

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Егорова Максима Сергеевича на тему: «Научно–технологические принципы межчастичного сращивания спеченных и горячедеформированных порошковых сталей, модифицированных ультрадисперсными частицами» представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 22 октября 2024 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 24.06.2024 года, протокол №21.

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение и технологии металлов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ). Научный консультант - Еремеева Жанна Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол №21 от 24.06.2024г.) в составе:

1. Левашов Евгений Александрович, д-р техн. наук, заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директор Научно-учебного центра СВС МИСиС-ИСМАН (НУЦ СВС), НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Штанский Дмитрий Владимирович, д.ф-м.н., главный научный сотрудник НУЦ СВС, заведующий НИЦ «Неорганические наноматериалы», профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий, НИТУ МИСИС;
3. Петржик Михаил Иванович, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «In situ диагностика структурных превращений» НУЦ СВС, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий, НИТУ МИСИС;

4. Кирюханцев-Корнеев Ф.В. д-р техн. наук, заведующий лабораторией «In situ диагностика структурных превращений» НУЦ СВС, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий, НИТУ МИСИС;

5. Серов Михаил Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры 1101-Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;

6. Курганова Юлия Анатольевна, д-р техн. наук, профессор кафедры «Материаловедение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»;

7. Агеева Екатерина Владимировна, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологии материалов и транспорта» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет».

В качестве ведущей организации утвержден Государственный научный центр федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина») г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлены закономерности формирования структуры зоны межчастичного срачивания при деформировании порошковых сталей с добавками ультрадисперсных частиц, которое сопровождается возникновением субмикропор, обусловленным природой, формой и размерами частиц;

найденно, что в основе формирования структуры порошкового спеченного и горячедеформированного материала лежит трансформация межчастичной поверхности сращивания (МЧПС), содержащая включения второй фазы, субмикропоры и сегрегации легирующих и примесных элементов, в высокоугловую межзеренную границу;

выявлены стадии формирования при спекании и горячей штамповке внутрикристаллитного сращивания, определяемые соотношением значений движущей силы миграции и сил сегрегационного торможения миграции МЧПС.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

сформулированы основные требования к ультрадисперсным частицам, вводимым в состав порошковых сталей. Исследованы ультрадисперсные частицы различной природы, которые оказывают влияние на процессы формирования структуры и свойств как нелегированных, так и легированных порошковых сталей в процессе их получения: прессования, спекания, горячей штамповки;

установлено, что критерием формирования спеченных сталей является доля контактной поверхности с внутрикристаллитным сращиванием. При значении критерия более 85% проявляется локализованная деформация при растягивающих напряжениях, и наблюдаются участки вязкого разрушения. Для горячедеформированных сталей максимальные значения механических свойств достигаются при развитии внутрикристаллитного сращивания на всей контактной поверхности;

обнаружено влияние ультрадисперсных добавок (УДД) на кинетику фазовых превращений при термической обработке порошковых сталей. Наличие УДД влияет на температуру критических точек, длительность инкубационного периода распада аустенита, критическую скорость закалки, а уменьшение пористости снижает такое влияние;

получены закономерности протекания фазовых и структурных превращений в зоне межчастичного сращивания порошковых сталей при объемной деформации с последующей термической обработкой.

В основу проведенных автором научных исследований **положен системный подход** с использованием современных методов структурного анализа и математической обработки экспериментальных результатов, позволивший описать состояние материала в зоне сращивания на различных этапах уплотнения. **Установлены** закономерности формирования контактных поверхностей при уплотнении пористых материалов, что **расширило** понимание природы сращивания в условиях объемной деформации порошков.

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

разработана экономически эффективная технология производства изделий машиностроительного назначения из железных порошков различных систем легирования, являющаяся конкурентоспособной по отношению к традиционным способам их изготовления. Разработаны технологические инструкции **на процесс** получения изделия «Кольцо упорное» (ТИ № 245КУ–АВ–50–2023); **на процесс** изготовления «Втулки» средней опоры шнека подборщика кормоуборочного методом динамического горячего прессования стали (ТИ № ПЗ000–СС42049); **на процесс** изготовления «Синхронизатор С.22» первичного вала коробки передач» (ТИ № С22. ТМ78А411J).

