

**УТВЕРЖДАЮ:**

Заместитель генерального директора

по научной работе

АО «НПО «ЦНИИТМАШ»

Д.Т.Н.

К.Л. Косырев

«5» июня 2017г.

### **ОТЗЫВ**

**ведущей организации ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» на диссертационную работу Румянцева Бориса Алексеевича на тему «Исследование процессов взаимодействия хромо-никелевых расплавов с окислительной плазмой с целью разработки технологических приемов производства низкоуглеродистой коррозионностойкой стали в печах постоянного тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»**

Представленная Румянцевым Б. А. диссертация посвящена теоретической разработке, экспериментальному исследованию процессов взаимодействия легированных расплавов с окислительной плазмой и реализации технологии производства низкоуглеродистой коррозионностойкой стали в печах постоянного тока. В работе изучены кинетические особенности обезуглероживания и десульфурации расплавов с высоким содержанием хрома. Основным её объектом являются процессы и агрегаты специальной электрометаллургии, а основным содержанием - исследование и разработка технологии производства низкоуглеродистой хромоникелевой стали в печах постоянного тока, повышения её качества, мероприятия по энерго- и металлосбережению, разработка математических моделей металлургических процессов с прогнозированием конечных результатов.

Диссертация изложена на 122 страницах, состоит из введения, четырех глав, выводов, списка цитированной литературы из 122 наименований, содержит 47 рисунков и 13 таблиц. Автореферат диссертации содержит 25 страниц.

**Актуальность** темы диссертации определяется востребованностью теоретических, экспериментальных и практических работ, направленных на использование окислительной плазмы при производстве низкоуглеродистой коррозионностойкой стали в печах постоянного тока. Полученные автором результаты открывают перспективы системного совершенствования технологий и оборудования, повышения качества металла.

**Наиболее значимые для развития металлургической отрасли науки новые результаты, полученные автором диссертации:**

Получены экспериментальные данные по кинетике взаимодействия железо-хромистых и железохромоникелевых расплавов с аргоноокислородной плазмой, позволившие определить порядок реакции обезуглероживания, константы её скорости и коэффициенты массопереноса в зависимости от концентрации углерода в расплаве и кислорода в плазмообразующем газе.

Разработана математическая модель, описывающая взаимодействие аргоноокислородной плазмы с поверхностью расплава железо-никель-хром, позволяющая рассчитывать изменение состава металла при взаимодействии расплава с молекулярным и атомарным кислородом.

Показано, что обезуглероживающее воздействие окислительной плазмы на такой расплав при давлении в печи порядка 0,1 МПа эквивалентно его вакуумной обработке при парциальном давлении СО менее 0,02 Па и позволяет достичь величины произведения растворимости  $[C] \cdot [O] = 2 \cdot 10^{-5}$ , причем параметр  $[Cr]/[C]$ , характеризующий степень обезуглероживания расплава без потерь хрома, может превышать 3000.

**Обоснованность научных положений, достоверность результатов и выводов диссертации** определяется соответствием теоретических оценок, полученных с применением математических и физико-химических моделей, результатам экспериментальных исследований и практики, наиболее представительным и достоверным результатам отечественных и зарубежных исследователей, а также решением на основе полученных результатов научно-технических и практических задач.

#### **Практическая ценность и значимость результатов диссертации:**

Экспериментально обоснованы и практически реализованы оптимальные режимы селективного окислительного рафинирования высокохромистых расплавов в зоне плазменного пятна, обеспечившие снижение содержания углерода в процессе плазменного рафинирования расплава Fe-18Cr-10Ni с 0,4% до 0,05% без существенных потерь хрома.

Разработана и опробована технология, включающая окислительное рафинирование высокохромистых расплавов с вводом аргоноокислородной смеси через полый графитовый электрод на опытно-промышленной дуговой печи постоянного тока ДППТ-06.

