

МИКРОДУГОВОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ В ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

© 2012 Г. Г. Нечаев

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,
ул. Политехническая 77, 410054 Саратов, Россия*

Поступила в редакцию 15.10.2012 г.

Аннотация. Приведены данные о свойствах покрытия, полученного методом микродугового оксидирования на титане, приведены данные расчетов и сделана оценка электронной компоненты процесса микродугового оксидирования. Сделан вывод о том, что основным носителем отрицательного заряда в микроплазменных процессах являются электроны.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, электролит, покрытие.

ВВЕДЕНИЕ

Микродуговое оксидирование (МДО) — один из самых перспективных методов поверхностной обработки материалов. Микродуговое оксидирование позволяет получать многофункциональные покрытия с уникальным комплексом свойств. Характерной особенностью МДО является участие в процессе формирования покрытия поверхностных микрозарядов, оказывающих весьма существенное и специфическое воздействие на формирующееся покрытие. Возможность формировать функциональные покрытия в электролитах на основе растворов щелочей малой концентрации известна [1], но данные о характеристиках, формируемых при этом покрытиях на титановых сплавах практически отсутствуют. Нет ясности и в вопросе о том, по какому механизму происходит формирование основной массы покрытия в процессе микродугового оксидирования. Вместе с тем титан является весьма распространенным конструкционным материалом в таких отраслях как авиационная, космическая и медицинская техника, химическая промышленность и приборостроение.

Цель работы: выяснить влияние процесса микродугового оксидирования на изменение геометрических размеров обрабатываемых деталей, измерить механические характеристики покрытий и установить основной механизм образования покрытия при МДО в однокомпонентном растворе NaOH.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследований были использованы образцы в форме прямоугольных пластин размерами 10×10×2 мм из титанового сплава ВТ1—0.

Микродуговое оксидирование проводили на лабораторной установке с плавной регулировкой тока, позволяющей задавать различные электрические режимы, в ванне из нержавеющей стали, служившей вторым электродом. Перемешивание электролита производилось сжатым воздухом, термостабилизация осуществлялась прокачиванием холодной воды через рубашку водяного охлаждения электролитической ванны.

Для реализации процесса микродугового оксидирования был выбран щелочной электролит, содержащий NaOH концентрацией 3 г/л. Образец погружали в водный раствор электролита и проводили микродуговое оксидирование. Процесс вели в анодном режиме в течение 20 минут при плотности тока 90 А/дм² (величина тока 2,5 А). Образцы с покрытием промывали в течение 3—4 минут под струей холодной проточной воды и сушили в сушильном шкафу в течение 1 часа.

Определение микротвердости проводили на Microhardness tester HVS-1000B с видеоизмерительной системой SP-5 при нагрузке 9.807 Н, время нагрузки 15 секунд.

Измерение открытой пористости и осмотр структуры поверхности выполняли с использованием анализатора изображений АГПМ-6М и программы «Металлограф».

Толщину покрытий измеряли с применением Microhardness tester HVS — 1000В на поперечных шлифах.

Исследование изменений геометрических размеров образцов производили измерением линейных размеров образцов до и после процесса МДО с помощью микрометра модели МКЦ-0-25-0,001.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАСЧЕТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Процесс МДО в растворе NaOH протекал равномерно по всей поверхности. Визуальный осмотр поверхности после МДО показал, что на образцах сформировано сплошное однородное покрытие серо-голубого цвета, без трещин и сколов.

При снижении величины тока до 1 А процесс протекал без микродуговых разрядов в течение 15 минут. Через 15 минут появились микроразряды на гранях, и только через 4 минуты после появления первых микроразрядов процесс распространился на всю поверхность. Однако количество микроразрядов было весьма мало. При дальнейшем снижении величины тока микроразряды не возникали.

Результаты инструментального исследования образцов перед процессом МДО и сформированного покрытия представлены в табл.

Согласно полученным результатам в процессе МДО в растворе щелочи малой концентрации на поверхности деталей из титановых сплавов сформированы твердые покрытия с высокой пористостью.

Характерные поры отчетливо видны на фотографии поперечного шлифа образца с МДО покрытием (рис. 1).

