

ОТЗЫВ

официального оппонента Быковой Алины Дмитриевны
на диссертационную работу Хорева Василия Андреевича
«Антифрикционные композиционные материалы для эксплуатации в
экстремальных условиях трения»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.17. Материаловедение

Актуальность работы

Развитие горнодобывающей промышленности, транспорта, энергетики и многих других отраслей предъявляет повышенные требования к эксплуатационным характеристикам современных силовых установок и агрегатов, к их надежности и эффективности. Для обеспечения данных требований, в зависимости от условий эксплуатации, необходимо подбирать оптимальные материалы пар трения. Отдельной важной задачей является обеспечение работоспособности пар трения в условиях сухого и граничного трения, в том числе в условиях высокоскоростного трения, которая недостаточно освещена в открытых литературных источниках.

Диссертационная работа Хорева В.А. посвящена актуальной теме научного обоснования выбора материалов пар трения на основе исследования трибологических свойств антифрикционных композиционных материалов в условиях высокоскоростного и высоконагруженного сухого трения.

В настоящее время в стране крайне актуальна проблема импортозамещения, в частности, в области технологии длинномерного осевого режущего инструмента. Автором диссертационной работы предложена конструкция формирующего оборудования, позволяющая получать длинномерные заготовки твердосплавных стержней с внутренними каналами для подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Научная новизна

Хоревым Василием Андреевичем впервые определены коэффициенты трения и скорость изнашивания изотропного пиролитического углерода (ИПУ) в условиях сухого трения при скоростях, превышающих 70 м/с. С использованием метода рамановской спектроскопии диссертантом выявлена природа дефектов кристаллической структуры изотропного пиролитического углерода и определено влияние степени ее совершенства на физико-механические и трибологические свойства ИПУ. Автором работы показано, что введение добавки малозольного графита в твердосплавную систему WC-Ni увеличивает несущую способность пары трения более чем в два раза при смазке водой и в восемь раз длительность периода сохранения работоспособности в режиме сухого трения.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке методики трибологических испытаний при повышенных скоростях до 125 м/с и нагрузках до 60 Н. Также разработана конструкция устройства для формования методом экструзии длинномерных заготовок твердосплавного режущего инструмента с внутренними винтовыми каналами, на которую получен патент на полезную модель RU 221444 U «Устройство для формования методом экструзии стержневых заготовок с внутренними винтовыми каналами».

Практическую значимость исследования, выполненного Хоревым В.А., подтверждает акт о внедрении методики на предприятии ООО «Вириал».

Достоверность научных положений, результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе, обеспечивается использованием стандартных методик и аттестованного оборудования, комплексным применением современных методов физико-химического и материаловедческого анализа – рентгенофазового, спектроскопического, оптической и электронной микроскопии, компьютерного анализа изображений, корректным обсуждением полученных данных. Обработка результатов экспериментов проводилась в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011.

Достоверность полученных результатов подтверждается согласованностью и воспроизводимостью результатов проведенных экспериментальных исследований, соответствием теоретических обоснований и многочисленных экспериментальных данных, обработкой их методами математической статистики и соответствием современному уровню знаний в исследуемой области науки.

Структура диссертации:

Работа представляет собой законченное исследование, состоит из введения, шести глав, заключения, списка цитируемой литературы из 89 наименований и пяти приложений.

Во введении обоснованы актуальность, определены цель и задачи диссертационной работы, дана ее краткая характеристика, представлены выносимые на защиту положения.

В первой главе представлен анализ литературных сведений о современном состоянии и основных направлениях исследований в области трибологических свойств и методик испытаний антифрикционных композиционных материалов. Охарактеризованы используемые и перспективные углеграфитовые и твердосплавные материалы для применения в различных условиях трения. Рассмотрены триболого-технологические аспекты процесса формования длинномерных абразивных заготовок методом экструзии. Диссертантом отмечена недостаточная изученность трибологических свойств современных углеродных антифрикционных материалов, в частности изотропного пиролитического

углерода, необходимость поиска путей повышения работоспособности твердосплавных подшипников в условиях граничного и сухого трения.

