельное внимание обосновывается формированием знаний, умений и навыков применения современных информационных технологий и педагогических программных средств, информационно-коммуникационных технологий в процессе учебно-воспитательной деятельности.

Распределение часов по модулю

| № | Темы | Учебная нагрузка, час | | | | | |
|---------------|---|-----------------------------|-------|---------------|---|--|------------------------|
| | | Аудиторная учебная нагрузка | | | | | |
| | | Общие | Итого | Из них: | | | Самостоятельная работа |
| Теоретические | Практические | | | Внеаудиторное | | | |
| 1 | Введение в курс «энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды» Современное состояние и перспективы внедрения | 6 | 6 | 2 | 4 | | |

| | | | | | | | |
|--------------|---|-----------|-----------|----------|----------|--|--|
| | энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди | | | | | | |
| 2 | Утилизация тепла отходящих газов металлургических печей. ресурсосбережение | 2 | 2 | 2 | | | |
| 3 | Очистка отходящих газов металлургических печей | 6 | 6 | 2 | 4 | | |
| Общие | | 14 | 14 | 6 | 8 | | |

ТЕОРИТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

1-тема: Современное состояние и перспективы внедрения энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди

Современное состояние автогенных процессов. Проблемы экологии в пирометаллургии меди. Применение автогенных процессов в пирометаллургии меди. Перспективы внедрения автогенных процессов. Новые энергосберегающие технологии и охрана окружающей среды.

2-тема: Утилизация тепла отходящих газов металлургических печей. Ресурсосбережение

Железорудное сырьё и восстановитель для металлизации. Возможности использования железорудных материалов. Кричный передел. Совершенствование системы продувки и охлаждения. Замена процесса обжига железосодержащих руд процессом агломерации. Производство агломерата и окатышей. Применение глиноземистых флюсов при выплавке специальных чугунов. Роль доменного процесса в сталеплавильном производстве

3-тема: Очистка отходящих газов металлургических печей

Виды флюсов и металлургического топлива. Применение глиноземистых флюсов. Функции топлива в доменной плавке. Внедоменные процессы получения жидкого металла. Разделение во времени и пространстве стадий восстановления и плавления железорудных материалов. Одностадийные способы прямого получения жидкого металла. Стандартная технология прямого восстановления природным газом

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МОДУЛЯ

1-практическое занятие:

Современное состояние и перспективы внедрения энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди

Расчет среднего состава шихты, материального баланса, теплового баланса (приход тепла, расход тепла) процесса конвертирования. Тепло для расплавления холодных присадок, тепловой баланс второго периода конвертирования.

2-практическое занятие:

Очистка отходящих газов металлургических печей

Расчет материального баланса восстановительно-сульфидирующей плавки окисленной никелевой руды на штейн, плавка гипсом, плавка с использованием пирита, Определение количества и состава штейна. Определение необходимых количеств гипса и кокса. Расчет состава самоплавкого шлака. Расчет требуемого количества известняка. Состав и количество самоплавкого шлака

Формы обучения

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучении важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.

- Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.

- Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

Критерии оценки

| № | Критерии оценки | Балл | Максимальный балл |
|---|------------------------|-----------|-------------------|
| 1 | Кейс | 1.5 балла | 2,5 |
| 2 | Самостоятельная работа | 1.0 балл | |

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

Техника КЛАСТЕР

2.3. Кластер

Кластер - (пучок, связка).

- Стимулирует актуализацию знаний, помогает свободно и открыто вовлекать в мыслительный процесс новые ассоциативные представления по теме.
- Применяется на всех этапах учебного занятия.

Знакомятся с «Правилами составления кластера». В центре классной доски или большого листа бумаги пишется ключевое слово / название темы из 1-2-х слов.

По ассоциации с ключевым словом приписывают сбоку от него в кружках меньшего размера «спутники», соединяя их линиями с «главным». У этих «спутников» могут быть «малые спутники» и т.д. Записывают те слова или предложения, которые связаны с данной темой.

Обмениваются кластерами для обсуждения.

Правила составления кластера

1. Записывайте все, что приходит вам на ум. Не судите о качестве идей: просто записывайте их.
2. Не обращайте внимания на орфографию и другие факторы, сдерживающие письмо.
3. Не переставайте писать, пока не закончится отведенное время. Если идеи вдруг перестанут приходить вам на ум, то порисуйте на бумаге, пока у вас не появятся новые идеи.
4. Постарайтесь построить как можно больше связей. Не ограничивайте количество идей, их поток и связи между ними.

Разработка метода кластера:

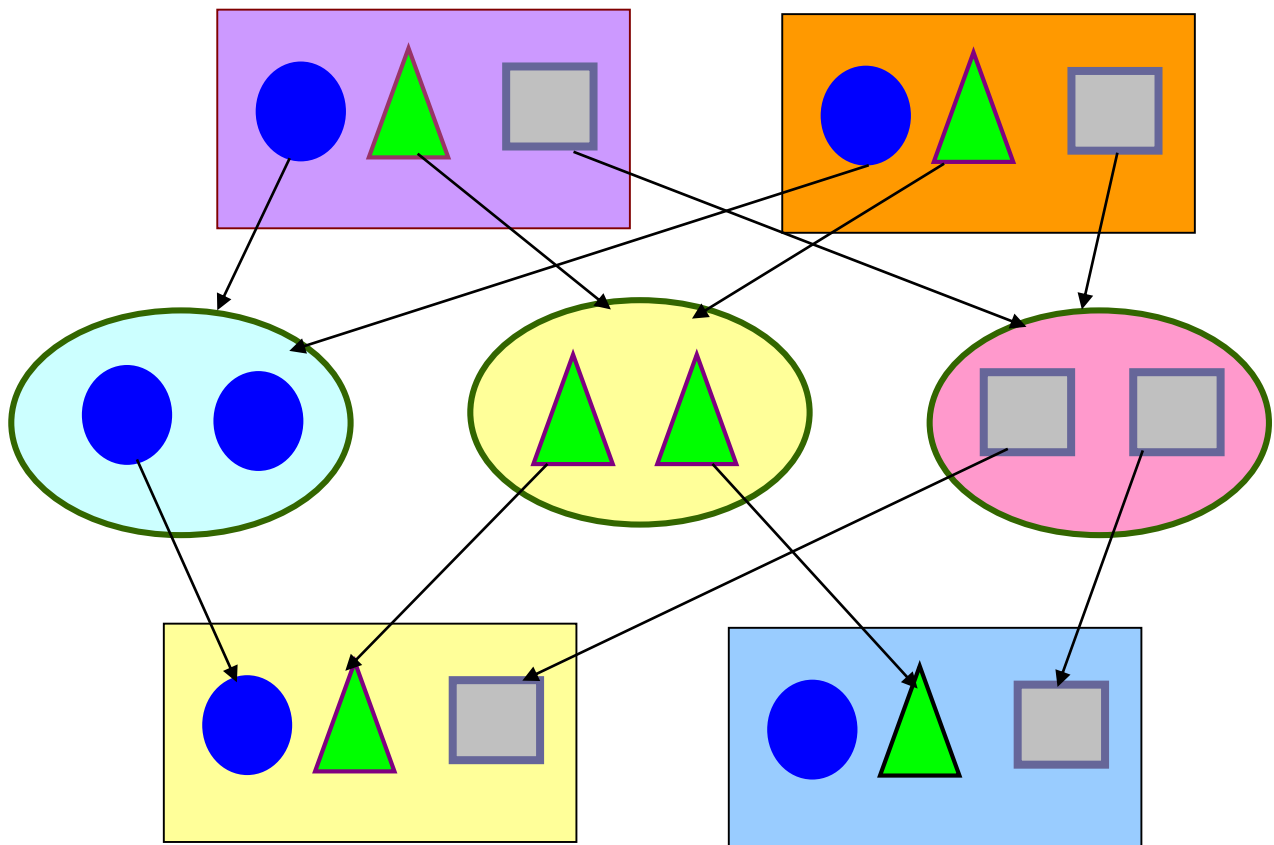


Техника «ЗИГЗАГ»

- 1-Этап. Члены группы знакомятся с информацией учебного текста.
- 2-Этап. Каждый вопрос эксперты анализируют и обмениваются мыслями.
- 3-Этап. Обмен знаниями и проверка знаний.

Задание группам по методу "ЗИГЗАГ»:

**СЕРНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МЕДИ ИЗ
ОКИСЛЕННОГО МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА.**



Для 1-ой группы:

Создание рабочего места для проведения опытов.

*Характеристика методов 1-ого вида:
выщелачивание сульфидно-медного
концентрата без обжига.*

Для 2-ой группы:

Выбор материалов для проведения опытов.

*Характеристика методов 2-ого вида:
Требуют обязательной проверки и уточнения
результатов на практике.*

Для 3-ей группы:

Выбор растворителя для выщелачивания пробы.

*Характеристика методов 3-его вида:
Поиск подходящих кислот и оптимальной
температуры для выщелачивания*

Для 4-ой группы:

Создание оптимальных вариантов для извлечения меди.

*Характеристика методов 4-ого вида:
Выщелачивание сульфидно-медного
концентрата после обжига*

МЕТОД "Мозговой штурм"

Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака) – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Основная цель мозговых атак – активизация учебной деятельности, самостоятельное изучение проблемы и развитие мотивации его решения, культура общения, формирование коммуникативных навыков, избавление от инерции мышления и преодоление привычного хода мышления при решении творческой задачи.

- **Прямой коллективный мозговой штурм** – обеспечивает сбор максимального числа мнений насколько это возможно. Вся группа исследования (не более 20 человек) занимается решением одной проблемы.

- **Массовый мозговой штурм** – дает возможность резко повысить эффективность генерации идей в большой аудитории, разделенной на микрогруппы.

- В каждой группе решается один из аспектов проблемы.

Разработка метода «Мозговой штурм»:

- Вопросы:

1. Что такое обратное тепло и где применяется?
2. Для чего используются рекуператоры?
3. Какое оборудование используется для производства пара?

1-тема: Современное состояние и перспективы внедрения энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди

План:

1. Современное состояние автогенных процессов
2. Проблемы экологии в пирометаллургии меди
3. Применение автогенных процессов в пирометаллургии меди
4. Перспективы внедрения автогенных процессов

Ключевые слова: Пирометаллургия меди, конвертеры *Pierce-Smith*, углеводородное топливо, автогенные процессы, кислородно взвешанная плавка, конвертары *Pierce-Smith*, печь *Noranda*, процесс Инко, окислительные процессы, печь *Mitsubishi*, щелочноразделительные металлы.

1.1 Современное состояние автогенных процессов.

Проблемы энергосбережения и экологии, в том числе и в металлургии, привлекают всё большее внимание во всём мире, чем когда-либо. Это вызвано чрезмерным и расточительным потреблением энергии и вопросами её сбережения. Чрезмерное потребление энергии приводит к отрицательному влиянию на окружающую среду, что приводит к ухудшению экологической обстановки территорий, прилегающих к металлургическим предприятиям. Исходя из этого виды промышленной деятельности максимально должны быть экологически чистыми и отвечать предъявляемым техническим экологическим характеристикам. В настоящее время, многие страны мира законодательно закрепляют количество выбросов от промышленных предприятий. Например, уже сегодня высокие дымоходные трубы и штабеля твёрдых отходов, которые в прошлом считались показателями промышленного развития страны свидетельствуют о катастрофическом экологическом положении региона.

Ниже приводятся основные этапы переработки полезных ископаемых для производства металлов и виды образующихся загрязнений.

- Добыча - включает в себя два аспекта с точки зрения загрязнения окружающей среды. Одним из аспектов является пустая порода и вскрыши, которая накапливается на специально отведённых территориях. Их накопление приводит к тому, что при ветреных погодах образуются пыльные бури. Ещё одна проблема связана с использованием взрывчатых веществ, которые при взрыве образуют азотные газы (NO_x)¹.

- Обогащение полезных ископаемых – образуются в большом количестве хвосты обогащения с содержанием остатков флотореагентов. Хвосты накапливаются в специальных открытых хвостохранилищах и представляют собой серьёзную проблему.

¹ TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 565

- Металлургия – металлургическая переработка сырья производится пиро- гидро и электрометаллургическими способами. В результате переработки сырья образуются следующие виды отходов, отрицательно влияющие на окружающую среду: жидкие стоки, отходящие газы, шлаки.

Пирометаллургические процессы влияют на окружающую среду образованием следующих видов отходов: пыль, газ и шлаки. Выделяющаяся пыль является одним из источников затрат на предприятии, особенно если вместе с пылью уносятся ценные компоненты. Для решения проблемы пыль на пирометаллургических заводах предусматривается система пылеочистки в которых используются такие аппараты, как циклоны, электрофильтры, скрубера.

Шлак является твёрдым отходом пирометаллургических процессов. В настоящее время только небольшое количество шлаков применяется в строительной индустрии в цементной промышленности. Основное количество шлаков из-за высокого содержания в них ценных компонентов складывается в специальных хранилищах.

1.2 Проблемы экологии в пирометаллургии меди.

Для решения проблем отходящих газов на предприятиях строятся высокие трубы для поднятия высоты выбросов, однако это не решение проблемы, так как вредные компоненты содержащиеся в газ вместе с осадками возвращаются на землю в виде кислотных дождей.

