

Следовательно, совершенствование конструкции дозирующих систем, а также обеспечение равномерности восприятия нагрузки весоизмерительной системой дозирующего устройства является важной задачей и перспективным путем повышения точности дозирования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Весовое дозирование зернистых материалов / С. В. Першина [и др.]. – М.: Машиностроение, 2009. – 260 с.
2. Грибков, А.А. Автоматизация и управление высокоточным порционным дозированием порошковых материалов: автореф. дис. доктора техн. наук / А.А. Грибков. – М., 2011. – 40 с.
3. Видинеев, Ю.Д. Дозаторы непрерывного действия / Ю.Д. Видинеев. – М.: Энергия, 1978. – 184 с.

УДК 621

### ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Ялковский Н.С.*

Брестский государственный технический университет,  
Брест, Республика Беларусь

Интенсивному гидроабразивному износу подвергается оборудование 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 таких условиях, является формирование на изнашиваемых поверхностях различного рода защитных покрытий, в том числе газотермических покрытий из керамических материалов.

Вместе с тем особенности гидроабразивного изнашивания покрытий данного типа еще недостаточно изучены.

В данной работе исследовались свойства плазменного покрытия из механической смеси оксидов алюминия  $Al_2O_3$  и титана  $TiO_2$ . 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 использовался подслои из алюминид никеля (NiAl) толщиной 0,1 мм. Перед напылением поверхность образца для повышения прочности сцепления с покрытием подвергалась дробеструйной обработке.

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

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

Поверхность образца, подвергаясь абразивному изнашиванию, имела площадь 12 см<sup>2</sup>. 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.

Определялся объемный износ защитного покрытия, при этом плотность покрытия в соответствии с [1] принималась равной 3,4 г/см<sup>3</sup>.

Полученные результаты сравнивались с величиной гидроабразивного износа стали 40, принятой в качестве эталона.

Рассматривалось влияние на абразивное изнашивание факторов, которые могут привести к инверсии (изменению) ряда износостойкости. К числу последних относятся: угол взаимодействия абразивного потока с поверхностью изнашиваемого материала ( $\alpha$ ) и коэффициент твердости.

Угол взаимодействия ( $\alpha$ ) – один из основных параметров, определяющих характер изнашивания. При значениях  $\alpha$ , 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  $\alpha$  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  $\alpha$  имеет значения 20° и 80°.

Коэффициент твердости представляет собой отношение твердости абразивных частиц к твердости изнашиваемого материала. Для того чтобы получить предельную характеристику износостойкости покрытия, использовался абразив, твердость которого значительно (в 1,3...1,7 раза) превышает твердость покрытия. Учитывая, что твердость покрытия составляет 11000 МПа, в качестве абразивного материала принимаем электрокорунд твердостью 18000 МПа.

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.
- Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 1.

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

| Содержание TiO <sub>2</sub><br>в покрытии | Объемный износ, мм <sup>3</sup> /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                |

Таким образом, гидроабразивная износостойкость плазменных покрытий из механической смеси оксидов алюминия и титана невысока и в зависимости от условий воздействия абразивного потока составляет 0,40 - 0,50 при угле взаимодействия 20° и 0,22 - 0,26 при угле взаимодействия 80°. Этот факт определяется особенностями строения плазменного покрытия, а именно:

1. Высоким уровнем остаточных напряжений в материале покрытия.
2. Высокой хрупкостью керамического покрытия.
3. Наличием в покрытии большого числа пор, которые уменьшают прочность материала и служат концентраторами напряжений при разрушении.
4. Невысокой прочностью сцепления между частицами покрытия, так как взаимодействие между частицами покрытия вследствие скоротечности его формирования ограничивается только химическими связями.

Как свидетельствуют полученные результаты, покрытия данного типа не могут использоваться для эффективной защиты в условиях гидроабразивного изнашивания.

Сообщения об их применении, по видимому, относятся к случаю абразивного изнашивания в агрессивных средах, когда помимо абразивного воздействия имеет место интенсивное разупрочняющее воздействие среды. В этом случае керамические покрытия в силу своей высокой химической стойкости действительно эффективны.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Газотермические покрытия из порошковых материалов (справочник) / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская К. Наукова думка, 1987. 544 с.

УДК 620

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ЕЕ ОПЫТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ ХВГ

*Добриняник Ю.А.*

Брестский государственный технический университет,  
Брест, Республика Беларусь

Технологической наследственностью называется перенесение на готовое изделие в процессе его обработки погрешностей, механических и физико-химических свойств исходной заготовки или свойств и погрешностей, сформировавшихся у заготовки на отдельных операциях изготовления изделий [1].

Обычно технологическая наследственность рассматривается ограничительно на последней завершающей операции, хотя формируется она во время протекания всего технологического процесса. Известно, что она представляет собой явление переноса свойств заготовок, деталей и их сборки от всех технологических переходов и операций между собой; как взаимное технологическое воздействие, которое сказывается при эксплуатации на показатели качества изделия [2]. При этом сила воздействия технологических факторов на эксплуатационные свойства будет различной. Влияние одних может усиливаться, других —