ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.060.01
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук,
Федеральное агентство научных организаций России,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 21
решение диссертационного совета от 09.06.2016 № 7/16

О присуждении Лукину Евгению Игоревичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка никелевых и хромоникелевых сталей со структурой азотистого мартенсита для высоконагруженных изделий» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 07 апреля 2016 г., протокол №5/16 диссертационным советом Д 002.060.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, ФАНО России, 119334, г. Москва, Ленинский пр. 49, приказ Минобрнауки РФ №714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Лукин Евгений Игоревич 1988 года рождения.

В 2011 г. соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского» по направлению «Материаловедение и технология новых материалов», работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, ФАНО России.

Диссертация выполнена в лаборатории конструкционных сталей и сплавов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, ФАНО России.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор Блинов Виктор Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории конструкционных сталей и сплавов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Родионова Ирина Гавриловна, доктор технических наук, заместитель директора центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина»;
2. Смарыгина Инга Владимировна кандидат технических наук, доцент кафедры Обработка металлов давлением Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» -

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедры МиТОМ, академиком РАН, профессором, доктором технических наук, заслуженным деятелем науки РФ Ильиным А.А. и и.о. проректора по научной работе Раздолиным А.М., указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных на высоком методическом и экспериментальном уровне исследований формирования структурно-фазового состояния в сталях с азотистым мартенситом разработаны три новые стали и технологические режимы их обработки, обеспечившие высокий уровень механических и коррозионных свойств, внедрение которых вносит заметный вклад в развитие экономики страны. Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, а ее автор Лукин Е.И. безусловно заслуживает присуждения искомой степени.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3, опубликованных в трудах конференций – 5. По теме диссертации имеется 3 патента. Общий объем работ по теме диссертации составляет 6 печатных листа (авторский вклад 60%).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Блинов В.М., Банных О.А., Лукин Е.И., Костина М.В., Блинов Е.В. Влияние термической обработки и пластической деформации на структуру и механические свойства азотосодержащей стали 04Н9Х2А // Металлы. 2014. №4. С. 21-28.
2. Банных О.А., Бецофен С.Я., Лукин Е.И., Блинов В.М., Вознесенская Н.М., Тонышева О.А., Блинов Е.В. Исследование влияния горячей прокатки на структуру и механические свойства азотсодержащей аустенитно-мартенситной стали 14Х15АН4М // Деформация и разрушение материалов. 2015. №1 С. 32-36.

3. Банных О.А., Блинов В.М., Костина М.В., Лукин Е.И., Блинов Е.В., Ригина Л.Г. Влияние термической обработки на структуру, механические и технологические свойства коррозионно-стойкой азотсодержащей стали 0Х16Н4АФД для высокопрочных сварных конструкций железнодорожной техники // Металлы. 2015. №4. С. 72-77.
4. Блинов В.М., Банных О.А., Костина М.В., Андреев Ч., Лукин Е.И. и др. Патент Российской Федерации «Высокоазотистая мартенситная никелевая сталь» №2516187, приоритет от 09.04.2013.
5. Банных О. А., Блинов В.М., Костина М.В., Лукин Е.И. и др. Российской Федерации «Высокопрочная коррозионностойкая свариваемая сталь» решение о выдаче патента от 11.01.2016, заявка №2015111271 от 30.03.2015.
6. Банных О.А., Блинов В.М., Лукин Е.И., Глезер А.М., и др. Патент Российской Федерации «Высокопрочная коррозионностойкая сталь переходного класса» № 2576773. приоритет от 07.04.2015.

В положительном отзыве ведущей организации имеются следующие замечания:

1. Диссертант связывает увеличение параметров решетки мартенсита и аустенита при повышении температуры прокатки стали 20Х15АН3МД2 с растворением карбонитридных частиц и увеличением содержания элементов внедрения (углерода и азота), однако последнее справедливо только для аустенита, поскольку для мартенсита этот эффект связан с увеличением содержания в α-твердом растворе хрома.
2. Неточным представляется объяснение разупрочнения стали 0Х15Н4АФД в результате нагрева при температурах 500-800°С процессами выделения и коагуляции частиц карбонитридов, поскольку более вероятно, что выделение карбонитридов отсутствует, а скорее происходит даже их частичное растворение, однако при указанных температурах процесс распада мартенсита с выделением аустенита доминирует и увеличение его количества «обгоняет» процесс растворения карбонитридов и в результате концентрация азота в аустените и соответственно его параметр решетки снижаются.
3. Не совсем удачным представляется использование в качестве объектов исследования трех сталей разного класса, имеющих разные области применения, поскольку без сопоставления структуры и свойств нескольких сталей одного класса трудно обосновать оптимальность состава предлагаемого сплава.

