

УДК 62.71

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ ТОНКОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

К. т. н. А. Н. Гершуни, к. т. н. А. П. Нищик

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Украина, г. Киев

politekhins@gmail.com

Приведены результаты исследования структурных характеристик металлических тонковолокнистых капиллярных структур, а именно: предельной пористости, эффективного и максимального диаметров пор в зависимости от исходных структурных параметров (пористости Π , диаметра d_b и длины l_b волокон, которые изменялись в диапазонах $\Pi=0,55-0,96$; $d_b=10-70$ мкм; $l_b=2-3$ мм).

Ключевые слова: капиллярная структура, система охлаждения, электронная аппаратура

Эффективным средством обеспечения тепловых режимов электронной аппаратуры являются системы теплопередачи испарительно-конденсационного типа (ИКТ), и в том числе тепловые трубы различных типов и конструкций. Одним из важнейших направлений развития средств теплопередачи ИКТ с целью улучшения их теплопередающих характеристик, расширения функциональных возможностей и условий применения, является разработка новых и усовершенствование существующих капиллярных структур для указанных средств.

В [1] показаны эффективность и перспективность металловолоконных капиллярных структур (МВКС) в качестве капиллярных структур испарительно-конденсационных систем (ИКС). МВКС характеризуются следующими достоинствами и преимуществами: 1) технология изготовления позволяет наносить данные структуры с заданными параметрами на поверхности сложной формы при высоком качестве соединения; 2) характеристики МВКС могут быть представлены четкими функциями исходных структурных параметров; 3) высокая предельная пористость, отсутствие закрытых и тупиковых пор, низкая извилистость поровых каналов обеспечивают высокие транспортные возможности МВКС по сравнению с другими типами капиллярных структур, особенно в условиях противодействующего влияния массовых сил. Целью данной работы является экспериментальное определение структурных характеристик металлических пористых тонковолокнистых материалов, знание которых необходимо для проектирования и создания эффективных систем охлаждения ИКТ.

Основными исходными структурными параметрами МВКС являются диаметр волокон d_b , длина волокон l_b и пористость Π . Для МВКС ИКС, как правило, $d_b=10-100$ мкм; $l_b=1-10$ мм; $\Pi=0,5-0,96$. Необходимо также ввести дополнительную исходную структурную характеристику МВКС, а именно предельную достижимую пористость $\Pi_{пр}$, которую можно получить при воздушном войлоковании прямых волокон. На основе анализа полученных экспериментальных значений $\Pi_{пр}$ предложена следующая ее зависимость от соотношения d_b/l_b :

$$\Pi_{пр}=\exp(-6d_b/l_b), 15 \leq d_b/l_b \leq 200. \quad (1)$$

Вышеуказанные исходные структурные характеристики МВКС являются реальными величинами, которые могут быть непосредственно измерены. Для анализа процессов теплопередачи в ИКС необходимо также знание специфических структурных характеристик МВКС, зависящих от исходных структурных параметров. Такими являются средний (эффективный) и максимальный размеры поровых каналов. Размеры поровых каналов – условные величины, которые могут быть определены экспериментально с использованием моделей капиллярных структур. Наиболее распространенной является модель идеальной пористой среды, по которой реальное пористое тело моделируется пучком одинаковых цилиндрических параллельных капилляров. При условии равенства гидравлических сопротивлений реальной пористой среды и ее модели на основе совместного решения уравнений Дарси и Пуазейля—Гагена определялся средний (эффективный) диаметр пор $D_{эф}$. В результате анализа полученных экспериментальных данных

и анализа влияния пористости и размеров волокон из меди и нержавеющей стали на эффективный диаметр, для определения величин $D_{\text{эф}}$ МВКС предложена следующая зависимость:

$$D_{\text{эф}} = 0,25d_{\text{в}}^{0,6}l_{\text{в}}^{0,4} \frac{\Pi^{1,2}}{(1-\Pi)^{0,4}}, \quad (2)$$

