

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ (ФАНО РОССИИ)
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, Москва, Ленинский пр., 49
Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80
E-mail: imet@imet.ac.ru<http://www.imet.ac.ru>



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Дауда Ахмеда Дауда Али**
«Исследование процессов рафинирования металла с использованием
редкоземельных элементов с целью повышения качества стали»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких
металлов»

Современные тенденции увеличения мирового производства и потребления стали требуют непрерывного совершенствования технологий производства. Одним из наиболее эффективных способов повышения качества стали является использование редкоземельных металлов (РЗМ). В связи с этим, **актуальность диссертационной работы** Дауда Ахмеда Дауда Али не вызывает сомнений, так как она посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям процессов рафинирования жидкой стали от вредных примесей (сера, фосфор) с использованием РЗМ и имеет важное практическое значение для модернизации технологических процессов производства стали.

Содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 5-ти глав, выводов, списка использованных источников из 86-ти наименований и 5-ти приложений. Работа изложена на 170-ти страницах машинописного текста, содержит 19 таблиц и 44 рисунка.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи работы, представлены научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

В первой главе приведён критический анализ опубликованных исследований по использованию редкоземельных металлов для рафинирования, микролегирования и модифицирования жидкой стали.

Во второй главе выполнен термодинамический анализ закономерностей процессов рафинирования хромистых сталей с использованием РЗМ. Представлены результаты теоретических расчетов, отражающих особенности условий образования оксидов, сульфидов и фосфидов церия и кальция в железо-хромистых расплавах. Показана возможность применения церия в виде мишметалла или его оксидной формы для десульфурации и дефосфорации стали при температурах сталеплавильных процессов.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований процесса десульфурации стали при использовании РЗМ и оксидов РЗМ. Показано влияние температуры, массы присаживаемого мишметалла и состава шлака на количество удалённой серы. Экспериментально установлено, что чрезмерная выдержка металла (более 10 минут) после присадок десульфурующих смесей приводит к снижению содержания РЗМ (церия и лантана) в металле менее 0,05% и ресульфурации.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований процесса восстановительной дефосфорации стали при использовании РЗМ и оксидов РЗМ. Показано влияние массы присаживаемого мишметалла и состава шлака на количество удалённого фосфора. Экспериментально установлено, что при использовании шлака, содержащего оксиды РЗМ, степень дефосфорации может достигать 36%.

Пятая глава посвящена оценке затрат на рафинирование хромистой стали РЗМ и оксидами РЗМ. Показан коммерческий потенциал применения добавок РЗМ в виде мишметалла и оксидов для рафинирования хромистых сталей.

В результате проведённых исследований автором диссертационной работы Даудом Ахмедом Дауд Али получены и сформулированы следующим образом **новые научные результаты:**

- 1) Показано, что при обработке высокохромистых расплавов шлаковыми смесями, содержащими РЗМ и оксиды РЗМ, можно обеспечить дефосфорацию металла в восстановительных условиях практически без потерь основного легирующего элемента. При этом степень дефосфорации может достигать 15-20 % при кратности рафинирующей смеси около 3 %.
- 2) Предложена математическая модель, описывающая процесс дефосфорации высокохромистых расплавов в восстановленных условиях за счет обработки металла рафинирующими смесями, содержащими оксиды РЗМ, при этом фосфор удаляется в виде фосфида церия. Требуемая окисленность системы обеспечивается алюминием. Адекватность модели подтверждена экспериментальными данными.
- 3) Показано, что обработка высокохромистых расплавов рафинирующими смесями, содержащими РЗМ, обеспечивает одновременное рафинированное ванны от фосфора и серы; при этом степень десульфурации достигает 50 %,

степень дефосфорации до 20 %. Время обработки ванны колеблется в пределах 3-5 мин, что снижает риск рефосфорации и ресульфурации и решает поставленную задачу рафинирования стали. При этом окисленность системы, выраженная равновесным парциальным давлением кислорода (P_{O_2}), не должна превышать 10^{-16} – 10^{-18} атм. что на 4–5 порядков выше, чем это требуется для дефосфорации кальцием.

4) Теоретически и экспериментально доказано, что для обеспечения избирательного участия в дефосфорации легированного хромом расплава в состав рафинирующей смеси из оксидов РЗМ, необходимо ввести оксид кальция. Это позволяет обеспечить преимущественное участие оксида кальция в десульфурации металла, а оксидов РЗМ в дефосфорации. При этом доля оксидов РЗМ во флюсе, окисленность расплава перед введением рафинирующей смеси, время обработки металла входят в перечень параметров, определяющих эффективность процесса дефосфорации и десульфурации.