Пирометаллургия меди связана с большими выбросами в атмосферу серных газов, в частности диоксида серы, так как основным сырьём являются сульфидные медные концентраты и большим расходом углеводородного топлива (природный газ, мазут, уголь, кокс). В настоящее время на многих медеплавильных заводах используются отражательные печи для получения медных штейнов с последующим конвертированием медных штейнов в конвертерах Pierce-Smith. Тепло необходимое для расплавления исходного сырья в отражательной печи образуется за счёт сжигания природного газа. Отражательная печь является одним из старейших агрегатов для получения штейна, но до сих пор широко применяется в медной промышленности. Одним из самых больших недостатков отражательной печи, является низкое содержание диоксида серы (около 1%) в отходящих газах и большой расход углеводородного топлива. Кроме диоксида серы отходящие газы содержат такие продукты сгорания топлива, как водяной пар и азот. Низкое содержание диоксида серы в отходящих газах не позволяет использовать его для производства серной кислоты, и эти газы выбрасываются в атмосферу. Исходя из этого, на предприятиях использующих отражательную печь строятся высокие дымовые трубы для удаления газов в верхние слои атмосферы. Однако это не является решением проблемы, так как в конечном итоге вредные компоненты, содержащиеся в газах, осаждаются вместе с осадками на землю. Например, в Садбери (Канада) для отвода отходящих газов с отражательной печи высота дымовой трубы составляет 381 метров, диаметр у основания трубы 36 м, диаметр в верхней части трубы 16 м. Медные штейны после отражательной плавки, для получения черновой меди

подвергаются конвертированию. Отходящие конвертерные газы богаты диоксидом серы и эти газы используются для производства серной кислоты. Однако из-за периодичности процесса конвертирования приводит к снижению концентрации диоксида серы в этих газах, за счёт разубоживания с воздухом.

1.3 Применение автогенных процессов в пирометаллургии меди

Решению данной проблемы способствует применение автогенных процессов, при которых тепло образуется за счёт экзотермических реакций окисления сульфидов. За счёт использования в автогенных процессах кислорода или воздуха обогащенного кислородом происходит максимальное окисление сульфидных минералов и образуются отходящие газы с высокой концентрацией диоксида серы, пригодных для производства серной кислоты. Ниже приводятся несколько примеров автогенных процессов широко используемых на зарубежных предприятиях².

Кислородно взвешанная плавка с использованием кислорода или воздуха обогащённого кислородом (кислородно-взвешенная плавка - КВП). При плавке сульфидных концентратов в печах кислородно-взвешенной плавки образуется меньший объём газов с более высокой концентрацией диоксида серы. Например в International Nickel Company (ИНКО) при взвешенной плавке на 1 тонну произведённой меди образуется 3-58 тонн диоксида серы (рис. 1.1). Отходящие из печи взвешенной плавки газы содержат 10-30% диоксида серы. Данное содержание диоксида серы в отходящих газах удовлетворяет условиям производства серной кислоты. Данные печи, аналогично отражательным печам работают совместно с конвертарами Pierce-Smith. Отходящие газы из конвертеров так же, как при отражательной плавке за счёт неплотности в газоходной и пылеочистительной системе, а так же из-за того, что горловина конвертеров открыта разубоживаются воздухом, что приводит к снижению концентрации диоксида серы до 7-13%. Эта проблема может быть решена при проведение процессов плавления и конвертирования в одном агрегате, как одна непрерывная операция. Эта технология нашло своё отражение в процессе Noranda (Канада) . На рис. 1.2. показана печь Noranda, в которой проводится плавка и конвертирование медных штейнов.

² TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief
SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
p. 591

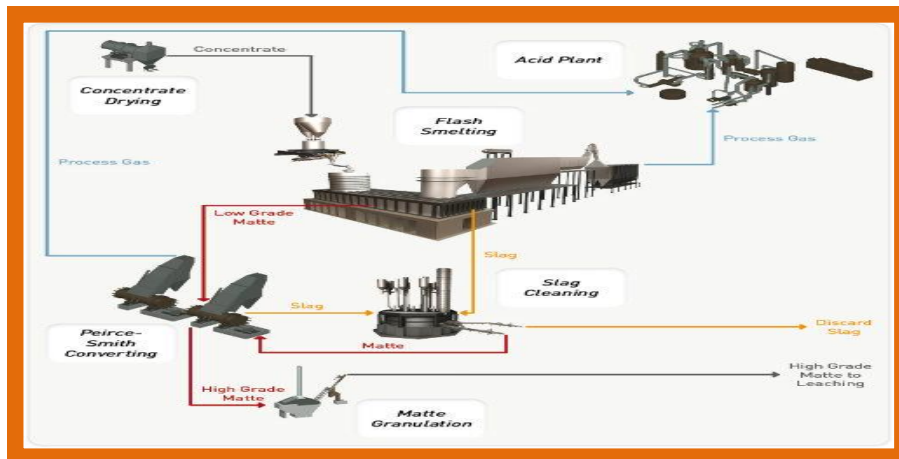
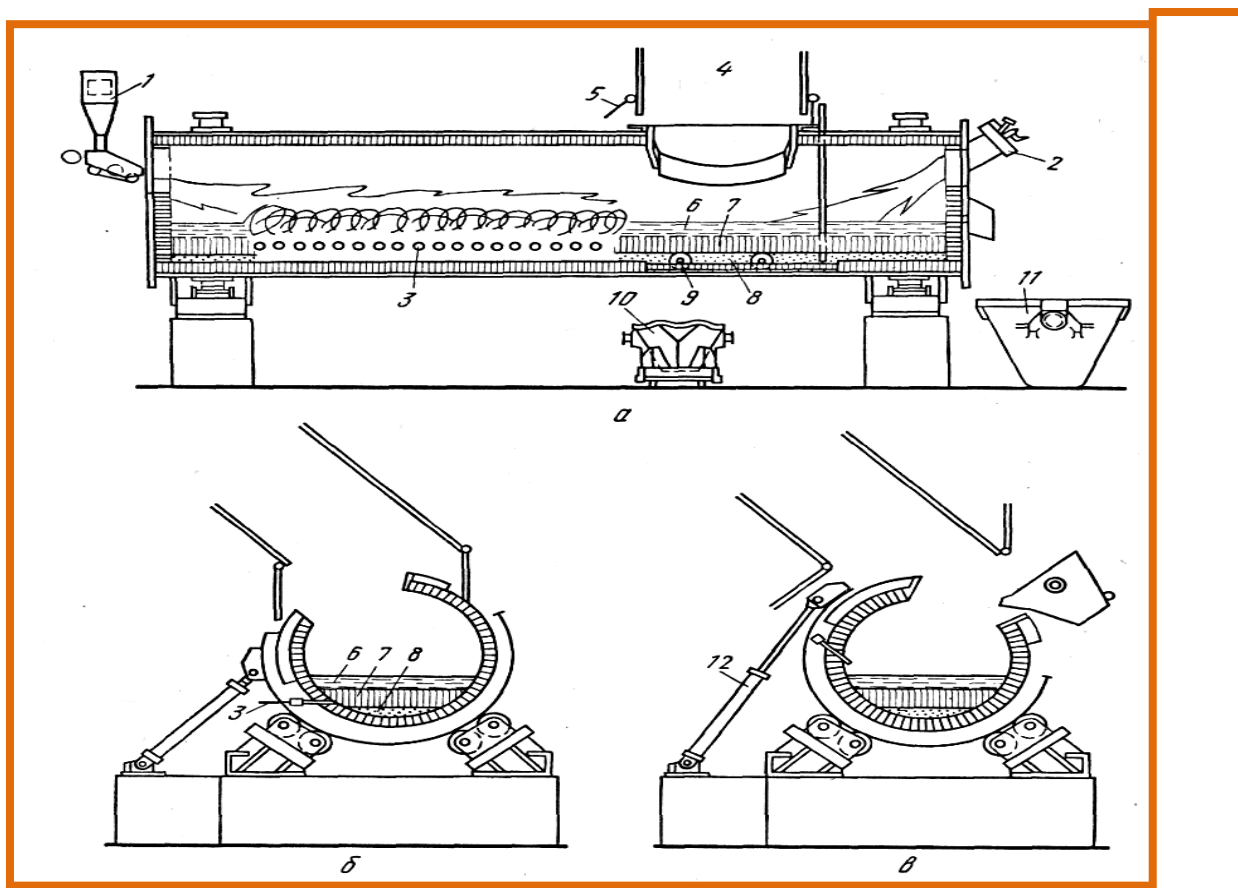


Рис. 1.1. Процесс Инко (Финляндия)



- 1- питатель шихты; 2-горелка; 3-фурмы; 4-напыльник; 5-створки; 6-шлак;
 7-штейн; 8 – медь; 9-шпур; 10 – ковш для меди или штейна; 11- ковш для
 шлака; 12 – поршень для поворота печи

Рис.1.2. Печь Noranda

Как было сказано выше в процессе Noranda совмещены процессы плавки и конвертирования в одну непрерывную операцию. Несмотря на то, что в данном процессе образуются отходящие газы с высоким содержанием диоксида серы годными для производства серной кислоты, он имеет один существенный недостаток – сложность отделения шлаков плавки на штейн с

низким содержанием меди, от шлаков конвертирования с высоким содержанием меди³.

Эту трудность можно избежать в непрерывной плавильной печи Mitsubishi. Данная технология состоит из трёх отдельных печей – печь для плавки на штейн, печь для обеднения шлака, печь для конвертирования медных штейнов. Использование процесса Mitsubishi позволяет получать отходящие газы с высокой концентрацией диоксида серы и отправлять их на производство серной кислоты и получать бедные по содержанию меди шлаки. На рис. 1.3 показана печь Mitsubishi.



Рис. 1.3. Процесс Mitsubishi

Контрольные вопросы

1. Какова современное состояние автогенных процессов?
2. Какие проблемы существуют на сегодняшний день экологии в пирометаллургии меди?
3. Применение автогенных процессов в пирометаллургии меди.
4. Перспективы внедрения автогенных процессов

³ TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 597

Использованная литература

1. Chiranjib Kumar Gupta Chemical Metallurgy: Principles and Practice. Copyright, 2003. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
2. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN, 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
3. J.W. Newkirk Advanced methods and Technologies in Metallurgy (Wit Transaction on Ecology and the Environment). Wit Pr/Computational mechanics, 2015.

2-тема: Утилизация тепла отходящих газов металлургических печей. ресурсосбережение

План:

1. Утилизация тепла
2. Ресурсосбережение
3. Утилизация и рециклинг металлов

Ключевые слова: утилизация тепла, ресурсосбережение, утилизация металлов, рециклинг металлов, отходящие газы, пустая порода и вскрыши, ценные компоненты, конвертеры *Pierce-Smith*, кислородно взвешанная плавка, процесс *Инко*, питатель шихты, обеднение шлака, оборот ресурсов, параллельное движение газов, невозобновляемые источники, новый лом.

2.1 Утилизация тепла

Отработанное тепло - это избыточное количество тепла, которое остаётся после использования тепла от сжигания топлива на основные операции. Так же отработанное тепло не является продуктомне эффективного проведения процесса на заводе, так как теплосодержание продуктов сгорания с ростом температуры повышется и большое количество тепла уносится из процесса сразличными продуктами (газы, шлаки, расплавленный материал и т.п.). Исходя из вышесказанного актуальной является проблема повторного использования - утилизации отрабоанного тепла. Для этой цели на металлургических предприятиях устанавливаются утилизаторы (котлы-утилизаторы тепла), которые не только повышают тепловую экономичность печи, но и приводят к повышению эффективности всего процесса. Утилизации тепла достигают либо прямым, либо косвенным способами.

- При прямом способе тепло отходящих горячих газов используется для нагрева воздуха необходимого для горения топлива.
- При косвенном способе тепло непосредственно не возвращается в технологический процесс, а используется длянагрева воды или

выработки пара, который используется для разных целей на этом же предприятии.

Для утилизации тепла отходящих газов, применяемых для предварительного подогрева газа, воздуха или жидкого топлива используются рекуператоры. Рекуператоры являются теплообменниками в которых потоки горячих газов и холодного воздуха не смешиваются с друг другом, за счёт разделения их металлическими мембранами, которые так же выполняют функцию теплопередачика. В зависимости от способа передачи тепла, металлические рекуператоры бывают трёх типов: излучения, конвекции и комбинированного типа. Рекуператоры по способу движения газов могут быть параллельными или прямоточными. Противоточные рекуператоры являются наиболее эффективными.

Для утилизации тепла также используются регенераторы. Регенератор является теплообменником изготовленный из огнеупорного кирпича. В отличие от рекуператоров, работающих в непрерывном режиме, регенераторы работают в периодическом режиме. Они обычно содержат большие камеры, изготовленные из керамического кирпича, которые попеременно поглощают тепло от горячих газов в одном цикле, а затем передать его в окружающий воздух⁴.

Схематическое изображение принципа работы рекуператоров и регенераторов показана на рис. 2.1 .

Котлы-утилизаторы используются для производства пара за счёт тепла отходящих газов. Котёл - утилизатор в медной промышленности используется в одной системе с отражательной печью, используемой для плавки медных концентратов. При отражательной плавки большое количество тепла уносится с отходящими газами. Газы имеют высокую температуру и перед выбросом в атмосферу проходят через котёл – утилизатор. Когда температура газов высокая котёл-утилизатор может работать совместно рекуператором.

