

*М.В. БАНИНА*, магистр, *Н.Д. САХНЕНКО*, докт. техн. наук,  
*М.В. ВЕДЬ*, докт. техн. наук, *Т.П. ЯРОШОК*, канд. техн. наук,  
*Е.В. БОГОЯВЛЕНСКАЯ*, НТУ «ХПИ»

## **КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СМЕШАННЫХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ**

Досліджено корозійну стійкість оксидних покриттів на титані, одержаних у мікродуговому режимі. Проведено порівняльний аналіз одержаних покриттів та оксидних шарів, сформованих традиційним анодуванням. Виявлено вплив концентрації компонентів електроліту на властивості покриттів.

A corrosion stability of received by microarc regime oxide coatings on the titan is investigated. A comparative analysis of received coatings and formed by tradition anodizing oxide layers. Influence of electrolyte components concentration on properties of coatings is determined.

Одним из методов формирования сложных оксидных покрытий является анодная поляризация металлов в условиях возникновения кратковременных искровых или дуговых электрических разрядов на границе раздела металл/электролит. В литературе этот метод называют анодно-искровым, микроплазменным, микродуговым (МДО) или плазменно-электролитическим оксидированием [1]. Традиционная область применения данного метода – получение защитных, износостойких и декоративных слоев. Химический состав, структура и свойства покрытий определяются природой обрабатываемого металла, величиной и формой поляризующего тока и составом электролита [2].

Целью работы было получение покрытий смешанными оксидами в режиме микроплазменного оксидирования и сопоставление их защитных свойств с коррозионной стойкостью оксидных пленок, полученных классическим анодированием.

Исследования проводили на сплаве титана марки ВТ1-0. Микроплазменные покрытия формировали в электролитах на основе полифосфатов концентрацией  $c_1$  и соединений марганца концентрацией  $c_2$ , с варьируемым соотношением компонентов  $n = c_1/c_2$ . Процесс оксидирования вели в гальваностатическом режиме с использованием источника постоянного тока Б5-50 при постоянном охлаждении электролита до 25 °С и перемешивании магнитной

мешалкой. Продолжительность обработки составляла 30 мин. Классическая оксидная пленка была получена анодированием в серной кислоте концентрацией 200 г/л в течение 40 минут при температуре  $20 \pm 5$  °С, плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup> и напряжении до 40 В.

Испытания коррозионной стойкости полученных оксидных покрытий проводили методом переменного-токового импеданса с использованием моста переменного тока Р 5010 в диапазоне частот 0,02 – 100 кГц в растворах 0,1 М NaCl и 0,1 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. В качестве вспомогательного электрода использовали коаксиальную платиновую сетку.

Увеличение содержания полифосфатов (таблица) приводит к росту толщины формируемого оксида. С ростом содержания соединений марганца напряжение искрения  $U_i$  и общее напряжение  $U_{МДО}$  снижается, поэтому в разбавленных растворах основную часть микроплазменного покрытия составляет диоксид титана. В более концентрированных – наблюдается интенсивное включение соединений марганца в состав пленок, о чем свидетельствуют вкрапления черного цвета. С увеличением концентрации электролита возрастает и пористость покрытий, поэтому, несмотря на рост толщины оксидных слоев, прирост массы практически не наблюдается.

Таблица

Характеристики процесса микродугового оксидирования

Концентрация компонентов электролита, моль/л		Соотношение компонентов, n	Напряжение искрения $U_i$ , В	Напряжение процесса $U_{МДО}$ , В	Толщина оксида $\delta$ , мкм	Прирост массы $\Delta m$ , г
$c_1$	$c_2$					
0,1	0,025	4	180	190 – 210	10	0,023
0,1	0,05	2	140	180 – 200	15	0,019
0,5	0,125	4	92	130 – 140	36,5	0,016
0,5	0,25	2	93	140 – 150	38	0,014
1	0,25	4	66	120 -126	43	0,012
1	0,5	2	74	130 - 133	53	0,016

Годографы импеданса образцов при экспозиции в 0,1 М NaCl (рис. 1.) имеют аналогичную форму. Значения сопротивления достаточно высоки и в течение экспозиции практически не изменяются, что свидетельствует о высокой коррозионной стойкости покрытий.

Годографы импеданса образцов микроплазменных покрытий в 0,1 М растворе  $H_2SO_4$  (рис. 2.), имеют сходную форму: при высоких частотах линейризуются, при низких – на некоторых зависимостях образуются петли. Такая форма годографов свидетельствует о том, что полученные покрытия при высоких частотах проявляют диэлектрические свойства, а при низких – обладают свойствами электродно-активного материала. При этом наиболее высокую коррозионную стойкость проявляют покрытия, сформированные в электролитах с соотношением концентраций компонентов  $n = 4$ .

