

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Логинова Павла Александровича на тему: «Создание комплексно-модифицированных многокомпонентных металлических связок для алмазного режущего инструмента с повышенными эксплуатационными характеристиками», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и состоявшейся в МИСИС 14 мая 2024 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 25 ноября 2024 года, протокол №24.

Диссертация выполнена в Научно-учебном центре самораспространяющегося высокотемпературного синтеза МИСИС-ИСМАН (НУЦ СВС) и на кафедре порошковой металлургии и функциональных покрытий (ПМиФП) МИСИС. Научный консультант – Левашов Евгений Александрович, д.т.н., директор НУЦ СВС, заведующий кафедрой ПМиФП МИСИС, профессор.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 24 от 25.11.2024) в составе:

1. Кудря Александр Викторович, д.т.н., профессор кафедры металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Блинков Игорь Викторович, д.т.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС;
3. Лаптев Александр Иванович, д.т.н., главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории сверхтвёрдых материалов НИТУ МИСИС;
4. Родин Алексей Олегович, д.ф.-м. н., профессор кафедры физической химии НИТУ МИСИС;
5. Рогачев Александр Сергеевич, д.ф.-м.н, профессор, г.н.с., зав. лабораторией № 13 «Динамика микрогетерогенных процессов», ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мерджанова Российской академии наук;
6. Серов Михаил Михайлович, д.т.н., профессор кафедры «1101-Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;
7. Курганова Юлия Анатольевна, д.т.н., профессор кафедры «Материаловедение», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция повышения эксплуатационных характеристик алмазного инструмента для резки труднообрабатываемых материалов путем комплексного модифицирования (механохимического легирования) металлических связок на основе системы Fe-Ni различными видами нанодисперсных добавок в процессе высокоэнергетической механической обработки (ВЭМО), позволившая выявить новые закономерности фазо- и структурообразования дисперсных и упрочняющих вторичных фаз

на границе раздела «металл-алмаз», повышающих прочность закрепления алмаза и обеспечивающих высокий уровень служебных характеристик алмазного инструмента,

разработана новая экспериментальная методика количественного определения прочности сцепления металлических связок с алмазным монокристаллом путем *in situ* испытаний на растяжение ламелей со структурой «металл-алмаз» в колонне просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ), позволившая увеличить прочность сцепления с 50-110 МПа для связки Fe-Co-Ni до 200 МПа при плакировании алмаза карбидом вольфрама и до 460 МПа при легировании связки из высокоэнтропийного сплава CoCrFeNi карбидообразующими элементами (хромом и титаном).

показана возможность повышения скорости сверления на 50 – 120 %, работы инструмента в режиме самозатачивания при сухой обработке железобетона в отсутствии охлаждающих жидкостей, при использовании в составе связки порообразующих добавок – корундовых микросфер и графитовых гранул.

доказана перспективность и эффективность практического использования алмазного инструмента, содержащего в качестве сверхтвёрдого компонента связки комбинацию алмаза и cBN, в производстве отрезных сегментных кругов и канатных пил для резки массивных изделий из чугуна (Патент РФ № 2487005, 2013 г.).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **экспериментально доказано**, что введение в связку Fe-Co-Ni в процессе ВЭМО хрома и гидрида титана (7 и 3 % соответственно) приводит к повышению адгезии связки к алмазу, предела прочности при изгибе с 1980 до 3220 МПа и росту износостойкости на порядок за счет образования в спеченных алмазосодержащих материалах на границе раздела «металл-алмаз» промежуточных слоев на основе карбидов TiC и Cr₃C₂.

- **применительно к проблематике диссертации, результативно** и с получением обладающих новизной результатов, **использован комплекс** аналитических методов исследования, включая методы *in situ* ПЭМ, а также базовых методов исследования фазового состава и структуры: рентгенофазовый анализ, спектроскопию комбинационного рассеяния света, сканирующую электронную микроскопию.

- **изложены** закономерности влияния меди на фазовый состав и структуру сплавов CoCrCu_xFeNi: образование при горячем прессовании вторичной фазы твердого раствора на основе меди с ГЦК структурой, что приводит к подавлению рекристаллизационных процессов и снижению среднего размера зерен с 1,07 до 0,07 мкм.

Методом ПЭМ высокого разрешения при *in situ* наблюдениях за процессами деформации и разрушением сплава CoCrCuFeNi **установлено**, что пластическая деформация локализуется в основном в зернах вторичной фазы твердого раствора на основе меди при концентрации в сплаве 9 ат. %, превышение которой приводит к снижению механических свойств сплава.

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

Разработаны технологические инструкции ТИ 01-02066500-2024 «Производство сегментов алмазных с многокомпонентной металлической связкой для изготовления алмазных отрезных сегментных кругов и алмазных сверл, используемых для резания и сверления бетона и железобетона» и ТИ 02-02066500-2024 «Производство сегментов алмазных с высокоэнтропийной связкой для изготовления алмазных сверл, используемых в процессах сверления железобетона без подачи охлаждающей жидкости».

Разработаны и внедрены в ООО «ТД Кермет» технологические процессы производства алмазного инструмента, включающие операцию высокоэнергетической

механической обработки порошковой шихты в планетарной центробежной мельнице для повышения ее технологических свойств и расширения номенклатуры используемых порошков и составов сплавов (Акт внедрения от 27 сентября 2024 г.).

По результатам проведенных там же испытаний кольцевых алмазных сверл со связками на основе сплава Fe-Ni-Mo и сплава CoCrCuFeNi (с добавкой полых корундовых микросфер) по обработке железобетона, показана возможность уменьшить удельный износ сегментов на 41 % (с 0,27 до 0,16 мм/м) при одинаковом уровне скорости сверления (3,22 – 3,28 см/мин) и повышения скорости сверления в 3 раза, работы инструмента в режиме самозатачивания соответственно (Акты производственных испытаний от 27 и 13 сентября 2024 г.).

На предприятии АО «Таганрогский металлургический завод» внедрение алмазных отрезных сегментных кругов со связкой CoCrCuFeNi и порообразующей добавкой в виде полых корундовых микросфер, позволило на 25 % увеличить скорость резания высокопрочных труб из стали типа 13С (по сравнению с резкой маятниковой пилой).

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

Для экспериментальных исследований и испытаний использовано современное технологическое, испытательное и аналитическое оборудование, аттестованные методики и сертифицированные средства измерений. Полученные результаты согласуются с известными данными в литературе по рассматриваемой тематике.

Личный вклад соискателя состоит в обосновании актуальности, цели и направления исследований, формулировке задач и путей их решения. Автор принимал участие на всех этапах выполнения работы, включая участие в испытаниях более 30 опытных партий алмазного инструмента с разработанными металлическими связками. Соискатель представил 33 печатные работы, из которых 25 работ в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ по специальности диссертации, имеется 3 патента Российской Федерации, зарегистрировано 1 ноу-хау.

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

Диссертация Логинова П.А. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, т.к. в ней изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения задачи, связанной с изготовлением алмазного инструмента различного назначения с повышенными служебными характеристиками для строительной и обрабатывающей отраслей промышленности РФ.

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 Логинову Павлу Александровичу 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 7 человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 7, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

А.В. Кудря
14.05.2025