

УДК 621.436-2.002.:621.793

КОМПЛЕКСНОЕ ЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ПОРШНЯХ ДИЗЕЛЕЙ

Басинюк В. Л., Мардосевич Е. И., Макаревич Е. И.*, Сасковец Е. И.*

Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, Минск

** Объединенный институт энергетических и ядерных исследований - Сосны
НАН Беларуси, Минск*

Создание на поверхностях деталей различного конструкционного назначения покрытий, комплексно улучшающих их служебные характеристики, является одним из наиболее эффективных, экономичных и широко применяемых в мировой практике приемов. Для изделий из алюминиевых сплавов наиболее доступным, дешевым и износостойким покрытием является оксид алюминия. Он формируется путем преобразования материала упрочняемых поверхностей анодно-катодной микродуговой обработкой, в результате чего получают оксидно-керамическое покрытие толщиной до 100 – 300 мкм и твердостью до 12 – 22 ГПа. Однако при формировании оксидно-керамических покрытий, вследствие особенностей процесса микродуговой обработки сплава алюминия, в нем неизбежно возникают поры и трещины (рис.1) [1], которые оказывают существенное влияние, с одной стороны, на когезионную прочность оксидокерамики и прочностные характеристики детали при наличии в ней изгибных (растягивающих и сжимающих) напряжений, с другой стороны – на адгезионные свойства поверхности. Кроме того, оксидокерамика обладает определенными теплоизолирующими свойствами и повышенными frictionными характеристиками в условиях граничного трения, что в ряде случаев приводит к локализованному нагреву и разрушению поверхности.

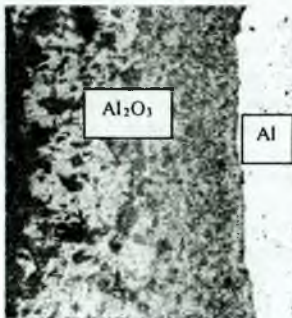


Рис. 1. Структура оксидно-керамического покрытия.

В связи с этим был разработан трехслойный композиционный материал «пиролитический карбид хрома – оксидокерамика – сплав алюминия» [2,3], позволяющий, в определенной мере, исключить приведенные недостатки. Комбинированные технологические схемы его формирования основаны на использовании известных методов анодно-катодной микродуговой обработки сплавов алюминия и последующего осаждения на пористую поверхность оксидокерамики пиролитического карбида хрома. В данном процессе применяли метод химического осаждения из паровой фазы термическим разложением металлоорганического соединения, в качестве которого использовалась промышленная хроморганическая жидкость «Бархос» (ТУ-01-1149-83), состоящая

из смеси бисареновых производных хрома, основным компонентом которой является бистиллбензолхром с примесью бензола, этилбензола и высококипящих ароматических соединений [5]. Микроструктура данного композита показана на рис.2.

К основным особенностям данной структуры, обусловленным выбором наиболее рациональной схемы предварительной обработки поверхности оксидно-керамического слоя, режимов осаждения и специальных модифицирующих добавок, можно отнести

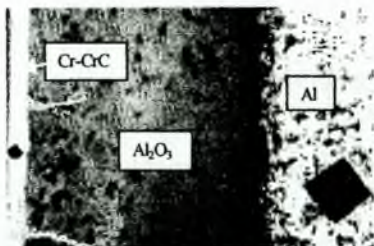


Рис. 2. Структура композиционного покрытия «оксидокерамика – пироли- тический карбид хрома».

заполнение карбидом хрома структурных несовершенств за счет проникновения паровой фазы хромоорганической жидкости «Бархос» в поверхностные поры и трещины. Обладая высокой адгезией к оксидокерамике, пиролитический карбид хрома «залечивает» микротрещины и, в сочетании с наружным слоем, создает значительные остаточные сжимающие напряжения. Кроме того, он позволяет существенно снизить коэффициенты трения скольжения при работе в условиях граничного трения и способствует улучшению теплообмена, обеспечивая снижение тепловой нагруженности композиционного покрытия.

Как показал анализ результатов испытаний на усталостную прочность образцов с покрытиями, создание остаточных сжимающих напряжений на поверхности детали оказывает существенное влияние на служебные характеристики, включая долговечность [4].

