Отзыв

официального оппонента о диссертации Лысенковой Елены Валерьевны «ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ РАСТВОРИМОСТЕЙ АЗОТА И НИТРИДА ТИТАНА В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА. ПРИМЕНЕНИЕ К СТАЛЯМ, ЛЕГИРОВАННЫМ АЗОТОМ И ТИТАНОМ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

1. Актуальность темы диссертации Актуальной задачей при производстве стали является разработка экономичных и высокоэффективных технологий упрочнения сталей и сплавов для получения заданных эксплуатационных свойств. Среди способов упрочнения одним из наиболее эффективных и экономичных является введение в сталь азота, при котором упрочняющий эффект достигается благодаря твердорастворному упрочнению и образованию мелкодисперсной термодинамически устойчивой нитридной фазы.

Для разработки методов управления нитридообразованием в титансодержащих сталях важно обеспечить точность расчета термодинамических характеристик взаимодействия присутствующих в металле азота и титана. Для этого необходимы надежные справочные данные. Адекватность справочных данных нуждается в проверке путем сопоставления расчетных величин с результатами экспериментов. Новые расчетные возможности можно использовать для разработки технологии производства весьма перспективных сталей, легированных как азотом, так и титаном.

Диссертационная работа ставит своей целью проверку и, при необходимости, корректировку справочных термодинамических характеристик, требующихся для расчета растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа и разработку на базе уточненных расчетов путей получения сталей,

легированных титаном и азотом, не подверженных грубым дефектам, свойственным таким композициям при обычной технологии производства.

Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательской работы по Программе "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" (Соглашение № 14.575.21.0071, уникальный идентификатор RFMEFI57514X0071).

2. Научная новизна диссертационной работы заключается в создании базы данных о растворимости азота в легированных расплавах железа и получении набора взаимосогласованных параметров взаимодействия азота. Показано, что применение этих параметров в расчетах растворимости азота в расплавах на основе железа позволяет значительно повысить их точность. Среднеквадратичное отклонение результатов расчета от экспериментов снизилось до ±15% (при расчете по литературным справочным данным отклонение более чем в 2 раза выше – ±35,5%).

Создана база данных о растворимости нитрида титана в расплавах легированного железа. На этой основе получен набор взаимосогласованных параметров взаимодействия титана и начальный коэффициент активности титана в железе. Показано, что применение этих параметров в расчетах растворимости нитрида титана в расплавах на основе железа позволяет значительно повысить точность расчетов. Среднеквадратичное отклонение результатов расчета от экспериментов снизилось до ±19%, против ±116% при расчете по литературным справочным данным.

Предложена технологическая схема получения тонколистовых сталей, легированных титаном и азотом, без вредного загрязнения металла нитридами и их скоплениями. Схема предусматривает расчетное определение допустимого уровня азота, которое следует обеспечить в исходном металле, и его последующее высокотемпературное «внутреннее» твердофазное азотирование.

3. Практическая значимость работы Сформирован банк данных о растворимости азота в бинарных, тройных и других многокомпонентных расплавах на основе железа. Банк, содержащий результаты 2920 измерений из 53-х литературных источников, доступен для общего пользования в сети Интернет;

Сформирован банк данных о растворимости нитрида титана в бинарных, тройных и других многокомпонентных расплавах на основе железа. Банк, содержащий результаты 333 измерений из 17-и литературных источников, доступен для общего пользования в сети Интернет;

Для упрощения расчетов условий образования в расплавах нитридов TiN, AlN, VN и ZrN (за счет освобождения пользователя от поиска исходных данных, выполнения вычислений и построения графиков) разработан общедоступный сайт www.nitridy.ru;

С применением предварительного расчета растворимости нитрида титана в расплавах разработана и опробована в лабораторных условиях технологическая схема получения стали, легированной азотом и титаном. Полученный в ходе работы опытный образец листа, содержащий 0,3%Ti и 0,4%N, характеризуется равномерным расположением нитридов титана размером менее 0,5 мкм.

