

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.2.039.02 (Д999.122.02)

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____
решение объединенного диссертационного
совета от 02.12.2022 г. № ____

О присуждении Жадяеву Александру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение трещиностойкости твердых сплавов в производстве буровых шарошечных долот» по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите 26 сентября 2022 г. (протокол заседания № 11), объединенным диссертационным советом 99.2.039.02 (Д999.122.02), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки Российской Федерации, 443100, Самара, Молодогвардейская 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки РФ №45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Жадяев Александр Александрович, 27.10.1993 года рождения, в 2018 году с отличием окончил очную магистратуру по направлению «Материаловедение и технологии новых материалов», в 2022 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» по направлению «Технологии материалов», научная специальность «Материаловедение (машиностроение)». В период подготовки диссертации Жадяев А.А. работал в должности инженера-технолога 1 категории, а с ноября 2021 года и по настоящее время в должности ведущего инженера-технолога в металлургическом цехе АО «Волгабурмаш», г. Самара.

Диссертация выполнена на кафедре «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Амосов Александр Петрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», кафедра «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

- Дорофеев Владимир Юрьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Ростовская область, г. Новочеркасск, кафедра «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование», профессор.

- Оглезнева Светлана Аркадьевна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, научный руководитель Научного центра порошкового материаловедения, кафедра «Механика композиционных материалов и конструкций», профессор.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), г. Москва, в своем положительном отзыве, утвержденным Филоновым Михаилом Рудольфовичем, д.т.н., профессором, проректором по науке и инновациям, подписанным Левашовым Евгением Александровичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директором Научно-учебного центра (НУЦ) СВС, Бычковой Мариной Яковлевной к.т.н., ученым секретарем той же кафедры, научным сотрудником НУЦ СВС, указала, что в работе изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки по повышению трещиностойкости твердых сплавов в производстве буровых шарошечных долот, имеющие существенное значение для развития страны.

Заключение содержит следующие замечания: автор не объясняет, почему в качестве добавки использовался Cr_3C_2 марки КХНП2 а не другой марки; при исследовании влияния дефектов твердого сплава (ТС) не рассмотрена возможность их определения методом магнитного насыщения; при анализе влияния технологических параметров на свойства ТС исследование проводилось на одной марке сплава, а не на трех; не проведено исследование влияния на свойства ТС одновременного изменения нескольких параметров спекания; не завершена работа по созданию серийных градиентных сплавов; автором не проводилось сравнительное исследование стойкости буровых долот, оснащенных импортными зубками и зубками производства АО «Волгабурмаш».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 в изданиях, индексируемых БД Scopus и WoS. Вклад соискателя: постановка целей и задач, участие на всех этапах исследования, личное проведение анализов и измерений физико-механических свойств, интерпретация результатов и формулировка всех основных положений и выводов.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Жадяев, А.А. О применении твердых сплавов различных производителей в производстве буровых шарошечных долот / А.А. Жадяев, Д.А. Захаров // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. - 2022. - №3(16). - С. 78-87.

2. Жадяев, А. А. Физико-механические свойства твердосплавного вооружения буровых шарошечных долот с типичными для сплава WC-Co неоднородностями структуры / А.А. Жадяев // Научно-технические технологии в машиностроении. - 2022. - № 6. - С. 3-11.

3. Захаров, Д.А. Пути повышения качества твердосплавного вооружения буровых долот / Д.А. Захаров, А.А. Жадяев // *Металлургия машиностроения*. – 2020. - №5. – С. 32-36.

4. Zhadyaev, A.A. Comparative analysis of the effect of defects in the microstructure of a hard alloy on crack resistance / A.A. Zhadyaev, D.A. Zakharov, A.P. Amosov // *AIP Conference Proceedings*. – 2022. – Vol. 2467. – No. 020063.

5. Zhadyaev, A.A. Comparative analysis of physical and mechanical properties of hard alloy products depending on the synthesis mode / A. A. Zhadyaev, D. A. Zakharov, A. P. Amosov, V.A. Novikov // *AIP Conference Proceedings*. - 2021. – Vol. 2402. – No. 20056.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В отзыве официального оппонента **Дорофеева В.Ю.** указаны следующие основные вопросы и замечания: Научная новизна изложена декларативно и кратко, сущность установленных автором явлений не раскрыта. При изложении методик проведения экспериментов автор проводит исследования лишь применительно к одному сплаву ВК10С, добавление легирующего компонента к сплаву ВК15С, а не ко всем сплавам, представленным в работе. При анализе англоязычных литературных источников, присутствует некорректный перевод термина «cemented carbide», который переводится как «металлокерамический твердый сплав» или сокращенно «твердый сплав». Отсутствует объяснение зависимости трещиностойкости ТС от содержания пластификатора. При обсуждении влияния неоднородности микроструктуры на физико-механические свойства сплава ВК15С автор не раскрывает сущности протекающих процессов, приводящих к снижению значений изучаемых свойств.

