

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ МДО-ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

А.М. Борисов, К.Е. Кирикова, И.В. Суминов
«МАТИ»-Российский государственный технологический университет
имени К.Э. Циолковского
E-mail: tompve-2005@yandex.ru

Устойчивость материалов к воздействию электромагнитного излучения и их оптические свойства являются важными для некоторых практических применений. Одна из актуальных проблем связана с разработкой устойчивых терморегулирующих покрытий космических аппаратов (КА), на поверхность которых действуют электромагнитное излучение Солнца, включающее вакуумное и ближнее ультрафиолетовые излучения, и потоки заряженных частиц [1]. Используемые для терморегулирования керамические и лакокрасочные покрытия представляют собой твердые пленки толщиной от 40 до 300 мкм, образующиеся на поверхностях изделий после нанесения жидкой краски, ее высыхания или отверждения.

В настоящей работе проводится исследование светотехнических свойств МДО-покрытий с целью рассмотрения возможности их применения в качестве терморегулирующих и светоотражающих покрытий КА.

МДО-покрытия представляют собой керамику сложного состава [2]. Покрытие при микродуговом оксидировании образуется за счет окисления поверхности металла, при этом формируются оксидные и гидроксидные формы этого металла. Основные гетерогенные реакции в разрядных каналах идут между плазмой, с одной стороны, и материалом стенок и дна микропор, а также электролитом с другой стороны. Элементы электролита входят в покрытие в виде солей, оксидов и гидроксидов сложного состава.

Образцами для исследования светотехнических характеристик служили МДО-покрытия на алюминиевых сплавах Д16 и АМг5. Образцы из сплава АМг5 светло-серого однородного цвета, отличались режимом и временем обработки, а также концентрацией компонентов электролита (таб.1).

Таб.1. МДО-покрытия на сплаве АМг5

Образец	Концентрация компонентов электролита, г/л		Время обработки τ , ч	Плотность тока I_{ak} , А/дм ²
	NaOH	Na ₂ O· m SiO ₂		
1	1,5	7	3	11
2	2	7	3	11
3	2	7	7	6,5

Образец Д5 из сплава Д16 оксидировали в стандартном щелочном электролите (1,5 г/л NaOH + 9 г/л жидкого стекла $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$) в течение 20 мин. Полученное МДО-покрытие серо-розового цвета.

Образцы М1 и М2 — сплав Д16 обработан в молибдатном электролите (5 г/л NaOH + 16,2 мл/л жидкого стекла + 5г/л аммония молибденовокислого $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$) в течение 7 и 15 мин соответственно. Цвет темно-серый и черный.

В качестве эталонов для спектрофотометрических измерений применяли пресованный порошок MgO (как белый стандарт сравнения), пластинку ситалла и ЭКОМ-1 — лакокрасочное терморегулирующее покрытие белого цвета, производства НПО «Композит», г. Королев. Толщина покрытия 90...110 мкм. Коэффициент поглощения солнечного излучения α_s до 0,3.

Исследования образцов на гониофотометрическом стенде [3] показали, что распределение интенсивности излучения, рассеянного от поверхности МДО-покрытий, изменяется по закону косинуса [4]. Для лакокрасочного покрытия ЭКОМ-1 наблюдается отражение по закону косинуса, для MgO выявлено смешанное отражение, т.е. кроме диффузного отражения наблюдается также зеркальная компонента.

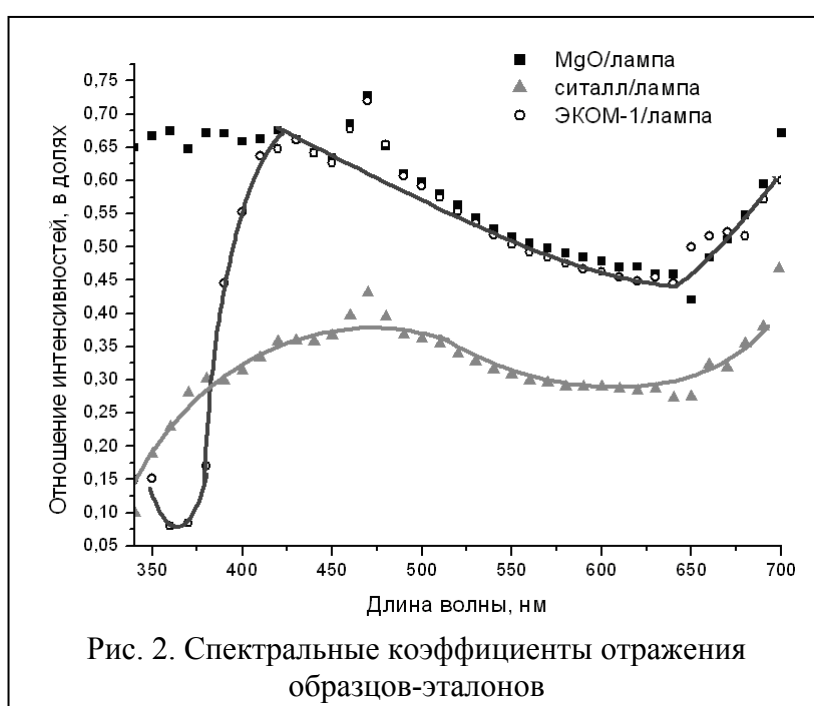
Диффузное отражение света от МДО-покрытий и эталонов сравнения позволяет реализовать одну из известных схем (стандарт $0^\circ/45^\circ$) для измерения спектрального апертурного коэффициента отражения (рис.1).



