

УДК 621.193.722

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ ДОБАВКАМИ ПРИ ТРЕНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ СО СТАЛЬНЫМ КОНТРТЕЛОМ

Лебедев Д.И., Винокуров Г.Г., Стручков Н.Ф.

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения РАН, Якутск, e-mail: uranhai@rambler.ru

В работе приведены результаты комплексного исследования поверхностей трения износостойких газотермических (газопламенное напыление) покрытий с ультрадисперсными добавками шпинеля меди и кобальта. Проведены испытания на износ, профилометрирование и микрорентгеноспектральный анализ поверхностей трения покрытий и металлического контртела. Показан взаимный переход материалов покрытия к контртелу и обратно, что влияет на формирование микрогеометрии контактных поверхностей трения покрытия и металлического контртела.

Ключевые слова: газотермическое покрытие, ультрадисперсные добавки, микрорентгеноспектральный анализ, испытание на износ, поверхность трения, шероховатость, профилометрирование

RESEARCH OF THE CONTACT SURFACE OF WEARPROOF GAS-THERMAL COVERINGS WITH ULTRADISPERSE ADDITIVES AT THE SLIDING FRICTION WITH THE STEEL COUNTERBODY

Lebedev D.I., Vinokurov G.G., Struchkov N.F.

V.P. Larionov's Institute of Physical-Technical Problems of the North SB RAS, Yakutsk, e-mail: uranhai@rambler.ru

Results of complex research of friction surfaces are given in work wearproof gas-thermal (a gas-flame dusting) coverings with ultradisperse additives spinel copper and cobalt. Tests for wear, profiling and the microx-ray spectral analysis of coverings friction surfaces and metal counterbody are carried out. Mutual transition of materials of a covering to a counterbody and back is shown that influences of formation microgeometry of contact friction surfaces of a covering and a metal counterbody.

Keywords: gas-thermal covering, ultradisperse additives, microx-ray spectral analysis, test for wear, friction surface, roughness, profiling

В настоящее время для упрочнения и восстановления поверхности изношенных деталей машин и механизмов широко применяются высокоэнергетические технологии нанесения порошковых покрытий. В качестве материала износостойких покрытий в основном используются самофлюсующиеся сплавы на никелевой или кобальтовой основе и их смеси с модификаторами из тугоплавких металлов, карбидов, нитридов, оксидов, ультрадисперсных соединений и др., которые обеспечивают образование упрочняющих фаз и улучшают структуру покрытия. Модифицированные порошковые покрытия характеризуются высокой степенью неоднородности структуры – выделениями избыточных дисперсных и коагулированных фаз, слоистым строением и пористостью. Это обусловлено спецификой высокоэнергетических технологических процессов, заключающейся в быстропотекающем (10^{-3} – 10^{-5} с) высокотемпературном (до температуры плавления) нагреве частиц порошкового материала и их последующем высокоскоростном

охлаждении и застывании. Физико-механические свойства упрочняющих фаз в структуре покрытий существенно влияют на эксплуатационные характеристики обработанной поверхности деталей при трении с металлической поверхностью контртела-детали машин и механизмов [1-4].

Материалы и методы исследования

В данной работе исследовались износостойкие газотермические покрытия, полученные напылением газовой горелкой «Mogul-9», самофлюсующегося порошка ПГСР-4 с модифицирующими добавками ультрадисперсных шпинелей CoAl_2O_4 (0,2%) и CuAl_2O_4 (0,2%) получаемых в процессе плазмохимического синтеза (порошки производства АО «NEOMAT» Латвии, средний размер частиц порядка ~ 100 нм).

Испытание на износ покрытий проведено на машине трения СМЦ-2 по схеме трения «диск-колодка» при условии сухого трения. Нагрузка – 4 МПа, скорость вращения вала – 300 оборотов в минуту. Были изготовлены контртела в виде колодок из стали марки Ст6.

Важнейшими количественными характеристиками микрогеометрии поверхности трения, показывающими динамику изнашивания в зависимости от параметров – нагрузки, скорости скольжения, температуры и т.д., являются шероховатость Ra, средне-

квадратическое отклонение Rq и наибольшая высота профиля Rz. Поверхности трения изучались профилометром SJ-201P (Япония) и с помощью оптических микроскопов «Stemi 2000C», «Axio Observer» через каждые 4500 циклов трения. Измерялся поперечный профиль покрытий и контртел.

