

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАЗЦОВ С ПЛАЗМЕННО-ВАКУУМНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Представлены результаты исследования износостойкости стальных образцов, образцов из алюминиевых сплавов, латуни и бронзы с покрытиями из TiN и углеродной алмазоподобной пленкой. Установлены зависимости величины износа от продолжительности испытаний, толщины покрытий, шероховатости основы, материала контртела.

Испытания проводились с использованием установки МФТ-1 по схеме торцевого трения кольцо-плоскость по стандартной методике. Результаты исследований позволили установить, что на характер изнашивания и коэффициент трения образцов с покрытием TiN существенное влияние оказывают толщина покрытия, жесткость материала основы и ее исходная шероховатость [1, 2]. Для образцов с более мягкой основой (алюминиевые сплавы, латунь, бронза) интенсивность изнашивания во время приработки выше, а время приработки более короткое. И в первом и во втором случаях интенсивность изнашивания, длительность периода приработки и коэффициент трения зависят от исходной шероховатости основы. Уменьшение последней до 0,75...0,11 мкм благоприятно сказывается на процессах трения и изнашивания упрочненных поверхностей. С увеличением толщины покрытия влияние вышеуказанных факторов на триботехнические характеристики пар трения уменьшается.

Наиболее работоспособными при принятых режимах испытаний на износостойкость оказа-

лись образцы с покрытиями из углеродной алмазоподобной пленки (УАПП). Для пар трения УАПП — УАПП, независимо от материала основы, наблюдалось равномерное изнашивание контактирующих поверхностей. При трении таких покрытий, нанесенных на основу из стали 12Х18Н10Т, изнашивание поверхностей трения происходило в основном за счет скалывания покрытия с выступов микронеровностей поверхности и наличия микроабразива в зоне трения. При изучении поверхностей трения под микроскопом отчетливо видны участки основы, с которых срезано покрытие. С увеличением исходных параметров шероховатости (R_a , R_{max}) поверхностей трения количество участков со срезанным покрытием увеличивается. Увеличение локальных повреждений покрытия, вызванных повышенной хрупкостью УАПП, приводило в итоге к катастрофическому разрушению покрытия.

При нанесении покрытий из УАПП на более мягкую основу (алюминиевые сплавы, латунь) в процессе трения происходит смятие выступов микронеровностей профиля, что ведет к про-

давлению покрытия из-за повышенной хрупкости УАПП и его катастрофическому разрушению. Задиры на поверхности в этих парах происходят после разрушения значительных участков покрытия из-за схватывания материалов поверхностей трения, а также за счет образования в зоне трения микроабразива из продуктов изнашивания покрытий.

При трении образцов с покрытиями из УАПП по контртелу из закаленной стали ШХ15 наблюдалось интенсивное изнашивание стального контртела с образованием на его поверхности налипаний коричневого цвета, что свидетельствует об окислительном характере изнашивания. При этом на покрытии заметных следов изнашивания не обнаруживалось.

На рис. 1 и 2 показано изменение износостойкости алмазоподобного покрытия, нанесенного на основу из различных материалов, в зависимости от продол-

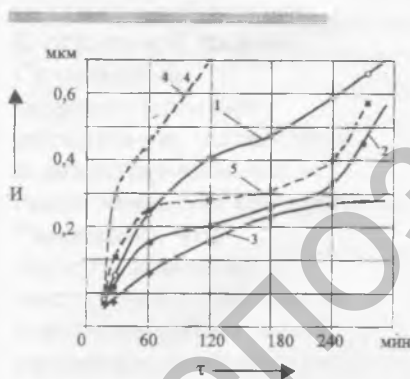


Рис. 1. Зависимости износа образцов (сталь 12Х18Н10Т и сплав Д16Т с углеродной алмазоподобной пленкой) от времени испытаний (исходная шероховатость поверхности Ra: 1 – 0,6...0,75 мкм; 2 – 0,4...0,45; 3 – 0,11...0,14; 4 – 0,4...0,45; 5 – 0,11...0,14 мкм; контртело – сталь 12Х18Н10Т (1,2,3) и сплав Д16Т (4,5) с углеродной алмазоподобной пленкой на поверхности образца)

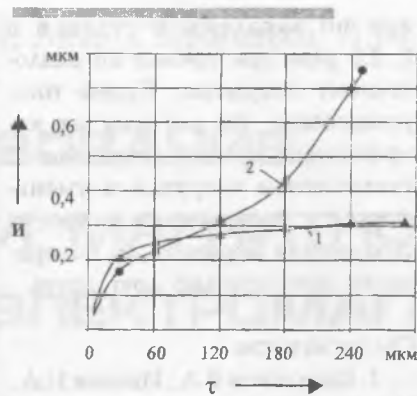


Рис. 2. Зависимости износа образцов (сталь 12Х18Н10Т с углеродной алмазоподобной пленкой) от времени испытаний (исходная шероховатость Ra: 1 – 0,11...0,14 мкм; 2 – 0,6...0,75 мкм; контртело – закаленная сталь ШХ15)

жительности испытаний и материала контртела.

