

**Заключение диссертационного совета Д 01.019.03
на базе ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики
по диссертации на соискание учёной степени доктора наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета Д 01.019.03

от 19 мая 2022 г., протокол № 2

О ПРИСУЖДЕНИИ

**КОРЗУНУ Евгению Леонидовичу
учёной степени доктора технических наук**

Диссертация «Развитие научных и технологических основ производства сталей и сплавов с контролируемым содержанием азота и углерода» по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 20 января 2022 г., протокол № 1 диссертационным советом Д 01.019.03 на базе ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, приказ о создании диссертационного совета № 593 от 02.06.2016 г. с изменениями, внесенными приказами № 775 от 24.07.2017 г., № 147-НП от 14.10.2020, № 589 от 02.07.2021 г.

Соискатель Корзун Евгений Леонидович 1960 года рождения. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему «Разработка технологии легирования стали и сплавов на основе хрома редкоземельными элементами в процессе электрошлакового переплава» защитил в 1994 году, в диссертационном совете, созданном на базе Донецкого политехнического института.

Работает в должности доцента кафедры «Электрометаллургия» ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Диссертация выполнена в ГОСУДАРСТВЕННОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" на кафедре «Электрометаллургия».

Научный консультант, д.т.н., проф. Троянский А.А. утверждён решением Учёного совета ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (протокол №6 от 25.12.2020 г.) в связи со смертью научного консультанта, профессора кафедры «Металлургия стали и сплавов», д.т.н., проф. Пономаренко А.Г.

Официальные оппоненты:

1) Бигеев Вахит Абдрашитович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск (Российская Федерация);

2) Гизатулин Ринат Акрамович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк (Российская Федерация);

3) Рощин Василий Ефимович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры пирометаллургических и литейных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный

университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск (Российская Федерация),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ГОУ ВО ЛНР «Донбасский государственный технический институт» (г. Алчевск), в своем положительном заключении, подписанном на основании обсуждения и одобрения на заседании кафедры «Металлургия чёрных металлов» (протокол № 10 от 14.04.2022 г.) Куберским Сергеем Владимировичем, кандидатом технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлургия чёрных металлов» ГОУ ВО «ДГТИ», утвержденном 19.04.2022 г. ректором ГОУ ВО ЛНР «Донбасский государственный технический институт», доктором технических наук, доцентом Д.А. Вишневым, указала, что диссертация отвечает требованиям п. 2.1 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области научно-практических исследований технологии производства сталей и сплавов и наличием публикаций в соответствующих сферах исследований.

Соискатель имеет по теме диссертации 33 опубликованные работы (216 стр.), изданные в журналах, предусмотренных Положением о присуждении учёных степеней, сборниках трудов и сборниках трудов конференций, в том числе из них в изданиях, рекомендованных ВАК ДНР (4 статьи), ВАК РФ (8 статей, в том числе 6 статей в зарубежных изданиях, входящих в библиографическую и реферативную базу данных Scopus), ВАК Украины (8 статей). Новизна технических решений защищена 4 патентами Российской Федерации на изобретение и 1 патентом Украины на изобретение. Без соавторов опубликовано 2 научных работы (18 стр.). Доля соискателя составляет 101 страница.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

перечень ВАК РФ, ДНР:

1. Корзун, Е.Л. О термодинамическом описании жидких растворов кислорода в железе / Е.Л. Корзун, А.Г. Пономаренко // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Металлургия". Вып. 11(159) – Донецк, ООО "Цифровая типография", 2009 – С.107-123. *(уточнение коэффициента Генри для раствора кислорода в жидком железе, уточнение уравнения изменения энергии Гиббса для реакции растворения кислорода в жидком железе).*

2. Корзун, Е.Л. Распределение азота между газовой фазой и расплавом на основе железа / Е.Л. Корзун // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Металлургия». №1(16) - 2(17) – Донецк, ООО "Цифровая типография", 2013 - С.188-200.

