

**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

“ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ”

направления

МЕТАЛЛУРГИЯ

Тошкент – 2019

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГОСПЕЦИАЛЬНОГО
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

**«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЧЕРНОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ»**

Разработал: Маткаримов С.Т.

Ташкент -2019

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 1023 от 2 ноября 2019года.

Разработал: Маткаримов С.Т.– ст.преп. кафедры «Металлургия»
ТГТУ

Рецензент: Каландаров К.С. – к.т.н. доцент кафедры «Горного дело» ТГТУ

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № 1 от 24 сентября 2019 года).

СОДЕРЖАНИЕ

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА.....	5
II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ	9
III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	13
IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	30
V. БАНК КЕЙСОВ.....	41
VI. ГЛОССАРИЙ.....	44
VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	59

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 учебная программа включает в себя изучение теоретических и практических занятий по модулю «Перспективные направления в черной металлургии». В данном модуле будут изучаться перспективные направления производства стали. В модуле рассматриваются способы переработки железосодержащего сырья методом выплавки чугуна в доменных печах с поледующим получением стали и способ производства стали, минуя плавку в доменных печах, так называемое прямое получение железа.

Цели и задачи учебного модуля

Цель и задача модуля “Перспективные направления в черной металлургии” сформировать у слушателя навыки металлургического мышления, направленного на анализ функционирования последних достижений науки и техники, научно-производственными, научными и проектными организациями, предприятий черной металлургии в целях рационального управления металлургических предприятий, производств.

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

Слушатель в результате освоения модуля “Перспективные направления в черной металлургии” должен:

иметь представление и охарактеризовать:

- основы теории и методики производства стали;
- сущность основных понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные формулировки понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;

знать:

- основные методы теории нечётких множеств и нечёткого моделирования.
- новые перспективы развития черной металлургии;
- мировых рынках сырья и металлов.
- перспективы развития доменного процесса.
- подготовки шихтовых материалов к доменной плавке.
- развитие внедоменных процессов получения железа.
- сырьевую базу черной металлургии. (2 часа)
- получение жидкого металла различными процессами.
- современных методов и способах получения жидкого металла.

– общее описание технологии плавки стали в конвертерах и дуговых печах.

уметь и владеть навыками:

- вести расчеты среднего состава шихты и материального баланса ДСП;
- определять основных размеров ДСП;
- вести расчеты энергетического баланса в периоде расплавления;
- вести расчет потери тепла в период межплавочного простоя;
- определять тепловой баланс периода расплавления;
- определять средней тепловой нагрузки и тепловой нагрузки холостого хода;
- пользоваться современными методами внепечной обработки стали;

Овладеть компетенциями

- составлять заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности;
- составлять договоры, заключаемые в сфере интеллектуальной собственности;
- уметь на основе анализа увидеть и корректно сформулировать результат;
- применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;
- применением современных педагогических и информационных технологий их на практике;
- использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплин.

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».

Роль модуля в системе высшего образования

Происходящие коренные изменения в системе образования, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля «Перспективные направления в черной металлургии» в системе высшего образования.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения дисциплин направления модуля

“Перспективные направления в черной металлургии” 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 модулям

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них:			Самостоятельная работа
Теоритические	Практические			Внеаудиторное			
1.	Новые перспективы развития черной металлургии. Сырьевая база черной металлургии.	2	2	2			
2.	Перспективы развития доменного процесса. Флюсы и топливо доменной плавки. Подготовка шихтовых материалов к доменной плавке.	6	6	2		4	
3.	Развитие внедоменных процессов получения железа. Процессы железной металлургии. Материалы железной	2	2	2			
4.	Расчет среднего состава шихты и материального баланса ДСП	2	2		2		
5.	Определение основных размеров ДСП	2	2		2		
6.	Энергетический баланс периода расплавления расчет прихода тепла	2	2		2		
Общие		16	16	6	6	4	

СОДЕРЖАНИЯ ТЕОРИТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-тема: Новые перспективы развития черной металлургии. Сырьевая база черной металлургии.

Новые перспективные направления в черной металлургии. Восстановление металла твердыми восстановителями. Расход невозобновляемых источники энергии. Мировые рынки сырья и металлов. Минерально-сырьевая база железорудной промышленности.

2-тема: Перспективы развития доменного процесса. Флюсы и топливо доменной плавки. Подготовка шихтовых материалов к доменной плавке.

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: Развитие внедоменных процессов получения железа. Процессы железной металлургии. Материалы железной металлургии

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.

СОДЕРЖАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1 - практическая занятие: Расчет среднего состава шихты и материального баланса ДСП

Расчет среднего состава шихты, материального баланса, теплового баланса (приход тепла, расход тепла) в печь ДСП.

2 - практическая занятие: Определение основных размеров ДСП.

Объем жидкого металла в дуговой сталеплавильной печи. Диаметр зеркала металла. Уровень порога рабочего окна

3 - практическая занятие: Энергетический баланс периода расплавления расчет прихода тепла

Расчет прихода тепла. Расчет расхода тепла. Расчет потери тепла через подину печи.

Выездное занятие

Тема-1: Получение жидкого металла бездоменными процессами. Процесс «Corex». Процесс «DIOS». Процесс Hismelt

Тема-2. Методы внепечной обработки стали: вакуумная обработка стали, продувка стали в ковше инертным газом, комбинированная обработка стали в ковше с нагревом

Форма обучения

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

При обучения 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.

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

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 настолько 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 для мозгового штурма:

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

Метод “Кластер”

Кластер – (пучок, связка) способ составления карты информации – сбора идей вокруг какого-либо основного фактора для фокусирования и определения смысла всей конструкции.

Стимулирует актуализацию знаний, помогает свободно и открыто вовлекать в мыслительный процесс новые ассоциативные представления по теме.

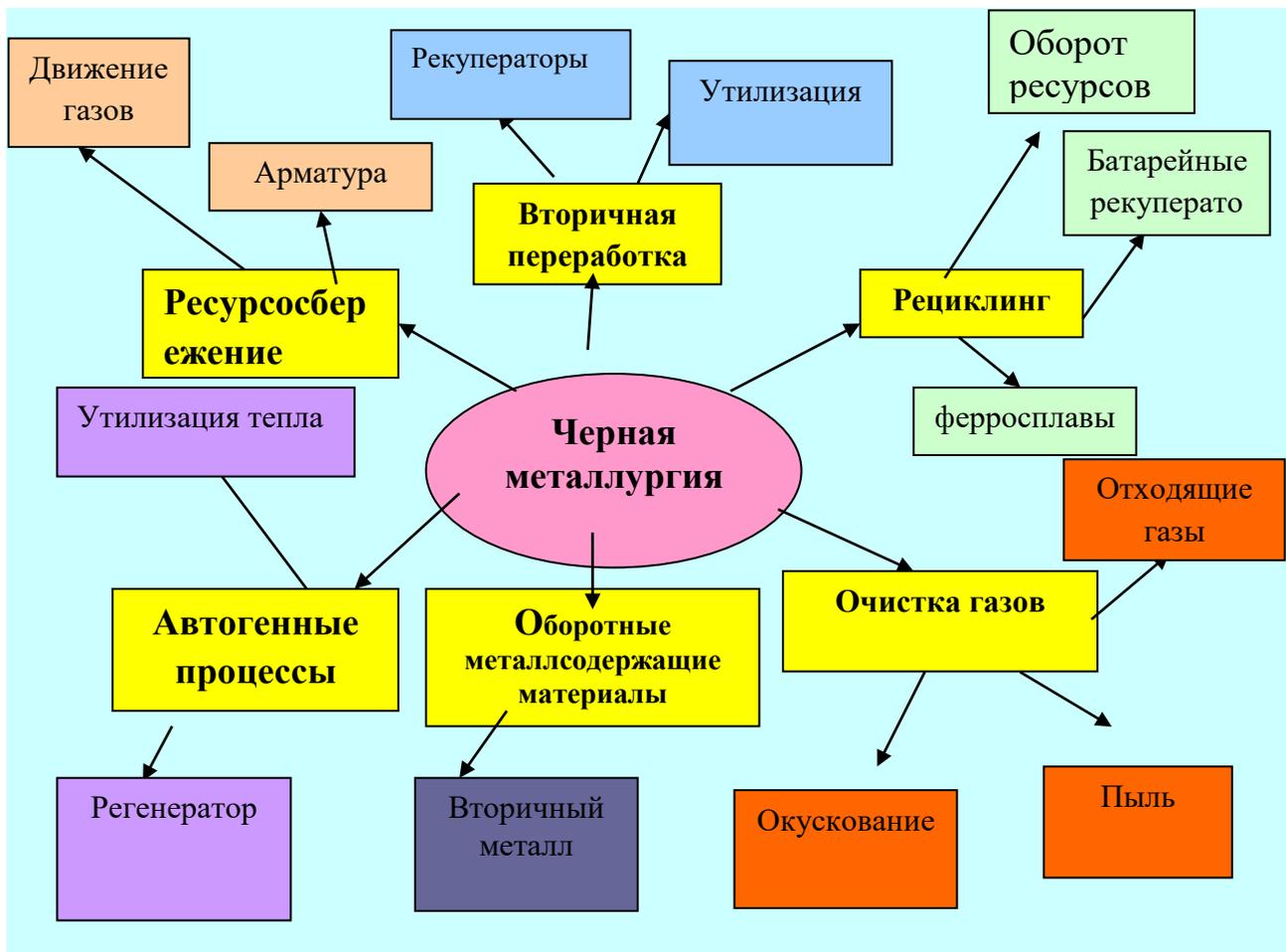
1. Знакомятся с правилами составления кластера.

В центре классной доски или большого листа бумаги пишется ключевое слово или название темы из 1-2-х слов.

2. По ассоциации с ключевым словом приписывают сбоку от него в кружках меньшего размера «спутники» - слова или предложения, которые связаны с данной темой. Соединяют их линиями с «главным» словом. У этих «спутников» могут быть «малые спутники» и т.д. Запись идет до истечения отведенного времени или пока не будут исчерпаны идеи.

3. Обмениваются кластерами для обсуждения.

Разработка метода кластера



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.

III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1-тема: Новые перспективы развития черной металлургии. Сырьевая база черной металлургии.

План:

1. Современные способы плавления.
2. Характеристика сырьевой базы чёрной металлургии.

Ключевые слова: окислительные процессы, железорудное сырьё, мономинеральные образования, богатые руды, бедные руды, щелочноразделительные металлы.

1.1 Современные способы плавления

В XXI веке металлургия столкнется с совершенно новыми внешними условиями существования мирового хозяйства. Рассмотрим основные из них.

1. Резкое сокращение или для отдельных регионов полное исчезновение месторождений чистых по примесям железных руд. По данным исследовательских агентств в мире сохраняются некоторые запасы железных руд, свободных в основном от попутных элементов. Изменится и само понятие «чистая руда». В XXI веке уже будет невозможно игнорировать содержание элементов в 0,001% и более. Таким образом, железные руды, попадающие в разработку, будут относиться к классу комплексных руд, а технология, основанная на извлечении лишь одного элемента (железа), в XXI веке не будет иметь права на существование. Поэтому оценивать перспективы того или иного процесса следует с учетом возможности комплексного использования сырья и величины допускаемых в процессе безвозвратных потерь компонентов.

2. Ужесточение требований к расходу невозобновляемых источников энергии. Приоритет в использовании нефти и природного газа по-прежнему сохраняет транспорт, химическая и фармацевтическая промышленность, энергетика и коммунально-бытовое хозяйство. Лимиты использования этих видов топлива для металлургии будут неуклонно снижаться, поэтому наиболее перспективными окажутся процессы, не связанные со значительными расходами нефти и природного газа.

