

вационные материалы и технологии: материалы докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых. Минск, 9–11 января 2019 г. [Электронный ресурс] – Минск: БГТУ, 2019. – С. 260-262.

4. Черные защитно-декоративные молибденсодержащие покрытия на оцинкованной поверхности / В. Х. Алешина [и др] // Инновационные материалы и технологии: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых. Минск, 9-21 января 2021 г. [Электронный ресурс] – Минск: БГТУ, 2021. – С. 174-176.

5. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1965. – 390 с.

УДК 544.63:620.193.27:621.793.1

В.Г. Матыс, доц., канд. хим. наук;
О.Г. Бобрович, доц., канд. физ.-мат. наук;
В.В. Поплавский, доц., канд. физ.-мат. наук
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ИОННО-АССИСТИРУЕМОГО ОСАЖДЕНИЯ ЦЕРИЯ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЮМИНИЯ И ТИТАНА В РАСТВОРЕ ХЛОРИДА НАТРИЯ

Соединения церия широко исследуется как альтернатива хрома-там для пассивации алюминия и его сплавов обеспечивая высокие защитные свойства формируемых конверсионных покрытий [1–4].

В данной работе проведены исследования электрохимического поведения в растворе 3% NaCl образцов алюминия марки А7, алюминиевого сплава Д16Т и титанового сплава ВТ1-0, на поверхность которых был осажден церий методом вакуумного ионно-ассистированного осаждения [5] в количестве $10^{15} - 10^{16}$ ат/см². Также проведены исследования исходных материалов до осаждения церия.

Измерение электрохимических характеристик образцов проводилось с использованием потенциостата Р-40Х по следующей программе: 1) регистрация потенциала разомкнутой цепи в течение 60 мин; 2) регистрация поляризационной кривой в потенциодинамическом режиме (1 мВ/с) в диапазоне потенциалов от –1 до +0,5 В либо до достижения анодной плотности тока $\sim 0,08$ А/см².

Потенциал разомкнутой цепи электрода в коррозионной среде определяется протеканием анодного процесса окисления и катодного процесса восстановления. Поверхность алюминия и титана в обычных атмосферных условиях покрыта прочной оксидной пленкой. При погружении в раствор хлорида натрия поверхность образцов находится в

пассивном состоянии. В этом состоянии ток окисления металла очень мал и определяется ионной диффузией через оксидную пленку. Потенциал разомкнутой цепи в области пассивного состояния очень нестабильный, определяется процессами адсорбции и может варьироваться в широких пределах. В условиях, когда в растворе имеется растворенный кислород, потенциал разомкнутой цепи титана может неограниченно долго находиться в области пассивного состояния.

В растворе 3 % NaCl потенциал разомкнутой цепи для алюминия А7 и алюминиевого сплава Д16Т потенциал разомкнутой цепи составлял $-0,75 - -0,7$ В (рис. 1, а), тогда как для титанового образца он изменялся в течение часа от $-0,35$ до $-0,05$ В.

