

May 25–27,  
2021

# Состав и коррозионные свойства слоев, формируемых на алюминии и алюминиевом сплаве ионно-ассистированным осаждением металлов из плазмы вакуумного дугового разряда

В.В. Поплавский, А.В. Дорожко, В.Г. Матыс

Беларусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь, vasily.poplav@tut.by

Исследуемые слои сформированы в процессе ионно-ассистированного осаждения (IBAD) металлов (Zn, Cd, Zr, Cr, Ni, V, Mo) на подложки из чистого алюминия А7 и алюминиевого сплава Д16 с целью исследования возможности повышения коррозионной устойчивости материалов с применением ионно-лучевой технологии.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью преодоления недостатков гальванических технологий формирования защитных покрытий, таких как экологическая опасность, сложность управления технологическим процессом и др.

Формирование слоев проведено на экспериментальной установке в режиме IBAD, при котором осаждение металла и перемешивание осаждаемого слоя с поверхностью подложки ускоренными ( $U = 10$  кВ) ионами того же металла осуществляются соответственно из нейтральной фракции пара и плазмы вакуумного ( $p \sim 10^{-2}$  Па) импульсного дугового разряда.

## Исследование слоев

Состав и микроструктура слоев:

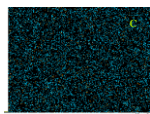
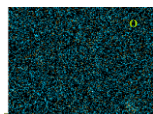
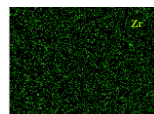
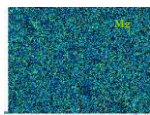
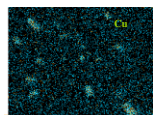
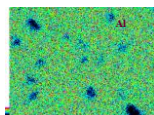
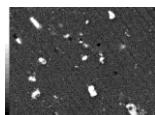
•RBS ( $^4\text{He}$ ;  $E_0 = 1.0$  or  $1.3$  MeV;  $\Theta = 170^\circ$ ; AN-2500 accelerator (High Voltage Engineering Europe));

•SEM, EDX (JSM-5610LV electron microscope and EDX JED-2201 (JEOL) spectrometer;  $E = 20$  keV);

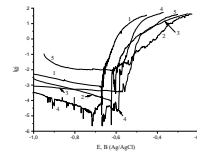
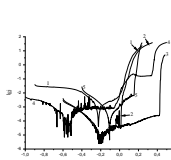
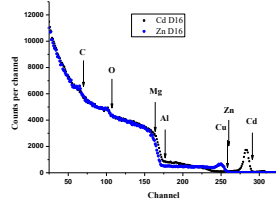
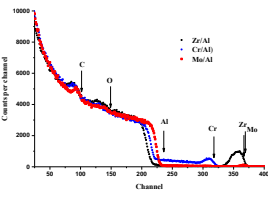
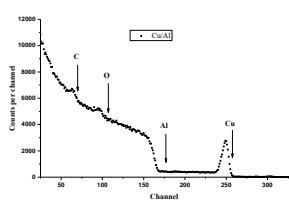
Коррозионные свойства:

метод поляризационных кривых в хлоридных растворах:

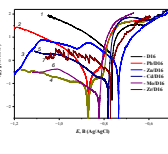
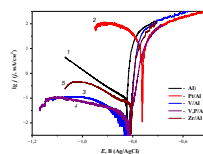
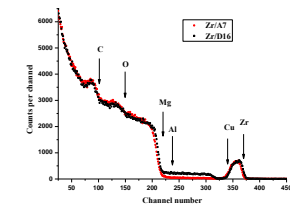
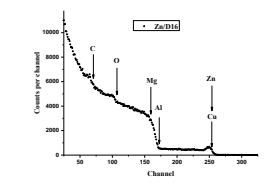
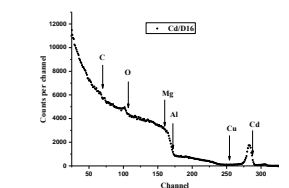
РВВ: NaCl и 1M HCl



SEM, EDX: Карты распределения элементов по поверхности образца сплава Д16 со слоем, полученным осаждением Zr



Поляризационные кривые в 3%-ом растворе NaCl образцов Al и сплава Д16: 1 – исходная подложка; материалы со слоями, полученными осаждением: 2 – Cr; 3 – Mo; 4 – Zn; 5 – Ni



Спектры RBS образцов алюминия А7 и сплава Д16 со слоями, полученными ионно-ассистированным осаждением металлов

Поляризационные кривые в растворе 1M HCl образцов Al и сплава Д16 со слоями, полученными осаждением металлов

## Характеристика формируемых слоев

Морфология поверхности материалов в результате ионно-лучевой обработки не изменяется.

По данным EDX анализа в приповерхностном слое материалов присутствуют компоненты подложек (Al, а в случае сплава Д16 – Al, Mg, Cu), осаждаемые металлы, а также кислород и углерод.

Данные RBS подтверждают элементный состав исследуемой поверхности. В состав полученных при осаждении слоев входят атомы осаждаемых металлов, кислород и углерод, что свидетельствует о том, что формирование слоев идет в основном в естественной оксидной пленке алюминия.

Толщина слоев составляет  $\sim 10$  нм при содержании атомов осаждаемого металла в слое  $\sim 10^{15}$  см $^{-2}$  и  $\sim 100$  нм – при слоевом содержании металла  $\sim 10^{16}$  см $^{-2}$ .

На поверхности алюминия и алюминиевых сплавов в атмосфере воздуха образуются оксидные слои, защищающие от коррозии. Однако в условиях эксплуатации коррозионной стойкости таких слоев зачастую недостаточно. В первую очередь это имеет место при использовании сплавов в качестве анодных при изготовлении электролизеров. При анодной поляризации сплавы алюминия подвержены питтинговой коррозии. Особенно интенсивно проявляется коррозия в хлоридных растворах.

По данным поляризационных измерений определены значения потенциала и плотности тока коррозии и потенциала питтингообразования на поверхности образцов.

Установлена зависимость этих параметров от состава слоев и рода подложки в растворах 3% NaCl и 1M HCl.

В 3% NaCl значимое (более чем на порядок) уменьшение плотности тока коррозии и

повышение коррозионной устойчивости имеет место при осаждении Zn и Mo на алюминий, Zn и Cr на сплав Д16.

В 1M HCl повышение коррозионной устойчивости достигается при осаждении V и Zr на алюминий, Cd, Mo и Mo на поверхность сплава Д16.

Показана принципиальная возможность повышения коррозионной устойчивости важных конструктивных и функциональных материалов – алюминия и сплава алюминия с применением технологии ионно-ассистированного осаждения металлов, отличающейся от гальванических технологий формирования защитных слоев экологичностью и одностадийностью.