3. В XX веке окончательно сформировались мировые рынки сырья и металлов. На сегодняшний день для многих металлургических производств стало более выгодным использовать сырые материалы и топливо, импортируемые из зарубежных стран. В XXI веке эта тенденция будет только усиливаться.

4. Резко возрастут требования к качеству окискованного сырья и черных металлов. **Требования к продукции сегодня по многим параметрам более жесткие, чем ранее. Поэтому преимущества получают процессы,**

обеспечивающие более высокое качество продукции, — это новое явление для мировой сферы производства чугуна и стали.¹

1.2 Характеристика сырьевой базы чёрной металлургии

Выявленные ресурсы железных руд известны более чем в 100 странах. По состоянию на начало 2003 г. они оцениваются в 620 млрд т. Значительная их часть сосредоточена в недрах Америки 39,7%, далее следуют Россия 18,1 %, Азия 15,4%, Австралия и Океания 9,9%, Европа 8,9% и Африка 8,1%. Наибольшими выявленными ресурсами железных руд, млрд. т, обладают: Россия 112, США 110, Бразилия 100 Австралия 60, Китай 40, Индия 20, Канада 10.

Общие запасы железных руд составляют 301,9 млрд. т, в том числе подтвержденные 156,7 млрд. т. По количеству общих и подтвержденных запасов лидирует Азия: соответственно 19,4 и 21,0% мировых запасов. Заней следует Америка, в недрах которой заключено 19,2% общих и 16,2% подтвержденных запасов, Россия 18,6 и 21,3%, Африка 15,3 и 12,3%. Близки по уровню запасов Европа 13,8% и 17,4%, Австралия и Океания - 13,7 и 11,8%.

Подтверждёнными запасами в количестве 3 млрд т и более обладают девять стран. На их долю приходится 70,3% мировых запасов, или 110,5 млрд т. К ним относятся: Россия 21,3%, Австралия 11,5%, Украина 9,7%, Китай 9,6%, Бразилия 4,8%, США 4,4%, Индия 4,2%, Казахстан 2,6%, Швеция 2,2%.

Минерально-сырьевую базу железорудной промышленности составляют четыре основных геолого - промышленных типа месторождений. Ведущее место в подтвержденных запасах железных руд (71,3%) занимают метаморфогенные месторождения магнетит - гематитовых руд в докембрийских железистых кварцитах и сланцах. Как правило, месторождения этого типа находятся в крупных железорудных бассейнах. Они разведаны в России, Украине, Индии, Габоне, Гвинее, ЮАР, Бразилии, Венесуэле, Канаде, США, Австралии.

В месторождениях гидрогетит - шамозит - сидеритовых руд, приуроченных к осадочным прибрежно - морским отложениям или эффузивно-осадочным толщам, сосредоточено 11,4% суммарных подтвержденных запасов. Месторождения этого типа распространены в России, Украине, странах Западной Европы, Казахстане, Китае, в странах Северной Африки, в США и Австралии.

¹TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 2

Значительные по запасам контактово - метасоматические и гидротермально - метасоматические месторождения железных руд (7,3% подтвержденных запасов) разведаны в России, Вьетнаме, Казахстане, Иране, Турции и других странах Азии и Африки, а также в США, Перу и Чили.

Магматогенные апатит - магнетитовые, а также ильменит-титаномагнетитовые месторождения, включающие в себя 6,5% подтвержденных запасов, известны, главным образом, в странах Европы и Южной Африки. Наиболее крупные разведаны в России, Швеции, Танзании, Уганде и ЮАР.²

На долю второстепенных типов: месторождений железистых латеритов, железомарганцевых месторождений в корях выветривания и месторождений ильменит - магнетитовых и титаномагнетитовых руд, связанных с прибрежно-морскими россыпями, приходится суммарно примерно 3,5% подтвержденных запасов. Месторождения первых двух типов широко распространены в Греции, Югославии, на Филиппинах, в странах тропической Африки, на Кубе; третьего типа в Индонезии, Японии, Новой Зеландии, ЮАР, Боливии, Бразилии.

Железная руда в 2003 г. добывалась в 43 странах мира, основное количество на месторождениях магнетит - гематитовых руд в железистых кварцитах и сланцах. Большинство месторождений этого типа разрабатывается открытым способом. Коэффициент извлечения железа при добыче составляет 0,8, при обогащении 0,95. Почти 60% месторождений осадочных гидрогетитшамозит - сидеритовых руд разрабатывается открытым способом и около 40% подземным. Коэффициент извлечения при добыче составляет 0,75, при обогащении 0,80. Примерно 70% контактово - метасоматических и гидротермально - метасоматических месторождений разрабатывается открытым способом. Коэффициент извлечения при добыче составляет 0,75, при обогащении 0,80. Почти 70% магматогенных ильменит - апатит - магнетитовых руд добывается подземным способом. Коэффициент извлечения при добыче составляет примерно 0,7, при обогащении 0,95.

Контрольные вопросы

1. Новые перспективные направления в черной металлургии.
2. Восстановление металла твердыми восстановителями.
3. Расход невозобновляемых источники энергии.
4. Мировые рынки сырья и металлов.
5. Минерально-сырьевая база железорудной промышленности

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

Использованные литературы

1. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
2. M. Shamsuddin Physical Chemistry of Metallurgical Processes Wiley-TMS; 1 edition (February 29, 2016)
3. Corby G. Anderson, Robert C. Dunne, John L. Uhrie Mineral Processing and Extractive Metallurgy Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (February 18, 2014)

2-тема: Перспективы развития доменного процесса. Флюсы и топливо доменной плавки. Подготовка шихтовых материалов к доменной плавке.

План:

1. Процесс «Corex».
2. Процесс «DIOS».

Ключевые слова: бескоксовый способ, плавильно-восстановительный одностадийный процесс, Плавильный реактор, восстановительная шахтная печь; плавильный газификатор, скруббер колошникового газа.

2.1 Процесс «Corex»

Процессы с предварительным восстановлением железа в твердой фазе и довосстановлением в жидкой фазе появились вследствие неудачных попыток создания плавильно-восстановительного одностадийного процесса, а также **успешного** развития технологий твердофазного восстановления, продуктом которых является губчатое железо.

Важнейшим этапом, изменившим **отношение** металлургов к бескоксовым способам получения жидкого чугуна, стало промышленное внедрение **процесса Corex**, **разработанного** фирмами «KorfEngineeringGmbH», Германия, и «Voest Alpine Industrieanlagenbau AG» Австрия. Первые опыты по реализации процесса провели на заводе Badische Stahlwerke AG, Германия, в 1977 году. Детальное освоение технологии прошло в период 1981—1987 годов (10 кампаний, 6000 ч работы) на пилотной установке мощностью 70 тыс. т чугуна в год г. Келе, Германия. В конце 1989 году был введен в эксплуатацию первый промышленный комплекс Corex-1000 с фактической производительностью 315 тыс. т чугуна в год на заводе фирмы “Isacor” в Претории, ЮАР.

К настоящему времени процессом Согех произведено белес 6 млн. т чугуна. Действующие компании Согех: ЮАР, — 0,65 млн т/год; Индия, — 0,8 млн т/год; Ю. Корея — 0,8 млн т/год.

В этом процессе восстановителем и источником тепла является уголь. Установка (рис. 2.1) имеет два расположенных друг над другом реактора: нижний плавильный реактор, в котором также регенерируется восстановительный газ, и верхний восстановительный реактор - шахтная печь, в которой получают губчатое железо. Плавильный реактор является основным агрегатом установки. Он представляет собой угольный газификатор с вихревым слоем. Загружаемый в реактор уголь (0 - 50 мм) горит в нижней части реактора, где расположен пояс кислородных фурм, в кипящем слое в токе вдуваемого кислорода, при этом температура достигает 2500 °С. Рабочее пространство реактора-газификатора можно разделить на несколько зон (рис. 2.2).³

Верхняя часть плавильного газификатора выполнена в виде камеры «успокоения». В этой зоне из вихревого слоя осаждаются мелкие частицы твердого топлива, чем предотвращается их вынос газовым потоком.

Здесь же осуществляется газификация твердого топлива. Образующийся газ, содержащий 90 - 95% CO + H₂ и (H₂/CO = 0,3) и 1- 5% CO₂, а также немного азота, разбавляется охлажденным газом того же состава и после очистки с температурой 800 - 900 °С вдувается в шахту, обеспечивая в ней степень металлизации рудных материалов до 93%. Через эту зону проходит поток загружаемых сверху шихтовых материалов и угля. Ниже верхней зоны в угольном слое происходит испарение влаги, пиролиз угля и начинается довосстановление металлизированной шихты⁴.

³TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 133

⁴Sachdeva, R.C. Fundamentals of Engineering Heat and Mass Transfer (SI Units) HMR Institute of Technology & Management, Delhi 4th edition, 2014

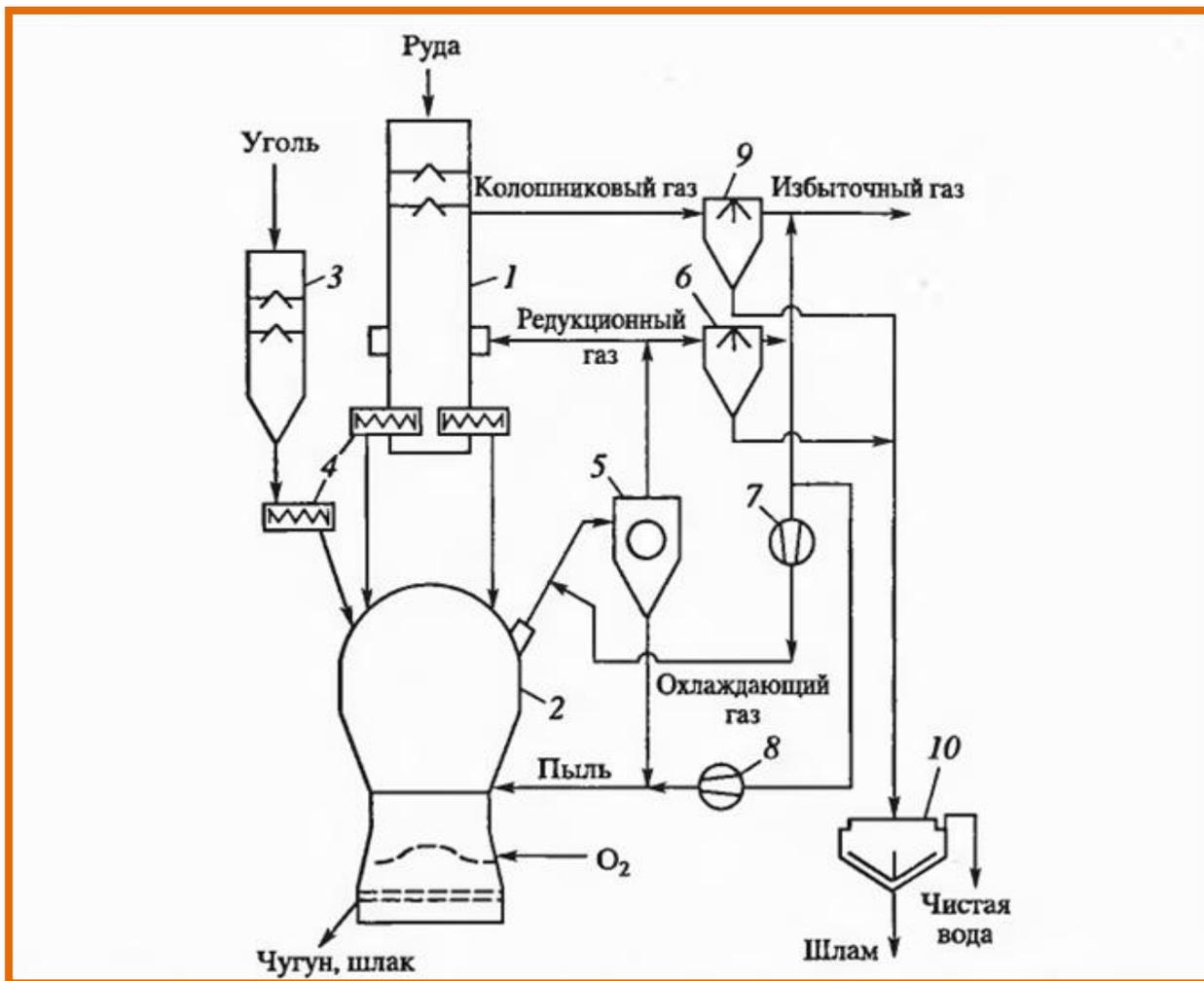


Рис. 2.1. Схема установки прямого получения жидкого металла по способу COREX

1-восстановительная шахтная печь; 2 – плавильный газификатор; 3- бункер для угля; 4- шнеки; 5-циклон; 6-холодильник; 7- нагнетатель охлаждающего газа; 8- нагнетатель рабочего газа; 9-скруббер колошникового газа; 10- сгуститель



Рис. 2.2. Схема рабочего пространства реактора газификатора COREX

Затем расположена зона, где протекает только незначительная газификация угля остаточными количествами влаги и CO_2 . Здесь происходит плавление шихты и завершается восстановление железа из расплава.