3. Korzun, E.L. Influence of the composition of high-temperature nickel-alloy electrodes on the ingot composition in vacuum arc remelting / E.L. Korzun, V.V. Klochai, A.D. Ryabtsev // Steel in Translation – 2016, vol. 46, iss.8 – P.576-582. *(основная идея, статистический анализ фактических данных).*

4. Dub, V.S. Electroslag Remelting Technology for Contemporary Engineering. Retrospection and New Possibilities / V.S. Dub, L.Ya. Levkov, D.A. Shurygin, D.S. Tolstykh, V.V. Klochai, E.L. Korzun, A.A. Garchenko // Metallurgist – 2018, Vol. 62, iss. 5-6 – P.511-520. *(идея использования искусственно сформированного градиента окисленности для формирования потока азота, направленного в металлическую ванну при ЭШП).*

На диссертацию поступило **3 отзыва официальных оппонентов и отзыв ведущей организации**. На автореферат поступило **15 отзывов**, в том числе **5** от ученых и специалистов учебных заведений, **3** – от научных организаций, **7** – от промышленных предприятий. **Все отзывы положительные, большинство с замечаниями, два отзыва без замечаний**. Из 15 отзывов 8 поступили от

докторов технических наук.

В поступивших отзывах на диссертацию и автореферат отмечается актуальность темы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Подчеркивается, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

Обзор поступивших отзывов и содержащихся в них замечаний.

1. Цуканов Виктор Владимирович, доктор технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки), начальник 31 лаборатории НИЦ «Курчатовский институт» – «ЦНИИ КМ «Прометей», профессор; Калинин Григорий Юрьевич, доктор технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки), начальник 37 лаборатории НИЦ «Курчатовский институт» – «ЦНИИ КМ «Прометей», доцент (Российская Федерация, г. Санкт-Петербург).

Отзыв положительный с замечанием:

1.1. В качестве замечания следует отметить, что автореферат содержит два рисунка под № 11 на стр.22.

Замечаний принципиального характера не имеется.

2. Косырев Константин Львович, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, профессор, заместитель генерального директора по науке Государственного научного центра РФ «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»), профессор кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет

«Московский институт стали и сплавов» (Российская Федерация, г. Москва).

Отзыв положительный с замечаниями:

2.1. Не раскрыт метод термодинамического моделирования, использованный автором для составления таблицы 1 на с. 20, позволивший рассчитать начальные и равновесные значения парциального давления кислорода, азота и фтора. Вызывает сомнение отсутствие различий равновесных парциальных давлений азота, кислорода и фтора в системах со шлаками различных составов.

2.2. Из автореферата не ясна необходимость применения азотированного феррохрома непосредственно при ЭШП стали 12X18AG18-Ш. Не представлены данные о способе расчета массы легирующих добавок и равномерности распределения азота по слитку.

2.3. Из данных таблицы 2 стр. 26 видно, что содержание алюминия в донной части опытного слитка стали 12X18AG18-Ш превышает его содержание в голове слитка в четыре раза. Проверялся ли факт неравномерности распределения алюминия по высоте слитка?

2.4. В автореферате выявлены следующие неточности:

- на с.14 «сравнение величин межфазного распределения азота» - пропущено слово «коэффициентов»;
- на с. 17. рисунок 7 – не отражено авторство экспериментальных данных;
- на рис. 10 автореферата допущена ошибка в регрессионных уравнениях перед переменной «тау» (время в минутах) пропущен множитель 10^{-5} .

3. Сбитнев Сергей Анатольевич, исполняющий обязанности первого заместителя управляющего Филиалом №1 «Алчевский металлургический комбинат» ООО «Южный горно-металлургический комплекс» (ЛНР, г. Алчевск).

Отзыв положительный с замечаниями:

3.1. На рисунках 1 и 2 не обоснован выбор схемы порезки опытных слитков электрошлакового переплава. Использовалась ли для выбора схемы стандартная методика или это разработка автора?

3.2. Автор для расчетов применяет программу "Терра" версии 5.3, которая разработана в МВТУ им. Н.Э. Баумана, но не оговаривает, на сколько ее можно

применять для выполнения научных задач.

3.3. На странице 20 автор предлагает подавать в ДСП известняк в количестве 1,4–1,9 кг/(т·мин) вместо извести для интенсификации перемешивания шлака выделяющимся пузырьками CO_2 , однако не указывает на сколько увеличится период доводки, снизится производительность и как это повлияет на технико-экономические показатели, т.к. на разложение известняка необходимо затратить большее количество тепла и времени.

4. Сычков Александр Борисович, доктор технических наук по специальностям 05.16.01 – Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv i spлавов, 05.16.02 – Metallurgiya chernых, цветных и редких металлов, профессор кафедры литейных процессов и материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доцент (Российская Федерация, г. Магнитогорск).

