

УДК 621.039.6

ИЗГОТОВЛЕНИЕ 3D ПОРИСТОГО НИКЕЛЯ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ТРАВЛЕНИЯ

Б.Д. Сарсембаева¹, Е.Б. Тұрарбеков¹, М.А.Елеуов^{1,2}, Н.Г. Приходько², Е.Е.Бейсенова¹

¹Satbayev University, г.Алматы, Казахстан

²Институт проблем горения, г.Алматы, Казахстан

turarbekoveraly17@gmail.com

Пористый материал это, твердое тело содержащий в своем объеме поры или пустоты. Структура пор наделяет пористый материал многими уникальными свойствами, отличными от плотного объемного состояния, такими как низкая плотность, большая удельная поверхность, высокая плотность активных центров и т.д. Шкала размеров пор распределяется от субнанометра до сверхмакрометра в зависимости от различных методов изготовления материалов. Каркас или матрица пористых материалов могут быть как органическими, так и неорганическими. Следовательно, такие методы модификации с широким диапазоном дает большой потенциал применения, например, в конструкционных материалах, фильтрах, материалах для хранения энергии и катализаторах. На рисунке 1 в общих чертах представлены широко используемые пористые материалы с различным размером пор. Процесс вспенивания и процесс спекания являются коммерческими методами изготовления макропористых материалов, таких как металлическая пена и пористая керамика, в то время как метод электрохимического селективного травления был разработан недавно для удовлетворения спроса на высокоупорядоченные нанопористые материалы. Электрохимический метод селективного травления - это хорошо контролируемый процесс изготовления упорядоченных нанопористых материалов путем селективного растворения одного компонента из исходного сплава и самоорганизации оставшегося компонента. Перспектива реального промышленного применения этого метода ограничена из-за неполного понимания процесса формирования пористой структуры при селективном травлении.

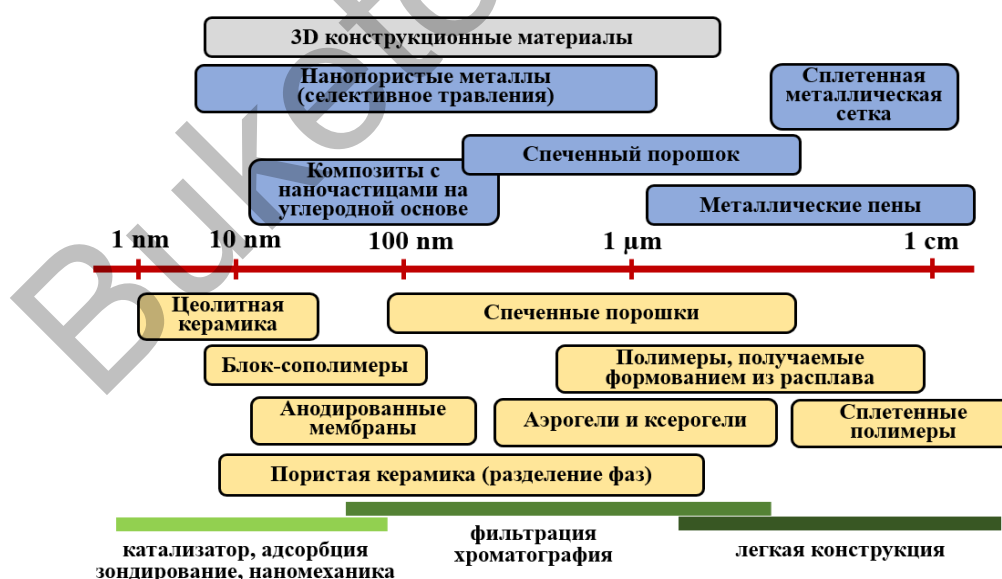
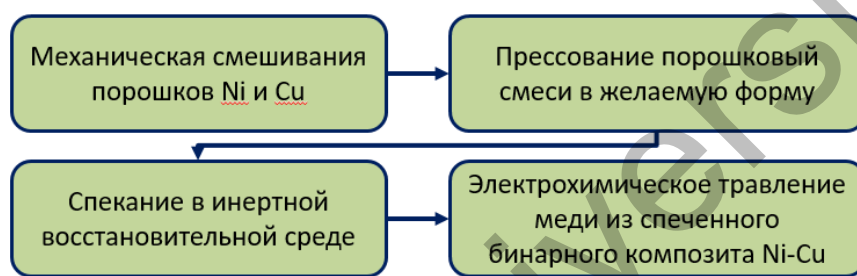


Рисунок 1. Иерархия пористых материалов со средним размером пор, увеличивающимся слева направо. Синий представляет собой проводники, а желтый – диэлектрики (изоляторы). Применения пористых материалов с распределением размеров показаны зеленым цветом.

