

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ОАО «Научно-исследовательский
институт металлургии»

В.И. Шкуркин

2014 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Акимова Евгения Николаевича
«Получение низкоуглеродистого феррохрома совмещенным алюминио-
силикотермическим процессом», представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 –
металлургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность работы

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме снижения содержания фосфора при производстве высокохромистых сталей и сплавов. В настоящее время проблема удаления фосфора из высокохромистой стали решается путём незначительного снижения содержания фосфора при смешивании двух расплавов (низкофосфористого нелегированного и легированного с повышенным содержанием фосфора) или за счёт использования низкофосфористых исходных шихтовых материалов. Известные способы дефосфорации (слабоокислительный, газовый, плазменный) не обеспечивают в полной мере выполнения основных требований, предъявляемых к процессу дефосфорации в современных условиях. Кроме того, они требуют увеличения числа дополнительных операций с использованием специального оборудования, что приводит к снижению производительности и увеличению затрат при обработке стали.

Эффективным способом снижения содержания фосфора при производстве сталей и сплавов с высоким содержанием хрома является использование феррохрома с низким содержанием фосфора, так как основная часть фосфора поступает в сталь из низкоуглеродистого феррохрома.

Целью диссертационной работы Акимова Е.Н. стала разработка теоретических основ и технологии получения низкоуглеродистого феррохрома с содержанием фосфора менее 0,015% совмещенным алюминио-силикотермическим процессом. При этом ставилась задача, чтобы

технология отвечала основным требованиям, предъявляемым к процессу производства низкоуглеродистого феррохрома, таким как простота процесса, возможность включения в существующую технологическую схему, а также была экономически оправдана и применима в массовом производстве.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Выполнен термодинамический расчёт химических превращений в системе при алюмино-силикотермическом процессе получения низкоуглеродистого феррохрома с ограниченным содержанием фосфора. Установлены закономерности изменение количества и состава металлической и шлаковой фаз от расхода восстановителей и последовательности их использования.

2. Показано, что алюмино-силикотермический процесс получения низкоуглеродистого феррохрома с ограниченным содержанием фосфора целесообразно проводить в два периода. Первый период необходимо проводить с использованием в качестве восстановителя алюминия, что позволит получить металл с низким содержанием фосфора и высоким – кремния, а также шлака с низким содержанием оксида хрома. Второй период целесообразно вести с использованием в качестве восстановителя ферросиликохрома и с получением металла заданного химического состава.

3. Подтверждено образование двухвалентного хрома в алюминотермическом, силикотермическом и алюмино-силикотермическом процессах. Установлены закономерности влияния расхода восстановителей и извести на концентрацию оксида двухвалентного хрома в шлаке.

4. Разработаны теоретические основы и предложены технические решения использования алюмино-силикотермического процесса получения низкоуглеродистого феррохрома с ограниченным содержанием фосфора на стандартном оборудовании и с использованием традиционных шихтовых материалов.

5. Получены количественные данные о влиянии содержания оксидов алюминия и хрома на электропроводность шлаков производства низкоуглеродистого феррохрома. Установлено, что повышение содержания оксида хрома и алюминия в шлаковом расплаве приводит к снижению его электропроводности, определены количественные характеристики их влияния.

Практическая значимость

Предложена технология выплавки низкоуглеродистого феррохрома с низким содержанием фосфора совмещенным алюмино-силикотермическим

процессом путем использования ферросиликохрома и алюминия в качестве восстановителей. Технология позволяет получать сплав с содержанием фосфора менее 0,015% при использовании традиционных шихтовых материалов (хромовая руда, ферросиликохром, алюминий, известь) без изменения технологической схемы на существующем оборудовании.

Структура и краткое содержание диссертационной работы

Работа изложена на 107 страницах, включая 1 приложение. Основной текст работы разбит на 4 главы.

В первой главе проанализированы литературные источники относительно проблем дефосфорации высокохромистых сталей и сплавов. Отмечены основные источники поступления фосфора в сталь, а также способы снижения содержания фосфора и методы их осуществления. Оценена величина снижения содержания фосфора при производстве низкоуглеродистого феррохрома при частичной замене восстановителя (ферросиликохрома на алюминий). В заключении по первой главе на основании произведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе выполнен термодинамический расчёт химических превращений для пяти вариантов алюмино-силикотермического процесса получения низкоуглеродистого феррохрома. Расчёт произведён, исходя из влияния расхода восстановителей и извести на количества и составы металлической и шлаковой фаз, а также последовательности их использования.