⁴ TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 1378

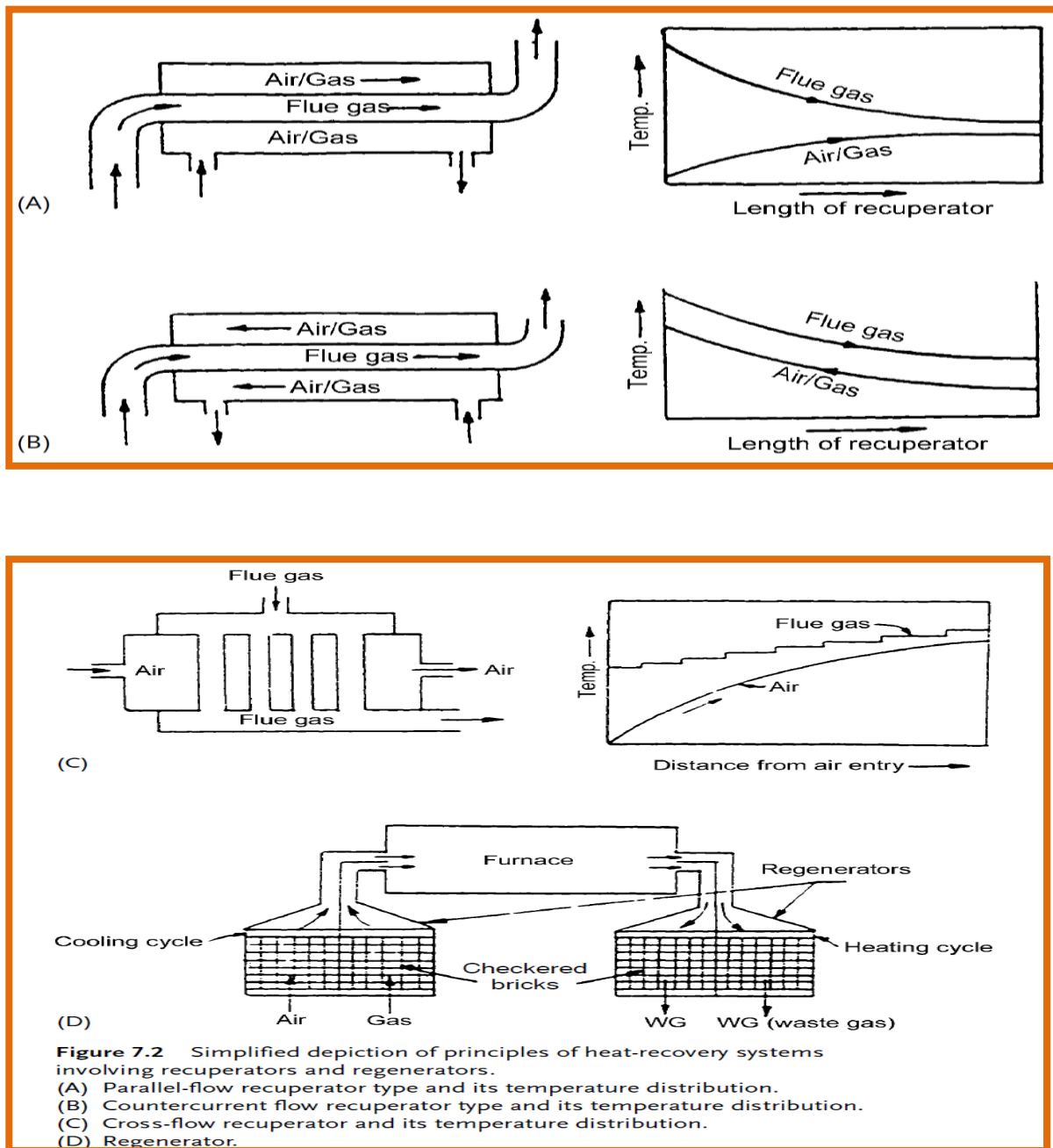


Figure 7.2 Simplified depiction of principles of heat-recovery systems involving recuperators and regenerators.
 (A) Parallel-flow recuperator type and its temperature distribution.
 (B) Countercurrent flow recuperator type and its temperature distribution.
 (C) Cross-flow recuperator and its temperature distribution.
 (D) Regenerator.

Рис. 2.1. Принципиальные схемы утилизации тепла отходящих газов в рекуператорах и регенераторах

- А – параллельное движение газов в рекуператорах
- В – противоточное движение газов в рекуператорах
- С – батарейные рекуператоры
- Д - регенератор

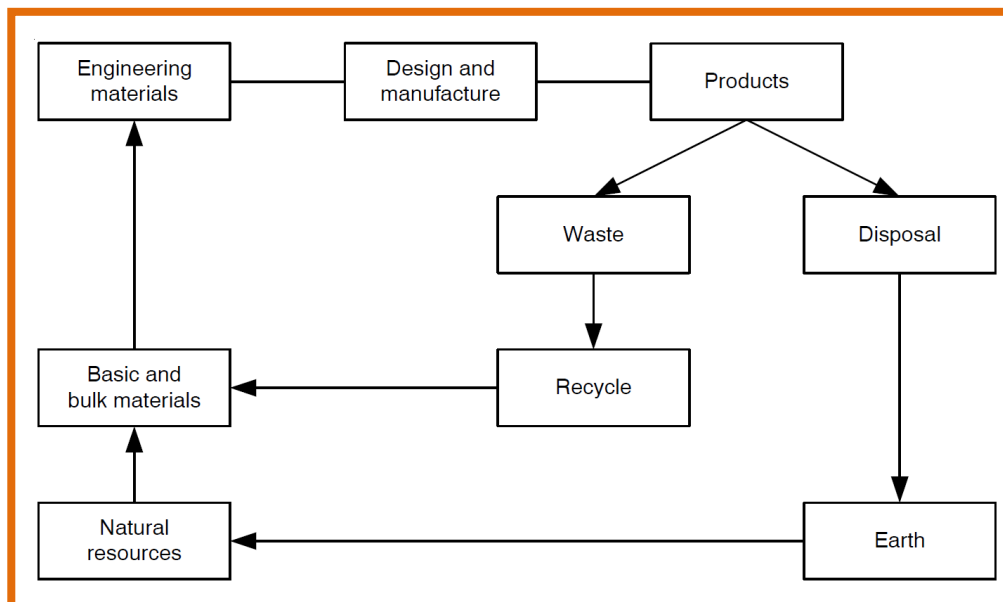


Рис. Принципиальная схема оборота ресурсов

Природные ресурсы (полезные ископаемые) являются невозобновимыми источниками. Следовательно вопросы ресурсосбережения на сегодняшний день являются весьма актуальными. На рис. 2.2 приведена упрощённая схема цикла оборота ресурсов. По данному циклу природные ресурсы, извлечённые из земли подвергаются переработке с целью извлечения основного ценного компонента из которого изготавливаются товары народного потребления. После окончания срока службы товары народного потребления подвергаются повторной переработке. Повторная переработка сырья требует энергозатрат. Существует взаимосвязь между тремя составляющими: ресурсы, энергия и окружающая среда. На каждом этапе цикла переработки происходят потери энергии, которые составляют около 50-70% от общего объёма затрачиваемой энергии⁵.

2.2 Ресурсосбережения

Одним из методов ресурсосбережения, является замена одних материалов другими со схожими свойствами, но более дешёвыми и не дефицитными. Ниже приводятся примеры замещения одних материалов другими:

- а) алюминий по стоимости дешевле, а по распространённости в земной коре больше чем медь, может быть заменителем меди в электротехнике, керамика может быть использована вместо высокотемпературных сплавов в газотурбинных двигателях;
- б) применений не металлов вместо металлов, например пластмасса может быть использована вместо цинка или алюминия при производстве различных коррозионностойких контейнеров;

⁵ TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 1376

в) применений возобновляемых материалов, вместо невозобновляемых, например применение древесины вместо металлических материалов в строительных целях и т.п.

При замене материалов на более дешёвые и возобновляемые необходимо учитывать ряд факторов:

- время, необходимое для эффективного осуществления такой замены;
- способов обработки заменяемого материала и его влияние на технологию производства.

При учёте этих факторов может быть выявлено, что замена материалов будет не эффективна, например, нет материалов, которые могли бы заменить сталь в различных конструкционных материалах.

В таких случаях проблема ресурсосбережения решается повторным использованием материалов (металлов), что позволяет замедлить процесс истощения первичных ресурсов. Такой процесс называется – рециклингом металлов.

Утилизация ресурсов, в данном случае металлов позволяет увеличить запасы имеющегося металла и сократить расходы невозобновляемых источников. Основная цель утилизации, является повторное использование металлов, уже извлечённых из земных ресурсов, путём вовлечения их в производственный цикл. Ресурсосбережение направлено не только на сохранение невозобновимых источников, но также на решение экологии и напрямую связано с социальными аспектами.

Обычно термин рециклинг применяется чаще всего для бытовых отходов. Но в последние годы данный термин стал применяться и для промышленных отходов, в том числе и металлов, находящихся в виде лома и отходов металлургического производства. Потребность в утилизации металлов возникает из соображений рационального использования невозобновимых природных ресурсов.

При утилизации или рециклинге металлов существует ряд факторов, на которые необходимо обращать внимание при организации производства по переработке вторичного металлосодержащего сырья, к ним относятся следующие:

- физические свойства исходного сырья;
- химический состав исходного сырья;
- степень засоренности или загрязнения нежелательными материалами;
- наличие постоянного источника сырья;
- стоимость исходного сырья.

2.3 Утилизация и рециклинг металлов

Когда невозобновляемые минеральные ресурсы обрабатываются для извлечения металлов и добытые металлы, используются различными способами и в различных формах, они становятся потенциально доступны для рециркуляции и утилизации. Переработанные металлы производимые по схеме добыча, первичная переработка и переработка металлических отходов,

получили название вторичные металлы. Классификация вторичной переработки металлосодержащих ресурсов, таких как лом и отходы изображен на рис. 2.3. Данная классификация основана на экономической целесообразности переработки и степени доступности.

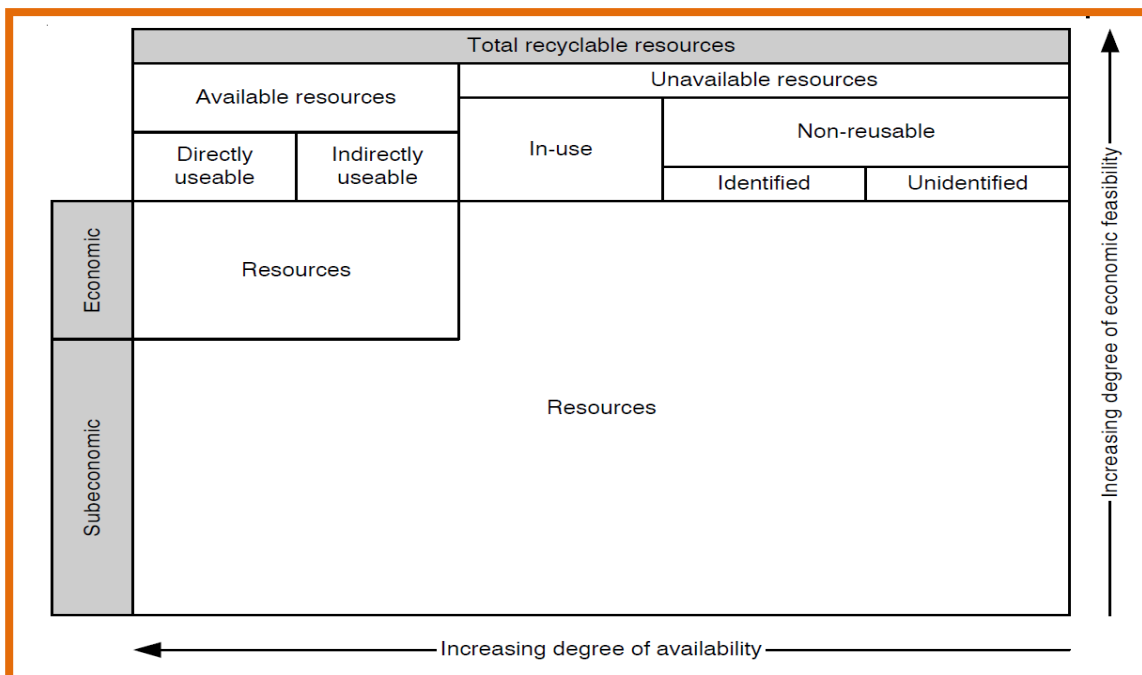


Рис. 2.3 Классификация вторичной переработки металлосодержащих ресурсов

Металлы произведённые из первичного рудного (невозобновляемые источники) сырья не составляют весь объём ресурсной базы металлов мира. Мировая ресурсная база металлов кроме металлов произведённых из первичной рудной базы, включает в себя вторичные металлосодержащие материалы (оборотные источники). Хотя общий объём ресурсов, потенциально доступных для извлечения металлов остаётся неизменным, относительная доля ресурсов, принадлежащих к двум категориям непрерывно меняется.

Взаимосвязь между невозобновляемыми источниками и оборотными материалами показана рис. 2.4.

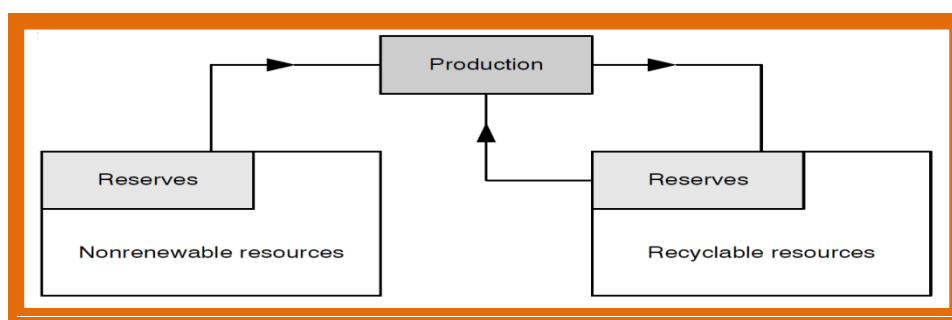


Рис. 2.4. Схема взаимосвязи невозобновляемых источников и оборотными металлосодержащими материалами

Вторичный металл, извлеченный из лома является более концентрированным и более чистым чем извлеченное из первичного сырья. Причиной этого является то, что лом находится уже в металлической форме, и требует только очистки, которая в большинстве случаев требует только переплавки сырья. Исходя из этого производство вторичных металлов меньшее количество операций и соответственно потребляет меньшее количество энергии, что приводит в конечном счёте меньшему загрязнению окружающей среды. Например, для производства 1 тонны меди из руды расходуется около 116 ГДж энергии, в то время как потребление энергии для производства вторичного металла составляет лишь около 19 ГДж⁶.

