

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИИ И ТИТАНЕ ПО ДАННЫМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

И.А. Попова, А.Е. Чечета, А.Е.Гриднев, В.В. Чернышев

Произведена мультифрактальная параметризация структуры поверхности пористых анодно-окисных слоев на алюминиевых и титановых фольгах, сформированных методом микродугового оксидирования в различных режимах. Рассчитан ряд мультифрактальных характеристик и параметров: D_q – спектры обобщенных размерностей-энтропий и спектры сингулярностей $f(\alpha)$; эффективные количественные параметры однородности f_q и упорядоченности Δ структуры. Обнаружена корреляция некоторых мультифрактальных параметров с физико-химическими свойствами объекта исследования

ВВЕДЕНИЕ

В связи с широким использованием покрытий, полученных микродуговым оксидированием (МДО), актуальным становится исследование структуры поверхности этих материалов и прогнозирование их эксплуатационных физико-химических свойств. Частично эти проблемы можно решить с помощью применения методов мультифрактального (МФ) анализа структуры поверхности [1]. В нашей работе МФ-анализ использован для изучения структуры поверхности пористых МДО покрытий на алюминии и титане. Формирование покрытий методом МДО довольно сложный процесс, изучение механизма действия которого также весьма актуально и имеет большое практическое значение. Вследствие постоянного подвода энергии и вещества (анионов электролита и катионов металла) создаются неравновесные условия, которые главным образом определяются составом электролита и электрическим режимом оксидирования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для оксидирования алюминия использовали слабощелочной водный электролит, содержащий жидкое стекло $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ с концентрацией 30 г/л, титан оксидировали в водном растворе тринатрий фосфата Na_3PO_4 с концентрацией 14 г/л. Электрохимический процесс проводили в гальваностатическом режиме до напряжения 300 В.

Рельеф поверхности полученных МДО покрытий исследовался методом растровой микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе JSM-6380LV.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены РЭМ изображения поверхности МДО-покрытий на алюминии и титане.

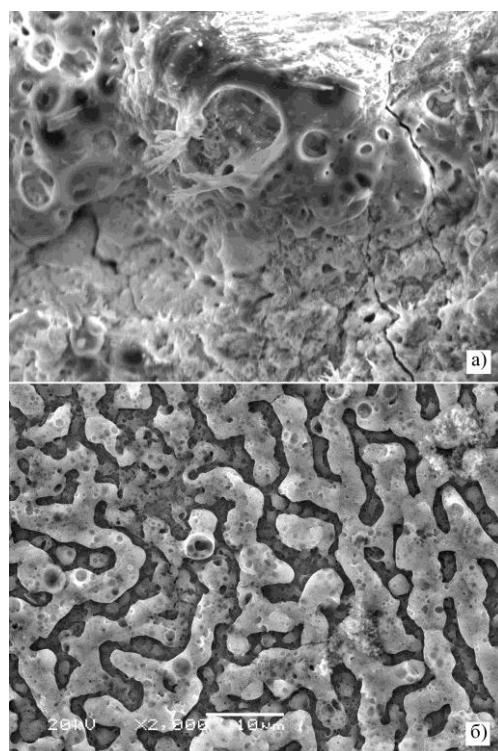


Рисунок 1. РЭМ изображения поверхности МДО –покрытий: а) на алюминии; б) на титане. Плотность тока оксидирования $j=40 \text{ mA/cm}^2$, время оксидирования 60 с

После предварительной цифровой аппроксимации РЭМ изображений для их дальнейшей обработки использовали специальную компьютерную программу MFRDrom [2]. Вычисляли как традиционные канонические МФ-характеристики – $f(\alpha)$ -спектры сингулярности и D_q -спектры обобщенных размерностей (энтропий) Реньи (рисунок 2), так и МФ-

характеристики из так называемых псевдоспектров.