Для использования спектрофотометра СФ-46 в исследованиях спектральных отражающих свойств МДО-покрытий сконструирована зеркальная система в виде специальной кюветы 1. Зеркальная система состоит из подложки с прикрепленными к ней двумя зеркалами и держателем для установки образцов. Отраженный от образца под углом 45° свет вторым зеркалом возвращается к первоначальному направлению светового пучка, проходит линзу 2 и с помощью поворотного зеркала 3 попадает на фотоэлемент 4 или 5.

Спектральный апертурный коэффициент отражения $\beta(\lambda)$, представляет собой отношение излучения, отраженного от поверхности образца в определенных направлениях к излучению, отраженному в тех же направлениях эталоном [5]. Измерение интенсивности отраженного света осуществляли для оптического диапазона длин волн 340-700 нм с шагом в 10 нм, с использованием лампы накаливания спектрофотометра СФ-46.

На рис. 2 показана доля отраженного эталонами света лампы накаливания. Спектральная отражательная способность лакокрасочного покрытия ЭКОМ-1 в видимом диапазоне спектра при длинах волн больше 400 нм не уступает белому стандарту MgO, тогда как ситалл отражает в 2 раза хуже. В коротковолновой области спектра у ЭКОМ-1 наблюдается минимум отражения в интервале длин волн от 340 до 400 нм.

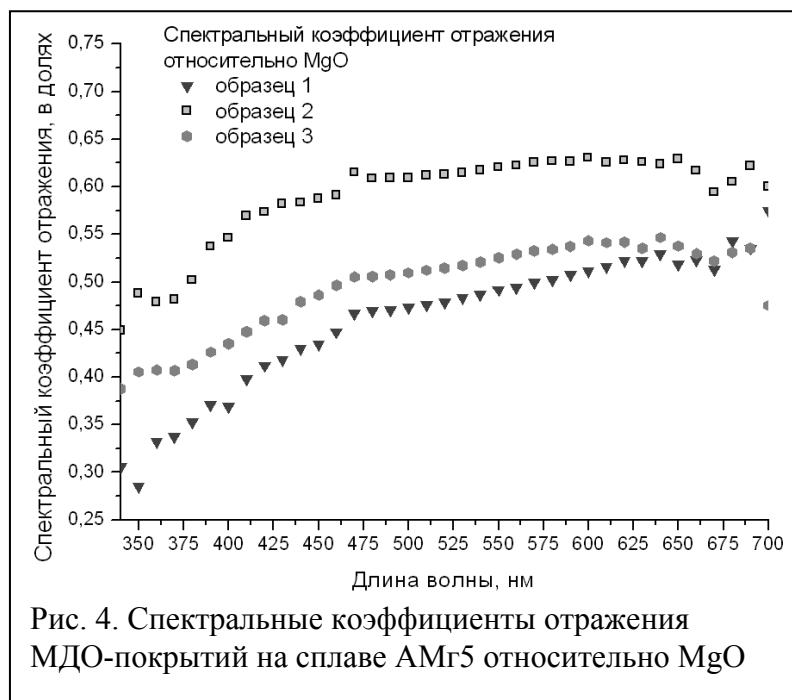
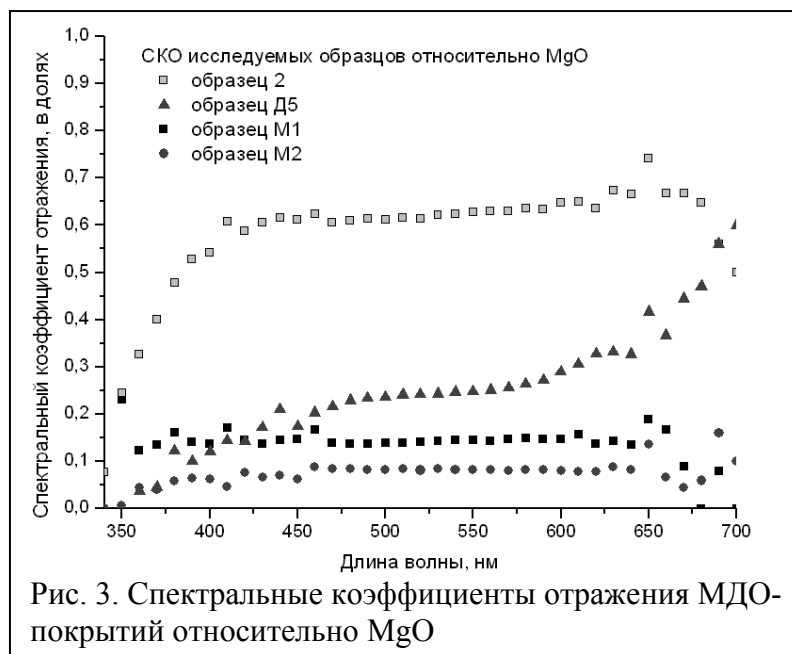