Таблица. Результаты измерений характеристик МДО покрытия

Измеряемая характеристика	Значение характеристики	
	с покрытием	без покрытия
Шероховатость: R_a , мкм R_z , мкм	1.37 15	0.79 10.1
Пористость, %	45	—
Микротвердость, НВ, кгс/мм ²	271	225
Толщина покрытия, мкм	95 ± 10	—
Толщина образца, мм	1,51	1,49

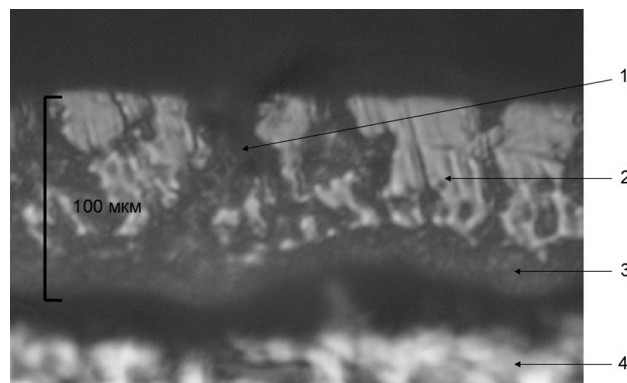


Рис. 1. Фотография поперечного микрошлифа МДО покрытия, сформированного в растворе NaOH: 1 — пора; 2 — покрытие; 3 — переходный слой; 4 — титан

Увеличение толщины деталей после формирования покрытия в щелочном электролите составило 0,017 мм, то есть около 0,008 мм на сторону. При этом толщина сформированного покрытия достигает величины 0,1 мм. Таким образом, установлено, что формирование покрытия в процессе МДО в щелочных электролитах происходит вглубь титанового сплава и не приводит к заметному увеличению геометрических размеров детали.

Был проведен расчет электронной компоненты тока процесса МДО с использованием методики эквивалентных сопротивлений [2, 3].

Очевидно, что именно электронная компонента тока микродугового разряда вызывает разогрев как плазменного образования, так и прилегающего к нему покрытия.

Электрический заряд, прошедший через образец во время процесса МДО, был рассчитан по формуле:

$$Q_{\text{МДО}} = It = 2,5 \text{ А} \cdot 1200 \text{ с} = 3000 \text{ Кл.}$$

Масса Ti, которая участвовала в реакциях окисления, определена из соотношения

$$m_{\text{Ti}} = V_{\text{Ti}} \rho = Sh\rho = 1,27 \text{ г,}$$

где S — площадь поверхности образца; h — толщина слоя прореагировавшего Ti; ρ — плотность Ti, $\rho = 4,54 \text{ г/см}^3$.

Был проведен расчет величины заряда, пошедшего на окисление титана

$$Q_{\text{окс}} = m_{\text{Ti}} FZ / \mu,$$

где F — $9,65 \times 10^4 \text{ Кл/моль}$; Z — 4; μ — 48 г/моль.

Величина заряда, перенесенного ионами при окислении титана, составила величину 1013 Кл. При обратном расчете ионного тока получена величина 0,844 А. Эта величина соответствует максимальному току процесса при отсутствии микроразрядов.

Величина электронной компоненты тока определялась, как разность между величиной тока процесса МДО и величиной ионной составляющей тока.

Электроны образуются при ионизации вещества в паровом пузыре при возникновении пробоя и развитии микродугового разряда. Электронная компонента тока микродугового разряда участвует в переносе отрицательного заряда и не связана с переносом вещества и образованием покрытия.

ВЫВОДЫ

При микродуговом оксидировании титановых сплавов в однокомпонентном растворе NaOH на поверхности деталей формируется твердое пористое покрытие. Увеличения размеров деталей при этом не происходит.

Проведенные расчеты показали, что подавляющая часть носителей заряда, поступающих на ти-

тановую деталь в ходе процесса МДО — электроны, то есть микродуговой разряд имеет характер электронного потока. Микродуговые разряды не принимают сколько-нибудь заметного участия в формировании массы покрытия.

Основной механизм образования покрытия в процессе МДО носит характер электрохимического окисления, по крайней мере, для однокомпонентных щелочных электролитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руднев В. С., Яровая Т. П., Килин К. Н. и др. // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2010. Т. 46. № 4. С. 380.
2. Нечаев Г. Г., Попова С. С. // Коррозия: материалы, защита. 2008. № 2. С. 31.
3. Нечаев Г. Г., Попова С. С. // Электрохимические и электролитноплазменные методы модификации металлических поверхностей: материалы III Международной науч.-техн. конф. Кострома. 2010. С. 270.

Нечаев Геннадий Георгиевич — доцент кафедры «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина; тел.: (960) 3584836, e-mail: nechaevgg@rambler.ru

Nechaev Gennady G. — associate professor of «Biotechnical and medical devices and systems Department», Saratov State Technical University of a name of Yu. A. Gagarin; tel.: (960) 3584836, e-mail: nechaevgg@rambler.ru