

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.035.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. И.П. БАРДИНА» МИНИСТЕРСТВА  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14 декабря 2016 г. №11.2

О присуждении гражданину Российской Федерации **Нищику Александру Владимировичу** ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Управление формированием структуры и свойств холоднокатаного проката двухфазных ферритомартенситных сталей» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» **принята к защите 12 октября 2016 года**, протокол заседания № 11.1 диссертационным советом Д 217.035.01, на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И. П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации по адресу: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2 в соответствии с приказом Министерства образования и науки № 105/нк от 11.04.2012 и частичным изменением № 194/нк от 22.04.2013 г.

**Соискатель**, Нищик Александр Владимирович, 1988 года рождения, в 2012 году окончил Волгоградский государственный технический университет и в этом же году поступил в очную аспирантуру при Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» и окончил ее в 2016 г.

**Работает** младшим научным сотрудником лаборатории массовых высококачественных сталей Центра физической химии, материаловедения биметаллов и специальных видов коррозии Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт

черной металлургии им. И.П. Бардина», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

**Диссертация выполнена** в лаборатории массовых высококачественных сталей Центра физической химии, материаловедения биметаллов и специальных видов коррозии Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, с.н.с., **Родионова Ирина Гавриловна**, ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Центр физической химии, материаловедения биметаллов и специальных видов коррозии, заместитель директора центра.

**Официальные оппоненты:**

**Кондратьев Сергей Юрьевич**, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», кафедра «Технология и исследование материалов», профессор кафедры.

**Комиссаров Александр Александрович**, кандидат технических наук, доцент, Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», кафедра «Металловедения и физики прочности», доцент кафедры.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва в своем положительном заключении, подписанном Петровой Ларисой Георгиевной, доктором технических наук, профессором кафедры «Технологии конструкционных материалов», заведующая кафедрой, **указала**, что работа вносит вклад в развитие научных представлений о закономерностях формирования структуры и свойств холоднокатаного проката двухфазных ферритомартенситных сталей, о роли морфологии выделений избыточных фаз в холоднокатаном прокате в формировании сбалансированного комплекса свойств. Результаты работы могут быть использованы на металлургических

предприятиях, производящих холоднокатаный лист для холодной штамповки, применяемый при производстве автомобилей.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 5 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Научные публикации посвящены** изучению особенностей структурообразования двухфазных ферритомартенситных сталей; выявлению закономерностей влияния химического состава, режимов горячей и холодной прокатки, термической обработки на микроструктурное состояние и механические свойства; разработке рекомендаций по оптимальному химическому составу и технологическим режимам получения указанных сталей со стабильным комплексом свойств.

Результаты исследований, представленные в опубликованных работах, представляют научный интерес для разработки двухфазных ферритомартенситных сталей, так как содержат способы эффективного воздействия на микроструктурное состояние металла и позволяют достигать необходимый комплекс механических свойств.

**Наиболее значимые научные работы** по теме диссертации:

1. Мишнев П.А., Никитин Д.И., Адигамов Р.Р., Антковьяк А.А., Ящук С.В., Бакланова О.Н., **Нищик А.В.** Влияние параметров термической обработки в агрегате горячего цинкования на механические свойства и качество поверхности проката из двухфазной феррито-мартенситной стали // Черная металлургия. Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии. 2015 №7. С.69-73.

2. **Нищик А.В.**, Ящук С.В., Бакланова О.Н., Родионова И.Г. Влияние температурных режимов обработки в агрегате непрерывного отжига на механические свойства двухфазных ферритно-мартенситных сталей // Металлург. 2016. №6. С.48-54.

3. **Нищик А.В.**, Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Гришин А.В., Адигамов Р.В., Никитин Д.И., Кройтор Е.Н. Влияние горячей прокатки и натяжения полосы на механические свойства холоднокатаных двухфазных ферритомартенситных сталей // Металлург. 2016. №9. С.112-118.

На диссертацию и автореферат поступило 9 положительных отзывов, все имеют замечания. Во всех отзывах отмечено, что диссертационная работа посвящена **актуальной теме** разработки комплексной технологии производства двухфазных ферритомартенситных сталей.

**Научные результаты:** подробно исследованы механические свойства ферритомартенситных сталей и проанализирована их связь с химическим и фазовым составом, параметрами структуры; **найжены условия**, обеспечивающие заданный комплекс свойств. Структура и свойства холоднокатаного проката являются результатом последовательных воздействий горячей и холодной прокатки (ООО «Трубные инновационные технологии», ЗАО «МетаСинтез», Волгоградский Государственный Технический Университет, УК Лысьвенская металлургическая компания, НИТУ МИСИС). Значительное влияние на свойства конечного проката имеют частицы карбонитрида ниобия, для оптимального выделения которых корректируется вся технология производства (ООО «Трубные инновационные технологии», ЗАО «МетаСинтез», Волгоградский Государственный Технический Университет, УК Лысьвенская металлургическая компания, НИТУ МИСИС). **Новизна работы** состоит в систематизированном исследовании полного цикла производства листового проката двухфазных ферритомартенситных сталей, в ходе которого установлено что: микролегирование ниобием приводит к повышению дисперсности структуры; температура перестаривания играет важнейшую роль при термической обработке в агрегате непрерывного действия; натяжение полосы в агрегате непрерывного отжига позволяет воздействовать на механические свойства конечного проката (АО «Выксунский металлургический завод», Волгоградский Государственный Технический Университет, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, НИТУ МИСИС).

**Разработаны рекомендации** по химическому составу и технологии производства двухфазной ферритомартенситной стали марки НСТ780Х, основанные на выпущенных опытно-промышленных партиях металла данной марки, впервые опробовано изменение натяжения полосы, как фактора регулировки механических свойств (ООО «Трубные инновационные

технологии», ЗАО «МетаСинтез», Волгоградский Государственный Технический Университет, НИТУ МИСИС). Разработаны технологические приемы, обеспечивающие формирование однородной дисперсной структуры холоднокатаного проката из двухфазных ферритомартенситных сталей (УК Лысьвенская металлургическая компания).

**Практическая значимость:** разработанные рекомендации использованы при выпуске в ОАО «ММК» опытно-промышленных партий холоднокатаного проката марки НСТ780Х по EN 10338:2013 из двухфазных ферритомартенситных сталей со стабильным комплексом механических свойств, который предназначен для получения изделий методами холодной штамповки. Внедрение разработанной технологии будет способствовать повышению доли высокотехнологичной продукции, конкурентоспособности отечественного листового проката и модернизации отечественного автомобилестроения (ЗАО «МетаСинтез», Волгоградский Государственный Технический Университет, УК Лысьвенская металлургическая компания, НИТУ МИСИС).

**Краткий перечень замечаний по отзывам:** Влияние легирующих элементов на свойства проката в главе 3 целесообразно подкрепить представлением регрессионных моделей, следовало указать положение температуры смотки горячекатаного проката относительно критической точки  $A_{r3}$  (ООО «Трубные инновационные технологии»); не приведены структуры, либо доли структурных составляющих для лабораторных плавок Л1-Л10, нет результатов исследования критических точек, не указано по каким признакам определяли где выделяются частицы карбонитридов – в аустените или в феррите («Выксунский металлургический завод»); не указана погрешность определения параметров обработки и механических свойств, не показано внедрение промышленного металла автопроизводителями (Волгоградский Государственный Технический Университет, НИТУ МИСИС); при указанной температуре смотки в главе 4 ферритное превращение уже затруднено, но при этом указывается, что частицы выделяются в аустените (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет); на рисунках с микроструктурами линейки с размерами стилистически отличаются друг от

друга (УК Лысьвенская металлургическая компания); нужно указать объем статистики на фольгах, как определяли структурные составляющие (НИТУ МИСИС); не полностью раскрыто как определяли наличие наноразмерных частиц (НИТУ МИСИС); в работе не раскрыт механизм влияния натяжения на кинетику фазового превращения, использование дилатометрии позволило бы получить полную картину данного явления (ООО НИЦ МВТ).

#### **Заключение по отзывам:**

1. В настоящее время в нашей стране на площадках металлургических заводов появляются агрегаты непрерывного отжига и непрерывного горячего цинкования, позволяющие наладить отечественное производство листового проката из двухфазных ферритомартенситных сталей. Возникает необходимость разработки систем легирования и параметров технологии изготовления проката, отвечающего требованиям российских и современных международных стандартов. Этим определяется актуальность и своевременность поставленной работы, что **отмечено во всех отзывах**.

2. Использован значительный объем материалов для исследований - 11 сталей лабораторной выплавки и 2 опытно промышленные плавки. В качестве объекта исследования выступают двухфазные феррито мартенситные стали различных классов прочности (**ООО «Трубные инновационные технологии»**).

3. Рассмотрены различные варианты легирующих композиций и влияние легирующих и микролегирующих элементов, в частности марганца и ниобия на структуру и свойства исследуемых материалов (**СПбГПУ, ООО «Трубные инновационные технологии», АО «Выксунский металлургический завод», ЗАО «МетаСинтез», ООО «УК ЛМК», ОАО ВНИИНЕФТЕМАШ, НИТУ МИСИС, ООО НИЦ МВТ**).

4. Подробно исследованы режимы термообработки ДФМС применяемые в агрегатах непрерывного отжига, непрерывного нанесения покрытий и в агрегатах непрерывного горячего цинкования (**ЗАО «МетаСинтез», СПбГПУ, ОАО ВНИИНЕФТЕМАШ, ООО НИЦ МВТ**).

5. Проведено комплексное исследование влияния на формирование структуры и свойств проката ДФМС всей производственной цепочки, включая

такой параметр как натяжение полосы в агрегатах непрерывного действия (ООО «Трубные инновационные технологии», АО «Выксунский металлургический завод», ЗАО «МетаСинтез», ВолгГТУ, ООО «УК ЛМК», СПбГПУ, СПбГПУ, ОАО ВНИИНЕФТЕМАШ, НИТУ МИСИС, ООО НИЦ МВТ).

6. Определены зависимости параметров конечной структуры стали, формирующейся на этапах отжига, ускоренного охлаждения и перестаривания, от механических свойств холоднокатаного проката, что дает принципиальную возможность получать прокат разных классов прочности при одном химическом составе стали (ООО «Трубные инновационные технологии»).

7. Разработаны рекомендации по выбору состава двухфазной ферритомартенситной стали класса НСТ780Х, технологические приемы ее производства на переделах горячей и холодной прокатки, в агрегатах непрерывного отжига ведущих российских заводов (ООО «Трубные инновационные технологии», АО «Выксунский металлургический завод», ЗАО «МетаСинтез», ВолгГТУ, ООО «УК ЛМК», СПбГПУ, НИТУ МИСИС, ООО НИЦ МВТ).

8. Разработаны технологические приемы, обеспечивающие формирование однородной и дисперсной структуры с объемными системами выделений избыточных фаз, в том числе наноразмерных, которые позволяют получить необходимый комплекс свойств (ЗАО «МетаСинтез», ООО «УК ЛМК», НИТУ МИСИС).

9. Диссертационная работа выстроена методически грамотно, является комплексным, логически стройным и завершенным исследованием, выполнена на хорошем научно-техническом уровне, соответствует паспорту специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (пункт б) и критериям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», что отмечено во всех отзывах

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:**

**Кондратьев Сергей Юрьевич** – ведущий специалист в области разработки перлитных и мартенситных сталей, сталей с повышенной хладостойкостью,

фазовых превращений и свойств металлов, физического металловедения, современных проблем материаловедения.

**Комиссаров Александр Александрович** – высококвалифицированный специалист в области металловедения, термической и термомеханической обработок сталей, механических испытаний металлов и сплавов.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». Главная цель Университета состоит в подготовке кадров для автомобильной и дорожной отраслей России и в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований в области автомобильно-дорожных технологий, в развитии и внедрении новых высокопрочных материалов в автомобильной промышленности.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

На основе систематического исследования полного цикла производства тонколистовых сталей с ферритомартенситной структурой, включающего физическое моделирование и экспериментальный анализ процессов, протекающих в материале, **раскрыты** закономерности эволюции их структуры и формирования свойств на каждом технологическом этапе: горячая прокатка, холодная прокатка, термическая обработка.

Экспериментально с применением современного оборудования для исследования структуры и моделирования технологических процессов производства стали (установка Gleeble) **установлены** особенности строения основных фаз (феррит, мартенсит, аустенит) и упрочняющих фаз субмикронного размера (карбонитриды) в структуре ферритомартенситных тонколистовых сталей на разных этапах технологического цикла их изготовления.

**Изучены** закономерности эволюции микроструктуры листового проката после термообработки в агрегатах непрерывного действия в зависимости от химического состава стали ( $C = 0,04-0,15\%$ ,  $Mn = 1,25-2,40\%$ ,  $Si = 0,1-0,6\%$ ,  $Cr$



= 0,03-0,50%, Mo = 0,01-0,32%, Al = 0,02-1,0%, Nb ≤ 0,04), режимов горячей прокатки (температуры конца прокатки  $T_{\text{кп}} = 830-890$  °С, температуры смотки рулона  $T_{\text{см}} = 530-680$  °С), параметров термообработки в агрегатах непрерывного отжига (температуры отжига  $T_{\text{отж}} = 770-830$  °С, температуры перестаривания  $T_{\text{перест}} = 300-400$  °С) и непрерывного горячего цинкования (температуры отжига  $T_{\text{отж}} = 770-830$  °С).

**Определены** механические свойства тонколистовых сталей с различной структурой на основных этапах технологического цикла, в том числе высокопрочных с комплексом механических свойств:  $\sigma_B \geq 1000$  МПа,  $\delta \geq 10\%$  ( $\delta = 12-17\%$ ),  $\sigma_T/\sigma_B \geq 0,7$ , что свидетельствует о возможности производства таких сталей на существующем промышленном оборудовании при организации необходимого для этого контроля качества.

На лабораторных плавках **доказана** возможность получения дисперсной ферритомартенситной структуры, обеспечивающей предел прочности до 1200 МПа за счет микролегирования ниобием и корректировки структуры и механических свойств натяжением полосы.

**Разработана и предложена** комплексная технология производства проката из двухфазных ферритомартенситных сталей марки НСТ780Х, включающая холодную и горячую прокатки, термическую обработку в агрегате непрерывного отжига в промышленных условиях ОАО «ММК».

Технология **впервые включает** в себя варьирование натяжением полосы, с помощью которого достигается окончательное формирование требуемой структуры (феррит, мартенсит) и свойств (предел текучести 450-560 МПа, предел прочности более 780 МПа, относительное удлинение более 14 %, ВН-эффект более 30 МПа).

**Проведена модернизация** технологии производства проката, позволившая получать двухфазную ферритомартенситную сталь марки НСТ780Х в агрегате непрерывного отжига за счет использования натяжения полосы в агрегате. В условиях ОАО «ММК» изготовлены две опытно-промышленные партии проката марки НСТ780Х, на которых проведено

исследование влияния натяжения полосы в агрегате непрерывного отжига при прочих равных параметрах производства на механические свойства проката.

**Теоретическая значимость работы** определяется тем, что экспериментально с применением современного оборудования для исследования структуры и моделирования технологических процессов производства стали получена база данных, характеризующая особенности строения основных фаз (феррит, мартенсит, аустенит) и упрочняющих выделений субмикронного размера (карбонитриды) в структуре ферритомартенситных тонколистовых сталей на разных этапах технологического цикла их изготовления.

**Доказана** методами металлографии, сканирующей и электронной микроскопии возможность получения ферритомартенситной структуры в агрегатах непрерывного отжига и непрерывного горячего цинкования с комплексом свойств, необходимым для проведения холодной штамповки.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается** тем, что установленные закономерности влияния частиц карбонитрида ниобия, выделяющихся в аустенитной и/или ферритной области в процессе горячей прокатки, и натяжения полосы в агрегате непрерывного отжига найдут применение при создании технологии производства других типов сталей и при разработке технологии производства листового проката, подвергаемого термической обработке в агрегатах непрерывного действия.

**Разработаны** рекомендации по режиму производства стали марки НСТ780Х в условиях ОАО «ММК», включающему в себя горячую и холодную прокатку и термическую обработку в агрегате непрерывного отжига.

**Достоверность результатов** обеспечивается современными методами исследования, проведением испытаний механических свойств, анализом фазового состава и структуры металла, согласованием результатов лабораторных и промышленных исследований.

**Идея работы базируется** на анализе практики и международном опыте производства двухфазных ферритомартенситных сталей и сталей близкого

химического состава в том числе в агрегатах непрерывного отжига и непрерывного горячего цинкования.

**Методологической основой диссертации** являются работы ведущих ученых и коллективов в области двухфазных ферритомартенситных сталей и сталей близкого состава, а также способов их получения.

Применительно к проблематике диссертации эффективно **использованы** моделирование горячей прокатки на лабораторном стане и термической обработки с параметрами, максимально приближенными к реальным условиям агрегатов непрерывного отжига и непрерывного горячего цинкования; методы оптической микроскопии, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, испытания механических свойств; расчеты температурно-концентрационных областей существования основных фаз и статистический анализ.

**Установлено** соответствие результатов работы, не являющихся новизной, с данными открытых независимых источников.

**Личный вклад соискателя состоит** в постановке совместно с руководителем цели и задач исследований, разработке направлений и методов решения поставленных научно-практических проблем, составлении программы исследований, проведении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных результатов, в промышленном опробовании разработанной марки стали; апробации материалов исследования и подготовке их к публикации, формулировке выводов по работе.

**Диссертация** представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача – получение ДФМС в агрегатах непрерывного отжига и непрерывного горячего цинкования за счет выбора оптимальных химических составов, режимов горячей прокатки, термической обработки в агрегатах непрерывного действия, величины натяжения полосы и соответствует критериям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. и пункту 6 паспорта специальности 05.16.01 –

«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», работа соответствует профилю диссертационного совета Д217.035.01.

Диссертационный совет на заседании 14 декабря 2016 г. принял решение присудить Нищику А.В. ученую степень кандидата технических наук (протокол №11.2)

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и 8 докторов наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 23 членов совета, проголосовали: «за» - 15, «против» - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель  
диссертационного совета  
д.ф.-м.н., профессор



А.М. Глезер

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д.т.н., с.н.с.

Н.М. Александрова

Дата оформления Заключения: «22» декабря 2016 г.