

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора **Салищева Геннадия Алексеевича** на диссертацию **Шараповой Валентины Анатольевны** на тему:
«Научно обоснованные технологические решения упрочнения и повышения износостойкости машиностроительных материалов за счет ТРИП-эффекта в структуре метастабильного аустенита», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации

Обеспечение работоспособности деталей машин при все более высоком уровне рабочих параметров, а также их способности адаптироваться под неблагоприятные условия непосредственно в процессе эксплуатации ставит задачи разработки новых подходов к выбору материалов и режимов их обработки. В частности, использование структурной метастабильности сплавов позволяет создать технологии существенного как объемного, так и поверхностного упрочнения изделий.

В этой связи значительный интерес приобретают технологии, использующие деформационно-индуцируемые превращения, например, хорошо известный ТРИП-эффект, протекающий в сталях, содержащих метастабильный аустенит. Хотя ТРИП-эффект довольно подробно изучался на примере аустенитных и мартенсито-стареющих сталей, тем не менее задачи получения одновременно высокой ударной вязкости, конструкционной прочности и реализация при этом низкой склонности к хрупкому разрушению особенно при криогенных температурах за счет него не были решены. Не были проведены также исследования для упрочнения рабочей поверхности деталей применением ТРИП-эффекта в высокоуглеродистых сталях, широко применяемых для серийного производства деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Таким образом, выбранная В.А. Шараповой тема диссертации является актуальной и нацелена на решение важной проблемы – разработке новых технологических решений по реализации ТРИП-эффекта в метастабильном аустените сталей и хромистых чугунов для повышения износостойкости и долговечности изделий, работающих в условиях совместного действия трения, абразивных частиц и циклических динамических нагрузок.

Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

Положения и выводы диссертации базируются на фундаментальных

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за № _____	Дата регистрации <u>28.04.2025</u>
Фамилия регистратора _____	

основах материаловедения, а также подходах и концепциях к разработке практически значимых результатов в исследуемой области. Методология исследования включает подробный анализ предмета и объекта исследования, систематизацию результатов анализа научных и практических исследований российских и зарубежных ученых, существующие методические подходы, сбор и анализ материала, апробацию авторских подходов на практических примерах применения полученных результатов.

В исследовании диссертант корректно использует прикладные методы научных исследований. Информационно-эмпирическая основа исследования представлена материалами монографических и периодических изданий, экспериментальных исследований автора.

Научная достоверность и обоснованность теоретических положений, результатов, выводов, предложений и рекомендаций диссертации определяются аргументированностью, охватом научных концепций и анализом полученных данных.

Между тем выстроенная автором последовательность и логика в изложении текста диссертации и структурировании материалов исследования не позволили добиться в полной мере целостности при подготовке диссертации, а также обеспечить высокую аргументированность выводов и положений. Поставленные задачи в работе не полностью раскрыты, хотя и предложены авторские методы их решения.

Достоверность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность основных научных результатов диссертации Шараповой В.А. обеспечивается выбранной методологией исследования, результатами анализа современных отечественных и зарубежных научных трудов по исследуемой проблематике, примененными методами сбора и обработки статистических данных.

Основные результаты диссертации изложены в 35 публикациях, в том числе в 11 статьях в ведущих рецензируемых журналах из Перечня ВАК, 4 – в зарубежных рецензируемых научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, защищены 2 патентами на изобретения и докладывались на 14 международных и всероссийских конференциях и школах. Автореферат диссертации В. А. Шараповой полностью соответствует тексту диссертации, отражает ее основное содержание, имеет логически грамотное построение и последовательность изложения результатов исследования.

Полученные результаты при разработке новой аустенитной стали, технологические решения упрочнения и повышения износостойкости

высокоуглеродистых сталей и чугунов за счет ТРИП-эффекта могут являться научной основой поиска способов деформационных и комбинированных обработок деталей машин при эксплуатации. Практическая значимость диссертационного исследования подтверждена соответствующими актами.

Все изложенное позволяет сделать заключение о достоверности положений, выносимых на защиту.

Характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, библиографического списка и приложения. Работа изложена на 252 страницах, содержит 110 рисунков, 14 таблиц. Список использованной литературы содержит 205 наименований.

В **первой** главе приведены химический состав, режимы выплавки и термической обработки сплавов, а также методы исследований. В качестве исследуемых материалов взяты образцы сталей и чугунов различных структурных классов: мартенситностареющие деформационно-нестабильные, аустенитные, перлитные и ледебуритные, хромистые чугуны, графитизированная сталь, а также стали трех систем легирования: высокомарганцевая и высокохромистая, содержащие 1-1,2% углерода и перспективная сталь со сверхравновесным содержанием азота.

Во **второй** главе исследовались мартенситностареющие аустенитные стали: кобальтовая 03X14H11K5M2ЮТ, с экономным легированием кобальтом 03X14H11KM2ЮТ и не содержащая кобальт 03X14H11M2ЮТ, обладающие ярко выраженным ТРИП-эффектом. Целью исследования являлось установить на примере этих сталей роль метастабильного аустенита, как фактора повышения прочностных свойств, характеристик ударной вязкости и релаксационной стойкости в аустенитных ТРИП-сталях. Показано, что стали с пониженным содержанием кобальта демонстрируют ослабление ТРИП-эффекта, обладают меньшей технологичностью и выдерживают меньшие суммарные степени обжата без потери пластичности. В главе подробно рассмотрены фазовые превращения, позволяющие объяснить изменение механических характеристик в сталях. Доказано, что аустенит исследуемой стали является термически стабильным в широком интервале температур от жидкого гелия до 500° С. На примере высококобальтовой стали исследованы закономерности формирования структуры и свойств после высокотемпературной закалки, обеспечивающие максимальное упрочнение без потери пластичности, как при комнатной, так и криогенных температурах. Запатентована аустенитная ТРИП-сталь 03X14H11K5M2ЮТ гарантированной сверхвязкости, которая в закаленном от 1050°С состоянии имеет высокую ударную вязкость, конструкционную прочность и низкую склонность к хрупкому разрушению вплоть до криогенных

температур.

В третьей главе впервые представлены результаты изучения влияния температуры закалки на формирование структуры метастабильного аустенита в сталях перлитного класса (70X2ГСМЛ и 150ХНМЛ) в сравнении с серийными сталями ледебуритного класса (95Х18 и Х12МФЛ). Показано, что формирование диссипативной структуры метастабильного аустенита является перспективным направлением повышения абразивной износостойкости высокоуглеродистых сталей перлитного, а также ледебуритного классов посредством высокотемпературной закалки. В результате проведенных исследований определены наиболее благоприятные температуры и критические скорости закалки. Для этого построены с привлечением дилатометрического анализа термокинетические диаграммы превращений аустенита. Показано, что в этих сталях переохлаждённый аустенит достаточно стабилен по отношению к распаду по первой и промежуточной ступеням превращения. Установлено, что структура метастабильного аустенита с чередующимися кристаллами дисперсного микро- и нанокристаллического мартенсита и остаточного аустенита обеспечивает высокую пластичность поверхностного слоя, вследствие ТРИП-эффекта, и способность к его упрочнению до 10,3 ГПа в стали 70X2ГСМЛ и до 11,2 ГПа в стали 150ХНМЛ с повышенной абразивной износостойкостью на 30% в стали 70X2ГСМЛ и на 40% в стали 150ХНМЛ по сравнению с износостойкостью после обычной закалки на мартенсит. Формирование подобной структуры наблюдается и в сталях ледебуритного класса, которая также обладает ТРИП-эффектом и, в результате фрикционного упрочнения повышает абразивную износостойкость в 3 раза в стали 95Х18 и в 2 раза в стали Х12МФЛ по сравнению с закалкой от обычных температур. Сделан вывод, что стали перлитного и ледебуритного классов подчиняются при высокотемпературной закалке общим закономерностям, проявляющимся в формировании в результате растворения вторичных карбидов износостойкой структуры с повышенным содержанием углерода и хрома в остаточном метастабильном аустените и образующемся из него мартенсите деформации при изнашивании. При этом повышается устойчивость переохлажденного аустенита и, как следствие, увеличиваются прокаливаемость и теплостойкость с сохранением твёрдости до температуры отпуска 500 °С в стали 70X2ГСМЛ и до температуры отпуска 400 °С в стали 150 ХНМЛ, что положительно влияет на износостойкость. На основании изучения структуры и износостойкости исследованных сталей после различных температур нагрева под закалку для них определён оптимальный интервал температуры нагрева под закалку с точки зрения высокой

износостойкости, который составляет $1125 \div 1170$ °С.

В четвертой главе проведено исследование влияния высокотемпературной закалки на формирование фазового состава и структуры сталей систем железо-углерод-хром и железо-углерод марганец с близким количеством легирующих элементов (1-1,2 % углерода и 18 % хрома или марганца, 100X18 и 120Г18) и в сравнительно равной по концентрации легирующих элементов стали системы железо-азот-хром (0X18A1.2) и их способность к фрикционному упрочнению, а также сопротивлению абразивному изнашиванию. Показано, что износостойкость стали 100X18 со структурой метастабильного аустенита и карбидами после закалки от 1200 °С ($\epsilon = 3,2$), в три раза выше износостойкости – стабильной аустенитной стали 120Г18 ($\epsilon = 1,1$).

Химический состав, количество и стабильность остаточного аустенита и его способность к фрикционному упрочнению рабочей поверхности образцов в сталях 100X18 и 0X18A1.2 можно регулировать температурой закалки. Между тем, если в стали 100X18 по мере повышения температуры закалки твердость падает, то износостойкость и количество остаточного аустенита увеличиваются. В то же время в высокоазотистой стали 0X18A1.2 максимальная износостойкость имеет место после неполной закалки в воде в трехфазном состоянии (метастабильный аустенит, мартенсит и нитриды). Твердость при этом также имеет максимальное значение порядка 50 HRC. В структурно стабильной стали 120Г18 износостойкость стали имеет слабо выраженную зависимость от температуры закалки, а твердость даже снижается с ее ростом. Важно, что в процессе изнашивания происходит динамический отпуск образующегося мартенсита деформации, степень развития которого уменьшается в легированном хромом азотистом мартенсите. Ввиду чего темп снижения твердости стали снижается, что переводит сталь в разряд полутеплостойких. После закалки от 1200 °С сталь 0X18A1.2 имеет износостойкость, превосходящую износостойкость образцов стали 110Г13Л на 20 %. Микротвёрдость поверхности азотистой стали свыше 6000 МПа, а стали 110Г13Л – 5840 МПа. При отпуске стали 100X18 и 0X18A1.2 ведут себя подобным образом. В результате отпуска стали 0X18A1.2 при 600 °С твердость вырастает до 48 HRC, что является следствием процесса дисперсионного твердения.

В пятой главе впервые изучены фазовые превращения и изменение ударной вязкости, твердости и абразивной износостойкости графитизированной стали 135СГЛ. Постановка такого исследования представляла интерес, так как присутствие графита могло существенно повлиять на показатели износа стали. Показано, что вследствие образования

остаточного метастабильного аустенита в количестве до 35 % и высокоуглеродистого мартенсита в металлической основе в исходном перед испытанием состоянии износостойкость стали после закалки от 1170 °С ($\epsilon = 3,3$) в два раза выше износостойкости после закалки от 900 °С ($\epsilon = 1,8$). Установлено, что повышение температуры закалки до 1170 °С снижает твердость с 60 до 48 HRC, при этом способность к фрикционному упрочнению увеличивается лишь на 5 % до 10,6 ГПа, тогда как износостойкость возрастает в 2 раза. Данный результат был связан с наличием графитных включений. Подробно исследовано строение поверхностных слоев стали. Выявлено возникновение текстуры: преимущественно перпендикулярное по отношению к направлению трения расположение пластин мартенсита. EBSD-анализом показано, что кристаллы ориентируются плоскостью (011) в кристалле мартенсита параллельно плоскости (111) в кристалле аустенита. Анализ результатов показал, что рассеяние энергии в ходе ТРИП-эффекта и релаксация микронапряжений в момент сдвига при ДМП поглощает часть энергии внедрения абразивных частиц, повышая сопротивление изнашиванию.

В **шестой** главе изучены резервы повышения износостойкости высокотемпературной закалкой экономнолегированного ледебуритного чугуна нихард (300X2H4) в сравнении с высокохромистыми износостойкими белыми чугунами (260X16M2 и 250X25МФТ). Показано, что повышение температуры закалки от обычно применяемой 850 °С позволяет в чугуне нихард получить метастабильный остаточный аустенит, превращение которого в мелкокристаллический мартенсит деформации обеспечивает некоторое повышение абразивной износостойкости до 15 %, несмотря на снижение твердости от 62 HRC после обычной закалки до 54 HRC после высокотемпературной при сохранении теплостойкости. Рост абразивной износостойкости в образцах высокохромистых чугунов 260X16M2 и 250X25МФТ также достигается увеличением температуры закалки и, соответственно, формированием в процессе изнашивания мелкокристаллической мартенситной структуры и повышением микротвёрдости рабочей поверхности. Обнаружено, что 10-30 % углеродистого мартенсита охлаждения дополнительно формируется криогенной обработкой ИЧХ после высокотемпературной закалки. Износостойкость растет на 20-30 %, гетерогенная мартенситно аустенитно-карбидная металлическая матрица обеспечивает интенсивное протекание деформационного мартенситного превращения. На основании полученных результатов установлено, что по технологическим и экономическим соображениям для изготовления износостойких вставок биметаллических

втулок следует использовать чугун 260Х16М2 после высокотемпературного нагрева под закалку и охлаждения сжатым воздухом с послезакалочным высоким отпуском.

В главе **седьмой** проведена оценка зависимости прироста износостойкости в процессе эксплуатации от количества остаточного аустенита после высокотемпературной закалки поверхности и химического состава высокоуглеродистых сплавов. Предложен критерий оценки резервов повышения износостойкости $\Delta\epsilon = \epsilon_{1170} - \epsilon_{900}$ (прирост износостойкости при испытаниях на абразивный износ образцов после высоко- (1170 °С) и низкотемпературной (900 °С) закалки), характеризующий способность материала к упрочнению поверхности за счет полноты протекания деформационного мартенситного превращения в метастабильном аустените. Используя данные проведенных экспериментов, был обнаружен прирост износостойкости на рабочей поверхности образца с увеличением температуры закалки. При этом, чем больше после закалки остаточного аустенита и выше содержание в нем углерода, тем больше его величина. В главе было также рассмотрено управление резервами упрочнения поверхности углеродистых сплавов при изнашивании за счет варьирования химического состава сплава. При моделировании был использован метод построения уравнения множественной регрессии. На основании расчетов было получено уравнение, связывающее микротвердость рабочей поверхности и химический состав сплавов. Установлено, что наибольшее влияние на уровень микротвердости рабочей поверхности после изнашивания оказывает содержание кремния, который снижает энергию дефектов упаковки и интенсифицирует $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращение.

В главе **восьмой** приводится анализ возможных направлений использования результатов работы. Доказано, что использованные критерии оценки резервов повышения износостойкости: микротвердость на рабочей поверхности после изнашивания и прирост износостойкости позволяют управлять химическим составом сплава с целью реализации принципа метастабильности аустенита. Отработана технология термической обработки втулок буровых насосов ТВЧ-закалкой для формирования самотрансформируемого в процессе изнашивания слоя рабочей поверхности. Изготовлена опытная партия износостойких вставок из высокоуглеродистых сплавов разных систем легирования, проведены успешные полупромышленные испытания втулок. Втулки показали высокую эксплуатационную стойкость – отработали более 960 часов и были ещё в работоспособном состоянии, таким образом в 1,8 раза превысив эксплуатационный срок.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в раскрытии диссертантом научно-обоснованных технологических решений в упрочнении и повышении износостойкости материалов за счет ТРИП-эффекта. Полученные результаты являются научной основой для разработки новых технологичных сталей и чугунов, способов повышения износостойкости и долговечности деталей машин.

Практическая значимость работы подтверждается соответствующими документами использования полученных результатов по усовершенствованию технологии термической обработки втулок буровых насосов, а также разработкой режимов термической обработки для ряда высокоуглеродистых сплавов (в том числе сталей 70Х2ГСМЛ и графитизированной 135СГЛ), при использовании которых в рабочем слое образуется вторичная структура повышенной износостойкости.

Научная новизна исследования

1. На основе использования результатов запатентована аустенитная ТРИП-сталь 03Х14Н11К5М2ЮТ гарантированной сверхвязкости, которая в закаленном от 1050 °С состоянии имеет высокую ударную вязкость, конструкционную прочность и низкую склонность к хрупкому разрушению вплоть до криогенных температур ($KCV_{20} = 3,69$ МДж/м², $KCV_{-196} = 1,93$ МДж/м²), рекордную пластичность: подвергается волочению с диаметра 14,3 до 2,77 мм, то есть за 15 переходов «в холодную» без промежуточных нагревов и значительно упрочняется: после деформации и старения стальная проволока диаметром 0,3 мм имеет $\sigma_b = 2520$ МПа, $\sigma_{0,2} = 2120$ МПа при поперечном сужении $\psi = 40$ %. Доказано, что аустенит в стали 03Х14Н11К5М2ЮТ является термически стабильным в широком интервале температур от жидкого гелия до 500 °С. Предложена термическая обработка, при которой сталь в состоянии максимального упрочнения обладает высоким сопротивлением релаксации напряжений при длительных нагревах до температуры 400 °С.

2. Впервые экспериментально установлена роль влияния легирования кобальтом (5,0 ~ 1,0 мас. %) на изменение последовательности, состава и температурных интервалов выделения высокотемпературной χ -фазы в закаленной стали 03Х14Н11К5М2ЮТ.

3. Впервые экспериментально с применением электронной микроскопии на закаленных сталях перлитного и ледебуритного классов показано, что благодаря высокотемпературной закалке рабочей поверхности

уже после первого однократного фрикционного воздействия образуется деформационный нанокристаллический высокоуглеродистый мартенсит с размером кристаллов 10-100 нм. В структуре чередуются кристаллы мартенсита, стойкого против абразивного изнашивания, и аустенита, склонного к фрикционному упрочнению. Вторичная диссипативная структура поверхности обладает способностью к релаксации напряжений в процессе $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, сопровождающегося ТРИП-эффектом, высокоуглеродистой стали.

4. Комплексными исследованиями с применением профилометрии на примере сталей 0X18A1.2, 100X18, 135СГЛ было выявлено, что после низкотемпературной закалки отделение частиц износа происходит со вдвое большего по глубине слоя поверхности, чем после высокотемпературной закалки. В результате абразивная износостойкость поверхности снижается, т.к. механизм царапания сменяется микрорезанием, что подтверждается увеличением параметров шероховатости.

5. Впервые экспериментально установлена и научно обоснована роль высокотемпературной закалки в масло экономно легированного чугуна типа нихард (300X2Н4), а также износостойких хромистых чугунов (260X16М2 и 250X25МФТ).

6. Закалка в масло и при обдувке воздухом образцов чугуна 260X16М2 сечением до 30 мм, в интервале температур от 1125÷1170 °С, а также высокий отпуск 550 °С дают пониженную исходную твердость до испытания, но формируют резервы в структуре для последующего образования самотрансформируемого слоя высокой микротвердости на рабочей поверхности в результате развития деформационного мартенситного превращения. По технологическим и экономическим соображениям чугун 260X16М2 рекомендован для изготовления лопаток дробебетных аппаратов и износостойких вставок биметаллических втулок грязевых насосов. Обработанные по предложенной технологии детали показали хорошую эксплуатационную стойкость: на 25% выше стали X12МФЛ.

7. Описана количественно зависимость между фазовым составом после высокотемпературной закалки и способностью к упрочнению поверхности сталей и хромистых чугунов со структурой метастабильного аустенита, заключающаяся в оценке скорости прироста относительной износостойкости при испытании поверхности на абразивное изнашивание.

Замечания по диссертации

Положительно оценивая диссертацию в целом, ее логику, обоснованность, достоверность, полученные новые научные результаты,

теоретическую и эмпирическую базу исследования, следует выделить следующие дискуссионные положения, недостатки и замечания:

1. В работе было исследовано 15 сплавов. Большая часть их существенно отличалась друг от друга химическим составом и структурой. Но ко всем сплавам был применен практически один и тот же методический подход: поиск подходящей температуры для закалки и образования определенной доли метастабильного остаточного аустенита. Почему недостаточно было выбрать всего лишь несколько представительных систем, их исследовать и разработать научно-обоснованный подход для повышения износостойкости высокоуглеродистых сплавов?

2. Автором были достаточно точно выявлены особенности структурных изменений в ходе пластической деформации при абразивном износе. Однако, хотя дефектная и фазовая структура были исследованы и выявлены ряд ее особенностей, остается неясным, почему не обнаруживаются выделившиеся при деформации карбиды? При абразивном износе имеет место достаточно очевидное повышение температуры в области контакта, а метастабильный аустенит содержит неравновесную концентрацию углерода, так что образование карбидов вполне возможно.

3. На страницах 25-27 приведены рисунки 2.1-2.3, к которым практически отсутствует описание. То же самое на стр. 102. Рис. 3.5.

4. Стр. 96. Фрагмент предложения «....фазовый наклеп с повышением предела текучести аустенита...». Вероятно, автор хотел написать - ... фазовый наклеп приводит к росту предела текучести?

5. Стр.98. Фрагмент предложения «...Значительное содержание остаточного аустенита до 20 % после закалки от 1170 °С образуется за счет растворения карбидов (с хромом)...». Можно только догадаться, что вероятно растворение карбидов при температуре закалки изменило соотношение фаз в пользу аустенита, а рост его легированности повысило его стабильность, так?

6. Глава 3, Вывод 5. Фрагмент «...как следствие, увеличению прокаливаемости (отливок сечением до 50 мм) и теплостойкости с сохранением твёрдости до температуры отпуска 500 °С в стали 70X2ГСМЛ и до температуры отпуска 400 °С в стали 150 ХНМЛ, что положительно влияет на износостойкость...». Надо полагать, что только рост теплостойкости влияет на износостойкость?

7. Стр. 193. Написано: Зависимость степени развития ДМП от количества метастабильного аустенита в структуре поверхности при изнашивании (7.2) показывает значительный прирост износостойкости по мере развития ДМП в сплавах после высокотемпературной закалки.

Стилистически неверное предложение. Между тем в уравнении 7.2 указана, что величина α - доля мартенсита после высокотемпературной закалки, тогда как в приведенном предложении указано, что ...зависимость степени развития ДМП от количества метастабильного аустенита в структуре поверхности при изнашивании (7.2) ...

8. Стр. 194. Написано: Иными словами, чем больше после закалки поверхности остаточного аустенита и выше содержание в нем углерода, тем больше прирост износостойкости. Вероятно, автор хотел написать...чем больше после закалки остаточного аустенита...?

9. Стр. 194. Рисунок 7.3. Ни в подрисуночной подписи, ни на графике не написано, что за обозначения представлены.

10. Стр. 195. Таблица 7.2 Название таблицы: Содержание углерода и микротвердость рабочей поверхности сплавов после испытания на изнашивание. Грамматически неверное написание названия. Две ошибки: содержание углерода может быть в сплавах, а рабочей поверхности у сплавов нет. Должно быть, например: Содержание углерода в сплавах и микротвердость рабочей поверхности образцов после испытания на изнашивание.

11. Общее замечание. Текст диссертации плохо отработан, содержит много ошибок, неточностей.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней

Рассмотренные замечания имеют частный характер и не снижают общей положительной оценки работы, в которой содержится новое решение проблемы, имеющей важное экономикohозяйственное значение, особенно для металлургии и машиностроения – разработку научно обоснованного выбора рациональных технологических режимов термической обработки сталей и чугунов для деталей с повышенными эксплуатационными свойствами, в том числе в условиях абразивного изнашивания.

Диссертация содержит новые результаты по научному обоснованию технологических режимов термической обработки деталей на заданный уровень служебных свойств и является законченным исследованием, о чем свидетельствует реализация практических рекомендаций по оптимизации технологии термической обработки на ООО «Медтехника», ООО «Уралмаш НГО Холдинг» и ООО «УЗТЕРМО».

Диссертация и автореферат соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов:

п. 1 «Изучение взаимосвязи химического и фазового составов (характеризуемых различными типами диаграмм, в том числе диаграммами состояния) с физическими, механическими, химическими и другими свойствами сплавов»;

п. 2 «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях, включая технологические воздействия, и влияние сварочного цикла на металл зоны термического влияния, их моделирование и прогнозирование»;

п. 5 «Теоретические и экспериментальные исследования механизмов деформации, влияния фазового состава и структуры на зарождение и распространение трещин при различных видах внешних воздействий, их моделирование и прогнозирование»;

п. 6 «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химикотермической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим или термодформационным воздействием, цифровизация и автоматизация процессов, а также разработка информационных технологий систем сквозного управления технологическим циклом, специализированного оборудования»;

п. 8 «Исследование работоспособности металлов и сплавов в различных условиях, выбор и рекомендация наиболее экономичных и надежных металлических материалов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик деталей машин, механизмов, приборов и конструкций».

Диссертация Шараповой Валентины Анатольевны на тему «Научно обоснованные технологические решения упрочнения и повышения износостойкости машиностроительных материалов за счет ТРИП-эффекта в структуре метастабильного аустенита», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения по использованию ТРИП-эффекта не только в малоуглеродистых, но и в рабочей поверхности высокоуглеродистых сплавов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие машиностроительной отрасли, поскольку позволяет проводить волочение проволоки за 15 проходов без промежуточных отжигов для ТРИП-стали запатентованного состава или повысить до трехкратного абразивную

износостойкость изделий из серийных высокоуглеродистых сплавов за счет формирования структуры деформационно-метастабильного аустенита высокотемпературной закалкой поверхности изделий.

Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Шарапова Валентина Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

Руководитель лаборатории объемных наноструктурных материалов
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»,
доктор техн. наук, профессор



Салищев Геннадий Алексеевич

«25» апреля 2025 г.

Специальность: 05.16.01. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Согласен на обработку персональных данных и включение их в аттестационное дело В.А. Шараповой.

308015, Белгородская область, г. Белгород, ул. Победы, 85. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». Тел.: /4722/ 30-12-11.

E-mail: salishchev_g@bsuedu.ru

Личную подпись
удостоверяю
Специалист отдела
кадрового обеспечения
Управления
организационного и
кадрового обеспечения

