

АННОТАЦИЯ
диссертационной работы
**«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
МЕТАЛЛИЗОВАННОГО ПРОДУКТА ИЗ РУДОУГОЛЬНОЙ
ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ»,**
представленной на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D070900 – «Металлургия»
МУХАМЕТХАН МАРЖАН

Целью диссертационной работы исследование возможности получения металлизированного продукта из рудугольной дисперсной смеси для дальнейшего его использования в качестве шихты в производстве стали и разработка его технологии.

Задачи исследования

- отбор предварительных проб, изучение химических и гранулометрических составов железосодержащего техногенного сырья;
- проведение термодинамического анализа получения металлизированного продукта;
- получение обезмасленного осадка из замасленной прокатной окалины для дальнейшего использования его в качестве компонента шихты для получения металлизированного продукта;
- проведение лабораторных исследований по получению металлизированного продукта, разработка технологии.

Методы исследования

К основным методам исследований и анализов, применяемых при выполнении диссертационной работы, относятся:

- изучение химических и гранулометрических составов железосодержащего техногенного сырья и компонентов шихты проводились путём исследования химического анализа и гранулометрического состава;
- используя метод ортогонального планирования экспериментов для построения математической модели для определения оптимальных параметров проведения экспериментов проводили термодинамическое моделирование с использованием программного комплекса HSC-5.1, подпрограмма Reaction Equations которого позволяет рассчитать ΔH , ΔS , ΔG и K_p реакций, а подпрограмма Equilibrium Compositions позволило смоделировать взаимодействие в изучаемой системе с равновесным количественным распределением веществ в исследуемой системе;
- получение осадка из замасленной прокатной окалины проводили с помощью вакуум фильтра и трубчатой печи. Полученные параметры обеспечивают достаточное удаление масла независимо от количества исходного масла в окалине;

– процесс получения металлизированного продукта производился в два этапа: 1) твердофазное восстановление смеси прокатной окалины с конвертерным шлаком углеродом в горизонтальной трубчатой электропечи СУОЛ-045; 2) переплав полученного металлизированного продукта в печи Таммана. Также было проведено исследование по получению металлизированного продукта на базе АО «Qarmet».

Основные положения (доказанные научные гипотезы и другие выводы, являющиеся новыми знаниями), выносимые на защиту

- результаты исследования химических и гранулометрических составов железосодержащего техногенного сырья, математическая модель планирования экспериментов получения металлизированного продукта;
- результаты термодинамического анализа получения металлизированного продукта;
- результаты лабораторного получения обезмасленного осадка из замасленной прокатной окалины для дальнейшего использования его в качестве компонента шихты для получения металлизированного продукта;
- результаты проведённых лабораторных исследований с получением металлизированного продукта, проведение рентгенофазового анализа, разработка технологии и построение технологической схемы получения металлизированного продукта.

Описание основных результатов исследования

В результате теоретических и экспериментальных исследований:

- проведено исследование механизма и кинетики восстановления металлов из твердых оксидов твердым углеродом; рассчитаны стехиометрические расходы углерода на восстановление металлов;
- была построена математическая модель, в результате которой были определены оптимальные соотношения расходных материалов для проведения опытов;
- проведено полное термодинамическое моделирование и изучено влияние температуры на изменение свободной энергии Гиббса при взаимодействии оксидов железа с углеродом. Также проведен полный термодинамический анализ взаимодействия смеси на основе концентрата, шлама, прокатной окалины с твердым углеродом. Установлено, что практически всё железо Fe (98-99 %) переходит в элементное состояние при температуре 1000 °С. Анализируя все полученные данные, при взаимодействии концентрата (ЛГМК, ССГПО), конвертерного шлама, прокатной окалины с твердым углеродом определено возможность получения элементного железа при температурах в интервале 1000-1100 °С;
- опытным путем из замасленной прокатной окалины был получен полупродукт в виде осадка с содержанием масел менее 1 % для дальнейшего использования в качестве важного компонента в производстве качественной стали;

– проведены лабораторные работы по получению металлизированного продукта. В результате восстановления получен металлизированный продукт (напоминающий губчатое железо) со степенью металлизации, превышающей 92 %, и содержанием $\text{FeO} = 7,84-11,31$ %. Количество металлического Fe после восстановления при 1000°C составляет 92 % (в ЛГМК 92,7 %, в ССГПО 98,4 %). Проанализировав качество полученных образцов, пришли к выводу, что металл, полученный из смеси концентрата, прокатной окалины и конвертерного шлама имеет минимально вредных примесей и при его плавлении образовалось меньшее количество шлака. На основе анализа полученных результатов экспериментальных исследований по подготовке и восстановительной плавке рудоугольной шихты на базе прокатной окалины и конвертерных шламов разработана технология их переработки для выплавки качественной стали;

– построена технологическая схема получения металлизированного продукта из дисперсной рудоугольной смеси.

Обоснование новизны и важности полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы:

- впервые в процессе переработки металлургических отходов в качестве смеси прокатной окалины и конвертерного шлама был получен металлизированный продукт для производства стали;

- впервые построена математическая модель получения металлизированного продукта из техногенной дисперсной рудоугольной смеси, определен эффективный параметр получения металлизированного продукта термодинамическим моделированием;

- в результате крупной лабораторной работы (на базе АО «Qarmet») предложена оптимальная технологическая схема получения металлизированного продукта.