В отзыве официального оппонента **Оглезнева С.А.** сформулированы следующие замечания: Не ясно, как повлияла работа по измельчению порошковой смеси ВК10С на изменение химического состава и улучшение однородности структуры твердого сплава. Исследование проводилось только на одной марке сплава? Чем обусловлен выбор карбида хрома и его концентрация? Исследовано и подробно изучено влияние различных условий спекания, какие условия спекания признаны оптимальными для исследованных марок материалов? Необходимо пояснить зависимости твердости и вязкости разрушения сплава ВК10С от условий спекания. Значения экспериментальных данных приведены без статистической обработки, отсутствуют подписи осей и единицы измерения, что затрудняет анализ данных.

На автореферат поступили 9 отзывов от:

Л.М. Гуревича, д.т.н., доц., зав. кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (г. Волгоград); И.Р. Кузеева, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Технологические машины и оборудование», В.А. Гафаровой, к.т.н., доц. этой же кафедры, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа); А.А. Ситникова, д.т.н., проф., директора производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (г. Барнаул); А.А. Мельникова, к.т.н., доц. кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара); А.Н. Володченко, д.т.н., доц., проф. кафедры теоретической и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (г. Белгород); М.В. Безменова, главного

инженера проектов, В.В. Яценко, к.т.н., заместителя главного инженера – начальник управления проектных работ АО «Институт по проектированию и исследовательским работам в нефтяной промышленности «Гипростокнефть» (г. Самара); И.М. Ковенского, д.т.н., проф., проф. кафедры «Материаловедение и технология конструкционных материалов», ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, (г. Тюмень); С.Я. Алибекова, д.т.н., проф., зав. кафедрой машиностроения и материаловедения, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технический университет» (г. Йошкар-Ола); В.В. Савина, д.ф.-м.н., проф., зав. лабораторией физического материаловедения Образовательного-научного кластера «Институт высоких технологий», ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (г. Калининград);

В замечаниях указано: Краткость изложения положений научной новизны, что затрудняет понимание, какие именно получены новые методики, технологии, результаты; Результат научных исследований сформулирован не совсем правильно. Необходимо было опереться на результаты, представленные в выводах, которые показывают, что поставленные задачи решены, а цель достигнута; Не указывается, что происходит с материалом с увеличением выше выбранного времени размола в 9 часов и за счет чего обеспечивается требуемая твердость и трещиностойкость? В автореферате отсутствуют иллюстрации, показывающие изменение микроструктуры материала в результате влияния условий спекания (глава 5); Отсутствует анализ пористости сплава ВК6С и ее влияния на эксплуатационную стойкость зубков. Отсутствуют результаты по исследованию стойкости ТС к истиранию и удару; В автореферате апробация результатов объединена в один пункт со степенью достоверности, которая не отражена. О каких конкретно процессах идет речь в научной новизне (п.4) позволяющих нормализовать микроструктуру и повысить свойства серийных ТС; В автореферате отсутствуют данные о статистике поломок буровых долот, что не дает возможность сделать заключение о масштабе проблемы и ценность внедрённых результатов диссертации. В разделе исследований зубков отработанных долот, требуется уточнения, в каких условиях работали сравниваемые долота, и могли ли эти условия оказать влияние на результат анализа физико-механических свойств и трещиностойкости (забойное давление, температура, твердость пород); Не указана ошибка измерений свойств и не все указанные значения в системе СИ; Не оговорены условия получения гранулированного твердосплавного порошка.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а её автор – Жадяев А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области разработки новых порошковых высокопрочных и твердосплавных материалов, используемых в машиностроении и буровой промышленности, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследования соискателя, а также наличием в ведущей организации диссертационного совета по данной научной специальности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** новая экспериментальная методика, позволившая установить зависимость трещиностойкости вольфрамокобальтовых твердых сплавов от дефектов микроструктуры;

- **предложены** оригинальные суждения о влиянии технологических параметров производства на микроструктуру и трещиностойкость вольфрамокобальтовых твердых сплавов буровых шарошечных долот, позволяющие повысить свойства сплавов.

- **доказана** перспективность использования в практике анализа трещиностойкости твердых сплавов для прогнозирования свойств изделий, а также для принятия решений об использовании покупных твердосплавных зубков и гранулированных порошковых смесей в производстве;

- **введены** новые понятия о взаимосвязи трещиностойкости и дефектов микроструктуры вольфрамокобальтовых твердых сплавов;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** эффективность предложенного метода исследования трещиностойкости, как одного из основных способов оценки эксплуатационных свойств твердого сплава;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых и современных методов исследования, экспериментальных методик с использованием аналитического подхода, что позволило получить новые научные и практические результаты при анализе трещиностойкости вольфрамокобальтовых твердых сплавов;

- **изложены** условия, не допускающие появления в серийных изделиях критических дефектов η -фазы и свободного углерода;

- **раскрыто** влияние технологических режимов производства на трещиностойкость, физико-механические свойства и микроструктуру твердого сплава;

- **изучено** влияние регулирования углеродного баланса в сплаве за счет нормализующего режима спекания в различных условиях на повышение трещиностойкости твердосплавных зубков.