Для оценки перехода материала образца к контртелу и обратно при трении скольжения проведен микрорентгеноспектральный анализ поверхностей трения на установке Jeol.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 показаны результаты испытаний на износ покрытий и их кон-

тртел. Как видно, у покрытия с добавками CoAl_2O_4 износостойкость выше, чем у покрытия с CuAl_2O_4 . В кривых массового износа стального контртела и покрытия практически не наблюдается существенного участка приработки, сразу начинается установившийся износ. Также наблюдается существенная разница массовых износов покрытия и контртела, обусловленная различной твердостью материалов контактных поверхностей, износ покрытий и контртел отличаются практически на порядок (рис. 1).

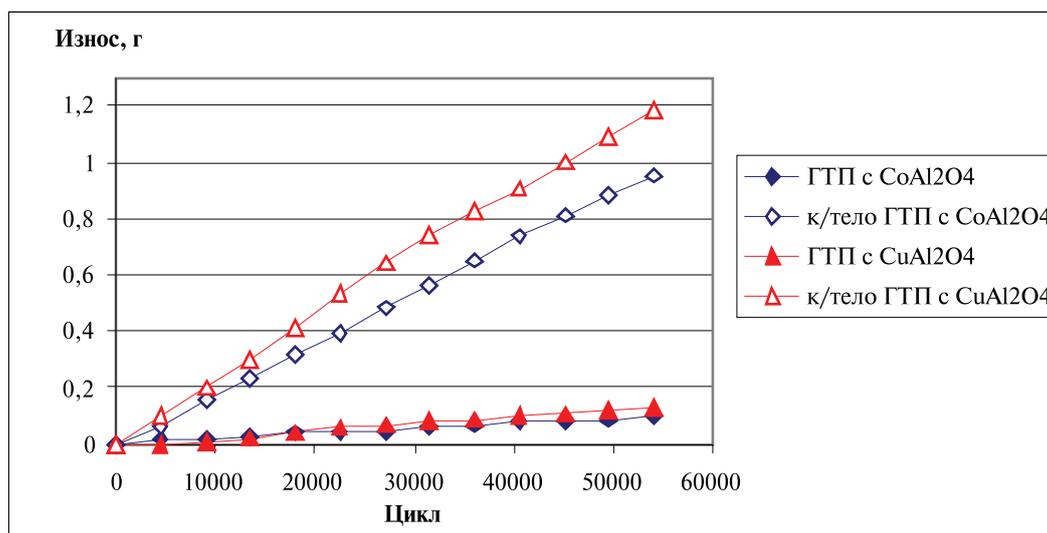


Рис. 1. Массовый износ газотермических покрытий и металлических контртел из стали Ст6

Структура материала влияет на формирование микрогеометрии поверхности трения при изнашивании. В работе профилометрическими измерениями была изучена микрогеометрия поверхностей трения. Как известно, трение скольжения приводит к особенностям механизмов изнашивания контактных поверхностей трения.

На рис. 2 приведены зависимости средних шероховатостей Ra контактных поверхно-

стей при трении покрытия с ультрадисперсными добавками CoAl_2O_4 в зависимости от количества циклов машины трения. В отличие от графиков массового износа на рис. 1 с монотонными зависимостями, шероховатость контактных поверхностей изменяется сложным колеблющимся образом. Примерно к ≈ 5000 циклов заканчивается участок влияния начального состояния контактных поверхностей трения из-за ее приработки.

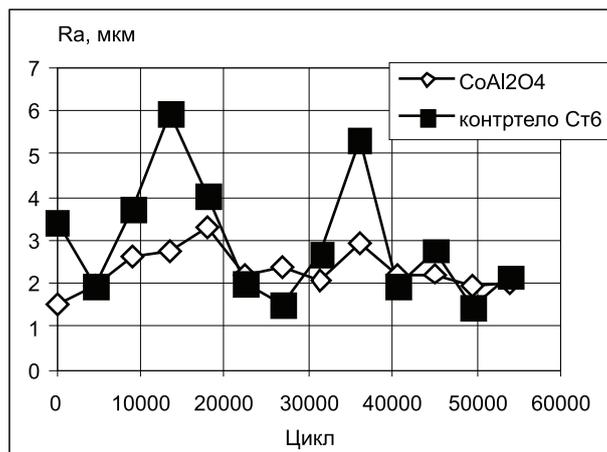


Рис. 2. Шероховатость контактных поверхностей покрытия с добавками CoAl_2O_4 и металлического контртела из стали Ст6

