

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Подкура Сергея Валерьевича на тему «Исследование влияния технологии производства стали и климатических условий на поведение водорода с целью повышения выхода годного», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 25 апреля 2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 12.02.2024 г., протокол №17.

Диссертация выполнена на кафедре металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Котельников Георгий Иванович, к.т.н. (специальность 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»), доцент, доцент кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов Института технологий НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол №17 от 12.02.2024 г.) в составе:

1. Кожухов Алексей Александрович – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова филиала Федерального автономного образовательного учреждения высшего образования НИТУ МИСИС;
2. Кудря Александр Викторович – д.т.н., профессор, профессор кафедры металловедения и физики прочности Института новых материалов Федерального автономного образовательного учреждения высшего образования НИТУ МИСИС;
3. Богданов Сергей Васильевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры управления промышленными организациями Института отраслевого менеджмента Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет управления»;
4. Косырев Константин Львович – д.т.н., советник технического директора ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения»;
5. Петелин Александр Львович – д.ф.-м.н., профессор, советник генерального директора ООО «ЮниАкваПром».

В качестве ведущей организации утвержден Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана научная концепция, позволившая уточнить закономерности влияния влаги на уровень загрязненности стали первичными оксидными неметаллическими включениями;

- предложена оригинальная научная идея, заключающаяся в том, что в условиях вакуума содержащийся в стали водород совместно с углеродом способен частично восстанавливать глиноземистые включения;
- доказано наличие зависимости концентрации водорода в невакуумированной низколегированной стали на этапе разлива от степени завершенности окислительно-восстановительных процессов в системе «металл - окислительный шлак» при выплавке полупродукта в дуговой печи;
- доказана перспективность проведения выплавки полупродукта в дуговой сталеплавильной печи с повышенной массой остатка жидкого металла для уменьшения содержания водорода в стали за счет сокращения активирующего влияния дуги по отношению к влаге воздуха;
- разработан параметр, равный сумме масс неметаллических включений и газов, равновесных с условиями разрежения в зазоре между струей разливаемого металла и стенкой погружного сталеразливочного стакана; с использованием этого параметра можно рассчитывать, анализировать и прогнозировать отсортировку стали по дефектам: пузырь-вздутие, плена, сетчатые трещины, УЗК-дефекты;
- предложена оригинальная модель, которая позволяет прогнозировать количество оксидной неметаллической фазы в металле в зависимости от массы влаги, вступившей с ним во взаимодействие;
- разработана количественная модель, использующая новые закономерности и прогнозирующая концентрацию водорода в невакуумированной стали в зависимости от массы жидкого остатка, содержания кислорода в металле и оксидов железа в шлаке ДСП;
- разработана оригинальная программа для решения задачи повышения выхода годной металлопродукции; она позволяет применять полученные в работе ранее неизвестные зависимости для корректировки технологии и оптимизации плана выплавки стали с учетом химического состава металла и складывающихся погодных условий.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- на основе экспериментальных исследований установлено, что между влажностью шлакообразующей смеси и загрязненностью стали первичными оксидными неметаллическими включениями существует устойчивая, практически линейная связь. Для углеродистой стали, раскисленной кремнием и алюминием, разработаны соответствующие математические модели, позволяющие прогнозировать объемную долю первичных оксидных неметаллических включений в металле в зависимости от массы влаги, внесенной шлакообразующей смесью;
- в результате физико-химического анализа и экспериментального исследования установлено, что в условиях вакуума содержащийся в стали водород совместно с углеродом способен частично восстанавливать глиноземистые включения;
- получена зависимость концентрации водорода в невакуумированной низколегированной стали на этапе разлива от содержания оксидов железа в шлаке и концентрации кислорода в металле при выплавке полупродукта в дуговой печи. Установлено, что наиболее низкие концентрации водорода достигаются в том

- случае, когда содержание кислорода в стали близко к состоянию термодинамического равновесия с концентрацией оксидов железа в шлаке;
- показано, что увеличение остатка жидкого металла в дуговой печи при выплавке полупродукта способствует снижению концентрации водорода в получаемой стали. Это объясняется понижением активирующего влияния дуги по отношению к влаге воздуха за счет сокращения длительности работы печи под током при увеличении массы остатка жидкого металла;
 - предложен параметр, равный равновесной со сталью общей массе неметаллических включений и газов, выделяющихся из струи металла, протекающей через погружной сталеразливочный стакан. Использование этого параметра позволяет прогнозировать уровень общей отсортировки металлопродукции по основным дефектам (пузырь-вздутие, плена, сетчатые трещины, УЗК-дефекты).

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

- с использованием моделей, прогнозирующих уровень отсортировки проката, разработана программа ЭВМ «H2O-Steel» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614004 (в реестре программ для ЭВМ от 16 марта 2022 г.)). Программа позволяет корректировать технологию выплавки стали таким образом, чтобы с учетом химического состава металла, типа получаемого продукта, технологии и складывающихся погодных условий прогнозировать уровень отсортировки по различным группам дефектов и рекомендовать оптимальный план выплавки стали, обеспечивающий повышение выхода годного;
- практическую значимость подтверждают документы о принятии к использованию рекомендаций по совершенствованию технологии выплавки стали с предприятий: АО «Волжский трубный завод», АО «Оскольский завод металлургического машиностроения».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- работ базируется на комплексном анализе больших массивов промышленных данных (более 11,5 тыс. плавов), результатов лабораторных экспериментов и термодинамических расчетов;
- теоретические положения построены на известных, проверяемых данных и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, в том числе в сравнении с данными работ других авторов, полученных ранее по рассматриваемой тематике;
- лабораторные исследования выполнены с использованием аттестованного оборудования по современным методикам, закрепленным в соответствующих технологических стандартах: оптико-эмиссионный спектрометр «Bruker» Q4 Tasman, анализатор «LECO» TC-600, анализатор «LECO» RH-402, растровый электронный сканирующий микроскоп «Zeiss» EVO MA 10, оптический микроскоп «Leica» DM IRM;
- аналитические расчеты проведены с применением сертифицированных программных комплексов термодинамического моделирования HSC Chemistry, Thermo-Calc, ShyTherMa и Terra;

- обработка результатов лабораторных и промышленных экспериментов выполнена методом регрессионно-корреляционного анализа и описательной статистики в программных средах MS Excel и Statistica.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

Непосредственное участие автора в получении исходных экспериментальных данных. Создание и структурирование базы данных (big data), теоретический анализ процессов взаимодействия металла и шлака с влагой в системе «металл-шлак-газ». Разработка моделей, направленных на оптимизацию технологии выплавки стали с учетом погодных условий. Подготовка публикаций по работе.

Соискатель представил 4 опубликованные работы в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, из них 3 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science/Scopus, и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

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

Диссертация Подкура Сергея Валерьевича 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 выхода годного за счет корректировки технологии производства и оптимизации плана выплавки низколегированной стали с учетом химического состава металла и складывающихся погодных условий.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Подкуру Сергею Валерьевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

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

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., доцент

Кожухов Алексей Александрович
25.04.2024 г.