Науглероживание железа начинается в верхней восстановительной шахте и завершается в нижнем реакторе-газификаторе.

Плавление металла происходит в нижнем конце вихревого слоя вблизи кислородных форсунок. При этом образуется чугун, содержащий до 4% С, 0,4—2,5% Si и 0,02-0,1% S. Содержание фосфора зависит от состава угля и рудного материала. Температура жидкого чугуна и шлака составляет 1450—1550 °С. Удельная потребность в кислороде составляет 500-600 м³/т чугуна. Потребность в угле зависит от его качества и равна 950 - 1050 кг/т чугуна.

2.2 Процесс «DIOS»

Процессы преимущественно жидкофазного восстановления железа появились в результате попыток лучше сбалансировать энергохимическую работу двух стадий — восстановления и плавления.

В этой группе современных технологий (Dios, AISI, CCF, Hismelt) незначительное (не более 30%) твердофазное восстановление, иногда с плавлением (процесс CCF) железосодержащей шихты, выделено в отдельную стадию и проводится в специальном агрегате. Окончательное восстановление оксидов железа осуществляется в плавильно-восстановительных реакторах —

печах жидкофазного восстановления. Восстановление оксидов железа из шлака осуществляется углем и углеродом образующегося чугуна. Как правило, в этих процессах (кроме первого варианта процесса AISI на окатышах) используют неокислованное, но подготовленное железосодержащее сырье.

Для обеспечения теплом шлаковой ванны, в которой происходит довосстановление, необходимо частично дожигать газ над ней или в ее объеме. Дожигание газа в плавилисьно-восстановительном реакторе — характерное отличие процессов преимущественно или полностью жидкофазного восстановления железа. Степень дожигания характеризуется отношением $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO} + \text{H}_2)$. Для предварительного восстановления используют отходящий из печи жидкофазного восстановления газ, с более низким восстановительным потенциалом, чем у газа из реактора-газификатора процесса Corex.

При работе установок рассматриваемого типа должна быть решена задача уменьшения влияния на процесс колебаний производительности печи жидкофазного восстановления, чтобы не возникало рассогласования с загрузкой руды в систему подогрева и предварительного восстановления. Практически все установки преимущественно жидкофазного восстановления работают при повышенном давлении и нуждаются в герметизации. Повышенное давление в агрегатах кипящего слоя для предварительного подогрева и восстановления мелкого железосодержащего сырья необходимо для интенсификации процесса восстановления, а также для снижения пылевыноса.

Процесс Dios был разработан в Японии Федерацией чугуна и стали и Центром использования угля при поддержке Министерства внешней торговли и промышленности. Предварительные исследования (1988—1991 гг.) вели на 100-тонном реакторе жидкофазного восстановления, переделанном из 170 т конвертера, на заводе фирмы NipponSteelCorp. Впервые процесс был реализован на полупромышленной экспериментальной установке с номинальной мощностью 180 тыс. т чугуна в год в 1993 году на заводе Кэйхин фирмы «НКК» (Япония)⁵.

В разное время в проекте принимали участие восемь японских сталеплавильных объединений.

Технологическая схема процесса Dios представлена на рис.2.3. Процесс трехстадийный. Он предусматривает стадию предварительного подогрева (до 600 °С) смеси мелкой руды (<8 мм) и возврата пыли в реакторе псевдооживленного слоя (диаметр 2,7 м, высота 5 м), куда поступает

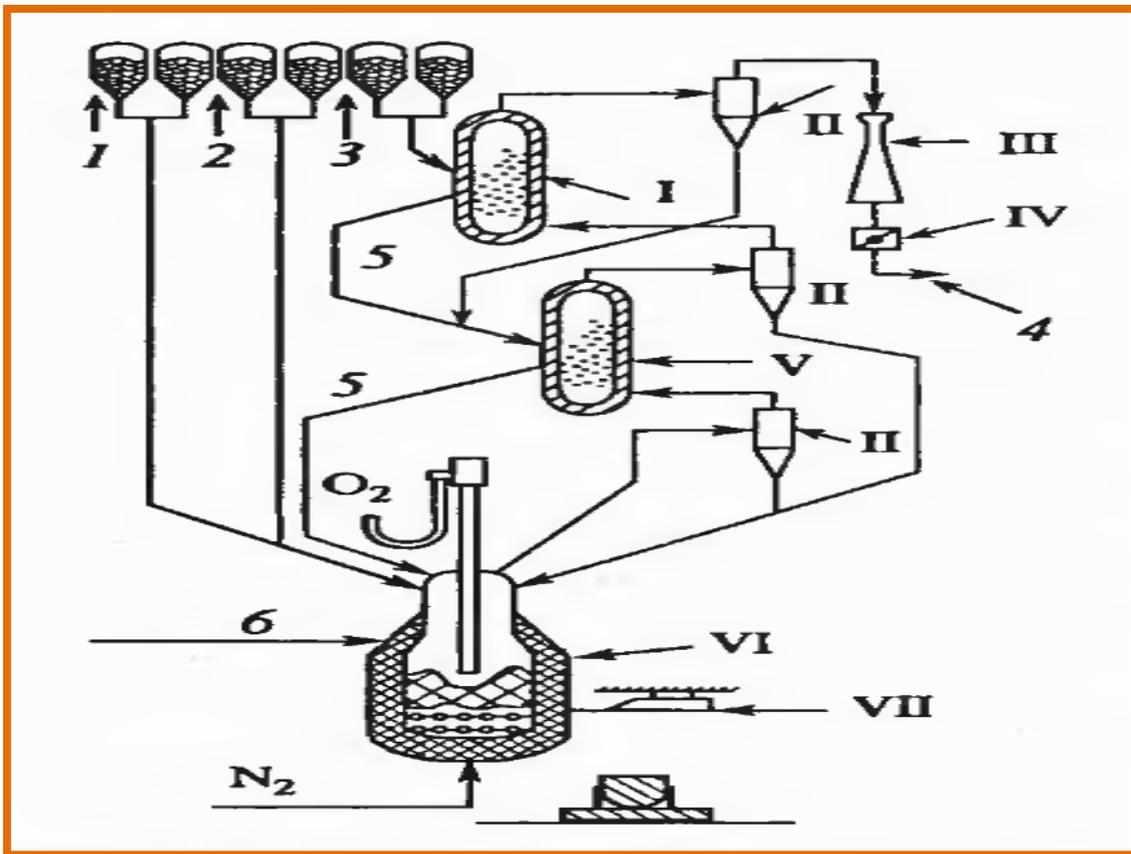
⁵TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 82

очищенный в циклоне газ из агрегата предварительного восстановления. Руда из агрегата подогрева поступает в реактор (диаметр 2,7 м, высота 8 м) предварительного восстановления в псевдооживленном слое (степень восстановления — 27—30% при рабочей температуре 780 °С). Твердофазное восстановление в этом реакторе осуществляется очищенным в циклоне газом, поступающим из агрегата жидкофазного восстановления железа.

Реактор жидкофазного восстановления напоминает кислородный конвертер (диаметр 3,7 м, высота 9,3 м), работающий под давлением $2 \cdot 10^5$ Па. Кислород вдувается в конвертер сверху через водоохлаждаемую форму. Выделяющийся монооксид углерода дожигается кислородом во вспененном шлаке, степень дожигания составляет 45-50%.

Разработчики процесса Dios выделяют в шлаковой ванне две характерные зоны: вспененного шлака в верхней части ванны и «плотного» шлака непосредственно над ванной металла. Соотношение высот этих зон определяется положением фурмы, количеством шлака в шлаковой ванне и массовым содержанием в ней частиц угольного остатка. Восстановление оксидов железа происходит преимущественно в зоне «плотного» шлака, а в зоне вспененного шлака преобладают процессы горения монооксида углерода и угля. В зоне плотного шлака сосредоточено основное количество капель металла и ооксованных частиц угля. Температура верхней части шлаковой ванны на 100—150 °С выше, чем в нижней. Продукты плавки периодически выпускают через летку диаметром 70 мм, выполненную в цилиндрической части реактора.

В процессе Dios для улучшения подвода тепла к металлической ванне применен донный барботаж азотом, подаваемым через несколько фурм, расположенных в центральной части подины. При этом интенсифицируется процесс восстановления железа.



2.3. Технологическая схема процесса DIOS

I – агрегат подогрева руды; II – циклоны; III – скруббер с трубами Вентури; IV – регулятор давления; V, VI – агрегаты предварительного твёрдофазного и жидкофазного восстановления соответственно; VII – машина для вскрытия и забивки лётки; 1- уголь; 2- флюс; 3,5 – руда; 4- отходящий газ установки; 6- пылеуголь для газового реформирования.

Контрольные вопросы

1. Развитие внедоменного процесса получения жидкого металла
2. Какими способами пользуются для прямого получения жидкого металла?
3. Какие минералы используются для прямого получения жидкого металла?
4. В сколько стадий проходит восстановление оксида металла по современной адсорбционно-автокаталической теории?
5. Какая из реакций является реакцией восстановления оксида металла природным газом?

Использованные литературы

4. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
5. M. Shamsuddin Physical Chemistry of Metallurgical Processes Wiley-TMS; 1 edition (February 29, 2016)

6. Corby G. Anderson, Robert C. Dunne, John L. Uhrig Mineral Processing and Extractive Metallurgy Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (February 18, 2014)

3-тема: Развитие внедоменных процессов получения железа. Процессы железной металлургии. Материалы железной металлургии (Прямое восстановление железа)

План:

1. Внедоменные процессы получения жидкого металла
2. Одностадийные способы прямого получения жидкого металла
3. Минералогия руды и депозиты

Ключевые слова: многоступенчатые процессы, одностадийные процессы, шахтные печи, вращающиеся печи, реакторы кипящего слоя, циклонные камеры, конвейерные машины, агрегаты, окончательное восстановление, плавление металла, рафинирование металла, электропечи сопротивления, электропечи индукционные, электропечи дуговые, электропечи плазменные, отражательные печи.

