

УДК 621.193.722

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛЬНОГО КОНТРЕЛА НА ИЗНАШИВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛИЗОВАННОГО ПОКРЫТИЯ С ТУГОПЛАВКИМИ ДОБАВКАМИ

© 2014 Н.Ф. Стручков, Г.Г. Винокуров

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,
г. Якутск

Поступила в редакцию 14.03.2014

В работе исследовано влияние термической обработки стального контртела на изнашивание покрытия из порошковой проволоки с тугоплавкими добавками. Выявлено, что износ поверхности термообработанного контртела приводит к переходу частиц стального материала к поверхности покрытия. Показано, что перенос материала влияет на износ и шероховатость поверхности трения покрытия на начальном этапе изнашивания.

Ключевые слова: *электрометаллизированное покрытие, стальное контртело, термообработка, микроструктура, изнашивание, испытание на износ, шероховатость*

Электродуговая металлизация порошковых проволок с модифицирующими добавками является одним из перспективных методов получения износостойких покрытий на деталях машин и механизмов. Технология электродуговой металлизации является также высокоэффективной по технико-экономическим показателям, как способ восстановления изношенных деталей техники в ремонтном производстве. Упрочненные данной технологией детали машин и механизмов при эксплуатации работают в трибосистеме «металл-металл», поэтому исследование процесса изнашивания покрытий с учетом фрикционного взаимодействия с металлическим контртелом является актуальной задачей для обеспечения износостойкости пары трения в целом.

Цель работы: установление влияния структуры металлического контртела на изнашивание покрытия из порошковой проволоки с тугоплавкими добавками.

Материалы и методика экспериментальных исследований. В работе исследовано изнашивание покрытия из порошковой проволоки при трении скольжения с металлическими контртелами. Износостойкое покрытие с тугоплавкими добавками Al_2O_3 является разработкой Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН (ИФТПС, г. Якутск) [1, 2]. Покрытия нанесены на боковую

поверхность дисков для испытаний на износ (диаметр 50 мм, высота 10 мм) с помощью промышленной установки электродуговой металлизации ЭДУ-500С при следующих технологических режимах: ток $I=280$ А, напряжение $U=38$ В, дистанция напыления $L=130-150$ мм. Испытания на износ проведены на машине трения СМЦ-2 в условиях сухого трения по схеме «диск-колодка» при следующих режимах: нагрузка 2 МПа, частота вращения вала 5 об/сек. Контртела – колодки, изготовлены из исходной и термообработанной стали 12ХН3А с твердостью 18-20 HRC и 32-34 HRC, соответственно. Термообработка: нагрев до 820°C с выдержкой 15 минут, закалка в масле и низкий отпуск при температуре 200°C в течение 1 часа. Выбор марки стали обоснован тем, что материал применяется для изготовления шестерней коробок передач автотракторной техники, редукторов станков и других механизмов, работающих под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах. Как известно, к данным деталям предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости [3]. Поверхность трения исследовалась с помощью профилометра SurfTest SJ-201P фирмы «Mitutoyo». Измерялся поперечный к пути трения профиль поверхности контртела и покрытия на каждом из четырех участков с базой 4 мм по 8000 точкам. Измерения массового износа и профиля проводились через каждые 4500 циклов трения.

Обсуждение результатов. В работе исследовались процессы изнашивания в двух парах трения: покрытие – сталь в исходном состоянии поставки (далее «покрытие – исходная сталь») и

Стручков Николай Федорович, кандидат технических наук, научный сотрудник. E-mail: struchkov_n@rambler.ru

Винокуров Геннадий Георгиевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: g.g.vinokurov@iptpn.ysn.ru

покрытие – термообработанная сталь («покрытие – т/о сталь»). Как видно из рис. 1, микроstructures исходной и термообработанной стали заметно отличаются, при термической обработке наблюдается уменьшение зерен. Микроструктура исходной стали состоит из сорбита и феррита, после термической обработки наблюдаются включения мартенсита и сетки цементита. Твердость контртела по Бриннелю после термообработки повышается с 212-217 НВ до 314-331 НВ.



Рис. 1. Микроструктура стальных контртел: а) исходная; б) термообработанная

На рис. 2 приведены кривые массового износа обеих пар трения. В обоих случаях до ~15000 циклов трения наблюдается участок приработки, далее начинается режим установившегося износа. В паре «покрытие – исходная сталь» наибольший износ покрытия наблюдается в начальном этапе трения (до ~4500 циклов), а износ контртела на стадии приработки имеет постепенно нарастающий характер (рис. 2а).

