

Бланк Е.Д., Слепнев В.Н., Галеев И.М., Тополянский П.А. Композиционные детонационные покрытия на основе оксида алюминия. Технологии ремонта, восстановления и упрочнения машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки. Материалы 10-й Международной научно-практической конференции 15-18 апреля 2008 г. Ч. 1. Санкт-Петербург. Изд. СПбГУ, 2008. - С. 58-61

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ДЕТОНАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

БЛАНК Е.Д., СЛЕПНЕВ В.Н., ГАЛЕЕВ И.М., ТОПОЛЯНСКИЙ П.А.
ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ», Санкт-Петербургский
государственный политехнический университет,
НПФ «Плазмацентр», Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены результаты исследований детонационных композиционных покрытий на основе оксида алюминия с добавками карбидов кремния и титана, бронзы и никелевого сплава. Изучены микромеханические характеристики, износостойкость и рентгеноструктурное состояние покрытий.

Detonation composite coating on the base of alumina were investigated. Titanium and silicon carbides, bronze and nickel alloy were used as the second components. Structure parameters of the coatings, their hardness, wearproof properties, cracking resistance and adhesive strength have been studied. Optimal combination of properties was found to be in the case of composition alumina with bronze and the nickel alloy.

Введение

Детонационные комбинированные керамические покрытия на основе оксида алюминия находят широкое применение в различных и особенно тяжело нагруженных узлах трения машин и механизмов. Это связано с высокими износо-и коррозионностойкими характеристиками этих покрытий. В то же время их существенными недостатками являются относительно невысокие прочностные свойства и низкая теплопроводность.

В данной работе рассмотрены результаты исследований по разработке двухкомпонентных композиционных детонационных покрытий на основе Al_2O_3 , вторым компонентом которых является один из группы TiC, SiC, БрОЦ4-3, ПРХ16СЗРЗ.

Предполагалось повысить прочностные свойства композиционных покрытий за счет реализации известных механизмов дисперсионного твердения микронными частицами [1] TiC и SiC и за счет создания керметных покрытий [2] с определенной долей металлической составляющей в виде бронзы БрОЦ 4-3 и никелевого сплава ПРХ16СЗРЗ.

Материалы и методы исследований

Нанесение покрытий производилось на детонационной установке «Прометей-2» с диаметром ствола 30 мм с использованием пропан-бутаново-кислородной смеси.

Покрытия наносились на образцы из низкоуглеродистой нелегированной стали. Для этой цели использовались порошки следующих составов: оксид алюминия Al_2O_3 с фракцией (20-53) мкм; карбид титана TiC с фракцией до 3 мкм; карбид кремния с фракцией до 3 мкм; бронза БрОЦ 4-3 с фракцией до 53 мкм; никелевый сплав ПРХ16СЗРЗ с фракцией до 53 мкм.

Для нанесения покрытий в смесителе типа «пьяная бочка» были приготовлены следующие смеси: Al_2O_3 +20% весовых TiC; Al_2O_3 +20% весовых SiC; Al_2O_3 +30% весовых БрОЦ 4-3; Al_2O_3 +50% ПРХ16СЗРЗ.

Перед нанесением покрытий образцы подвергались абразивно-струйной обработке электрокорундом с фракцией до 1200 мкм.

Рентгеноструктурные исследования покрытий проводились на установке ДРОН-3. Для обработки дифрактограмм использовалась стандартная картотека JCPDS и данные работы [3]. Прочность сцепления покрытий определялись на адгезионных образцах с диаметром штифта 2 мм. Микротвердость покрытий и трещиностойкость K_{1C} по методике Эванса [4] определялись на приборе ПМТ-3. Характеристики износостойкости покрытий оценивались на микромашине абразивного трения ММТ при скорости вращения диска 0,15 м/с, нагрузке на диск 13,5 г и машине трения УМТ.

Результаты исследований

В табл. 1 приведены значения микромеханических характеристик и прочности сцепления покрытий.

Таблица 1

Микромеханические характеристики и прочность сцепления композиционных покрытий

Исходный материал покрытия	$\sigma_{сц}$, МПа	H_{μ} , ГПа	K_{1C} , Мн x м ^{-3/2}
Al_2O_3 +50% ПРХ16СЗРЗ	68-84	8,2-12,2	2,5-2,9
Al_2O_3 +30% БрОЦ4-3	52-65	11,6-13,9	Трещины не обнаружены
Al_2O_3 +20% TiC	62-65	11,4-14,2	2,4-3,6
Al_2O_3 +20% SiC	46-54	11,6-5,4	2,2-2,8
Al_2O_3	28-32	9,8-10,8	1,4-1,8

Рентгеноструктурные исследования показали, что в исходном состоянии оксид алюминия почти на 100% состоит из α -фазы. В

покрытиях обнаруживается (93-94)% неравновесной γ -фазы, (6-5)% δ и θ фаз, а также очень небольшое количество α - фазы. Это говорит о том, что при формировании покрытия происходит незавершенное превращение по схеме $\gamma \rightarrow \delta \rightarrow \theta \rightarrow \alpha$. Малое содержание α - фазы показывает, что, по видимому, это в основном остаточная первичная α - фаза. В керметных покрытиях присутствуют твердые растворы никеля и цинка в меди, небольшое содержание интерметаллида меди с оловом и некоторое количество оксидов NiO и CuO. В покрытии, напыленном из состава $\text{Al}_2\text{O}_3 + 20\% \text{TiC}$, обнаружены неразложившийся TiC в меньшем количестве, чем в исходном порошке, а также следы Ti_3O_5 . В покрытии, напыленном из состава $(\text{Al}_2\text{O}_3 + 20\% \text{SiC})$, обнаружено очень небольшое по сравнению с исходным содержанием, количество SiC.