Во второй главе перечислены и охарактеризованы использованные в работе методы исследования, регламентированные отечественными и международными стандартами, а также такие методы, как оптическая микроскопия, электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, спектроскопия комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия).

В третьей главе содержится описание объектов исследования: представлены микроструктуры изотропного пиролитического углерода различной плотности и антифрикционного графита АТГ-С, приведен состав твердого сплава с углеродными добавками, указаны составы формовочных масс на основе ВК10 для изготовления длинномерных заготовок режущего инструмента.

Четвертая глава посвящена разработке конструктивных и методических решений для проведения трибологических испытаний. В результате проведенной автором модернизации имеющихся на ООО «Вириал» установок создан комплекс испытательного оборудования для проведения трибологических испытаний, позволяющий оценивать характеристики материалов при высоких скоростях или высоких нагрузках. Предложенные автором конструктивные решения обеспечили равномерную передачу на образец усилия обжатия и более точную центровку образца. Также удалось минимизировать уровень вибраций при высоких скоростях вращения, что позволило добиться стабильности и воспроизводимости результатов измерений при скоростях до 125 м/с. Коэффициент вариации сигнала не превышал 10 %.

Важно, что диссертант дал метрологическую оценку результатов измерения трибологических характеристик, что послужило основанием для включения в технологический процесс производства изделий из изотропного пиролитического углерода операции контроля трибологических свойств в условиях сухого трения при скоростях до 125 м/с.

Приведены результаты исследования процессов формования длинномерных заготовок твердосплавного режущего осевого инструмента методом экструзии пластичных масс. Поскольку процесс экструзии масс, содержащих абразивные компоненты, сопровождается интенсивным износом внутренних поверхностей экструдера, необходимо уменьшить коэффициент трения между формовочной массой и поверхностью деталей экструдера. Так как непосредственное измерение указанного показателя в условиях экструзии затруднительно, диссертантом обоснован и успешно применен метод его оценки по величине усилия при экструзии и виду диаграммы «нагрузка – перемещение массы» с использованием специально сконструированного модельного экструдера. На основе полученных данных определено оптимальное сочетание технологических параметров,

обеспечивающее получение бездефектных, недеформирующихся заготовок, пригодных для дальнейших технологических операций.

На основании проведенных опытов разработана конструкция устройства для формования методом экструзии стержневых заготовок с внутренними винтовыми каналами, на которую получен патент на полезную модель.

В пятой главе приведены результаты исследования трибологических свойств углеграфитовых композиционных материалов.

Основное внимание автор уделит измерению трибологических характеристик изотропного пиролитического углерода (ИПУ) при скоростях трения 125 м/с в зависимости от плотности. Впервые показано, что коэффициент трения ИПУ не зависит от плотности, в то время, как скорость изнашивания материала снижается в пять раз при повышении его плотности от 1,84 до 2,11 г/см³. Значительный теоретический и практический интерес представляют результаты анализа спектров комбинационного рассеяния монохроматического излучения изотропного пиролитического углерода. Показано, что с ростом плотности ИПУ увеличивается степень совершенства его структуры, а также выдвинуто предположение о наличии в структуре изотропного пиролитического углерода дефектов в виде кластеров sp^3 -гибридных атомов углерода. Получены регрессионные модели зависимостей физико-механических свойств ИПУ (твердости, плотности и скорости изнашивания) от степени совершенства его структуры.

Сравнительное исследование трибологических характеристик антифрикционных углеграфитовых материалов АТГ-С и ИПУ показало, что изотропный пиролитический углерод имеет в 1,5 раза более низкий коэффициент трения и до 6,5 раз более высокую сопротивляемость износу, чем АТГ-С.