Сырьевой базой для производства вторичного металла может металлосодержащий лом и отходы различного происхождения. Металлосодержащий лом классифицируется на следующие группы:

- лом образующийся при производстве металла или металлообработке (так называемый “новый лом”);
- амортизационный лом (так называемый “старый лом”), образующийся в результате истечения срока службы различных металлосодержащих изделий (лом морально и физически изношенных машин и механизмов, металлических конструкций и т.п.)

Первая группа составляет большую часть отходов и включает в себя лом и отходы металлургического и металлообрабатывающего производств. К первой группе лома и отходов, также относится бытовой лом (образующийся в процессе производства первичного или вторичного металла). Количество бытового лома и лома и отходов металлургического и металлообрабатывающих производства напрямую связаны с уровнем производства и потребления металлосодержащих изделий народного потребления. Данный вид лома может быть с относительной лёгкостью переработан на самом предприятии, где он образовался.

К второй группе относится лом, образующийся после истечения срока службы или морального устаревания различных машин, механизмов, компонентов содержащих металл, так называемый амортизационный лом. К такому виду лома можно отнести старые автомобили, устаревшие электронные устройства, железнодорожные вагоны, суда и т.п. Количество амортизационного лома зависит от срока службы металлосодержащего источника (например, срок службы автомобилей может быть 10-12 лет, свинцово-кислотных батарей 2-4 года, металлические банки для напитков и консервов, несколько месяцев).

Лом первой группы (новый лом), является относительно чистым (высого качества), образуется в определённых местах, может быть легко собран, отсортирован и переработан на месте образования. Амортизационный лом

⁶ TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 1500

по сравнению с ломом первой группы имеет менее низкое качество (загрязнён краской, органическими продуктами, неметаллическими включениями) и требует дополнительной подготовки (сортировки) перед металлургической переработкой.

Тем не менее, в будущем, старые свалки металлолома могут быть важными источниками вторичных металлов. Производство продаваемого вторичного металла из амортизационного лома (старого лома) является гораздо более энергоёмкий, чем его производство из “нового лома”, но гораздо менее энергоёмкой по сравнению с производством первичного металла.

Контрольные вопросы

1. Утилизация тепла отходящих газов металлургических печей.
2. Взаимосвязи неозобновляемых источников и оборотными металлосодержащими материалами
3. Утилизация и рециклинг металлов

Использованная литература

1. Chiranjib Kumar Gupta Chemical Metallurgy: Principles and Practice. Copyright, 2003. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
2. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN, 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
3. J.W. Newkirk Advanced methods and Technologies in Metallurgy (Wit Transaction on Ecology and the Environment). Wit Pr/Computational mechanics, 2015.
4. Санакулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. –Т.: ФАН, 2009. – 405 с.

3-тема: Очистка отходящих газов металлургических печей

План:

1. Состав сульфидных руд цветных металлов
2. Очистка газов от пыли
3. Гидрометаллургический способ переработки пыли

Ключевые слова: Сульфидные руды, проблема загрязнения ртутью, процесс Одда, процессе Voliden, процесс Санкт-Джо, цинксодержащая пыль, переработка в вельц-печах, утилизация мышьяка, очистки от пыли, очистка в пылевых камерах, очистка в циклонах, сушка фильтрационных корок, фильтрация кеков, съём кеков, утилизация воды.

3.1 Состав сульфидных руд цветных металлов

Сульфидные руды цветных металлов в своём составе кроме основного целевого металла содержат большое количество летучих элементов, которые переходят в газовую фазу, к таким элементам относятся ртуть, мышьяк, селен и теллур. Все летучие элементы за исключением ртути собираются в системе очистки пыли. Проблема загрязнения ртутью особенно актуально для цинковых заводов. Ртуть содержащаяся в цинковых концентратах улетучиваются при обжиге сульфидных цинковых концентратов и загрязняет серную кислоту, которая изготавливается из диоксида серы. Исходя из этого актуальной проблемой является очистка отходящих газов от ртути. В настоящее время широко используются следующие виды очистки газов от ртути:

- процесс компании Outokumpu (Финляндия), используемый на цинковом заводе компании в Коккола. Газы, очищаются с помощью концентрированной серной кислоты, в результате чего ртуть растворяется в виде сульфата ртути. После нескольких операций по рециркуляции, концентрация ртути достигает уровня насыщения таким образом, что кристаллы сульфата ртути выпадают из раствора;

- процесс Олда, используемый Det Norske Zinkkompani в Норвегии в сотрудничестве с Voliden Кеми, газы подвергаются мокрой очистки с раствором хлоридов, которые вступают в реакцию с ртутью, получая нерастворимый хлорид ртути, который отделяется фильтрацией;

- процессе Voliden, разработанной компанией Voliden Кеми Company в Швеции, фильтр содержащие аморфный селен используются для фильтрации газов. Ртуть, содержащийся в газе осаждается на фильтре в виде селенида ртути (HgSe).

- процесс Санкт-Джо, разработанный Санкт-Джо Mineral Corporation, США, в настоящее время в эксплуатации на цинковом заводе компании Монаса, штат Пенсильвания. Контролируемое количество сероводорода впрыскивается в поток ртутьсодержащих газа для осаждения сульфида ртути, который затем отделяют в виде суспензии в моечной башне. После удаления основной части ртути описанным выше способом, серная кислота, полученная из газов содержит следы ртути, которые могут быть удалены в виде осадка иодида ртути при добавке иодида калия. Эта технология была разработана Toho Zinc Company в Японии.

3.2 Очистка газов от пыли

При проведение металлургических процессов пыль образуется по двум различным механизмам. По первому механизму пыль образуется за счёт высокой упругости некоторых элементов при высоких температурах в металлургической печи они возгоняются, а затем при понижении температуры в газоходной системе они конденсируются и в виде мельчайших частиц уносятся вместе с пылью (химическое образование пыли). Образование химической пыли зависит от нескольких факторов: температуры процесса, состава конденсированных фаз, охлаждения газа и состава газа.

По второму механизму пыль образуется за счёт механического уноса потоком технологических газов мелких твёрдых дисперсных частиц концентрата или шихты (механический унос пыли). На механический унос пыли влияют следующие факторы: гранулометрический состав перерабатываемого сырья, система загрузки сырья в металлургические агрегаты, скорость газов и способ отсоса отходящих газов. Исходя из вышесказанного пыль имеет сложный состав.

Пыль как правило собирается в одном газоочистном устройстве, которое работает при относительно низкой температуре. Пыль может быть как в сухой форме так и в виде шлама (при мокрой пылеочистке). Сложный и неоднотипный состав пыли не часто не позволяет его рециркуляцию, а наличие в пыли таких элементов как цинк и свинец переводит их в категорию опасных отходов.

Существует много способов по гидрометаллургической переработке пыли. Однако, сложный состав пыли затрудняет его переработку с экономической целесообразностью и эти технологии не нашли широкого применения. Исключением может быть гидрометаллургическая технология переработки пыли образующаяся при пирометаллургической переработке медного концентрата на заводах Saganoseki Smelter and Refinery и Kosaka Smelter в Японии. Что касается пыли, образующаяся при производстве стали их переработка может осуществляться только пирометаллургическими процессами. Например цинк содержащая пыль из процессов электродуговой плавки стали, перерабатывается в вальц-печах. В старнах Северной Европы цинк содержащие пыли сталеплавильного производства перерабатываются в плазменных печах процесса Scandust AB (рис 3.1.)⁷.

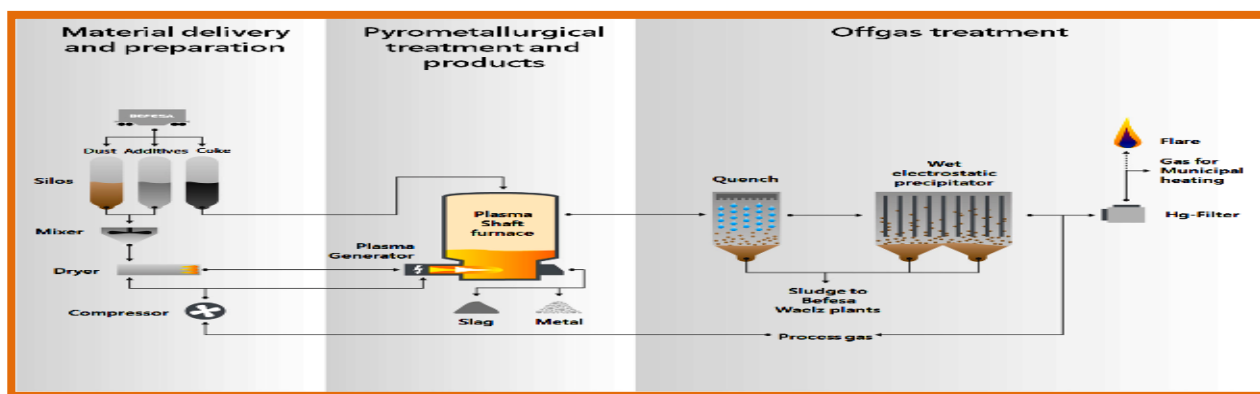


Рис. 3.1. Технология Scandust AB

Цинк и свинец содержащие отходы могут быть переработаны в процессе Tetronics plasma (рис 3.2) или в пламенном реакторе Horsehead (рис. 3.3).



Рис. 3.2. Общий вид печи технологии Tetronics plasma (Великобритания)

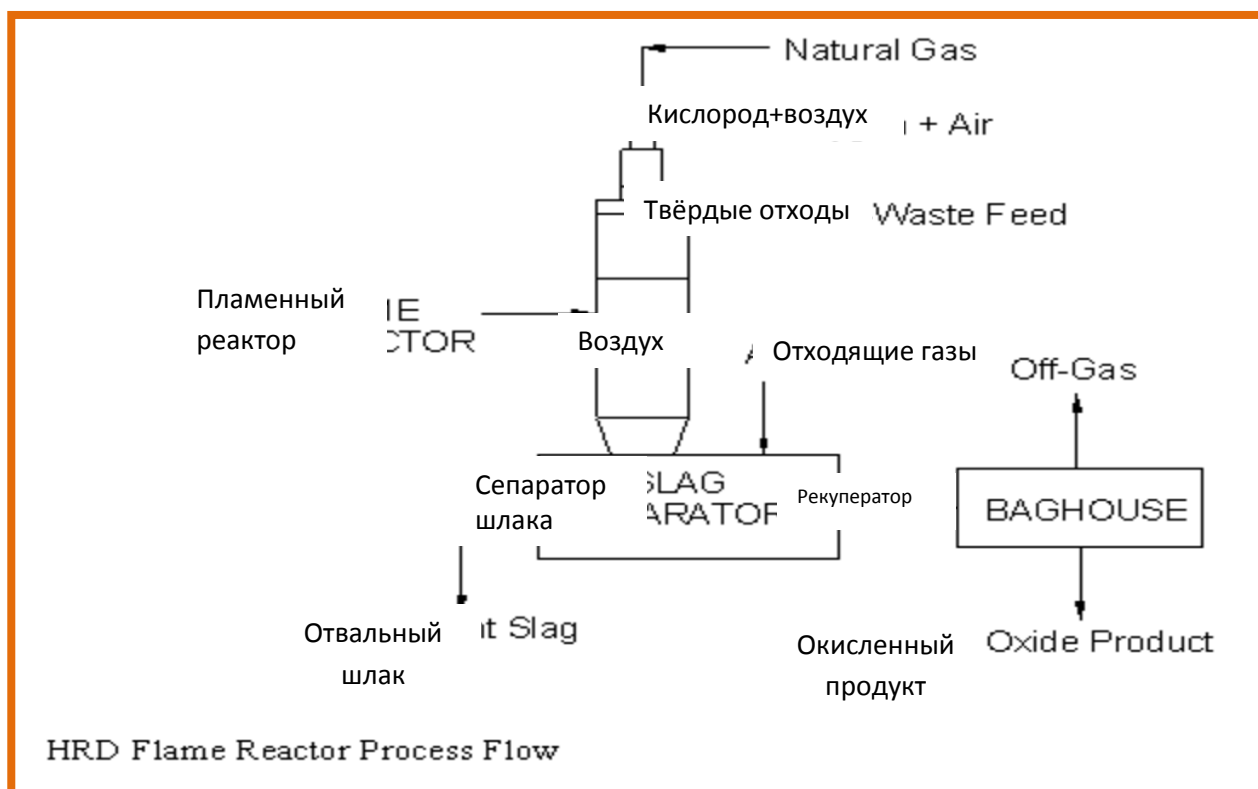


Рис. 3.3. Схема переработки цинк и свинец содержащих отходов в пламенном реакторе Horsehead

На металлургических предприятиях для улучшения экологической обстановки необходимо организовывать мероприятия по контролированию пылеобразования и свести количество пыли к минимуму. Для контроля образования пыли в металлургической промышленности существуют следующие методы:

- регулирование количества подсосов воздуха в газоходную систему для регулирования состава газовой фазы;
- выбор правильного метода охлаждения газа;

- селективной разделение пыли по отдельным стадиям процесса в разные промежутки времени;
- правильное сочетание методов очистки газов, работающих при выбранных температурах.

В качестве примера очистки газов от опасных неорганических соединений можно привести очистку колошниковых газов обжиговых печей от трёхоксида мышьяка. Мышьяк переходит в газовую фазу при обжиге мышьяк содержащих сульфидных концентратов. Самым прочным мышьяксодержащим минералом является мышьяковистый аппатит (известный также под названием свабитт) $\text{Ca}_5 (\text{AsO}_4)_3\text{F}$. Способ утилизации мышьяка показан на рис. 3.4.