- **проведена модернизация** алгоритмов оценки трещиностойкости твердого сплава в условиях производства буровых долот, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации;

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

- **разработана и внедрена** технология производства пресс-оснастки с меньшим диаметром, что позволило: снизить нормы расхода дорогостоящих материалов - порошков карбида вольфрама и кобальта на 2-3%, повысить ресурс шлифовальных кругов станков на 25%, снизить трудоемкость изготовления продукции;

- **определены** оптимальные режимы изготовления твердосплавных изделий, обеспечивающие снижение количества дефектов до минимума, требуемую структуру и уровень физико-механических и эксплуатационных свойств;

- **созданы** рекомендации по оценке качества вольфрамокобальтовых твердых сплавов с учетом исследования трещиностойкости и дальнейшему выбору оптимальных режимов производства;

- **представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию процесса изготовления твердосплавных зубков, обладающих повышенной трещиностойкостью;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для **экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием аттестованных методов и методик, с применением современного программного обеспечения;

- **теория** построена на известных данных о микроструктуре и трещиностойкости вольфрамкобальтовых твердых сплавов в производстве буровых шарошечных долот и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

- **идея базируется** на анализе практики использования применяемых в производстве и предложенных в ходе выполнения диссертационной работы твердых сплавов;

- **использованы** результаты экспериментальных исследований предложенной технологии изготовления вольфрамкобальтовых изделий для сравнения с имеющейся на производстве;

- **установлено** качественное и количественное совпадение полученных экспериментальных и теоретических результатов между собой и с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в постановке целей и задач, определяющих научную новизну и практическую значимость работы; участии на всех этапах процесса исследования по повышению трещиностойкости твердых сплавов в условиях производства; в непосредственном участии в проведении подготовки и исследованию образцов, в измерениях, интерпретациях результатов и формулировке всех основных положений; непосредственном участии в подготовке всех основных опубликованных работ по результатам диссертации выполненных в творческих коллективах, что отражено в составе авторов опубликованных работ.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1) Что является источником трещин в твердом сплаве? Какие-то дефекты, включения, поверхности разделов? Каков характер распространения трещины в твердом сплаве? 2) На предприятии ранее использовался качественный метод определения стойкости зубков к циклическому удару и истирающей нагрузке, почему вы не использовали его в своей работе? 3) Вы проводили работу, по попытке обезуглеродить поверхностный слой сплава. Каково содержание углерода в сплаве? Для чего проводилась данная работа? 4) При изображении микроструктуры образцов, вы говорите, о обнаруженных в результате металлографического анализа поверхности дефектах и порах. Однако при изготовлении шлифов могут возникать выкашивания или дефекты, не связанные с объемными дефектами во всем материале, и вы будете делать неверные выводы. Проводилась ли дополнительная проверка объемной пористости? 5) На представленных фотографиях отработанных долот, не понятно, сколько по времени данное долото использовалось, и что стало причиной выхода из строя инструмента? Ставилось ли целью диссертации исследование влияния среды бурения на долото?

Соискатель Жадяев А.А. ответил на высказанные в ходе заседания замечания и привел собственную аргументацию: 1) Образование трещины в твердом сплаве обусловлено наличием неравномерного распределения кобальтового связующего и прочих дефектов микроструктуры, таких как: крупные кристаллы, скопление кристаллов и поры, которые в результате нагрузки или физического воздействия на сплав приводят к образованию трещины и дальнейшему разрушению изделия. Распространение трещины происходит в основном по межфазной области, по связке. 2) На данный момент оборудование по

определению стойкости к циклическому удару на предприятии не функционирует, а проведение данных исследований в сторонних организациях не представлялось возможным. 3) Содержание общего углерода в серийных твердых сплавах производства АО «Волгабурмаш» находится в диапазоне от 5,17 до 5,80 % масс. Обезуглероживание поверхности твердосплавных зубков проводилось с целью создания более вязкого поверхностного слоя, чтобы повысить трещиностойкость и препятствовать сколу. 4) Да, дополнительный объемный контроль пористости производился методом определения плотности гидростатическим взвешиванием по ГОСТ 20018-74, который в случае отклонений значения плотности от стандартов предприятия свидетельствовал о наличии пор в объеме образца. 5) Оба долота эксплуатировались на одном и тоже нефтегазовом месторождении с одинаковыми условиями бурения, приведенными в диссертационной работе. Так как на обеих шарошках твердосплавное вооружение целое, можно сделать вывод, что выходом из строя инструмента является заклинивание или выход из строя узлов трения: опоры, подшипника и т. д., а не зубков. Исследование по влиянию среды бурения на долото не проводилось.

На заседании 02 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Жадяеву Александру Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки, направленные на повышение трещиностойкости твердых сплавов в производстве буровых шарошечных долот и имеющие существенное значение для развития страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18 против 0.

Председатель диссертационного
совета 99.2.039.02 (д. 999.122.02)



Клебанов Яков Мордухович

Секретарь диссертационного
совета 99.2.039.02 (д. 999.122.02)

Луца Альфия Расимовна

02 декабря 2022 г.