Отзыв положительный с замечаниями:

4.1. Почему в задачах исследования не указано совершенствование технологии на агрегатах внепечной обработки стали и сплавов?

4.2. Каким образом определяется изменение свободной энергии термодинамической системы? Из автореферата не понятно. Как автор оценивает ошибку термодинамических расчетов?

4.3. В пп. 2-5 научной новизны не приводятся числовые значения, подтверждающие изложенные в этих пунктах положения.

4.4. В разделе автореферата «Общая характеристика работы» отсутствуют сведения по структуре и объему диссертации, что затрудняет оценивание работы.

4.5. Стр. 8 автореферата – указана обработка стали в шахтной ДСП (ШП). Какова конструкция такой печи?

4.6. Стр. 34 автореферата, Список литературы. Являются ли изданиями, рецензируемым ВАК РФ журналы Украины, такие как «Металлургическая и горнорудная промышленность» и др. Каковы требования Минобрнауки ДНР в этом вопросе? Кроме того, в первом разделе списка литературы «Научные

издания, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях» желательно разделить журналы, рецензируемые ВАК РФ или ДНР (насколько это возможно) и рецензируемые в базах данных Scopus, WoS.

4.7. Стр. 14 автореферата, уравнение 8 и далее – желательно для всех регрессионных уравнений привести кроме значений коэффициента детерминации R^2 и другие показатели качества уравнений R , F , t , $S_{\text{ост}}$. Не стоит также путать понятия адекватности и степени линейности регрессионных уравнений.

4.8. В автореферате имеются два рисунка под одним и тем же номером – 11 (стр. 22).

5. Дагман Алексей Игоревич, кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – Metallurgy черных, цветных и редких металлов, руководитель экспертного направления Дирекции по развитию новых технологий процесса ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (Российская Федерация, г. Липецк).

Отзыв положительный с замечаниями:

5.1. Третий раздел ориентирован на совершенствование термодинамического описания равновесия в системе газ-шлак-металл и относится он в основном к сталям. С моей точки зрения работа бы существенно выиграла в случае проведения аналогичного анализа, относящегося к никелевым сплавам. В противном случае глава 5 несколько выпадает из общей картины диссертации.

5.2. На стр. 22 автореферата два рисунка имеют один номер (оформительское замечание). При этом оба рисунка определяют влияние износа футеровки на содержание азота в полупродукте. При этом на первом рисунке на примере ДСП ММЗ при увеличении порядкового номера плавки, что косвенно связано с износом футеровки, отмечается отрицательный тренд, в то время как на втором рисунке, на примере ШП-2 СЕВЕРСТАЛИ, отмечается обратная зависимость. Этот эффект в автореферате не объяснен. По второй зависимости взяты три группы данных, соответствующие малому (на уровне 150 плавок), среднему (на уровне 500 плавок) и сильному (на уровне 700-800 плавок) износу. Более информативно данный график выглядел бы при использовании данных и при

уровнях износа после 300, 400 и 600 плавов.

6. Жуков Александр Сергеевич, главный инженер АО «Корпорация Красный октябрь» (Российская Федерация, г. Волгоград).

Отзыв положительный с замечанием:

6.1. Надо надеяться, что с целью распространения опыта использования новых технологических приемов, установленных закономерностей изменения содержания азота и углерода в плавильных процессах Корзун Е.Л. подготовит учебное пособие по технологии выплавки сталей и сплавов на никелевой основе с регламентированным содержанием азота и низким содержанием углерода.

7. Мунтин Александр Вадимович, кандидат технических наук по специальности 05.02.09 – Технология и машины обработки давлением, заместитель директора по научно-исследовательской деятельности Инженерно-технологического центра АО «Выксунский металлургический завод» (Российская Федерация, г. Выкса).

Отзыв положительный с замечаниями:

7.1. Из текста автореферата не ясно, каким образом будет формироваться результирующий поток азота в системе «металл – шлак – газ» в условиях применения оксидно-фторидных шлаков.

7.2. При организации обдува поверхности шлака в сталеразливочном ковше кислородом во время внепечной обработки стали 70 на установке ковш-печь возможен рост содержания оксидов железа в шлаке. Из текста автореферата не ясно фиксировалось ли изменение химического состава шлака в экспериментальных плавках по сравнению с текущим производством.