На рис. 1 приведены характеристики интенсивности изнашивания I_0 композиционных покрытий.

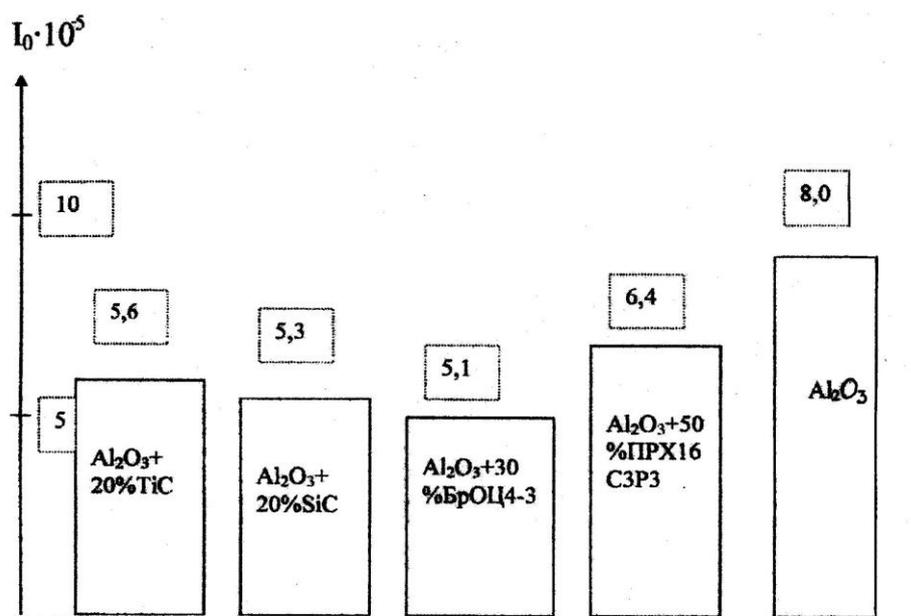


Рис. 1. Интенсивность изнашивания композиционных детонационных покрытий

В табл. 2 приведены результаты триботехнических испытаний композиционных покрытий на машине УМТ применительно к радиальным подшипникам при скорости 4 м/с, материал ответной детали РКК (реакционно спеченный карбид кремния).

Таблица 2

Результаты триботехнических испытаний композиционных покрытий

Покрытие	Величина износа, мм	Коэффициент трения
Al_2O_3	~ 0	0,019–0,027
$Al_2O_3+30\%$ БрОЦ4-3	~ 0	0,004–0,009
$Al_2O_3+10\%$ TiC	~ 0	0,002–0,006
$Al_2O_3+20\%$ SiC	~ 0	0,002–0,004

Исследования показали значительное увеличение микромеханических характеристик и сопротивления абразивному изнашиванию композиционных покрытий. Повышение твердости может быть обусловлено эффектом дисперсионного твердения близких к ламельным образованиям вторичных фаз в оксидной матрице, а также частичным пограничным растворением вторичных составляющих в фазах оксида алюминия. Косвенным подтверждением этому является наблюдаемое уширение селективных отражений оксидных фаз на рентгенограммах.

Эксплуатационные свойства подобных покрытий определяются оптимальным сочетанием и высоким уровнем характеристик твердости, износостойкости, трещиностойкости и прочности сцепления. Из исследованных композиций более предпочтительными являются составы с бронзой и сплавом ПРХ16СЗРЗ. В то же время более твердые покрытия с SiC и TiC предпочтительней для применения в подшипниках как антифрикционные материалы.

Разработанные покрытия уже применяются в ряде подшипников скольжения и торцевых уплотнениях машин.

Литература

1. Порошковая металлургия: Спеченные и композиционные материалы. Под ред. В. Шотта; пер. с нем. - М.; Металлургия, 1983. - 519 с.
2. М. Хонкинг, В. Вантасари, П. Сидки. Металлические и керамические покрытия. Пер. с англ. - М.; Мир, 2000.
3. Х.П. Руксби. Окислы и гидроокислы алюминия и железа. Рентгеновские методы определения и кристаллическое строение глин. Мир. 1955. - 238 с.
4. Evans A.G, Charles E.H. Fracture toughness determination by indentation. J Amer. Cer. Soc. - 1979. - v.62, № 7/6 - p. 347