

АННОТАЦИЯ
диссертационной работы
**«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ
ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «САРЫАДЫР»,**
представленной на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D070900 – «Металлургия»
ҚУАТБАЙ ЕРБОЛА ҚУАТБАЙҰЛЫ

Целью диссертационной работы является разработка рациональной ресурсосберегающей технологии по выплавке углеродистого феррохрома с использованием в шихте высокозольного угля месторождения «Сарыадыр» взамен части металлургического кокса и флюсующих материалов.

Задачи исследования

- термодинамическое моделирование процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома с целью выявления наиболее оптимальных соотношений компонентов восстановителей;
- проведение физико-химических исследований для оценки качественных и количественных характеристик исследуемого высокозольного угля и установления его металлургической пригодности;
- исследования выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокозольного угля «Сарыадыр» для установления оптимальных соотношений компонентов восстановителей;
- исследование физико-химических свойств хромистых шлаков для оптимизации технологического процесса;
- проведение крупно-лабораторных испытаний процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома в рудно-термической печи мощностью 200 кВА путем частичной замены кокса высокозольным углем Сарыадырского месторождения для разработки технологического регламента.

Методы исследования

При выполнении диссертационной работы использованы следующие научно-исследовательские методы:

- проведено термодинамическое моделирование процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома с применением модуля Equilibrium Compositions программного комплекса HSC Chemistry (Outokumpu, Финляндия), основанного на минимизации энергии Гиббса;
- проведены исследования физико-химических свойств высокозольного угля «Сарыадыр» по установлению его металлургической пригодности:
 - определены основные оксидные фазы золы угля рентгенофазовым анализом;
 - исследованы химические и фазовые превращения угля

дифференциально-термическим анализом;

- определено удельное электросопротивление угля при различных температурах с применением методики В.И. Жучкова (ИМЕТ УрО РАН);
- проведены исследования по выплавке высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокосолевого угля «Сарыадыр» для установления оптимальных соотношений компонентов восстановителей на высокотемпературной печи сопротивления Таммана;
- проведены исследования по оптимизации технологического процесса с изучением физико-химических свойств хромистых шлаков на лабораторном вибрационном вискозиметре и определению температуры кристаллизации шлаковых расплавов с применением методики Я.И. Френкеля;
- разработан технологический регламент по выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокосолевого угля Сарыадырского месторождения на рудно-термической печи мощностью 200 кВА.

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

- результаты термодинамическое моделирование процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома с применением модуля Equilibrium Compositions программного комплекса HSC Chemistry, основанного на минимизации энергии Гиббса;
- результаты исследования физико-химических свойств высокосолевого угля «Сарыадыр» по установлению его металлургической пригодности: фазовый состав, химические и фазовые превращения, удельное электрическое сопротивление;
- результаты исследования по выплавке высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокосолевого угля «Сарыадыр» для установления оптимальных соотношений компонентов восстановителей;
- результаты исследования по оптимизации технологического процесса с изучением физико-химических свойств хромистых шлаков: вязкости и температуры кристаллизации;
- результаты крупно-лабораторных испытания процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома на рудно-термической печи мощностью 200 кВА путем частичной замены кокса высокосолевым углем Сарыадырского месторождения.

Описание основных результатов исследования

В результате теоретических и экспериментальных исследований:

- проведено термодинамическое моделирование процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокосолевого угля «Сарыадыр». Установлено, что система Fe-Cr-Si-Al-Ca-Mg-P-S-C-O состоит из 521 фаз, из них 150 газовой фазы, 241 оксидной и (или) шлаковой фазы, а также

130 металлической фазы. Металлические фазы формируются из интерметаллидов, фосфидов, сульфидов, карбидов и металлов чистого вида: Cr_3C_2 , Cr_4C , Cr_7C_3 , Fe_2C , Fe_3C , Cr , Fe . Шлаковая фаза состоит из хромата магния (MgCr_2O_4), двуокиси хрома (Cr_2O_3) и муллита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), а также соединений на основе Al_2O_3 , MgO и SiO_2 : Al_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, $(\text{CaMg})_{0.5} \cdot \text{SiO}_3$, $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, MgAl_2O_4 , MgCr_2O_4 , MgO , $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, MgSiO_3 , Mg_2SiO_4 , SiO_2 ;

- выявлено оптимальное соотношение замены кокса углем. Установлено, что замена кокса углем приводит к смещению зоны плавления шлака из периклазной и форстеритной зон в сторону сапфириновой и шпинельной зон и снижению температуры плавления шлака от 1900 до $\sim 1750^\circ\text{C}$;

- получены экспериментальные данные по физико-химическим свойствам высокозольного угля и его металлургической пригодности: фазовый состав, химические и фазовые превращения, удельное электрическое сопротивление;

- проведены исследования по применению в качестве восстановителя высокозольного угля «Сарыадыр» при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на высокотемпературной печи сопротивления Таммана. Установлено, что при частичной замене кокса на 30% (по содержанию твердого углерода) Сарыадырским углем химический состав феррохрома соответствует требованиям стандарта.

