

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗО-ЭВТЕКТИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Шаповалов В.И.

Materials & Electrochemical Research Corporation,
79060 S. Kolb Road, Tucson, AZ, 85706, USA

Введение

Пористые материалы разрабатываются для получения особых свойств в материалах и классифицируются по методам их получения. Газо-эвтектическая технология или газар-технология и ее научная база полностью отличаются от хорошо известных и поэтому газары выделяются в новый класс пористых материалов [1, 2].

Научная база газар-технологии [3] была открыта в Национальной металлургической Академии Украины в 1979 году. Первые патенты СССР (1980-1985 годы) были закрыты для опубликования поскольку газары использовали в военных ракетных и космических системах. Таким образом информация о газарах была недоступна широкой аудитории до 1989 года, когда основные патенты были рассекречены. Термин газар есть ахроним русского выражения, обозначающего газ-армированный или газ-упрочненный. В 1993 году был опубликован патент США 5181549 "Метод получения пористых изделий", в котором газар-технология была детально описана. Первая же открытая информация о возможности получения упорядоченных пористых структур при газо-эвтектической кристаллизации была опубликована в мало доступном на Западе советском журнале "Литейное производство" в 1980 году.

Основы газар-технологии

Научной базой газар-технологии является газо-эвтектическая реакция, которая была открыта в системах металл-водород в Национальной Металлургической Академии Украины в период 1971-1979 годов.

Эта реакция представляет собой одновременное выделение кристаллов и газа из насыщенной водородом (газом) жидкости и имеет место в системах, содержащих газо-эвтектическое фазовое равновесие. Достаточно много систем металл-водород имеют газо-эвтектическое равновесие (например Al-H,

Be-H, Cr-H, Cu-H, Fe-H, Mg-H, Mn-H, Mo-H, Ni-H, Ti-H, W-H, Fe-C-H) в области температур плавления.

Вообще же газо-эвтектическая реакция может наблюдаться и в системах металл-кислород (Ag-O; Fe-C-O; Cu-O), металл-азот (Fe-N; Ni-N; Cu-N; Mn-N) и различного рода керамиках, способных растворять в жидком виде достаточное количество газов. Можно использовать в технологии и газообразные углеводороды и пары воды. Но нам представляется более перспективным использование водорода, так как он может быть полностью удален из полученного материала после формирования пористой структуры.

Структура газаров

Для пористых электродов структура очень важна, так как определяет их производительность и надежность. Эта структура должна обеспечивать высокую прочность и достаточно большую удельную поверхность.

Газо-эвтектическая и обычная эвтектическая реакции имеют много общего. Но есть фундаментальные различия, которые радикально отличают эти реакции. Прежде всего это высокая чувствительность газо-эвтектической реакции к изменению давления. Давление – это очень мощный технологический параметр в газар-технологии и позволяет получать многие варианты структуры. Скорость кристаллизации и температура разлива играют второстепенную роль в этой технологии.

Второе отличие состоит в особенностях зарождения пор. Газовая фаза всегда зарождается гетерогенно и чаще всего на границе между растущими кристаллами и жидкостью.

Чаще всего в газарах образуются эллипсоидальные поры (Рис.1). Но возможно и образование более сложных пор (Рис.2).

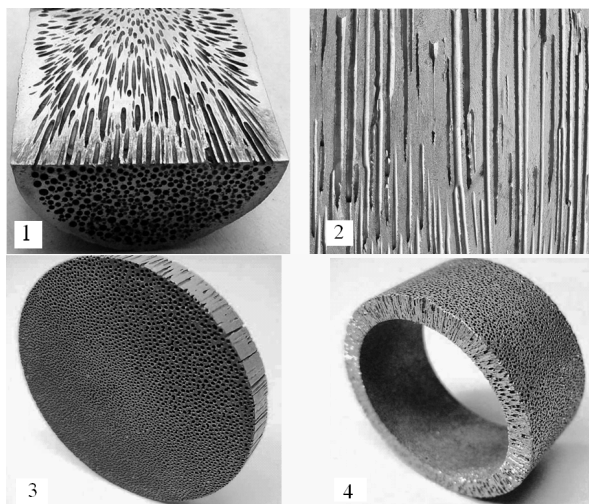


Рисунок 1. Обычная структура газаров: 1 – комбинированные параллельные и радиальные эллипсоидальные поры; 2 – параллельные цилиндрические поры в продольном сечении; 3 – параллельные эллипсоидальные поры; 4 – радиальные эллипсоидальные поры (везде поры диаметром около 0,25-0,5 мм).

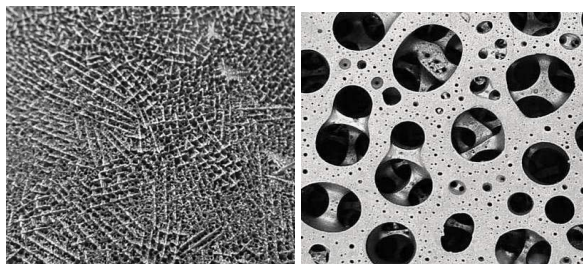


Рисунок 2. Некоторые особые структуры газаров: слева – “обратная дендритная” структура пор; справа - разветвленные поры.

Вытянутые поры всегда имеют однообразную направленность. Эта направленность определяется направлением теплоотвода при газо-эвтектической кристаллизации.

Некоторые отличительные свойства газаров

Наиболее значительным преимуществом газаров перед хорошо известными пористыми материалами является их высокая прочность, низкая цена и разнообразие пористой структуры.

Механические испытания газаров показывают, что направленные поры диаметром менее 10 МКМ делают их прочнее, чем монолитный материал одинакового состава. Газары также хорошо обрабатываются резанием и давлением, могут быть упрочнены термообработкой, могут быть получены с

теплопроводностью, ниже или выше монолитного материала и имеют хорошие вибро- и звукопоглощающие свойства. Так как они имеют очень низкое содержание посторонних примесей, то газары имеют высокую тепло и электропроводность.

Перспективы

Вообще говоря, пористые материалы имеют ряд недостатков, которые не позволяют их использовать достаточно широко. Исключение этих недостатков позволит значительно расширить их использование и приведет к революционному прогрессу в ряде технологий.

Одним из таких пористых материалов являются газо-эвтектические материалы используемые для в топливных элементах для изготовления пористых электродов. Среди преимуществ газаров перед известными пористыми материалами можно выделить: улучшенные прочность и жесткость, простота получения и низкая стоимость, гибкость в отношении проницаемости, возможность изготовления разнообразных пористых структур, широкий диапазон размеров пор (от 5 мкм до 10 мм), возможность управления формой пор и их ориентацией, хорошая свариваемость и обрабатываемость, замечательная формуемость.

Литература:

1. M.F. Ashby, A. Evans, N.A. Fleck, L.J. Gibson, J.W. Hutchinson, and H.N. Wadley, Metal Foams, A Design Guide (Butterworth-Heinemann, 2000).
2. Metal Foams and Porous Metal Structure, ed. J. Banhart, M. Ashby, N. Fleck, (Verlag MIT Publishing, Berlin, 1999), 125-203.
3. V. I. Shapovalov. "Methods for Manufacturing Porous Articles" U.S. Patent, No. 5,181,549, 26 January 1993.
4. V. I. Shapovalov "Porous Metals", MRS Bulletin, 4, (1994), 24-29.