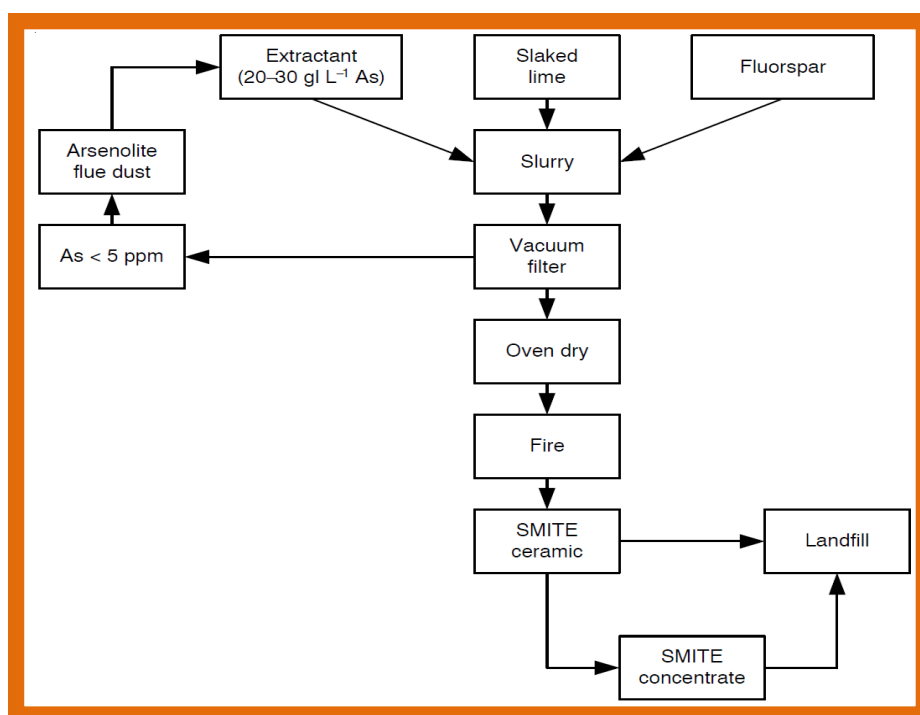


Рис. 3.4 Технологическая схема очистки отходящих газов от трёхоксида мышьяка

Методы очистки от пыли зависят главным образом от размера частиц пыли, температуры и содержания влаги в газе. Используемые методы разделяются на сухие и мокрые. Сухие способы основаны на осаждении частиц пыли из газового потока за счёт сил тяжести частичек пыли - гравитационные методы: очистка в пылевых камерах, циклонах; отделение частиц пыли на пористых перегородках - фильтры (рукавные фильтры, электростатические фильтры). Мокрые способы на смачивании частиц пыли в газовом потке иосаждения их за счёт силы тяжести. Мокрые способы пылеочистки осуществляются в скрубберах⁸.

⁸ TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 1586

В принципе, влажная уборка предпочтительнее сухой чистке, из-за чрезмерного износа, связанного с и трудности в обращении с тонкой пыльный материал удален в сухих методов. Влажные методы, однако, должны последовать такие операции, как фильтрация, сушка фильтрационных корок и утилизации воды.

Мокрые способы очистки пыли предпочтительнее сухих способов, так как при использовании сухих способов сложно уловить частицы тонкой пыли. Однако после мокрых методов очистки пыли необходимо применение дополнительных операций – фильтрация, сушка, съём кеков, утилизация воды.

Контрольные вопросы

1. Состав сульфидных руд цветных металлов
2. Какими методами проводятся очистка газов от пыли?
3. Какие условия должны иметь гидрометаллургический способ переработки пыли?

Использованная литература

1. Chiranjib Kumar Gupta Chemical Metallurgy: Principles and Practice. Copyright, 2003. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
2. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN, 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
3. J.W. Newkirk Advanced methods and Technologies in Metallurgy (Wit Transaction on Ecology and the Environment). Wit Pr/Computational mechanics, 2015.
4. Санакулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. –Т.: ФАН, 2009. – 405 с.
5. К.С. Санакулов, А.С. Хасанов Переработка шлаков медного производства. –Т.: ФАН, 2007. -256 с.

IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-практическое занятие:

Современное состояние и перспективы внедрения энергосберегающих автогенных процессов в металлургии меди

Цель работы: ознакомить слушателей с расчетом материального баланса восстановительно-сульфидирующей плавки окисленной никелевой руды на штейн.

Задание: Рассчитать средний состав шихты. Химический состав окисленной никелевой руды, %: 1,0 Ni_p; 12,1 MgO_p; 32,8 SiO_{2p}; 5,0 Al₂O_{3p}; 10,0 Fe_p; 3,0 CaO_p; 6,1 прочие (Пр_p); 30,0 – влага (H₂O_p). Состав сухой руды, %: 1,43 Ni_p; 17,3 MgO_p; 46,86 SiO_p; 7,14 Al₂O_{3p}; 14,28 Fe_p; 4,28 CaO_p; 8,71 Пр_p (см. табл. 4).

Пример для выполнения практических занятий.

Пример: Химический состав окисленной никелевой руды, %: 1,0 Ni_p; 12,1 MgO_p; 32,8 SiO_{2p}; 5,0 Al₂O_{3p}; 10,0 Fe_p; 3,0 CaO_p; 6,1 прочие (Пр_p); 30,0 – влага (H₂O_p)

При агломерации влага полностью будет удалена. Состав сухой руды, %: 1,43 Ni_p; 17,3 MgO_p; 46,86 SiO_p; 7,14 Al₂O_{3p}; 14,28 Fe_p; 4,28 CaO_p; 8,71 Пр_p (см. табл. 4).

Расчет проводится на 100 кг сухой руды.

Плавка с гипсом.

Гипс (CaSO₄·2H₂O) содержит 18,6% (S_г). В качестве восстановителя используется кокс, содержащий 85% углерода (C_к).

Химический состав известняка, %: 53 CaO_{изв}, 2 SiO_{2изв}. Расчет проводится на штейн, содержащий 18% Ni_{шт}, 20 % S_{шт}, 62% Fe_{шт}.

Определение количества и состава штейна.

По данным практики принимаем извлечение никеля в штейн $\varepsilon_{Ni}^{шт} = 85\%$.

В штейн перейдет никеля $\sigma_{Ni}^{шт} = \sigma_{Ni}^p \cdot 0,01 \cdot \varepsilon_{Ni}^{шт} = 1,43 \cdot 0,01 \cdot 85 = 1,22 \text{ кг}$. Тогда

количество штейна: $\sigma_{шт} = \frac{\sigma_{Ni}^{шт}}{0,01 \cdot Ni_{шт}} = \frac{1,22}{0,1 \cdot 18} = 6,78 \text{ кг}$.

Состав и количество штейна приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Состав и количество штейна.

| Компоненты | Количество | | Содержание | |
|------------|--------------------|------|------------------|--------|
| | Обозначение | кг | Обозначение | кг |
| Ni | $\sigma_{Ni}^{шт}$ | 1,22 | Ni _{шт} | 18,00 |
| S | $\sigma_S^{шт}$ | 1,35 | S _{шт} | 20,00 |
| Fe | $\sigma_{Fe}^{шт}$ | 4,21 | Fe _{шт} | 62,00 |
| Всего | $\sigma_{шт}$ | 6,78 | | 100,00 |

Определение необходимых количеств гипса и кокса.

По данным практики примем десульфуризацию при плавке D_s .50% (без учета серы, содержащейся в коксе).

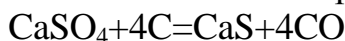
С гипсом требуется ввести серы:

$$\sigma_s^r = \frac{\sigma_s^{шт}}{0,01 \cdot (100 - D_s)} = \frac{1,35}{0,01 \cdot 50} = 2,7 \text{ кг}$$

Гипса требуется:

$$\sigma^r = \frac{\sigma_s^2}{0,01 \cdot S^r} = \frac{2,7}{0,01 \cdot 18,6} = 14,52 \text{ кг}$$

Количество кокса определяется из стехиометрии реакции:



$$\sigma_k = \frac{\sigma_s^r}{A_s} \cdot \frac{4A_c}{0,01 \cdot C_k} = \frac{2,7}{32} \cdot \frac{4 \cdot 12}{0,01 \cdot 85} = 4,76 \text{ кг}.$$

Расчет состава самоплавкого шлака.

В шлак полностью переходят MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , CaO . Железо распределяется между шлаком и штейном. В шлак перейдет железа:

$$\sigma_{Fe}^{шт} = \sigma_{fe}^p - \sigma_{Fe}^{шт} = 14,28 - 4,21 = 10,07 \text{ кг}$$

В пересчете на FeO это составит:

$$\sigma_{FeO}^{шт} = \sigma_{Fe}^{шт} \cdot \frac{M_{FeO}}{A_{Fe}} = 10,07 \cdot \frac{71,8}{55,8} = 13 \text{ кг}$$

Оксид кальция, получающийся при взаимодействии гипса с оксидами никеля и железа, полностью переходит в шлак.

Количество его рассчитывается по сере:

$$\sigma_{CaO}^r = \frac{\sigma_s^r}{A_s} \cdot M_{CaO} = \frac{2,7}{32} \cdot 56 = 4,72 \text{ кг}.$$

Всего в шлак перейдет оксида кальция:

$$\sigma_{CaO}^{шт} = \sigma_{CaO}^p + \sigma_{CaO}^r = 4,28 + 4,72 = 9,0 \text{ кг}.$$

Примем, что прочие руды на 50% удаляются в отходящие газы. Тогда в шлак перейдет прочих:

$$\sigma_{np}^{шт} = \sigma_{np}^p \cdot 0,5 = 8,71 \cdot 0,5 = 4,35 \text{ кг}$$

Состав и количество самоплавкого шлака приведены в табл.4.

Таблица 4

Состав и количество самоплавкого шлака.

| Компоненты | Количество | | Содержание | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------|---|-------|
| | Обозначение | кг | Обозначение | кг |
| SiO_2 | $\sigma_{SiO_2}^{шт.с}$ | 46,85 | $\text{SiO}_2^c_{шт}$ | 48,00 |
| FeO | $\sigma_{FeO}^{шт.с}$ | 13,00 | $\text{FeO}^c_{шт}$ | 13,31 |
| $\text{CaO} + \text{MgO}$ | $\sigma_{CaO, MgO}^{шт.с}$ | $9,0 + 17,3 = 26,3$ | $\text{CaO}^c_{шт} + \text{MgO}^c_{шт}$ | 26,93 |

| | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-------|--|--------|
| Al ₂ O ₃ | $\sigma_{Al_2O_3}^{шл.с}$ | 7,14 | Al ₂ O ₃ ^с _{3шл} | 7,31 |
| Прочие | $\sigma_{пр.}^{шл.с}$ | 4,35 | Пр ^с _{шл} | 4,45 |
| Всего | $\sigma_{шл}^с$ | 97,65 | - | 100,00 |

В промышленных шлаках содержание FeO обычно составляет 10-16%, SiO₂ 42-44%, CaO около 20%. Самоплавкий шлак не соответствует этим составам шлаков.

Расчет требуемого количества известняка.

Примем содержание кремнезема в шлаке 44% (SiO₂_{шл}).

Для расчета требуемого количества известняка составим баланс по кремнезему. Количество шлака после добавки известняка составляет:

$$\sigma_{шл} = \sigma_{шл}^с = 0,01 \cdot (\text{CaO}_{изв} + \text{SiO}_2) \cdot \sigma_{изв}.$$

Количество кремнезема в шлаке составляет:

$$\sigma_{SiO_2}^{шл} = \sigma_{шл} \cdot 0,01 \cdot \text{SiO}_2_{шл} = (\sigma_{шл}^с + 0,01 \cdot (\text{CaO}_{изв} + \text{SiO}_2_{изв}) \cdot \sigma_{изв}) \cdot 0,01 \cdot \text{SiO}_2_{шл}$$

Кремнезем поступает в шлак из руды и известняка. Тогда баланс по кремнезему можно представить в виде:

$$\sigma_{SiO_2}^{шл} = \text{SiO}_2_{р} + 0,01 \cdot \text{SiO}_2_{изв} \cdot \sigma_{изв},$$

$$(\sigma_{шл}^с + 0,01 \cdot (\text{CaO}_{изв} + \text{SiO}_2_{изв}) \cdot \sigma_{изв}) \cdot 0,01 \cdot \text{SiO}_2_{шл} = \text{SiO}_2_{р} + 0,01 \cdot \text{SiO}_2_{изв} \cdot \sigma_{изв};$$

$$(97,65 \cdot 0,01(53+2) \cdot \sigma_{изв}) \cdot 0,01 \cdot 44 = 46,86 + 0,01 \cdot 2 \cdot \sigma_{изв}.$$

Решая уравнение, получим: $\sigma_{изв} = 17,54$ кг.

Состав и количество отвального шлака представлены в табл.5.

Таблица 5 – Состав и количество отвального шлака.

| Компоненты | Количество | | Содержание | |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|--------|
| | Обозн-е | кг | Обозн-е | кг |
| SiO ₂ | $\sigma_{SiO_2}^{шл.с}$ | 46,86+0,02·17,54=47,21 | SiO ₂ _{шл} | 44,0 |
| FeO | $\sigma_{FeO}^{шл.с}$ | 13,00 | FeO _{шл} | 12,12 |
| CaO+MgO | $\sigma_{CaO,MgO}^{шл.с}$ | 9,0+17,3+0,53·17,54=35,6 | CaO _{шл} +MgO _{шл} | 33,18 |
| Al ₂ O ₃ | $\sigma_{Al_2O_3}^{шл.с}$ | 7,14 | Al ₂ O ₃ _{шл} | 6,65 |
| Прочие | $\sigma_{пр.}^{шл.с}$ | 4,35 | Пр. _{шл} | 4,05 |
| Всего | $\sigma_{шл}$ | 107,30 | - | 100,00 |

Плавка с использованием пирита.

Расчет баланса плавки с использованием в качестве сульфидизатора пирита аналогичен расчету с гипсом. Единственное отличие заключается в том, что отпадает потребность в коксе, т.к. пирит не требует восстановления. Химический состав безмедистого пирита: 44 Fe_n, 50 S_n. Примем содержание никеля в штейне 15% (Ni_{шт}), серы 23% (S_{шт}), извлечение никеля в штейн $\varepsilon_{Ni}^{шт} = 88\%$, десульфуризация при плавке D_s=40%.

