

ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Воробкало Нины Руслановны
«Исследование и разработка технологии выплавки нового комплексного
титансодержащего ферросплава»,
представленной на соискание степени доктора PhD
по образовательной программе 8D07203 «Металлургия»

Диссертационная работа Воробкало Нины Руслановны посвящена исследованию и разработке ресурсосберегающей технологии выплавки нового комплексного титансодержащего ферросплава из Казахстанского сырья карботермическим бесшлаковым способом.

Диссертация направлена на решение актуальной задачи, так как в настоящее время многие страны-производители ферросплавов испытывают дефицит в качественных рудах как по их химическому, так и по гранулометрическому составу. Ежегодно разрыв между увеличивающейся потребностью металлургов в рудном сырье и снижающимися запасами богатых руд будет расти. В связи с этим обстоятельством вовлечение в производство бедного сырья как в Казахстане, так и во всем мире, становится неизбежным фактом. На сегодняшний день качество Казахстанских ильменитовых концентратов ограничивает применение традиционных технологий получения ферротитана и ферросиликотитана. В связи с чем существует необходимость в разработке эффективной и ресурсосберегающей технологии получения титансодержащих ферросплавов с вовлечением некондиционных ильменитовых концентратов.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе автором решены следующие задачи:

- Выполнен анализ современного состояния, технологического уровня и минерально-сырьевой базы титансодержащих сплавов. Выявлены недостатки методов получения сплавов, связанные со сложностью технологических операций и высокими требованиями к сырьевым материалам.

- Проведена оценка физико-химических характеристик ильменитовых концентратов Казахстанских месторождений Шокаш и Обуховское с использованием современных методов химического, рентгеноспектрального, рентгенофазового и дифференциально-термического анализа. Показано, что производство титансодержащих ферросплавов непосредственно из ильменитов руд местных месторождений не целесообразно, ввиду низкого содержания диоксида титана и повышенного содержания примесей.

- Методом термодинамического диаграммного анализа рассчитан фазовый состав разрабатываемого комплексного титансодержащего ферросплава системы Ti-Fe-Al-Si, который наиболее полно характеризуют тетраэдры $\text{Si-FeAl}_4\text{Si}_2\text{-Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{-AlSi}_2\text{Ti}$; $\text{Si-Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{-FeSi-AlSi}_2\text{Ti}$ и $\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{-FeSi-AlSi}_2\text{Ti-TiFeSi}_2$. Титан присутствует в связанном виде с железом,

алюминием и кремнием, что благоприятно влияет на полноту протекания восстановительных процессов.

- Проведен полный термодинамический анализ с использованием современного программного комплекса HSC Chemistry. Изучен характер процесса карбидообразования и разработаны рекомендации для его предотвращения. Установлено, что выплавку необходимо вести с предварительным получением высококремнистого сплава ферросиликоалюминия. В составе шихты необходимо иметь повышенную концентрацию кремнийсодержащего материала, например кварцита (более 15 %). Определено оптимальное соотношение SiO_2 к твердому углероду ($\text{SiO}_2/\text{C}_{\text{ТВ}} = 1,65-1,82$).

- Проведена серия экспериментальных плавов по получению богатого титанового шлака из некондиционных ильменитовых концентратов с последующим получением нового комплексного титансодержащего ферросплава (алюмосиликотитана) бесшлаковым методом с использованием высокозольного угля месторождения Сарыадыр. Получена опытная партия нового комплексного титансодержащего ферросплава, содержащего, %: Ti – 20-25; Si – 40-50; Al – 10-14; P не более 0,08, остальное железо. Общий вес партии 0,7 тонн. Сплав по содержанию титана соответствует марке ФТи25 (ГОСТ 4761-91).

- Методами рентгенофазового и микроструктурного анализа установлено, что полученный сплав представлен сложными интерметаллидами: Al_3FeSi_2 , TiSi_2 , Ti_2FeAl , TiFeSi_2 , а также свободным кремнием. Определены физико-химические свойства ферросплава и показано, что он обладает оптимальными значениями плотности ($4,7-5,3 \text{ г/см}^3$) и температур плавления ($T_{\text{к}} = 1420-1450 \text{ }^\circ\text{C}$) с точки зрения применения для легирования стали.

На основании полученных в диссертационной работе результатов разработана технология выплавки нового комплексного титансодержащего ферросплава карботермическим бесшлаковым способом. В составе шихтовой смеси полностью исключается использование дорогостоящего кокса, алюминия и железной руды. Разработан технологический регламент на выплавку алюмосиликотитана в руднотермической печи с мощностью трансформатора 0,2 МВА, получены технические условия (стандарт организации) СТ РГП 120941015505-08-2023. Новизна полученных результатов подтверждается патентом на изобретение Республики Казахстан № KZ36232 (опубликован 26.05.2023 года).

Эффективность и практическая ценность работы заключается в разработке ресурсосберегающей технологии выплавки нового эффективного комплексного ферросплава с титаном. Сплав, выплавляемый по разработанной технологии, может стать полноценным аналогом механической смеси (состоящей из ферросилиция ФС45, вторичного алюминия, низкопроцентного ферротитана марки ФТи25) для легирования и раскисления стали. Помимо технико-экономических преимуществ, использование предлагаемой схемы

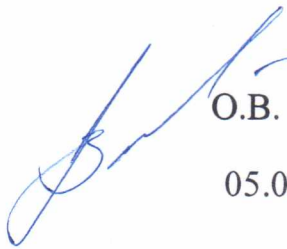
производства направлено на решение серьезной экологической проблемы снижения вредных выбросов при получении титансодержащих материалов. Полученный сплав также возможно применять в качестве комплексного восстановителя при выплавке высокопроцентных марок ферротитана.

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях Казахстана, ближнего и дальнего зарубежья.

Исходя из вышесказанного считаю, что диссертационная работа Воробкало Нины Руслановны, выполненная на тему «Исследование и разработка технологии выплавки нового комплексного титансодержащего ферросплава» является актуальным, законченным научным исследованием, содержит совокупность новых обоснованных научных результатов и положений. Диссертационная работа соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, а её автор – Воробкало Нина Руслановна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07203 – «Металлургия».

Научный консультант,
доктор технических наук,
член-корреспондент РАН,
главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией
стали и ферросплавов
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт металлургии Уральского
отделения Российской академии наук
(ИМЕТ УрО РАН)

620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101;
Тел: + 7 (343) 232-91-39;
zferro@mail.ru


О.В. Заякин

05.02.2024.

Подпись д.т.н. Заякина О.В. заверяю

Ученый секретарь
ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.




П.В. Котенков