

УДК 66.087.7

*T. S. Кулошвили, А. А. Кривенко, Т. Н. Останина*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[wolf.ramm@mail.ru](mailto:wolf.ramm@mail.ru)

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА НА ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИКЕЛЕВЫХ ПЕН

*В работе установлено, что пористость никелевых пен оказывает влияние на каталитические свойства электрода по отношению к реакции выделения водорода. Показано, что пена, полученная из сульфат-хлоридного электрода обладает наибольшей пористостью. Величина перенапряжения водорода на данной пене была наименьшей среди исследованных образцов, что согласуется с результатами расчета пористости.*

*Ключевые слова: никелевые пены, пористые материалы, выделение водорода.*

*T. S. Kuloshvili, A. A. Krivenko, T. N. Ostanina*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## EFFECT OF ELECTROLYTE COMPOSITION ON ELECTROCATALYTIC PROPERTIES OF NICKEL FOAMS

*It was found that the porosity of nickel foams affects the electrode catalytic activity for the hydrogen evolution reaction. It is shown that the foam obtained from the sulfate-chloride electrode has the highest porosity. The hydrogen overvoltage on this foam was the lowest among the samples studied, which correlates with the results of the porosity calculation.*

*Key words: nickel foam, porous materials, hydrogen evolution.*

Материалы на основе никеля находят широкое применение при получении чистого водорода методом электролиза для водородной энергетики, при производстве возобновляемых источников энергии и в химических источниках тока. Основные потери энергии, как при

электролизе, так и в химических источниках тока связаны с величиной перенапряжения электродных процессов. Для повышения энергоэффективности не всегда можно увеличивать скорость электродных реакций, более действенным способом снижения потерь является использование электродов с высокоразвитой поверхностью.

Среди разнообразных никелевых материалов перспективными являются никелевые пены, которые получают методом динамической матрицы из пузырьков водорода (ДНВТ – dynamic hydrogen bubbles template). Полученные таким способом осадки обладают значительной пористостью и большой площадью поверхности. Подобные свойства являются преимуществом при создании электродов для различных электрохимических систем.

Целью данной работы являлось исследование каталитических свойств никелевых пен, синтезированных электрохимическим методом.

Для получения никелевых пен использовали хлоридный (0,2 М NiCl<sub>2</sub>, 2 М NH<sub>4</sub>Cl, pH=3,18) и сульфат-хлоридный (0,2 М NiSO<sub>4</sub>, 0,62 М NH<sub>4</sub>Cl, 2,22 М NaCl, pH=3,55) растворы. Никелевые пены осаждали на никелевую подложку в течение 10 минут при постоянной плотности тока 0,3 А/см<sup>2</sup>. Также при осаждении пен проводили сбор водорода, который выделялся одновременно с электрокристаллизацией никеля на катоде.

Изучение морфологии никелевых пен проводили с помощью металлографического микроскопа Olympus Vx-51 при увеличении в 200 раз. Фото полученных осадков представлено на рис. 1.

Анализ фотографий показал, что морфология поверхности осадка существенно зависит от состава электролита. Так при использовании хлоридного электролита были получены осадки со средним диаметром пор около 40 мкм, в случае сульфат-хлоридного электролита средний диаметр пор увеличивался практически в 2 раза.