При трении пары с алмазоподобными покрытиями на стальной основе износостойкость образцов с шероховатостью Ra 0,11...0,14 мкм оказалась в два раза выше, чем у образцов с шероховатостью Ra 0,6...0,75 мкм. Для образцов с меньшей шероховатостью характерен их незначительный износ на участке приработки покрытия. При трении образцов с УАПП в паре с закаленной сталью ШХ15 большая исходная шероховатость приводит к более интенсивному изнашиванию покрытий (рис.2). Алмазоподобные покрытия, нанесенные на основу из сплава Д16Т (как и при упрочнении TiN), изнашиваются интенсивнее нанесенных на более жесткую основу из стали 12Х18Н10Т (рис. 1, зависимости 4 и 5). Анализ результатов испытаний показывает, что процесс изнашивания пар трения, упрочненных УАПП или TiN, носит абразивно-усталостный характер, что в значительной мере обусловлено гетерогенной структурой этих покрытий.

Проводилось исследование износостойкости и фрикционных

характеристик образцов из стали 12Х18Н10Т с различными покрытиями (TiN, (Cu-TiN)_x и УАПП) при трении со смазочным материалом (вакуумное масло ВМ-1). Режимы испытаний на износостойкость были следующими: скорость относительного скольжения 1,5 м/с, давление 1,2 МПа. Контртелом служил образец из закаленной стали ШХ15 с покрытием.

Зависимость износа образцов с покрытиями от времени испытаний представлена на рис. 3.

Анализ результатов исследований показывает, что градиция износостойкости покрытий аналогична трению без смазочного материала. Наименьшую величину износа имеют образцы с УАПП, а наибольшую — с покрытием TiN. Величина износа покрытия (Cu-TiN)_x занимает промежуточное положение. Однако абсолютная разница в величинах износа образцов имеет меньшую величину, чем в условиях сухого трения. Следует отметить, что интенсивность изнашивания покрытия (Cu-TiN)_x достаточно близка к УАПП и поэтому при реализации режи-

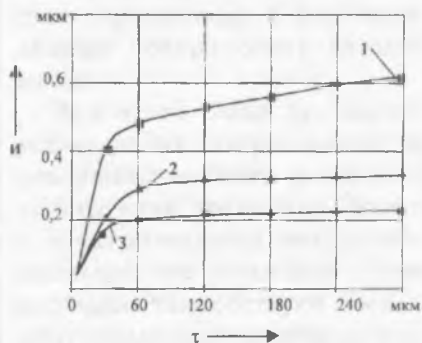


Рис. 3. Зависимости износа образцов (сталь 12Х18Н10Т с покрытием TiN (1), (Cu-TiN)_x (2) и УАПП (3)) от времени испытаний при трении со смазочным материалом (исходная шероховатость Ra 0,2...0,25 мкм; контртело – закаленная сталь ШХ15)

ма избирательного переноса такое покрытие может служить полноценной заменой алмазоподобной пленке. Кроме того, несколько больший износ меди приводит к образованию масляных карманов, удерживающих смазку в зоне трения и повышающих тем самым износостойкость покрытия $(\text{Cu-TiN})_x$.

Результаты исследований показали, что покрытие $(\text{Cu-TiN})_x$ эффективнее покрытия TiN соответственно в 2,7...3,2 раза при тре-

нии по закаленной стали и в 2...2,8 раза при трении по аналогичному покрытию. Кроме того, установлено, что для всех пар коэффициент трения возрастает с увеличением нагрузки и уменьшается с увеличением скорости скольжения образцов по поверхности относительно друг друга.

Литература

1. Емельянов В.А., Иванов И.А., Мрочек Ж.А. Вакуумно-плазменные способы формирования

защитных и упрочняющих покрытий. — Мн.: Изд. НПО «Интеграл», 1998. — 285 с.

2. Иващенко С.А., Фролов И.С., Мрочек Ж.А. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами. — Мн.: УП «Технопринт», 2001. — 233 с.

Рецензент: доктор технических наук, профессор Н.В. СПИРИДОНОВ