

Литература

1. Присевок, А.Ф. Теоретические и экспериментальные исследования механохимических процессов изнашивания деталей в химических и техногенных биокоррозионных средах / А.Ф. Присевок, Г.Я. Беляев // Теория и практика машиностроения. – 2006. – № 1. – С. 88 – 93.
2. Шелег, В.К. Исследование механохимических процессов водородного изнашивания деталей в химических и биокоррозионных техногенных средах / В.К. Шелег, А.Ф. Присевок, А.М. Гагасов // Современные методы и технологии создания и обработки материалов. В 2-х ч. Ч. 1. Материалы МНТК / ред.-кол.: С.А. Астапчик [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2007. – С. 48 – 55.
3. Создание композиционных водородостойких материалов: проблемы и пути решения / В.К. Шелег [и др.] // Респ. межвед. сб. науч. тр. Сварка и родственные технологии. – 2006. – № 8. – С. 44 – 53.
4. Шелег, В.К. Водородостойкие защитные материалы для деталей трения машин и оборудования, работающих в техногенных водородосодержащих средах / В.К. Шелег, А.Ф. Присевок // Науч.-техн. журнал Вестник БНТУ. – 2007. – № 3. – С. 8.

УДК 621.891.2

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ТРЕНИИ В СРЕДЕ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОРАЗМЕРНОЙ АЛМАЗНО-ГРАФИТОВОЙ ШИХТОЙ

М.А. Белоцерковский, В.И. Жорник, В.А. Кукареко, И.Ю. Тарасевич
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Минск

Введение. Перспективным направлением увеличения износостойкости поверхностей трения и повышения качества смазочных материалов является их модифицирование твердыми наноразмерными компонентами [1]. Поскольку газотермические покрытия широко используются для восстановления и создания элементов пар трения, в задачу работы входило исследование триботехнических свойств газотермических покрытий из проволоочной стали 12Х18Н10Т и структурных превращений в поверхностных слоях покрытия при трении в среде смазочного материала, модифицированного добавками наноразмерных частиц алмазно-графитовой смеси.

Методы исследования. Образцы для исследований вырезались из пластин (20×10×6 мм), изготовленных из стали 30 с напыленными слоями ($\delta \approx 1$ мм) из проволоочной стали 12Х18Н10Т. Газотермическое напыление осуществлялось термораспылителем «АДМ-10», изготовленным в ОИМ НАН Беларуси, с использованием технологии гиперзвукового напыления. Триботехнические испытания образцов покрытий проводились в условиях

граничного трения при номинальных давлениях 10 – 100 МПа. Испытания при давлениях 10 – 30 МПа осуществлялись на трибометре АТВП, оснащенном устройством для измерения коэффициента трения. При испытаниях с давлениями 50 – 100 МПа использовался трибометр МТВП. Испытания проводились по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел при средней скорости взаимного перемещения $\cong 0,1$ м/с. В процессе испытаний использовалось контртело из закаленной стали У8 (HV = 7800 – 8000 МПа). В качестве смазочного материала применялась стандартная смазка И-20А, а для модифицирования смазки использовалась ультрадисперсная алмазно-графитовая смесь УДА-ГО-СП (ТУ РБ 28619110.001-95). Концентрация УДА-ГО в смазке составляла 1 вес.%. Исследование фазовых и структурных превращений в поверхностных слоях покрытий проводилось с помощью рентгеноструктурного анализа (ДРОН-3.0). Микротвердость измерялась на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 0,2 – 1 Н.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 приведены зависимости коэффициента трения от пути трения для газотермического покрытия из проволоочной стали 12Х18Н10Т при испытаниях в среде смазочного материала И-20А и смазки, модифицированной добавками алмазно-графитовой шихты ($p = 25$ МПа).