К практической значимости работы можно отнести также два положительных решения о государственной регистрации баз данных и положительное решение о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты работы используются в учебном процессе при выполнении термодинамических расчётов в домашних заданиях, в курсовых и дипломных работах.

4. Достоверность результатов работы

Достоверность результатов работы не подлежит сомнению. При проведении исследования соискатель использовал современные методы математической статистики, а именно специализированную статистическую компьютерную программу Statistica. Рассчитанные термодинамические характеристики были сравнены с экспериментальными данными. Первичная обработка базы данных методом наименьших квадратов выявила ряд точек, результаты которых выходили за пределы $\pm 3\sigma$; эти данные были в дальнейшем исключены из обработки. Новые справочные характеристики получили достаточные подтверждения на адекватность.

5. Ценность диссертации для науки и практики

В целом соискатель провёл большую работу по формированию банка данных о растворимости азота в расплавах на основе железа с 15-ю компонентами легированных сталей, содержащий 2900 измерений из 53-х литературных источников. Получено положительное решение о государственной регистрации базы данных. С использованием созданной базы данных о растворимости азота в расплавах на основе железа путём взаимного согласования экспериментальной информации получены уточнённые параметры взаимодействия азота с 15-ю компонентами сталей. Применение нового набора параметров для расчёта равновесных концентраций азота (в двухфазной области взаимодействия) позволило значительно повысить точность расчётных прогнозов.

Сформирован банк данных о растворимости нитрида титана в расплавах на основе железа с 7-ю основными компонентами легированных сталей. Получено положительное решение о государственной регистрации базы данных. С использованием базы данных путём взаимного согласования экспериментальной информации получены уточнённые параметры взаимодействия титана с 7-ю компонентами сталей и уточнённая величина коэффициента активности титана в чистом железе при 1873 К $\gamma_{Ti} = 0{,}059$. При

использовании в расчётах уточнённого набора характеристик для азота и титана удалось снизить среднеквадратическое отклонение результатов расчёта равновесных концентраций азота в 6 раз по сравнению с использованием литературных справочных данных.

С использование уточнённого набора справочных характеристик создана и размещена на сайте www.nitridy.ru «Программа расчёта растворимости нитридов (TiN, AlN, V и ZrN) в расплавах сталей». Получено положительное решение о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В лабораторных условиях опробована технологическая схема получения стали, легированной азотом и титаном. Получен образец стали, содержащей 0,31 % Ti и 0,4 % N без загрязнения крупными нитридными включениями и их скоплениями.

6. Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, включающего 137 наименований, и 2 приложений. Диссертация изложена на 157 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков, 9 таблиц.

Основное содержание диссертации изложено в 5 публикациях, из них в 4 ваковских публикациях. Результаты работы доложены и обсуждены на международной конференции, посвящённой 110-летию со дня рождения академика А.М. Самарина.

Диссертационная работа соискателя Лысенковой Елены Валерьевны написана технически грамотным языком, аккуратно оформлена. Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертации.

7. По диссертационной работе можно сделать ряд замечаний

1. Из материалов диссертационной работы осталось неясным, проверялись ли тексты диссертации и автореферата с помощью программы «Антиплагиат».

2. Понятия параметров взаимодействия введены Вагнером для разбавленных растворов. В настоящей работе они используются и для концентрированных растворов.

3. Рис.30 диссертации использован для обоснования адекватности новых справочных термодинамических характеристик. Но возникает вопрос о температуре в 1400 °С – не лежит ли она ниже температуры ликвидус? На оси ординат отложена концентрация азота в расплаве в массовых процентах, а в подрисуносной подписи говорится о растворимости нитрида титана.

4. Предложена идея твёрдофазного насыщения азотом коррозионно-стойких сталей. Оппонент не понял, какое отношение это имеет к проведённым термодинамическим расчётам.

