

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

Ларина Татьяна

Исследование получения легированной стали из ильменитовых концентратов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В070900 – Metallургия

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой
«Металлургия и обогащение
полезных ископаемых», к.т.н
М.Б. Барменшинова
« 31 » 05 2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: Исследование получения легированной стали из ильменитовых кон-
центратов

по специальности 5В070900 – Metallургия

Выполнила

Т. Ларина

Рецензент,
доктор PhD, СНС лаборатории
редких металлов РГП
«НЦ КИМС РК»

Малдыбаев Ф.К.
« 31 » 05 2022 г.

Научный руководитель,
доктор PhD, ассистент профес-
сор кафедры МиОПИ

Койшина Г.М.
« 30 » 05 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно – металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой
«Металлургия и обогащение
полезных ископаемых», к.т.н.
Б.И. Барменшинова
« 11 » 01 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающейся Ларина Татьяна

Тема: Исследование получения легированной стали из ильменитовых концентратов

Утверждена приказом Ректора Университета №489-до от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: «23» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломному проекту: Сатпаевский ильменитовый концентрат

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) вводная часть
- б) основная часть
- в) технологическая часть

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

представлены 17 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литературы: из 16 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Вводная часть	1.02.2022-30.03.2022	<i>Ghoishina</i>
Основная часть	1.04.2022-30.04.2022	<i>Ghoishina</i>
Технологическая часть	1.05.2022-25.05.2022	<i>Ghoishina</i>

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписи	Подпись
Технологическая часть работы	Г.М. Койшина доктор PhD, ассистент профессора	<i>30.05.2022</i>	<i>Ghoishina</i>
Нормоконтроль	С.К. Джуманкулова доктор PhD	<i>30.05.2022</i>	<i>К. Джуманкулова</i>

Научный руководитель

Ghoishina

Г.М. Койшина

Задание принял к исполнению обучающийся

Т. Ларина

Дата

«*01*» *02* 2022 г.

АННОТАЦИЯ

Работа включает: 25 страниц, 4 таблиц, 8 рисунков, использованных источников - 16.

Предмет исследования: ильменитовый концентрат и железная руда.

Цель работы: изучение технологического процесса легированной стали с применением металлизированных окатышей из ильменитового концентрата.

По результатам теоретических расчетов и экспериментальных данных выявлено, что при использовании металлизированных окатышей с содержанием ильменита вполне может заменить в производстве ферротитан.

Установлено что необожжённые окатыши при редуционном обжиге 950°C и времени выдержке 1 час металлизировались практически полностью – степень металлизации 0,98, в то время как обожжённые окатыши за это же время достигли степень металлизации 0,65-0,7.

ANNOTATION

The work includes: 25 pages, 4 tables, 8 figures, 16 sources used.

Subject of research: ilmenite concentrate and iron ore.

The purpose of the work is the study of the technological process of alloy steel using metallized pellets of ilmenite concentrate.

According to the results of theoretical calculations and experimental data, it was revealed that when using metallized pellets with ilmenite content, it may well replace ferrotitanium in production.

It was found that the unburned pellets during reduction firing at 950 ° C and exposure time of 1 hour were metallized almost completely – the degree of metallization was 0,98, while the fired pellets during the same time reached a degree of metallization of 0,65-0,7.

АҢДАТПА

Жұмысқа: 25 бет, 4 кесте, 8 сурет, пайдаланылған көздер - 16.

Зерттеу пәні: ильменит концентраты және темір кені.

Жұмыстың мақсаты: ильменит концентратынан металдандырылған жентектерді қолдана отырып, қоспаланған болаттың технологиялық процесін зерттеу.

Теориялық есептеулер мен эксперименттік мәліметтердің нәтижелері бойынша ильмениттің құрамы бар.

Металдандырылған жентектерді пайдалану кезінде ферротитатананы өндірісте алмастыра алатындығы анықталды 950°C редуциялық күйдіру кезінде және 1 сағат ұстау уақыты кезінде күйдірілмеген жентектер толығымен металдандырылғаны анықталды – металдану дәрежесі 0,98, ал күйдірілген жентектер осы уақыт ішінде металдану дәрежесіне 0,65-0,7 жетті.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Обзор современного состояния технологии прямого легирования стали	10
1.1 Производство железных и титановых руд	11
1.1.1 Запасы и добыча железных и титановых руд в Казахстане	12
1.2 Технологии использования титансодержащих оксидных материалов	12
1.3 Технологии использования титансодержащих оксидных материалов	14
2 Методики исследований	16
2.1 Характеристика используемых шихтовых материалов в экспериментальных исследованиях	17
2.2 Методика проведения экспериментальных исследований	19
3 Экспериментальные исследования	22
3.1 Подготовка шихты и экспериментальных установок к проведению опытов	22
3.2 Исследования по получению окатышей из мелкодисперсного железорудных и ильменитовых концентратов	23
3.3 Металлизация мелкодисперсных смесей железорудного и ильменитовых материалов стехиометрическим количеством углеродистого реагента	25
3.4 Исследования по выплавке легированной стали из комплексных металлизированных материалов	29
Заключение	30
Список использованных источников	31

ВВЕДЕНИЕ

Согласно всемирной статистике, по последним данным использование железных руд увеличилось на 60%, а титановых – в 1,5 раза. Исходя из тенденции мировой промышленности, специалисты прогнозируют что уже в 2024г. заметным станет дефицит ресурсов, сопутствующий рост цен на производство и соответственное удорожание конечного продукта. [1]

В связи с этим ключевыми направлениями развития металлургического производства на сегодняшний день являются: введение ресурсосберегающих и безотходных технологических процессов, и оборудования; свободное внедрение непрерывно литой заготовки для производства проката; дальнейшее усовершенствования качества металлопродукции.

В производстве легированных конструкционных сталей важны доли сплавов для легирования, содержащих различные легирующие в зависимости, от запрашиваемых свойств стали. Применение этих ценных металлов в качестве лигатуры с момента добычи соответствующих оксидных руд до введения в состав стали испытывает множество ступеней передела – добыча-обогащение - выплавка ферросплавов - растворение в жидкой ванне. На каждой ступени передела происходит некоторые потери металла. Суммарные потери этих металлов с учетом скопленных отходов очень значительна, что на практике вызывает недостаток легирующих добавок в сталь.

Целесообразное применение ресурсов с задачей резкого снижения потерь в всем технологическом цикле может быть достигнуто только путем преобразования структуры пользования легирующих, и разработки новейших технологии, обеспечивающей уменьшение количества переделов. Требуется обоснованное сокращение числа технологических операций в цикле обогащения рудного сырья и выборочное замещения использования ферросплавов при выплавке стали массового и конструкционного назначения прямым легированием оксидными легирующими материалами. Задачи, решаемые при внедрении технологии прямого легирования стали, до последнего времени не обладали надежной технологической основы.

Изучения в данной области начались снова в период возрастающего дефицита легирующих сплавов, по мере выработки имеющихся запасов качественного сырья. В настоящее время прямое легирование стали, как ресурсосберегающая технология, нашло свое ограниченное применение, как в СНГ, так и за рубежом. Хотя механизм и последовательность протекания реакций еще не раскрыты. Восполнению данных пробелов посвящены экспериментальные исследования, представленные в настоящей работе.

