

ОТЗЫВ

официального оппонента Толочко Олега Викторовича
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 темы исследования

Проведенные в рамках данной диссертационной работы исследования направлены на изучение трибологических характеристик перспективных, антифрикционных углеграфитовых и твердосплавных материалов в экстремальных условиях трения с целью определения основных параметров их технологии и условий эксплуатации.

К особо тяжелым условиям эксплуатации узлов трения современных силовых установок и агрегатов относят высокие эксплуатационные скорости, механические и термические нагрузки, сухое и граничное трение, воздействие абразивосодержащих сред, например, в установках нефтедобычи.

При высоких скоростях вращения, сухом и/или граничном трении чаще применяются углеграфитовые композиционные материалы, при воздействии высоких механических нагрузок и абразивосодержащих сред – это керамики на основе карбида кремния, твердые сплавы и др. материалы. Значительный интерес представляют твердосплавные композиции с антифрикционными добавками для эксплуатации в условиях граничного трения и мало изученный изотропный пиролитический углерод (ИПУ) для применения в условиях высокоскоростного сухого трения. Важной проблемой является абразивный износ формирующего оборудования при изготовлении длинномерных абразивных заготовок методом экструзии пластичных масс, приводящий в конечном итоге к потере точности геометрических размеров изделия.

Для обеспечения надежной работы агрегатов и механизмов в подобных экстремальных условиях требуется научно обоснованный выбор антифрикционных

материалов на основе достоверных данных о трибологических характеристиках узлов трения, полученных в условиях, приближенных к условиям эксплуатации.

На основании сказанного и с учетом того, что работа выполнена в рамках плановых НИР и ОКР предприятия ООО «Вириал», следует считать, что тема диссертационного исследования Хорева Василия Андреевича, посвященного решению вышеуказанных проблем является актуальной.

Научная новизна

Диссертантом впервые проведено совместное изучение трибологических характеристик, спектров комбинационного рассеяния монохроматического излучения и зольности изотропного пиролитического углерода (ИПУ). При этом выявлена природа дефектов кристаллической структуры и показано их влияние на физико-механические и трибологические свойства ИПУ.

В.А. Хоревым установлено положительное влияние добавки графита на несущую способность пары трения с участием твердого сплава ВН20 при смазке водой и на увеличение времени сохранения ее работоспособности в режиме сухого трения. Отмечена тенденция к повышению вышеуказанного показателя при снижении зольности графита.

Практическая значимость результатов работы состоит в модернизации испытательного оборудования для определения трибологических характеристик материалов при высоких скоростях и/или нагрузках и разработке методики трибологических испытаний, внедренной на ООО «Вириал». Важным практическим результатом работы является определение автором параметров технологии формования методом экструзии длинномерных стержневых заготовок твердосплавного инструмента с внутренними винтовыми каналами как основы для разработки конструкции устройства, на которое получен патент на полезную модель.

Достоверность научных положений, результатов и выводов, содержащихся в диссертации В.А. Хорева, основана на использовании современных средств исследования в материаловедении: определение показателей

физико-механических свойств антифрикционных материалов, оптическая и электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, рамановская спектроскопия.

Структура диссертации: Работа представляет собой логично выстроенное законченное исследование, состоящее из введения, шести глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложений, в одном из которых приведены основные понятия трибологии: термины и определения, схемы контактирования элементов пары трения при испытаниях, модели изнашивания материалов.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, поставлена цель и определены задачи работы, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, отражены выносимые на защиту положения.

Первая глава содержит анализ литературных источников, в которых рассмотрены методические проблемы трибологических испытаний, приведены сведения о свойствах антифрикционных углеграфитовых композиционных материалов, включая изотропный пиролитический углерод, освещены триболого-технологические аспекты взаимодействия абразивных формовочных масс с материалом формующего оборудования. Обзор отражает современное состояние данной отрасли материаловедения: большинство цитированных источников опубликовано в последние 15 лет. Выводы из аналитического обзора позволили Хореву В.А. четко сформулировать цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приведено описание методов исследования: определение физико-механических характеристик материалов, включая плотность, микро- и нанотвердость, предел прочности при поперечном изгибе; исследование микроструктуры методами оптической и электронной микроскопии; рентгеноструктурный анализ, рамановская спектроскопия. В работе использовано современное отечественное и импортное исследовательское оборудование.

В третьей главе охарактеризованы объекты исследования, а именно: изотропный пиролитический углерод, полученный на ООО «Вириал» методом термического разложения метана в среде водорода, антифрикционный графит

марки АТГ-С, изготовленный на предприятии «Салют», твердый сплав ВН20 с добавками малозольных графитов, пластифицированные формовочные массы на основе твердого сплава ВК10.

В четвертой главе описаны конструктивные и методические решения, предложенные автором на основе анализа источников погрешностей в определении трибологических характеристик материалов, возникающих при повышении скорости и нагрузки в узле трения. В результате проведенной модернизации имеющихся на ООО «Вириал» установок создан комплекс испытательного оборудования для проведения трибологических испытаний, позволяющий оценивать характеристики материалов при скорости испытания 125 м/с, повышена достоверность результатов испытаний.