5. Соискатель не сделал ни одного доклада на крупных металлургических конференциях, таких как регулярные Конгрессы сталеплавильщиков, последний из которых (тринадцатый) прошёл в октябре 2014 г. в г. Полевской Свердловской области. Оппонент как один из организаторов приглашает соискателя на очередной четырнадцатый Конгресс сталеплавильщиков, который пройдёт в г. Электросталь Московской области в октябре 2016 г.

В целом сделанные замечания не снижают научного уровня и практической значимости диссертационной работы. Главная ценность диссертационной работы – это базы данных о растворимости азота и нитридов в расплавах на основе железа. Это то, чем будут пользоваться исследователи в дальнейшем.

8. Заключение

Диссертация Лысенковой Елены Валерьевны представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утверждённого Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для металлургической отрасли, а именно повышение точности расчётов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа и применение данного подхода к сталям, легированным азотом и титаном. Её автор, инженер Лысенкова Елена Валерьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Официальный оппонент

заслуженный деятель науки Российской Федерации,

доктор технических наук, профессор Г.Н. Еланский

08 февраля 2016 г.

ПОДПИСЬ _____ ЗАВЕРЯЮ

Проректор

по общим вопросам

НИТУ «МИСиС» _____ И.М. ИСАЕВ

Еланский Геннадий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

Научно-технические статьи проф. Г.Н. Еланского за последние годы

(в скобках - порядковый номер труда за все годы), близкие к теме диссертации Е.В. Лысенковой

№ по п/п	Наименование труда	Название издательства или журнала	Количество страниц	Авторы
1 (177)	Электрометаллургия стали – инновации в технологии и оборудовании	Сталь, 2009, № 8, С. 35-40	6	Д.Г. Еланский, Г.Н. Еланский, А.Я. Стомахин
2 (185)	Внепечная обработка стали	Электрометаллургия, 2011, № 2, с. 42-45	4	Г.Н. Еланский
3 (188)	Сталь и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. 6. Газы: водород и азот	Технология металлов. 2011, № 4, с. 2-7	6	Г.Н. Еланский
4 (201)	Двенадцатый Конгресс сталеплавильщиков России. Краткий обзор докладов на пленарном заседании	Электрометаллургия, 2013, № 2, с. 40-47	8	Г.Н. Еланский
5 (213)	Сталь: ответ требованиям времени. Обзор пленарных докладов на XIII Международном конгрессе сталеплавильщиков	Чёрные металлы. 2014, № 12, с.18-22	5	Г.Н. Еланский
6 (217)	Свойства и строение расплавов на основе железа	Вестник Южно-Уральского государственного университета 2015, т.15, № 3, с. 11-19	9	Г.Н. Еланский, В.А. Кудрин
7 (218)	Роль ковшевой обработки стали в формировании свойств и структуры металлического расплава	Вестник Южно-Уральского государственного университета 2015, т. 15, № 3, с. 20-23	4	Г.Н. Еланский

Автор Г.Н. Еланский

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук,
Костиной Марии Владимировны
на диссертационную работу Лысенковой Елены Валерьевны
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ РАСТВОРИМОСТЕЙ АЗОТА
И НИТРИДА ТИТАНА В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА.
ПРИМЕНЕНИЕ К СТАЛЯМ, ЛЕГИРОВАННЫМ АЗОТОМ И ТИТАНОМ
по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Тема диссертационной работы является актуальной, особенно с точки зрения разработки методов управления нитридообразованием в титансодержащих сталях. При этом следует учитывать, что при открытой выплавке азот поступает в титансодержащие стали из воздуха как примесь. Кроме того, возросла доля сталей, легированных азотом для повышения их прочности, коррозионной- и износостойкости, твердости.

Диссертант сосредоточила основное внимание на проведении расчетов взаимосогласованных параметров взаимодействия азота, титана в расплавах на основе железа, расчетов растворимости азота и нитридов титана, сопоставлении имеющихся экспериментальных и полученных расчетным путем данных и совершенствовании на основе полученных результатов имеющейся справочной базы.

