

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Муратова Евгения Владиславовича на тему «Совершенствование технологии производства коррозионностойкой стали, включающей вакуум-кислородное рафинирование», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов и состоявшейся в НИТУ МИСИС 25 апреля 2025 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 10 февраля 2025 г., протокол № 26.

Диссертация выполнена на кафедре металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Семин Александр Евгеньевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 26 от 10 февраля 2025 г.) в составе:

1. Кожухов Алексей Александрович – д.т.н., доцент, директор Губкинского филиала НИТУ МИСИС;
2. Павлов Александр Васильевич – д.т.н., с.н.с., профессор кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов НИТУ МИСИС;
3. Дуб Алексей Владимирович – д.т.н., профессор, первый заместитель генерального директора АО «Росатом Наука» (на момент утверждения - заведующий кафедрой металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов НИТУ МИСИС);
4. Косырев Константин Львович – д.т.н., советник технического директора ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения»;
5. Богданов Сергей Васильевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры управления промышленными организациями Института отраслевого менеджмента Государственного университета управления.

В качестве ведущей организации утвержден Государственный научный центр РФ Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработаны предложения по корректировке современной технологии выплавки высоколегированной стали типа 08X18H10T, опирающиеся на физико-химическое и статистическое исследование процессов, протекающих в системе «металл-шлак-газ» в ходе выплавки полупродукта и внепечного рафинирования нержавеющей стали;
- разработана, теоретически обоснована и экспериментально проверена модель, позволяющая с достаточной точностью оценивать массу остатка металла в печи от предыдущей плавки уже по химическому составу первой пробы, отобранной из жидкой металлической ванны текущей плавки;
- установлены особенности влияния углерода на поведение хрома при обезуглероживании стали, если углерод находится в расплаве или подается на хромистый

шлак перед началом плавки металла, либо по ходу плавки в дуговой электропечи и при обработке металлического расплава на установке вакуум-кислородного рафинирования;

- разработанная технология позволит уменьшить оставшуюся массу жидкого металла предыдущей плавки в рабочем пространстве печи, что особенно важно при последовательном производстве легированных и нелегированных марок стали в серийной кампании функционирования сталелитейного комплекса, включающего дуговую электропечь, установку вакуум-кислородного обезуглероживания, машину непрерывного литья заготовки или разливку стали в изложницы;
- выполнен термодинамический анализ распределения хрома в системе «металл-шлак-газ» в зависимости от концентрации углерода в металле и наличия присадок углерода на шлак перед вакуум-кислородным рафинированием;
- проведен сравнительный анализ экспериментальных данных плавки высоколегированной стали типа 08X18H10T в условиях Предприятия «А» с результатами термодинамических расчетов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- выполнен литературный обзор проблемы влияния технологических факторов на технико-экономические показатели выплавки нержавеющей стали;
- методом регрессионного статистического анализа и описательной статистики в программных средах MS Excel и Statistica проведен анализ влияния параметров обработки металла на технико-экономические показатели выплавки стали 08X18H10T;
- проведен сравнительный анализ способов оценки массы железистого остатка в ДСП от предыдущей плавки низколегированной стали при выплавке нержавеющей стали. Показано, что упрощенная методика оценки массы болота в ДСП, опирающаяся на фиксированный уровень выхода годного полупродукта в печи, дает недостоверные результаты, заключающиеся в нарушении баланса масс;
- показано, что предлагаемая в данной работе методика оценки массы железистого остатка в печи от предыдущей плавки низколегированной стали, использующая допущение постоянства массы никеля в металле в ходе плавки, даёт достоверные результаты, соответствующие практике производства нержавеющей стали;
- проведен сравнительный анализ экспериментальных данных плавки высоколегированной стали типа 08X18H10T в условиях Предприятия «А» с результатами термодинамических расчетов. Установлено, что углерод, растворенный в металле и углерод, присаженный на шлак, по-разному влияют на потери хрома в ходе вакуумирования.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанная технология позволит уменьшить оставшуюся массу жидкого металла предыдущей плавки в рабочем пространстве печи, что особенно важно при последовательном производстве легированных и нелегированных марок стали в серийной кампании функционирования сталелитейного комплекса, включающего дуговую электропечь, установку вакуум-кислородного обезуглероживания, машину непрерывного литья заготовки или разливку стали в изложницы;

