

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАР ТРЕНИЯ С УПРОЧНЯЮЩИМ ПОКРЫТИЕМ

Инж. МАКСИМЧЕНКО Н. Н., канд. техн. наук ЛЕВАНЦЕВИЧ М. А.

Институт надежности машин (ИНДМАШ) НАН Беларуси

Технология микродугового оксидирования (МДО) позволяет получать на поверхности деталей из алюминия и его сплавов оксидное покрытие толщиной до 300 мкм, характеризующееся ценными эксплуатационными свойствами. Оно имеет прочное сцепление с подложкой и обладает высокой твердостью, износо- и термостойкостью. Высоки и диэлектрические параметры покрытия [1–3]. Есть все основания полагать, что упрочненные детали из алюминия можно широко использовать, например в компрессорах и вакуумных насосах, подшипниках скольжения, приводах с фрикционной или зубчатой передачей и др., а также в качестве электроизоляции и теплового барьера в нестационарно работающих узлах. Однако до настоящего времени мы не имеем данных о применении деталей с МДО-покрытием в каком-либо производстве. Имеющаяся отечественная и зарубежная информация противоречива и не всегда позволяет принять обоснованное решение о выборе технологического оборудования для формирования МДО-покрытий, а также составе электролита и электрических режимов (оптимальных значений плотности тока и напряжения), формировании покрытий с заданными эксплуатационными свойствами. Мало исследованы и фрикционные параметры покрытий. Например, разброс данных о значениях коэффициента трения для поверхностей с МДО-покрытием при отсутствии смазочного материала составляет от 0,25 до 0,8. Не определены предельные значения контактных давлений и скоростей скольжения. Не исследованы возможности улучшения триботехнических характеристик покрытий при «сухом» трении. Отсутствие нужной информации препятствует широкому применению МДО-технологий в промышленности и вместе с тем обуславливает необходимость дополнительных исследований.

Лабораторные испытания по оценке триботехнических характеристик пар трения с упрочняющим МДО-покрытием проводили в ИНДМАШ НАН Беларуси на машине трения, осуществляющей трение торцовых поверхностей трех роликов диаметром 8 мм по диску. В качестве контробразцов использовали ролики из стали 18ХГТ (HRC 57...64). Цель испытаний заключалась в определении параметров фрикционного взаимодействия со сталью 18ХГТ следующих материалов: № 1 – алюминиевый сплав Д16; № 2 – алюминиевый сплав Д16 с МДО-покрытием; № 3 – алюминиевый сплав Д16 с МДО-покрытием, модифицированным антифрикционным слоем. В качестве измеряемых параметров были приняты: момент трения, температура нагрева и износ образцов за установленный промежуток времени. Износ определяли путем взвешивания образцов до и после испытаний, которые проводили в условиях смазки, осуществляемой с помощью фетра, постоянно подпитываемого маслом М-10 В.

Упрочнение трущихся поверхностей диска методом МДО осуществляли током промышленной частоты 50 Гц на установке, разработанной в ИНДМАШ НАН Беларуси. В качестве электролита использовали водный раствор жидкого стекла Na_2SiO_3 в количестве 4...6 г/л и гидроксида калия КОН в количестве 2...3 г/л. Время обработки – 60 мин, толщина упрочненного слоя – 120 мкм. Материалом образцов служил алюминиевый сплав Д16.

Перед испытаниями производилась доводка испытываемых образцов на притирочной плите. Это обеспечило сокращение времени приработки трущихся поверхностей и удаление с поверхности образцов с покрытием «дефектного» слоя из муллита. Среднее значение микротвердости оставшегося упрочненного слоя составляло 14...16 ГПа. Параметр шероховатости поверхности образцов R_a после доводки не превышал 0,1 мкм.