В случае пары трения «покрытие – т/о сталь» на начальном этапе приработки износ контртела является максимальным, в то время как практически не наблюдается износа покрытия (рис. 2б). Далее, начиная с ~9000 циклов, происходит равномерное изнашивание обеих контактных поверхностей. Примерно до 40000 циклов интенсивность изнашивания покрытия и термообработанного контртела на 18-20% выше, чем в паре трения «покрытие – исходная сталь». Далее изнашивание покрытий в обоих случаях происходит практически с одинаковой интенсивностью. В целом наблюдается высокий

уровень массового износа термообработанного контртела, износ покрытия также повышается (рис. 2б).

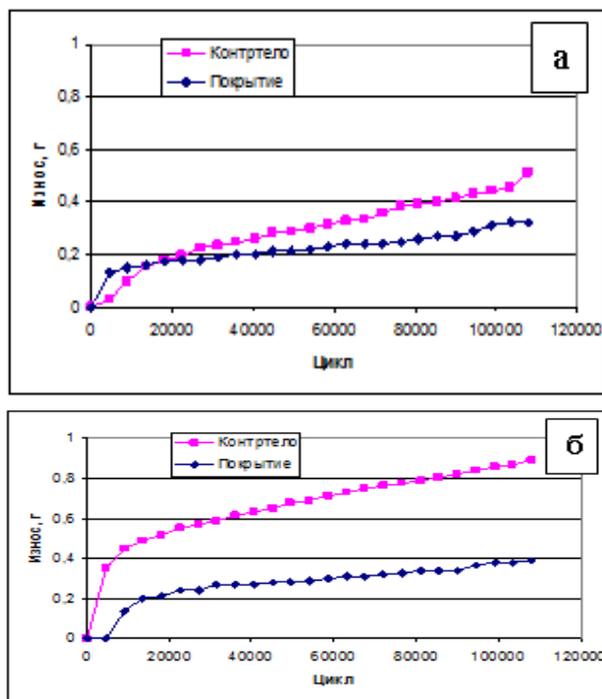


Рис. 2. Массовый износ покрытия и контртел пар трения: а) «покрытие – исходная сталь»; б) «покрытие – т/о сталь»

На рис. 3 показаны зависимости шероховатостей (R_a) контактных поверхностей трения от количества циклов. Как видно из графиков, в стадии приработки (до ~15000 циклов) наблюдается влияние начальной шероховатости [4].

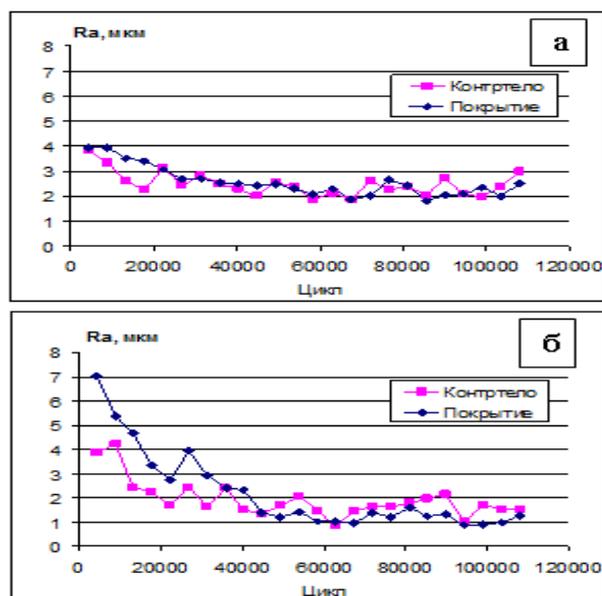


Рис. 3. Зависимости шероховатостей контактных поверхностей от количества циклов, пара трения: а) «покрытие – исходная сталь»; б) «покрытие – т/о сталь»