7.3. Автор не приводит параметры снижения содержания азота при вакуумировании стали с учётом принятых технологических изменений в ходе выплавки полупродукта в дуговой электропечи и внепечной обработки.

8. Гаврилов Геннадий Николаевич, доктор технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки), профессор, профессор кафедры «Материаловедение, технология материалов и термическая обработка металлов» Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (Российская Федерация, г. Нижний Новгород).

Отзыв положительный с замечанием:

8.1. В работе (в автореферате) не приведена информация по исследованию и анализу изменения состояния микроструктуры сталей при различных остаточных содержаниях азота и не показано влияние этого фактора на изменение физико-механических свойств указанных сталей.

9. Шешуков Олег Юрьевич, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, профессор, директор Института новых материалов и технологий, заведующий кафедрой металлургии железа и сплавов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (Российская Федерация, г. Екатеринбург).

Отзыв положительный с замечаниями:

9.1. В автореферате описывается взаимодействие компонентов равновесных систем «металл-газ» и учитывается влияние атомарного кислорода, однако в металле кислород связан с железом и в виде FeO, учитывалось ли это при расчетах?

9.2. На странице 13 описываются экспериментальные данные по взаимодействию кислорода и углерода при различных давлениях в том числе давлении в 10 Па и приводятся сравнение полученных результатов с практическими показателями декарбонизации в агрегатах VOD и RH-OB, однако на практике в представленных металлургических агрегатах давление менее 100 Па не достигается.

9.3. На страницах 20-21 автореферата перечислены технологические мероприятия, позволяющие снизить содержание азота в металле на выпуске из ДСП на 21 ppm. Как можно оценить долю влияния каждого мероприятия в получении общего результата?

9.4. Как могут выглядеть мероприятия по ограничению содержания азота в металле применительно к кислородно-конвертерному процессу, если их разрабатывать на основе полученных в работе теоретических результатов? Иными словами, как могут выглядеть технологические решения применительно к конвертеру, аналогичные по сути решениям, реализованным для ДСП?

10. Кабанов Илья Викторович, заместитель генерального директора – директор по науке АО «Металлургический завод «Электросталь» (Российская Федерация, г. Электросталь)

Отзыв положительный с замечаниями:

10.1. На стр.20 в табл. 1 приведены результаты расчета парциальных давлений азота, кислорода и фтора на различных границах раздела системы металл – шлак – газ для различных шлаков. Однако, автор не привёл аналогичные результаты для наиболее распространённого варианта ЭШП под фторидно-оксидным шлаком.

10.2. Диссертантом определена оптимальная скорость вдувания углеродсодержащего материала для вспенивания шлака в конце окислительного периода в 120-тонной дуговой сталеплавильной печи. Однако не приведены оценки применимости найденного параметра для печей другой ёмкости и удельной электрической мощности.

10.3. Автор предлагает в технологии ЭШП азотсодержащей стали 12Х18АГ18 использовать подачу молотого азотированного феррохрома, однако при этом не приводит результаты равномерности распределения хрома и азота по высоте и сечению слитка ЭШП.

11. Бутрим Виктор Николаевич, доктор технических наук по специальности 2.6.1 (05.16.01) – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, главный металлург АО «Композит» (Российская Федерация, г. Королёв)

Отзыв положительный с замечаниями:

11.1. Для снижения содержания азота в сплавах на основе никеля диссертант предложил заменить внешнее натекание воздуха в плавильную камеру на натекание аргона, не приводя при этом экспериментального подтверждения

эффективности такого предложения.

11.2. В автореферате не указана область применения установленных автором зависимости растворимости углерода в расплаве железа от температуры и парциальных давлений моноатомных углерода и кислорода в газовой фазе, а также температурной зависимости межфазного распределения азота.

12. Чуманов Илья Валерьевич, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, профессор, заведующий кафедрой общей металлургии филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте (Российская Федерация, г. Златоуст).

Отзыв положительный без замечаний.

13. Кононов Сергей Александрович, кандидат технических наук по специальности 05.16.01 – Metalловедение и термическая обработка металлов и сплавов, заместитель генерального директора – директор по техническому развитию АО «Ступинская металлургическая компания» (Российская Федерация, г. Ступино)

Отзыв положительный без замечаний.

14. Котельников Георгий Иванович, кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, доцент, доцент кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (Российская Федерация, г. Москва).