разработаны режимы спекания материалов, обуславливающих формирование структуры зоны сращивания с долей контактной поверхности с внутрикристаллитным сращиванием, более 85%

определены технологические режимы горячей допрессовки пористых заготовок, модифицированных ультрадисперсными частицами нитрида кремния и оксида никеля, обеспечивающих формирование горячедеформированных сталей с внутрикристаллитным сращиванием на всей контактной поверхности без дополнительной пластической деформации

разработаны способы получения порошковой легированной смеси на основе железа содержащей никель, медь, молибден, углерод и ультрадисперсную добавку оксид никеля (Ноу-хау №1406–А зарегистрирован в ДГТУ 20.11.2023 года), способ повышения механических свойств порошковых сталей с ультрадисперсными добавками (Ноу-хау № 1490–А зарегистрирован в ДГТУ 08.12.2023 года), способ получения порошковой смеси на основе железного порошка ПЖРВ 2.200.26» с добавлением ультрадисперсных частиц нитрида кремния и оксида никеля с добавлением углерода (Ноу-хау №378 – А зарегистрирован в ДГТУ от 05.04.2024 года)

технология изготовления порошковых деталей **внедрена** на машиностроительных предприятиях Ростовской области АО «Клевер», ООО «ФОПРО-М», что подтверждается актами внедрения.

Материалы диссертационной работы также **внедрены** в учебный процесс ДГТУ по подготовке бакалавров по профилю «Материаловедение и технология металлов», «Металлургия черных металлов» и магистров по направлению 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» и 22.04.01 «Материаловедение и технологии получения и обработки металлических материалов со специальными свойствами».

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

Достоверность полученных результатов **основывается** на комплексном подходе к исследованию структуры и свойств порошкового материала, заключающемся в использовании аттестованных **методик и положений**, базирующихся на теории порошкового материаловедения и физики твердого тела. О достоверности результатов свидетельствует их успешная апробация в промышленных условиях, а также соответствие теоретическим и прикладным принципам порошковой металлургии.

Личный вклад соискателя состоит в обоснованности задачи исследования, выбор путей её решения, обработка данных, анализ

результатов, обобщение полученных закономерностей, формулирование выводов, подготовка статей в научных изданиях, документов по защите результатов интеллектуальной деятельности, технической документации, учебных пособий и программ. Все результаты и теоретические выводы, приведенные в диссертации, получены самим автором или при его непосредственном участии. Автор принимал непосредственное участие в экспериментах по горячей штамповке образцов, подбору технологических параметров спекания, термической обработки и внедрении технологии на машиностроительных предприятиях.

Основные научные результаты соискателя опубликованы в 48 печатных работах, из них 24 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, из которых 13 - в базах Web of Science/Scopus; 1 - патент, 2 - свидетельства о регистрации программы для ЭВМ; 3 – свидетельства о регистрации базы данных.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Егорова Максима Сергеевича соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС. Представленная диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения по получению спеченных и горячедеформированных сталей, модифицированных ультрадисперсными частицами, обладающих высоким уровнем физико-механических свойств и служебных характеристик, что подтверждено внедрением технологии в реальный сектор экономики.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, обладает внутренним единством, выводы и рекомендации достоверны и убедительны, результаты работы имеют теоретическую ценность и практическую значимость.

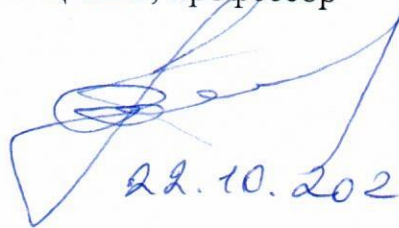
Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Егорову Максиму Сергеевичу ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 6 человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, голосовала: за 6, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии:

д.т.н., заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директор НУЦ СВС, профессор

Е.А. Левашов



22.10.2024