1 Обзор современного состояния технологии прямого легирования стали

Традиционная технология легирования стали осуществляется добавлением в расплав металла необходимого ферросплава – ферротитана. Практичность и распространённость подобной технологии легирования заключается в том, что легирующие элементы в этих сплавах находятся в металлическом состоянии. Однако производство ферросплавов представляет собой отдельное направление высокоэнергоемкой металлургии. Состав и происхождение ферросплава обуславливаются исходным сырьем. Переработка ферросплавов осуществляется в электротермических печах и редуционной плавкой. Восстановительным компонентом шихты является углерод, входящий в состав шихты в виде кокса. Таким образом, состав шихты обычно состоит из трех компонентов:

- 1) исходной руды;
- 2) кокса;
- 3) флюса.

Концентрация TiO_2 в рудах колеблется в пределах 0,5-35%, что может в процессе восстановительной плавки приводить к большому выходу шлака.

Энергозатраты заключаются из трех основных статей:

- 1) нагрев шихтового материала;
- 2) плавление металлов и шлака;
- 3) эндотермических тепловых эффектов редукиции металлов.

Каждая из статей покрывается электроэнергией, что способствует увеличению себестоимости производимой продукции, в виде ферросплава, в многократном размере. Следовательно, разработка новых технологий получения легирующих композиционных материалов прямого легирования стали представляет собой актуальную проблему. Чаще всего ферросплавы применяют в виде металлизированных окатышей. Потому энергозатраты на плавку сплава и шлака теряются безвозвратно. Потому как окускованный ферротитан вводится в расплав стали маленькими порциями, он в действительности не вносит изменений в тепловой баланс процесса. При наличии восстановительного реагента в составе шихты, теплосодержание расплавленной стали способно обеспечивать необходимые теплотраты для редукиции легирующего металла. Отчего появилось новое направление подготовки оксидных концентратов легирующих металлов в смеси с восстановительными составляющими и введение данной шихты в расплав металла для прямого легирования металла (ПЛМ). Преимущество ПЛМ перед классическим состоит в значительном снижении или исключении издержек производства легирующих сплавов.

1.1 Производство железных и титановых руд

В природе имеется приблизительно 65 минералов титана, содержащие титан в разных количествах. Промышленное значение имеют ильменит, рутил, лейкоксен, анатаз и титаномагнетиты.

По последним данным более 350 месторождений титана, из них около 75% запасов являются магматическими (количество выявленных месторождений 70), около 5 % – коры выветривания (количество таких месторождений – 10) и до 20 % россыпи (количество таких месторождений – более 235). Россыпи являются наиболее вовлеченными в производство. [2]

Натуральный рутил имеет в составе до 90% TiO_2 , но его мировые запасы от всеобщего количества примерно составляют 7%. Из них 56% россыпных месторождений титана представлены рутиловыми, преимущественно большие его запасы являются прибрежными россыпями, имеющие в составе титан, цирконий, редкоземельные элементы. Самые крупные месторождения рутила находятся в ЮАР, Австралии, Бразилии, Индии, СьерраЛеоне и Украине. Изготовление рутилового концентрата составляет около 340-370 тыс. т/ год.

Другим промышленно важным сырьем можно назвать ильменитовые руды, в них сконцентрированы около 80 % всех запасов титана. В мире половина разрабатываемых титановых россыпей представлены ильменитом, также ильменит добывается на месторождениях. Содержание TiO_2 в руде колеблется от 6 до 30 %, а в концентрате – от 42 до 67%. Наиболее крупные запасы ильменита находятся в Китае, Индии, Австралии, Норвегии, ЮАР, Украине, Мозамбик, Вьетнам и Бразилии. [1-3]

Всемирный объем производства ильменитовых концентратов – приблизительно 4,5-4,9 млн. т/ год, из которых 90 % производятся в 9 странах мира. В настоящее время ильменитовые концентраты являются ключевыми источником для изготовления титановых шлаков и рутила, которые далее применяют в целях производства диоксида титана и губчатого титана.

Независимо от того, что концентраты лейкоксена содержат в среднем 92 % TiO_2 , а в его родственник анатаз содержит 13% мирового запаса титана, но разрабатываются такие месторождения куда меньше из-за их малого количества, в то время как лейкоксеновых и ильменитовых месторождений куда больше. Австралия является крупнейшим производителем лейкоксеного концентрата (примерно 65тыс т).

Титаномагнетиты разновидность рудного сырья сложного состава, образованная проращением магнетита Fe_3O_4 ильменитом FeTiO_3 . Одна из предпосылок широкого вовлечения этих руд в производство черных металлов состоит в том, что они имеют значительное распространение в недрах земли. Кроме того, эти руды сравнительно чисты по содержанию таких вредных примесей, как сера и фосфор, обладают высокой магнитной восприимчивостью

и легко обогащаются методами магнитной сепарации. В связи с этим железотитанистые руды представляются весьма перспективным сырьем, постоянно привлекающим внимание металлургов. Кроме этого, в этих рудах содержится целый ряд других элементов, в частности, Ti, Cr, Ni, что позволяет отнести их к комплексным рудам. Особую ценность представляет наличие в этих рудах ванадия, основные запасы которого в земной коре представлены именно титаномагнетитами.

Химический состав железных руд представляет собой оксиды, гидрооксиды, соли и минералы. В природе железо встречается в виде многообразных рудных минералов. Основные из них магнетит ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), гематит (Fe_2O_3); лимонит ($\text{FeOOH} \cdot (\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$), сидерит (FeCO_3). Обычно любое скопление вышеназванных минералов имеют тесную связь с неметаллическими минералами и породами. К примеру, попутные к железорудным материалам известняк и глина практически всегда встречаются на месторождениях. Часто на одном месторождении в составе имеются множество минералов разом, хотя чаще всего преобладает всего один, а остальные генетически к нему близки.

Богатые железные руды обладают содержанием железа от 58% и кремнезема по меньшей мере 7-11%, фосфора и серы не более 0,15%. Представляя собой породы естественного разрушения железистых кварцитов, из-за разложения силикатов и выщелачивания кварцитов при длительном выветривании или метаморфоз бедные руды содержат минимум 25% железа.

Богатую железную руду подразделяют на два морфологических типа: линейные и плоскоподобные. Линейные морфологии представляют собой клиноподобные рудные тела в зонах с трещинами, разломами, раздробленностями и изогнутостями в следствии изменений поверхности земли. Полоскоподобные располагаются на крутопадающих вершинах пластов кварцитов представленными внушительных по площади подошивами и характеризуются к типовым корам выветривания. Руды имеют высокое содержание железа, примерно 54-69%. Мирове запасы железной руды насчитывают около 170 млрд тонн, половина из которых чистое железо.

По данным Геологической службы США, мировая добыча железной руды составила в 2019 году 1,93 млрд тонн: Китай (1-е место), Бразилия (2-е место) и Австралия (3-е место в мире) обеспечивают две трети добычи, а вместе с Индией (4-е место) и Россией (5-е место в мире) — 80 %.[7]

1.2 Запасы и добыча железных и титановых руд в Казахстане

По данным 2019 года Казахстан занимает 10-ое место в мире по добыче железа (43млн. т/год) и 10-ое по добыче титана. Ученные запасы титана сосредоточены в месторождениях: Сатпаевское (бывшее название Бектемир,

расположенное в Восточном Казахстане), Караоткель (Акмолинская область), Обуховское (Северный Казахстан), Шокашское (в Актюбинской области).