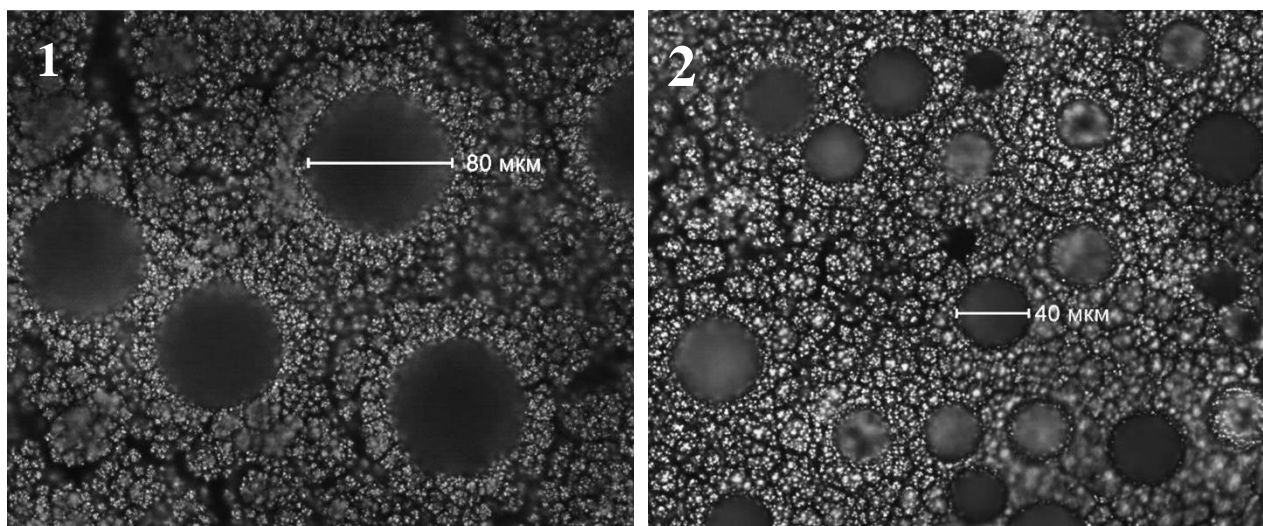


Рис. 1. Морфология поверхности никелевых пен, полученных из сульфат-хлоридного (1) и хлоридного (2) растворов

Однако количество пор на единицу поверхности при переходе от хлоридного к сульфат-хлоридному электролиту уменьшалось. На основе данных об объеме водорода, выделившегося при осаждении пен, была рассчитана пористость осадков. Для пен, полученных из сульфат-хлоридного и хлоридного электролитов, пористость соответственно равна 0,81 и 0,76. Так пена из сульфат-хлоридного электролита обладает более развитой структурой, несмотря на меньшее количество пор.

Исследования кинетики процесса выделения водорода на полученных образцах проводили с помощью электрохимической станции Autolab PGSTAT 302N. Поляризационные кривые снимали в растворе 1 М NaOH при скорости развертки потенциала 10 мВ/с. Вид полученных зависимостей представлен на рис. 2.

Величину перенапряжения выделения водорода для сравнения каталитических свойств образца определяли при значении плотности тока 10 А/см<sup>2</sup>, а плотность тока при перенапряжении 600 мВ. Результаты анализа представлены в таблице.

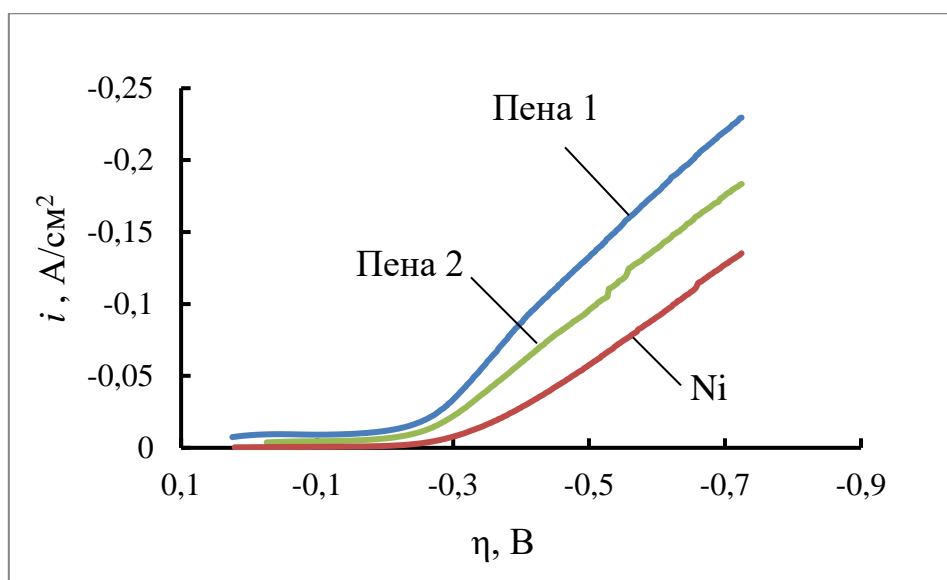


Рис. 2. Поляризационные кривые в растворе 1 М NaOH: пена 1 – осадок из сульфат-хлоридного электролита, пена 2 – из хлоридного электролита

Кинетические параметры реакции выделения кислорода

Электрод	$i$ , А/см <sup>2</sup> (при $\eta = -0,6$ В)	$\eta$ , В (при $i = -10$ мА/см <sup>2</sup> )
Ni	-0,092	-0,316
Пена 1	-0,177	-0,164
Пена 2	-0,139	-0,245

Из полученных результатов следует, что на электрохимическую активность электрода влияет пористость пены. Среди исследованных электродов пена, полученная из сульфат-хлоридного электролита обладала большей пористостью, поэтому поверхность, доступная для восстановления водорода на ней была больше. Данные по пористости согласуются с поляризационными исследованиями. Перенапряжение на образце с пеной, полученной из сульфат-хлоридного раствора на 150 мВ ниже, чем на гладком никеле. В случае с пеной, полученной из хлоридного раствора, каталитические свойства проявляются менее сильно.