В обзоре литературы (глава 1) в числе прочего уделено внимание положительному влиянию азота на свойства сталей за счет твердорастворного и нитридного упрочнения. Особо следует отметить, что диссертантом проделана очень большая работа по поиску и изучению литературы, касающейся способов экспериментального определения растворимости азота; расчета растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа; данных по растворимости азота, параметров и основных закономерностей взаимодействия азота с компонентами в расплавах железа. Составлена сводная база справочных данных, необходимых для расчетов. На основе литературного обзора диссертант поставила задачи работы, состоящие в необходимости совершенствования имеющейся справочной базы для термодинамических расчетов растворимостей азота и нитридов титана в расплавах на основе железа и в разработке на основе уточненных расчетов путей получения сталей, легированных титаном и азотом.

Во второй главе представлена работа по созданию базы экспериментальных данных о растворимостях азота в расплавах на основе железа и взаимному согласованию данных с целью уточнения справочных термодинамических характеристик. Собранная соискателем база данных содержит 2920 экспериментальных значений из 53-х литературных источников для сплавов, содержащих кроме азота (0,002 - 5,179 масс. %) и железа до десяти легирующих компонентов (всего 15 видов) в темпера-

турном интервале от 1620 К до 2500 К. С использованием известных термодинамических соотношений для реакции растворения азота в расплаве железа было получено уравнение, которое было использовано в качестве аппроксимирующей функции при согласовании экспериментальных данных методом множественной регрессии; были получены уточненные параметры взаимодействия азота с 15-ю компонентами сталей. Применение нового набора параметров для расчетов равновесных концентраций азота (в двухфазной области взаимодействия) позволило значительно повысить точность расчетных прогнозов. Проведенная диссертантом работа демонстрирует её компетентность и добросовестность как исследователя.

Глава три диссертации посвящена созданию базы экспериментальных данных по растворимости нитрида титана в расплавах на основе железа и взаимному согласованию данных с целью уточнения справочных термодинамических характеристик, уточнения расчетов коэффициентов активности титана в расплавах и нитридообразования в целом. База содержит 333 экспериментальных значения растворимостей из 17-ти литературных источников. Сплавы, представленные в базе, кроме азота, титана и железа, содержат до четырех легирующих компонентов (всего 7 видов таких элементов). С использованием созданной базы данных получены уточненные параметры взаимодействия титана с 7-ю компонентами сталей и уточненная величина коэффициента активности титана в чистом железе.

Практическая значимость работы и её научная новизна несомненны. Диссертантом, в результате поведенных расчетов с использованием больших массивов обработанных литературных данных, были сформированы банки данных о растворимости азота и растворимости нитрида титана в бинарных, тройных и других многокомпонентных расплавах на основе железа, доступные для общего пользования в сети Интернет. Кроме того, создана «Программа расчета растворимости нитридов (TiN, AlN, VN и ZrN) в расплавах сталей», размещенная на общедоступном сайте. Работа над этой программой отражена в коротком разделе, названном «Глава 4».

В пятой главе приведены результаты экспериментальной проверки технологической схемы получения стали, легированной азотом и титаном, на основе предложенного в работе уточнения расчетов условий образования нитридов титана в расплавах сталей. Была выплавлена в вакуумной индукционной печи сталь типа Х18Н12Т (с 0,31 мас.% Ti и исходным содержанием 0,012 %N). За счет процесса твердофазного азотирования при 1200°С длительностью от 1 до 3 ч в образцах листового проката толщиной 1 мм была достигнута концентрация азота до 0,4 масс.%. Косвенным подтверждением эффективности такого способа азотирования служит заметное возрастание твердости стали по всему сечению листа, которое было бы невозможно при связывании азота в крупные нитриды титана.

Ряд результатов работы был опубликован и доложен научному сообществу (четыре статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, один доклад на конференции).

При общей высокой оценке диссертационной работы можно сделать ряд замечаний.

