Упрочнение приповерхностного слоя титана при воздействии микроплазменных разрядов

В.А. Иванов1, М.Е. Коныжев1, А.А. Дорофеюк1, Т.И. Камолова1, Л.И. Куксенова2, В.Г. Лаптева2, М.С. Алексеева2, И.А. Хренникова2

1Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, ivanov@fpl.gpi.ru
2Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

При взаимодействии в вакууме импульсного потока плазмы с плотностью ~1012 см−3 и длительностью импульса 25 мкс с металлическими образцами, покрытыми тонкой диэлектрической пленкой толщиной ~1 мкм, на поверхности этих образцов возбуждаются микроплазменные разряды [1, 2]. В местах локализации микроразрядов происходит плавление металла, а в результе быстрого движения микроразрядов вдоль поверхности образцов − остывание и затвердевание металла с образованием кратеров с характерным диаметром от 0,1 до 10 мкм. В результате многократного повторения процессов локального плавления и остывания приповерхностного слоя металла на поверхности образцов формируется сплошной переплавленный слой, имеющий развитую структуру микрорельефа.

На основе этого явления авторами работы разработан универсальный микроплазменный метод, с помощью которого можно эффективно создавать микрорельеф и упрочнять металлические изделия со сложной формой поверхности [1, 2].

В работе использовались образцы из технического титана ВТ1, имеющие форму параллелепипеда (3,5 × 3,5 × 12 мм). Перед установкой в вакуумную камеру образцы подвергались термическому отжигу на воздухе при температуре 400 оС в течение 1 часа для формирования на их поверхности диэлектрической оксидной пленки толщиной ~1 мкм.

Эксперименты по формированию микрорельефа на поверхности образцов из титана ВТ1 были проведены на установке «СФЕРА» в ИОФ РАН. Исследования триботехнических свойств образцов, обработанных микроплазменными разрядами, выполнялись в ИМАШ РАН. Микроплазменные разряды поддерживались импульсным электрическим током прямоугольной формы с длительностью импульсов 20 мс и фиксированными значениями амплитуды тока 100, 200, 300, 600 и 750 А для каждого исследуемого образца. В результате воздействия 10 разрядов с одинаковой амплитудой тока на поверхности различных образцов происходило формирование микрорельефа со средним значением максимальной высоты микрорельефа Rmax от 3,5 до 7 мкм при изменении амплитуды тока микроплазменных разрядов от 100 до 750 А.

Показано, что лучшие значения износостойкости при трении для приповерхностного слоя образцов из технического титана ВТ1 получены в результате обработки образцов микроплазменными разрядами с амплитудой электрического тока 200 и 300 А. При этом модифицированный приповерхностный слой образцов в процессе стандартных испытаний на трение характеризуется малыми интенсивностями изнашивания при давлении на образцы вплоть до величины 10 МПа, которая в 20 раз превышает соответствующие предельные значения давления на образцы в исходном состоянии без микроплазменной обработки.

Литература

1. В.А. Иванов. Возбуждение и воздействие микроплазменных разрядов на металлы и сплавы в плазме сверхвысокочастотного факела. Прикладная физика, 2001. №2. С. 5-39.
2. В.А. Иванов, М.Е. Коныжев, А.С. Сахаров. Возбуждение микроплазменных разрядов на металлах с диэлектрической пленкой // Прикладная физика, 2006. № 6. С. 114-121.