- исследованы физико-химические свойства хромистых шлаков для оптимизации технологического процесса. Определены температуры начала и конца кристаллизации исследуемых шлаков, установлен температурный интервал со средней вязкостью шлака;

- разработан технологический регламент по выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокозольного угля Сарыадырского месторождения на рудно-термической печи мощностью 200 кВА.

Обоснование новизны и важности полученных результатов

При разработке технологии выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием высокозольных углей месторождения «Сарыадыр» установлена возможность применения данных углей в качестве восстановителя. Разработка технологии позволяет заменить часть дорогостоящего металлургического кокса и одновременно выводить из состава шихты кремнеземистого флюса.

Вовлечения в металлургический передел, некондиционных ресурсов - высокозольных углей Центрального Казахстана, которые непригодны для энергетических целей народного хозяйства в свою очередь способствует расширению сырьевой базы ферросплавной промышленности с получением конкурентоспособного ферросплава и обеспечивает нужды отечественной ферросплавной промышленности.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам

Тема диссертационной работы соответствует по приоритету «Рациональное использование природных ресурсов, в том числе водных

ресурсов, геология, переработка, новые материалы и технологии, безопасные изделия и конструкции» Национального научного совета при Правительстве Республики Казахстан.

При выполнении диссертационной работы часть исследовательской работы проводилась в рамках программно-целевого финансирования (ПЦФ) направленного на реализацию Стратегии «Казахстан-2050», послания Проводящего Президента «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» от 31 января 2017 года, по проекту «Разработка технологии использования средне- и высокозольных восстановителей при выплавке марганцевых и хромовых ферросплавов» (в рамках ПЦФ по научно-техническим программам на 2018-2020 годы BR05236708 - «Научно-технологическое обоснование расширения сырьевой базы ферросплавной отрасли за счет вовлечение в технологические процессы слабоокисляющихся энергетических углей и техногенных отходов с целью получения новых материалов многоцелевого назначения»), в котором докторант является ответственным исполнителем. Заявитель: Филиал РГП на ПХВ «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» Комитета индустриального развития и промышленной безопасности министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан «Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева».

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 6 научных работ, в том числе: 2 (две) 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), 3 (три) статьи в отечественных изданиях в области металлургии, рекомендованном КОКШВО МНВО РК, 1 (одна) статья в сборнике Международной научно-практической конференции.

Сведения об основных публикациях 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)

1. Kuatbay, Ye., Nurumgaliyev, A., Shabanov, Ye., Zayakin, O., Gabdullin, S., Zhuniskaliyev, T. / Melting of high-carbon ferrochrome using coal of the Saryadyr deposit // Metalurgija. – 2022. Vol 61, Iss. 2. – P. 367-370;

2. Kuatbay, Ye., Nurumgaliyev, A., Zhuniskaliyev, T., Smailov, S., Yerzhanov, A., Bulekova G. / Development of carbon ferrochrome smelting technology using high-ash coal // Metalurgija. – 2022. Vol 61, Iss. 3-4. – P. 764-766.

Сведения о публикациях, в отечественных изданиях в области металлургии, рекомендованном КОКСНВО МНВО РК по теме диссертации:

1. Kuatbay Ye., Nurumgaliyev A., Makhambetov Ye., Zhuniskaliyev T., Abdirashit A. Study of Physico-chemical Properties of High-ash Coal from the Saryadyr Deposit // Труды университета, №3 (88), 2022, стр. 73-78;

2. Шабанов Е.Ж., Қуатбай Е.Қ., Махамбетов Е.Н., Төлеукадыр Р.Т. Жоғары күлді «Сарыадыр» көмірін пайдалана отырып, жоғары көміртекті феррохром балқыту процесін термодинамикалық және эксперименттік модельдеу // Engineering Journal of Satbayev University, №2 (144), 2022, стр. 15-21.

3. Махамбетов Е.Н., Шабанов Е.Ж., Төлеукадыр Р.Т., Сәулебек Ж.Қ., Қуатбай Е.Қ. Хром кендерін металдандырушы күйдіру кезінде Cr-C-O жүйесі бойынша хромды тотықсыздандыру үрдісіне термодинамикалық талдау жүргізу // Труды университета, №1 (90), 2023, стр. 79-83.

Сведение о докладе, доложенного и обсужденного по результатам диссертационной работы на Международной научно-практической конференции:

1. Шабанов Е.Ж., Габдуллин С.Т., Нурумғалиев А.Х., Қуатбай Е.Қ. Көміртекті феррохромды балқытуда қолданылатын тотықсыздандырғыштарға талдау // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в области естественных наук как основа экспорториентированной индустриализации Казахстана», посвященной 10-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. 4-5 апрель 2019. РК. г. Алматы: РГП «НЦ КПМС РК». 2019, стр. 328-333.