1. В части обзора литературы, касающейся влияния азота на структуру, фазовый состав и свойства азотсодержащих сталей, отсутствуют ссылки на ряд ключевых классических, в т.ч. обзорных, работ Рашева, Шпейделя, Бернса и Гаврилюка. Недостаточно отражены данные исследований Свяжиным и Капуткиной растворимости азота и свойств азотосодержащих сталей. Очень мало ссылок на работы последнего десятилетия при том, что есть ссылки на очень старые, почти пионерские работы.

2. Замечание общего порядка. В работе имеется некоторая небрежность в оформлении. Так, в формулах (2)-(4) не ко всем их элементам даны пояснения, что они обозначают. В разделе 1.2.2, с.14 имеется некорректная отсылка к формуле (1) вместо формулы (2), при отсутствии ссылки на последнюю. Ссылка на работу Эллиота – не на саму работу, а на монографию, где она была упомянута (с.18). На стр. 43 предлагается записать уравнение (22) с учетом (22). На стр. 48 приведена таблица (рисунок 22), к которой нет пояснений, что представляют собой приведенные в этой таблице параметры типа A[Cr], B[Cr], D[Cr] и т.п. На стр.50 есть таблица 7 (Взаимосогласованные температурные зависимости параметров взаимодействия Ti в расплавах на основе железа), к которой на ближайших страницах нет никаких комментариев и пояснений.

3. Не ясно, о какой трехфазной и о какой двухфазной области в системе Fe-Ti-N идет речь на стр.43-44 в контексте пояснений к рисункам 20 и 21. Следовало привести соответствующую диаграмму состояния.

4. Обычно отдельная глава диссертационных работ посвящена использованным в работах материалу и методикам. В данной работе описание методики идет в главе, описывающей постановку и результаты эксперимента с твердофазным азотированием титансодержащей нержавеющей стали. Имеется ряд замечаний по методике и проведению эксперимента. В том числе, не ясно, под какой нагрузкой проводили измерения микротвердости. На с.63 отмечено, что общую оценку загрязненности стали нитридам титана делали по ГОСТ 1778-70. Однако результатов этой оценки в диссертации не имеется.

5. Металлографическому анализу азотированной стали в работе уделено мало внимания. Отсутствуют результаты просвечивающей электронной микроскопии, селективного количественного рентгеноструктурного анализа частиц нитридной фазы в исходном состоянии и после твердофазного азотирования. Кроме того, нет данных

по влиянию проведенного твердофазного азотирования проката стали Х18Н12Т на его прочность и пластичность, коррозионную стойкость.

Тем не менее, сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Расчеты опираются на солидный анализ литературных данных, сопровождаются корректной обработкой и оценкой погрешностей. Результаты работы актуальны, практически значимы, характеризуются новизной. Автореферат соответствует тексту диссертации.

Диссертация соответствует «Критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней» согласно п. II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов», а ее автор Лысенкова Елены Валерьевна заслуживает присуждения искомой степени.

Ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук,
д.т.н., в.н.с., доцент М.В. Костина

08 февраля 2016 г.

Подпись М.В. Костиной заверяю
Ученый секретарь ИМЕТ РАН О.Н. Фомина

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНЫХ ОППОНЕНТАХ

Фамилия, имя, отчество: Костина Мария Владимировна

Год рождения:1964

Место основной работы с указанием должности: ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им.А.А. Байкова РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории конструкционных сталей и сплавов (ИМЕТ РАН)

Почтовый адрес Москва, 119991, Ленинский пр-кт, 49
Телефон + 7(499)135-2060 (дирекция) + 7(499)135-9459 (оппонент)
Адрес электронной почты imet@imet.ac.ru (дирекция), mvk@imet.ac.ru (оппонент)
Должность ведущий научный сотрудник

Ученая степень, шифр специальности: д.т.н., 05.16.01 (Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)

Ученое звание: доцент

Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций).:

1. **Костина М.В.,** Ригина Л.Г., Банных О.А., Блинов В.М., Мурадян С.О. Разработка новой литейной высококоррозионностойкой и высокопрочной аустенитной стали, легированной азотом. Часть 2. Исследование влияния легирования на композиционно-устойчивое содержание азота и фазовый состав после кристаллизации коррозионностойких сплавов Fe-Cr-Mn-Ni-Mo-V-Nb // М., Заготовительные производства в машиностроении, 2011, 2011, № 4, с.30-38
2. **М.В. Костина,** С.О. Мурадян, М.С. Хадыев, А.А. Корнеев Исследование влияния термической обработки на структуру, фазовый состав и механические свойства новой литейной высокоазотистой коррозионностойкой Cr-Mn-Ni-Mo-N стали // М., Металлы, №5, 2011, с. 33-48
3. В.М. Блинов, О.А. Банных, Е.И. Лукин, **М.В. Костина**, Е.В. Блинов. Влияние термической обработки и пластической деформации на структуру и механические свойства азотсодержащей стали 04Н9Х2А //М., Металлы, №6, 2014, с.21-28

Направление научной деятельности М.В. Костиной – исследование, разработка и внедрение новых легированных, в том числе азотом, высокопрочных сталей различных структурных классов со специальными свойствами.

Костина М.В. _____

Министерство промышленности и торговли
Российской Федерации
Государственный научный центр
Российской Федерации

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина

Федеральное государственное унитарное предприятие
(ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»)

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел. (495) 777-93-01; Факс (495) 777-93-00
ИНН/КПП 7701027596/770101001
E-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

_____ 20___ г. № 48/146

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»
И.о. генерального директора
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»

_____ В.А. Углов

«28» января 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Лысенковой Елены Валерьевны «Повышение точности расчетов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Актуальность диссертационной работы

Актуальность темы диссертации Лысенковой Е.В. не вызывает сомнений, так как она посвящена разработке новых эффективных способов надежного определения термодинамических характеристик взаимодействия азота и титана в сталях, имеющих промышленное значение. Это особенно важно для целенаправленного влияния на процессы нитридообразования в сталях, содержащих титан. Имеющиеся литературные данные явно устарели, вот почему постановка данного исследования необходима для разработки новых и совершенствования ранее предложенных марок высокопрочных сталей с помощью экономичных и в то же время эффективных металлургических технологий.

Содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка цитируемой литературы, включающего 137 источников и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы и степень ее разработанности, приведены цель и задачи работы, представлена научная новизна, практическая значимость результатов исследований, методология и методы исследований, а так же сведения о достоверности и обоснованности полученных результатов и их публикации в печати.

В первой главе представлен критический обзор литературных данных, в котором рассмотрены способы экспериментального определения и расчета растворимости азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Особое

внимание уделено положительному влиянию азота на свойства сталей вследствие твердорастворного и нитридного эффектов упрочнения.

Во второй главе рассмотрено создание базы экспериментальных данных о растворимости азота в железных расплавах. Показано, что с помощью новых согласованных параметров можно более точно рассчитывать равновесную концентрацию азота в двухфазной области взаимодействия.

В третьей главе описано создание базы экспериментальных данных о растворимости нитрида титана в железных расплавах и взаимного согласования этих данных для уточнения необходимых термодинамических характеристик. Показано, что с помощью новых взаимосогласованных параметров появляется возможность значительно точнее рассчитать растворимость нитрида титана и надежно определить концентрацию азота в равновесии с TiN.

В четвертой главе содержится информация о разработке компьютерной программы расчета условий образования нитридов различных металлов, которая заметно упрощает поиск необходимых термодинамических параметров.

В пятой главе описано применение нового продукта для прогноза значений растворимости нитрида титана в реальных промышленных сталях и применение этих расчетов в технологических схемах производства тонколистовых сталей, легированных азотом и титаном. Из проведенных расчетов в частности следует, что для получения сталей без заметного загрязнения вредными скоплениями нитридных фаз концентрация азота в стали с 0,4 % Ti должна составлять менее 0,006 % на стадии еристаллизации.

Степень обоснованности научных положения, выводов и рекомендаций.