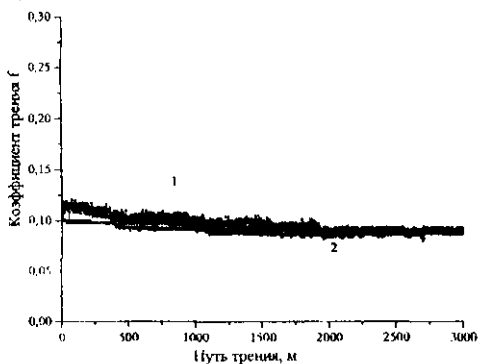


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от пути трения для образцов газотермического покрытия из проволоочной стали X18H10T: 1 – смазка И-20А; 2 – смазка И-20А + 1 % УДАГ (давление испытаний – 25 МПа; контртело – закаленная сталь У8)

Можно видеть, что при испытаниях в среде смазки И-20А коэффициент трения трибопары на начальных стадиях испытаний составляет $f = 0,12$ и после пути трения 2000 м вследствие приработки трибосоприжения снижается до уровня $f = 0,095$. Добавление 1 вес.% наноразмерного алмаз-

но-графитового модификатора в смазку И-20А сопровождается интенсификацией процесса приработки пары трения. В частности, после пути трения 2000 м коэффициент трения трибопары составляет $f = 0,085$ (см. рис. 1, кривая 2). В процессе фрикционного взаимодействия в поверхностных слоях покрытий происходит фазовое $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение метастабильного аустенита в мартенсит деформации. При этом микротвердость поверхностного слоя возрастает до уровня $H_{0,49} = 5200 - 5300$ МПа.

На рис. 2 приведены фрагменты рентгеновских дифрактограмм ($\text{CoK}\alpha$) от поверхностных слоев образцов газотермического покрытия из стали 12Х18Н10Т в исходном состоянии (после механического шлифования на абразивной бумаге), а также после триботехнических испытаний в среде смазки И-20А при различных номинальных давлениях. По мере увеличения давления испытаний можно наблюдать постепенное возрастание содержания в поверхностном слое газотермического покрытия α -фазы (до 35 - 40 об.%) и соответствующее снижение концентрации в слое аустенита (см. рис. 2 б, в, таблица).

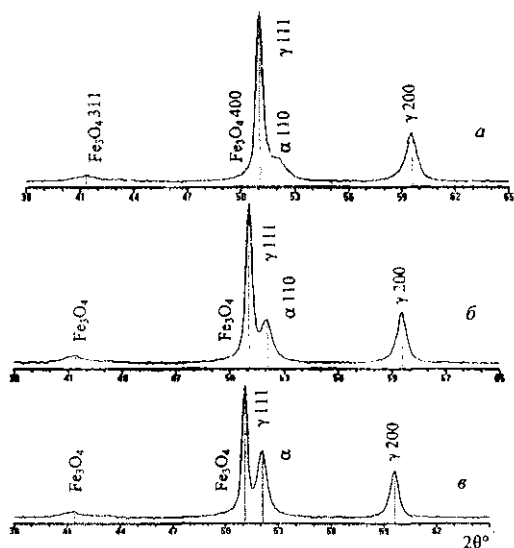


Рис. 2. Фрагменты рентгеновских дифрактограмм ($\text{CoK}\alpha$) от поверхностных слоев газотермических покрытий (АДМ) из стали 12Х18Н10Т после триботехнических испытаний (трение в среде смазочного материала И-20А, контртело — закаленная сталь У8): а — исходное состояние; б — давление 10 МПа; в — 25 МПа

Значения микротвердости H_{μ} , содержания остаточного аустенита в поверхностных слоях АДМ покрытия из стали 12X18H10T после трения по различным режимам

Режим трения	Микротвердость, H_{μ} , МПа	V_{γ} , об.%
Исх. состояние (мех. шлифовка)	3300	88
$p_n=10$ МПа; смазка И-20А	5000	80
$p_n=20$ МПа; смазка И-20А	5300	75
$p_n=30$ МПа; смазка И-20А	5300	60
$p_n=50$ МПа; смазка И-20А – задира	3500	85
$p_n=50$ МПа; смазка И-20А+1% УДАГ	5300	55
$p_n=100$ МПа; смазка И-20А+1% УДАГ	5500	60

В случае проведения триботехнических испытаний при высоких контактных давлениях (≥ 50 МПа) в среде смазочного материала И-20А регистрируется задира трибосопряжения с переходом процесса трения в стадию катастрофического изнашивания (рис. 3 а).

