

## АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07201 – Metallurgy

**КЕНЖЕБЕКОВА АНАР ЕРБОЛАТОВНА**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЗОВАННОГО АГЛОМЕРАТА ИЗ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

**Актуальность темы диссертационной работы.** В Павлодарской области выплавку стали производят на электросталеплавильных предприятия ТОО «KSP Steel» и ТОО «Кастинг» производительностью свыше 1,5 млн тонн продукции в год. Продукцией ТОО «KSP Steel» являются бесшовные трубы, арматура, а на ПФ ТОО «Кастинг» основной продукцией являются мелющие шары, а также этот завод производит арматуру. Сталь выплавляется в мощных электросталеплавильных печах ДСП-25 и ДСП -60. Исходным материалом для производства стали используется в основном лом черного металла, скрапы, железосодержащие добавки. Выплавленная сталь, после внепечной обработки и доводки металла до заданного химического состава отправляется на машины непрерывного литья заготовок. При прохождении заготовки через обжимные агрегаты (прокатные станы) образуется большое количество окалины (прокатная окалина). Наибольшее количество отходов на электрометаллургических заводах ТОО «KSP Steel» и ТОО «Кастинг» приходится на прокатную окалину. На предприятиях сталеплавильной отрасли остаются непригодными железосодержащие отходы в достаточно больших объёмах. В этом плане, необходимость решения проблемы вовлечения сталеплавильных отходов в производство стали, например, прокатной окалины, имеет особую актуальность.

**Цель диссертационной работы.** Исследование и разработка физико-химических основ, технологии агломерации прокатной окалины и применение полученного агломерата для выплавки чугуна, стали.

**Научная новизна полученных результатов:** В настоящей работе впервые:

- установлена динамика изменения фазового состава аглошихты в процессе спекания, в присутствии доломитизированного известняка с выявлением образования ряда промежуточных фаз: мервенита  $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)$  и магнезиоферрита  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ , способствующих повышению температуры плавления конечных шлаков при выплавке чугуна;

- проведена оценка влияния оксида магния на физико-химические свойства и фазовый состав получаемого офлюсованного агломерата и выявлен оптимальный уровень расхода доломитизированного известняка в количестве 4-12 % для прокатной окалины.

- методами неизотермической кинетики получены экспериментальные данные об энергии активации процессов, протекающих при агломерации прокатной окалины. Анализ этих данных показал, что процессы термического разложения минералов агломерационной шихты протекают в определенной последовательности с образованием мервенита  $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)$  и магнезиоферрита  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ;

- термогравиметрическим методом получены кинетические характеристики восстановления железа углеродом из прокатной окалины. Кажущаяся энергия активации процесса восстановления шихт на основе нефлюсованного и офлюсованного доломитизированным известняком металлизированного агломерата составили 105,775 и 69,9105 кДж/моль, соответственно.

**Новизна результатов исследовательской работы:** Исследованиями установлена патентоспособность научно-технических разработок. Новизна подтверждена получением патента: «Патент на полезную модель. 7818. Республика Казахстан. С22В В1/16 (2006.01). Шихта для получения агломерата / Жунусов А.К., Быков П.О., Жунусова А.К., Кенжебекова А.Е. – № 2020/0952.2; заявл.02.11.2022; опубл.17.02.2023, бюл. № 7.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- результаты расчета термодинамических данных и моделирования фазовых равновесий в многокомпонентных оксидных системах выполненные с помощью термодинамически-диаграммного анализа;

- результаты компьютерного термодинамического моделирования в Chemistry 9.0 для реакций взаимодействия флюсов с металлом и включениями;

- результаты исследования дериватограмм, рентгенограмм, микроанализа, качественного и количественного элементного состава металлизированного и офлюсованного агломерата;

- результаты экспериментального изучения влияния доломитизированного известняка на металлургические свойства и процесс агломерации прокатной окалины, прочность агломерата, исследований твердофазного превращений при спекании прокатной окалины и полученного агломерата методами неизотермической кинетики;

- результаты экспериментального изучения кинетики восстановления и металлургических свойств металлизированного и офлюсованного агломерата;

- результаты опытных испытаний технологии агломерации прокатной окалины и выплавки офлюсованного агломерата для восстановительной плавки чугуна;

- результаты опытно-промышленных испытаний технологии агломерации прокатной окалины и выплавки стали в индукционной печи с использованием металлизированного агломерата как заменителя легковесного лома.

