

Список цитированных источников

1. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор – М. : Лаборатория базовых знаний, 2001.
2. Солодовников, В. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В. В. Солодовников, В. Н. Плотников, А. В. Яковлев. – М. : Машиностроение, 1985. – 536 с.

УДК 621.793

Хеук М. В., Аббасов К. Т.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ялковский Н. С.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ

Одна из основных проблем, общая для всех отраслей техники, – это повышение износостойкости и долговечности машин, механизмов, аппаратов, приборов. Повышение надежности машины увеличивает ее эксплуатационные и межремонтные сроки, сокращает время простоя в ремонте и снижает его стоимость, повышает безопасность работы.

Согласно ГОСТ 16429-70 изнашивание – процесс постоянного изменения размеров тела при трении, проявляющийся в отделении от поверхности трения материала и (или) его остаточной деформации. Изнашивание, обусловленное воздействием твердых частиц, называется абразивным. Гидроабразивное изнашивание протекает в результате воздействия твердых тел или частиц, увлекаемых потоком жидкости.

Этот вид изнашивания характерен для деталей оборудования в цементной, энергетической, абразивной, металлургической промышленности и других отраслях, связанных с дроблением, измельчением, резкой и транспортировкой сырья и материалов.

Перспективным методом повышения долговечности оборудования, работающего в условиях гидроабразивного воздействия, является формирование на изнашиваемых поверхностях различного рода защитных покрытий, в том числе газотермических покрытий из керамических материалов.

Однако природа их разрушения при изнашивании и основные закономерности этого процесса еще недостаточно изучены, что и предопределяет значительный научный и практический интерес к этим вопросам.

В качестве исследуемого выбрано защитное покрытие из механической смеси оксидов алюминия Al_2O_3 и титана TiO_2 . В зависимости от процентного содержания компонентов в напыляемом материале и условий напыления формируемое покрытие имеет высокую твердость и стойкость к ударным нагрузкам, что должно обеспечивать достаточную абразивную износостойкость. Рассматривались покрытия с 2, 8, 14 и 20 % оксида титана в составе.

Покрытие формировалось из порошков зернистостью 40 мкм на установке плазменного напыления швейцарской фирмы “Плазма-Техник АГ”.

В качестве плазмообразующего газа использовался азот.

Напыление производилось на образцы, выполненные из стали 40, имеющие форму диска с размерами: диаметр – 50 мм, высота – 10 мм.

Для увеличения прочности сцепления напыляемого покрытия с поверхностью образца (адгезионной прочности) использовался подслой из алюминид никеля (NiAl) толщиной 0,1 мм. Поверхность образца перед напылением подслоя подвергалась дробеструйной обработке. Данный метод позволяет удалить с напыляемой поверхности различного рода загрязнения, увеличить ее шероховатость и активировать атомы поверхностного слоя.

Толщина защитного покрытия 0,4 мм, микротвердость 11000 МПа.

Наибольший интерес представляет влияние на абразивное изнашивание факторов, которые могут привести к инверсии (изменению) ряда износостойкости. К числу последних относятся: коэффициент твердости, угол взаимодействия потока и изнашиваемого материала, а также коэффициент формы абразивных частиц.

Для всех материалов справедлива общая зависимость относительной износостойкости от коэффициента твердости. Отмечаются два критических значения величины H_a/H_m , ниже первого критического значения износ отсутствует, выше второго значения износ не зависит от соотношения твердости абразива и изнашиваемого материала. Первому критическому значению соответствует H_a/H_m в пределах 0,7–1,1; второму критическому значению – отношение в пределах 1,3–1,7.

Таким образом, выбрав абразив значительно тверже напыленного покрытия, мы получим предельную характеристику его износостойкости. Учитывая, что твердость покрытия составляет 11000 МПа, в качестве абразивного материала принимаем электрокорунд твердостью 18000 МПа.

Угол взаимодействия гидроабразивного потока и изнашиваемого материала (α) – один из основных параметров, определяющих характер изнашивания. При значениях α близких к 90° в поверхностных слоях материала реализуются процессы аналогичные процессам, происходящим при ударно-абразивном изнашивании. В этом случае в зависимости от характеристик материала и интенсивности внешнего воздействия преобладают полидеформационное, усталостное разрушение или выкрашивание. Когда угол α близок к 0° , гидроабразивное изнашивание аналогично изнашиванию в условиях скольжения по абразиву. При этом разрушение материала протекает преимущественно в результате микрорезания и деформирования с образованием коротких царапин.

В рассматриваемой работе величина угла α имеет значения 20° и 80° .

Для большинства абразивов коэффициент формы частиц является неотъемлемой характеристикой абразива и не может изменяться в значительных пределах. В данной работе этот параметр не рассматривается.

Остальные факторы, определяющие интенсивность изнашивания, поддерживались в процессе испытаний на постоянном уровне:

- скорость гидроабразивного потока 52 м/мин;
- размер абразивных зерен 0,315...0,4 мм;
- концентрация абразива в потоке 30...35 %;
- испытания проводились в нейтральной среде.