С применением разработанной автором модели обоснованы режимы окислительного рафинирования хромистых расплавов в промышленной дуговой печи постоянного тока вместимостью 5 тонн.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации:**

1. Полученные автором теоретические и экспериментальные результаты обосновывают эффективность окислительного рафинирования железохромоникелевых расплавов смесью аргон-кислород, вводимой непосредственно в дугу. Это позволяет



рекомендовать предложенный и опробованный автором способ обезуглероживания и десульфурации хромистых расплавов предприятиям, обладающим сталеплавильными печами постоянного тока вместимостью до 20т.

2. Разработанная математическая модель позволяет обосновывать технологические режимы производства хромоникелевых сталей в ДППТ, что важно для разработки ресурсосберегающих одностадийных процессов, особенно на машиностроительных заводах поскольку исключают исключают обязательную выплавку полупродукта последующую обработку в агрегатах аргонокислородного и вакуумно-кислородного рафинирования.
3. Результаты математического моделирования и данные контроля промышленных плавов позволяют уточнить требования к оборудованию дуговых печей постоянного тока в отношении применения элементов плазменной металлургии.

**Основные положения и результаты работы опубликованы** в 7 печатных работах, в том числе 2 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, докладывались и обсуждались на 4 Международных и Российских научно-технических конференциях.

**По диссертации и автореферату имеются следующие замечания и пожелания:**

- 1) Следует более корректно и детально обосновать принятое автором допущение: «добавление кислорода в плазмообразующий газ не оказывает влияние на температурный режим плавки».
- 2) В работе не приведены численные оценки влияния различного содержания атомарного кислорода в газовой фазе, что снижает ценность расчетов. При этом экспериментальные исследования кинетики обезуглероживания расплава Fe-Cr-Ni базируются лишь на данных о содержании молекулярного кислорода в плазмообразующем газе.
- 3) При оценке кинетических характеристик разных стадий обезуглероживания не оценена роль или особенность влияния соотношения различных состояний кислорода.
- 4) В третьей главе диссертации и на странице 18 автореферата продемонстрирована хорошая эффективность десульфурации сплава X18H10 с содержанием серы 0,03% окислительной плазмой (0,8% O<sub>2</sub>) : за 1,5 минуты содержание серы снизилось до 0,009%. В то же время, на странице 19 автореферата указано, что при том же содержании кислорода в плазмообразующем газе десульфурация протекает со скоростью близкой к скорости удаления в нейтральной атмосфере, то есть очень умеренно, а влияние кислорода сказывается на ходе десульфурации лишь при увеличении его содержания свыше 1,5%. Следует разъяснить это противоречие.
- 5) В автореферате имеется ряд ошибок и неточностей, например:

- на страницах 12 и 13 использовано некорректное выражение «фактическая константа химической реакции», причем в соотношении, отражающее закон действующих масс, включены не активности участников и продуктов реакции, а их концентрации;
- на странице 15 парциальное давление кислорода оценивается в массовых %.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Румянцева Бориса Алексеевича содержит решение актуальной научно-технической задачи в металлургическом производстве, связанной с теоретической разработкой, экспериментальным исследованием процессов взаимодействия легированных расплавов с окислительной плазмой и реализацией технологии производства низкоуглеродистой коррозионностойкой стали в печах постоянного тока.

Диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Румянцев Борис Алексеевич, заслуживает присуждения ему звания кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доклад соискателя Румянцева Б.А. по диссертационной работе заслушан и обсужден на заседании научно-технического совета Института металлургии и материаловедения ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» 02 июня 2017 года (протокол №5). Отзыв на диссертацию составлен д.т.н. Левковым Л.Я.

Председатель НТС

ИМиМ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»

проф., д.т.н.



В.С. Дуб

Ученый секретарь НТС ИМиМ

Д.С. Толстых

Адрес: 115088, Москва, Шарикоподшипниковская ул., д. 4

Тел. (495)675-83-02, (495) 675-87-45

E-mail: [cniitmash@cniitmash.ru](mailto:cniitmash@cniitmash.ru)

2 212.132.02. 06.06.2017. Лев