От официального оппонента Родионовой И.Г. поступил положительный отзыв со следующими замечаниями:

1. В автореферате диссертации не приведены данные о начале обратного $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения для стали 05Х15АНФД, в то время как можно предположить, что именно низкая температура начала данного превращения является причиной экстремальной

зависимости доли аустенита от температуры нагрева при отпуске данной стали, в отличие от стали с более высоким содержанием углерода.

2. В работе отсутствуют данные о выделении карбонитрида ванадия, рассмотрены только выделения карбонитрида хрома, тогда как присутствие в стали 05Х15АНФД ванадия в указанных количествах должно приводить и к выделению частиц V(C,N), также влияющих на свойства.

3. В работе нет сравнительного анализа структурных особенностей азотистого мартенсита для трех исследованных типов сталей, хотя сами структуры описаны достаточно подробно. Проведение такого анализа позволило бы уточнить требования к характеристикам азотистого мартенсита в зависимости от назначения металлопродукции.

4. При выборе химического состава сталей для исследования не использовали метод математического планирования эксперимента, что не позволило построить регрессионные модели влияния химического состава на свойства и более точно установить механизмы формирования структуры и свойств сталей, в зависимости от их химического состава.

5. В таблице 4.2 диссертации не указано, при какой температуре определяли ударную вязкость KCU.

От официального оппонента Смарыгиной И.В. поступил положительный отзыв со следующими замечаниями:

1. В описании процессов, происходящих на разных этапах обработки сталей, не отмечены процессы выделения↔растворения карбонитридов, накладывающиеся на $\alpha \rightarrow \gamma$ превращение при нагреве и $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение при охлаждении. Эти процессы особенно важны при толковании эффектов, наблюдаемых при нагреве и выдержках при температурах выше 400 °С и вблизи A_H. В частности, это может приводить к смещению температур M_H и A_H, а также появлению эффекта обратимости $\alpha \leftrightarrow \gamma$ превращения. Отсюда выбранные режимы по температуре и времени выдержки могут быть лишь ориентировочно использованы в реальном производстве.

2. Не совсем понятно, как выбран для разных сталей в качестве «оптимального» режим отпуска: Т = 400 °С, 2 часа, и на этом основании «оптимальный» состав стали 20Х15АН3МД2 (п. 3.1). Тем более что процессы отпуска в этой работе глубоко не исследовались.

3. Остался не ясным вопрос, в каких ситуациях необходима добавка в стали РЗМ.

4. В работе имеются стилистические, терминологические ошибки и опечатки. Например, в последнем абзаце на стр. 58 фразу «увеличивается … параметр кристаллической решетки мартенсита» по смыслу следует заменить на «уменьшается параметр кристаллической решетки мартенсита»; в названии таблицы 3.3 на стр. 52 «$\gamma \rightarrow \alpha$» следует исправить на «$\alpha \rightarrow \gamma$»; обозначение предела выносливости σ_{-1} не

отвечает методике (условиям) испытаний; используются нестандартные обозначения стали, например, 04Н9Х2А; и другие.

На автореферат диссертации Лукина Е.И. поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв главного научного сотрудника лаборатории механических свойств Института физики металлов им. М.Н.Михеева УрО РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Сагарадзе В.В. содержит 2 замечания:

1) В автореферате не представлены сведения о размерах, распределении и плотности упрочняющих частиц карбонитридов, образующихся при отпуске азотистого мартенсита.

2) Не сказано о возможности выделения медьсодержащих фаз в процессе старения в сталях 20Х15АН3МД2, 0Х15АН4ФД.

2. Отзыв советника генерального директора ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», заслуженного деятеля науки и техники РФ, д.т.н. проф. Малышевского В.А. и начальника сектора, к.т.н. Мушниковой С.Ю. содержит 1 замечание:

1) В автореферате не приведены сравнительные данные, подтверждающие утверждение автора о том, что значения пластичности и ударной вязкости при температурах +20 и -50°С образцов разработанной стали 0Х15Н4АФД после отпуска в температурном интервале 200-800° С не уступают аналогичным характеристикам аустенитной стали 12Х18Н9Т.

3. Отзыв профессора кафедры «Материаловедение» ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», д.т.н. Курганова Ю.А. и доцента кафедры «Материаловедение», к.т.н. Фахуртдинова Р.С. содержит 3 замечания:

1) В работе недостаточно подробно описано влияние структуры на коррозионную стойкость исследованных сталей.

2) Отсутствуют данные по вязкости разрушения разработанных новых сталей.

3) Опечатка на стр. 21 таб. 14. автореферата.

4. Отзыв начальника отдела нанотехнологий ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», к.ф.-м.н. Ризаханова Р.Н. и старшего научного сотрудника, к.т.н. Ситникова Н.Н. содержит 2 замечания:

1) В автореферате отсутствуют данные по свариваемости разработанной стали 04Н9Х2А со сверхравновесным содержанием азота.

2) в автореферате на странице 21 в таблице 14 присутствует опечатка.