Мощность Караоткельского месторождения до 20 м, запасы по ильмениту 6 млн.т, но так как, в этих рудах содержатся ценные компоненты как, ниобий (577 т по оксиду ниобия), ванадий (2911 т по оксиду ванадия), цирконий (более 620 тыс. т по оксиду циркония), гафний (9 тыс. т по оксиду), иттрий (2 тыс. т), месторождение имеет значение при комплексном извлечении всех ценных компонентов. [2-7]

Россыпь Жулдыз расположена в юго-западном участке Караоткель, считается богатым по ильмениту, который имеет озерное происхождения. Месторождение недостаточно изучена, но является перспективной. Сатпаевская русловая россыпь расположена в юго-западе Преображенского массива, в 145 км от г. Усть-Каменогорск, и состоит из 3-х обособленных россыпи. Длина разведанной территории 7,26 тыс м, ширина 0,8-0,66 тыс. м, мощность составляет 3-12 м. По происхождению россыпь относится к аллювиальной группе, продуктивный горизонт –песчано-глинистый, который залегает на корях выветривания или на коренных породах, рудные минералы до 91-96 % представлены видоизмененным ильменитом и цирконом, редко находятся рутил, анатаз и лейкоксен. Запасы Сатпаевского месторождения по ильмениту 1822 тыс.т.

Обуховское титан-циркониевое месторождение открыто в 1958 году. Уникальность месторождения связывают с мелкой фракции добываемого там сырья, значительно облегчающее переработку. Представлено тремя участками: Обуховским, Северным и Горьковским. Данные участки были сформированы в прибрежно-морских, частично лагунных условиях и относятся к гравийно-песчано-глинистым образованиям чеганской свиты палеогена. Отложения чеганской свиты палеогена в разрезе формируют серию пластовых залежей, линз кварцевых песков, гравия и глины. Мелко-тонкозернистые пески являются наиболее выдержанными по мощности. Обуховское месторождение является средним по запасам, с высокими содержаниями рудных минералов, ильменит-циркониевых по составу. Содержание рудных минералов составляет (в кг/м³): ильменита - 82,09, рутила - 21,36, лейкоксена - 5,74, циркона - 80,41, монацита - 0,5-10, дистена - 0,3, андалузита - 0,1. Рентгено-спектральным анализом было установлено наличие ксенотима и ниобатов. Разведанные запасы песков составляют 7543,6 тыс. м³, а двуоксида титана более 187902,7 т. Кондиционные содержания элементов иттриевой и цериевой говорят о том, что россыпь является редкоземельной. [8]

Месторождение Соколовское расположено в Кустанайском районе Кустанайской области, в 43 км юго-западнее города Кустанай, на северо-восточной окраине города Рудный.

Месторождение приурочено к восточному крылу Соколовско-Сарбайской

антиклинали. Вмещающие каменноугольные отложения разделены на три свиты (снизу вверх): сарбайскую, сложенную вулканическими брекчиями и туфами андезитовых порфиров, мощностью до 1400 м; соколовскую, представленную известняками, базальтовыми микропорфирами и их туфами, мощностью до 850 м; куржункульскую, состоящую из андезито-базальтов их туфов и туфобрекчий, мощностью до 1400 м. Выше с размывом залегают красноцветные породы (конгломераты, песчаники, алевролиты) верхнего палеозоя, мощностью до 450 м, и песчано-глинистые мезозойские и кайнозойские отложения, мощностью 55-125 м. В соколовской свите сосредоточены наиболее мощные залежи высококачественных магнетитовых руд. Рудная зона прослежена скважинами на протяжении 9 км (при ширине 150-650 м) и на глубину до 1150 м. На месторождении выявлено более 245 рудных тел длиной 90-720 м, мощностью 1-255 м, прослеженных по падению на 100-1100 м. Центральные участки рудных тел сложены богатыми массивными рудами, которые к периферии постепенно переходят во вкрапленные руды. Среднее содержание железа в богатых рудах 56,6 %, в бедных – 38,2 %.

Главный рудный минерал - магнетит. Прочие рудные минералы – марказит, арсенопирит, пирит, мушкетовит, гематит, галенит, борнит, ильменит, пирротин, сфалерит, ковеллин, мартит, халькопирит. Нерудные минералы представлены везувианом, андрадитом, диопсидом, кальцитом эпидотом, альбитом, хлоритом, скаполитом, актинолитом. Реже отмечаются флогопит, шабазит, сфен, кварц, ангидрит, апатит, гипс. Окисленные руды (встречаются до глубины 180 м), сложены гематитом и мартитом с примесью гидрооксидов железа.

1.3 Технологии использования титансодержащих оксидных материалов

Диоксид титана (TiO_2) — неорганическое вещество, широко используемое в качестве белого пигмента. По сравнению со многими другими неорганическими пигментами TiO_2 обладает такими преимуществами, как высокая стабильность, нетоксичность и низкая стоимость. TiO_2 имеет три полиморфных модификации: анатаз, рутил и брукит, но в качестве пигмента можно использовать только кристаллические формы анатаза и рутила. Кристаллы как анатаза, так и рутила имеют очень высокие показатели преломления, и их частицы могут практически полностью рассеивать видимый свет. Оптимальный размер частиц TiO_2 для пигментов составляет около 250 нм. При первом применении TiO_2 в качестве пигмента было обнаружено, что краска выцветала быстрее, чем другие, когда окрашенные пленки подвергались воздействию солнца и ультрафиолетового (УФ) света. Покрытие

неорганическими соединениями, такими как оксид алюминия или кремнезем, подавляло каталитическую активность на поверхности и улучшало устойчивость к атмосферным воздействиям, что привело к широкому применению диоксида титана в качестве белого пигмента. Мировые продажи пигментов диоксида титана в 2017 году составили около 6 миллионов тонн, и тенденция роста мировых продаж пигментов диоксида титана сохраняется в последние годы.

Ферротитан добавляют в специальные марки стали для повышения их коррозионной стойкости и механической прочности при высоких температурах сохраняют работоспособность при высоких и очень низких температурах, во влажном воздухе и в морской воде. Уникальную коррозионную стабильность титана можно показать на следующем примере: пластинка из него, находившаяся в течение 10 лет в морской воде, совершенно не подвергалась разрушению; в этом отношении титан по стойкости не уступает платине. Сплавы титана используют в сверхзвуковых самолетах, так как сплавы алюминия при больших скоростях нагреваются от трения о воздух и утрачивают механическую прочность.

Высокая прочность титана и его исключительная инертность по отношению к плазме крови и веществам, вырабатываемым организмом человека, делают его незаменимым материалом для протезирования.

2 Методики проводимых исследований

Титановые руды и титаносодержащие отходы обогащения, как и многие другие металлы, находится в виде оксида. Попутно с ними всегда присутствует определенная концентрация железа. Следовательно, процесс извлечения металлов из руд базируется на организации восстановительных реакций. Самым главным критерием для обеспечения процесса является оптимальная подготовка шихтового материала и восстановительных реагентов. Классическая методика восстановления железа представляет из себя производство окискуованного железорудного материала, который затем загружают в шахтную печь, продуваемую горячей смеси газов (ГВГ), состоящих из CO и H₂, через слои шихты. Подготовка газа и его подача в шихту является чуть ли половиной всех предварительных операций. Компоненты ГВГ (CO и H₂) обладают небольшим редуционным потенциалом, т.к. это двухатомные газы и при определенной температуре реагируя с оксидами железа становятся трехатомными:



Согласно методике А.А. Байкова с механизмом, состоящим из двух звеньев, протеканию реакции начальным является диссоциационное звено. Реакции (1) и (2) начинаются при нагреве системы в промежутке 800-900°C возникает диссоциация. Когда степень диссоциации оксида железа по отношению к упругости lgP_{O₂} гораздо больше диссоциации воды и диоксида углерода в том же температурном интервале, то реакция протекает слева направо. Когда разница незначительная или становятся равной, то скорость реакции уменьшается вследствие чего достигается равновесие между обратной реакцией и прямой. Между 900 и 1000 °C в реакциях устанавливается равновесие, где у реакции (1) и газа CO степень расхода составляет 0,26-0,31, а для (2) и газа H₂ около 0,29-0,33. Соответственно для активного протекания реакции важен некоторый избыток восстановителей для газовой смеси. Однако, несмотря на высокий расход газа на единицу редуцируемого железа, получается высокометаллизированный продукт со степенью восстановления железа 0,93-0,99.