Количество штейна:

$$\sigma_{um} = \frac{Ni_p \cdot \varepsilon_{Ni}^{um} \cdot 0,01}{0,01 \cdot Ni} = \frac{1,43 \cdot 0,01 \cdot 88}{0,01 \cdot 15} = 8,39 \text{ кг}$$

Количество серы в штейне:

$$\sigma_s^{um} = 0,01 \cdot S_{шт} \cdot \sigma_{шт} = 0,01 \cdot 23 \cdot 8,39 = 1,93 \text{ кг.}$$

Требуемое количество пирита:

$$\sigma_{II} = \frac{\sigma_{um}^s}{0,01(100 - D_s) \cdot S_{п} \cdot 0,01} = \frac{1,93}{0,01(100 - 40) \cdot 0,01 \cdot 50} = 6,43 \text{ кг.}$$

Далее следует расчет, аналогичный расчету на с.12.

Контрольные вопросы

1. Как проводится плавка с гипсом?
2. Как определяется количество и состав штейна?
3. Как можно определить необходимые количества гипса и кокса?
4. Как можно рассчитать состава самоплавкого шлака?
5. Расчет требуемого количества известняка.
6. Каким образом можно произвести плавку с использованием пирита?

Использованная литература

1. W. Newkirk Advanced methods and Technologies in Metallurgy (Wit Transaction on Ecology and the Environment). Wit Pr/Computational mechanics, 2015, p. 201
2. Санакулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. –Т.: ФАН, 2009. – 405 с.
3. К.С. Санакулов, А.С. Хасанов Переработка шлаков медного производства. –Т.: ФАН, 2007. -256 с.

2- практическое занятие:

Очистка отходящих газов металлургических печей

Цель работы: Изучение расчета на основе материального баланса тепловой баланс конвертирования. Расчет среднего состава шихты, материального баланса, теплового баланса (приход тепла, расход тепла) процесса конвертирования. Тепло для расплавления холодных присадок, тепловой баланс второго периода конвертирования.

Задание: Рассчитать тепловой баланс первого и второго периодов конвертирования. Химический состав окисленной никелевой руды, %: 1,0 Ni_p; 12,1 MgO_p; 32,8 SiO_{2p}; 5,0 Al₂O_{3p}; 10,0 Fe_p; 3,0 CaO_p; 6,1 прочие (Pr_p); 30,0 – влага (H₂O_p)

Пример для выполнения практических занятий

Пример: Тепловой баланс I периода.

На основании материального баланса приведённого выше рассчитаем тепловой баланс, исходя при этом из следующих данных практики и исследований:

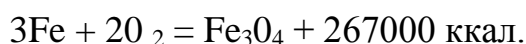
| | $t, ^\circ\text{C}$ | $C_p, \text{ккал}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ |
|-------------------|---------------------|---|
| Штейн | 1100 | 0,24 |
| Воздух | 50 | 0,24 |
| Конвертерный шлак | 1180 | 0,29 |
| Белый штейн | 1200 | 0,18 |
| Черновая медь | 1220 | 0,108 |

Приход тепла

1. Тепло горячего штейна $269700 \cdot 1100 \cdot 0,24 = 71,2 \cdot 10^6$ ккал.
2. Тепло воздуха $363900 \cdot 50 \cdot 0,24 = 4,4 \cdot 10^6$ ккал.
3. Тепло реакций окисления железа (расчет ведем по железу). Железо штейна в процессе конвертирования окисляется до Fe_3O_4 и FeO . Примем, что со штейном кислород поступит в виде Fe_3O_4 . В штейне имеется 12,4 т кислорода и $12,4 \cdot 167,55 : 64 = 32,5$ т железа, связанного с кислородом. В конвертерном шлаке имеется 38,6 т железа, окисленного до Fe_3O_4 . Всего в процессе I периода до Fe_3O_4 окислится:

$$38,6 - 32,5 = 6,1 \text{ т железа.}$$

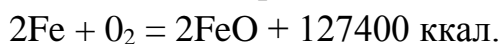
Окисление идет по реакции:



Выделится тепла:

$$6100 \cdot 26700 : 167,55 = 9,7 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Остальное железо окислится до FeO по реакции



При этом выделится тепла:

$$127400 : 111,7 \cdot 83300 = 95,3 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

4. Тепло реакций окисления серы $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2 + 70960$ ккал, выделится тепла:

$$70960 : 32 \cdot 42700 = 94,7 \cdot 10^6 \text{ ккал;}$$

$2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_3 + 188900$ ккал, выделится тепла

$$188900 : 64 \cdot 7100 = 21 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

5. Тепло реакций шлакообразования $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2 + 11900$ ккал выделится тепла:

$$11900 : 111,7 \cdot 83300 = 8,9 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

6. Физическое тепло кварцевого песка:

$$84000 \cdot 0,29 \cdot 25 = 0,6 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Таким образом, всего приход тепла составит:

$$(59,3 + 4,4 + + 9,7 + 95,3 + 94,7 + 21 + 8,9 + 0,6) \cdot 10^6 = 293,90 \cdot 10^6 \text{ ккал}$$

Расход тепла

1. Тепло белого матта $60800 \cdot 1200 \cdot 0,18 = 13,1 \cdot 10^6$ ккал

2. Тепло шлака $254000 \cdot 1180 \cdot 0,29 = 86,9 \cdot 10^6$ ккал.

3. Тепло газов при температуре 1150°C

$$\text{SO}_2 \quad 29890 \cdot 624,7 \text{ ккал/м}^3 = 18,7 \cdot 10^6$$

$$\text{SO}_3 \quad 4956 \cdot 1018,6 \text{ ккал/м}^3 = 5,0 \cdot 10^6$$

$$\text{N}_2 \quad 224160 \cdot 389,55 \text{ ккал/м}^3 = 87,3 \cdot 10^6$$

$$\text{O}_2 \quad 2940 \cdot 411,1 \text{ ккал/м}^3 = 1,2 \cdot 10^6$$

$$\text{Итого} \quad 112,2 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

4. Тепло эндотермических реакций.

По реакции $\text{FeS} \rightarrow \text{Fe} + \text{S} - 22720$ ккал расходуется тепла:

$$22720 : 55,85 \cdot 83300 = 34 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

5. Потери тепла через поверхность конвертора. Поверхность конвертора определяется как поверхность цилиндра диаметром 3,96 и длиной 9,15 м, за вычетом площади горловины $(2 \cdot 3) \text{ м}^2$:

$$F_K = 2 \cdot (3,14 \cdot 3,96^2) : 4 + 3,14 \cdot 3,96 \cdot 9,15 - 2 \cdot 3 = 120,1 \text{ м}^2.$$

Средняя толщина футеровки конвертора $s = 0,5$ м. Футеровка конвертора выполняется из термостойкого хромитомагнезитового кирпича. Теплопроводность λ ее по справочнику при температуре 1200°C равна $2,4$ ккал/(м \cdot ч \cdot $^\circ\text{C}$). Тогда $s : \lambda = 0,5 : 2,4 = 0,21$. По графику потерь тепла кладкой [1] определим, что температура наружной стенки в этом случае равна 240°C , а коэффициент теплопередачи равен $1,3$ ккал/м 2 с.

Таким образом, потери тепла через кладку составят:

$$120,1 \cdot 1,3 \cdot 3600 \cdot 8,5 : 0,72 = 6,6 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Определим потери тепла лучеиспусканием через горловину конвертора. По данным Д. А. Диомидовского и Л. М. Шалыгина, при коэффициенте диафрагмирования $\phi = 0,87$ (для горловины площадью 6 м^2 и толщине стенки $0,50$ м) и температуре внутри конвертора 1300°C находим, что потери тепла через отверстие равны 250000 ккал/(м 2 ч) [1]. Потери тепла через горловину в этом случае составят:

$$250000 \cdot 6 \cdot 8,5 : 0,72 = 17,7 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Всего расход тепла составит:

$$13,1 \cdot 10^6 + 86,9 \cdot 10^6 + 112,2 \cdot 10^6 + 34 \cdot 10^6 + 6,6 \cdot 10^6 + 17,7 \cdot 10^6 = 270,5 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Составляем таблицу теплового баланса I периода конвертирования (табл. 4.2.).

Тепловой баланс I периода конвертирования

| Приход тепла | | | Расход тепла | | |
|------------------|----------------------|-------|--------------------------------|----------------------|-------|
| Статья баланса | ккал•10 ⁶ | % | статья баланса | ккал•10 ⁶ | % |
| Штейн | 71,2 | 23,3 | Белый магг | 13,1 | 4,2 |
| Воздух | 4,4 | 1,4 | Шлак | 86,9 | 28,4 |
| Окисление железа | 105,0 | 34,3 | Газы | 112,2 | 38,2 |
| Окисление серы | 115,7 | 37,8 | Эндотермические реакции | 34,0 | 11,1 |
| Шлакообразование | 8,9 | 3,0 | Потери через кладку | 6,6 | 2,2 |
| Песок | 0,6 | 0,2 | Потери через горловину | 17,7 | 5,8 |
| Итого | 305,8 | 100,0 | Расплавление холодных присадок | 35,3 | 11,5 |
| | | | Итого | 305,8 | 100,0 |

Тепло для расплавления холодных присадок можно частично использовать для плавки концентратов. Если дутье конвертора обогащать кислородом, то расход тепла с отходящими газами значительно снижается, а возможность плавки концентратов соответственно возрастает. На некоторых заводах, таким образом, удается проплавливать, минуя отражательную печь, 40 - 75% всего сырья. По условию работы футеровки фурменного пояса возможно обогащение дутья кислородом до 35% (часто 30%). На 1 т технологического кислорода, поданного в конвертор, удается проплавить около 8 т концентрата. При этом содержание SO₂ в газах возрастает до 7 -8%.

Тепловой баланс II периода***Приход тепла***

1. Тепло белого штейна $13,1 \cdot 10^6$ ккал (по I периоду).
2. Тепло воздуха $75100 \cdot 50 \cdot 0,24 = 0,9 \cdot 10^6$ ккал.
3. Окисление серы:
 - а) $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{Cu} + \text{SO}_2 + 51960$
 $12600 \cdot 51960 : 32 = 20,46 \cdot 10^6$ ккал;
 - б) $\text{Cu}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{Cu} + 2\text{SO}_3 + 150900$;
 $2500 \cdot 150900 : 64 = 5,9 \cdot 10^6$ ккал.
4. Окисление меди $4\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO} + 81200$;
 $1600 \cdot 81200 : 254 = 0,5 \cdot 10^6$ ккал.

Всего приход тепла составит

$$(13,1 + 0,9 + 20,46 + 5,9 + 0,5) \cdot 10^6 = 40,86 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Расход тепла

| | | |
|-----------------------------|---|-------|
| 1. Тепло черновой меди | $1220 \cdot 60 \cdot 500 \cdot 0,108 = 8,0 \cdot 10^6$ | ккал. |
| 2. Тепло газов при 1150° С, | | ккал: |
| SO ₂ | $8820 \cdot 624,7 \text{ ккал/м}^3 = 5,5 \cdot 10^6$ | |
| SO ₃ | $1750 \cdot 1018,6 \text{ ккал/м}^3 = 1,8 \cdot 10^6$ | |
| N ₂ | $46400 \cdot 389,55 \text{ ккал/м}^3 = 18,1 \cdot 10^6$ | |
| O ₂ | $595 \cdot 411,1 \text{ ккал/м}^3 = 0,2 \cdot 10^6$ | |
| Итого | $25,6 \cdot 10^6$ | ккал |

3. Потери тепла через кладку:

$$120,1 \cdot 1,3 \cdot 3600 \cdot 1,9 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

4. Потери тепла через горловину:

$$250000 \cdot 6 \cdot 1,9 = 2,8 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Всего расход тепла составит:

$$(8 + 25,6 + 1,1 + 2,8) \cdot 10^6 = 37,5 \cdot 10^6 \text{ ккал.}$$

Полученные данные сводим в табл. 4.3.

Таблица 4.3.

Тепловой баланс II периода конвертирования

| Приход тепла | | | Расход тепла | | |
|-------------------|----------------------|------|--|----------------------|------|
| Статья баланса | ккал•10 ⁶ | % | статья баланса | ккал•10 ⁶ | % |
| Белый штейн | 13,1 | 26,1 | Черновая я медь | 8,0 | 16,0 |
| Воздух | 0,9 | 2,4 | Отходящие газы | 25,6 | 51,1 |
| Реакции окисления | 28,86 | 71,5 | Потери через кладку | 1,1 | 2,2 |
| Итого | 40,86 | 100 | Потери через горловину | 2,8 | 5,6 |
| | | | Тепло для расплавления холодных присадок | 3,36 | 6,3 |
| | | | Итого | 40,86 | 100 |

В качестве присадок во втором периоде загружают только богатые медью обороты: корки черновой меди, «всплески», проливы и т.д.

Контрольные вопросы

1. Как можно рассчитать тепловой баланс конвертирования?
2. Из каких пунктов состоит расчет прихода тепла?
3. Из каких пунктов состоит расчет расхода тепла?

Использованная литература

1. Chiranjib Kumar Gupta Chemical Metallurgy: Principles and Practice. Copyright, 2003. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
2. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN, 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

V.БАНК КЕЙСОВ

«Кейс-стади» (Case-study) – это система обучения, основывающаяся на анализе, решении и обсуждении реальных и смоделированных (вымышленных) ситуаций. Метод «кейс-стади» интегрирует в себе технологии развивающего обучения, включая процедуры индивидуального, группового и коллективного развития, и формирования различных личностных качеств обучаемых.

