

УДК 608.2: 536.248.2

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ

П. С. Никитюк, д. т. н. Ю. Е. Николаенко, к. т. н. В. Ю. Кравец,  
А. Я. Паламарчук, к. т. н. Ю. А. Хмелев, Д. В. Кравец

НТУУ «Киевский политехнический институт»  
Украина, г. Киев  
nikityukpavel@gmail.com, yunikola@ukr.net

*Предложена новая технология изготовления длинномерных тепловых труб с металловолоконистой капиллярной структурой. Такие тепловые трубы могут быть использованы в качестве высокоэффективных теплопередающих элементов в каркасах светодиодных люстр, в системах обеспечения теплового режима электронной аппаратуры, в теплообменниках и т. п.*

*Ключевые слова: тепловая труба, капиллярная структура, спекание, светодиодная люстра.*

С развитием полупроводниковой элементной базы электронной аппаратуры и светодиодной осветительной техники для обеспечения ее надежной работы в процессе эксплуатации необходимо поддерживать определенный температурный режим полупроводниковых элементов. Если раньше для обеспечения заданного теплового режима элементов было достаточно применения относительно простых средств отвода теплоты (например, установление элементов на ребристые радиаторы), то на сегодняшний день со стремительным ростом удельной мощности элементной базы появляется необходимость использования более эффективных теплопередающих устройств, таких как тепловые трубы (ТТ). По сравнению с традиционными типами теплопередающих устройств, ТТ обладают рядом ценных свойств и преимуществ. Главным из них является передача больших тепловых потоков на значительные расстояния при минимальном перепаде температуры между зонами испарения и конденсации. Эквивалентный коэффициент теплопроводности ТТ на несколько порядков превышает коэффициент теплопроводности лучших теплопроводных материалов, например таких, как медь и серебро [1, с. 9].

Наиболее совершенными с точки зрения тепловых характеристик являются ТТ с металловолоконистой капиллярной структурой (МВКС), предложенные и исследованные в НТУУ «КПИ» на теплоэнергетическом факультете еще в 80-х годах прошлого века [1]. При всем разнообразии выполненных результативных теоретических и экспериментальных исследований ТТ с МВКС ряд вопросов технологии их изготовления остаются нерешенными. Так, например, поскольку спекание МВКС с корпусом ТТ осуществляется в высокотемпературной печи при температуре, близкой к температуре плавления материала волокон и корпуса ТТ, возникает технологическая проблема изготовления длинномерных ТТ, длина которых превышает геометрические размеры рабочего пространства камеры высокотемпературной печи [2]. Целью данной работы является решение указанной технологической проблемы.

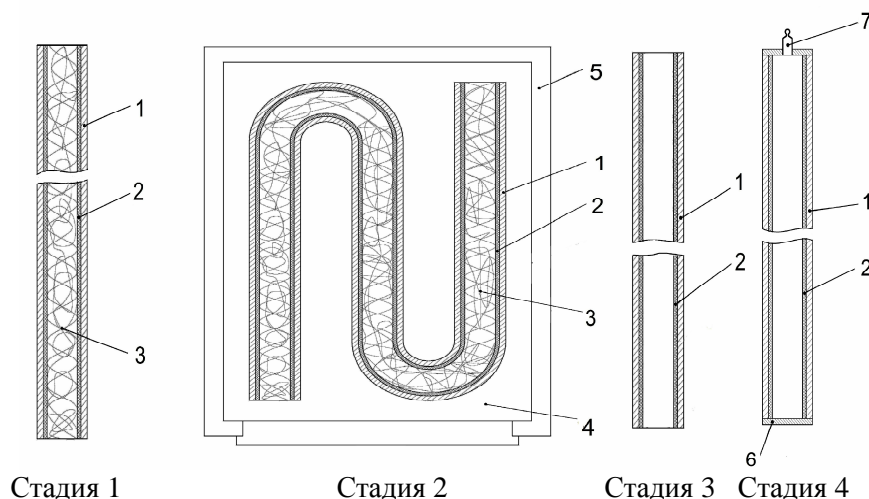
Нами разработана новая технология изготовления длинномерных ТТ с МВКС (см. рисунок), длина которых превышает длину рабочего пространства камеры высокотемпературной печи, на примере изготовления медных ТТ для теплопроводного каркаса светодиодной люстры [3]. В качестве исходного материала для получения слоя МВКС выбирают дискретные металлические (медные) волокна длиной 3 мм, диаметром 50 мкм, которые предварительно спекают в вакуумной, восстановительной или защитной среде в слой капиллярной структуры, например, толщиной 0,5 мм с пористостью 85 %. Изготавливают заготовку корпуса ТТ, нужной длины из медной тонкостенной трубы 1 цилиндрической формы (например, диаметром 10 мм, длиной 0,8 м). Размещают слой 2 МВКС внутри заготовки корпуса и прижимают его к внутренней стенке трубы набивкой 3 из гибких жгутиков, выполненных из металлических волокон (стадия 1 на рисунке). Материалом для них служит тантал или молибден, которые не спекаются с материалом капиллярной структуры в местах контакта и тем-

