

УДК: 620.169.2

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Решиков Е.О. магистрант,
тел. +7 (917) 507-61-48, egorreschikov@gmail.com,
Тужилин С.П., магистрант, тел. +7 (919) 768-56-94, sptuzh@mail.ru
Научный руководитель – к.т.н, доц. Задорожний Р.Н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

Ключевые слова: *Титановые сплавы, износостойкость, триботехнические испытания, электроискровое легирование.*

В настоящей работе проведено исследование триботехнических свойств титановых сплавов на примере ВТ20 с углеродсодержащими покрытиями, полученными методом электроискрового легирования. Покрытия наносились с целью повышения износостойкости титановых сплавов электродами, содержащими графит и вольфрам. Для определения свойств материала с покрытиями определен элементный состав, проведены испытания на износостойкость покрытий.

Введение. Титан и его сплавы широко применяются в современной индустрии, его применяют при производстве космической техники, самолетов, деталей медицинского и химического назначения.

Широкое их использование связано с присущими титану его сплавам комплексу свойств – высокая удельная прочность, коррозионная стойкость во многих агрессивных средах, немагнитность, хорошая жаропрочность при температурах эксплуатации до 500–600 °С [1].

Износостойкость и триботехническое свойство титана остаются неудовлетворительными, что препятствует его широкому распространению при производстве узлов трения. Из-за высоких адгезионных свойств как на воздухе, так и в вакууме для титановых деталей, работающих в узлах трения, характерна склонность к схватыванию при трении [2].

Перспективным методом совершенствования триботехнических свойств титановых сплавов представляется нанесение на поверхность детали покрытия, содержащего графит, способом электроискрового легирования (ЭИЛ). Предварительные испытания титановых роликов, подвергнутых ЭИЛ графитом, при граничном трении показали высокую износостойкость и перспективность таких покрытий для деталей узлов трения из титана и его сплавов [2].

Цель работы – изучить влияние углеродсодержащего покрытия, полученного методом ЭИЛ, на износостойкость титановых сплавов на примере сплава ВТ20.

Материал и методика исследований. На образцы – диски диаметром 60 мм, высотой 5 мм, изготовленные из титанового сплава ВТ20 ГОСТ 19807-

Таблица 1 – Параметры испытаний на износостойкость

Контртело	Нагрузка	Скорость	Расстояние	Внешние условия
Шарик ШХ15 6 мм	6 Н	0,15 м/с	1650 м	Сухое трение, температура 20-25 °С, влажность 40-45%

91 наносили покрытия методом ЭИЛ на установке «БИГ-1М» с использованием электрода из графита и последовательно электродов из вольфрама и графита.

Для исследования по следующей программе было подготовлено по три образца типов: 1 – эталонные образцы без покрытия, 2 – образцы с покрытием, полученным графитовым электродом, 3 – образцы с комбинированным покрытием, полученным вольфрамовым и графитовым электродами.

Программа исследований включала в себя определение элементного состава покрытий с помощью рентгенофлуорисцентного спектрометра Niton XL3t и испытания на износостойкость при помощи трибометра TRB-S-DE-0000 по схеме диск-палец по стандарту ASTM G99 [3]. Испытания на износостойкость производились при условиях, указанных в таблице 1.

Определяли износ взвешиванием образцов и контрообразцов до и после испытания. Также определяли профиль изношенной поверхности на профилографе Surtronic 25 ml 12/3522-01 и фотографировали ее с увеличением $\times 100$ на металлографическом микроскопе OLYMPUS GX51. При испытаниях на графиках регистрировался коэффициент трения.

Результат изнашивания представлен как потеря объема в мм^3 и получен путем деления разности масс образцов до и после испытания на плотность. Плотность образцов принималась $4,450 \text{ г/мм}^3$, контрообразцов – $7,812 \text{ г/мм}^3$.

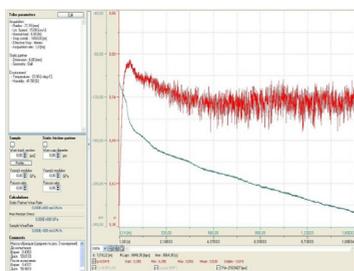
Исследования для каждого типа образцов 1 – 3 проводились тоекратно, представленные в работе результаты получены путем усреднения данных по трем образцам каждого типа.