Определение износостойкости напыленного покрытия производилось на установке роторного типа с вращающимися образцами.

Поверхность образца, подвергаемая абразивному изнашиванию, имела площадь 12 см². Использовалась весовая методика определения величины износа.

Определение массы образцов до и после испытаний производилось на аналитических весах модели ВЛА-200-М, которые обеспечивают взвешивание образцов массой до 200 г с точностью 0,0001 г.

Полученные результаты сравнивались с износом эталона, в качестве которого была принята сталь 40.

При определении объемного износа защитного покрытия, плотность в соответствии с [1] принимали равной 3,4 г/см³. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объемный износ и относительная износостойкость плазменных покрытий из смеси оксидов алюминия и титана

Содержание TiO ₂ в покрытии, %	Объемный износ мм ³ /час		Относительная износостойкость	
	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 80^\circ$
2	0,98	1,51	0,40	0,22
8	0,86	1,43	0,46	0,23
14	0,78	1,29	0,50	0,26
20	0,94	1,33	0,44	0,25

Для наглядного представления результатов эксперимента, были построены графические зависимости на рисунках 1 и 2.

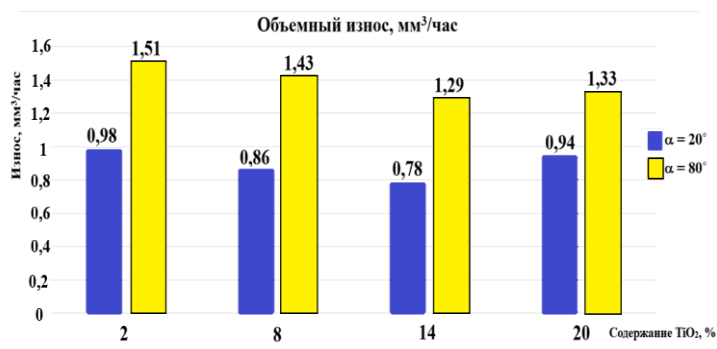


Рисунок 1 – Диаграмма объемного износа плазменных покрытий из смеси оксидов алюминия и титана



Рисунок 2 – Диаграмма относительной износостойкости плазменных покрытий из смеси оксидов алюминия и титана

Анализируя результаты эксперимента, можно сделать вывод, что гидроабразивная износостойкость покрытий из механической смеси оксидов алюминия и титана невысока и в зависимости от условий воздействия абразивного потока составляет 0,4–0,5 при угле взаимодействия 20° и 0,22–0,26 при угле взаимодействия 80°. Этот факт определяется особенностями строения плазменного покрытия, а именно:

- высоким уровнем остаточных напряжений в материале покрытия;

- высокой хрупкостью керамического покрытия;
- наличием в покрытии большого числа пор, которые уменьшают прочность материала и служат концентраторами напряжений при разрушении;
- невысокой прочностью сцепления между частицами покрытия, так как взаимодействие между частицами покрытия вследствие скоротечности его формирования ограничивается только химическими связями.

Наибольшей износостойкостью в обоих рассматриваемых случаях (воздействие гидроабразивного потока под углами 20° и 80°) обладает покрытие состава 86 % Al₂O₃ и 14% TiO₂. Следовательно, при таком соотношении компонентов формируемое покрытие обладает оптимальным соотношением наиболее важных для износостойкости свойств (твердость, пористость, когезионная прочность).

Список цитированных источников

1. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Справочник / Ю. С. Борисов [и др.] – К. : Наукова думка, 1987. – 544 с.
2. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 368 с.

УДК 621.785 : 620.178

Хеук М. В., Аббасов К. Т.

Научные руководители: к. т. н., доцент Онысько С. Р.,

к. т. н., доцент Нерода М. В.

ВЛИЯНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Выбор марки стали при проектировании и изготовлении деталей механизмов и машин, конструкций и сооружений имеет исключительно важное экономическое значение для любой отрасли промышленности и заключается в выборе, который соответствует комплексу заданных физико-химических свойств, статическому анализу материала с точки зрения наименьших экономических затрат [1]. Для проведения такого анализа необходима объективная характеристика используемых материалов, вид и методы применяемого упрочнения. На практике существуют различные методы повышения эффективности работы механизмов за счет термической обработки металлов: отжиг, закалка, отпуск, нормализация, старение, криогенная обработка и другие.

Ионно-плазменное азотирование (ИПА) является одним из наиболее перспективных и эффективных способов поверхностного упрочнения, позволяющий значительно повысить сопротивление изнашиванию, твердость, контактную выносливость, сопротивление к схватыванию, теплостойкость и коррозионную стойкость разнообразных деталей машин, штампового и режущего инструмента [2].

Целью настоящей работы является изучение механических и пластических характеристик сталей, подвергнутых ИПА и сталей-эталонов без химико-термической обработки. Сравнение полученных значений позволит сделать вывод об изменении эксплуатационных свойств в упрочненном диффузионном слое исследуемых образцов [3].

Метод ионно-плазменного азотирования заключается в том, что в азотсодержащей газовой среде возникает тлеющий разряд между стенками вакуумной