

необходимо учесть, что повышение температуры отрицательно сказывается на фазовой стабильности материала. Отдельный интерес представляет анализ влияния радиационного воздействия на коррозионные свойства стали ЭП823.

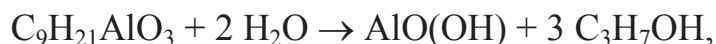
УДК 544.6

Е.П. Гришина<sup>1</sup>, д-р техн. наук,  
Н.О. Кудрякова<sup>2</sup>, канд. техн. наук,  
Л.М. Раменская<sup>2</sup>, канд. хим. наук  
<sup>1</sup>ИХР РАН, ИПСА, Иваново,  
<sup>2</sup>ИХР РАН, Иваново

### ЗОЛЬ-ГЕЛЬ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ОТ КОРРОЗИИ

В ряду методов получения антикоррозионных покрытий особое место занимает золь-гель метод, который позволяет сформировать оксидно-металлические (керамические) покрытия на любом металле. При этом керамическое покрытие обладает способностью защищать металл как от высокотемпературной, так и от электрохимической коррозии [1, 2]. Одним из вариантов получения коллоидных систем, пригодных для нанесения тонкослойных керамических покрытий является процедура, предложенная Йолдасом [3].

В данной работе процедура Йолдаса применена для формирования антикоррозионного оксидно-алюминиевого покрытия на низколегированной стали 08кп. Сущность процедуры Йолдаса применительно к данному покрытию заключается в проведении гидролитической поликонденсации алкоксида алюминия (в данной работе - изопророксида алюминия C<sub>9</sub>H<sub>21</sub>AlO<sub>3</sub> (Acros organics, 98%), рис.1) по реакции:



в результате чего образуется золь бемита.

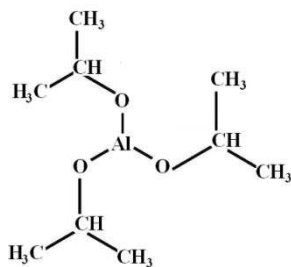
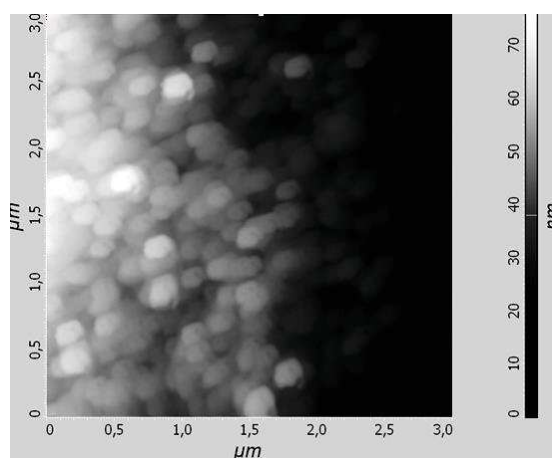


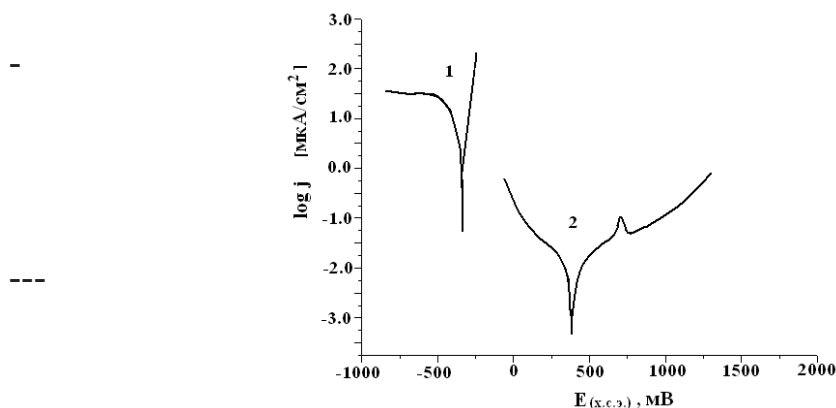
Рисунок 1 Структурная формула изопророксида алюминия

Размер частиц бемита зависит от химической природы применяемого пептизатора /катализатора поликондсации (в данной работе была использована азотная кислота). Полученный золь применяли для нанесения покрытия путем погружения в него подготовленных образцов стали. После извлечения образцов из коллоидного раствора, их сушили на воздухе. Затем проводили термофиксацию покрытия при температуре 500°С в атмосфере воздуха. При термофиксации нанесенного слоя бемит  $\text{AlO}(\text{OH})$  преобразуется в  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) показано (рис.2), что после термообработки покрытие состоит из спеченных сферических частиц оксида алюминия размером около 100 нм.