3.1. Прямое восстановление железа

Внедоменные процессы получения жидкого металла непосредственно из железорудных материалов, как достигшие промышленных масштабов, так и находящиеся в стадии лабораторных и полупромышленных испытаний, очень многообразны по типу агрегатов, используемых восстановителей и получаемых продуктов, поэтому можно с различных позиций их и классифицировать.

Прежде всего, целесообразно разделить все предложенные технологические схемы внедоменного получения жидкого металла на две группы: многоступенчатые процессы, которые предусматривают две и более стадий на пути переработки железорудных материалов в жидкий металл, и одностадийные — процессы, осуществляемые в одном агрегате.

Многоступенчатые процессы включают с гадии нагрева и восстановления железорудных материалов, плавления и рафинирования получаемого металла. Все эти стадии могут осуществляться в агрегатах различного типа, работающих в одной технологической цепи. Например, для нагрева и частичного восстановления железорудных материалов могут быть применены шахтные или вращающиеся печи, реакторы кипящего слоя, циклонные камеры, конвейерные машины или другие агрегаты, а для окончательного восстановления, плавления и рафинирования металла — электропечи (сопротивления, индукционные, дуговые, плазменные), отражательные печи и другие.

Разделение во времени и пространстве стадий восстановления и плавления железорудных материалов, осуществляемых при различных температурах, является основным преимуществом многоступенчатых процессов, так как позволяет повысить стойкость огнеупорной футеровки агрегатов, избежать нежелательного явления — настылеобразования и слипания материалов. Многостадийность процесса позволяет также повысить эффективность использования тепловой и химической энергии газов, отходящих из агрегатов последующих ступеней. Отдельные стадии и процесс в целом поддаются регулированию и управлению.

Недостатком многоступенчатых процессов является взаимозависимость работы отдельных агрегатов, сравнительно низкие температуры на стадии предварительного восстановления, уровень которых ограничивается температурой начала плавления восстанавливаемых железорудных материалов. Это исключает возможность существенного повышения скорости восстановления и, следовательно, производительности многоступенчатого процесса в целом.

В связи с многообразием агрегатов, которые могут применяться на стадии предварительного восстановления, многоступенчатые процессы целесообразно сгруппировать по видам этих агрегатов: процессы с использованием вращающихся шахтных печей, циклонных камер и т. д.⁶

Характерные для многоступенчатых способов недостатки можно устранить организацией высокотемпературного процесса прямого получения жидкого металла в одну стадию. В этом случае в одном агрегате совмещаются стадии нагрева, восстановления, плавления и рафинирования металла. Восстановление железорудных материалов можно осуществлять при неограниченно высоких температурах, что благоприятно сказывается на кинетических параметрах процесса и производительности агрегата.

3.2 Одностадийные способы прямого получения жидкого металла

Недостатком одностадийных процессов является то, что при высоких температурах практически невозможно разделить во времени процессы восстановления и плавления железорудных материалов. Это предопределяет наличие жидких расплавов, содержащих оксиды железа, агрессивно воздействующих на огнеупорную футеровку агрегатов. При реализации одностадийных процессов проблематичным является также вопрос получения металла строго заданного состава, его регулирования.

⁶TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 108

Несмотря на эти недостатки, одностадийные высокотемпературные восстановительные процессы представляют наибольший интерес для решения задач бескоксовой металлургии. По условиям протекания восстановительных процессов и типу применяемых агрегатов на стадии предварительного восстановления железорудных материалов многоступенчатые процессы мало чем отличаются от рассмотренных ранее способов получения губчатого железа.

В связи с этим ограничимся рассмотрением одностадийных высокотемпературных процессов прямого получения жидкого металла.

Одностадийные способы прямого получения жидкого металла условно можно разделить на два вида. Первый вид, когда восстановление железорудных материалов протекает в твердой фазе с последующим плавлением и довосстановлением окислов железа из расплава (т. е. по схеме восстановление — плавление). Второй вид, когда восстановление оксидов железа осуществляется из расплава железорудных материалов (т. е. по схеме плавление — восстановление).

3.2.1. Восстановительные агенты

Основным при прямом восстановлении железа из руд, является восстановление оксидов железа до металлического состояния при помощи восстановительных агентов. Самые распространённые восстановители, применяемые для восстановления оксидов металлов это различные формы углерода (углерод содержащие материалы) или водород. В процессе прямого восстановления железа из руд роль восстановителей немного отличается от роли восстановителей, применяемых при доменной плаке. При прямом восстановлении, химические реакции восстановления протекают между твёрдыми фазами без их расплавления. В процессе прямого восстановления железа из руд реакции восстановления протекают между твёрдой и твёрдой или твёрдой и газовой фазами. При прямом восстановлении необходимо предпринимаются специальные меры для повышения скорости реакций.

Так как процесс прямого восстановления протекает без образования жидкой фазы, соответственно не происходит разделение шлака от металла, примеси содержащиеся в восстановительных агентах могут переходить в сталь при плавке, по этой причине к качеству восстановительных агентов предъявляются очень высокие требования в отношении наличия примесей отрицательно влияющих на качество стали.

Широкое промышленное внедрение процесса прямого восстановления железа из руд началось в пятидесятых годах двадцатого века в Мексике с применением шахтной печи для восстановительных процессов. Данная технология получила название HYL. Двенадцать лет спустя корпорация

Midland-Ross в Портланде, Орегоне (США) впервые для прямого восстановления железа из руд в шахтных печах применила природный газ, и данная технология применяется по настоящее время.

Прямое восстановление железа природным газом на сегодняшний день является самой распространённой технологией, но в Индии есть предприятия на которых а качестве восстановителей применяется уголь (твёрдые углерод содержащие восстановители).

3.2.2. Прямое восстановление железа из руд природным газом

Стандартная технология прямого восстановления природным газом осуществляется в шахтной печи рис. 2.

Восстановительный газ подаётся в нижнюю часть шахты печи и поток газа проходит через слой железной руды. Отходящие газы очищаются и пропускаются через реформатор, где происходит смешение с природным газом, с целью сокращения расхода природного газа. Существуют технологии в которых применяют паровые реформаторы, где отходящие газы подаются в реформатор с паром и природным газом

Природный газ выполняет несколько задач в газовых восстановительных печах - получение восстановительного газа.

Природный газ не может использоваться непосредственно в восстановлении железной руды, так как он разлагается при температурах более низких чем необходимы для восстановления оксидов железа.

Природный газ применяется в следующих трёх основных направлениях:

- сырьё для производства восстановительного газа;
- как источник топлива для создания высоких температур в печи и в газовом реформаторе;
- в качестве газа для охлаждения и науглероживания.

Прежде, чем природный газ может использоваться для восстановления оксида железа, его необходимо преобразовать в форму монооксида углерода и водорода. Это достигается в специальных паровых (или углекислых) реформаторах в присутствии никелевого катализатора. Данная технология преобразования природного газа в монооксид углерода и водород называется MIDREX® - процесс⁷.

⁷TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief
SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
p. 108

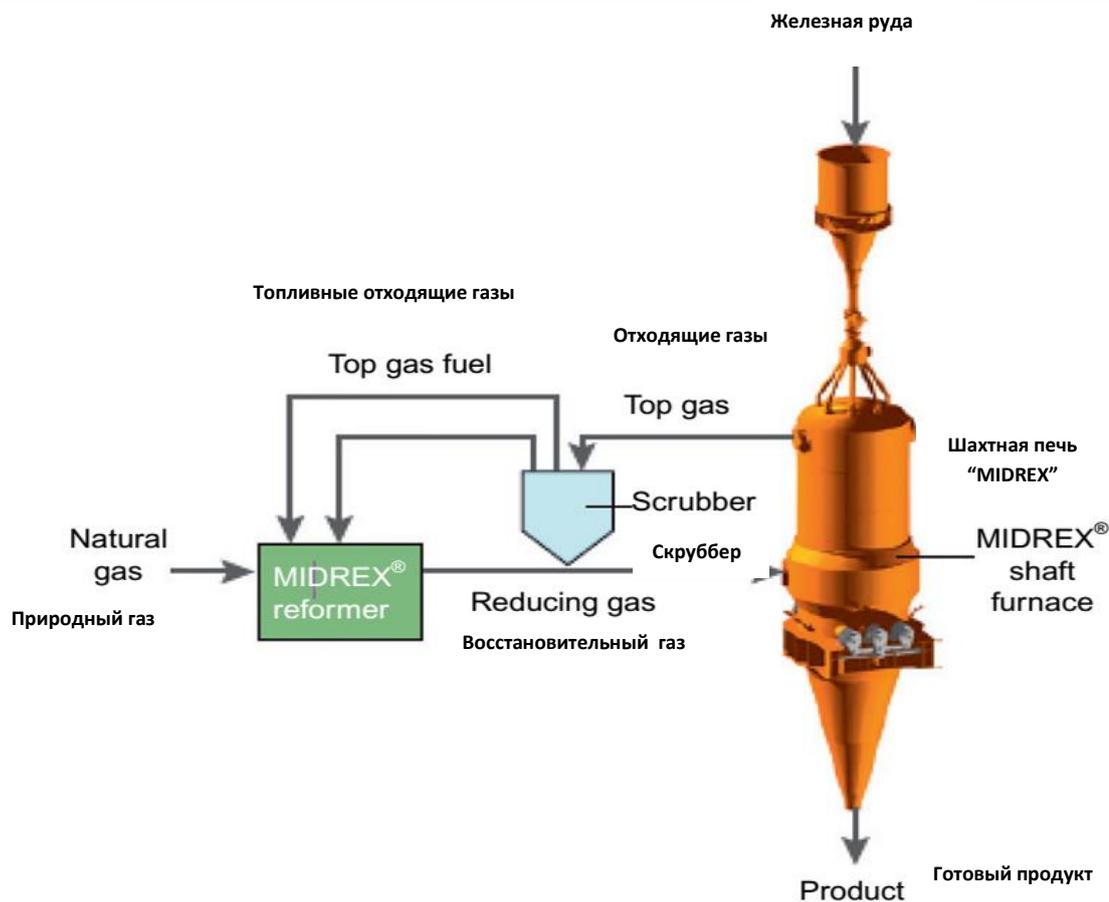


Figure 1.2.11 Schematic of standard MIDREX process for direct reduction.

3.3 Минералогия руды и депозиты

В качестве восстановителя железа из руд может быть использован и уголь. К таким процессам относятся RHF и РК. В процессе RHF для восстановления оксида железа применяется композиционный материал, состоящий из угля и связующих добавок. Для этого железосодержащий концентрат смешивается с восстановителем. Восстановитель находится в виде гранул. При высоких температурах углерод и водород, присутствующие в составе восстановительных гранул взаимодействуют с кислородом с образованием монооксида углерода и водорода. В процессе РК гранулы оксида железа, уголь и флюс загружаются в печь. В печи при высоких температурах углерод и водород, входящие в состав угля, взаимодействуют с кислородом, с образованием CO и H₂ и вступают в химическую реакцию с оксидом железа, восстанавливая его до металлического состояния.

Для прямого восстановления железа из руд, основанного на процессе РК размер частиц восстановителя (угля) не имеет большого значения. Размер частиц восстановителя может колебаться в пределах от 5 до 20 мм. В отличие от процесса РК в процессе RHF необходимо использование мелких частиц восстановителя 70% класса менее 325 меш (45 мкм).