Как итог разработки В.А. Хоревым методики проведения трибологических испытаний в технологический процесс производства изделий из изотропного пиролитического углерода включена операция контроля трибологических свойств в условиях сухого трения. Необходимо отметить, что разработанная методика включает метрологическую оценку результатов измерения трибологических характеристик.

Приведены результаты исследования процессов формования длинномерных заготовок твердосплавного режущего осевого инструмента методом экструзии пластичных масс. Измерение коэффициента трения в условиях процесса экструзии крайне затруднительно, поэтому 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. В результате проведенного исследования приведены оптимальная температура и состав пластичной массы, обеспечивающее получение бездефектных, недеформирующихся заготовок, пригодных для дальнейших технологических операций.

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

Пятая глава посвящена сравнительному исследованию трибологических свойств изотропного пиролитического углерода (ИПУ) и антифрикционного графита АТС-С.

Автором впервые получены данные о коэффициенте трения и сопротивляемости износу ИПУ с плотностью от 1,84 до 2,11 г/см³ при скоростях трения 125 м/с. При этом диссертант сконцентрировал свое внимание на выявлении связей особенностей и степени совершенства кристаллической структуры с физико-механическими и трибологическими свойствами ИПУ, используя метод спектроскопии комбинационного рассеяния монохроматического излучения (рамановской спектроскопии). На основе анализа полученных данных высказано предположение о наноклстерах sp^3 -гибридизированных атомов углерода как дефектах кристаллической решетки ИПУ. Показано, что сопротивляемость износу изотропного пиролитического углерода увеличивается с ростом плотности и степени совершенства кристаллической структуры материала при том, что коэффициент трения от плотности ИПУ не зависит.

Сравнение трибологических свойств ИПУ и антифрикционного графита АТГ-С при одинаковых скоростях трения показало, что изотропный пиролитический углерод превосходит АТГ-С по антифрикционной способности в полтора раза и до 6,5 раз по сопротивляемости износу.

Шестая глава содержит результаты решения задачи нахождения оптимального баланса между положительным влиянием добавок графита на трибологические свойства твердосплавных композиций и снижением их физико-механических характеристик, таких как прочность, твердость и т.п. Показано, что добавление в композицию малозольных графитов в количестве, не превышающем 4 масс. %, более чем в 2 раза повысило несущую способность пары трения с участием твердого сплава ВН20 в присутствии водной смазки и до восьми раз

увеличило время сохранения работоспособности пары трения условиях сухого трения.

Сформулированные в диссертационной работе выводы отвечают поставленным целям и задачам исследования.

Автореферат и публикации автора в полной мере соответствуют содержанию диссертации.

По диссертационной работе Хорева Василия Андреевича имеются вопросы и замечания:

1. Выглядит ограниченным выбор графита АТГ-С как объекта исследования в качестве единственной альтернативы ИПУ, тогда как в аналитическом обзоре рассмотрены и другие возможные варианты.

2. При определении размера областей когерентного рассеяния рентгеновским методом обязательным является учет приборного уширения линий, которое обычно учитывается путем вычета из общего уширения линии уширения эталонного образца. Из текста диссертации непонятно было ли это учтено в данной работе.

3. Не представляется корректным способ изображения отклонений экспериментальных значений скорости изнашивания и твердости образцов ИПУ на рис.38, 41, 42 от расчетных, получаемых из регрессионных моделей (26) – (30). В каком интервале плотностей и отношений D/G эти модели применимы? Напр., высокоориентированный пирографит (ВОПГ) имеет плотность более 2,2, а D-пик на Рамановских спектрах практически отсутствует. Значит ли это что износ будет отрицательным?

4. Вывод о линейном характере зависимостей моментов трения композиций твердого сплава ВН20 с добавками графитов от нагрузки не соответствует изображению на рис. 47. Не очень понятно почему момент трения не увеличивается при увеличении нагрузки более, чем на порядок.

5. Недостаточно полно охарактеризованы малозольные графиты, используемые в качестве твердой смазки в композициях с твердым сплавом ВН20.

6. Из данных, представленных на рис. 48 а и б делается вывод о присутствии графина на поверхности трения. Непонятно, на основании чего сделан этот вывод, хотя дополнительные исследования методом РЭМ в режимах SE и BSE могли бы однозначно показать наличие или отсутствие углерода на поверхности образца.

7. В работе не проводится изучение продуктов износа, хотя это могло бы дать дополнительную информацию об общих закономерностях трения в каждом конкретном случае.

Отмеченные недостатки, однако, не подвергают сомнению 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, утверждённого 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 по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Официальный оппонент:



Толочко Олег Викторович

дата

Доктор технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, профессор Высшей школы Физики и технологии материалов Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29. Телефон: 8(812)552-73-53

Электронная почта: Ol_tol@hotmail.com; tolochko_ov@spbstu.ru