Исследовано влияние восстановителей и их расхода на температуру плавления шлака.

В третьей главе на основании результатов термодинамического расчёта спланированы промышленные плавки получения низкоуглеродистого феррохрома с ограниченным содержанием фосфора на стандартном оборудовании и из традиционных шихтовых материалов. Предложенные технические решения реализованы в промышленных условиях ОАО «ЧЭМК». Проанализированы результаты промышленных плавов, выявлены особенности и технологические отклонения результатов плавов от расчётных параметров. Результаты промышленных плавов подтвердили результаты термодинамического расчёта и показали, что при использовании двух восстановителей при выплавке низкоуглеродистого феррохрома на первой стадии целесообразно использовать только алюминий с получением металлического расплава с высоким содержанием кремния, а затем – ферросиликохром с рафинированием металла от кремния. Приведен расчёт

технико-экономических показателей каждой группы плавов. Оценена экономическая эффективность производства низкоуглеродистого феррохрома с пониженным содержанием фосфора по разным вариантам.

В четвертой главе экспериментально изучена электрическая проводимость шлаков производства низкоуглеродистого феррохрома и установлена зависимость изменения содержания оксида хрома и глинозема в шлаках производства низкоуглеродистого феррохрома. Установлено, что повышение содержания оксида хрома и алюминия в шлаке силикотермического периода низкоуглеродистого феррохрома приводит к снижению электрической проводимости и повышению электрического сопротивления, что ведет к увеличению падения напряжения в шлаке. Как следствие – образуются короткие дуги, электроды погружаются в расплав, происходит науглероживание металла.

По каждой главе сделаны выводы. В заключении по диссертации представлены основные выводы.

В целом работа оставляет благоприятное впечатление, однако следует отметить следующие недостатки:

1. Недостаточно обосновано, из каких соображений выбрано значение содержания фосфора в низкоуглеродистом феррохроме 0,015%.

2. Выбор вариантов термодинамического расчёта совместного (одновременного и последовательного) использования восстановителей требует более детального обоснования.

3. Необходимо более детальный анализ причин нарушения технологических параметров электрического режима печи при алюминио-силикотермическом процессе.

4. Некорректно использовать трехкомпонентную диаграмму состояния $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ для анализа шлака, в составе которого помимо этих компонентов содержится 7% SiO_2 и 8 % Cr_2O_3 , как показано на рисунке 16.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности работы и не влияют на общее положительное мнение о диссертации.

Достоверность выводов диссертационной работы подтверждается согласованностью экспериментальных и теоретических результатов, успешной экспериментальной проверкой в промышленных условиях.

Внедрение предложенной в диссертации технологии производства низкоуглеродистого феррохрома с содержанием фосфора менее 0,015% позволило обеспечить ОАО «ЧЭМК» экономический эффект за счёт снижения расхода электрической энергии, извести и ферросиликохрома в среднем 53 \$/т металла, что говорит о высокой практической значимости исследования. Использование технологии подтверждено актом внедрения.

Указанный способ может успешно применяться на металлургических предприятиях, производящих низкоуглеродистый феррохром в рафинировочной электропечи.

Основные результаты диссертации в полной мере отражены в 5 статьях, опубликованных в рецензируемых изданиях из перечня ВАК. Материалы работы были доложены на 11 конференциях российского и международного уровня. Всего по материалам диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ.

Представленная диссертационная работа «Получение низкоуглеродистого феррохрома совмещенным алюминио-силикотермическим процессом» представляет собой законченное научное исследование, в котором решена важная и актуальная для производства задача – получение низкофосфористого феррохрома и создание предпосылок для повышения качества высокохромистых сталей и сплавов.

Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертации.

Содержание диссертационной работы соответствует профилю специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Акимов Евгений Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – металлургия черных, цветных и редких металлов.

Отзыв рассмотрен и одобрен на научно-производственном семинаре ОАО «НИИМ» «21» мая 2014 года, протокол № 5

Зам. генерального директора
по науке и новым технологиям, к.т.н.

Агеев Юрий Андреевич



Почт. Адрес: 454047, г. Челябинск, ул. 2-я Павелецкая, 18

e-mail: office@niim.ru

тел.: 8 (351) 735-96-78