- применительно к условиям Предприятия «А» можно сделать вывод о том, что увеличение массы железистого болота в ДСП сокращает время выплавки полупродукта, но увеличивает продолжительность внепечной обработки, то есть не ускоряет плавку в целом;
- полученные при выполнении диссертационной работы результаты исследования, позволили сформировать ряд технологических рекомендаций – в частности: минимизировать массу остатка металла в ДСП при переходе выплавки с низколегированной на коррозионностойкую сталь типа 18-10; скорректировать состав полупродукта по основным элементам (хром, никель, углерод); для снижения потерь хрома за время ВКР необходимо минимизировать массу присаживаемого на шлак углерода и повысить содержание углерода в металле перед вакуумированием до максимальной из опробованных на практике.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- способ вакуум-кислородного рафинирования высокохромистой нержавеющей стали основывается на фундаментальных закономерностях процесса обезуглероживания стали в условиях вакуума;
- идея работы базируется на анализе теоретической базы и обобщении опыта работы известных исследователей, ученых, в частности: В. С. Дуба, В. И. Явойского, В. А. Григоряна, А. Я. Стомахина, Д. Я. Поволоцкого, К. В. Григоровича, А. В. Дуба, Б. Я. Балдаева, Г. Ф. Гладышева, Г. Кнютпея, Х. Р. Паулса, Ли Ванли, Гу Фокуана
- теоретические положения построены на известных и наиболее цитируемых, проверяемых данных, имеют согласованность с данными, полученными ранее и опубликованными в известных литературных источниках;
- для экспериментальных работ было использовано современное оборудование, прошедшее сертификацию, аттестованные измерительные приборы, методы и методики исследования. При выполнении исследования было использовано следующее аналитическое и измерительное оборудование: преобразователь термоэлектрический ТПР-91, датчик Метрон-100-ДА, весы рычажные, товарные, электронные крановые, устройства весодозирующие, часы, секундомер, спектрометр оптико-эмиссионный SPEKTROLAB 13358-06, Спектрометр оптико-эмиссионный SPEKTROLAB 13358-17, Анализатор ELTRA, Спектрометр рентгенофлуоресцентный AXIOS;
- термодинамическая проработка гипотез с помощью расчётов отдельных реакций и моделирования взаимодействия элементов в системе «металл-шлак-газ» проведена с применением программы «SyTherMa»;
- анализ влияния параметров обработки металла на технико-экономические показатели выплавки стали 08X18H10T выполнен методом регрессионного статистического анализа и описательной статистики в программных средах MS Excel и Statistica;
- проведен сравнительный анализ экспериментальных данных плавов высоколегированной стали типа 08X18H10T в условиях Предприятия «А» с результатами термодинамических расчетов.

Личный вклад соискателя состоит в:

Непосредственном участии автора в выборе предмета исследования, обосновании основных задач работы и получении экспериментальных данных по технологическому процессу производства коррозионностойкой стали. Автором выполнен теоретический анализ процессов в системе «металл-шлак-газовая фаза», протекающих при производстве коррозионностойкой стали и проведена обработка результатов промышленных плавов. Разработаны математические модели, позволяющие оценить как количество остатка металла в дуговой печи, так и его влияние на технологические показатели процесса, предложены рекомендации по снижению затрат на производство; подготовлены публикации и доклады по теме работы.

Результаты диссертации изложены в 7 печатных работах, из которых 2 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и базы Web of Science/Scopus и в полной мере отражают её содержание.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Муратова Евгения Владиславовича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований предложено решение задачи повышения технико-экономических показателей выплавки коррозионностойкой стали, включающей вакуум-кислородное рафинирование, за счет снижения массы железистого остатка металла в дуговой сталеплавильной печи от предыдущей плавки низколегированной стали и исключения присадок углеродсодержащих материалов на поверхность шлака при ВКР.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Муратову Евгению Владиславовичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Metallurgy черных, цветных и редких металлов.

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 4 человек, входящих в состав комиссии, проголосовали: за – 4, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., доцент

Кожухов Алексей Александрович
24.04.2025 г.