В отличие от железа, оксиды титана и руд, с использованием газов CO и H₂ не обеспечивается восстановления до металлического состояния, т.к. упругость диссоциации значительно меньше, чем те же показатели ГВГ. Таким образом, по мере увеличения температуры газы CO₂ и H₂O диссоциируют намного раньше, чем ильменит, т.е. газовая фаза по отношению к оксиде

становится не восстановительной, а наоборот окислительной атмосферой. Следственно ГВГ по сравнению к оксидам титана не располагает необходимыми восстановительными свойствами, для получения металлизации.

Из всего этого следует, что данные восстановители не подходят для металлизации титана, потому как не имеет высокого показателя диссоциации и имеет смысл использовать иной реагент, обладающий наиболее высоким потенциалом восстановлению.

Проблемой восстановительной плавки ильменитовых и титаномagnetитовых концентратов является высокое содержание TiO_2 . В зависимости от концентрации. Основные из этих концентратов масса состоит из оксидов железа и титана. Поэтому главный интерес представляет процесс прямого восстановления титана.

Из большого разнообразия распространённых восстановительных реагентов кокс и уголь имеют большой восстановительный потенциал, что позволяет их выбрать в качестве основного восстановителя.

Для титана в реакции с твердым углеродом характерно образование карбидов



Однако образование карбида не всегда обязательно. В системе образование происходит единожды. Однако содержание оксикарбидной системы в вакууме выше и предполагает регулирование температуры в процессе длительного удержания:



Происходит ускорение процесса и редуцирование оксикарбидообразующих металлов. Для повышения эффективности существует еще один дополнительный фактор - растворимость металла, который был редуцирован на металлической основе. Использование этого фактора, практическое значение имеет при организации получения легированной стали.

Ранее твердый углерод не подлежал повсеместному использованию в твердофазных системах из-за теоретического учения об адсорбционно-автокаталитическом механизме редуционных процессов, которые учитывали в реакции взаимодействия углерода с оксидами металлов лишь по контактно-диффузионному механизму.

2.1 Характеристика используемых шихтовых материалов в экспериментальных исследованиях

Для организации и проведения исследований использовали мелкодисперсные оксидные материалы: ильменитовый концентрат (Сатпаевское месторождение), железорудные (Соколовско-Сарбайское). В качестве твёрдого редуционного реагента использовали древесный уголь. Химический состав компонентов шихты для получения композиционного материала представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав компонентов шихты для получения композиционного материала

Наименование материалов	Химиялық құрамы, %													
	Fe	FeO	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	S	C	ппп
Сатпаевский ильменитовый концентрат	32,53	16,54	0,7* **	5,80	0,50	0,33	0,22	49,65	0,27	1,25	0,005* *	-	-	7,73
Железорудный ССГПО	65,8	42,0	0,82	0,75	0,07	0,015	4,9	0,86	0,31	0,6	0,06	0,19	-	
Древесный уголь*	–	–	–	0,48	–	–	–	–	–	0,12	–	0,06	98,0	-
* – остальное зола Ас = 1,63. ** - P ₂ O ₅ ; *** – MnO;														

На основе теоретических исследований установлены разнообразие кинетики взаимодействия оксидов железа и титана с твёрдым углеродом с одной стороны и температуры начала их размягчения – с другой.

В методическом плане задача поставлена так, чтобы вводимый в состав шихты твёрдый углерод был использован полнее на редукицию металлов без потерь. Указанные металлы редуцируют из их оксидов углеродом в совершенно разных температурных зонах: железо при 800-1000°C, титан при 1200-1250°C. Как видно, при полной металлизации железа в смеси шихты остаются в оксидной форме значительное количество титана. Предназначенное на их редукицию количество углерода должно оставаться в системе без потерь и должно использоваться при вводе композиционного материала в расплав. Поэтому композиционный материал в целом при обжиге должен иметь размягченное состояние для того, чтобы предотвратить возможность проникновения атмосферы воздуха вовнутрь спёка при его хранении. Обеспечение этих условий было возможно при определении температуры размягчения смеси, при которой остаточный углерод будет закрыт слоем поверхностной жидкой фазы. В связи с этим температура размягчения шихты

определялась по методу деформации слоя столба шихты в плавильной печи при различных массовых соотношениях оксидов титана и железа. Устанавливалась граница температуры размягчения смесей в пределах 980-1250°C.

2.2 Методика проведения экспериментальных исследований

При проведении исследования по получению окатышей из мелкодисперсного железорудного оксидного материала ССГПО. Окатыши получали в тарельчатом лабораторном грануляторе чашевого типа, представленный в соответствии с рисунком 1. В специальном барабане шихту увлажняли до 6% влажности.



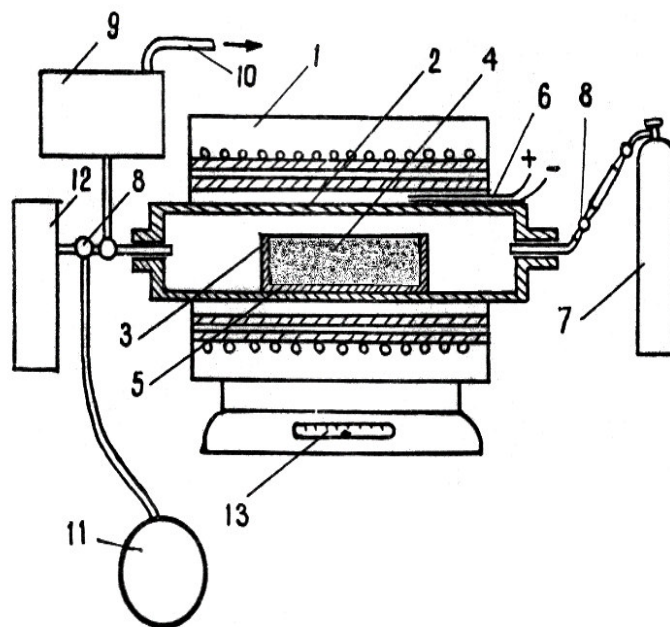
Рисунок 1 – Тарельчатый лабораторный гранулятор

2.3. Исследования твердофазной совместной редуции железа и титана из оксидов и равновесного соотношения в газовой фазе CO-CO₂ в зависимости от температуры

При восстановительном обжиге ильменитового и железорудного материалов с углеродным восстановителем в стехиометрическом количестве. Обжиг проводили в трубчатой электропечи RHTC 80 – 230/15 ControllerB410, показанный на рисунке 2. Стандарты шихты соответствуют заводским параметрам совместно с твердым углеродом в стехиометрическом количестве. Лоток с материалом поместили в фарфоровую трубку с сечением 21мм согласно

с условиями ГОСТ 9147-80 и отправили в электропечь. Для восстановительного обжига шихту изготовили путем интенсивного перемешивания дисперсных навесок в течении 7 минут.