Практическая значимость диссертационной работы:

- 1) Определены оптимальные термодинамические и технологические параметры процесса удаления фосфора и серы из металла с использованием РЗМ.
- 2) Определены химические составы шлаков, содержащих оксиды РЗМ, для дефосфорации хромистых марок стали.
- 3) На диссертационную работу А. Д. Дауда получен отзыв от научно-исследовательского института Ядерных Материалов (Египет), в котором отмечается важность полученных результатов и указано, что они будут использованы научно-исследовательским институтом совместно с металлургическими предприятиями Египта для модернизации технологических процессов производства стали.

Достоверность полученных результатов подтверждается полученным массивом экспериментальных данных, позволяющим сделать обоснованные выводы, и применением современных методов химического анализа.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 3-х печатных работах, в том числе в 2-х в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертационных работ, и достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

По диссертационной работе работы имеются следующие замечания:

- 1) Критически важным параметром для процессов десульфурации и дефосфорации является окисленность системы и, соответственно, содержание кислорода в жидком металле. Однако, в работе не проведено ни экспериментального определения, ни теоретической оценки содержания кислорода в каждом конкретном эксперименте.

- 2) Из текста диссертации не ясно, учитывалось ли в расчётах влияние лантана, в значительном количестве присутствующего в мишметалле, на коэффициент активности серы ($e_S^{La} = -18,3$).
- 3) Дискуссионным является выбор величин массовых параметров $e_S^{Ce} = -0,2$ и $e_{Ce}^S = -0,8$ (приложение «Б», стр. 143 диссертации), поскольку для элементов, обладающих большим сродством к сере, характерным является сильно отрицательные величины параметров взаимодействия, например, по данным [Steelmaking Data Sourcebook, revised edition by the Japan Society for the Promotion of Science the 19th Committee on Steelmaking: Gordon and Breach Science Publishers, 1988.- p. 292], $e_S^{Ca} = -110$; $e_S^{La} = -18,3$.
- 4) Из текста автореферата и диссертации не ясно, учитывались ли коэффициенты активности f_S и f_{Ce} в термодинамических расчетах областей существования каждого типа сульфида церия (рис. 1 и 2)?
- 5) Расчёт удельной стоимости удаления 0,01% серы некорректен, поскольку начальное содержание серы в металле при использовании РЗМ и кальция было различным. В данном случае абсолютным, а не относительным, показателем эффективности является степень десульфурации. Аналогичное замечание относится и к расчёту удаления фосфора при обработке шлаками РЗМ.
- 6) В приложении В «Параметры экспериментов» к диссертации приведены составы расплавов до и после экспериментов. Однако, не указано, какие именно данные из всего массива были приведены в таблицах и использованы для построения графиков в тексте автореферата и в основном тексте диссертации.
- 7) Тексты автореферата и диссертации содержат значительное количество опечаток и ошибок.

Заключение

Несмотря на имеющиеся замечания, представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и обладающей внутренним единством, и соответствует специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».


Диссертационная работа Дауда Ахмеда Дауда Али отвечает требованиям ВАК РФ в части п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842), в которой содержится решение задач, имеющих большое значение для металлургической отрасли. А именно: предложены режимы и технологические приёмы для рафинирования металла от серы и фосфора с использованием РЗМ и их оксидов при выплавке высокохромистой стали.

Автор диссертационной работы «Исследование процессов рафинирования металла с использованием редкоземельных элементов с целью повышения качества стали» Дауд Ахмед Дауд Али заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доклад по диссертационной работе заслушан и обсуждён на расширенном коллоквиуме лаборатории физикохимии металлических расплавов им. академика А.М. Самарина и лаборатории диагностики материалов. За предложенное заключение проголосовали единогласно. Протокол № 3 от 4 июня 2018 года.

Председатель коллоквиума
заведующий лабораторией
физикохимии металлических расплавов
им. академика А.М. Самарина
института металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова РАН
доктор техн. наук.



Дашевский В.Я.

Учёный секретарь коллоквиума
старший научный сотрудник
лаборатории физикохимии металлических расплавов
им. академика А.М. Самарина

кандидат техн. наук



Александров А.А.