Отзыв положительный с замечаниями:

14.1. В пункте 1 научной новизны приводится уравнение для расчета растворимости углерода в жидком железе. Согласно уравнению, растворимость прямо пропорциональна произведению парциальных давлений моноатомных

углерода и кислорода. И получается, что при нулевом давлении кислорода в газовой фазе растворимость углерода в железе равняется нулю. Этот результат не может быть верным. Очевидно, при записи формулы допущена неточность.

14.2. В пункте 2 научной новизны, возможно, целесообразно указать, что энергия Гиббса относится к реакции растворения в железе молекулярного кислорода. Иначе энтальпию растворения трудно интерпретировать.

14.3. В пункте 3 научной новизны указано, что растворяемый углерод находится в конденсированном состоянии. Возможно, нужно более точно указать, что имеется ввиду твердый углерод.

14.4. В пункте 4 Заключения рекомендуется заменить натекание воздуха в вакууматоре на натекание аргона, однако техническая сторона этого предложения не обсуждается.

15. Костина Мария Владимировна, доктор технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией физикохимии и механики металлических материалов Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), (Российская Федерация, г. Москва).

Отзыв положительный с замечаниями:

15.1. Из текста автореферата не ясна очевидность вывода величины химического потенциала электронной подсистемы металла, как суммы произведений химического потенциала электронов компонента металлической фазы на концентрацию этого компонента.

15.2. Говоря о разнице в активности азота в газовых смесях, автор указывает, что «наименьшей активностью азот обладает в газовой смеси с инертными газами, а примеси восстановительных (водород, оксид углерода (II)) и окислительного (кислород) компонентов в газовой смеси приводят к росту активности азота». Однако в автореферате не содержится экспериментального подтверждения данного вывода.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных

соискателем исследований:

– впервые установлено влияние парциальных давлений моноатомных углерода P_C и кислорода P_O над расплавом железа на растворимость углерода в нем и количественно определена взаимосвязь указанных характеристик системы "расплав железа – газовая фаза";

– получило дальнейшее развитие термодинамическое описание раствора кислорода в жидком железе: уточнены уравнения изменения энергии Гиббса реакции растворения кислорода в жидком железе и зависимости активности кислорода от его концентрации в растворе и температуры системы;

– получило дальнейшее развитие термодинамическое описание раствора углерода в жидком железе в результате уточнения уравнения изменения энергии Гиббса реакции растворения твёрдого углерода в жидком железе;

– установлено, что для обеспечения непрерывности снижения активности кислорода, растворённого в железе, при уменьшении общего давления в системе необходимо поддерживать восстановительный характер газовой фазы, а для соответствующего снижения активности углерода – окислительный характер газовой фазы;

– установлено, что наименьшей активностью азот обладает в газовой смеси с инертными газами, а примеси восстановительных (водород, оксид углерода (II)) и окислительного (кислород) компонентов в газовой смеси приводят к росту активности азота;

– впервые установлены зависимости коэффициента межфазного распределения азота в системе железо – азотсодержащая газовая фаза при атмосферном давлении от концентрации азота $x_{(N)}$, его активности $a_{(N)}$ в газе и температуры T в системах Fe–N–Ar(He) и Fe–NH₃–Ar(He);

– впервые установлена эмпирическая зависимость содержания азота в сплаве на никелевой основе ВЖ 159 после вакуумного дугового переплава от концентраций ниобия, бора и азота в металле расходоуемого электрода.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– установлено влияние окисленности системы металл – газ, определенной через парциальное давление атомарного кислорода, на равновесную концентрацию углерода в расплаве железа;

– получил дальнейшее развитие метод описания термодинамического равновесия металлургической системы металл – шлак – газ, основанный на принципе равенства активностей компонентов в фазах системы, при этом компонентами всех фаз считаются химические элементы;

– получило дальнейшее развитие термодинамическое описание металлической фазы с использованием модели растворов, учитывающей совокупность валентных электронов химических элементов как отдельный компонент фазы, адекватно отображающей жидкие растворы систем Fe–O, Fe–N, Fe–Cr–N;

– установлена определяющая роль градиента окисленности шлака в системе металл – шлак – газ на поведение азота при выплавке и внепечной обработке вне зависимости от основного компонента шлака, имеющего отрицательную степень окисления, кислорода или фтора;

– получило дальнейшее развитие представление о взаимосвязи температур ликвидус, солидус, солидус с учётом неравновесного процесса затвердевания, растворимости азота на примере легированных азотом сталей 08X18H5Г12АБ, 12X18АГ18, 04X20H6Г11М2АФБ. Получены соответствующие эмпирические зависимости, пригодные для любого химического состава этих сталей в рамках нормативных требований к ним.