5. Отзыв профессора кафедры «Металловедение» Института материаловедения и металлургии ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», д.т.н., доц. Березовской В.В. содержит 3 замечания:

1) Как варьировалась скорость нагрева и охлаждения образцов при дилатометрических исследованиях стали 20Х15АН3МД2?

2) Если уменьшение содержания аустенита в стали 05Х15АН4ФД при температуре отпуска до 400°С связано с выделением карбонитридов, то с чем связано увеличение его содержания при температурах выше 500°С?

3) Какие нитриды присутствуют в структуре стали 04Н9Х2А после отпуска при 500-550°С? За счет чего сталь имеет высокую пластичность?

6. Отзыв технического директора АО Металлургический завод «Электросталь» Кабанова И.В. содержит 1 замечание:

1) Следует отметить отсутствие в работе части, посвященной технологии выплавки сталей, что весьма важно и актуально для материалов со сверхравновесным содержанием азота. Однако, учитывая, что это целое направление в металлургии и автор не ставил перед собой подобной задачи, сделанное замечание носит лишь рекомендательный характер.

7. Отзыв доцента кафедры «Технология металлов и металловедение» ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, д.т.н. Вологжаниной С.А. содержит 2 замечания:

1) глава 4 посвящена «исследованию влияния термической обработки на структуру и свойства экономнолегированных...сталей..не содержащих молибдена». Однако в самом исследовании сравнения свойств проводятся исключительно с Cr-Ni сталями.

2) следует отметить некоторые неточности, имеющиеся в автореферате. На стр. 21 в табл. 14 некорректно указаны свойства стали 0Н9. Вероятно, это опечатка.

8.Отзыв председателя НТС Института материаловедения АО «ЦНИИТМАШ», к.т.н. Скоробогатых В.Н. и ученого секретаря НТС, к.т.н. Цыновниковой Ю.П. содержит 1 замечание:

1)Не были проведены испытания для получения значений физических характеристик новых марок сталей, как то модуль упругости Е, коэффициент линейного расширения α и коэффициент теплопроводности λ.

9. Отзыв главного научного сотрудника Физико-технического института УрО РАН, д.т.н. Устиновщикова Ю.И. замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов, квалификацией, способностью определить актуальность, научную и практическую ценность представленной диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:
- разработаны научные основы создания новых высокопрочных нержавеющих сталей со структурой азотистого мартенсита, позволяющие оптимизировать их химический состав и режимы термопластической обработки;
- предложены режимы упрочняющей термопластической обработки сталей со структурой азотистого мартенсита без использования, применяющегося для указанных сталей высокотемпературного нагрева под закалку, с которой связан рост зерна и снижение пластичности и коррозионной стойкости из-за преимущественного выделения по границам карбонитридных частиц;
- доказана возможность создания новых коррозионностойких сталей со структурой азотистого мартенсита с более высоким уровнем прочности в сравнении с широко применяющимися сталями в авиастроении, вагоностроении и криогенной техники.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
- доказана возможность формирования структуры Cr-Ni-N сталей со структурой азотистого мартенсита для значительного повышения их прочности, что вносит вклад в расширение представлений об их высокопрочном состоянии;
- применительно к проблематике диссертации результативно использованы современные методы физико-химического анализа с применением современного оборудования;
- изучены закономерности формирования структуры и свойств в процессе нагрева, охлаждения и пластической деформации Fe-Ni-N и Fe-Cr-Ni-N сталей, на основе которых разработаны новые стали для высоконагруженных деталей и конструкций.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:
- разработаны режимы упрочняющей обработки новых сталей с использованием которых получены опытные партии высокопрочных кованых и катанных заготовок;
- определены области практического использования новых разработанных сталей взамен аналогичных сталей, широко применяемых для нагруженных деталей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:
- автором выполнен большой объем экспериментов с использованием современного сертифицированного оборудования, воспроизводимость результатов исследования продемонстрирована на большом экспериментальном материале;
- научные выводы и рекомендации подтверждаются использованием современных научных положений о структурно-фазовых превращениях при нагреве и пластической деформации азотосодержащих легированных сталей;
- установлено, что лучшее сочетание прочности и пластичности достигается у стали 20Х15АН3МД2 после горячей прокатки, обработки холодом и отпуска при 400°С. В

процессе такой обработки формируется мелкозернистая (10-15 мкм) структура, состоящая из пакетного мартенсита (~70%), аустенита (~30%) и дисперсных карбонитридных частиц.
- выявлен механизм формирования высокопрочного состояния стали 20Х15АН3МД2 в процессе горячей прокатки;
- изучены закономерности изменения структуры и свойств стали 04Н9Х2А (новой системы легирования) со сверхравновесным содержанием азота.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, проведении основных экспериментов, получении исходных данных, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе, а также участии в апробации результатов исследования.

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

На заседании 9 июня 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Лукину Е.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
Д 002.060.01 Банных О.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 002.060.01 Блинов В.М.

«14» июня 2016 г.