Предназначен газоанализатор для полного анализа выделяющихся газов с целью определения в газовой смеси содержания CO и CO₂. Газоанализатор состоит из ящика – футляра, поглотительных сосудов, уравнильной склянки, измерительной бюретки и трёхканальных кранов в соответствии с ГОСТ 25336-82.



- 1 – электропечь сопротивления; 2 – реакционная трубка; 3 – жёлоб для загрузки шихты;
 4 – смесь мелкодисперсных материалов с редуционером; 5 – реакционный тигель;
 6 – термопара; 7 – баллон с аргонem; 8 – краники-тройники; 9 – газовый счётчик;
 10 – выброс газа; 11 – газовая камера; 12 – газоанализатор;
 13 – прибор для измерения температуры

Рисунок 2 – Электропечь «RHTC 80 – 230/15 ControllerB410»

Газоанализатор работает таким образом, что за счет избирательного поглощения соответственного поглотительного раствора ненасыщенных углеводородов. В данном случае содержание компонента определяется путём

фиксирования уменьшения объёма рассматриваемой пробы газа при поочередно проводимых операциях поглощения.

Для поглощения CO_2 и прочих кислотных газов применяются 32-37%-ный водный раствор едкого калия (KOH), который готовят в соответствии с ГОСТ 6408-75. Для поглощения CO применяется суспензия закиси меди (Cu_2O), приготовление которой соответствует ГОСТ 16539-78. В качестве запирающей жидкости в бюретке рекомендуется использовать 23%-ный раствор хлористого натрия (NaCl), приготовленный по ГОСТ 4233-78 или 12% раствора серной кислоты (H_2SO_4), соответствующий ГОСТ 4204-79. Запирающую жидкость подкрашивают метилоранжем (n, n'-диметиламиноазобензолсульфонат натрия).

Анализ способом поглощения проводили по методике, в которой каждый последующий реагент поглощает только один компонент. Прокачку газа начинали с сосуда, заполненного раствором KOH, в котором поглощается углекислый газ и остальные кислотные газы. Газ прокачивали 4-5 раза, а остатки его переводят в бюретку.

Прокачка сквозь раствор KOH повторяли 3-4 раза. Если после повторных прокачиваний объём газа не изменяется, поглощение суммы кислотных газов считают законченным; в случае, когда объём газа продолжает уменьшаться, прокачивания повторяют до наступления постоянства объёма. Оставшийся после поглощения CO_2 газ прокачивали через сосуд с суспензией Cu_2O в H_2SO_4 . После всех прокачиваний газ переводят в бюретку. Вобранный суспензией газ принимают за CO. Газ из бюретки через систему тройников направляют на газосчётчик, где по показателям фиксируют объём выделившегося газа. Патрубок на съёмной крышке соединен с аргоном для промывки реакционной камеры.

Характеристики твёрдых и жидких продуктов, полученных в результате экспериментальных исследований, осуществлялся посредством тщательного анализа на современных высокоточных аппаратах: настольного оптического эмиссионного спектрометра SPECTROLAB Jr^{CCD} и электронного микроскопа JSM 5910. Массу образцов и КЛУМ определяли на электронных весах ВЛТК-500 в соответствии с ГОСТ 24104-89. Для определения химического и минералогического составов были использованы сертифицированные методы и аппараты спектрометрического метода анализа в соответствии с ГОСТ 18895-98.

3 Экспериментальные исследования

3.1 Подготовка шихты и экспериментальных установок к проведению опытов

Для реализации эксперимента были обеспечены трубчатая электропечь и изолированная экспериментальная ячейка, сделанная из кварцевой трубки, которая имела входной и выходной патрубки для газа. Мелкодисперсная смесь шихтового материала была помещена в ячейку, и совместно с ней в трубчатую печь. Печь разогрели до 450°C, и рабочая зона реакционной трубки в течение 5-6 минут продували чистым аргонem. Продувка Ar и температура в 450°C предоставляет фактически полное удаление адсорбированных на поверхности шихты углекислого газа и водяного пара. Далее разогревая печь, ожидали наступления реакций восстановления оксидов железа, титана и углерода, фиксировали температуру и время начала выделения газа. После начала выделения газа далее нагрев системы осуществляли до необходимых температур с выдержкой на них до полного прекращения выделения газа, при этом фиксировали время, температуру, объём и состав газа. Выделяющийся газ накапливали в газовой камере, откуда отбирали пробы на анализ. После этого газ из камеры выпускали через газовый счётчик. Такой порядок накопления и выпуска газа позволяла проверять состав периодически выбрасываемого из камеры газа, фиксировать его количество. По количеству и составу выделяющегося газа определяли количество газифицированного кислорода шихты в виде CO₂ и CO по формулам, г:

$$\Delta O_{(CO_2)} = 1,389 \cdot 10^{-2} \cdot V \cdot CO_2, \quad (4)$$

$$\Delta O_{(CO)} = 0.692 \cdot 10^{-2} \cdot V \cdot CO, \quad (5)$$

их сумму:

$$\Delta O = \Delta O_{(CO_2)} + \Delta O_{(CO)}, \quad (6)$$

где V – объём газа за определённый интервал времени, л;

CO₂, CO – содержание в выделяющемся газе, %.

Эксперимент продолжался до окончания выделения газа, что указывает фактически полную или предельное восстановление железа и титана для данной температуры или при достижении температуры в трубчатой электропечи 1250-1290°C (температурный лимит). В конце эксперимента в систему снова дали чистый Ar, освобождая патрубков на съёмной крышке от измерительной

системы. Аг выходит в атмосферу через патрубок. Реакционная трубка выводилась медленными движениями из трубчатой печи и её охлаждали до комнатной температуры под аргоном. В результате обжига получали губчатый (пористый) КЛУМ серебрино-серого цвета. Пробы из металлизированных обожжённых окатышей анализировали на компоненты $Fe_{\text{общ}}$, $Ti_{\text{общ}}$, $Fe_{\text{мет}}$, Si, FeO, TiO_2 , в соответствии с ГОСТ 15054-81. Определяли степень и скорость редуции.

Степень восстановления металлов определяли по формуле, доли ед.:

$$R = \Delta O / \Sigma O_{\text{ш}}, \quad (7)$$

где, ΔO – общее количество газифицируемого кислорода в виде CO и CO_2 ;

$\Sigma O_{\text{ш}}$ – общее количество газифицируемого O_2 шихты.

Скорость восстановления определяется по уравнению, доли ед./мин:

$$\omega_R = \Delta R / \Delta \tau, \quad (8)$$

где, $\Delta \tau$ – приращение времени (мин), соответствующие изменению степени редуции $\Delta R = R_{i+1} - R_i$.

Особо значимой характеристикой твёрдого топлива, устанавливающим кинетику процесса восстановления, является его реакционная способность. Более низких температур и длительности нагрева можно достигнуть при помощи применения восстановителей с более высокой реакционной способностью. В пределах данной дипломной работы были выполнены эксперименты по восстановлению металлов с применением древесного угля. Подготовленную шихту поместили в реакционную трубку, размещенную горизонтально в трубчатой электропечи, и провели серию опытов при равномерном нагреве до температуры 1255-1295 °C по изложенной в работе схеме. Металлизированные КЛУМ складировали в воздухонепроницаемой ёмкости, для предотвращения повторного окисления, откуда отбирали для последующего передела.