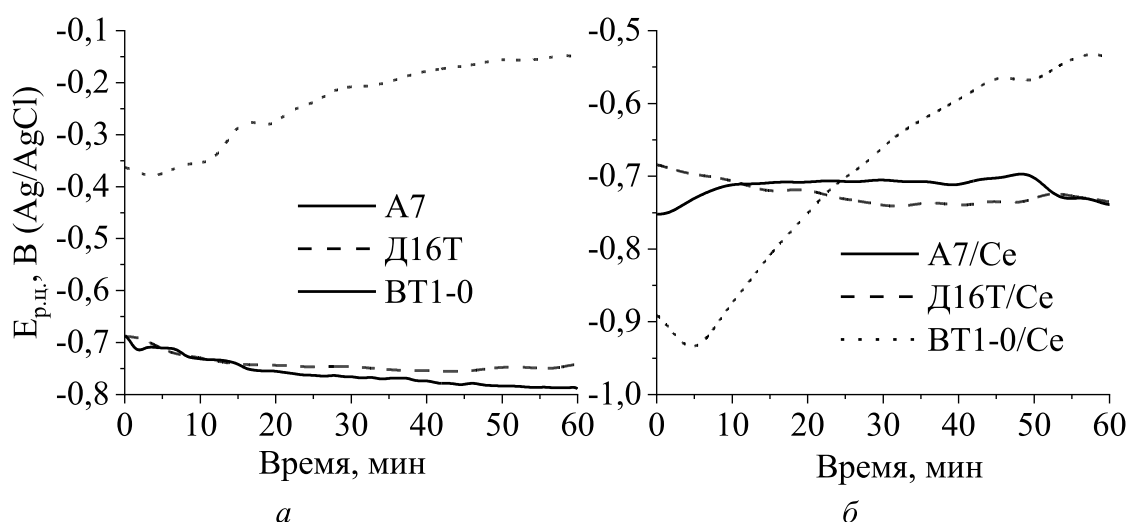


Рисунок 1 – Зависимость потенциала разомкнутой цепи от времени исходных образцов (а) и образцов с осажденным церием (б) в растворе 3% NaCl

После осаждения церия потенциал разомкнутой цепи образцов алюминия А7 и алюминиевого сплава Д16Т практически не изменился и варьировался в течение часа в диапазоне от $-0,8$ до $-0,7$ В (рис. 1, б). Для титанового образца осаждение церия привело к значительному уменьшению потенциала разомкнутой цепи. За время выдержки образца в течение часа потенциал разомкнутой цепи плавно возрастал от $-0,9$ В до $-0,5$ В после незначительного уменьшения в первые 4 мин. Также следует отметить, что после осаждения церия потенциал разомкнутой цепи был нестабильным, на временных зависимостях наблюдались значительные осцилляции потенциала, особенно для образцов А7 и BT1-0.

Поляризационные кривые исходных образцов представлены на рис. 2, а. Наибольший потенциал коррозии (около $-0,35$ В) и наименьший ток коррозии (порядка $10^{-6} - 10^{-7}$ А/см²) наблюдались для образца титана марки BT1-0. Для образцов алюминия А7 и алю-

миниевого сплава Д16Т потенциалы коррозии меньше, а токи коррозии больше (рис. 2, *а*). При этом для алюминия А7 потенциал коррозии (около $-0,6$ В) примерно на 100 мВ больше чем для алюминиевого сплава Д16Т ($-0,7$ В). Аналогично токи коррозии для алюминия ($\lg i_{\text{кор}} \sim -5,5$) примерно на порядок меньше, чем для сплава Д16Т ($\lg i_{\text{кор}} \sim -4,5$).

Поляризационные кривые образцов после осаждения церия представлены на рис. 2, *б*. На поляризационных кривых титанового образца ВТ1-0 после осаждения церия отмечались сильные осцилляции тока (может быть связано с изолирующим характером покрытия). Потенциал коррозии титанового образца после осаждения церия уменьшился с $-0,35$ В (рис. 2, *а*) до $-0,5$ В (рис. 2, *б*) а ток коррозии увеличился примерно на порядок.

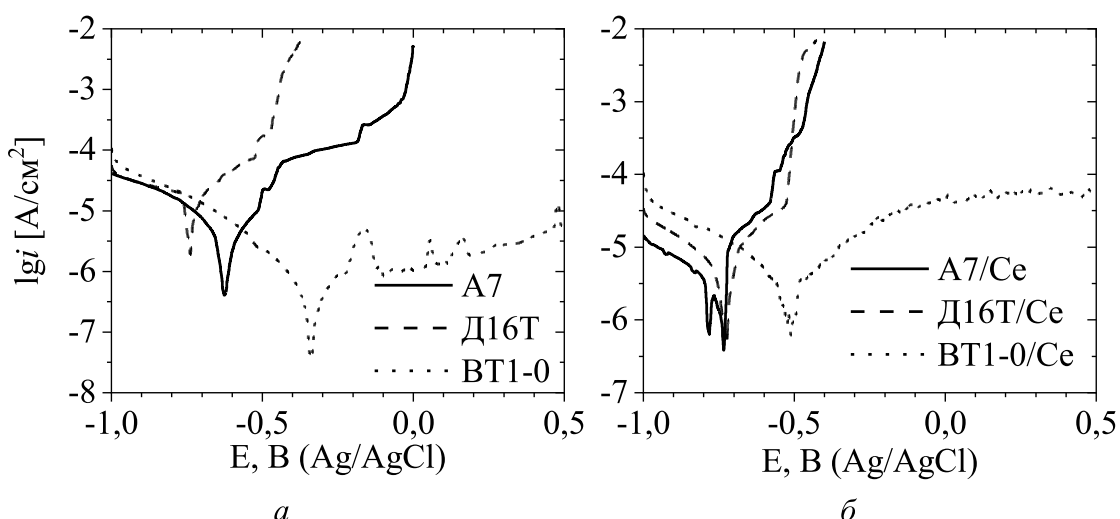


Рисунок 2 – Поляризационные кривые для исходных образцов (*а*) и образцов с осажденным церием (*б*) 3% NaCl; 1 мВ/с

Потенциалы коррозии образцов алюминия А7 и сплава Д16Т с осажденным церием примерно одинаковы и составляют $\sim -0,7$ В, т. е. такое же значение, как и для исходного сплава Д16Т (рис. 2, *а*). Таким образом, потенциал коррозии алюминиевого сплава Д16Т после осаждения церия на изменился, а алюминия А7 – увеличился примерно на 100 мВ. Что касается токов коррозии, то для алюминиевого сплава Д16Т осаждение церия приводит к небольшому уменьшению тока коррозии ($\lg i_{\text{кор}}$ уменьшилось примерно с $-4,5$ до -5). Для алюминия А7 ток коррозии практически не изменился.

На поляризационных кривых алюминия А7 и алюминиевого сплава Д16Т можно отметить резкое возрастание анодного тока при некотором потенциале, которое связано с разрушением (пробоем) оксидной пленки (рис. 2). Этот потенциал так и называют – потенциал

пробоя. Так для исходного алюминия потенциал пробоя наблюдался при потенциале ~ 0 В, а для исходного сплава Д16Т – при потенциале $\sim -0,4$ В (рис. 2). Осаждение церия приводило к заметному снижению потенциала пробоя (рис. 2, б). Причем и у алюминия, и у сплава потенциал пробоя после осаждения церия составлял примерно $-0,5$ В.

Таким образом осаждение церия на поверхность алюминия приводит к снижению устойчивости оксидной пленки, которая обеспечивает пассивные свойства алюминия. Однако токи коррозии при этом особенно для сплава Д16Т немного уменьшаются, что можно связать в первую очередь со снижением скорости катодного процесса восстановления кислорода после осаждения церия, поскольку токи на катодных ветвях поляризационных кривых образцов А7 и Д16Т после осаждения церия значительно снижаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Electrochemical corrosion resistance of aluminum alloy 6101 with cerium-based coatings in an alkaline environment / A. R. Khan [et al] // *Front. Chem.*, 2022. – Vol 10. – DOI: 10.3389/fchem.2022.1066958.
2. An Auger and XPS survey of cerium active corrosion protection for AA2024-T3 aluminum alloy A. Uhart [et al] // *Appl Surf Sci.* – 2016. – Vol. 390. – P. 751–759. – DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.08.170.
3. Becker, M. Chromate-free chemical conversion coatings for aluminum alloys / M. Becker // *Corrosion Reviews.* – 2019. – Vol. 37, № 4. – P. 321–342. – DOI: 10.1515/corrrev-2019-0032.
4. Kumar, N. Effect of Plasma Surface Pretreatment on Ce^{3+} -Doped GPTMS- ZrO_2 Self-Healing Coatings on Aluminum Alloy / N. Kumar, A. Jyothirmayi, R. Subasri // *ISRN Corrosion.* – 2012. – DOI: 10.5402/2012/506560.
5. Поплавский, В. В. Установка для модификации электродных материалов ионными пучками / В. В. Поплавский, В. С. Леонов, Б.А. Бутылин // *Химия и химическая технология: республиканский межведомственный сборник.* – Минск: Высшая школа, 1984. – Вып. 19. – С. 52-54.