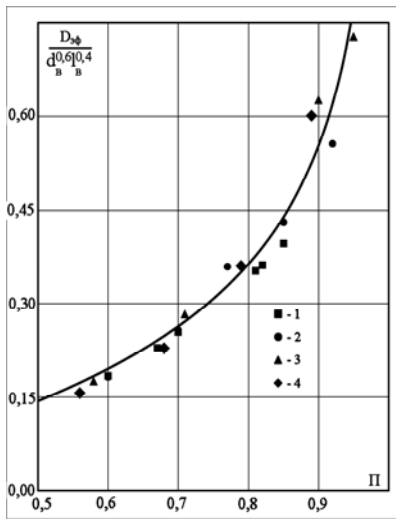


Рис. 1. Обобщающая зависимость эффективного диаметра пор от исходных структурных параметров МВКС:
1 – $d_{\text{в}}=70$ мкм, $l_{\text{в}}=3$ мм; 2 – 40 мкм, 3 мм; 3 – 20 мкм, 3 мм; 4 – 10 мкм, 2 мм

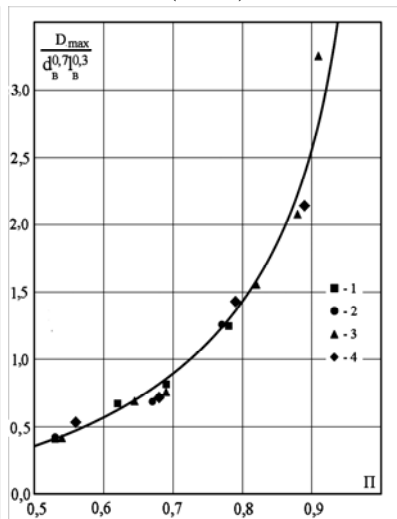


Рис. 2. Обобщающая зависимость максимального диаметра пор от исходных структурных параметров МВКС:
1 – $d_{\text{в}}=70$ мкм, $l_{\text{в}}=3$ мм; 2 – 40 мкм, 3 мм;
3 – 20 мкм, 3 мм; 4 – 10 мкм, 2 мм

которая справедлива при $0,55 \leq \Pi \leq 0,96$; $15 \leq l_{\text{в}}/d_{\text{в}} \leq 200$ и в безразмерном обобщенном виде представлена на рис. 1.

К основным структурным характеристикам МВКС относится также максимальный размер пор. Максимальный диаметр пор D_{max} был определен методом вытеснения жидкости из пор (метод Баруса—Бехгольда), по которому определяется максимальный размер наиболее узких участков капиллярных каналов в исследуемом образце. Суть метода в том, что в порах исследуемого образца, заполненных жидкостью, действуют капиллярные силы, удерживающие жидкость в поровых каналах, и для освобождения пор необходимо создать давление газа, тождественное капиллярному давлению. В результате анализа полученных экс-

периментальных данных и анализа влияния размеров волокон и пористости на величину максимального диаметра пор предложена следующая зависимость D_{max} МВКС:

$$D_{\text{max}} = d_{\text{в}}^{0,7}l_{\text{в}}^{0,3} \frac{\Pi^2}{\sqrt{1-\Pi}}, \quad (3)$$

которая справедлива при $0,55 \leq \Pi \leq 0,96$; $15 \leq l_{\text{в}}/d_{\text{в}} \leq 200$ и в безразмерном обобщенном виде представлена на рис. 2.

Таким образом, в результате исследования структурных характеристик металлических (медь, нержавеющая сталь) тонковолокнистых капиллярных структур получены расчетные зависимости для определения предельно достижимой пористости, эффективного и максимального диаметров пор от исходных структурных параметров (пористости Π , диаметра $d_{\text{в}}$ и длины $l_{\text{в}}$ волокон, которые изменялись в диапазонах $\Pi=0,55—0,96$; $d_{\text{в}}=10—70$ мкм; $l_{\text{в}}=2—3$ мм). Эти зависимости имеют возрастающий характер, причем влияние пористости наибольшее, а длины волокон — наименьшее.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Семена М. Г., Гершуни А. Н., Зарипов В. К. Тепловые трубы с металловолокнистыми капиллярными структурами.— Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1984.

A. N. Gerchuni, A. P. Nishchik

Structural characteristics of metal porous thin fibrous materials for cooling systems of electronic equipment

The report provides the results of a study of the structural characteristics of metal thin fibrous capillary structures, namely: the maximum porosity, the effective and maximum diameter of the pores depending on the initial structural parameters (porosity Π , the diameter $d_{\text{в}}$ and the length $l_{\text{в}}$ of fibers, which varied in the range $\Pi = 0,55—0,96$; $d_{\text{в}}=10—70$ μm ; $l_{\text{в}}=2—3$ mm)

Keywords: capillary structure, cooling system, electronic equipments.