Шестая глава содержит результаты изучения трибологических свойств антифрикционных композиционных материалов на основе твердого сплава ВН20 в условиях трения при высоких нагрузках.

Хорев В.А. показал, что добавка малозольных графитов оказывает положительное влияние на трибологические характеристики никельсодержащего твердого сплава ВН20, повышая несущую способность пары трения в присутствии водной смазки и до восьми раз увеличивая продолжительность периода сохранения работоспособности твердосплавных подшипников скольжения в условиях сухого трения. Сочетая методы трибологического исследования и изучения микроструктуры трущихся поверхностей, автор работы установил, что при наличии смазки графитовая добавка не участвует в процессе трения напрямую, так как частички графита удаляются из зоны трения смазочной средой. В условиях сухого трения добавка графита распределяется по поверхности трения тонким слоем и выступает в качестве твердой смазки. Полученный результат

принципиально важен для снижения ущерба, например, при внезапных остановках насосов нефтедобычи.

В заключении сформулированы основные выводы из диссертационной работы, которые свидетельствуют о достижении поставленной цели и решении задач исследования.

Автореферат и публикации автора в достаточной мере отражают содержание диссертации.

По диссертационной работе Хорева Василия Андреевича имеются следующие вопросы и замечания:

1. В тексте работы не объяснена причина увеличения работоспособности твердого сплава ВН20 при введении добавок графита до восьми раз при том, что коэффициент трения сплава ВН20 не зависит от присутствия добавки графита в твердом сплаве, согласно результатам таблицы 11.

2. Не указано, какое контртело использовалось для трибологических испытаний колец из твердого сплава ВН20 (в случаях без и с введением добавок графита). Можно предположить, что в паре трения использовались кольца из одинаковых материалов, однако такие моменты требуется указывать конкретно.

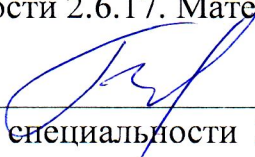
3. В таблице 11 демонстрируются результаты трибологических испытаний твердых сплавов, где представлено время работоспособности пар трения. Что являлось критерием разрушения материалов в процессе трения и как данный параметр определялся?

4. В тексте работы приводятся изображения поверхности материалов после трибологических испытаний, на которых можно наблюдать продукты износа (например, рисунок 48). Рационально было бы подтвердить наличие и распределение включений графита (или иных частиц износа) посредством элементного химического анализа, в противном случае рассуждения автора являются предположением.

5. Считаю избыточным и ненужным наличие в тексте диссертационной работы достаточно объемного Приложения А «Краткие сведения о трибологии», содержащего определения таких базовых и общеизвестных терминов как «трение», «сила трения», «коэффициент трения», «износ», «антифрикционные материалы» и т.д., а также другой общеизвестной информации (основные виды и модели изнашивания, основные схемы контакта в узлах трения, виды трибологических испытаний). При необходимости данные сведения можно было отразить в более кратком виде в Главе 1 «Аналитический обзор» со ссылкой на источники.

Считаю, что отмеченные недочеты не влияют на общий вывод о том, что диссертация Хорева Василия Андреевича на тему «Антифрикционные композиционные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях трения», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук,

является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны и в целом соответствует критериям, изложенным в п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (с изменениями и дополнениями), а её автор – Хорев Василий Андреевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Официальный оппонент:  Быкова Алина Дмитриевна, кандидат технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, старший научный сотрудник лаборатории технической керамики Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» им. И. В. Горюнина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

191015, Санкт-Петербург, Шпалерная ул., д. 49.

Телефон: +7 921 404 13 99

Электронная почта: bykova.ad@gmail.com

27.05.2025

дата

Подпись официального оппонента Быковой Алины Дмитриевны заверяю:

Ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт» –
ЦНИИ КМ «Прометей», к.т.н., доцент




Подпись

Бобкова Т.И.