3.2 Исследования по получению окатышей из мелкодисперсного железорудных и ильменитовых концентратов

Вторичное сырьё сахарной промышленности – *меласс*, содержащие в большинстве своем органические вещества и не влияет на изменение химического состава окатышей, вводятся в состав материала вместе с влагой. На сухую массу шихты вливали раствор меласса с водой из расчёта 3% меласса

и 6% влажности смеси шихты. После интенсивного перемешивания увлажнённой смеси загружали на тарельчатый гранулятор и изготавливали окатыши по приведенной технологической схеме.

Последующие процессы по анализу полученных окатышей с 3% меласса и без связующих и состояли из двух операций: просушке при 200°C и окислительного обжига при 1200-1225°C.

Просушивание окатышей производилась в печи с открытыми торцами. При достижении температуры в 200°C окатыши выдерживали около 40 мин. Одну порцию окатышей из трубчатой печи для контроля прочности. Остальные окатыши также далее выдерживали в печи поднимая температуру до 1200°C. Выдержка окатышей в данной температуре составляет примерно 5-10 минут.

После окислительного обжига окатыши переложили из трубчатой печи на специальный поднос и охлаждали при комнатной температуре. Отобранные пробы получившихся окатышей были отданы на химический анализ в специализированную лабораторию.

Полученные из смеси железорудного и ильменитового концентрата окатыши на мелассовой связке применяли в двух вариантах: без обжига и с предварительным обжигом при 1200°C.

По первоначальному варианту окатыши, полученные из сухой шихты с мелассовым связующим, просушили при 200°C, подвергли окислительному обжигу при 1200°C и металлизации при 950°C. По второму варианту окатыши, полученные из материала на мелассовой связке, далее подвергали сушке при 200°C и металлизации при 950°C, т.е. без предварительного окислительного обжига.

Здесь вдобавок меняли режим подготовки шихты и получения окатышей. Полученные из железорудного концентрата ССГПО окатыши на мелассовой связке применяли в двух вариантах: с предварительным обжигом при 1200°C и без обжига.

Итоги испытания всех окатышей оказались различными по прочности и скорости редуки. Обожжённые окатыши имели высокую прочность до и после обжига. Необождённые (сушеные) окатыши обладали низкой прочностью после просушивания («сырые») и довольно высокую после металлизации. Несмотря на это необождённые окатыши при восстановительном обжиге 950°C и времени выдержке около часа металлизировались абсолютно полностью – степень металлизации 0,97, в то время как обожжённые окатыши за это же время дошли до отметки 0,63-0,75 металлизации. Обожжённые окатыши оказались куда плотнее, и потому металлическая фаза не достигла центральной части – в центральной части окатышей оставалась тёмная оксидная зона. Для полной металлизации обожжённых окатышей понадобилось увеличение времени выдержки при 950°C до 90-100 мин.

Обнаруженная зависимость повлияла на выполнение дополнительных опытов – сперва обжигать концентрат, зафиксировать преобразование его химического состава с перспективой его применения для получения окатышей. Следуя из этого, обжигали концентрат при 1200°C с выдержкой 5 мин. Пробы обожжённого концентрата отправили на химический анализ. Единоновременно на химический анализ были сданы пробы обожжённых при 1200°C окатышей с продувкой воздухом.

Пробы концентрата и обожжённых окатышей после их измельчения имели тёмно-коричневый цвет, что указывало на довольно полное окисление железа. Результаты химического анализа предоставлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав обожжённого железорудного концентрата и обожжённых окатышей, полученных на мелассовой связке

Концентрат	Химический анализ, %				
	FeO	TiO ₂	P	S	Fe
Обожжённый концентрат	0,81	0,17	0,017	0,014	98,97
Обожжённые окатыши с продувкой воздухом	0,75	0,18	0,017	0,013	99,1

Из анализа концентратов видно, что содержание FeO от уровня 17-18% и серы 0,32% в исходном концентрате в результате окислительного обжига, как самого концентрата, так и полученных из него окатышей, снизились соответственно до 0,73-0,83% FeO и 0,017-0,025% S. Содержание фосфора и оксидов титана практически не изменилось.

Окатыши, изготовленные из обожжённого концентрата смеси мелкодисперсной железной руды и ильменита на мелассовой связке после сушки, испытывали на прочность, которая колебалась в пределах 9-14 кг/ок, т.е. недостаточно прочно. Однако при металлизации они упрочнялись и после металлизации имели высокую прочность – на уровне 300-400 кг/ок.

Перспектива использования данных окатышей в промышленности зависит от давления шихты примерно до середины шахты, т.е. до достижения определённой степени редукиции на уровне 0,5-0,6, при которой образуется металлическая корка. Если окатыши выдержат давление шихты до подобного уровня, то будущем они не будут подвергаться механическому разрушению, так как происходит самопроизвольное упрочнение. Из-за этого окатыши уместно испытать в функционирующей шахтной печи. При этом количество серы в металлизированных окатышах снизилось ~ в 9 раз.

3.3 Металлизация мелкодисперсных смесей железорудного и ильменитовых материалов стехиометрическим количеством углеродистого реагента

Для природного легирования стали, выплавляемой из металлизированных железорудных окатышей, возможно будет использовано добавление ильменита в виде дисперсного материала. Прежде чем вводить эту смесь в состав железорудных окатышей целесообразно предварительно проанализировать кинетический потенциал её твердофазной редукиции.

Стехиометрическое количество углеродистого редуционера для редукиции железа и титана рассчитывали по методике, приведённой в разделе 2.2. Расчёт и добавку углерода провели только на редукицию железа и титана.

Массы и процентные соотношения шихтовых материалов в навесках представлены в таблице 4.4. Суммарное количество кислорода шихты, связанного с железом и титаном в различных оксидах ($\Sigma O_{\text{ш}}$) в навесках №1, 2 составляет, соответственно, 4,27 и 4,26 г. Из них в навесе №1 с железом и титаном связано кислорода в различных оксидах, соответственно, г: 0,64, 0,94, 1,87. В навесе №2 с железом и титаном связано кислорода в различных оксидах, соответственно, г: 0,66, 1,144, 1,654.

Таблица 3 – Массы и процентные соотношения шихтовых материалов в навесках

Железный материал, г (%)	Ильменитовый материал, г (%)	Древесный уголь, г (%)	Сумма, г (%)
11,0 (42,77)	11,35 (43,41)	2,59 (10,82)	23,93 (100,00)
13,0 (45,80)	10,0 (40,67)	2,59 (10,53)	24,58 (100,00)

Подготовку, загрузку шихты в электропечь RHTC 80 – 230/15 ControllerB410 и экспериментальные исследования осуществляли по методике, описанной в подразделе 2.3. Результаты редукиции железа и титана из смеси дисперсных материалов для навески №1 представлены в таблице 3.