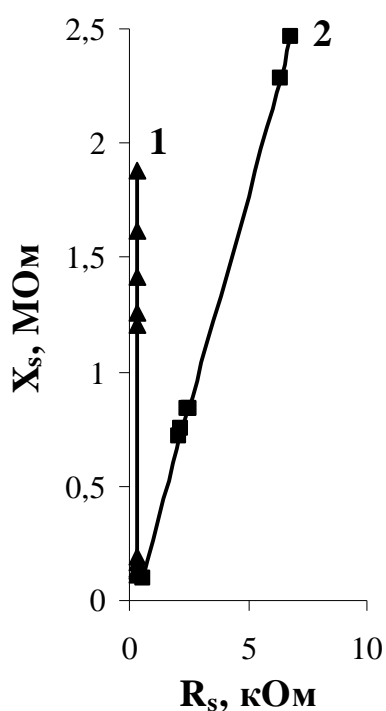


Рис. 1. Годографы импеданса образцов с традиционным оксидным покрытием (1) и полученным в микродуговом режиме (2) при экспозиции в 0,1 М NaCl

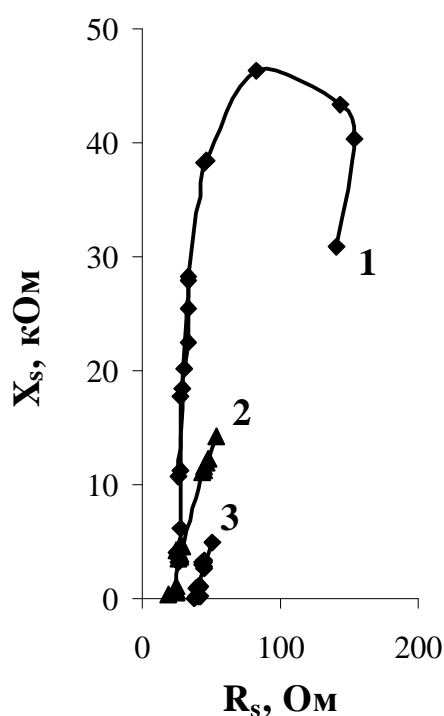


Рис. 2. Годографы импеданса образцов с МДО (1) и традиционным оксидным покрытием в начале (2) и через 30 суток экспозиции (3) в 0,1 М  $H_2SO_4$

Сопротивление образцов с обычной анодной пленкой является наиболее низким среди исследованных покрытий и почти на порядок снижается в течение экспозиции. Это свидетельствует о меньшей коррозионной стойкости таких покрытий в растворе сульфатной кислоты в сравнении с МДО покрытиями.

Динамика потенциала коррозии образцов в растворе 0,1 М  $H_2SO_4$  (рис. 3.) свидетельствуют о смещении их значений в более электроотрицательную область, что объясняется возрастанием пористости покрытий. Хро-

нограммы характеризуются большим количеством осцилляций, поскольку происходит химическое растворение компонентов оксидных покрытий под действием сульфатной кислоты, которое приводит к развитию коррозионного процесса. В то же время образующиеся продукты коррозии замедляют процесс разрушения пленок.

Несмотря на смещение в электроотрицательную сторону, измеренные потенциалы МДО покрытий остаются более положительными по отношению к оксидным покрытиям, нанесенным традиционным способом, что свидетельствует о высоких антикоррозионных свойствах микроплазменных покрытий.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено влияние состава электролита на параметры процесса и характеристики покрытий: с увеличением концентрации компонентов электролита напряжение искрения снижается, а пористость и толщина пленок возрастают.

По результатам коррозионных испытаний установлено, что при экспозиции в растворе хлорида натрия покры-

тия, сформированные как в микродуговом режиме, так и полученные классическим анодированием, обладают высокими противокоррозионными свойствами. При экспозиции в растворе серной кислоты микроплазменные покрытия проявляют более высокую коррозионную стойкость, при этом наиболее стойкими являются покрытия, полученные в электролитах с соотношением компонентов  $n = c_1 / c_2 = 4$ .

**Список литературы:** 1. Баковец В. В. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов / Баковец В. В. Поляков О. В., Долговесова И. П. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с. 2. Черненко В. И. Теория и технология анодных процессов при высоких напряжениях / [Черненко В. И., Снежко Л. А., Папанова И. И., и др.]. – К.: Наукова думка, 1995. – 199 с.

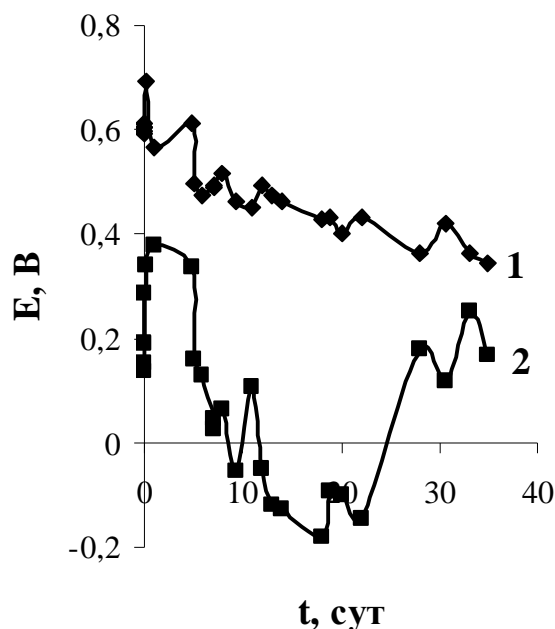


Рис. 3. Хронограммы потенциала коррозии образцов с покрытием, сформированным микродуговым оксидированием (1) и традиционным анодированием (2)

Поступила в редколлегию 23.04.09