

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С НИЗКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТРЕНИЯ

*Малинин Александр Васильевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», E-mail: alexander123799@gmail.com
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»*

***Аннотация.** В области машиностроения и ремонтного производства наиболее актуальной задачей является разработка новых покрытий, которые обеспечат надежность и долговечность используемых машин и агрегатов. Одними из наиболее перспективных материалов являются керамические соединения на основе карбида бора.*

***Ключевые слова:** пара трения; баббиты; металлокерамические материалы; керамические материалы; жаропрочность; задиростойкость.*

Введение. В машиностроении, а так же ремонтном производстве используется множество деталей, которые обладают тонкими функциональными покрытиями. Как правило, такие покрытия используются в парах трения, которые являются наиболее ответственными в узлах агрегатов и испытывают большие нагрузки. Использование функциональных покрытий увеличивает долговечность, надежность и эффективность работы агрегатов и машин [2]. Но как показывает практика, существующие материалы использующиеся в покрытиях, не в полной мере обеспечивают надежность и долговечность деталей машин в сопряжениях, особенно в условиях высоких температур, поэтому вопросы разработки функциональных покрытий в направлении оптимизации химического состава остаются актуальными и важными в сфере машиностроения и ремонтного производства [5].

Цель. Целью настоящей работы является обоснование выбора материалов для тонких функциональных покрытий, которые позволят увеличить долговечность, надежность и эффективность работы сопряжений при высоких температурах.

Материалы и методы. В современном машиностроении в качестве антифрикционных материалов применяют сплавы на основе цветных металлов, таких как олово, свинец, медь, алюминий и цинк, а так же баббиты – сплавы на оловянной или свинцовой основе и сплавы на основе меди, так же различные бронзы и латуни [4]. Структура данных сплавов имеет эвтектическое строение, и соответствуют принципу Шарпи – прочная и пластичная матрица обеспечивает высокую износостойкость и задиростойкость, а твердые включения высокую несущую способность. Главным недостатком таких покрытий является их недостаточная стойкость к задиру в условиях повышенных температур и отсутствия интенсивной смазки.

Для повышения задиростойкости на практике применяют металлокерамические соединения, такие как железо-графит и бронза-графит. Данные соединения обладают довольно низким коэффициентом трения, но их использование ограничивается динамическими и кинематическим режимами работы. Перспективными материалами, обладающими необходимыми характеристиками и физико-механическими свойствами являются керамические антифрикционные соединения. Анализ литературных данных по свойствам керамических материалов показывает, что наиболее оптимальным является использование смесей порошков, содержащих карбид бора (ромбоэдрический B_4C), нитрид бора (гексагональный α -BN), оксид лития (Li_2O), играющий решающую роль в образовании покрытий со сверхнизким коэффициентом сухого трения скольжения [1]. Карбиды и нитриды металлов являются термостойкими и износостойкими материалами. В частности, для данных соединений характерно, как высокая ударная вязкость, жаропрочность, так и высокая твердость и износостойкость при низком коэффициенте трения. Оксид лития, находящийся в составе керамического покрытия, является важным компонентом для резкого снижения коэффициента трения при сухом трении скольжения. Часть оксида лития, выходящая на поверхность, реагирует с парами воды в атмосфере по реакции (формула 1):



Важным свойством гидроксида лития ($LiOH$), является реакция с жирными кислотами, например, со стеариновой кислотой, которая присутствует в моторных маслах. Продукт этой реакции является основой для образования литиевых смазок, известных своими хорошими смазывающими способностями. Таким образом, оксид лития, находящийся в составе керамического покрытия является важным компонентом для обеспечения само смазывания узлов трения. Другие добавки в составе порошковой смеси для формирования композиционного керамического покрытия, такие как графит, оксиды магния и циркония оказывают влияние на триботехнические свойства покрытий, но не так значительно, как добавки оксида лития [3]. Основные характеристики материалов состава керамического покрытия, такие как твердость, по Моосу, температура окисления и плавления, плотность вещества приведены в таблице 1. Данные характеристики позволяют наглядно оценить возможность применения данных материалов для получения необходимых покрытий, которые будут использоваться в ответственных и сильно нагруженных местах машин и агрегатов.

Результаты и их обсуждение. Рассмотренный состав керамического покрытия обладает достаточно хорошими и перспективными характеристиками, что позволяет использовать его для создания композитного керамического покрытия, которое будет удовлетворять таким требованиям, как твердость, износостойкость, термостойкость.

Таблица 1 - Основные характеристики элементов керамического покрытия

Наименование материала	Характеристики материала			
	Твердость по Моосу	Температура окисления, °С	Температура плавления, °С	Плотность, кг/м ³
Карбид бора (B ₄ C)	9,6	600	2450	2520
Нитрид бора (BN)	10	700	2000	2300
Оксид лития (LiOH)	7	1000	1427	2013

Использование такого покрытия позволит увеличить надежность и эффективность подшипникового сопряжения и в целом агрегата, в условиях высоких температур эксплуатации и недостаточной смазки.

Заключение. Анализ существующих материалов для повышения надежности и долговечности поверхностей в парах трения агрегатов и машин показал, что традиционные антифрикционные материалы не обеспечивают необходимые физико-механические характеристики при высоких температурах эксплуатации и масляного голодания. Наиболее привлекательными, с точки зрения термостойкости, износостойкости могут стать металлокерамические соединения, которые обладают отличными физико-механическими свойствами. Их использование позволит значительно уменьшить расходы на технический сервис агрегатов и машин и повысить надежность и долговечность.

Библиографический список

1. Effect of oxygen in surface layers formed during sliding wear of Ni–ZrO₂ coatings / E. V. Kharanzhevskiy, M. D. Krivilyov, A. G. Ipatov [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2022. – Vol. 434. – P. 128174. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2022.128174. – EDN UBLNSI.
2. Восстановление посадочных поверхностей вала гидромотора методом SLM (Selective Laser Melting) / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов, Л. Я. Новикова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2022. – № 1. – С. 12-17. – DOI 10.31044/1684-2561-2022-0-1-12-17. – EDN CMZMCH.
3. Ипатов, А. Г. Сравнительный анализ работоспособности керамических антифрикционных покрытий / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(61). – С. 67-71. – DOI 10.48012/1817-5457_2020_1_67. – EDN CLEBIP.
4. Ипатов, А. Г., Иванов, А. Г., Малинин, А. В. Повышение эффективности работы турбокомпрессора модификацией подшипниковых сопряжений // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(71). С. 59-63.
5. Ипатов, А. Г. Исследование свойств керамических покрытий рабочей фаски клапанов двигателей / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, К. Г. Волков // Сельский механизатор. – 2022. – № 3. – С. 42-44. – EDN JYJSKZ.
6. Агробиотехнология-2021 : Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3. – EDN NWTQEX.