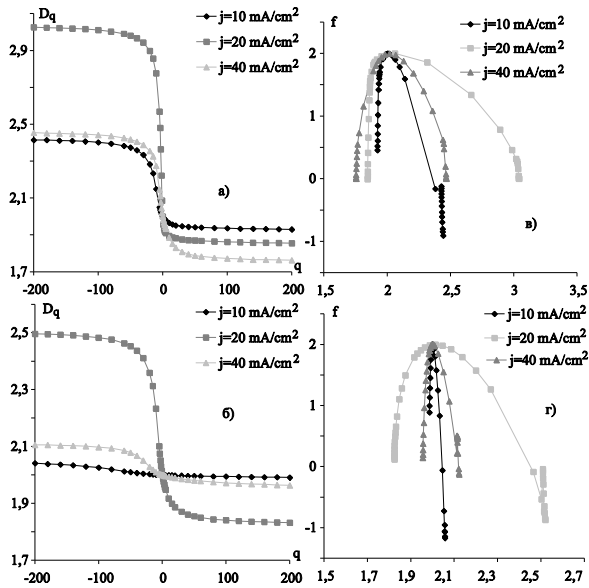


Рисунок 2. Канонические спектры энтропии Реньи структуры поверхности МДО-покрытий: а) на алюминии; б) на титане и спектры сингулярностей $f(\alpha)$ покрытий: в) на алюминии; г) на титане

Как видно из сравнения спектров сингулярностей $f(\alpha)$ - в случае покрытия на алюминии уширения спектров больше, чем в случае покрытия на титане. На наш взгляд, это связано с тем, что на титане структура покрытия более упорядочена и устойчива.

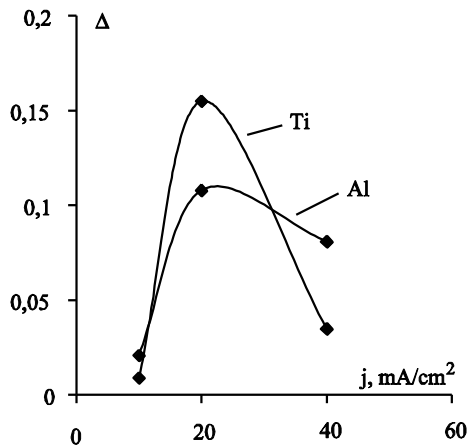


Рисунок 3. Зависимость МФ-параметра Δ от плотности тока для МДО-покрытий на алюминии и титане. Время оксидирования 60 с

По полученным спектрам определен ряд МФ-параметров при $q_{max}=200$: обобщенные энтропии (размерности) D_q , эффективные количественные характеристики упорядоченности

структуры $\Delta=D_{-200}-D_{200}$ (рисунок 3) и однородности структуры f_q .

Так, например, анализ кривых МФ-параметра Δ , показывает его увеличение до плотности тока, равной $j=20 \text{ mA/cm}^2$, после чего значения Δ уменьшаются. Подобные перегибы наблюдаются на всех зависимостях МФ-параметров от плотности тока, что свидетельствует об имеющем место неравновесном фазовом переходе в системе "внешняя среда -формирующееся покрытие-подложка", имеющему необратимый характер.

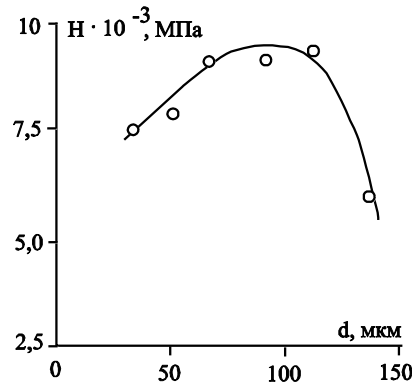


Рисунок 4. Распределение максимальных значений микротвердости по толщине покрытия (d - расстояние от границы раздела металл-пленка) [3]

Кроме того, наблюдается корреляция поведения МФ-параметра упорядоченности структуры с такой механической характеристикой покрытия, как распределение максимальных значения микротвердости для МДО-покрытия на титане (рисунки 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование мультифрактального подхода к изучению структуры поверхности пористых МДО-покрытий позволяет по-новому взглянуть на процесс их формирования и извлекать информацию о прошедших изменениях структуры при тех или иных внешних воздействиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Терентьев В.Ф. // Металлы. -1993.-№4.-С. 164-178.
2. Vstovsky G.V. Transform Information: A Symmetry Breaking Measure // Foundations of Physics. - 1997. -V.27, №10.-P.1413-1444.
3. Гордиенко П.С., Гнеденков С.В., Хрисанфова О.А., Коньшин В.В., Вострикова Н.Г., Чернышов Б.Н. //Электронная обработка материалов. -1990.-№5.-С.32-35.