

## ОТЗЫВ

на диссертационную работу Бакина Игоря Валерьевича «**Рафинирование и модифицирование стали комплексными стронцийсодержащими сплавами**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 (05.16.02) – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

В данной работе исследовалась тема рафинирования и модифицирования стали в процессе внепечной обработки. Одним из наиболее важных вопросов внепечной обработки стали, требующих дальнейшего изучения, является оптимизация процессов, связанных с рафинированием и модифицированием жидкого металла. Применение широко применяемых кальцийсодержащих материалов, в первую очередь силикокальция, связано с рядом проблем. При обработке силикокальцием жидкого металла, предварительно раскисленного алюминием, часто не удается предотвратить активизацию процессов образования тугоплавких алюминатов кальция. В работе в качестве решения предложено применения комплексных сплавов, содержащих наряду с кальцием стронций и барий.

Автором проведены исследования термодинамических свойств расплавов оксидных систем и моделирование фазовых равновесий, реализующихся при рафинировании стали комплексными сплавами, содержащими стронций, что позволяет прогнозировать состав и свойства НВ, а, следовательно, влиять на качество металла.

В настоящее время в научной литературе сведения о диаграммах состояния стронцийсодержащих оксидных систем отсутствуют.

Таким образом, диссертационная работа Бакина И.В., посвященная повышению качества металлоизделий за счет рационального применения стронцийсодержащих комплексных сплавов в качестве раскислителей и модификаторов стали, несомненно **является актуальной**.

**С позиции научной новизны**, автором впервые получен ряд термодинамических данных, а именно:

- На основании термодинамических расчетов с использованием теории субрегулярных ионных растворов впервые построены диаграммы состояния двойных ( $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO-SrO}$ ,  $\text{SrO-BaO}$ ,  $\text{SrO-SiO}_2$ ) и тройных ( $\text{FeO-SrO-BaO}$ ,  $\text{FeO-SrO-SiO}_2$ ,  $\text{FeO-SrO-Al}_2\text{O}_3$ ) систем. Впервые рассчитаны изотермы растворимости кислорода в расплавах исследуемых систем:  $\text{Fe-Sr-O}$ ;  $\text{Fe-Mg-Sr-O}$ ;  $\text{Fe-Sr-Al-O}$ ;  $\text{Fe-Sr-Ba-O}$ ;  $\text{Fe-Sr-Al-O-C}$ ;  $\text{Fe-Sr-Si-O-C}$ ;  $\text{Fe-Sr-Ca-O-C}$ ;  $\text{Fe-Sr-Ba-O-C}$ ;  $\text{Fe-Sr-Ca-Al-O-C}$ . Показана возможность раскисления металла газообразным кальцием и стронцием.

- Экспериментально показано, что в отличие от силикокальция обработка стали сплавами  $\text{Sr-Si}$  и  $\text{Ba-Si}$  сопровождается формированием в нем более мелких комплексных оксисульфидных НВ, получением более однородной ( $\text{Si-Ba}$ ) и измельченной ( $\text{Si-Sr}$ ) структуры металла.

- На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований предложен состав комплексных модификаторов с ЦЗМ и шихта для получения

стронцийсодержащих сплавов в рудовосстановительной печи, а также определены условия восстановления бария и стронция из сульфатов углеродом, позволяющие повысить их извлечение в сплав.

- Промышленными испытаниями показана более высокая эффективность комплексных модификаторов в сравнении с силикокальцием СК40. Обработка стали комплексными сплавами с обеспечивает снижение уровня загрязненности стали по всем видам НВ, уменьшение средних размеров НВ более чем в 2,5 раза, оптимизацию их морфологии, получение более однородной и мелкозернистой структуры металла, повышение хладо- и коррозионной стойкости образцов в агрессивной среде.

**Практическая значимость работы** заключается в использовании результатов проведенной работы на АО «Уральская сталь» и предприятии ООО НПП Технология.

Кроме того, термодинамическое моделирование фазовых равновесий в системах Fe-Ca-Sr-O-C и Fe-Si-Sr-O-C позволяет определять агрегатное состояние реагентов и продуктов химических реакций при температурах внепечной обработки стали, прогнозировать состав и свойства неметаллических включений и газообразных продуктов, образующихся при раскислении и модифицировании металла комплексными стронцийсодержащими сплавами.

Разработаны рациональные составы сплавов с ЩЗМ, позволяющие повысить механические и эксплуатационные свойства металлоизделий. Предложены технические решения по улучшению технико-экономических показателей получения комплексных сплавов углетермическим методом за счет использования дешевого природного сырья.

Результаты работы достаточно полно обсуждены на региональных, Всероссийских и Международных конференциях и семинарах. В целом, следует отметить хороший уровень и разнообразие экспериментальных и расчетных методов исследования, представленных и использованных автором, квалифицированное обсуждение результатов.

Рассмотренный материал диссертации соответствует паспорту специальности 2.6.2 (05.16.02) – металлургия черных, цветных и редких металлов.

Наряду с несомненными достоинствами, по работе следует уточнить – результаты применения комплексных модификаторов Ca-Ba и Ca-Ba-Sr близки по ряду параметров, какой тип модификатора предпочтителен и почему.

Сделанное замечание носит частный характер, и не меняют общего положительного мнения о рецензируемой работе.

Автореферат диссертации отражает её содержание.

#### ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании рассмотренных материалов автореферата, диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, позволившее разработать рациональные составы сплавов с ЩЗМ, обеспечивающие повышение механических и эксплуатационных

свойств металлоизделий, а также предложить технические решения по улучшению технико-экономических показателей получения комплексных сплавов углетермическим методом за счет использования дешевого природного сырья, имеющее достаточный уровень научной новизны и практической значимости. Считаю, что диссертационная работа **Бакина Игоря Валерьевича** соответствует требованиям п. 9, Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 (05.16.02) – металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Начальник Управления технического развития продаж ПАО «НЛМК», к.т.н.



Дегтев Сергей Сергеевич

Руководитель проектов Управления технического развития продаж ПАО «НЛМК», к.т.н.

Handwritten signature of Kolodtvinov and the date 26.10.2021.



Колетвинов Константин Федорович

ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»


Адрес: г. Липецк, пл. Металлургов 2

Сайт: [www.nlmk.com](http://www.nlmk.com)

Электронная почта: [info@nlmk.com](mailto:info@nlmk.com)

Тел.: +7 (4742) 44 42 22

Факс: +7 (4742) 44 11 11

Я, Дегтев Сергей Сергеевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе 

Я, Колетвинов Константин Федорович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе 