

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.345.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 27.10.2023 №11

О присуждении Галкину Владимиру Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научно-технологическая концепция формирования механических свойств деформированных металлических сплавов в условиях сложного нагружения на основе поэтапного структурно-деформационного анализа» по специальностям: 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, 2.6.4 – Обработка металлов давлением, принята к защите 26.06.2023 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.2.345.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д.24, приказ №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Галкин Владимир Викторович, 28 сентября 1951 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме "Изучение повреждаемости и разработка оптимальных технологий термомеханической обработки титановых сплавов ОТ4-1 и ВТ6С при производстве деталей летательных аппаратов" защитил в 1989 году в диссертационном совете, созданном на базе Горьковского политехнического института.

Галкин В.В. работает в должности доцента на кафедре «Машиностроительные технологические комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Соискатель Галкин Владимир Викторович в 2014 году окончил докторантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева».

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов» Института физико-химических технологий и материаловедения Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Пачурин Герман Васильевич работает профессором кафедры «Производственная безопасность, экология и химия» Института физико-химических технологий и материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Официальные оппоненты:

1. **Матюнин Вячеслав Михайлович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии металлов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

2. **Сарафанов Георгий Федорович**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией «Наноструктурные материалы и упрочняющие технологии», Институт проблем машиностроения РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова - Грехова Российской академии наук» (ИПМ РАН).

3. **Лавриненко Владислав Юрьевич**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии обработки материалов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук» (ИМЕТ РАН) г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Банных Игорем Олеговичем, доктором технических наук, ведущим научным сотрудником, заведующим лабораторией конструкционных сталей и сплавов и Кобелевой Людмилой Ивановной, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником, ученым секретарем коллоквиума Лаборатории пластической деформации металлических материалов, Лаборатории прочности пластичности металлических и композиционных материалов и наноматериалов и Лаборатории конструкционных сталей и сплавов, указала, что работа основана на результатах теоретического анализа и экспериментальных исследований, что дает основание считать представленный материал как законченную научно-квалификационную работу, содержащую научную, практическую новизну и перспективу расширения практического применения полученных результатов в производстве с экономическим эффектом. Диссертация соответствует требованиям, установленным п.п. 9-14 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней,

утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (в действующей редакции), а ее автор, Галкин Владимир Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и 2.6.4 – «Обработка металлов давлением». Результаты работы рекомендуются использовать на машиностроительных предприятиях, занимающихся изготовлением изделий процессами пластического деформирования (свободной ковкой, объемной холодной и горячей штамповкой, листовой формовкой и вытяжкой, продольной прокаткой) в условиях сложного нагружения, с требуемыми эксплуатационными свойствами из сталей аустенитного, ферритно-мартенситного классов, титановых сплавов, конструкционных углеродистых сталей.

Соискатель имеет более 155 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 68 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 28 работ, 9 публикаций, индексируемых в МБД Web of Science и Scopus, 9 патентов, авторских свидетельств и свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ, а также 3 монографии, материалы всероссийских и международных конференций.

Объем научных изданий с участием автора по теме диссертации составляет 31 печатный лист. Авторский вклад составляет 8,5 печатных листа. Все публикации относятся к области металловедения и обработки металлов давлением. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Галкин В.В.**, Гаврилов Г.Н., Дербенев А.А., Братухин А.В. Инженерные решения оценки механических свойств холоднодеформированных металлических материалов в условиях многоэтапной обработки: монография / **В.В. Галкин** [и др.]; НГТУ. – Н. Новгород, 2019. –100 с.
2. **Галкин, В.В.** Влияние повреждаемости структуры при многоэтапной холодной деформации на механические свойства малоуглеродистых и борсодержащих сталей / **В.В. Галкин**, А.А. Дербенев // Вестник машиностроения. – 2019. – №1. – С.32-38.
3. **Галкин, В.В.** Рекристаллизация аустенитной стали X18H10T при дробной горячей деформации / В.В. Галкин, А.Д. Рябцев, Г.Н. Гаврилов, Е.Г. Терещенко, А.В. Вашурин // Вестник машиностроения. – 2021. – №11. – С.78-83.
4. **Galkin, V. V.** Recrystallization of Austenitic Steel in Hot Fractional Deformation / **V.V. Galkin**, G.N. Gavrillov, A.D. Ryabtsev, E.G. Tereshchenko, A.V. Vashurin // Russian Engineering Research, 2022, Vol. 42, No 2 pp. 138 – 144.
5. **Galkin, V. V.** Investigation of Technological Possibility of Manufacturing Volumetric Shaped Ductile Cast Iron Products in Open Dies / **V.V. Galkin**, A.A. Kurkin, G.N. Gavrillov, I.O. Kulikov, E.O. Bazhenov // Materials.2023, 16, 274.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Гуревич Леонид Моисеевич, доктор технических наук, доцент,

- заведующий кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;
2. Алибеков Сергей Якубович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машиностроение и материаловедение» Поволжского государственного технологического университета»;
 3. Марковцев Владимир Анатольевич, доктор технических наук, генеральный директор АО «Ульяновский НИАТ»;
 4. Кокорин Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение и обработка металлов давлением» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»;
 5. Андриюшкин Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология конструкционных материалов и производства ракетно-космической техники» БГТУ «ВОЕНМЕХ»;
 6. Тарасова Татьяна Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» Московского Государственного Технологического университета «СТАНКИН»;
 7. Хилько Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПМ РАН), г. Н. Новгород;
 8. Курганова Юлия Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение» МГТУ им. Н.Э. Баумана;
 9. Белашова Ирина Станиславовна, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии конструкционных материалов» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета «МАДИ»;
 10. Коровин Владимир Александрович, Директор по производственному инжинирингу ООО «Объединенный инженерный центр», г. Н. Новгород;1
 11. Лисовская Ольга Борисовна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Материаловедение и основы конструирования» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
 12. Голенков Вячеслав Александрович, доктор технических наук, профессор руководитель научной школы при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. С.И. Тургенева».

Все отзывы положительные, отмечают актуальность проведенных исследований, новизну и адекватность полученных результатов, практическую значимость работы в областях металловедения и обработки металлов давлением. Во всех отзывах указывается, что автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

В качестве наиболее существенных критических замечаний и вопросов отмечается:

При построении обобщенных кривых деформационного упрочнения материалов для расчета интенсивности напряжений целесообразно строить тарифовочный график, вместо применения эмпирических выражений методики Г.Д. Деля. Повреждаемость сплава целесообразно оценивать не только по плотности микротрещин и чашечек на поверхности излома, но на более ранней стадии повреждаемости – по плотности пор, в частности для исследуемых титановых сплавов ОТ4-1 и ВТ6С. При исследовании механизмов залечивания пор следует рассматривать известные механизмы, которые реализуются путем их спекания при нагреве до высоких температур, выпадением вторичных и третичных фаз и образованием новых фаз в процессе фазовой перекристаллизации. При построении зависимостей рекристаллизации, имеющих несколько максимумов, следует выявлять причины их наличия, в частности для исследованной стали 14Х17Н2. При установлении зависимости циклической долговечности горячедеформированных металлических сплавов от размера зерна, в частности рессорной стали 50ХГФА, следует давать оценку общности этой связи для сталей других структурных классов и марок. Выбор технологических испытаний в условиях сложного нагружения необходимо объяснять с использованием показателя сложности пластического деформирования. Для объективной оценки изменения дефектности металлических сплавов в условиях сложного нагружения следует применять многоуровневый подход в структурных исследованиях. Решение задач оценки структурных изменений в зависимости от условий пластического деформирования необходимо подкреплять математическими выражениями. В работе недостаточно раскрыты практические рекомендации по применению разработанной научно-технологической концепции.

Из текста автореферата неясно преимущества разработанных программ для ЭВМ перед программными пакетами, имеющих модули расчета размера зерен. В автореферате: отсутствуют аналитические модели, описывающие реологические процессы при деформировании, в частности при изменении морфологии зерна при деформационном упрочнении; не приведена методика подсчета плотности микротрещин на поверхностях изломов; недостаточно подробно изложены закономерности деформационного упрочнения сталей ферритно-перлитного класса на переходах холодного объемного деформирования в силу отсутствия замера плотности дислокаций; при горячем дробном деформировании сталей аустенитного класса не приведена их связь с механическими свойствами, в том числе с ударной вязкостью. **Выбор официальных оппонентов** обосновывается их компетентностью и опытом работы в областях металловедения и обработки металлов давлением в условиях сложного нагружения, и подтверждается числом публикаций в

рецензируемых научных изданиях. Профессор, д.т.н., Матюнин В.М. является ведущим российским специалистом в области металловедения пластически деформированных металлов. Старший научный сотрудник, д.ф.м.н., заведующий лабораторией наноструктурных материалов и упрочняющих технологий филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова - Грехова Российской академии наук» (г. Н. Новгород) Сарафанов Г.Ф. представляет направление исследования прочности и пластичности металлических сплавов в условиях больших пластических деформаций. Заведующий кафедрой «Технологии обработки материалов», д.т.н., Лавриненко В.Ю. представляет научную школу МВТУ им. Э.Н. Баумана, которая в течении 150 лет занимается исследованиями материалов в условиях пластического деформирования и разработкой технологических процессов обработки металлов давлением.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук» (ИМЕТ РАН), (г. Москва) – ведущий российский образовательный научно-исследовательский центр, одним из приоритетных научных направлений работы которого являются исследования в областях производства. В структуру университета входят: Лаборатория пластической деформации металлических материалов; Лаборатория прочности и пластичности металлических композиционных материалов и наноматериалов; Лаборатория конструкционных сталей и сплавов. В лабораториях работают признанные специалисты по теме представленной диссертации, что подтверждается их публикациями за последние пять лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** научно-технологическая концепция формирования механических свойств деформированных металлических сплавов в различных температурно-скоростных условиях сложного нагружения, позволившая расширить границы применимости полученных результатов;
- **предложено** применение методологии исследований деформированных металлических сплавов в условиях сложного нагружения, основанной на методе поэтапной оценки изменения структурного состояния и формировании механических свойств с учетом накопленной степени деформации;
- **доказана** перспективность использования разработанной концепции для выявления структурных изменений деформированных металлических сплавов, определяющих формирование механических свойств изготавливаемых изделий различных отраслей машиностроительного производства;
- **введены** новые термины, такие как "зависимость рекристаллизации в координатах средний размер зерна – температура – интенсивность

деформации" применительно к условиям сложного, в том числе, много переходного деформирования.

Теоретическая значимость исследований обосновано тем, что:

- **доказаны**: методика построения обобщенных кривых деформационного упрочнения и способ построения зависимостей рекристаллизации металлических сплавов в условиях сложного нагружения, которые расширяют представления о исследуемых структурных изменениях применительно к условиям сложного нагружения и больших степеней деформации;
- **использован** комплекс существующих базовых методов в том числе численных методов, экспериментальных методик, а также разработанное программное обеспечение в виде трех программ для ЭВМ для количественного обсчета параметров микроструктуры и анализа структурно-механических характеристик металлических сплавов при многоэтапном пластическом деформировании; разработанная конструкция устройства для горячего испытания тонколистового металлического материала на двухосное растяжение методом выпучивания;
- **изложены** положения разработанных методик построения обобщенных кривых деформационного упрочнения и способа построения зависимостей рекристаллизации металлических сплавов для условий горячего сложного нагружения;
- **раскрыты** закономерности поэтапного изменения структурного состояния деформированных металлических сплавов различных классов в различных температурно-скоростных условиях сложного нагружения:
 - сталей ферритно-перлитного класса на переходах холодного объемного деформирования;
 - сталей аустенитного класса при горячем дробном деформировании;
 - тонколистовых титановых сплавов, деформированных в интервалах температур $(20 \div 900) \text{ } ^\circ\text{C}$ и скоростей деформации $(10^{-1} \div 10^{-3}) \text{ c}^{-1}$ в интервале жесткости напряженного состояния $\Pi=1 \div 2$;
 - рессорной 50ХГФА и аустенитной 12Х17Г9АН4 сталей в условиях горячей и теплой деформаций;
 - чугуна с шаровидным графитом в условиях горячего объемного деформирования.
- **изучены** связи изменения структурного состояния деформированных металлических сплавов различных классов в различных температурно-скоростных условиях сложного нагружения с формированием требуемых механических свойств:
 - сталей ферритно-перлитного класса на переходах холодного объемного деформирования с деформационным упрочнением;
 - сталей аустенитного класса при горячем дробном деформировании с ударной вязкостью;

- тонколистовых титановых сплавов, деформированных в интервалах температур $(20\div 900)^\circ\text{C}$ и скоростей деформации $(10^{-1}\div 10^{-3})\text{c}^{-1}$ в зависимости от жесткости напряженного состояния в интервале $\Pi=1\div 2$ с предельной пластичностью;
- рессорной 50ХГФА и аустенитной 12Х17Г9АН4 сталей, деформированных в условиях горячей и теплой деформаций с сопротивлением усталости;
- чугуна с шаровидным графитом в зависимости от схемы напряженного состояния с предельной пластичностью.
- **проведена модернизация** существующего алгоритма проведения испытаний и структурных исследований применительно к условиям сложного нагружения.

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

- **разработаны и внедрены** процессы изготовления тонколистовых изделий из титановых сплавов: горячей формовки и газо-компрессионной штамповки в керамических штампах листовых гофрированных панелей; глубокой вытяжки цилиндрических изделий с неравномерным электро-контактным нагревом заготовки;
- **определены** перспективы дальнейшей разработки темы исследования:
 - расширение числа обобщенных кривых упрочнения для оценки их возможного упрочнение и анализа стойкости инструмента при изготовлении изделий из металлических сплавов;
 - определение кинетики роста зерен на стадиях процесса рекристаллизации и построение зависимостей средней величины зерна от температуры и накопленной степени деформации, в том числе и после проведения отжигов с разной длительностью, для условий горячей дробной деформации сталей аустенитного и ферритно-мартенситного классов;
 - исследование и установление закономерностей структурообразования и формирования дефектности титановых сплавов, таких как ВТ14 и ВТ20, в условиях теплой и горячей деформации и «жесткого» нагружения и построение температурно-скоростных зависимостей предельной пластичности;
 - определение зависимостей предельной пластичности от показателя напряженного состояния малопластичных материалов, таких как чугун.
- **создана** информационная база проектирования процессов высадки крепежных изделий из малоуглеродистых и борсодержащих сталей, основанная на разработке методики построения обобщенных кривых деформационного упрочнения;
- **представлены** методические и практические рекомендации по технологическим режимам деформирования конструкционных углеродистых сталей и сталей аустенитного класса с целью расширения номенклатуры потенциальных кованных изделий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов

исследования, в частности для процессов холодной высадки крепежных изделий из малоуглеродистых и борсодержащих сталей и процессов свободнойковки конструкционных углеродистых сталей и сталей аустенитного класса;

– **теория** построена на известных данных и фактах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

– **использованы** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике: деформационному упрочнению, процессу рекристаллизации, сопротивлению усталости деформированных металлических сплавов;

– **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике в случаях, когда исследования структурных изменений выполнялись на деформированных материалах с малыми степенями деформации;

– **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, в частности использование программного комплекса DEFORM-3D для определения напряженно-деформированного состояния материала и разработанных специализированных программ для ЭВМ для микроструктурного анализа.

Личный вклад автора состоит в:

во включенном участии на всех участках процесса, непосредственном участии в получении исходных данных, выборе цели и постановке задач исследований, проведении теоретических исследований, личном участии в экспериментальных работах и обработке полученных результатов, проводимых автором на протяжении 37 лет, начиная с 1986г, личном участии в апробации полученных результатов и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: поставленные соискателем задачи исследования закономерностей накопления повреждаемости в деформируемых металлических сплавах в условиях сложного нагружения, не нашли должного отражения в научной новизне с позиции исследования структурных изменений на уровне субструктуры; в теоретической части не четко сформулировано математическое выражение расчета изменения дефектности в условиях много переходного холодного пластического деформирования и его отличие от выражения расчета дефектности, предложенного В.А. Скудновым; в сообщении не дан в полной мере ответ на вопрос, является ли размер зерна основной характеристикой, в частности структурным параметром, определяющим сопротивление усталости горячедеформированных металлических сплавов; отсутствуют исследования влияния текстуры деформации металлических сплавов в условиях горячего дробного деформирования, на сопротивление усталости; вызывает сомнения возможности использования разработанной технологии газо-компрессионной

штамповки для изготовления изделий в условиях крупносерийного производства.

Соискатель Галкин В.В. частично согласился с замечаниями и привел собственную их аргументацию. В дальнейшем все высказанные замечания и рекомендации будут тщательно проработаны и учтены в дальнейшей работе.

На заседании 27 октября 2023 года диссертационный совет принял решение – за новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых носит значительный вклад в развитие страны, а именно: за решение крупных металловедческих и технологических задач по повышению служебных свойств деформированных металлических сплавов при сложном нагружении присудить Галкину В.В. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них: 6 докторов наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов; 4 доктора наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением, участвовавших в заседании; из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 4 человека; проголосовали: за – 19, против - нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Леушин Игорь
Олегович

Нуждина Татьяна
Валентиновна

«27» октября 2023 г.