**Рисунок 2 – АСМ-изображение оксидно-алюминиевого покрытия, полученного золь-гель методом на стали 08кп. Пептизатор – азотная кислота**

Коррозионные испытания полученных образцов проводили в 3.5 %-ном растворе хлорида натрия методом вольтамперо-метрии с линейной разверткой потенциала. На рис.3 представлены диаграммы Эванса, полученные для образцов с покрытием и без него.



**Рисунок 3 – Диаграммы Эванса для стали 08кп без покрытия (1) и с покрытием (2), сфор-мированным золь-гель методом с применением азотной кислоты в качестве пептизатора/катализатора. 3.5 %-ный раствор NaCl. 25°C, скорость развертки потенциала 1 мВ/с**

Полученные данные показывают, что пленка оксида алюминия, полученная золь-гель методом, может образовывать физический барьер для контакта металла и коррозионно-активной среды. Благодаря такому покрытию стационарный потенциал стали облагораживается более, чем на 600 мВ, существенно снижается ток коррозии.

Следует отметить, что получаемое покрытие эффективно и при высокотемпературном воздействии на сталь 08 кп. Если на необработанном образце при термообработке (500°C) на воздухе образуется слой оксида железа, то покрытие защищает металл от окисления.

Таким образом, оксидно-алюминиевое покрытие, полученное золь-гель методом на низколегированной стали, имеет перспективу применения в качестве антикоррозионной защиты как в условиях высокотемпературных воздействий в окислительной среде, так и в растворах коррозионно-активных электролитов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ивановской области в рамках научного проекта № 18-43-370030\_р\_а "Развитие новых подходов для получения антикоррозионных покрытий на основе оксида алюминия".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Parola S., Verdenelli M., Sigala C., Scharff J.-P., Velez K., Veytizou C., Quinson J.-F. Sol-gel coatings on non-oxide planar substrates

and fibers: a protection barrier against oxidation and corrosion. // J. Sol-Gel Sci. Technol. 2003. Vol. 26, p.p. 803–806.

2. Al-Atia M. H. Developing the alumina sol-gel coating for steel oxidation protection at high temperatures. // Eng. Tech. J. 2014. Vol. 32, p.p. 744–758.

3. Yoldas B. E. Transparent activated nonparticulate alumina and method of preparing same. // United States Patent No. 3,944,658. Mar. 16, 1976.

Н.А. Козлова<sup>1</sup>, В.Н. Чувильдеев<sup>1</sup>, А.В. Нохрин<sup>1</sup>,  
Я.С. Шадрин<sup>1</sup>, В.И. Копылов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

<sup>2</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg**

Целью работы является исследование влияния деформации и рекристаллизационных отжига на коррозионную стойкость алюминиевых сплавов Al-Mg.

В качестве объектов исследования выступали алюминий марки А99, а также сплавы системы Al-Mg с различным содержанием магния: Al-1вес.%Mg, Al-3вес.%Mg, Al-5вес.%Mg. Сплавы получены методом индукционного литья в вакууме.

Формирование сильнофрагментированной зеренно-субзеренной структуры проводилось методом прокатки на лабораторном прокатном стане при комнатной температуре. Степень деформации составляла 50% и 90%. Формирование микрокристаллической (МК) зеренной структуры проводилось методом равноканального углового прессования (РКУП), которое осуществлялось в инструменте с углом пересечения рабочего и выходного каналов  $\pi/2$  по режиму «А» (ориентация заготовки остается неизменной при каждом проходе). Производилось 2 цикла прессования при температуре 200-225 °С. Отжиг в воздушной печи проводился в интервале температур от 100°С до 550°С с шагом в 50°С. Время отжига составляло 30 мин.

Коррозионные испытания проводились с помощью потенциостата-гальваностата Р-20Х (программное обеспечение ES8), в трехэлектродной ячейке с платиновым электродом сравнения и хлор-серебряным вспомогательным электродом в растворе 3 г NaCl + 1 мл HCl + 97 мл. H<sub>2</sub>O (рН = 1) провоцирующем, в соответствии с