Автором изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения по вопросам, связанным с растворимостью азота и нитрида титана в сталях, легированных титаном. Обоснованность результатов, выдвигаемых автором, основывается на согласованности данных экспериментальных исследований, их корректного анализа и научных выводов. Все теоретические положения в работе подтверждены результатами экспериментальных исследований, в частности по установлению закономерностей изменения структуры, свойств и содержания азота в сталях при различных легирующих добавках титана, изменения условий кристаллизации из расплава.

Научная новизна и достоверность результатов.

В качестве наиболее важных новых научных результатов работы выдвинуты следующие:

– созданы и получены положительные решения о государственной регистрации баз данных о растворимости азота и о растворимости нитрида титана в расплавах на основе железа;

– на основе предложенного в работе уточнения расчетов условий образования нитрида титана в расплавах сталей усовершенствована и опробована в лабораторных условиях схема получения высокоазотистой титансодержащей стали типа Х18Н12Т с использованием твердофазного азотирования.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методов проведения исследований и грамотным использованием методов компьютерного анализа и математической статистики.

Практическая значимость.

Для упрощения расчетов условий образования в расплавах нитридов титана, алюминия, ванадия и циркония разработан общедоступный сайт www.nitridy.ru.

Замечания.

1. Хотя диссертация посвящена термодинамическим свойствам азота в расплавах на основе железа и условиям образования нитридов титана, литературный обзор не содержит сведений о современных физико-химических моделях металлических расплавов, например о квазихимической модели Пелтона. Для аппроксимации концентрационных зависимостей термодинамических свойств без обоснования выбрана модель параметров взаимодействия, основанная на разложении термодинамических функций в ряд Тейлора, и поэтому применимая для разбавленных растворов. Однако концентрации ряда легирующих элементов, например Cr, Ni, Mn, Mo, в проанализированных расплавах достаточно высоки, что не позволяет считать растворы этих компонентов в железе разбавленными.
2. В экспериментальной части диссертации не приведены доказательства образования при азотировании исследованных сплавов в твердом состоянии именно нитридов титана, а не нитридов хрома и титана или даже только нитридов хрома, так как концентрация хрома намного превышает содержание титана и термодинамический стимул к выделению нитридов хрома выше, чем к образованию нитридов титана.
3. В тексте диссертации имеется ряд неточностей:
- стр 2: «Выпадение азота из пересыщенного раствора, в ходе старения металла, снижает пластичность и прочность стали». Азот не выпадает, а выделяется. Выделение азота может приводить и к росту прочности, и к росту пластичности.
- стр 14 и 15. Внизу читаем: «на рисунке 7 [92]», а в подписи к рис 7 указана ссылка [22].
- в формулах, где используются величины x_{Ti}, x_{Cr} и др. не объяснено, что означает x: концентрацию в % или мольную долю. В термодинамической практике x обычно обозначает мольную долю.
- в автореферате употребляется неправильный термин «двухфазная область взаимодействия».

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертация является завершенным научным трудом, написана грамотно, в хорошем стиле, оформлена в полном соответствии с установленными требованиями. Её основное содержание правильно и достаточно полно отражено в автореферате диссертации и в публикациях диссертанта.

Содержание диссертационной работы Лысенковой Е.В. соответствует специальности 05.16.02 - металлургия черных, цветных и редких металлов. С учетом актуальности темы диссертации, объема и полноты выполненных исследований, уровня реализации, апробации и отражения полученных результатов в научных публикациях имеются основания рассматривать диссертацию Е.В. Лысенковой, согласно п.7. действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», как научно квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований разработаны технические и технологические решения, которые вносят значимый вклад в производственный сектор экономики страны, связанный с разработкой технологии выплавки новых титансодержащих сталей с нитридным упрочнением и с улучшенными механическими и технологическими свойствами за счет регламентированного содержания азота. Ее результаты могут быть использованы в практике проведения НИР ряда научных и образовательных организаций: ИМЕТ им Байкова РАН, ЦНИИчермет им. Бардина, Институт металлургии УрО РАН, НИТУ «МИСиС», ЦНИИТМАШ и ряде других.