Таблица 4 – Результаты редукиции железа и титана из смеси дисперсных материалов

Время, мин	Т, °С	V _{газа} , л	Состав газа, %		ΔO _(co) , г	ΔO _(co2) , г	ΔO _i , г	ΔO , г	R, доли ед.	ω _R ·10 ⁻³ , мин ⁻¹
			CO	CO ₂						
0	400	Начало выделения газа								
6	490	0,26	85,8	14,2	0,1593	0,0527	0,212	0,212	0,06	11,2
11	620	0,50	42,5	57,5	0,0729	0,1971	0,27	0,482	0,14	17,1
19	770	0,84	51,2	48,8	0,1243	0,2370	0,3613	0,8433	0,24	14,3
25	880	1,18	71,5	28,5	0,1736	0,1384	0,312	1,1553	0,33	16,5
30	960	1,48	81,6	18,4	0,1748	0,0789	0,2537	1,409	0,41	16,1
35	1040	1,71	84,8	15,2	0,1393	0,0499	0,1892	1,5982	0,46	12,0

40	1090	1,90	88,4	11,6	0,1200	0,0315	0,1515	1,7497	0,50	9,6
45	1145	2,09	92,8	7,2	0,1259	0,0195	0,1454	1,8951	0,55	9,2
50	1190	2,3	95,0	5,0	0,1425	0,0150	0,1575	2,0526	0,60	10,0
55	1220	2,53	95,4	4,6	0,1567	0,0151	0,1718	2,2244	0,64	10,9
60	1245	2,83	96,5	3,5	0,2068	0,0150	0,2218	2,4462	0,70	14,0

Продолжение таблицы 4

65	1265	3,19	96,0	4,0	0,2468	0,0206	0,2674	2,7136	0,78	16,9
70	1285	3,52	96,4	3,6	0,2272	0,0170	0,2442	2,9578	0,85	15,5
72	1285	3,75	96,4	3,6	0,1584	0,0118	0,1702	3,128	0,90	26,9

Протекающие редуccionные процессы в зависимости от времени и температуры оценивались по количеству и составу выделяющегося газа. Эти показатели позволили расчётным путём определить другие характеристики редуccionного процесса – ΔO , R , ω_R (формулы 7,8). По полученным экспериментальным данным были построены графики зависимости степени восстановления, равновесного количества CO_2 , в выделяющемся газе, и скорости редуccionии от температуры в соответствии с рисунками 3, 4, 5.

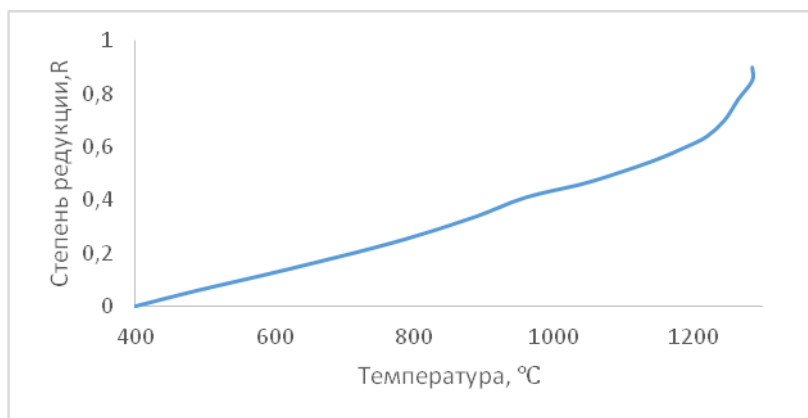


Рисунок 3 – Зависимость редуccionии от температуры

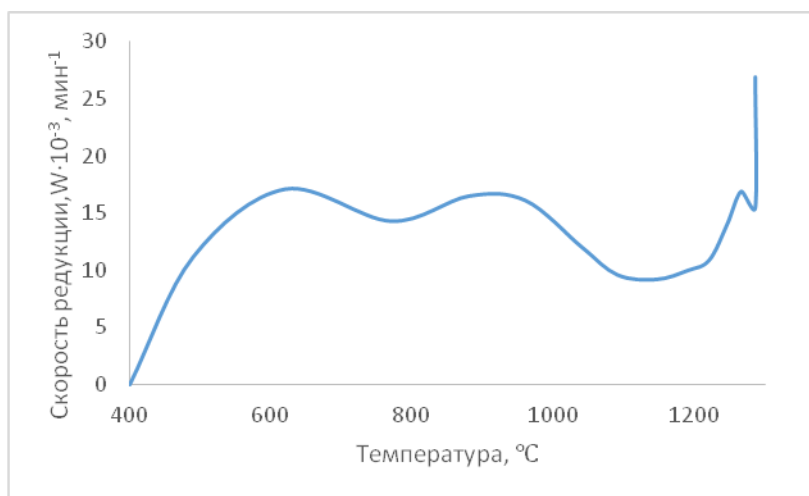


Рисунок 4 – Зависимость скорости редукции от температуры

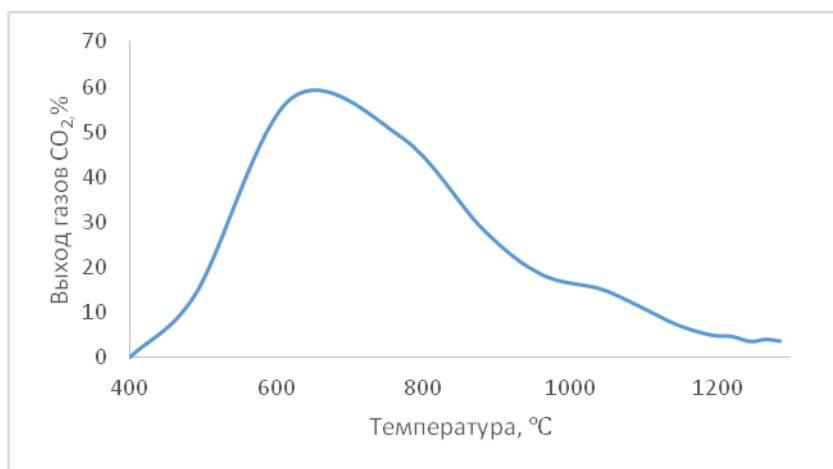


Рисунок 5 – Зависимость выхода CO_2 от температуры

Выводы по графическим зависимостям:

1) по достижению температуры 1200°C количество газифицированного кислорода составило 63% от общего количества кислорода шихты, связанного с железа и титана. И в интервале температур $1200-1285^\circ\text{C}$ количество газифицированного кислорода возросло на 33% и по отношению к суммарному количеству кислорода достигло $\sim 89\%$;

2) наибольшее равновесное содержание CO_2 в выделяющемся газе при температуре 620°C достигает 58,2%, далее равновесное содержание данного газа монотонно снижается до 3,2%;

3) в общем скорость восстановления не имеет определённых резких экстремумов, хотя уменьшение скорости редукции существенно заметно в приделе температур $950-1150^\circ\text{C}$ и достигает своего минимума при температуре 1150°C , далее заметно увеличивается. По-видимому, уменьшение скорости

восстановления связано с завершением редукции железа, а плавное повышение связано с началом интенсивной редукции в основном оксидов титана.

3.4 Исследования по выплавке легированной стали из комплексных металлизированных материалов

Для выплавки легированной стали была использована лабораторная высокотемпературная трубчатая печь «RHTC 80 – 230/15 Controller B410».



Рисунок 6 - Высокотемпературная трубчатая печь «RHTC 80 – 230/15 Controller B410»

Полученные нами металлизированные окатыши поместили в тигель. Когда трубчатая печь разогрелась до температуры 1600 °С, тигель поставили в печь на выдержку примерно на 30 минут.

Далее тигель достали из печи и охладили при комнатной температуре. Образец, получившегося в процессе плавки представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 - Образец легированной стали

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы было исследование получения легированной стали с использованием ильменитовых концентратов, в связи с большой энергоёмкостью производства ферротитана в классических технологиях легирования. Для решения этой ситуации было предложено использовать металлизированные окатыши в качестве легирующего материала.