**Практическая значимость работы.**

На основании полученных в диссертации результатов предложено решение проблемы утилизации металлургических отходов путем разработки рациональной технологии агломерации с учетом особенностей состава и

свойств прокатной окалины с получением металлизированного и офлюсованного агломета. Технология агломерации прокатной окалины разработана по двум направлениям:

1) Получение металлизированного агломерата для использования при выплавке стали в индукционной печи;

2) Получение офлюсованного агломерата с вводом в состав шихты 4-12 % доломитизированного известняка для выплавки чугуна. Офлюсованный агломерат пригоден для получения чугуна. В лабораторной печи получен литейный чугун.

Получение металлизированного агломерата опробована на ТОО «ЦентрАзия Манафактура» (г. Павлодар). На пилотной установке получен металлизированный агломерат. Проведены опытно-промышленные плавки стали с применением металлизированного агломерата в качестве заменителя легковесного лома. Замена легковесного лома металлизированным агломератом до 20 % позволяет улучшить технико-экономические показатели и технологический режим плавки стали в индукционной печи при экономии металлолома.

**Публикации и апробация работы.** Результаты диссертационной работы опубликованы в четырех Статьях, в том числе:

- одна статья в журнале, входящих в базу Web of Science (Q3):

- Zhunusov A.K., Bykov P.O., Kenzhebekova A.E., Zhunussova A.K., Rahmat Azis Nabawi. Study of the isothermal kinetics of reduction of sinter from mill scale // *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*. 2024; 328(1):59-67.

- три публикации в журналах из перечня изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в науке и высшем образовании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности:

- Жунусов А.К., Кенжебекова А.Е., Жунусова А.К. Илем отқабыршығынан теміркені агломераты алуды зерттеу // Университет еңбектері – Труды университета, 2023. – № 4 (93). – С.61-66.

- Жүнісов А.К., Кенжебекова А.Е., Жүнісова А.К., Быков П.О. Агломераттың физика-химиялық қасиеттеріне флюстерді қолданудың әсері // Университет еңбектері – Труды университета, 2024. – № 2 (95). – С.45-53.

- Zayakin O.V., Kenzhebekova A.E., Zhunusov A.K., Bakirov A.G. Determination of optimal parameters of sintering of rolling scale // *Наука и техника Казахстана*, 2024. – №3. – С.178 – 188.

Получен патент на полезную модель РК:

- Патент на полезную модель 7818. Республика Казахстан. С22В В1/16 (2006.01). Шихта для получения агломерата / Жунусов А.К., Быков П.О., Жунусова А.К., Кенжебекова А.Е. – № 2020/0952.2; заявл.02.11.2022; опубл.17.02.2023, бюл. № 7.

Основные положения и результаты работы апробированы и доложены на трех Международных конференциях в виде докладов:

- Кенжебекова А.Е., Жунусов А.К., Жунусова А.К. Современное состояние образования и возможности переработки металлургических отходов // Сб. докладов по материалам Междунар. науч. практ. конф. «XII Торайгыровские чтения» (октябрь 2020). – Павлодар: Toraighyrov University, 2020. – Т.6. – С.21-25.

- Жунусов А.К., Кенжебекова А.Е., Жунусова А.К. Использование отсевов Майкубенского угля при агломерации сталеплавильных отходов // Сб. докладов по материалам Междунар. науч. практ. конф. «XIV Торайгыровские чтения» (28 октября 2022). – Павлодар: Toraighyrov University, 2022. – Т.3. – С.269-273.

- Жунусов А.К., Кенжебекова А.Е., Заякин О.В., Жунусова А.К. Болат балқыту қалдықтарының агломерациясын тәжірибелік сынау // Труды Междунар. науч. практ. конф.: «ҰЛЫТАУ – Қазақстан металл Қазақстан металлургиясының бесігі». – Алматы, КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 2023. – С.175-179.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 145 страницах печатного текста и состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 73 рисунка, 46 таблиц, список использованных источников состоит из 185 наименований и 6 приложений.