Результаты усталостных сравнительных испытаний на изгиб образцов с покрытиями приведены на рис.3. Их анализ показывает следующее:

- формирование оксидокерамики на рабочих поверхностях деталей, работающих в условиях многоциклового нагружения на изгиб, обуславливает снижение предела выносливости материала основы в 1,75 – 1,8 раза (рис.3, кривые усталости 1, 2), причем влияние растягивающих напряжений на долговечность возрастает по мере их приближения к пределу выносливости;
- осаждением на поверхности оксидно-керамического покрытия дополнительного слоя карбида хрома позволяет повысить предел выносливости материала основы в 1,3 – 1,4 раза и увеличить его в 2,4 – 2,5 раза при наличии на ней оксидокерамики (рис.3, кривые усталости 1,2,3).

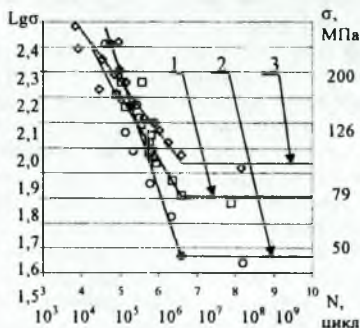


Рис. 3. Экспериментальные кривые усталости образцов без покрытий (1), с оксидно-керамическим покрытием (2) и композиционной системы «ПКХ – оксидокерамика – сплав алюминия».

Все это в целом позволяет считать трехслойный композиционный материал «пироли- тический карбид хрома – оксидокерамика – сплав алюминия» одним из наиболее перспективных для использования в таких областях, как дизелестроение.

В мировом дизелестроении в настоящее время широко применяется оксидокерамика в качестве упрочняющих теплоизоляционных покрытий на днище и стенках камеры сгорания поршней из алюминиевых сплавов. Предполагается, что низкая теплопроводность оксидокерамики и тепловое сопротивление поверхности раздела «покрытие – алюминие- вый сплав» снижают термонапряженность поршня, смягчают термоциклические нагрузки и, как следствие, продлевают срок эксплуатации [6]. Но, с другой стороны, оксидно- керамическое покрытие увеличивает ко- эффициент поглощения инфракрасного излу-

чения (которое составляет не менее 20% теплообмена дизеля [7]), что снижает ожидае- мый теплозащитный эффект. Натурные испытания поршня с измерением температуры

показывают, что оксидно-керамическое покрытие толщиной до 150мкм не вносит существенного изменения в перераспределение температурных полей, но увеличивают его термочность [6].

Как альтернатива оксидно-керамическому было предложено упрочняющее покрытие из пиролитического карбида хрома (ПКХ), который имеет высокий коэффициент отражения инфракрасного излучения и препятствует образования нагара [8]. На Минском моторном заводе были проведены сравнительные испытания на термочность поршней с теплозащитными покрытиями поверхности днища и камеры сгорания и без покрытия [9]. Методика испытания состояла в циклическом нагреве поршня токами высокой частоты и последующим охлаждением в воде. Результаты испытаний показали: средняя наработка до появления трещины кромки камеры сгорания для поршней с оксидо-керамическим покрытием

- фирмы «Петер Драпшин» -	3273 цикла;
- ООО «Корунд» -	4000 циклов;
С покрытием из ПКХ (~10мкм) -	4125 циклов;
Без покрытия -	1570 циклов.

Методика испытаний исключала влияние теплозащитных свойств покрытий на увеличение термочности поршня. Этот эффект, очевидно, связан со стравливанием поверхностных дефектов отливки (концентраторов напряжений) в процессе формирования оксидно-керамического покрытия, и с «залечиванием» этих дефектов при пиролитическом хромировании.

Как показал анализ результатов наших исследований разработанного материала «пиролитический карбид хрома – оксидо-керамика – сплав алюминия» - дополнительное пиролитическое хромирование оксидо-керамики способствует существенному повышению термочности и долговечности поршней. Пиролитический карбид хрома как бы цементирует поверхность оксидо-керамики, снижая вероятность зарождения критических трещин. Такое комплексное покрытие сочетает в себе достоинства двух составляющих: низкую теплопроводность оксидо-керамики и высокую отражательную способность по отношению к инфракрасному излучению и снижение нагараобразования, присущие пиролитическому карбиду хрома.