В работе описывается метод получения пористого никеля с помощью селективного травления меди из сплава Ni/Cu. В этой работе показано, что во время процесса селективного травления более термодинамически активный компонент удаляется из сплава, и оставшийся компонент он пассивирован. В работе пористый никель получен двухстадийным процессом, включающим спекание прессованных гомогенно смешанных порошков никеля и меди с последующим электрохимическим травлением меди из композита. Структуру пористого никеля можно контролировать, варьируя состав Ni/Cu композита и температурные условия спекания. Пористый никель может быть образован электрохимическим травлением меди из спеченного композита. Полученные пористые структуры характеризуются трехмерной сетью связанных между собой открытых пор. Морфология образцов пористого никеля в основном зависит от исходного состава никель-медного композита.



а)



б)

Рисунок 2. а) Схематическая диаграмма получения 3D пористого никеля с помощью селективного травления б) Изготовленный трехмерный пористый никель с взаимосвязанной открытой пористостью.

3D пористый никель с открытой нанопористой структурой был изготовлен с использованием процесса, показанного на рисунке 2а, путем тщательного смешивания коммерческого никелевого порошка (размер частиц <1 мкм, 99,8%, Sigma-Aldrich) с медным порошком (нанопорошок, размер частиц <100 нм, ≥99,5%, Sigma-Aldrich).

Смешивание двух компонентов должно быть тщательным; следовательно, это обычно выполняется с помощью процедур механического перемешивания и шаровой мельницы. После тщательного смешивания, полученная смесь (порошок никеля и меди) прессуется в круглую таблетку толщиной ≈1 мм при давлении 35 МПа (см. Рис. 2б).

Образцам можно придать любую форму в зависимости от области применения. Таблетку из прессованного порошка никеля/меди затем загружают в высокотемпературную трубчатую печь и спекают при 800 °С в течение 2 часов в атмосфере водород/аргон (5: 95%).

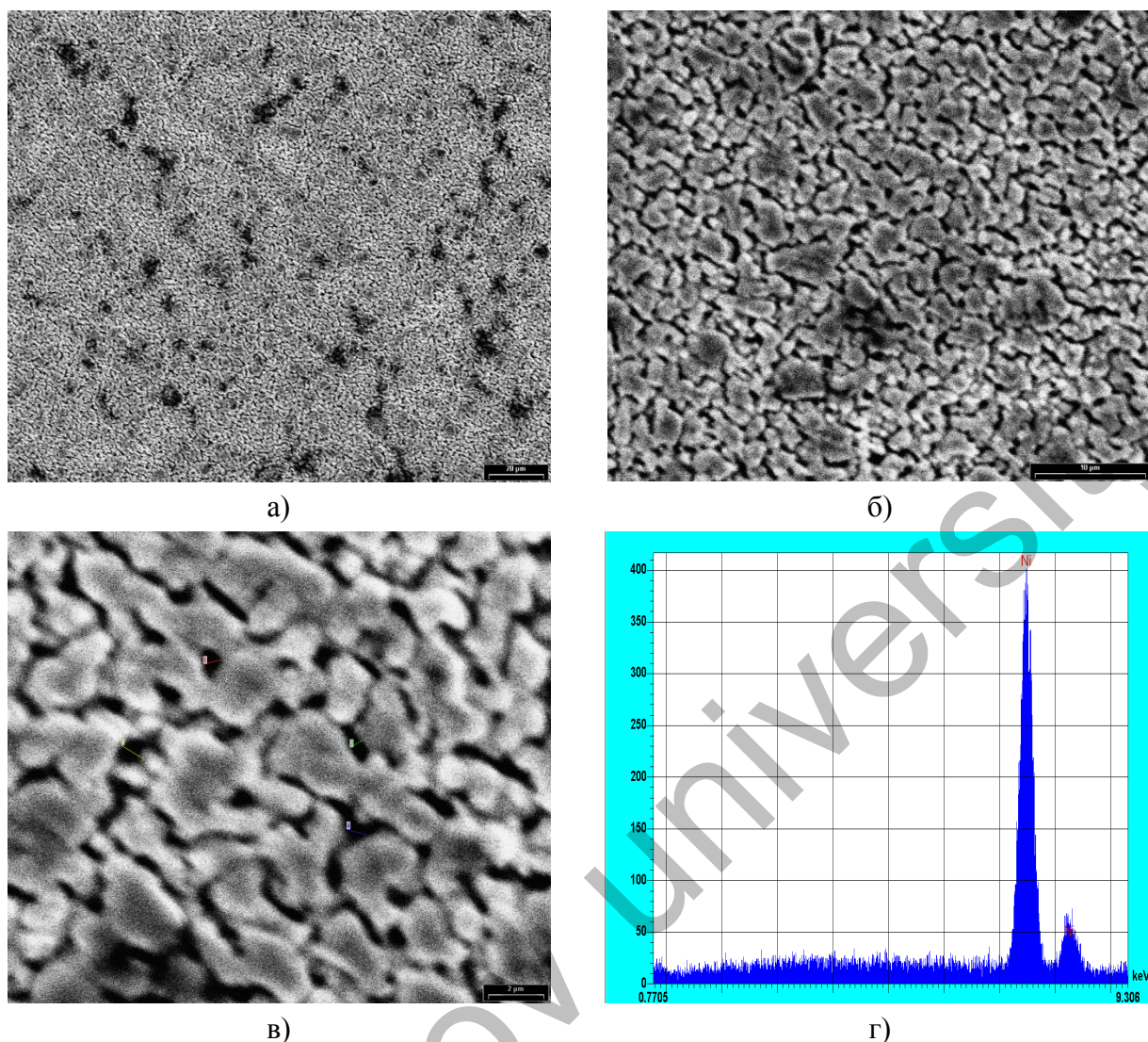


Рисунок 3. а),б),в) - СЭМ-изображения изготовленного пористого никеля при различном увеличении. г) - EDX-спектр образца пористого никеля, при массовом соотношении 65:35