Диссертационная работа «Повышение точности расчетов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном» удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертации на соискания ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - металлургия черных, цветных и редких металлов, а ее автор, Е.В. Лысенкова, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа была заслушана и обсуждена на Научно-Техническом Совете института металловедения и физики металлов ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» 28 января 2016 года (протокол № 1-16).

Председатель НТС,
директор института металловедения
и физики металлов
ФГУП «ЦНИИЧермета им. И.П.Бардина»,
д.ф.-м.н., профессор Глезер Александр Маркович
a.glezer@mail.ru; (495)777-93-50

Ученый секретарь НТС,
к.ф-м.н. Филиппова Варвара Петровна

Сведения о ведущей организации
по диссертации Лысенковой Елены Валерьевны
«Повышение точности расчетов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа» по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» на соискание ученой степени кандидата технических наук

Полное наименование организации в соответствии с уставом	**Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина»**
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	**ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»**
Место нахождения	**г. Москва**
Почтовый индекс, адрес организации	**105005, г. Москва, ул. Радио 23/9, стр. 2**
Телефон	**+7 (495) 777 9301, 777 9302**
Адрес официального сайта в сети «Интернет»	**http://www.chermet.net**
Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях	
1.	**Блинова Е.Н., Глезер А.М., Либман М.А., Эстрин Э.И. Строение переходной зоны мартенсит – аустенит после локального импульсного нагрева мартенсита.// Известия ВУЗов. Физика. 2014. Т. 57. № 4. С. 8-13.**
2.	**Sosnin K.V., Ivanov Yu.F., Glezer A.M. e.a. Combined Electron – Ion – Plasma Doping of a Titanium Surface with Ittrium: Analyzing Structure and Properties.// Bulletin of Russian Acad Sci. Physics. 2014. V. 78. No 11. P. 1183-1187.**
3.	**Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Глезер А.М. и др. Дифференцированная закалка рельсов: структура, фазовый состав и дефектная субструктура поверхностного слоя // Деформация и разрушение материалов. 2014. № 5. С. 42-46.**
4.	**Глезер А.М., Шурыгина Н.А., Блинова Е.Н., Пермякова И.Е. Эффективность целенаправленного легирования границ зерен для достижения предельной (теоретической) прочности нанокристаллов // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2013. № 2. С. 86 - 96.**
5.	**Glezer A.M., Permyakova I.E. Melt-Quenched Nanocrystals. - Abington, UK: Cambridge Int. Sci. Publ.; New York, USA: Taylor & Francis Group. 2013. 361 pp.**
6.	**Глезер А.М., Томчук А.А. Влияние условий деформации в камере Бриджмена на структуру и свойства низкоуглеродистой стали // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 8 (20). С. 1–7.**
7.	**Глезер А.М., Русаненко В.В., Жуков О.П., Либман М.А., Клиппенштейн А.Д. Влияние криогенной деформации на структуру и свойства хромоникелевых сталей // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 10. С. 23-26.**
8.	**Русаненко В.В., Глезер А.М., Жуков О.П., Либман А.М., Клиппенштейн А.Д. Структура и магнитные свойства хромоникелевых сталей с мартенситным и нанофазным упрочнением // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2010. № 3. С.** 78-84.
9.	**Глебов В.А., Бакулина А.С., Ефремов И.В., Щетинин И.В., Ягодкин Ю.Д., Глезер А.М., Рашковский А.Ю., Вайнштейн Д.Л. Исследование структуры стали 12Х12М1БФР, модифицированной добавками фуллеренов и углеродных нано-трубок// Металловедение и термическая обработка металлов. 2010. № 7. С. 30-33.**
10.	**Глезер А.М. Основные направления использования нанотехнологий в металлургии // Металлург. 2010. № 1. С. 5-7.**

Ученый секретарь ЦНИИчермет, к.т.н. **Т.П. Москвина**