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

– усовершенствована технология электрометаллургического производства высокоуглеродистой стали для изготовления катанки с дальнейшей переработкой в корд, позволяющая получить содержание азота в заготовке не более 80 ppm без применения вакууматора;

– разработаны и внедрены технологические приёмы, позволяющие

устранить повышение концентрации азота на заключительном этапе окислительного периода выплавки полупродукта в дуговой сталеплавильной печи;

– уточнённые в работе термодинамические зависимости поведения кислорода и углерода в расплавах на основе железа использованы в разработке современных систем автоматизированного проектирования и управления технологическими процессами выплавки и внепечной обработки стали;

– усовершенствована технология производства азотсодержащих коррозионностойких немагнитных сталей 08X18H5Г12АБ (ННЗБ), 12X18АГ18, 04X20H6Г11М2АФБ с содержанием азота, близким к пределу его растворимости при атмосферном давлении;

– усовершенствована технология триплекс-процесса производства жаропрочного сплава на никелевой основе Inconel 718 с гарантированно низким содержанием азота (не выше 65 ppm);

– разработана и реализована технология двухстадийного вакуумного индукционного процесса производства коррозионностойкого сплава на никелевой основе ХН62М-ВИ (ЭК190-ВИ) с гарантированно низкими концентрациями углерода (не выше 50 ppm) и азота (не выше 50 ppm);

– результаты диссертационной работы внедрены на таких предприятиях, как Молдавский металлургический завод, г. Рыбница, ПМР, ООО «ДМЗ», г. Донецк, ДНР, ПАО «Северсталь», г. Череповец, РФ, ООО «ИБМТ», г. Москва, РФ, ООО «Металлургическая лаборатория», г. Челябинск, РФ, ГОУ ВПО «ДОННТУ», г. Донецк, ДНР.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее: достоверность и новизна научных и технических решений, обоснованность выводов и рекомендаций подтверждаются корректным использованием апробированных методов исследования и научных теорий, адекватностью разработанных математических моделей, результатами экспериментальных исследований в промышленных условиях, сопоставлением результатов теоретических и экспериментальных исследований, эффективностью результатов

промышленных испытаний на предприятиях.

Личный вклад соискателя. Основные научные результаты диссертации получены соискателем лично. Ему же принадлежат основные идеи проведенных исследований. Личный вклад соискателя включает: постановку цели и задач исследования; развитие методики термодинамического моделирования металлургических систем, в том числе с использованием пакетов прикладных программ «Thermo-Calc» и «Terra», методики исследования экспериментальных слитков ВИП, ЭШП и ВДП, методики проведения промышленных экспериментов в электросталеплавильных цехах ММЗ, ДМЗ, Северсталь, обработку данных машинных экспериментов и экспериментов, анализ их результатов и формулировка выводов. Основная часть результатов теоретических и экспериментальных исследований опубликована с соавторами. В публикациях, выполненных с соавторами, личный вклад соискателя дан в виде кратких аннотаций.

В диссертационной работе изложены новые научные результаты и технологические решения, внедрение которых позволило **решить важную научно-техническую проблему** управления содержанием азота и углерода в сталях и никелевых сплавах в плавильных процессах, что вносит значительный вклад в развитие металлургии чёрных и цветных металлов.

Таким образом, диссертация Корзуна Евгения Леонидовича на тему «Развитие научных и технологических основ производства сталей и сплавов с контролируемым содержанием азота и углерода», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук, соответствует паспорту специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов и п. 2.1. раздела II «Положения о присуждении ученых степеней».

На заседании 19 мая 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Корзуну Е.Л. учёную степень доктора технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

При проведении открытого голосования из 24 членов, входящих в состав диссертационного совета, присутствовали 22, из них 8 докторов технических наук

по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов,
проголосовали: за 22, против – нет , воздержались – нет.

Председатель
диссертационного совета Д 01.019.03,
д-р техн. наук, проф.



С.П. Еронько

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 01.019.03,
д-р техн. наук, проф.

А.В. Яковченко