Применение процесса прямого восстановления железа в коммерческих целях

Процессы прямого восстановления железа MIDREX и ENERGIRON работают в аналогичном режиме. Для восстановления оксидов железа в обоих процессах подается восстановительный газ содержащий 90-95% ($\text{CO} + \text{H}_2$), что в два раза превышает необходимое термодинамически рассчитанное количество. Этот газ подается в нижнюю часть восстановительной зоны шахтной печи. Здесь происходит столкновение восстановительных газов с гранулами руды, в которой железо находится в форме вюстита. Реакции восстановления происходят при высоких температурах, при которых газ имеет наибольший восстановительный потенциал. По мере того как газ протекает вверх печь, она теряет температуры и снижения мощности, но наталкивается на гранулы, которые легче reduce- магнетит в WU stite, затем гематита в магнетит. По мере движения газа в верхние части печи, он остывает и теряет восстановительные свойства, но при взаимодействии с гранулами происходит восстановление магнетита до вюстита, а затем геметита до магнетита.

Отходящие газы выходя из верхней части шахтной печи, остывшие до температуры 400 °C. Содержание ($\text{CO} + \text{H}_2$) в отходящих газах снижается до 70%. Этот газ очищается, разделяется и подаются в реформеры, где смешивается со свежим природным газом для повышения содержания ($\text{CO} + \text{H}_2$) до 90-95%. Реформированные газ возвращается обратно в печь для восстановления оксида железа⁸.

Вблизи холодных зон и металлического железа в печи происходит образование сажи (накопление углерода). Металлическое железо выполняет функцию катализатора для разделения природного газа на восстановительные агенты. Для предупреждения образования сажи самым простым методом является вдувание природного газа в смесь восстановительного газа, что приведёт к более полному использованию природного газа для образования восстановительных агентов ($\text{CO} + \text{H}_2$). Этого можно достичь при восстановлении оксидов железа в две стадии и рис. 3. Для лучшей кинетики процесса целесообразней проводить процесс в 3 или 4 стадии.

⁸TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved. p. 110

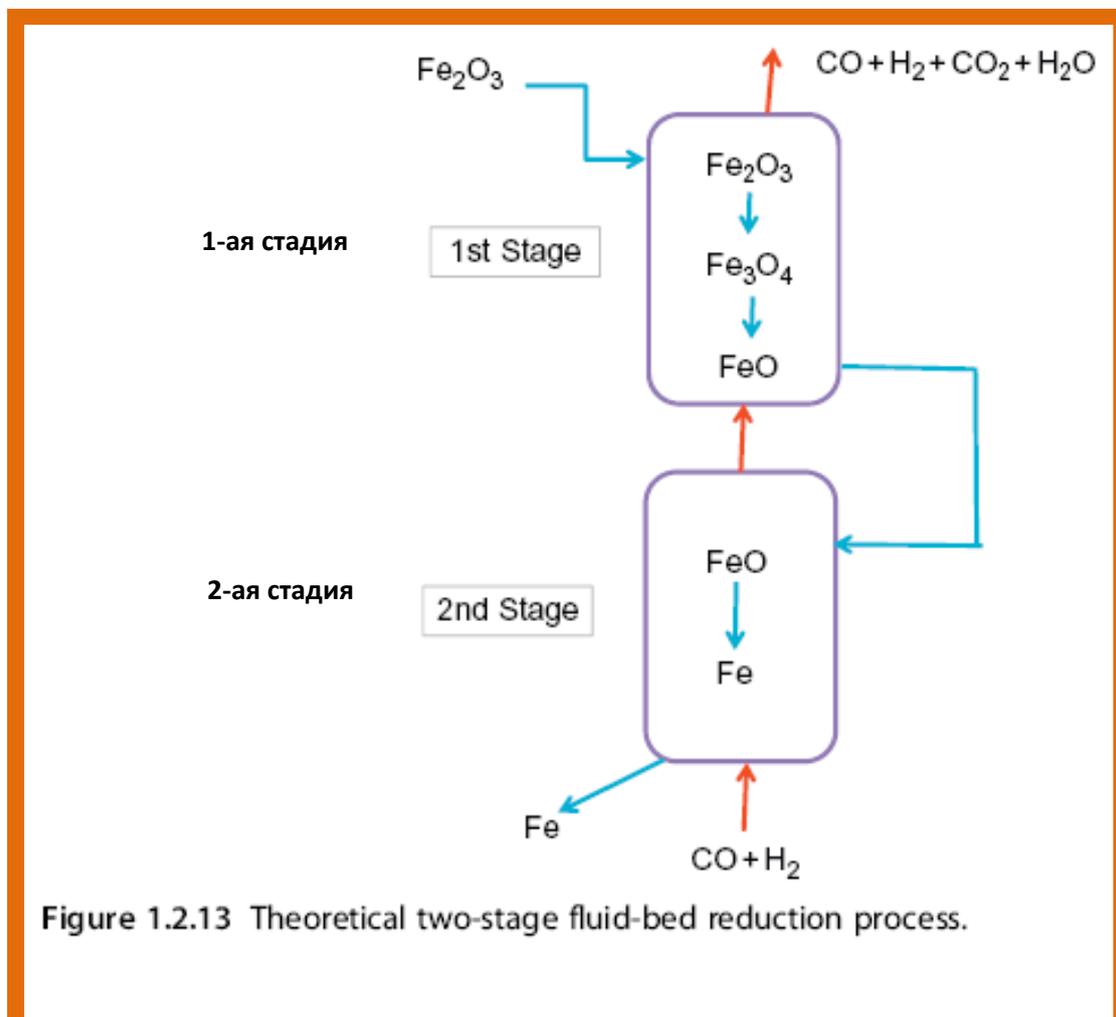


Figure 1.2.13 Theoretical two-stage fluid-bed reduction process.

Рис.2 Восстановлении оксидов железа в две стадии
Контрольные вопросы

6. Развитие внедоменного процесса получения жидкого металла
7. Какими способами пользуются для прямого получения жидкого металла?
8. Какие минералы используются для прямого получения жидкого металла?

Использованные литературы

1. TREATISE ON PROCESS METALLURGY Industrial Processes Editor-in-Chief SESHADRI SEETHARAMAN Copyright © 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.
2. Sachdeva, R.C. Fundamentals of Engineering Heat and Mass Transfer (SI Units) HMR Institute of Technology & Management, Delhi 4th edition, 2014
3. Dr S K Mandal Steel Metallurgy McGraw Hill Education (India), 2014

IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1- практическая занятие

Примерный расчет дуговой сталеплавильной печи

Цель работы: Расчет среднего состава шихты и материального баланса ДСП. Расчет расхода кислорода. Расчет состава шлака. Материальный баланс периода расплавления.

Задание: Плавка в дуговой сталеплавильной печи состоит из следующих основных периодов (цифры в скобках характеризуют примерную продолжительность каждого периода):

- 1) период расплавления (с подвалкой) (60%);
- 2) окислительный период (9, 4%);
- 3) период рафинировки (18,2%);
- 4) период межплавочных простоев, включающий выпуск, заправку, очистку и завалку (12,4%).

В первый период происходит нагрев и плавление загрузки и печь потребляет большую часть электроэнергии. Поэтому обычно при проектировании дуговой сталеплавильной печи расчет проводят только для периода расплавления и он включает:

1. расчет материального баланса;
2. расчет основных размеров печи;
3. расчет энергетического баланса;
4. расчет необходимой мощности трансформатора.

Пример для выполнения практических занятий.

Ниже приводятся данные только для периода расплавления.

Расчитать дуговую сталеплавильную печь емкостью $G = 100$ т. Для выплавки трансформаторной стали использована шихта, содержащая 11% предельного чугуна, 76,0% паспортной болванки и обрезки; 11 % рядового лома. 1,74 % агломерата и 0,26 % электродов, состав которых стали в конце периода расплавления следующий:

Таблица 1.

	C	Si	Mn	Fe
Чугун предельный (11%)	(4,6)	0,65	1,04	Ост
Паспортная болванка и обрезки (76%)	0,15	0,30	0,40	Ост.
Лом рядовой (11%)	0,70	0,30	1,00	Ост.
Агломерат (в пересчете на железо) (1,74)	-	-	-	57,4
Электроды (в пересчете на углерод)	0,99	-	-	-

(0,26 %)				
Средний состав	0,9544	0,3325	0,5284	Ост.
Сталь в конце периода расплавления	0,23	0,036	0,19	Ост.

Расход футеровки за период расплавления примем равным: магнезитохромитовый кирпич - 0,03 %; магнезитовый порошок - 1,03 %; магнезитовый кирпич - 0,28 % массы садки.

Во время периода расплавления в ванну подается: 0,56% (от массы садки) магнезита; 2,25% извести и 3,27% агломерата, состав которых приведен в табл. 1. Угар примесей определим как разность между средним содержанием элемента в шихте и в стали после расплавления (расчет проводим на 100 кг шихты):

C	$0,6544 - 0,230 = 0,7244$ кг
Si	$0,3325 - 0,036 = 0,2965$ кг
Mn	$0,5284 - 0,190 = 0,3384$ кг
Fe (в дым)	3,0000 кг
Всего	4,3593 кг.

Принимая, что 30 % C окисляется до CO_2 , а 70% до CO , найдем расход кислорода на окисление примесей и - массу образовавшихся оксидов:

Расход кислорода, кг	Масса оксида, кг
$C \rightarrow CO_2 \quad \dots 0,2173 \cdot 32 : 12 = 0,5795$	$0,2173 + 0,5795 = 0,796$
$C \rightarrow CO \quad \dots 0,5070 \cdot 16 : 12 = 0,6760$	$0,5070 + 0,6760 = 1,1830$
$Si \rightarrow SiO_2 \quad \dots 0,2965 \cdot 32 : 28 = 0,3389$	$0,2965 + 0,3389 = 0,6354$
$Mn \rightarrow MnO \quad \dots 0,3384 \cdot 16 : 55 = 0,0984$	$0,3384 + 0,0984 = 0,4368$
$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \quad \dots 3,0000 \cdot 48 : 112 = 1,2857$	$3,0000 + 1,2857 = 4,28541$
(в дым) $2,9785$	$7,3374$

Используя таблицу, находим состав шлака в конце периода расплавления:

	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3
Металлическая шихта	0,6354	-	-	-
Магнезитохромитовый кирпич	0,0018	0,0006	0,0198	0,0012
Магнезитовый кирпич	0,0084	0,0073	0,2520	0,0045
Магнезитовый порошок	0,0419	0,0262	0,9431	0,0083
Магнезит (подвалка)	0,0168	0,0146	0,5040	0,0086
Агломерат	0,4359	0,6508	0,0401	-
Известь	0,0787	1,9125		
Итого				

Продолжение

	Cr_2O_3	S	MnO	P_2O_3	Fe_2O_3
Металлическая шихта	-	-	0,4368	-	-

Магнезитохромитовый кирпич	0,0036	-	-	0,0030
Магнезитовый кирпич	-	-	-	0,0056
Магнезитовый порошок	-	-	-	0,0105
Магнезит (подвалка)	-	-	-	0,0112
Агломерат	-	-	-	-
Известь	-	0,0029	-	0,0023 0,0079
Итого	0,0036	0,0029	0,4368	0,0023 0,0382

Примечание: магнезитовый кирпич и известь вносят соответственно (см. табл. 41) 0,002 и 0,1557 кг CO₂.

Содержание оксидов железа в шлаке зависит от содержания углерода в металле и согласно данным Ф. П. Еднерала можно принять

С ₁ , %	0,08 - 0,18	0,20 - 0,32	0,28 - 0,42	0,67 - 1,09
Fe _{общ} , %	12,23	10,05	9,20	9,10

По практическим данным отношение (Fe в FeO)/(Fe в Fe₂O₃) принимаем равным 2—4.