СЭМ-изображения поверхности были получены для изготовленного пористого никеля методом селективного электрохимического травления сразу после электрохимического травления меди из объемного композита Ni-Cu (рис. 3). Эти изображения ясно показывают поверхность объемной трехмерной пористой структуры никеля с размером пор <200 нм.

Также для установления чистоты полученного образца пористого никеля от меди был проведен энергодисперсионный анализ (EDX-анализ), показывающий элементный состав полученного пористого материала. На рис. 3г показан EDX-спектр образца пористого никеля из никель-медь (мас.% 65:35 соответственно). Как видно из результатов энергодисперсионного анализа после электрохимического селективного травления, образец полностью состоит из чистого никеля. Отсутствие пиков Cu свидетельствует о полном удалении меди из состава сплава.

Результаты проведенных исследований показали, что с помощью метода селективного травления меди из композита Ni/Cu приводит к образованию пористых структур никеля. Исследование морфологии пористых структур никеля показало, что размер пор зависит от исходного состава никель/медь композита и размеров исходных

порошков. Структуру пористого никеля можно контролировать, варьируя состав Ni/Cu композита и температурные условия спекания.

Литература:

1. М.Т. Артыкбаева, М.А. Елеуов, Г.Т. Смагулова, Р.Е. Бейсенов. Получение пористого никеля из сплава Ni/Cu методом селективного электрохимического травления. // Горение и плазмохимия. – 2018. – No 16. – P.226-234.
2. Rabi Ebrahim, Mukhtar Yeleuov, and Alex Ignatiev. 3D Porous Nickel Anode for Low Temperature Thin Solid Oxide Fuel Cell Applications. // Adv. Mater. Technol. -2017. –No 2. 1700098.
3. Chang J.-K., Hsu S.-N., Sun I.-W., and Tsai W.-T. Formation of nanoporous nickel by selective anodic etching of the nobler copper component from electrodeposited nickel-copper alloys // Journal of Physical Chemistry C. – 2008. – Vol. 112, No 5. – P. 1371-1376.

УДК 541.136

РАЗРАБОТКА АНОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ SiO₂ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Б.Д. Сарсембаева¹, А.Б. Жапар¹, Қ. Асқарұлы^{1,2}, Е.Е. Бейсенова¹

¹Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

²Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан

zhaparova029@gmail.com

С момента коммерческого внедрения литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) в 1990-е годы корпорацией Sony, поиск литий-ионных батарей с высокой плотностью энергии стал активно развиваться. За последние десятилетия плотность энергии увеличилась в три раза - с ЛИА первого поколения (Вт·ч·кг⁻¹) до сегодняшних 240Вт·ч·кг⁻¹. Благодаря постоянным усилиям по оптимизации обработки материалов, усовершенствованию неактивных компонентов (включая электролит, сепаратор и связующее, проводящую добавку и токоприемник) и техническому прогрессу в производстве потолок плотности энергии литий-ионных аккумуляторов приближается к теоретическим пределам. В настоящее время растущее количество электромобилей постепенно играет доминирующую роль в потреблении ЛИА с высокой плотностью энергии, в то время как их потребности были незначительно низкими в 2010 году по сравнению с потребностями, используемыми в компьютерах, бытовой электронике и камерах. Тем не менее, растущая тенденция электрификации транспортных систем требует скачка в технологии ЛИА, чтобы значительно увеличить дальность проезда электромобилей, чтобы потребители могли избавиться от беспокойства о дальности. Современный графитовый анод является лучшим выбором в современных ЛИА с его низким потенциалом заряд/разряда, умеренной емкостью 372мАчг⁻¹ и низкой производственной стоимостью. Среди всех альтернативных анодных материалов кремний (Si) считается наиболее многообещающим кандидатом для высокоэнергетических ЛИА следующего поколения по нескольким причинам: Si имеет теоретическую удельную емкость 4200 мАч/г и объемную емкость 9786 мАчсм⁻³ при полном литировании, которые в ~10 раз больше, чем графит; средний потенциал лития/делитирования составляет ~ 0,4 В относительно Li, что обеспечивает относительно высокое рабочее напряжение в полной конфигурации элемента, а также предотвращает проблемы безопасности, вызванные литиевым покрытием при низком анодном напряжении; потенциально низкая токсичность, низкая стоимость, экологичность и естественное изобилие Si делают его наиболее подходящей заменой графитового анода.