

УДК 621.794.61

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РЕЖИМОВ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ТИТАНА НА СОСТАВ ФОРМИРУЕМЫХ ПОКРЫТИЙ

А. Ю. КОРОЛЁВ, В. С. НИСС, Е. В. СОРОКА

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»  
Минск, Беларусь

В результате микродугового оксидирования (МДО) титана на поверхности формируются оксидные покрытия, состав и физические характеристики которых могут отличаться в зависимости от условий и режимов проведения процесса. Например, повышенное содержание фосфатов ( $TiPO_4$  и  $Ti(HPO_4)_2$ ) в покрытии титана улучшает их биосовместимость. Преобладание в оксидном покрытии рутила, более твердого по сравнению с анатазом, обеспечивает повышение износостойкости.

Основными технологическими параметрами в процессе МДО являются состав электролита, напряжения и плотность тока. Применение высокочастотных источников питания открывает дополнительные возможности для управления процессом, позволяя в широких пределах варьировать такие ключевые характеристики, как длительность и частота следования импульсов, что оказывает непосредственное влияние на тепловую динамику в зоне разряда и, как следствие, на механизмы формирования покрытия [1].

В данной работе исследовано влияние частоты импульсов на фазовый состав покрытий, формируемых на титане в фосфатсодержащем электролите. Целью исследования являлось установление корреляций между частотным режимом МДО и образованием целевых фаз (полиморфов  $TiO_2$  и фосфатных соединений) для последующего контролируемого получения структур с повышенной биосовместимостью или износостойкостью.

МДО выполнялось в 1-процентном растворе ортофосфорной кислоты ( $H_3PO_4$ ) в дистиллированной воде с температурой  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Для обработки использовались образцы из титана ВТ1-0 в виде пластин размерами  $20 \times 5 \times 1$  мм. Образцы обрабатывались с продолжительностью 10 мин. Для схемы питания применялась последовательность прямоугольных импульсов положительного и отрицательного напряжения частотой от 50 до 2000 Гц с нулевыми паузами между ними. Временные и амплитудные параметры импульсов приведены в табл. 1. Для определения фазового и химического состава оксидного покрытия обработанных образцов использовался рентгенофазовый анализ.

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что частота импульсов оказывает значительное влияние на фазовый состав формируемого оксидного покрытия (рис. 1). При увеличении частоты импульсов от 50 до 2000 Гц содержание анатаза ( $TiO_2$ ) снижается с 58 % до 5 %. При этом одновременно с этим наблюдается увеличение содержания рутила ( $TiO_2$ ) более чем в 5 раз – с 12 % до 70 %. Выраженной зависимости содержания  $TiPO_4$  от частоты МДО не отмечается. Его количество находится в диапазоне 10 %...20 %

и имеет максимальное значение при частотах 500...1000 Гц. Содержание  $Ti(HPO_4)_2$  при повышении частоты от 50 до 2000 Гц снижается с 15 % до 0 %. Содержание аморфной фазы составляет 5 % в диапазоне частот от 50 до 1000 Гц и возрастает до 10 % при частоте 2000 Гц. Суммарное содержание фосфатов, определяющих качество остеоинтеграции достигает максимума (30 %) при частоте 500 Гц.

Табл. 1. Характеристики импульсов при обработке образцов

Номер образца	1	2	3	4
Частота, Гц	50	500	1000	2000
Амплитуда импульса $U_+$ , В	400	400	400	400
Амплитуда импульса $U_-$ , В	-50	-50	-50	-50
Длительность импульса $t_+$ , мс	5	0,5	0,25	0,125
Пауза после импульса $t_+$ , мс	5	0,5	0,25	0,125
Длительность импульса $t_-$ , мс	5	0,5	0,25	0,125
Пауза после импульса $t_-$ , мс	5	0,5	0,25	0,125

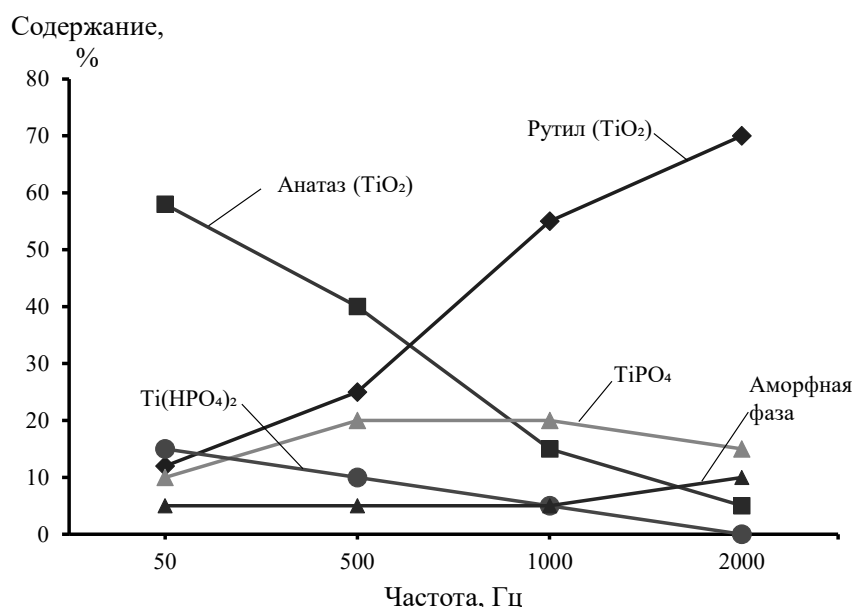


Рис. 1. Влияние частоты импульсов на состав формируемого покрытия

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нисс, В. С. Свойства покрытий, полученных методом микродугового оксидирования в высокочастотных режимах / В. С. Нисс, А. Ю. Королёв // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки «Технология – Оборудование – Инструмент – Качество»: тез. докл. 38 Междунар. науч.-техн. конф. в рамках междунар. специализир. выставки «Металлообработка-2024», Минск, 11 апр. 2024 г. – Мн.: Бизнесофсет, 2024. – С. 47–48.