

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Адамовой Гульден Хасеновны  
«Разработка теоретических основ и технологии производства  
низкоуглеродистого феррохрома с использованием борсодержащих  
материалов»,

представленной на соискание степени доктора PhD  
по образовательной программе 8D07203 «Металлургия»

Диссертационная работа Адамовой Гульден Хасеновны посвящена разработке теоретических основ и технологии производства низкоуглеродистого феррохрома с использованием борсодержащих ферросплавов.

Диссертация направлена на решение научно-технической проблемы разработки технологии стабилизации распада шлаков, образующихся при выплавке низкоуглеродистых марок феррохрома с использованием борсодержащего ферросиликохрома в качестве восстановителя, а также снижения их негативного воздействия на окружающую среду. Повышение температур начала размягчения и плавления руды, образование тугоплавких шлаков привели к повышенным потерям металла со шлаками, дополнительным энергетическим затратам из-за необходимости поддержания высокого теплового уровня технологического процесса. При выплавке низкоуглеродистых марок феррохрома остается проблема распада высокоосновных шлаков, складирование которых оказывает отрицательное влияние на экологию. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе автором решены следующие задачи:

1. Выполнен расчетно-теоретический анализ производства борсодержащего силикохрома марки ФСХ-48 с заданным количеством бора. Экспериментальные исследования по оценке влияния бора на процессы восстановления хрома и кремния. На основе практических данных по выплавке силикохрома установлено, что для обеспечения в шлаке низкоуглеродистого феррохрома, ферросиликохром должен содержать 0,3-0,5 % бора.

2. Проведены экспериментальные лабораторные исследования по разработке оптимальных технологических параметров выплавки борсодержащего силикохрома. Проведенные лабораторные исследования физических свойств конечных шлаков показали, что ввод колеманита снимает проблемы отработки конечных шлаков, а лимитирующим процессом является восстановление кремния и формирование металлической фазы с образованием силицидов железа и хрома. Процессы эти завершаются при температурах 1650-1700 °С и нет необходимости держать повышенный нагрев (более 1700 °С) в ванне печи, по крайней мере, есть резерв работы на пониженном тепловом уровне процесса. Этот фактор снимет все негативные явления процесса выплавки силикохрома: закарбизивание ванны печи, забивание газоходов, свода печи.

3. Выполнен расчетно-теоретический анализ производства рафинированного феррохрома с использованием в качестве восстановителя борсодержащего силикохрома. Установлены расходные коэффициенты шихтовых материалов для получения рафинированных марок феррохрома, соответствующих ГОСТу 4757-91. По содержанию углерода расчетные составы металла соответствуют марке ФХ010... 015. Состав хромовой руды (по содержанию хрома) обеспечивает содержание хрома в сплаве не менее 65 %.

4. Проведен полный термодинамический анализ процесса. Использована универсальная программа расчета многокомпонентных гетерогенных систем TERRA. Проведенный термодинамический анализ процесса производства феррохрома показал, что для приближения к реальному процессу плавки низкоуглеродистого феррохрома необходимо учесть степень использования кремния путем ввода в рабочее тело кислорода для окисления избыточного по расчету кремния. На основе проведенного термодинамического анализа также показано, что выбор температуры процесса (1750-1800 °С и более) связан с кинетическими условиями плавки, температурой плавления образующихся металла и шлака.

5. Проведены опытные плавки низкоуглеродистого феррохрома. Результаты лабораторных плавки близки к расчетным показателям плавки. Составы лабораторных образцов опытного металла соответствуют заданной марке низкоуглеродистого феррохрома. Параметры опытных лабораторных плавки, установленные на основе термодинамических расчетов и предварительных лабораторных плавки, обеспечили степень использования кремния и восстановления хрома более 85 %. Составы металла и шлаков близки к расчетным.

На основании полученных в диссертации результатов разработана новая технология производства низкоуглеродистого феррохрома с использованием в качестве восстановителя борсодержащего силикохрома. Заданное количества бора в силикохроме (0,3 - 0,5 %) обеспечивает в высокоосновных конечных шлаках оксида бора не менее 0,3 %, которого достаточно для решения проблемы стабилизации их от распада при высоких технико-экономических показателях плавки. По новой технологии бор в шлак поступает по мере завершения процессов окисления кремния и бора. В этой связи обеспечиваются благоприятные условия как для окислительных процессов, так и для отработки шлаков и разделения продуктов плавки. Наличие в шлаках 0,3 - 0,5 %  $B_2O_3$  снижает их температуру плавления и вязкость, расширяя интервал жидкоподвижного состояния на 20 - 25 °С. Это обстоятельство положительно сказалось на стабилизации режима плавки и потерях металла со шлаком.

Эффективность и практическая ценность работы заключается в создании эффективной энергосберегающей технологии производства рафинированных марок феррохрома с использованием в качестве восстановителя борсодержащего силикохрома. Актуальность и новизна темы проекта связана с важностью проблемы повышения эффективности использования хрома и хромитовых руд, отнесенных к стратегическим материалам. Решение поставленных задач базируется на собственных теоретических исследованиях и

систематизированных экспериментальных данных по физико-химическим свойствам оксидных расплавов.

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в изданиях ближнего и дальнего зарубежья.

Исходя из вышесказанного считаю, что диссертационная работа Адамовой Гульден Хасеновны, выполненная на тему «Разработка теоретических основ и технологии производства низкоуглеродистого феррохрома с использованием борсодержащих материалов» 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 – Адамова Гульден Хасеновна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07203 – «Металлургия».

Научный консультант,  
доктор технических наук,  
член-корреспондент РАН,  
заведующий лабораторией  
Стали и ферросплавов  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт металлургии имени академика  
Н.А. Ватолина Уральского отделения  
Российской академии наук  
(ИМЕТ УрО РАН)

620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101;  
Тел: + 7 (343) 232-3139;  
[zferro@mail.ru](mailto:zferro@mail.ru)

Подпись д.т.н., проф. Заякина О.В. заверяю.

Ученый секретарь  
ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.



О.В. Заякин



П.В. Котенков