Далее начинается превалирование влияния механизма изнашивания материалов, что приводит к существенной разнице в поведении шероховатости поверхностей трения покрытия и контртела. Тогда как шероховатость поверхности трения покрытия имеют меньшие колебания, шероховатость контртел характеризуется большим разбросом, обусловленным периодическими колебаниями, т.к. стальной материал из-за низкой износостойкости способен к интенсивному изнашиванию. Эти процессы приводят к регулярному появлению нового рельефа контртела с по-

следующим сглаживанием, следовательно, к большей нестабильности шероховатости поверхности. При трении модифицированного покрытия со стальным контртелом шероховатости контактных поверхностей регулярно становятся сопоставимыми, что приводит к большему взаимовлиянию структуры материалов при изнашивании.

На рис. 3 приведены изображения поверхности трения (а) модифицированного покрытия с ультрадисперсными добавками CuAl_2O_4 при трении с контртелом из Ст6 и элементные карты железа и никеля.

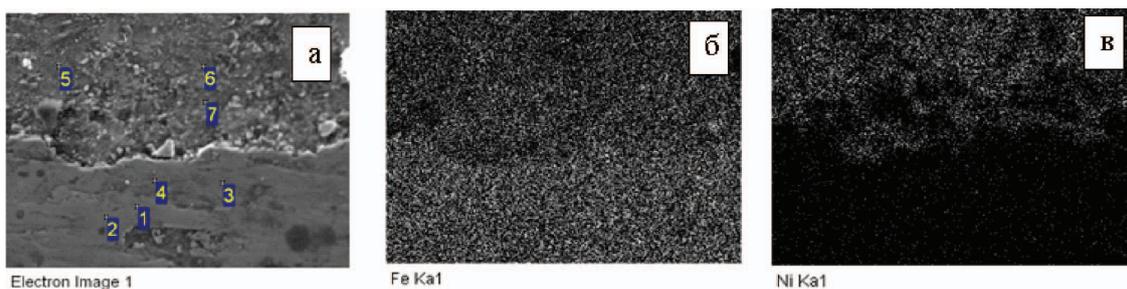


Рис. 3. Поверхность трения (а) модифицированного покрытия с CuAl_2O_4 и элементные карты: б – железо (Fe); в – никель (Ni).

В точках контакта покрытия и контртела (1, 2, 3, 4 рис. 3, а) по результатам микрорентгеноспектрального анализа наблюдается повышенная концентрация железа (Fe), хотя изначально в покрытии железо (Fe) практически отсутствует. Минимальное содержание никеля (Ni) в местах кон-

такта (точки 1, 2, 3, 4) также указывает на переход материала Ст6 контртела к покрытию, в областях, которые определяются микрогеометрией контактной поверхности трения. В области, где нет контакта с контртелом (точки 5, 6, 7) железо присутствует в виде продукта износа, а минимальное со-

держание никеля в площади контакта объясняется наличием никеля в составе данной стали (Ст6).

Заключение

Испытаниями на износ и профилометрическими измерениями установлено, что ультрадисперсные добавки покрытия и материал контртел существенно влияют на профили контактных поверхностей трения, их изменение подробно и точно отражает этапы процесса изнашивания.

При трении модифицированного покрытия со стальным контртелом шероховатости контактных поверхностей регулярно становятся сопоставимыми, что приводит к большему взаимовлиянию структуры материалов при изнашивании.

Микрорентгеноспектральными исследованиями установлен переход материала покрытия к контртелу и обратно, что влияет

на формирование микрогеометрии контактных поверхностей трения модифицированного покрытия и металлического контртела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотина Н.П., Ларионов В.П., Милохин С.Е., Шевченко В.Г. Влияние составов порошковых проволок на основе железа на структуру и износостойкость плазменно-напыленных покрытий // Физика и химия обработанных материалов. – 1990. – № 2. – С. 65-69.
2. Борисов Ю.С., Харлампьев Ю.А., Сидоренко С.Л., Ардатовская Е.Н. Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справочник. – Киев: Наукова думка, 1987. – 544 с.
3. Литовченко Н.Н., Сергеев В.В., Спиридонов Ю.Л. Восстановление коленчатых валов автотракторных двигателей электродуговой металлизацией / Труды 5-й Международной конференции «Пленки и покрытия 1998», СПб. – С. 105-108.
4. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.