В соответствии с приведенными рекомендациями принимаем, что при содержании углерода в стали в конце периода расплавления разном 0,23 % содержание оксидов железа в шлаке составит 10,05 %, причем FeO будет 7,5 %, а Fe₂O₃ - 2,55%.

Масса шлака без оксидов железа, равная согласно предыдущей таблице 6,1481 кг, составляет 89,95%, а общая масса шлака

$$L_{\text{шл}} - 6,1481/0,8995 = 6,8350 \text{ кг.}$$

Масса оксидов железа в шлаке равна 6,8350 - 6,1481 = 0,6869 кг, из которых 0,1717 кгFe₂O₃ и 0,5152 кгFeO.

Таким образом, состав шлака следующий:

	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
кг	1,2189	2,6120	1,8377	0,0339	0,0036
%	17,83	38,22	26,89	0,500	0,050

Продолжение

	S	MnO	P ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
кг	0,0029	0,4368	0,0023	0,1717	0,5152
%	0,040	6,390	0,030	2,51	7,54

Основность шлака равна CaO/SiO₂ - 38,22/17,83 = 2,14.

Окислится железа, кг:

$$\text{До Fe}_2\text{O}_3 \dots \dots 0,1717 - 0,0382 = 0,1335.$$

$$\text{До FeO} \dots \dots \dots 0,5152.$$

Поступит железа из металла в шлак

$$0,1335 \cdot 112:160 + 0,5152 \cdot 56:72 = 0,0092 + 0,4007 = 0,4099 \text{ кг.}$$

Выход годного составит

$$98,0 - 4,3592 - 0,4099 - 0,5 + 3,843 = 96,5739 \text{ кг,}$$

где 98,0 - масса металлической части шихты, кг; 4,3592 - угар примесей, кг; 0,4099 - потери железа на образование оксидов железа в шлаке, кг; 0,5 - количество железа, уносимого шлаком, кг; 3,843 - количество железа, вносимого агломератом (см. табл. 41), кг.

Расход кислорода на окисление железа (определяется как разность между массами оксида и исходного элемента) равен $(0,5152 - 0,4007) + (0,1335 - 0,0092) = 0,2388 \text{ кг.}$

Расход кислорода на окисление всех примесей $2,9785 + 0,2388 = 3,2173 \text{ кг.}$

Принимая коэффициент усвоения кислорода равным 0,9, определим потребное количество кислорода на 100 кг шихты

$$3,2173/0,9 = 3,5714 \text{ кг или } 3,5714 \cdot 22,4 \cdot 32 \cdot 2,5 \text{ м}^3.$$

Количество неусвоенного кислорода

$$3,5714 - 3,2173 = 0,3541 \text{ кг или } 0,2479 \text{ м}^3.$$

Кислороду сопутствует азот в количестве

$$3,5714 \cdot 77:23 \cdot 11,9564 \text{ кг или } 8,3695 \text{ м}^3.$$

Здесь: 77 и 23 —соответственно массовая доля азота и кислорода в воздухе.

При определении количества выделяющихся газов необходимо учесть образование CO и CO₂ (в отношении 70 и 30%) при горении углерода электродов. Согласно практическим данным расход электродов на плавку составляет (4—7) кг/т, причем ~60% их расходуется в период расплавления.

Учитывая, что материальный баланс составляется на 100 кг шихты, и принимая расход электродов в период расплавления равным $0,6 \cdot 5,0 = 3,0 \text{ кг/т}$ (0,3 кг/100 кг шихты), найдем, что с образованием окиси углерода сгорает $0,3 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ кг С}$ и образуется $0,21 \cdot 28:12 = 0,49 \text{ кг СО.}$

О образованием CO₂ сгорает $0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ кг С}$ и образуется $0,09 \cdot 44:12 = 0,33 \text{ кг СО}_2.$

Для горения углерода электродов требуется кислорода

$$(0,49 - 0,21) + (0,33 - 0,09) = 0,52 \text{ кг.}$$

Кислороду сопутствует азот в количестве $0,52 \cdot 77:23 = 1,74 \text{ кг.}$

Теперь можно определить состав и количество выделяющихся газов:

	кг	м ³	%
CO ₂	$0,7968+0,002+0,1557+0,33=1,2845$	0,6539	4,95
CO	$1,1830+0,49=1,6730$	1,3384	10,14
O ₂	0,2479	0,1735	1,88
N ₂	$1,74+11,9564=13,6964$	10,9571	83,03
всего		13,1229	100,00

Материальный баланс периода расплавления

Поступило, кг:		Получено, кг:	
Чугун предельный	11,00	Металл	96,57,39
Паспортная болванка и обрезь	76,00	Шлак	6,8350
Лом	11,00	Газ	16,9018
Бой электродный	0,26	Потери металла со шлаком	0,5000
Агломерат	5,01	F ₂ O ₃ (в дым)	4,2854
Магнезит	0,56	Всего	125,0963
Известь	2,25		
Футеровка	1,34		
Электроды	0,30		
Воздух	17,38		
Всего	125,10		

Контрольные вопросы

1. Расчет среднего состава шихты и материального баланса ДСП
2. Расчет расхода кислорода
3. Расчет состава шлака
4. Материальный баланс периода расплавления

Использованные литературы

1. Dr S K Mandal Steel Metallurgy McGraw Hill Education (India), 2014

2- практическая занятие

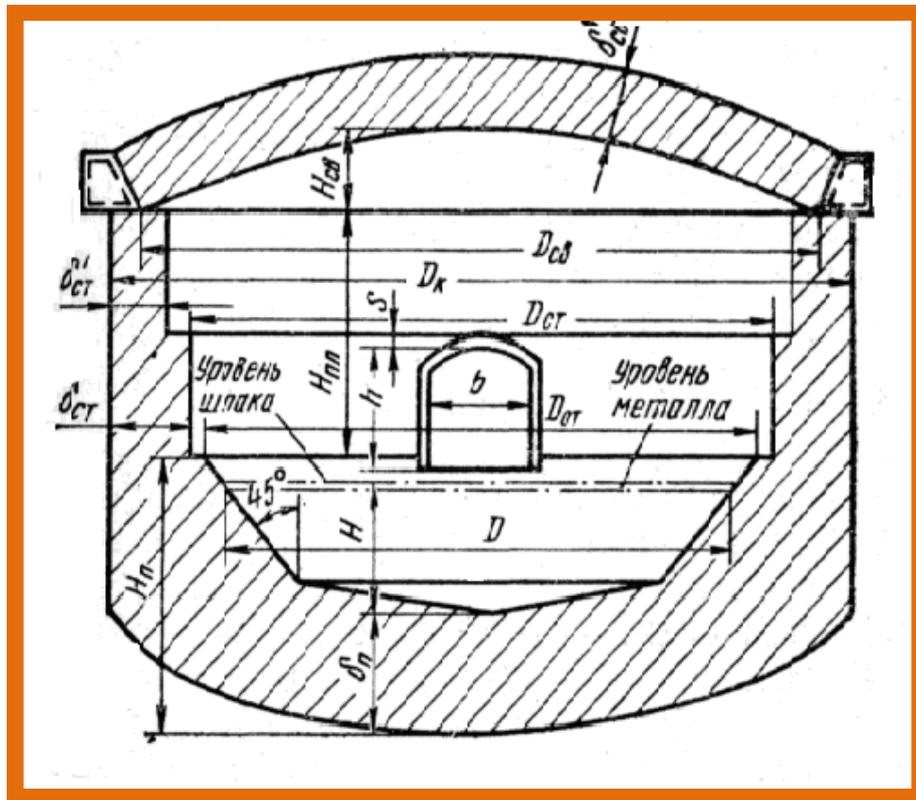
Определение основных размеров дсп

Цель работы: Определит объем жидкого металла в дуговой сталеплавильной печи. Диаметр зеркала металла. Уровень порога рабочего окна

Пример для выполнения практических занятий.

Наиболее распространенная форма ванны дуговой сталеплавильной печи— сфероконическая с углом между образующей и осью конуса, равным 45° (рис. 2.1).

Объем жидкого металла в дуговой сталеплавильной печи емкостью $G = 100$ т равен $V=vG = 0,145 \cdot 100 = 14,5$ м³ где $G = 0,145$ м³/т— удельный объем жидкой стали.



Диаметр зеркала металла вычислим по формуле

$$D = 200 \sqrt[3]{V} = 2000 \cdot 1,085 \sqrt[3]{14,5} = 5291,5 \text{ мм} = 5,3 \text{ м},$$

где коэффициент C выбираем из нижеприведенной табли-Цй, принимая значение $D/H = 5,0$

D/H	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
C	1,043	1,064	1,085	1,106	1,127	1,149	1,165

Глубина ванны жидкого металла $H = 5,3/5,0 = 1,06 \text{ м}$.

Принимая расчетный объем шлака равным $0,1 \text{ V}$, найдем $V_{\text{ш}} = 0,1 \cdot 1,45 = 1,45 \text{ м}^3$,

откуда определим высоту слоя шлака

$$H_{\text{ш}} = \frac{4V_{\text{ш}}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 1,45}{3,14 \cdot 5,3^2} = 0,0658 \text{ м} = 65,8 \text{ мм}$$

и диаметр зеркала шлака

$$D_{\text{ш}} = D + 2H_{\text{ш}} = 5291,5 + 2 \cdot 65,8 = 5423,1 \text{ мм}.$$

Уровень порога рабочего окна должен быть расположен выше уровня зеркала шлака на 40 мм , а уровень откосов на 65 мм выше уровня порога рабочего окна. Тогда диаметр ванны на уровне откосов равен

$$D_{\text{от}} = D + 2(H_{\text{ш}} + 40 + 65) = 5291,5 + 2(65,9 + 40 + 65) = 5633 \text{ мм}.$$

$$\text{и } D_{\text{ст}} = D_{\text{от}} + 200 = 5633 + 200 = 5833 \text{ мм}.$$

Высота плавильного пространства $H_{пл}$ и толщина футеровки зависит от емкости печи:

$G, т$	0,5—6,0	12—50	>100
$H_{пл}/D_{от}$	0,5—0,45	0,45—0,4	0,38—0,34
$\delta_{п}, мм$	450—550	600—700	800—1000
$\delta_{св}, мм$	230	300	380—460
$\delta_{ст}, мм$	300—350	300—350	300—350

В соответствии с приведенными рекомендациями находим $H_{пл} = 0,36 \cdot 5633 = 2028$ мм.

Футеровка подины имеет толщину $\delta_{п} = 960$ мм и состоит из огнеупорной магнезитовой набивки толщиной 125мм, огнеупорной кладки из магнезитового кирпича толщиной 575 мм и шамота-легковеса толщиной 260 мм.

Футеровка стен на уровне откосов ($\delta_{от} = 500$ мм) состоит из магнезитового кирпича толщиной 460 мм с засыпкой зазора между кладкой и кожухом шириной 40 мм магнезитовой засыпкой.

Внутренний диаметр кожуха $D_{к} = D_{ст} + 2 \cdot 500 = 5833 + 2 \cdot 500 = 6833$ мм. Толщину магнезитовой футеровки в верхней части стен принимаем равной $b_{т} = 300$ мм.

Свод выполняют из хромомagneзитового кирпича толщиной $\delta_{св} = 460$ мм. Стрела пролета свода печи принимается равной 15% пролета (внутреннего диаметра) свода, т.е. «

$$h_{св} = 0,151D_{св} = 0,15 (D_{к} - \delta_{св}), \text{ мм.}$$

Размеры рабочего окна выбираем из условий удобства загрузки в печь шлакообразующих и легирующих материалов мульдами: $b \times h = 1600 \times 1600$ мм.