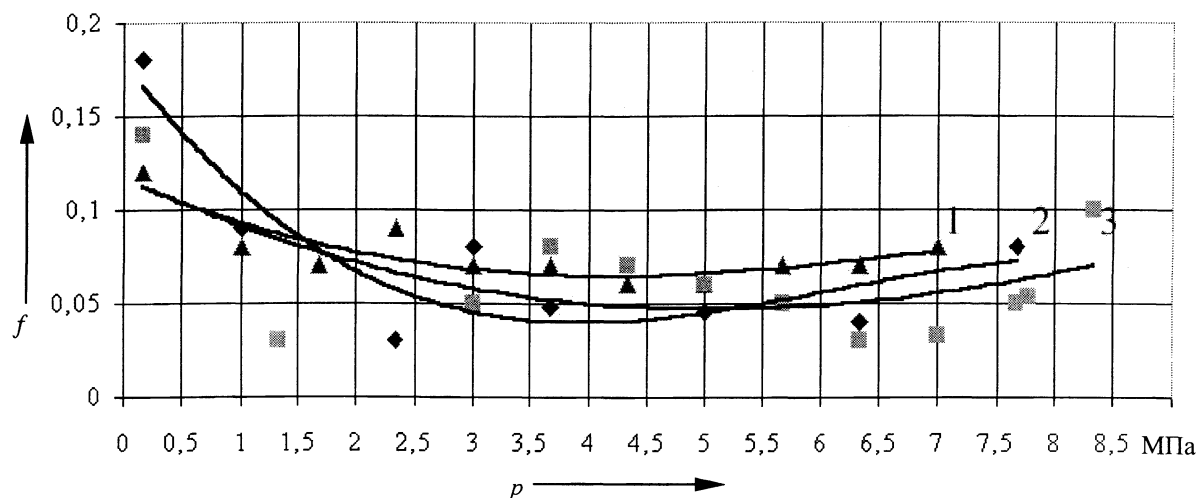


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от величины удельной нагрузки при трении образцов из стали 18ХГТ по следующим материалам: ▲ – пара трения № 1 (сплав Д16); ◆ – № 2 (сплав Д16 с МДО-покрытием); ■ – № 3 (сплав Д16 с МДО-покрытием, модифицированным антифрикционным слоем)

В задачу исследований по оценке триботехнических характеристик образцов с упрочняющим МДО-покрытием входило также и изучение влияния на исследуемые параметры наличия твердосмазочного материала из меди. Медное покрытие формировали после доводки образцов методом деформационного плакирования [5]. Известно, что присутствующая в зоне фрикционного контакта медь улучшает прирабатываемость трущихся поверхностей и в условиях «сухого» трения снижает коэффициент трения [4].

Триботехнические характеристики пар трения с упрочняющим покрытием определяли в следующей последовательности. Первоначально образцы прирабатывались до образования видимой дорожки контакта на плоской поверхности диска при нагрузке 0,17 МПа при скорости скольжения 6,75 м/с. При этом регистрировались текущее значение момента трения, температура в зоне контакта, длина пути трения и время появления дорожки износа. Затем изучали зависимости коэффициента трения, температуры в зоне контакта и износа от величины контактного давления. Эти параметры определяли при скорости скольжения 6,75 м/с путем ступенчатого увеличения нагрузки до предельного значения (критической точки), когда наблюдалось резкое возрастание момента трения, температуры и износа (зона пластических деформаций).

Графики зависимости коэффициента трения и температуры нагрева от удельной нагрузки приведены на рис. 1, 2.

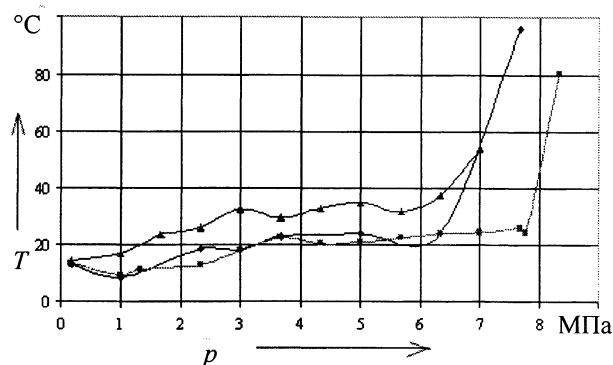


Рис. 2. Зависимость температуры от удельной нагрузки при трении по стали 18ХГТ (обозначения на рис. 1)