К этому необходимо добавить и то, что использование трехслойного композита «пиролитический карбид хрома – оксидо-керамика – сплав алюминия» позволяет сохранить высокую прочность покрытия, существенно уменьшить толщину поверхностного слоя карбида хрома, обеспечить высокие технико-экономические показатели процесса при достижении повышенных, по сравнению с существующими, служебных свойств.

Список литературы

1. Малышев В.Н., Марков Г.А., Федоров В.А. и др./ Особенности строения и свойства покрытий, наносимых методом микродугового оксидирования // Химическое машиностроение. - №1 -1984.-С.26-27.
2. Пат.2175686RU,МПК C23 C28/00.Композиционное покрытие и способ его изготовления // О.В.Берестнев, В.Л.Басинюк, М.В.Кирейцев, Г.В.Макаревич, В.В.Сасковец. №2000111046/02, Заявл 10.11.1999;Опубл 12.04.2000 // Изобретения.-2000.-№20.-С.112
3. Басинюк В.Л., Белоцерковский М.А., Комаров А.И., Макаревич Г.В. Новые композиционные материалы и покрытия // Наука производству. НТП «Витраж-центр». №6(19).-1999.-С.54-56.

4. Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И., Макаревич Г.В. Композиционные материалы на основе оксидокерамики для аэрокосмических приводных систем // В сб. «Первый белорусский космический конгресс». ОИПИ НАН Беларуси.-2003.-С.68-70.
5. Защитное покрытие из пиролитического хрома. Технология, свойства, результаты испытаний и применение // А.Д. Юрченко, В.Ф. Соколов, А.Л. Вороховов и др.-Дмитровград-10,1994.-36с.
6. Никитин М.Д. Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизелей // Л.- Машиностроение.-1977.-156с.
7. Розенблит Г.Б. Теплопередача в дизелях // М.- Машиностроение.-1977.-216с.
8. Г.В.Макаревич, В.В.Сасковец Защитные покрытия из пиролитического карбида хрома на алюминиевых поршнях // В сб. «Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения».- Полоцкий госуниверситет УП «Технопринт».-2001.-С.417-418.
9. Испытание поршней 245-1004021 с теплозащитным покрытием на термочувствительность. Технический акт // Минский моторный завод. Отдел главного конструктора. Техинформация ОГК ММЗ Инв. №6266/Д.- 2000.

УДК 531Ю43:620.178

КИНЕТИКА ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ УСТАЛОСТНОМ ИЗНАШИВАНИИ

Шипица Н. А., Жарин А. Л., Маркова Л. И., Фомичева И. Л.

Институт порошковой металлургии НАНБ, Минск, Беларусь
shipitsa_nik@mail.ru

Введение. Изучение изменений структуры и фазового состава материалов в поверхностном слое является одной из основных проблем современной трибологии, так как формирование таких слоев ответственно за износостойкость материалов. Обобщение и анализ кинетических зависимостей изнашивания, а также исследование механизмов поверхностного разрушения твердых тел в широком диапазоне условий трибомеханического контакта показали, что эффекты повышения износостойкости материалов обусловлены процессами трансформации структуры приповерхностных слоев на начальной стадии износа [1].

Разрушение поверхности трения и образование частиц износа при усталостном изнашивании обычно представляет многостадийный процесс: накопление дефектов кристаллической решетки материала; упрочнение поверхностного слоя; зарождение и распространение трещины; отделение частиц износа. Нами было замечено, что цикл усталостного разрушения хорошо фиксируются по периодическим изменениям работы выхода электрона трущейся поверхности [2]. Было обнаружено [3,4], что при усталостном изнашивании под поверхностью трения на достаточно большой глубине происходит отслоение материала практически под всей дорожкой трения. Наличие отслоения для однородных материалов при трении является достаточно неожиданным, аналогичные отслоения, как правило, наблюдаются при трении покрытий [5].

Настоящая работа посвящена исследованию кинетики структурных изменений на микро и мезо- уровне в приповерхностном слое материалов.