Технология предполагает изготовление окатышей из ильменитового концентрата, железосодержащего дисперсного материала со стехиометрическим количеством углерода (древесного угля) в мелассовой связке. Были проведены анализы для определения необходимого количества древесного угля. Просушка окатышей проходила при температуре 200 °С, обжиг при 1200 °С и металлизаций при 950 °С. Металлизация после восстановительного обжига достигла 0,63-0,75. Данной металлизации хватило для выплавки легированной стали при температуре 1600 °С.

В итоге поставленная цель была изучена, экспериментальные исследования проведены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://www.zhuldyzkokpekty.kz/index.php/2-uncategorised/3653-satpaevskoe-gorno-obogatitelnoe-predpriyatie-my-rabotaem-na-bлаго-strany-i-naroda>
2. Едильбаев А.И., Чокин К.Ш. Обоснование использования способа воздушной классификации руды Сатпаевского месторождения // Вестник Национальной Инженерной академии Республики Казахстан. – 2008. – №1(27). – С. 87–92.
3. Резниченко В.А., Уколова Т.П. «Проблемы металлургии титана» //Сб. -М.: Изд. «Наука», -1967. -С. 37-42.
4. Козлов В.А., Ватолин А.Н., Павлов А.В. и др. Некоторые теоретические аспекты процесса восстановления титаномагнетитового и ильменитового сырья // -М.: Тр. ИМЕТ УО РАН. - 1999.-С.32-37.
5. Лысаков А.В., Голлай А.В. и др. Диаграмма состояния системы Fe –Ti – O при температурах 1223, 1476 и 1573 К// -ЮУ.: -Вестник ЮУрГУ. -Вып. 3. – 2003. -С. 141-143.
6. Ferro P, Lazzarin P, Berto F 2012 J. Materials Science and Engineering 554 122–128.
7. <https://specmetal.ru/spravochnaya-informatsiya/titanovye-mineraly-rudy-i-rudnye-kontsentraty>
8. <https://www.mineral.ru/Analytics/worldevents/121/172/index.html>
9. <https://www.urm-company.ru/production/iron-ore/>
10. Шахно И.В., Шевцова З.В., Федоров П.И. Химия и технология редких и рассеянных элементов // Учеб. пособие для вузов. Ч. II. Изд. 2-е, - М.: Высш. школа. - 1976. – 360 с.
11. Ростовцев С.Т. и др. Металлургия и химия титана // Сб. трудов.-М.: т.4. Изд-во «Металлургия», -1969.
12. Резниченко В.А., Устинов В.С., Карязин И.А., Петрунько А.Н. Электрометаллургия и химия титана. - М.: Наука, 1982. - 277 с.
13. Рысс М.А. Производство ферросплавов. // Изд. «Металлургия». - 1968.
14. СИСТЕМА Fe-Ti-O. УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ШПИНЕЛЬНОГО И ИЛЬМЕНИТОВОГО РАСТВОРОВ Голлай А.В., Самойлова О.В., Лыкасов А.А., Павловская М.С. Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2005. № 1. С. 24-27.
15. Новохатский И.А., Ленев Л.М., Савинская А.А. Термодинамические функции образования соединений в системе FeO-TiO₂// Известия вузов. Черная металлургия. - 1966. - № 2. -С. 5-13.
16. Химическая энциклопедия: в 5 тт. / Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.). — М.: Советская энциклопедия, 1990. — Т. 2. — С. 140. — 671 с. — 100 000 экз.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ларина Татьяна Андреевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование процессов получения легированной стали из ильменитового концентрата

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 2.9

Коэффициент Подобия 2: 1.9

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 29

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата 1-06-2022

Заведующий кафедрой

Миоми
Бэрмечининов М.Б.


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ларина Татьяна Андреевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование процессов получения легированной стали из ильменитового концентрата

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 2.9

Коэффициент Подобия 2: 1.9

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 29

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, являются законным и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата

27.05.2022 г.

Қойшина

проверяющий эксперт

Қойшина Г.М.



Метаданные

Название

Исследование процессов получения легированной стали из ильменитового концентрата

Автор

Ларина Татьяна Андреевна

Научный руководитель

Гүлзада Қойшина

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		29
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		9

Объем найденных подоби

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

5121

Количество слов



КЦ

39229

Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Технология производства феррохрома с использованием моношихты 5/20/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	36	0.70 %
2	https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C	34	0.66 %

3	Технология производства феррохрома с использованием моношихты 5/20/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	26	0.51 %
4	Технология производства феррохрома с использованием моношихты 5/20/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	15	0.29 %
5	Технология производства феррохрома с использованием моношихты 5/20/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	14	0.27 %
6	https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C	11	0.21 %
7	Технология производства феррохрома с использованием моношихты 5/20/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	6	0.12 %
8	https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C	5	0.10 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (1.89 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Технология производства феррохрома с использованием моношихты 5/20/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	97 (5) 1.89 %

из программы обмена базами данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (0.98 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C	50 (3) 0.98 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---

РЕЦЕНЗИЯ
на дипломную работу

Ларина Татьяна Андреевна
(Ф.И.О. обучающегося)

«5В070900 – Metallургия»
(шифр и наименование специальности)

На тему: Исследование получения легированной стали из ильменитовых концентратов

Выполнено:

- а) графическая часть на 17 листах
б) пояснительная записка на 31 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Предоставленная на рецензию дипломная работа состоит следующих глав: аннотация на казахском, русском и английском языках; введение; литературный обзор; экспериментальных исследований; заключение.

В работе проведен литературный обзор современных способов получения легированных сталей в мире и Казахстане. Рассмотрена теория и практика прямого получения сталей. Проведены экспериментальные исследования по прямого получения легированной стали титаном. Показан способ применения ильменитовых концентратов в получении окатышей. Установлены оптимальные технологические параметры процесса металлизации окатышей с последующей плавкой.

Замечания и вопросы по дипломной работе:

1. Не указаны ссылки на литературный обзор
2. Отсутствуют данные химического состава металлов-примесей металлизированных окатышей

Оценка работы

Дипломная работа выполнена полностью в соответствии с предъявляемыми требованиями и заслуживает оценки «отлично, 95%». Считаю, что Ларина Татьяна Андреевна достоин степени бакалавра по специальности «5В070900 – Metallургия».

Рецензент

Рецензент,
доктор PhD, СНС лаборатории
редких металлов РГП
«НЦ КИМС РК»
(должность, уч. степень, звание)
Малдыбаев F.K.
(подпись)



ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломную работу

(наименование вида работы)

Ларина Татьяна Андреевна

(Ф.И.О. обучающегося)

5B070900-Металлургия.

(шифр и наименование специальности)

Тема: «Изучение получения легированной стали из ильменитовых концентратов»

Завершенная работа содержит обзор состояния проблемы, постановку проблемы, далее разработку новых методов исследования. По согласованной методике исследования Ларина Татьяна Андреевна выполнила экспериментальных работ по переработке титаномагнетитовых железорудных материалов. На основе анализа результатов экспериментальных исследований разработана новая технология восстановительной плавки комплексных руд с выплавкой легированных титаном стали.

Дипломная работа «Изучение получения легированной стали из ильменитовых концентратов» завершена новыми научно-технологическими результатами, ее автор Ларина Т.А. заслуживает высокую оценку и присуждения академической степени бакалавра по специальности 5B070900-Металлургия.

Научный руководитель,

доктор PhD, ассистент профессор кафедры

(должность, уч. степень, звание)

G. M. Koyshina Койшина Г.М.

«01» июня 2022 г.