Под методом «кейс-стади» понимается активный метод обучения, основанный на организации преподавателем в группе обучающихся обсуждения задания, представляющего собой описание конкретной ситуации с явной или скрытой проблемой.

Кейс-стади (от англ. слова *case* – реальная ситуация) – метод конкретных реальных ситуаций.

Сущность кейс-стади – изучение общих закономерностей на примере анализа конкретных случаев.

Что такое кейс? Кейс – это жизненная история, включающая в себя необходимую информацию: для принятия решения, для разрешения конфликта или проблемы, которая может быть предложена для обсуждения в группе и выявления позиций слушателей по существу вопроса.

Особое место в организации обсуждения и анализа кейса принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма». В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности участников.

1-КЕЙС

| | |
|----------------------------|--|
| Тема: | Утилизация тепла отходящих газов металлургических печей в металлургических комбинатах Республики. |
| Цель: | Выбор оптимального варианта утилизации тепла |
| Задачи: | Изучение утилизации тепла отходящих газов в рекуператорах и регенераторах |
| Результативность обучения: | - Участники имеют представление об утилизации тепла отходящих газов в рекуператорах и регенераторах - Научатся применять в конкретных условиях утилизацию и рециклинг металлов .классификацию вторичной переработки металлосодержащих ресурсов |
| Критерии успешности: | -понимание необходимости совершенствования утилизации тепла отходящих газов в рекуператорах и регенераторах -формирование уверенности в необходимости утилизации тепла в ; -овладение информацией о методе утилизации отходящих газов металлургических печей; -способность доказать важность использования утилизированного тепла в практике управления |

| | |
|------------------------------------|---|
| | производственным процессом; |
| Ключевая идея: | Сущность утилизации и рециклинг металлов |
| Ресурсы, материалы и оборудование: | Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал |

Кейс: В нашей Республике и вообще в мире природные ресурсы (полезные ископаемые) являются невозобновимыми источниками. Утилизация тепла отходящих газов металлургических печей в металлургических комбинатах Республики является весьма актуальным.

Природные ресурсы, извлечённые из земли подвергаются переработке с целью извлечения основного ценного компонента из которого изготавливаются товары народного потребления. Выделяющиеся энергии во время переработки минеральных ресурсов в месте всякими отходящими газами выпускается в атмосферу. Что может привести к разрушению экологии. Решите эту проблему.

Вопросы:

1. Выше указанная ситуация может ли привести к нарушению экологии?
2. Какими способами можно утилизировать тепло отходящих газов?
3. Как можно распространить эту ситуацию?

2-КЕЙС

| | |
|----------------------------|--|
| Тема: | Очистка отходящих газов металлургических печей в условиях АГМК |
| Цель: | Выбор эффективного варианта очистка отходящих газов металлургических печей |
| Задачи: | -изучение состава сульфидных руд цветных металлов. -сравнение процесс компании Outokumpu (Финляндия), процесс Одда, процессе Voliden, процесс Санкт-Джо достоинств и недостатков очистки отходящих газов вариантов получения бескоксовым способом получения чугуна -выбор оптимального варианта очистки газов от пыли. |
| Результативность обучения: | Участники имеют представление о способах очистки газов от пыли. Научатся применять в конкретных условиях процесс компании Outokumpu (Финляндия), процесс Одда, процессе Voliden, процесс Санкт-Джо в горно-металлургических комбинатах. |
| Критерии успешности: | -понимание необходимости совершенствования очистки газов от пыли; -составляются разные варианты очистки газов от пыли; -выбирается наиболее приемлемый вариант для очистки газов от пыли; |
| Ключевая идея: | Выбор оптимального варианта очистки отходящих газов |

| | |
|------------------------------------|---|
| | металлургических печей в условиях АГМК |
| Ресурсы, материалы и оборудование: | Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал |

Кейс: Как известно, что Алмалыкский горно-металлургический комбинат является флагманом цветной металлургии. При проведении металлургических процессов в условиях АГМК пыль образуется по двум различным механизмам. По первому механизму пыль образуется за счёт высокой упругости некоторых элементов при высоких температурах в металлургической печи они возгоняются, а затем при понижении температуры в газоходной системе они конденсируются и в виде мельчайших частиц уносятся вместе с пылью (химическое образование пыли). Образование химической пыли зависит от нескольких факторов: температуры процесса, состава конденсированных фаз, охлаждения газа и состава газа.

По второму механизму пыль образуется за счёт механического уноса потоком технологических газов мелких твёрдых дисперсных частиц концентрата или шихты (механический унос пыли). На механический унос пыли влияют следующие факторы: гранулометрический состав перерабатываемого сырья, система загрузки сырья в металлургические агрегаты, скорость газов и способ отсоса отходящих газов.

В результате вышеуказанного металлургический комбинат выбрасывает множества отходящих газов в атмосферу, который может вызвать нарушения экологии. Решите эту проблему.

Вопросы.

1. Выше указанная ситуация может ли привести к нарушению экологии?
2. Какими способами можно очистить отходящие газы?
3. Как можно распространить эту ситуацию?

VI. ФОРМА И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данной дисциплине должен:

- изучить главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

Темы для самостоятельных работ

1. Методы внепечной обработки стали.
2. Структура сталеплавильного производства.
3. Источники газов. Растворенных в металле.
4. Раскисление и легирование стали.
5. Применение комплексных раскислителей.
6. Производство стали в мартеновских печах.
7. Производство стали в сталеплавильных агрегатах непрерывного действия.
8. Устройство сталеплавильных цехов и организация их работы.
9. Физико-химических свойств перерабатываемых сталеплавильных шлаков
10. Химические свойства шлаков
11. Физические свойства шлака
12. Основные характеристики исходного сырья для выбора и обоснования способов разделения компонентов переработанных сталеплавильных шлаков
13. Фракционный анализ переработанных сталеплавильных шлаков
14. Анализ процессов образования сталеплавильных шлаков
15. Анализ диаграммы состояния систем, образуемых основными компонентами шлаков сталеплавильных процессов

VII. ГЛОССАРИЙ

| Термин | Понятие на русском языке | Понятие на английском языке |
|-------------|--|---|
| АВТОКЛАВ | герметичный аппарат для ускорения проведения физико-химических процессов при нагреве и повышенном давлении. | Autoclave- impermeable аппарат for the acceleration of realization of physical and chemical processes at heating and enhanceable pressure. |
| АБСОРБЦИЯ | Поглощение (извлечение) веществ из газовой смеси всем объемом жидкости (абсорбентом). Абсорбция - один из процессов растворения определенного газа в жидком растворителе. | Absorption (extraction) of substances from gas mixture all volume of liquid (by an absorbent). Absorption - one of processes of dissolution of certain gas in a liquid solvent. |
| АГЛОМЕРАТ | Кусковой материал, продукт агломерации, сырье для черной и цветной металлургии. 2. Соединение в более крупные образования частицы порошков, получаемые адгезией, межчастичным схватыванием или агломерацией, используемые для улучшения технологических свойств порошков | sinter, agglomerate piece material, product of agglomeration, raw material for ferrous and coloured metallurgy. 2. <u>compound</u> in more large formations of particle of sprinkles-of snow of, got adhesion interparticle grasping or agglomeration, use for the improvement of technological properties on powders |
| АГЛОМЕРАЦИЯ | термический процесс окускования мелких материалов (руды, рудных концентратов, содержащих металлы отходов и другие) — составных частей металлургической шихты путем их спекания с целью придания формы и свойств необходимых для плавки. | sintering, agglomeration thermal process sintering fine materials (ores, ore concentrates, soderzhaschih waste metals and other) - the components of metallurgical charge by their spekaniya in order to give shape and properties required for melting. |

| | | |
|------------------------|---|---|
| АДСОРБЦИЯ | гетерогенный процесс на границе раздела фаз (газ, пар — твердое, жидкость) и состоящий в концентрировании (поглощении) вещества (адсорбата) из объема на поверхности или в объеме микро-пор твердого тела (адсорбента) или на поверхности жидкости) | Adsorption heterogeneous process at the interface (gas, vapor - solid, liquid) and consisting in a concentration (absorption) of the substance (adsorbate) of the volume on the surface or in the bulk micro-pore solid (adsorbent) or on the liquid surface) |
| АУСТЕНИТ | Твердый раствор на базе FeC ГЦК -решеткой. Аустенит — одна из основных фаз в сталях и чугунах. | Austenite The solid solution on the basis of FCC FeC -lattice. Austenite - one of the key phases in steels and cast irons. |
| БАДЬЯ | металлическая емкость для транспортировки и послед, загрузки шихты сверху в плавильные агрегаты. Для загрузки вагранок используют цилиндрические опрокидыватели бадьи с открывающимся днищем. | Charging metal container for transport and after loading of the charge in the melting units top. For over-load use cylindrical cupolas tilting tub with openable ends. |
| БИОТЕХНОЛОГИЯ металлов | технология извлечения металлов из руд, концентратов, горных пород и растворов с использованием микроорганизмов или их метаболитов (продуктов обмена в живых клетках). | metal biotechnology technology of extracting metals from ores, concentrates, rocks and rastvororov using microorganisms or their metabolites (products of metabolism in living cells). |
| БОКСИТ | порода, состоящая из гидроксидов и окси гидроксидов Al и в средний, близкая по составу к $Al_2O_3 \cdot H_2O$, включающий гиббсит (гидраргиллит) $Al(OH)_3$; бемит $\alpha-Al_2O_3$ и | Bauxite rock composed of hydroxide and oxyhydroxide Al and the average, which is close in composition to $Al_2O_3 \cdot H_2O$, including Gibbs (gibbsite) $Al(OH)_3$; α - |

| | | |
|----------------|---|--|
| | диаспор AlO_2 , примеси: SiO_2 , P_2O_5 , CaO , MgO , CO_2 . | boehmite $AlO(OH)$ and diaspor AlO_2 impurities: SiO_2 , P_2O_5 , CaO , MgO , CO_2 . |
| БРИКЕТИРОВАНИЕ | переработка мелких материалов в куски правильной формы равной массы (брикеты) прессованием в ленточных, вальцевых, штемпельных и кольцевых прессах. | Briquetting processing of materials in small pieces of the correct form of equal mass (briquettes) in pressovaniem tape, Roller, shtempelnyh ring and presses. |
| БРИКЕТЫ | Спрессованные в виде кирпича, плитки или кусков мелкие материалы (уголь, руда и т.п.) с использованием или без добавок. Брикеты должны быть водо- и атмосферостойкие, высокопрочны, не содержать вредных веществ, иметь высокие металлургические свойства. | briquet Pressed as bricks, tiles or small pieces of materials (coal, ore, etc.), with or without additives. Briquettes should be water- and weather-resistant, high strength, not soderzhat harmful substances have high metallurgicheskihsvoystva . |
| БУНКЕР | емкость для хранения сыпучих и кусковых материалов (руды, концентратов, металлизированных окатышей и т.п.), выгружаемых в нижней части через затвор или тарельчатый питатель. Для разгрузки самотеком нижнюю часть бункера выполняют с наклонными стенками в виде перевернутой усеченной пирамиды или конуса. | Bunker storage capacity bulk materials (ores, concentrates, metallized pellets and the like) discharged through the bottom of the poppet valve or the feeder. To unload the bottom of the hopper samote-kom performed naklonnymi walls of an inverted pyramid or truncated cone. |
| ВАГРАНКА | шахтная печь для плавки чугуна в литейных цехах, работающая по принципу противотока. | Cupola shaft furnace for melting iron foundries, working on the principle of counterflow. |

| | | |
|----------------|--|---|
| ВАКУУМ | состояние заключен, в сосуд (герметичная емкость) газа, имеющий давление $< 10^{-3}$ ат (10^2 Па); при давлении газа от 10^{-3} до 10^{-1} ат (10^2 - 10^4 Па) в. называют частичным. | Vacuum the state entered into a vessel (airtight container) gas having a pressure of $< 10^{-3}$ atm (10^2 Pa); gas at a pressure of 10^{-3} to 10^{-1} atmospheres (10^2 - 10^4 Pa). Partial call. |
| ВАКУУМАТОР | Технологическая установка для вакуумирования стали после выпуска из плавильного агрегата. | vacuum degasser Technological systems for the evacuation began after the release of the melting unit. |
| ВАКУУМИРОВАНИЕ | Удаление газа, пара или парогазной среды из сосудов или аппаратов с целью получения в них давления ниже атмосферного. | vacuum degassing Removal of gas, steam or vapor medium from the vessels and devices with the aim of getting them below atmospheric pressure. |
| ВОССТАНОВЛЕНИЕ | Присоединение элементов атомом, молекулой или ионом, приводящее к понижению степени окисления. 2. Отнятие и связывание кислорода, хлора и т.п. из оксидов, хлоридов и других соединений металлов, а также из руд с помощью восстановителей | reduction; recovery Joining elements atom, molecule or ion that leads to a decrease in the degree of oxidation. 2. Weaning and binding oxygen, chlorine, etc. of oxides, chlorides and other metal compounds, and also of reducing ores using |
| ВСКРЫТИЕ | Вскрытие месторождения полезного ископаемого — проведение капитальных горных выработок, доступ с поверхности к месторождению или его части и дающих возможность подготовить, горных выработок для обслуживания добычных забоев | opening; stripping Opening of mineral deposits - conducting capital mining, access from the surface to the deposit or part of it, and making it possible to prepare, gornyh workings for mining services <u>face</u> |
| ВЫКРУЧИВАНИЕ | гидролиз алюмината натрия с введением за- | twisting; unscrewing hydrolysis of sodium |