Контрольные вопросы

1. Объем жидкого металла в дуговой сталеплавильной печи
2. Диаметр зеркала металла
3. Уровень порога рабочего окна

Использованные литературы

1. Dr S K Mandal Steel Metallurgy McGraw Hill Education (India), 2014

3- практическая занятие

Энергетический баланс периода расплавления . расчет прихода тепла.

Цель работы: составления энергетического баланса является определение суммарного количества электрической энергии, которого необходимо выделить

в дуговой сталеплавильной печи в период расплавления, по которому затем определяют необходимую мощность печного трансформатора

Пример для выполнения практических занятий.

Для современных ДСП емкостью 100 т продолжительность периода расплавления τ_p в зависимости от мощности трансформатора равна

N, МВА	25	32	42
τ_p , с	12240	9504	7452

Примерно в середине периода расплавления происходит подвалка шихты, продолжительность которой составляет $\tau_{п} = 2160$ с. Следовательно, продолжительность расплавления «под током» составляет $\tau_{p,t} = \tau_p - 2160$ с. Принимая $\tau_p = 9504$ с, находим, что

$$\tau_{p,t} = 9504 - 2160 = 7344 \text{ с. Приход тепла}$$

1. Тепло, вносимое шихтой ($t_{ш} = 20^\circ\text{C}$)

$$Q_{ш} = 100 \cdot 10^3 \cdot 0,98 \cdot 0,469 \cdot 20 = 919,24 \cdot 10^3 \text{ кДж} = 0,919 \text{ ГДж.}$$

2. Тепло, вносимое электрическими дугами

$$Q_d = \eta_{эл} W_{эл} \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж,}$$

где $\eta_{эл}$ - электрический к. п. д., равный 0,87-092; $W_{эл}$ вводимая в печь электроэнергия, кДж. Для рассматриваемого примера

$$Q_d = 0,9 W_{эл} \cdot 10^{-6} \text{ ГДж.}$$

3. Тепло экзотермических реакций

$$C \rightarrow CO_2 \dots 0,002173 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 34,09 = 7407,76$$

$$C \rightarrow CO \dots 0,005070 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 10,47 = 5308,29$$

$$Si \rightarrow SiO_2 \dots 0,002965 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 31,10 = 9221,15$$

$$Mn \rightarrow MnO \dots 0,003384 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 7,37 = 2494,01$$

$$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \dots 0,001335 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 7,37 = 983,90$$

$$Fe \rightarrow FeO \dots 0,005152 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 4,82 = 2483,26$$

$$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \text{ (вдым)} \dots 0,03000 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 7,37 = 22 \ 110,00$$

$$Q_{экз} = 50008,37 \text{ МДж} = 50,0 \text{ ГДж.}$$

4. Тепло шлакообразования

$$SiO_2 \rightarrow (CaO)_2 SiO_2 \dots 0,006354 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 2,32 = 1481,09 \text{ МДж}$$

$$Q_{шл} = 1,48 \text{ ГДж.}$$

РАСЧЕТ РАСХОДА ТЕПЛА

1. Физическое тепло стали

$$Q_{ст} = 0,965739 \cdot 100 \cdot 10^3 [0,7 \cdot 1500 + 272,16 + 0,837(1600-1500)] = 135770 \cdot 10^3 \text{ кДж} = 135,77 \text{ ГДж}$$

2. Физическое тепло стали, теряемой со шлаком

$$Q_{\text{ст-шл}} = 0,005 \cdot 100 \cdot 10^3 [0,7 \cdot 1500 + 272,16 + 0,837 (1700 - 1500)] = 745230 \text{ кДж} = 0,745 \text{ ГДж.}$$

3. Физической тепло шлага

$$Q_{\text{шл}} = 0,068350 \cdot 100 \cdot 10^3 (1,25 \cdot 1700 + 209,35) = 15955,282 \cdot 10^3 \text{ кДж} = 15,955 \text{ ГДж.}$$

4. Тепло, уносимое газообразными продуктами реакций с температурой $t_{\text{yx}} = 1500^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{yx}} = 0,131229 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 2244,83 = 29625,3 \cdot 10^3 \text{ кДж} = 29,625 \text{ ГДж.}$$

Энтальпию газообразных продуктов реакций находим с использованием приложения II:

$$\text{CO}_2 \dots 0,0495 \cdot 3545,34 = 175,49$$

$$\text{H}_2\text{O} \dots 0,1014 \cdot 2200,26 = 223,11$$

$$\text{O}_2 \dots 0,0188 \cdot 2296,78 = 43,18$$

$$\text{N}_2 \dots 0,8308 \cdot 2170,55 = 1803,05$$

$$1500 = 2244,83 \text{ кДж/м}^3.$$

$$i_{\text{yx}}^{1500} = 2244,83 \text{ кДж/м}^3$$

5. Тепло, уносимое частицами Fe_2O_3

$$Q_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,042854 \cdot 100 \cdot 10^3 (1,23 \cdot 1500 + 209,34) = - 8803,67 \text{ ЮЗ кДж} = 8,8 \text{ ГДж.}$$

6. Потери тепла теплопроводностью через футеровку.

Стены имеют два равных по высоте участка разной толщины: 500 мм на нижнем и 300 мм на верхнем участке. Материал— магнезитовый кирпич. Тепловым сопротивлением слоя магнезитовой засыпки толщиной 40 мм пренебрегаем.

Принимая, что к концу кампании футеровка стен и свода может изнашиваться на 50 %, принимаем расчетную толщину футеровки равной 75 % первоначальной толщины. С учетом изложенного принимаем толщины участков стен равными соответственно $0,75 \cdot 500 = 375 \text{ мм}$ и $0,75 \cdot 300 = 225 \text{ мм}$.

Согласно приложению IX, коэффициент теплопроводности магнезита равен $\gamma_{\text{м}} = 6,28 - 0,0027 \bar{t} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Температура внутренней поверхности футеровки равна $t_1 = 1600^\circ\text{C}$, температуру наружной/поверхности верхней части стены примем равной $t_2^{\text{верх}} = 350^\circ\text{C}$, нижней $t_2^{\text{низ}} = 300^\circ\text{C}$. Тогда

$$\lambda_{\text{м}}^{\text{верх}} = 6,28 - 0,0027 (1600 + 350)/2 = 3,65 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)};$$

$$\lambda_{\text{м}}^{\text{низ}} = 6,28 - 0,0027 (1600 + 300)/2 = 3,715 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}.$$

В соответствии с примечанием к формуле (31)

$$\alpha_{\text{конв}}^{\text{верх}} = 10 + 0,06 \cdot 350 = 31 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

$$\alpha_{\text{конв}}^{\text{низ}} = 10 + 0,06 \cdot 300 = 28 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Принимая температуру в цехе равной 30°C , с использованием формулы [68] находим

$$Q_{\text{тепл}}^{\text{ст.верх}} = \frac{1600 - 30}{\frac{0,225}{3,65} + \frac{1}{31}} 21,76 \cdot 9504 = 3,46 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 3,46 \text{ ГДж} ;$$

$$Q_{\text{тепл}}^{\text{ст.верх}} = \frac{1600 - 30}{\frac{0,375}{3,715} + \frac{1}{28}} 21,76 \cdot 9504 = 2,38 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 2,38 \text{ ГДж} ;$$

где $F_{\text{нар}}^{\text{ст}} = \pi D_{\text{к}} H_{\text{пл}} / 2 = 3,14 \cdot 6,833 \cdot 2028 / 2 = 21,7 \text{ м}^2$ - площадь наружной поверхности верхней и нижней частей стен печи.

Потери тепла через свод определяем, принимая температуру внутренней поверхности свода равной $t_1 = 1600^\circ\text{C}$, наружной $t_2 = 320^\circ\text{C}$, коэффициент теплопроводности магнезитохромита (приложение IX)

$$\lambda_{\text{МК}} = 4,1 - 0,0016 (1600 + 320) / 2 = 2,564 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}.$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией в окружающую среду

$$\alpha_{\text{КОНВ}} = 1,3(10 + 0,06 \cdot 320) = 37,96 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Толщина футеровки свода равна $0,75 \cdot 0,46 = 0,345 \text{ мм}$, а площадь наружной поверхности

$$F_{\text{нар}}^{\text{св}} = \pi (H_{\text{св}}^2 + D_{\text{св}}^2) / 2 = \pi [0,15^2 (D_{\text{к}} - \delta_{\text{ст}}')^2 + (D_{\text{к}} - \delta_{\text{ст}}')^2] / 2 = \\ = 3,14 [0,15^2 (6,833 - 0,3)^2 + (6,833 - 0,3)^2] / 2 = 68,5 \text{ м}^2$$

Теперь

$$Q_{\text{тепл}}^{\text{ст.верх}} = \frac{1600 - 30}{\frac{0,345}{2,564} + \frac{1}{37,96}} 68,5 \cdot 9504 = 6,35 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 6,35 \text{ ГДж} ;$$

Расчет потери тепла через подину печи

Определим потери тепла через подину печи, считая, что футеровка подины ниже уровня откосов состоит из магнезитовой набивки и магнезитовой футеровки (принимаем их как один слой толщиной 0,6 м) и шамота-легковеса толщиной 0,26 м. Температура внутренней поверхности подины ($t_1 = 1600^\circ\text{C}$, наружной $t_2 = 200^\circ\text{C}$. Согласно приложению IX

$$\lambda_{\text{М}} = 6,28 - 0,0027 t_{\text{М}}, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)};$$

$$\lambda_{\text{Ш}} = 0,465 + 0,000387 t_{\text{Ш}}, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}.$$

Принимая в первом приближении линейное распределение температуры по толщине футеровки, найдем температуру на границе раздела слоев

$$t_{\text{ш-м}} = t_2 + (t_1 - t_2) \frac{\delta_{\text{ш}}}{\delta_{\text{ш}} + \delta_{\text{м}}} = 200 + (1600 - 200) \frac{0,26}{0,6 + 0,26} = 623,3^\circ\text{C}$$

Коэффициенты теплопроводности материалов равны

$$\lambda_{\text{М}} = 6,28 - 0,0027 t_{\text{М}} (1600 + 623,3) / 2 = 3,28 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)};$$

$$\lambda_{\text{Ш}} = 0,465 + 0,00038 t_{\text{Ш}} (623,3 + 200) / 2 = 0,621 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}.$$

Учитывая, что при $t_2 = 200^\circ\text{C}$ коэффициент теплоотдачи конвекцией обращенной вниз поверхности равен

$$\alpha_{\text{конв}} = 0,7(10 + 0,06 \cdot 200) = 15,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

по формуле (68) находим

$$q_{\text{нод}} = \frac{1600 - 30}{\frac{0,6}{3,28} + \frac{0,26}{0,621} + \frac{1}{15,4}} = 2355,44 \text{ Вт} / \text{м}^2.$$

Уточним значение температуры на границе раздела слоев футеровки, используя формулу (69), и наружную температуру по формуле (69, а)

$$t_{\text{м-ш}} = 1600 - 2355,44 \frac{0,6}{3,28} = 1169^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 30 + 2355,44 / 15,4 = 182,9^\circ\text{C}$$

Тогда

$$\lambda_{\text{м}} = 6,28 - 0,0027(1600 + 1169)/2 = 2,54 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

$$\lambda_{\text{ш}} = 0,465 + 0,00038(1169 + 182,9)/2 = 0,72 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{\text{конв}} = 0,7(10 + 0,06 \cdot 182,9) = 14,68 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

$$q_{\text{нод}} = \frac{1600 - 30}{\frac{0,6}{2,54} + \frac{0,26}{0,72} + \frac{1}{14,68}} = 2359,3 \text{ Вт} / \text{м}^2.$$

Поскольку величины плотностей тепловых потоков мало отличаются друг от друга, дальнейшего уточнения проводить не будем.