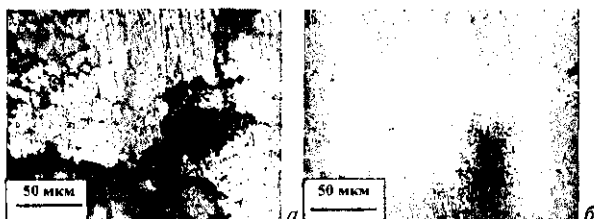


Рис. 3. Микроструктура поверхности трения покрытий из стали 12X18H10T после испытаний в среде смазки И-20А (а) и смазки И-20А, модифицированной УДА-ГО (б) ($p = 100$ МПа)

При испытаниях газотермического покрытия в среде смазки И-20А, модифицированной алмазно-графитовыми добавками, покрытие из стали 12X18H10T сохраняет работоспособность при номинальном давлении испытаний 100 МПа. Можно полагать, что в поверхностном слое ГТН покрытия при трении в среде смазки с ультрадисперсными частицами УДА-ГО интенсифицируются процессы приработки, сопровождающиеся мартенситным $\gamma \rightarrow \alpha$ превращением и формированием прослоек с наноразмерной фрагментированной субструктурой, обеспечивающей высокое сопротивление зарождению и распространению микротрещин при фрикционном взаимодействии [1].

Выводы. В процессе триботехнических испытаний газотермических покрытий из проволоочной стали 12X18H10T, содержащей метастабильный

аустенит, в условиях трения со смазкой И-20А при давлениях 10 – 30 МПа регистрируется фазовое $\gamma \rightarrow \alpha$ мартенситное превращение, приводящее к возрастанию содержания в поверхностном слое мартенситной α -фазы (до 35 – 40 об.%) и сопровождающееся интенсивным упрочнением поверхности трения. Повышение давления испытаний до $p = 50$ МПа приводит к катастрофическому износу трибосопряжения. В случае триботехнических испытаний в среде смазки, модифицированной добавками наноразмерных алмазо-графитовых частиц (УДАГ), процессы приработки трибосопряжения интенсифицируются. При этом несущая способность пары трения, содержащей газотермическое покрытие, существенно возрастает и трибосопряжение демонстрирует устойчивую работу при контактных давлениях, достигающих 100 МПа.

Литература

1. Формирование износостойких поверхностных структур и механизм их разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазографитовыми добавками. Ч. 1. Триботехнические свойства / П.А. Витязь [и др.] // Трение и износ. – 2006. – Т. 27. – № 1. – С. 61 – 68.

УДК 621.793

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ТРИБОМОДИФИЦИРОВАНИЕМ

М.А. Белоцерковский, В.А. Кукареко

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»;

А.И. Камко

РУПП «Гомельский завод литья и нормалей»

Введение. Одним из наиболее эффективных путей решения задачи повышения ресурса и улучшения работоспособности пар трения скольжения, эксплуатирующихся при повышенных удельных нагрузках, является использование композиционных пластичных смазок в сочетании с технологиями, обеспечивающими формирование металлических покрытий.

Для интенсификации процесса приработки и повышения триботехнических свойств покрытий, в том числе смазкоудерживающей способности, используют пластичные смазки с наноразмерными наполнителями [1]. Известны технологии изготовления деталей узлов трения скольжения, ис-