| | | |
|---------------|---|--|
| | травки свежесажженных кристаллов $Al_2(OH)$, и с перемешиванием при производстве Al_2O_3 . | aluminate with the introduction of freshly precipitated crystals at stirring at Al_2O_3 . |
| ВЫЖИГАНИЕ | удаление из пористых брикетов добавок (пластификаторов, смазок) путем нагревания до или после спекания. | firing, burning removal of the porous briquettes of additives (plasticizers, lubricants) by heating before or after sintering. |
| ВЫПАРИВАНИЕ | отделение жидкого летучего растворителя в виде пара от неренного в нем малолетучего вещества путем подвода теплоты с целью получения более концентрированных растворов либо веществ, практически не содержащих растворителя. При атм. давлении ведут, как правило, при температуре кипения раствора, при которой испарение происходит наиб. интенсивно. | Evaporation of the volatile solvent in the form of a pair of non-volatile substances by putting heat in order to obtain a concentrated. Practical. not with-holding solvent. When atm. pressure. usually at the rate of re-boiling, with a swarm evaporation occurs very intensive |
| ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ | Отдельные составляющие твердого материала с использованием растворителя, основанный на способности извлечения вещества растворяться лучше, чем остальные компоненты; примеси при гидрометаллургическом извлечении металлов из руд, в порошковой металлургии и т.д. | Leaching Individual components of the solid material using a solvent extraction based on the ability to dissolve substances better than other components; impurities during hydrometallurgical. extracting metals from ores, powder metallurgy etc. |
| ГАРНИСАЖ | Твердый защитный слой из проплавленных | Skull The hard protective layer |

| | | |
|------------------|--|--|
| | <p>материалов или шлака, образующийся на рабочей поверхности стенок рабочего пространства некоторых металлургических агрегатов в результате физико-химического взаимодействия шихты и газов, а в печах с футеровкой также и огнеупорных материалов при высокой разности температуре внутренней и наружной поверхности.</p> | <p>from the deposited materials or slag formed on the working surface of the working space wall certain metallurgical aggregates resulting physico-chemical interaction of the charge and gases in the furnaces and also lined with refractory material and high-time to reduce the heat of the inner and outer surfaces .</p> |
| ГЕМАТИТ | <p>минерал состава FeO, одна из важнейших железных руд.</p> | <p>Hematite mineral composition FeO, one of the most important iron ores.</p> |
| ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯ | <p>Извлечение металлов из руд и концентратов и отходов разных производств при помощи водных растворов химических реагентов с последующим выделением металлов или их соединений из растворов.</p> | <p>Hydrometallurgy Extracting metals from ores and concentrates, and the waste of different industries using aqueous solutions of chemical agents followed by isolation of metals or their compounds from solutions.</p> |
| ГЛИНОЗЕМ | <p>белый кристаллический порошок, состоящий до 98 % из алюминия и модификаций Al₂O₃ и являющийся исходным сырьем для получения металлического Al, специальных видов керамики, белого электрокорунда, огнеупоров, электроизоляционных изделий и катализаторов при производстве каучука.</p> | <p>Alumina white crystalline powder, consisting of up to 98% of aluminum and Al modifications; O₃ and is a raw material for producing metallic Al spetsi-alnyh kinds of ceramics, white-Elektrom Rund, refractories, elektroizolyatornyh izdely and catalysts in the production of rubber.</p> |

| | | |
|--------------|--|---|
| ГОРЕЛКА | Устройство для образования смесей газообразного, жидкого или пылевидного топлива с воздухом или кислородом и осуществления их сжигания. | Burner Apparatus for forming mixtures of gaseous, liquid or pulverized fuel and air or kislorodom of incineration. |
| ГОРН | Простейший металлургический печьючаг на раннем этапе развития металлургии. | Hearth The simplest metallurgical furnace hearth at an early stage of development of metallurgy. |
| ДЕСОРБЦИЯ | удаление поглощение вещества (газа, пара, жидкости, ионов) с поверхности твердого или жидкого тела. Десорбция осуществляют в десорберах нагревом, понижением давления, продувкой нейтральными несорбируе-мыми газами, промывкой десорбирующими растворами. | Desorption removing substance absorption (gas, vapor, liquid, ions) with the surface of solid or liquid body. Desorption carry the stripper heat, decreasing |
| ДЕФОСФОРАЦИЯ | удаление фосфора из расплавленного чугуна, стали или шлака. | Dephosphorization dephosphorization of molten pig iron, steel and slag. |
| ДИНАС | Огнеупорный материал, содержащий 93 % SiO ₂ ; широко применяемый. в металлургии для футеровки плавильных и нагревательных печей, ковшей и т. п. | Silica The refractory material containing 93% SiO ₂ ; widely used. in metallurgy for the lining of melting and heating furnaces, ladles, etc. n. |
| ДИСТИЛЛЯЦИЯ | перегонка, разделение жидких смесей, основанных на отличии состава жидкости от состава равновесного с ней пара. | Distillation distillation, separation of liquid mixtures, based on the difference between the liquid composition from the composition of vapor in equilibrium with it. |

| | | |
|----------|--|--|
| ДИФФУЗИЯ | Самопроизвольный перенос вещества и выравнивание неоднородной концентрации атомов или молекул вследствие теплового движения частиц. Беспорядочное движение атомов относится к кристаллическим решеткам тех же атомов называют самодиффузией. | Diffusion Spontaneous transfer of material and non-uniform alignment of the concentration of atoms or molecules due to thermal motion of the particles. Chaotic motion of atoms include lattices of the same atoms are called self-diffusion. |
| ДОВОДКА | комплекс заключительных технологических приемов по обеспечению заданной температуры и химического состава расплавленной стали перед выпуском. | Refining the final set of technological methods to ensure the desired temperature and the chemical composition of the molten steel before edition |
| ДОЛОМИТ | Природный минерал, карбонат кальция и магния. | Dolomite Natural mineral, calcium carbonate, and magnesium. |
| ДРОБИЛКА | машина для дробления кусковых твердых материалов, главным образом, минерального сырья, отработанных огнеупоров, металлического лома и других. | crasher, grinder Machine for crushing lumpy solid materials, mainly minerals, waste огнеупоров, scrap metal and other |
| ДУТЬЕ | Подача газа или смеси газов под давлением в металлургические агрегаты для ведения или интенсификации физико-химических процессов. | Blast Feed gas or a mixture of pressurized gas in the metallurgical units for management or intensification of physical and chemical processes. |
| ЕМКОСТЬ | в металлургии количество, параметров характеризующий объем или садку металлургического | Capacity in metallurgy quantities, parameters are characterized by volume or your batch metallurgical |

| | | |
|---------------|--|---|
| | агрегата | unit |
| ЖАРОПРОЧНОСТЬ | комплекс свойств конструкций материалов (металлических, керамических, полимерных и др.), обеспечивающий работоспособность деталей при повышенных температурах без существенных пластических деформаций и разрушений в заданное время. | heat resistance complex material properties of structures (metal, ceramic, polymer, etc.), ensure performance parts at elevated temperatures without substantial plastic deformation and fracture at a given time. |
| ЗАВАЛКА | загрузка твердых шихтовых материалов в плавильные печи мультдами, совками, корзинами или бадьями, вводимыми в рабочее пространство через завалочные окна, открытый проем агрегата при убранном на этот период своде или горловину агрегата (конвертера). | Charging loading solid charge material in melting furnaces mulda-mi, shovels, baskets or tubs, TSB-sary in the workspace through the dam-lactic windows open doorway of the unit when retracted this period vault or neck unit (converter). |
| ЗАГРЯЗНЕНИЕ | присутствие в металле или сплаве отдельных элементов или соединений, которые не вводятся преднамеренно, их наличие обычно ухудшает свойства металла или сплава | Contamination in the presence of certain metal or alloy of elements or compounds which are not introduced predna-merenno, their presence usually impairs the properties of the metal or alloy |
| ЗАПЫЛЕННОСТЬ | содержание пыли в единицу объема воздуха или отходящих газов. | dust content (burden), dustiness |
| ИЗВЕСТЬ | обобщенное название продуктов обжига (и последующей переработки) известняка, мела и др. | Lime dust content per unit volume of air and flue gases. generic name calcine (and |

| | | |
|-------------------|---|---|
| | карбонатных пород; является основным источником поступления в сталеплавильный шлак CaO — главного рафинирующего шлакового реагента | downstream processing) of limestone, chalk and other carbonate rocks.; It is the main source of income in the steelmaking slag CaO - Chief rafiniruyuscheho slag agent |
| ИЗВЛЕЧЕНИЕ | оценка полноты использования исходного сырья в разделительной технологии, процессах (обогащение полезных ископаемых, металлургия, химическая технология и др.). | Extraction assessment of completeness of the feedstock in the separation technology processes (mineral processing, metallurgy, chemical engineering, and others.). |
| ИЗЛОЖНИЦА | металлическая форма для отливки металла в виде слитка. | ingot mold Metal mold for casting metal ingot |
| ИНТЕНСИВНОСТЬ | удельный показатель или средняя величина во времени какой-либо характеристики процесса, явления, действия и т.п.; | intensity, strength; rate specific index or the average value over time of any characteristics protsessa, events, actions etc .; |
| КИСЛОТНОСТЬ ШЛАКА | отношение числа атомов O, связанных с Si, Al, P, Ti, т.е. входящего в кислотные оксиды (SiO ₂ , Al ₂ O ₅ , TiO ₂ , P ₂ O ₅), к числу атомов O, образующего основные оксиды (FeO, CaO, BaO, MnO и др.). | slag acidity the ratio of oxygen atoms associated with Si, Al, P, Ti, ie entering the acid oxides (SiO ₂ , Al ₂ O ₅ , TiO ₂ , P ₂ O ₅), to the number of O atoms forming the basic oxides (FeO, CaO, BaO, MnO, etc.). |
| КЛИНКЕР | Твердого спеченного, остаток после вельцевания отходов металлургических производств (кеков, раймовки, шлаков), а также других продуктов, содержащих Zn. | Clinker Solid sintered, Waelz residue waste metallurgical production (muffins, raymovki, slag), as well as other products containing Zn. |
| КОКС | Твердый горючий остаток, образующийся | Coke Solid combustible residue |

| | | |
|-------------|---|---|
| | при нагреве ограниченных веществ без доступа воздуха.. | resulting from the heating of the limited materials without air .. |
| КОКСИК | коксовая мелочь — каменного угля кокс крупностью 0-10 мм. Коксик используют как топливо и восстановитель при агломерации железных руд. | coke fines coke breeze - coal coke with grain size of 0-10 mm. Coke fines ispolzuyut as fuel and reducing agent during sintering of iron ore. |
| КОНВЕРТЕР | металлургический агрегат для получения стали из расплавленного чугуна, а также для переработки Си-, Ni- и Си—Ni-штейнов при продувке воздухом или кислородом. | converter, vessel metallurgical plant for producing steel from molten iron, and silica processing, Ni- and Cu-Ni-matte by blowing air or oxygen |
| КОРРОЗИЯ | Разрушение металлов и сплавов вследствие химических и электрохимических взаимодействий их с внешней средой. | Corrosion Destruction of metals and alloys by chemical and electrochemical interactions with their external environment. |
| ЛЕГИРОВАНИЕ | Целенаправленное изменение состава металлических сплавов введением легирующих элементов для изменения структуры и физико-химических и механических свойств. | Alloying Purposeful change in the composition of metal alloys by introducing alloying elements to change the structure and physico-chemical and mechanical properties. |
| ЛЕЩАДЬ | нижняя (донная) часть футеровки шахтной печи | Hearth lower (bottom) part of the lining of the shaft furnace |
| ЛОМ | пришедшие в негодность или утерявшие эксплуатационную ценность изделия из черных и цветных металлов и сплавов, а также образующиеся в процессе их металлургического | Scrap unusable or lost value in use of the products of ferrous and nonferrous metals and alloys, as well as produced in the process of steel production and metal processing wastes, used for remelting in |

| | | |
|-------------|---|--|
| | производства и металлопереработки отходов, используемые для переплава в металлургических агрегатах. | metallurgical aggregates. |
| МАГНЕТИТ | Магнитный железняк, минерал группы шпинели, состоящий из сложного оксида FeO-Fe ₂ O ₃ ; содержит 31 % FeO, 69 % Fe ₂ O ₃ ; 72,4 % Fe; часто присутствуют примеси MgO, Cr ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , MnO, ZnO и др | Magnetite Magnetite, spinel, a mineral group consisting of a complex oxide FeO-Fe, O ₃ ; contains 31% FeO, 69% Fe ₂ O ₃ ; 72,4% Fe; impurities are often present MgO, Cr ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , MnO, ZnO, etc. |
| МНЛЗ | машина непрерывного литья заготовок агрегат непрерывной разливки, в котором идет процесс кристаллизации жидкого металла и формирования литой заготовки | CCM (continuous casting machine- continuous casting machine continuous casting machine in which the process of crystallization of the molten metal and the formation of a cast billet |
| МЕЛЬНИЦА | агрегат для измельчения твердого минерального сырья, порошков и т.п. | Mill - machine for grinding solid mineral raw materials, powders, etc. |
| МЕТАЛЛУРГИЯ | область науки и техники и отрасли промышленности, охватывающий получение металлов из руд и других материалов, а также процессы, связанные с изменением химического состава, структуры и свойств металлических сплавов. | metallurgy field of science and technology and industry, covering the production of metals from ores and other materials, as well as the processes related to the change in the chemical of composition, structure and properties of metallic alloys. |

VIII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Chiranjib Kumar Gupta Chemical Metallurgy: Principles and Practice. Copyright, 2003. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
2. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN, 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
3. J.W. Newkirk Advanced methods and Technologies in Metallurgy (Wit Transaction on Ecology and the Environment). Wit Pr/Computational mechanics, 2015.
4. Санакулов К. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. –Т.: ФАН, 2009. – 405 с.
5. К.С. Санакулов, А.С. Хасанов Переработка шлаков медного производства. –Т.: ФАН, 2007. -256 с.

Интернетные ресурсы:

1. <http://www.agmk.uz>
2. <http://www.ngmk.uz>
3. <http://misis.ru>
4. <http://www.mining-journal.com/mj/MJ/mj.htm>