При определении площади наружной поверхности подины примем, что она состоит из поверхности $F_{\text{нар}1}^{\text{нод}}$ сферического сегмента, равной площади наружной поверхности свода $F_{\text{нар}1}^{\text{с}3} = 154,1 \text{ м}^2$ и цилиндрической поверхности

$$F_{\text{нар}2}^{\text{нод}} = \pi D_{\text{к}}(H_{\text{под}} - \delta_{\text{п}}), \text{ причем в соответствии с вышеприведенными данными}$$

$$H_{\text{под}} = \delta_{\text{п}} + H + H_{\text{шл}} + 0,04 + 0,065 = 0,86 + 2,028 + 0,0658 + 0,04 + 0,065 = 3,06 \text{ м}.$$

Тогда

$$F_{\text{нар}2}^{\text{нод}} = 3,14 \cdot 6,833 (3,06 - 0,86) = 47,2 \text{ м}^2$$

Окончательно получаем

$$F_{\text{тепл}}^{\text{нод}} = 2359,3 (68,5 + 47,2) 9504 = 2,59 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 2,59 \text{ ГДж}.$$

Общие потери тепла теплопроводностью через футеровку печи

$$Q_{\text{тепл}} = 3,46 + 2,38 + 6,35 + 2,59 = 14,78 \text{ ГДж}.$$

Контрольные вопросы

1. Расчет прихода тепла
2. Расчет расхода тепла
3. Расчет потери тепла через подину печи

Использованные литературы

1. DrSKMandalSteelMetallurgyMcGrawHillEducation (India), 2014

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.

КЕЙСЫ

1-кейс: Получение качественной стали в печах ДСП в АО «Узметкомбинат» является важнейшим фактором определяющим место комбината в мировом рынке. Который непосредственно влияет на себестоимость получения высококачественной стали. Изучение способов получения стали требует тщательного изучения состава выпускаемой стали. Во время выплавки стали часто в выпускаемом продукте остаются газы, которые препятствуют получению высококачественной стали. Решите эту проблему.

Тема:	Газы в сталях и расплавах при получении готового продукта в печах ДСП в Бекабадском комбинате по производству стали в АО «Узметкомбинат»
Цель:	Изучение способов удаления газов в сталях и расплавах и создание условий для получения качественной

	инструментальной стали
Задачи:	Выбор эффективного удаления газов из стали методом вакуумирования в условиях АО «Узметкомбинат»
Результативность обучения:	Участники имеют представление о газах, выделяющихся в производстве инструментальной стали. Научатся применять в конкретных условиях наиболее эффективных способ удаления газов из стали.
Критерии успешности:	Понимание необходимости совершенствования способа получения качественной инструментальной стали в вакууматорах. Составляются разные варианты получения качественной стали методом вакуумирования. Выбирается наиболее приемлемый вариант получения качественной стали.
Ключевая идея:	Выбор оптимальных вариантов получения качественной стали в печах ДСП в Бекабадском комбинате по производству стали в АО «Узметкомбинат» с целью снижения газов в сталях и расплавах.
Ресурсы, материалы и оборудование:	Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал

Вопросы.

1. В вышеуказанной ситуации как можно решить эту проблему?
2. Что нужно делать, чтобы извлечь газы из стали?
3. Чтобы решить эту ситуацию какие решения могли бы дать?

2-кейс: Получение жидкого металла доменным процессом весьма трудоёмкая. Во избежание этого процесса ученые пытаются получить жидкий металл бездомненным процессом Dios. Процесс Dios был разработан в Японии Федерацией чугуна и стали и Центром использования угля при поддержке Министерства внешней торговли и промышленности. Процесс Dios преимущественно жидкофазного восстановления железа появились в результате попыток лучше сбалансировать энергохимическую работу двух стадий — восстановления и плавления. Для применения этого процесса в наших условиях препятствуют различные факторы. Как можно решить эту проблему?

а:	ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА БЕЗДОМЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ Процесс «DIOS»
----	---

Цель:	Жидкофазное восстановление железа сбалансированием энергохимическую работу двух стадий — восстановления и плавления.
Задачи:	Изучение жидкофазное восстановление железа процессом «DIOS»
Результативность обучения:	участники имеют представление о жидкофазном восстановлении железа в стадиях восстановления и плавления .
Критерии успешности:	- понимание совершенствования получения жидкого металла двух стадиях — восстановления и плавления. - Разрабатываются меры по производству жидкого металла процессом «DIOS» - Выбирается наиболее приемлемый вариант получения жидкого чугуна.
Ключевая идея:	Получение жидкого металла процессом «DIOS»
Ресурсы, материалы и оборудование:	Флипчарт, маркеры, стикеры, проектор и презентационный материал

Вопросы:

1. Выше указанная ситуацию можно ли использовать в АО «Узметкомбинат»?
2. может ли ответить производственным требованиям?
3. Каким образом можно распространить эту ситуацию и каким образом можно решить эту проблему?

VI. ГЛОССАРИЙ

Термин	Понятие на узбекском языке	Понятие на английском язык
АВТОКЛАВ	герметичный аппарат для ускорения проведения физико-химических процессов при нагреве и повышенном давлении.	[autoclave] impermeable apparatus 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 <u>adhesion</u> 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) —	sintering, agglomeration thermal process sintering fine materials (ores, ore concentrates, soder-zhaschih waste metals and other) - the components of metallurgical

	составных частей металлургической шихты путем их спекания с целью придания формы и свойств необходимых для плавки.	charge by their speka-niya 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	технология извлечения	metal biotechnology

металлов	металлов из руд, концентратов, горных пород и растворов с использованием микроорганизмов или их метаболитов (продуктов обмена в живых клетках).	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 оксигидроксидов Al и в среднем, близкая по составу к $Al_2O_3 \cdot H_2O$, включающий гиббсит (гидрагиллит) $Al(OH)_3$; бемита-АЮ(OH) и диаспор $NAIO_2$, примеси: SiO_2 , P_2O_5 , CaO, MgO, CO_2 .	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) $Al(OH)_3$; a-boehmite $AlO(OH)$ and diaspor $NAIO_2$ 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	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 metallurgicheskikh svoystva.

	ВЫСОКИЕ металлургических свой ства.	
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 naklonny-mi 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^{-3} 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 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	vacuum degassing Removal of gas, steam or vapor medium from the vessels and devices with

	них давления ниже атмосферного.	tse-lyu getting them below atmos-ferного 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 oxyген, 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 подготовит, 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, gor-nyh workings for mining services <u>face</u>
ВЫКРУЧИВАНИЕ	гидролиз алюмината натрия с введением за-травки свежесажженных кристаллов $Al_2(OH)$, и с перемешиванием при производстве Al_2O_3 .	twisting; unscrewing hydrolysis of sodium aluminate with the introduction of freshly precipitated crystals za-travki $Al_2(OH)$ and stirring at proizvodstve Al_2O_3 .
ВЫЖИГАНИЕ	удаление из пористых брикетов добавок (пластификаторов,	firing, burning removal of the porous briquettes of additives

	смазок) путем нагревания до или после спекания.	(plasticizers, lubricants) by heating before or after sintering.
ВЫПАРИВАНИЕ	отделение жидкого летучего растворителя в виде пара от ррнного в нем малолетучего вещества упем подвода теплоты с целью получения более концентрированных Растворов либо веществ, практически не содержащих растворителя. При атм. давлении в. ведут, как правило, при температуре кипения раствора, при которой испарение происходит наиб, интенсивно.	Evapoliiquid separation of the volatile solvent in the form of a pair of p-rennogo it nonvolatile veschestvaputempodvoda heat in order to obtain a con- centered. rastvorovlibovesch- in, Practical. not with-holding district-solvent. When atm. pressure. vedut, usually at the rate of re-boiling p-pa, with a swarm evaporation occurs verry intensive
ВЫЩЕЛАЧИВА НИЕ	Отдельные составляющие твердого материала с использованием растворителя, основанный на способности извлечения вещества растворяться лучше, чем остальные компоненты; примеси при гидрометаллургическо м. 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 проплавляемых	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</p>	<p>Alumina white crystalline powder, consisting of up to 98% of aluminum and Al₂O₃ and is a raw material for producing metallic Al spetsialnyh kinds of ceramics, white-Elektrokom Runda,</p>

	керамики, белого электрокорунда, огнеупоров, электроизоляторных изделий и катализаторов при производстве каучука.	refractories, elektroizolyatornyh izdely and catalysts in the production of rubber.
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 kislodorod 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 несорбируемыми 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	Silica The refractory material containing 93% SiO ₂ ; widely

	применяемый. в металлургии для футеровки плавильных и нагревательных печей, ковшей и т. п.	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 кристаллические решетки 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 <u>edition</u>

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 (вместимость)	в металлургии количеств, параметров характеризующий объем или садку металлургического агрегата	Capacity in metallurgy quantities, parameters are characterized by volume or your batch metallurgical 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.), obespechivayuschy 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 neckunit (converter).
ЗАГРЯЗНЕНИЕ	присутствие в металле или сплаве отдельных элементов или соединений, которые не вводятся предна-меренно, 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.	dustcontent (burden), dustiness
ИЗВЕСТЬ	обобщенное название продуктов обжига (и последующей переработки) известняка, мела и др. карбонатных пород; является основным источником поступления в сталеплавильный шлак CaO — главного рафинирующего шлакового реагента	Lime dust content per unit volume of air and flue gases. generic name calcine (and downstream processing) of limestone, chalk and other carbonate rocks.; It is the main source of income in the steelmaking slag CaO - Chief rafi-niruyuscheho slag agent
ИЗВЛЕЧЕНИЕ	оценка полноты	Extraction

	использования исходного сырья в разделительной технологии, процессах (обогащение полезных ископаемых, металлургия, химическая технология и др.).	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 process, events, actions etc .;
КИСЛОТНОСТЬ шлака	отношение числа атомов О, 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 О, 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 вальцевания 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 при нагреве ограниченных веществ	Coke Solid combustible residue resulting from the heating of the limited materials without

	без доступа воздуха..	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 is polzuyut 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 потерявшие эксплуатационную ценность изделия из	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

	черных и цветных металлов и сплавов, а также образующиеся в процессе их металлургического производства и металлопереработки отходов, используемые для переплава в металлургических агрегатах.	steel production and metal processing wastes, used for remelting in 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 ₂ 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 отрасль промышленности, охватывающий получение металлов из руд и других материалов, а также	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

	<p>процессы, связанные с изменением химического состава, структуры и свойств металлических сплавов.</p>	<p>change in the chemical of composition, structure and properties of metallic alloys.</p>
<p>МЕТАЛЛЫ</p>	<p>простые вещества, обладающие в обычных условиях характерными свойствами: высокой электро- и теплопроводностью, отрицательным температурным коэффициентом электропроводности, способностью хорошо отражать электромагнитные волны, пластичностью.</p>	<p>Metals simple substances having the characteristic in normal conditions, properties of high electrical and thermal conductivity, negative temperature coefficient of electrical conductivity, a good ability to reflect electromagnetic waves ductility.</p>

VII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш оstonасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга курашимиз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2019.
5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 3 февралдаги “Хотин-қизларни қўллаб-қувватлаш ва оила институтини мустаҳкамлаш соҳасидаги фаолиятни тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5325-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетда талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимига бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4391- сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли фармони.

14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли қарори.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.

20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.

21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

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>