температура плавления которых превышает температуру спекания. Набивка 3 из гибких жгутиков из металлических волокон имеет достаточную гибкость для того, чтобы она могла свободно сгибаться вместе с трубой 1. Трубу 1 со слоем 2 капиллярной структуры и набивкой 3 из гибких жгутиков из металлических волокон сгибают до необходимых размеров (например 0,25 м), которые не превышают размеров рабочего пространства камеры высокотемпературной печи (например, 0,30 м) [2].

Располагают согнутую трубу в рабочем пространстве 4 камеры вакуумной высокотемпературной электрической печи 5 (стадия 2 на рисунке) и припекают слой 2 МВКС к внутренней стенке трубы 1 в вакуумной, восстановительной или защитной среде в течение 2,5—3,0 часов.

После спекания слоя 2 МВКС с внутренней стенкой трубы 1 ее вынимают из печи, выпрямляют и извлекают из нее набивку 3 из гибких жгутиков из металлических волокон. В результате выполнения этих технологических операций получают выпрямленную длинномерную трубу 1 со спеченным слоем 2 МВКС (стадия 3 на рисунке).

Затем к трубе припаивают высокотемпературным припоем ПСр 72 или приваривают электронно-лучевой сваркой днища 6 и заправочную трубку 7 (стадия 4 на рисунке). Осуществляют вакуумирование, заправку теплоносителем и герметизацию ТТ. Для использования ТТ, например, в составе каркаса светодиодной люстры [3] ее сгибают, придавая ей форму элементов каркаса.



Стадии технологического процесса изготовления длинномерной тепловой трубы

Таким образом, предложенная новая технология изготовления ТТ с МВКС обеспечивает возможность изготовления длинномерной тепловой трубы нужной длины, которая превышает размеры рабочего пространства камеры высокотемпературной печи.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Семена М. Г., Гершуни А. Н., Зарипов В. К. Тепловые трубы с металловолоконными капиллярными структурами.– Киев: Вища школа, 1984.

2. Мармер Э.Н., Новожилов С.А., Балаклиенко Ю.М., Лебедев А.В. Вакуумные электропечи сопротивления для спекания особо высокотемпературных материалов атомной техники // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология».– 2005.– № 3(23).– С. 39–42.

3. Патент № 80451, Украина. Світлодіодна люстра / Ніколаєнко Ю. С., Ніколаєнко Т. Ю.– 2013.– Бюл. № 10.

P. S. Nikitiuk, Yu. E. Nikolaenko, V. Yu. Kravetz, A. Ya. Palamarchuk, Yu. A. Khmelev, D. V. Kravetz  
**New technology for heat pipe manufacturing.**

The authors present a new technology for manufacturing of long heat pipes with capillary structure of metal fiber. Such heat pipes can be used as highly efficient heat transfer elements in LED chandelier frames, in thermal control system for electronic equipment, in heat exchangers, etc.

Keywords: *heat pipe, capillary structure, sintering, LED chandelier.*