Испытания показали, что при трении образца из неупрочненного сплава Д16 по стали 18ХГТ (пара трения № 1) коэффициент трения в сопряжении в установившемся режиме трения составляет 0,06...0,07. Несмотря на то, что величина предельной нагрузки для этой пары трения составила 7 МПа, уже при нагрузке $p = 3,7$ МПа наблюдались резкие скачки силы трения, рост температуры, нестабильность процесса трения. При нагрузке $p = 4,3$ МПа регистрируются мгновенные схватывания образцов, однако на тру-

шихся поверхностях следы задира не обнаружены. С увеличением нагрузки до 7 МПа происходит резкий рост силы трения и температуры в зоне контакта, приводящий к схватыванию и задиру поверхностей.

Упрочнение рабочей поверхности образца из сплава Д16 методом микродугового оксидирования позволяет снизить коэффициент трения в паре со сталью 18ХГТ (пара трения № 2) на 40...45 % (до 0,04...0,05). При этом нагрузочная способность пары трения повышается до 7,7 МПа. В отличие от пары трения «алюминий – сталь» (пара трения № 1) процесс трения остается стабильным вплоть до нагрузки $p = 6,3$ МПа, после которой начинаются колебания и скачки силы трения. При нагрузке $p = 7,7$ МПа из-за резкого увеличения температуры в зоне трения происходит схватывание поверхностей.

Нанесение на поверхность оксидокерамики тонких слоев антифрикционных материалов (пара трения № 3) позволяет повысить нагрузочную способность на 15...20 % по сравнению с парой

трения № 1 (до 8,3 МПа) при коэффициенте трения в сопряжении 0,03...0,05. Как и в паре трения № 2, процесс трения остается стабильным во всем диапазоне прикладываемой нагрузки. На предельной нагрузке $p = 8,3$ МПа после двух минут испытания регистрируются резкий рост температуры и вызванное этим повышение силы трения и последующее схватывание образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черненко В. И., Снежко Л. А., Папанова И. И. Получение покрытий анодно-искровым электролизом. – Л.: Химия, 1991. – 128 с.
2. Баковец В. В., Поляков О. В., Долгопова И. П. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с.
3. Метод дугового оксидирования / Г. А. Марков, В. И. Белеванцев, О. П. Терлеева и др. // Вестник МГТУ. Серия «Машиностроение». – 1992. – № 1. – С. 34–56.
4. Воронков Б. Д. Подшипники сухого трения. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 223 с.
5. Анцупов В. П. Теория и практика плакирования изделий гибким инструментом. – Магнитогорск, 1999. – 241 с.

УДК 620.178.153

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПРИ МАЛЫХ И СРЕДНИХ НАГРУЗКАХ*

Асп. МИНЧЕНЯ В. В.

Институт прикладной физики НАН Беларуси

В последние годы проявляется все больший интерес к методам контроля твердости покрытий и упрочненных поверхностных слоев металлических изделий. Традиционный метод измерения микротвердости покрытий с помощью прибора ПМТ-3 позволяет надежно получать числа микротвердости HV в широком интервале нагрузок от 0,01 до 2 Н. Нижний предел измерения объясняется тем, что при малых нагрузках погрешность оператора значительна даже при условии

подбора объектива прибора по апертурному числу. Погрешность оператора нелинейно возрастает при уменьшении диагонали отпечатка и соответственно оказывается больше для твердых материалов. Результаты измерений при нагрузках менее 5 г – неудовлетворительные. Верхняя граница диапазона определяется возможностями прибора ПМТ-3.

Однако на практике при исследовании влияния механических свойств и толщины покрытия

* Работа выполнена в рамках договоров с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований Т99-128 и Международным фондом INTAS (n° YSF 2001/2-107).