Результаты исследований, полученные на основе диссертационной работы, имеют следующее практическое значение:

- снижение себестоимости стали путем включения металлизированного продукта из дисперсной рудоугольной смеси в сталеплавильное производство;

- очистка от отходов металлургического производства земельных участков, занятых дисперсными рудоугольными смесями;

- переработка замасленной прокатной окалины и конвертерного шлама, полностью сбрасываемого в золошламонакопители, в условиях АО "Qarmet".

Практические ценности вышеуказанной диссертационной работы позволяют значительно увеличить объемы их переработки (дисперсной рудоугольной смеси, прокатной окалины и конвертерного шлама), а также снизить экологическую нагрузку в местах концентрации вредных отходов.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам

Тема диссертационной работы соответствует по специализированному научному направлению «Новые материалы многоцелевого назначения на основе природного сырья и техногенных отходов» и по приоритету «Геология, добыча

и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции» Национального научного совета при Правительстве Республики Казахстан.

Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации

Личный вклад автора заключается в выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включая разработку теоретических моделей, методик экспериментальных исследований, проведение исследований, анализ и оформление результатов в виде публикаций и научных докладов.

По теме диссертационной работы опубликованы 8 научных работ, в том числе: 3 (три) статьи в рецензируемых научных изданиях по научному направлению темы диссертации, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы Web of Science (Clarivate Analytics) и по CiteScore в базе Scopus (Elsevier); 4 (четыре) статьи в сборниках Международных и Республиканских научно-практических конференциях и 1 (одна) монография.

Сведения об основных публикациях, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы данных Web of Science (Clarivate Analytics), в рецензируемом научном издании, имеющем процентиль по CiteScore в базе Scopus (Elsevier) по теме диссертации:

1. Mukhametkhan, M., Mukhametkhan, Y., Tleugabulov, S., Zhabalova, G., Shevko, V. / Thermodynamic interaction of concentrate, sludge and mill scale from carbon // Metalurgija. – 2021, 60(3-4), pp. 289–291;

2. Mukhametkhan, M., Mukhametkhan, Y., Zhabalova, G., Kamkina, L. Investigation of physico-chemical characteristics of iron-containing technogenic raw materials in the conditions of JSC “AMT” Metalurgija.2023, 62(1), pp. 129–131.

3. D. Yessengaliev, M. Mukhametkhan, Ye. Mukhametkhan, G. Zhabalova, B. Kelamanov, O. Kolesnikova, B. Shyngysbayev, L. Aikozova, K. Kaskataeva, Ye. Kuatbay Studies of the Possibility of Improving the Quality of Iron Ores and Processing of Technogenic Composite Iron-Containing Waste of Metallurgical Production *J. Compos. Sci.*2023, 7(12), 501; <https://doi.org/10.3390/jcs7120501> (registering DOI) - 02 Dec 2023.

Сведение о докладах, доложенных и обсужденных по результатам диссертационной работы на Международных и Республиканских научно-практических конференциях:

4. Tleugabulov, S., Mukhametkhan, M.. Reducing smelting of ore – coal iron ore raw materials without carburization // Труды X Международной научно-практической конференции «Конкурентоспособность нации - основное условие повышения благосостояния народа», посвященной 55-летию юбилею Карагандинского государственного индустриального университета, Ч.1. 29-30 ноябрь 2018. РК. г. Темиртау: КГИУ. 2018, стр. 23-29;

5. Айткенов Н.Б., Мухаметхан М., Тлеугабулов С.М. Технология получения рудоугольных окатышей из смеси конверторного и угольного шламом и восстановительной плавки стали// Труды XLIX Республиканской научно-практической конференции «Молодежь XXI века – ключевой фактор

конкурентоспособности Казахстана в современном мире», посвященной Году молодежи в Республике Казахстан 11-12 апреля 2019. РК. г. Темиртау: КГИУ. 2019, стр. 10-16;

6. Мухаметхан М., Жабалова Г.Г., Камкина Л.В. Исследование прямого восстановления железа твердым углеродом// Труды LI Международной научно-практической конференции «Молодежь, наука и техника: пути совершенствования и интеграции», посвященной Дню науки 14 апреля 2021. РК. г. Темиртау: КИУ. 2021, стр. 80-84;

7. Mukhametkhan M., Mukhametkhan Ye., Zhabalova G., Kamarova S. Thermodynamic modeling. Complete thermodynamic analysis// Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции посвященной 30 –летию независимости Республики Казахстан «Инновационные технологии и инженерия» 25-26 ноября 2021. РК. г. Темиртау: КИУ. 2021, стр. 10-15.

Сведения о монографии:

8. Жабалова Г.Г., Онищенко О.Н., Мухаметхан М. Теплофизическая обработка тонкодисперсных отходов производства для получения металлизированного продукта. Караганда: ТОО «Санат-Полиграфия», 2022.-97 стр.