Как видно из рис. 3а, шероховатость покрытия при трении с исходным контртелом в начале пути трения имеет максимальное значение на уровне ~ 4 мкм. Далее наблюдается постепенное снижение (ниже $Ra=3$ мкм), и в режиме установившегося изнашивания шероховатость стабилизируется на уровне $\sim 2-2,8$ мкм с незначительными разбросами. Шероховатость контртела по всему пути трения имеет колеблющийся характер и имеет разброс значений Ra на близком уровне от $\approx 2,0$ до $3,0$ мкм (рис. 3а). При трении пары «покрытие – т/о сталь» шероховатости контактных поверхностей также имеют сглаживающийся характер, графики взаимно пересекаются; уровни шероховатостей снижаются до меньших значений примерно от $\sim 1,0$ до $2,0$ мкм (рис. 3б). Износ материала при трении скольжения происходит под комплексным влиянием различных механизмов разрушения поверхности трения: перенос материала, процесс схватывания, износ со снятием стружки и т.д. Из рис. 2б и 3б видно, что в начале режима приработки в паре трения «покрытие – т/о сталь» наблюдается резкие изменения значений износа и шероховатости; при этом в начале трения практически не наблюдается износа покрытия (рис. 2б). Это объясняется переходом стального материала к покрытию (рис. 4), когда начальная поверхность термообработанного контртела подвергается нагрузкам и происходит ее частичное разрушение. Частицы износа материала контртела закрепляются в неровностях поверхности покрытия, далее, постепенно удаляются в процессе изнашивания, тем самым объясняется постепенное сглаживание поверхности трения покрытия (рис. 3б). Аналогичного перехода материала в паре трения «покрытие – исходная сталь» с влиянием на массовый износ покрытия практически не наблюдается (рис. 2а).

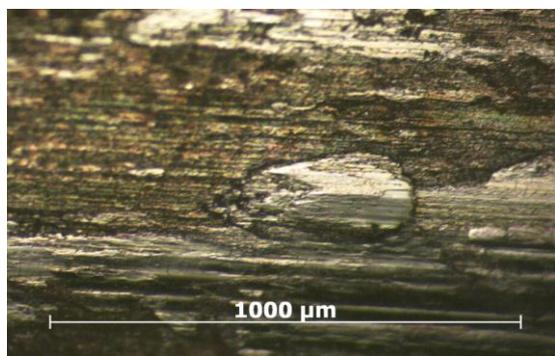


Рис. 4. Поверхность трения покрытия, термообработанное контртело, 18000 циклов

Выводы:

1. Исследовано влияние термообработки стального контртела на изнашивание электрометаллизованного покрытия с тугоплавкими добавками Al_2O_3 . Установлено, что термическая обработка контртела из стали приводит к существенному увеличению износа покрытия с тугоплавкими добавками и самого контртела.

2. При трении покрытия с термообработанным контртелом в начале пути трения практически не наблюдается износа покрытия. Это обусловлено переходом стального материала контртела к покрытию, который влияет на значения износа и шероховатости на начальном этапе изнашивания.

3. Термообработка стального контртела приводит к значительному снижению уровня равновесной шероховатости контактных поверхностей трения с $\sim 2,0-3,0$ мкм до $\sim 1,0-2,0$ мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Винокуров, Г.Г.* Состав, структура и свойства газотермических покрытий из порошковых проволок и их влияние на процессы изнашивания при трении скольжения / *Г.Г. Винокуров, Н.Ф. Стручков, М.В. Федоров, С.П. Яковлева* / Физическая мезомеханика. 2007. №4. С. 97-105.
2. *Винокуров, Г.Г.* Влияния термообработки на износостойкость напыленных покрытий из порошковых проволок с тугоплавкими добавками / *Г.Г. Винокуров, Н.Ф. Стручков* // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009. №11. С. 21-24.
3. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – Введ. 1973.01.01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 39 с.
4. *Костецкий, Б.И.* Трение, смазка и износ в машинах. – Киев: Техника, 1970. 396 с.

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT OF THE STEEL COUNTERBODY ON ELECTROARC METALLIZATION COATINGS WITH HIGH-MELTING ADDITIVES

© 2014 N.F. Struchkov, G.G. Vinokurov

Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov SB
RAS, Yakutsk

In work influence of heat treatment of a steel counterbody on coating wear from a powder wire with high-melting additives is investigated. It is revealed that surface wear of the thermoprocessed counterbody leads to transition of particles of a steel material to a coating surface. It is shown that transfer of material influences on wear and roughness of surface friction of a coating at the initial stage of wear.

Key words: *electroarc metallization coating, steel counterbody, heat treatment, microstructure, wear, wear test, roughness*