Результаты исследований. Химический состав покрытия образцов, по определяемым элементам незначительно отличается от эталона. Покрытие образцов типа 3 не содержат в своем составе вольфрама, таким образом последовательная обработка электродами из вольфрама и графита не достигает цели насыщения поверхностного слоя вольфрамом.

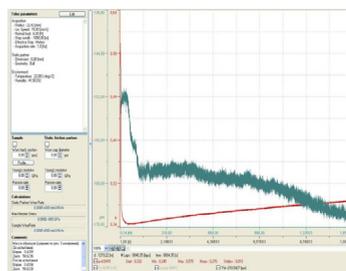
Результаты испытаний на износостойкость представлены в таблице 2, а графики изменения коэффициента трения в процессе испытаний представлены на рисунке 1. Видно, что износ и коэффициент трения при испытании образцов с углеродсодержащими покрытиями значительно меньше износа эталонных образцов.

Таблица 2 – Результаты испытаний на износостойкость

Тип образцов	Коэффициент трения	Износ, г	Износ, мм ³
1	0,51	0,0292	0,0066
4	0,26	0,0019	0,0004
7	0,27	0,0008	0,0002



а



б

Рисунок 1 – Диаграмма изменения коэффициента трения при испытании образцов без покрытия (а) и образцов с углеродсодержащими покрытиями (б)

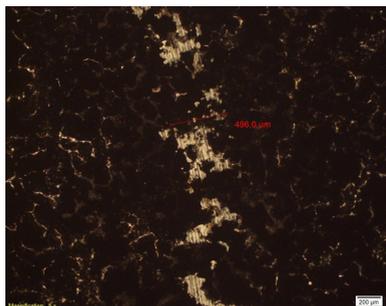


Рисунок 2 –Изношенная поверхность образца с углеродсодержащим покрытием

Вид кривой коэффициента трения на графике при испытаниях образцов с покрытиями, а также снимок поверхности изнашивания, представленный на рисунке 2, показывают, что слой графита, сформированный в результате ЭИЛ, постепенно уменьшается в процессе изнашивания. На поверхности изнашива-

ния постепенно проступают участки основного материала.

Заключение. В результате проведенных исследований изучены триботехнические свойства титановых сплавов на примете BT20 с углеродсодержащими покрытиями, образованные методом ЭИЛ.

Образцы с покрытиями показывают высокую износостойкость и низкий коэффициент трения за счет свободного углерода, содержащегося в виде графита в поверхностном слое изделия, который выполняет функцию твердого смазочного материала.

Таким образом, повышение износостойкости титана и его сплавов способом электроискрового легирования поверхностного слоя графитом является перспективным направлением развития применения указанных материалов в узлах трения.

Библиографический список:

1. Илларионов, А. Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие / А. Г. Илларионов, А. А. Попов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 137 с.
2. Михайлов, В.В. Электроискровое легирование титана и его сплавов, физико-технологические аспекты и возможность практического использования. Краткий обзор. Ч. I: Особенности массопереноса, структурные и фазовые превращения в поверхностных слоях, их износ- и жаростойкость [Текст] / В.В. Михайлов, А.Е. Гитлевич, А.Д. Верхотуров, А.И. Михайлюк, А.В. Беляков, Л.А. Коневцов // Электронная обработка материалов. - 2013. - № 49(5). - С. 21—44.
3. ASTM G99-17, Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.

TITANIUM ALLOYS WEAR RESISTANCE INCREASING BY MAKING CARBON CONTAINING COVERS

Reschikov E.O., Tuzhilin S.P.

Key words: *titanium alloys, wear resistance, tribotechnical testing, electro spark alloying.*

In this study wear resistance of titanium alloys with electro spark alloying carbon containing covers research was made. Chemical composition by means of X-ray fluorescent was determined, wear resistance and tribotechnical parameters of produced covers by the pin-on-disk method were researched.