

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по науке и инновациям
НИТУ МИСИС

М.Р. Филонов
2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» 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

1. Актуальность темы выполненной работы.

Выполненная Хоревым В. А. работа имеет целью на основе исследования трибологических свойств перспективных антифрикционных углеграфитовых и твердосплавных материалов в экстремальных условиях трения, а именно: сухого и граничного трения при скоростях до 125 м/с и нагрузках до 60 Н или при нагрузках до 5500 Н и низких (до 10 м/с) скоростях, высоких температур в зоне трения, сформулировать требования к их основным характеристикам применительно к условиям эксплуатации.

В настоящее время в качестве наиболее перспективных антифрикционных материалов, обладающих необходимыми характеристиками для обеспечения работоспособности узлов трения высокоскоростных силовых агрегатов, рассматриваются углеграфитовые композиционные материалы, в том числе изотропный пиролитический углерод (ИПУ). В открытых литературных источниках отсутствуют сведения о трибологических свойствах данных материалов в условиях высокоскоростного сухого трения.

Важной задачей является сохранение работоспособности оборудования при воздействии высоких нагрузок, агрессивных и абразивосодержащих сред в процессе выхода агрегата на рабочий режим, а также в аварийных и нештатных ситуациях. В этих условиях многие применяемые материалы, в том числе твердые сплавы, оказываются неработоспособными, что приводит к выходу из строя дорогостоящего оборудования. Один из путей решения вышеуказанной задачи - разработка составов антифрикционных композиций с увеличенным сроком жизнеспособности в условиях граничного и сухого трения.

В настоящее время отечественное машиностроение испытывает потребность в длинномерном твердосплавном осевом режущем инструменте. Для обеспечения требований точности и долговечности длинномерного режущего инструмента необходимо решение проблем абразивного износа формующего оборудования и обеспечения подачи смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания.

Исходя из сказанного и с учетом того, что работа выполнена в рамках плановых НИР и ОКР предприятия ООО «Вириал», имеются все основания считать, что тема диссертационного исследования Хорева В.А., направленного на решение указанных проблем, является актуальной.

2. Новизна исследований и полученных результатов.

Автором работы впервые определены коэффициенты трения и скорость изнашивания изотропного пиролитического углерода в условиях сухого трения при скоростях свыше 70 м/с.

На основе исследований спектров комбинационного рассеяния монохроматического излучения выявлена природа дефектов кристаллической структуры изотропного пиролитического углерода, показано влияние степени ее совершенства на физико-механические и трибологические свойства ИПУ. Объяснен эффект повышения твердости изотропного пиролитического углерода при уменьшении его плотности.

Установлено положительное влияние добавки малозольного графита в твердосплавную систему WC-Ni на несущую способность пары трения при смазке водой и продолжительность сохранения ее работоспособности в режиме сухого трения.

3. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития материаловедения, как отрасли наук, заключается в следующем:

- показана взаимосвязь строения, микроструктуры и физико-механических характеристик антифрикционных углеграфитовых и твердосплавных материалов с показателями их трибологических свойств;

- расширена база данных о трибологических характеристиках изотропного пиролитического углерода и антифрикционного графита АТГ-С в условиях высокоскоростного сухого трения;

- выявлена тесная корреляционная связь кажущейся плотности изотропного пиролитического углерода с показателями степени совершенства его структуры, твердости и скорости изнашивания в узлах трения.

4. Практическая значимость результатов работы.

Практическая значимость результатов работы определяется решением следующих задач:

- за счет модернизации имеющегося отечественного испытательного оборудования при минимальных затратах достигнуты скорости трения свыше 100 м/с;

- разработана, апробирована и внедрена в технологический процесс производства изделий методика трибологических испытаний при скоростях до 125 м/с и нагрузках до 60Н;

- с использованием сконструированного и изготовленного в процессе выполнения исследования стенда оптимизирован процесс экструзии длинномерных заготовок из термопластичных масс на основе твердого сплава системы WC-Co;

- разработано устройство для формования методом экструзии стержневых заготовок с внутренними винтовыми каналами, защищенное патентом Российской Федерации № 221444.

5. Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертационной работы.

Достоверность результатов диссертационного исследования основывается на комплексном использовании современных методов физико-химического анализа и сертифицированных методик определения показателей технических свойств материалов с применением аттестованного оборудования ООО «Вириал» и инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ), подтверждена их воспроизводимостью и согласованностью, соответствием современному уровню знаний, публикацией в научно-технических журналах по профилю исследования и обсуждением основных положений работы на российских и международных научных конференциях.

По результатам исследования опубликовано 20 печатных работ, в том числе 3 научные статьи, из Перечня рецензируемых научных изданий или индексируемых международными базами данных, перечень которых определен в соответствии с рекомендациями ВАК, 16 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, 1 патент РФ.

6. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные в работе автором результаты имеют существенное значение для важнейших отраслей промышленности Российской Федерации: производства авиационных двигателей и турбин нового поколения, насосов нефтедобывающей промышленности, длинномерного осевого твердосплавного режущего инструмента для машиностроения.

Результаты диссертации могут быть использованы АО «ОДК» (г. Москва), АО «НИИГрафит» (г. Москва), ОАО «Редкинский опытный завод» (Тверская обл., пгт. Редкино), ПК «Салют» АО «ОДК» (г. Москва), учебными заведениями технического профиля при выполнении научно-исследовательских работ и в учебном процессе при подготовке студентов по направлению «Материаловедение и технологии материалов».

Замечания по работе:

1. Автор преувеличивает роль абразивного износа формирующего оборудования при экструзии масс, содержащих абразивные компоненты (§ 1.3). Указанная проблема во многом уже решена за счет использования твердых сплавов для изготовления формирующих узлов экструдера.
2. Нуждается в уточнении описание методики оценки величины области когерентного рассеяния (стр. 31). Не ясно, имеет ли коэффициент «С» в соотношении Tuinstra-Koenig универсальный характер.
3. Требуется пояснения, почему измерение коэффициента трения на универсальной машине трения УМТ2168 производится при определенном значении скорости вращения шпинделя (стр. 38).
4. Некорректно представлен разброс экспериментальных данных на рис. 38, 41, 42.
5. Текст диссертации не свободен от опечаток и неудачных выражений. Например, «Микроструктура антифрикционного графита АТГ-С состоит из графита,...» (стр. 35).

Данные замечания направлены на улучшение качества восприятия полученных многочисленных экспериментальных данных, работа в целом выполнена на высоком научном и техническом уровне.

Заключение

На основании рассмотрения диссертации, автореферата, опубликованных работ и заслушанного доклада, ведущая организация считает, что диссертация В.А. Хорева является самостоятельно выполненной автором и завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных исследований разработана методика проведения трибологических испытаний при скоростях до 125 м/с и нагрузках до 60 Н, что позволило получить данные о коэффициентах трения и скорости изнашивания изотропного пиролитического углерода и антифрикционного графита АТГ-С в условиях сухого трения. Разработанное и защищенное патентом РФ устройство для формования методом экструзии стержневых заготовок с внутренними винтовыми каналами позволяет изучать и оптимизировать процессы изготовления осевого режущего инструмента, что является важным для промышленности страны.

По актуальности, содержанию, новизне, практической ценности и по совокупности полученных результатов рассмотренная диссертация соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, её автор Хорев Василий Андреевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Диссертационная работа на тему «Антифрикционные композиционные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях трения», автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на расширенном заседании кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС «15» мая 2025 г. Протокол №15.

Заведующий кафедрой функциональных
наносистем и высокотемпературных материалов
НИТУ МИСИС
к.т.н., доцент

Д.В. Кузнецов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Адрес: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д.4, стр.1

Тел.: +7 (495) 236-84-18. E-mail: dk@misis.ru веб-сайт: <https://misis.ru>



Подпись Кузнецова Д.В.
Завещаю Кузнецова А.Е.
Зам. начальника
отдела кадров
« 16 » 05 2025 г.