На рис. 3 представлены спектральные коэффициенты отражения МДО-покрытий, определенные относительно белого стандарта MgO. Установлено, что спектральный коэффициент отражения (СКО) МДО-покрытий составляет следующие значения относительно MgO: $\beta_\lambda(2) = 0,62$; $\beta_\lambda(Д5) = 0,24$; (плавно возрастает от 0,14 до 0,41 с ростом длины волны); $\beta_\lambda = 0,14$; $\beta_\lambda(М2) = 0,08$. Эти значения были получены усреднением по горизонтальному участку кривой спектрального апертурного коэффициента отражения (в интервале длин волн от 400 до 650 нм).

Аналогично определялись СКО относительно ЭКОМ-1. МДО-покрытия имеют меньшие спектральные коэффициенты отражения, чем покрытие ЭКОМ-1, однако сохраняют свои отражательные свойства во всем оптическом диапазоне.

Для исследования влияния режимов обработки на светотехнические характеристики получаемых МДО-покрытий использовали три образца из

сплава АМг5. Спектральные коэффициенты отражения МДО-покрытий на сплаве АМг5 относительно MgO приведены на рис. 4. Видно, что СКО плавно возрастают с увеличением длины волны. Наибольший коэффициент отражения (~ 0,61) наблюдается для образца 2, за ним следует образец 3 и самое низкое отражение получено для образца 1.



Образцы 2 и 3 отличались временем обработки (см. таб. 1). Образец 2 оксидировали 3 часа, а образец 3 – в том же электролите в течение 7 часов, но при меньшей общей плотности тока. Спектральный коэффициент отражения от него ниже на 10%. Увеличение времени микродугового оксидирования при

одновременном снижении общей плотности тока привело не только к уменьшению толщины покрытия, но и к ухудшению его отражательных характеристик.

Образцы 2 и 1 отличались концентрацией гидроксида натрия в электролите при одинаковом времени обработки 3 часа. Образец 1, полученный при меньшей концентрации NaOH, показал меньшее отражение. Таким образом, продемонстрирована возможность качественной и количественной оценки влияний режимов МДО-обработки на светотехнические характеристики образцов.

Работа выполнена в рамках госконтракта №02.740.11.0389 и деятельности научно-образовательного центра «Технологии и исследования наноматериалов аэрокосмической техники» НИИЯФ МГУ.

1. В.С.Войцеля, С.К.Гужова, В.И.Титов. Воздействие низкотемпературной плазмы и электромагнитного излучения на материалы. —М.: Энергоатомиздат, 1991 —224 с.
2. И.В.Суминов, А.В.Эпельфельд, В.Б.Людин, Б.Л.Крит, А.М.Борисов. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование). М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 368 с.
3. В.С.Авилкина, Н.Н.Андрианова, А.М.Борисов, А.С.Немов. Исследование шероховатой поверхности методами лазерной гониофотометрии, зондовой и электронной микроскопии// Журнал «Приборы», №4, 2008. С. 11-14.
4. В.С.Авилкина, Х.М.Курбанова, А.М.Борисов, Н.Л.Семенова. Исследование закономерностей рассеяния лазерного излучения керамикоподобными покрытиями // XXXIV Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции в 8 томах. Москва, 1-5 апреля 2008г. / Ответственный редактор Н.И. Сердюк. - М.: МАТИ, 2008. Т. 3. С.121-123.
5. А.С.Топорец. Оптика шероховатой поверхности. Л.:Машиностроение, 1988- 191с.