

$$h_{\kappa 1} = h_{\kappa} \sqrt{\frac{P'_B \xi}{P_B}},$$

где P'_B и P_B – значения возмущающей силы.

Спроектированный по данной методике кулачок обеспечит равномерность движения врезания резца в заготовку при точении с $\xi > 1$ и движения отвода инструмента при $\xi < 1$. Это позволит приблизить действительную траекторию движения инструмента в процессе обработки к теоретической.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данильчик, С.С. Кинематика точения с наложением асимметричных колебаний инструмента / С.С. Данильчик, В.К. Шелег // Наука и техника. 2013. – №4. – С. 16–21.
2. Ахметшин, Н.И. Вибрационное резание металлов / Н.И. Ахметшин, Э.М.Гоц, Н.Ф. Родиков. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 80 с.

УДК 621.311

Евтухова Т.Е.

ФОРМИРОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ

БНТУ, Минск

При решении задачи обеспечения тепловых режимов функционирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), в том числе и космического применения, имеют большое значение разработки эффективных теплопередающих и теплообменных систем на основе тепловых труб (ТТ). В настоящее время миниатюризация различного типа устройств накладывает ряд ограничений на системы охлаждения, что приводит к увеличению перегрева поверхности и снижению интенсивности теплоотдачи. В системах охлаждения элементов РЭА используют алюминиевые плоские ТТ без капиллярной структуры (КС) (поскольку высота ТТ мала (1–7 мм)). Теплоноситель обычно ацетон. Такие ТТ могут работать в диапазоне температур 40 +100 °С при углах наклона от 0 до 90°.

В работе [1] показано, что наличие КС, в виде пористого материала позволяет существенно повысить теплопередающие характеристики плоской ТТ. В работе [2] установлено, что применение КС в виде слоя толщиной 50 мкм, выполненного из порошка оксида алюминия с размером частиц <10 мкм, способствует существенному увеличению (на 25%) критического теплового потока. Авторы работы [3] исследовали влияние КС в виде наноструктурированного слоя оксида алюминия, сформированного на поверхности испарителя плоской ТТ, на значения критического теплового потока и теплопередающие характеристики. Установлено, что такая КС позволяет увеличить критический тепловой поток на 17% по сравнению с ТТ без КС.

Алюминий благодаря своей малой плотности привлекает пристальное внимание специалистов в области космических технологий. В качестве теплоносителя в ТТ для космической техники применяют аммиак высокой чистоты. Задача повышения эффективности работы таких ТТ может быть решена путем увеличения поверхности испарения за счет нанесения пористого наноструктурированного слоя на поверхность канавок. Авторами [4–5] разработана технология и проведены исследования процесса формирования структуры и свойств КС в виде пористого наноструктурированного слоя на внутренней поверхности алюминиевых профилей с канавками различной конфигурации (рисунок 1).

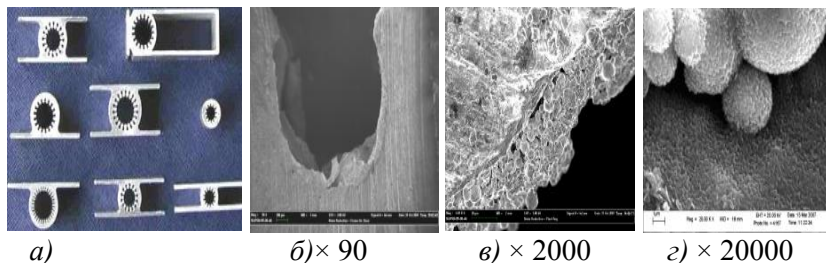


Рисунок 1 – Алюминиевые профили с аксиальными канавкам (а), наноструктурированная КС из порошка алюминия АСД-4 на Ω-образных канавках (б,в), область контакта КС с промежуточным слоем (г) [4, 5]

ТТ общей длиной 1 м и с КС на поверхности канавок толщиной 25–100 мкм и длиной 250 мм и без КС были протестированы в идентичных условиях в температурном диапазоне $-30+80^{\circ}\text{C}$ [6, 7].

В результате установлено, что материал КС химически нейтрален по отношению к теплоносителю аммиаку; для всех адиабатических температур термическое сопротивление испарителя с КС ниже, чем без нее; различия в значениях термического сопротивления находятся в диапазоне 1,3–1,8 раз (или 0,015–0,02 Вт/К для ТТ с КС и 0,025–0,035 Вт/К без нее), что является перспективным с точки зрения повышения эффективности работы ТТ. Поэтому актуальным является исследование структуры КС, полученной методом гидратационного твердения нанесенного из суспензии дисперсного алюминия марок АСД-4 и ПАП-2, а также формирование КС в виде слоя наночастиц бемита на поверхности компактного алюминия, содержащей систему параллельных каналов различной конфигурации.

КС на поверхности элемента испарителя плоской ТТ имеет толщину ~ 100 мкм, СЭМ-фото иллюстрируют хорошо изученные в настоящее время [4] процессы формирования наноструктурированного слоя на поверхности частиц порошка алюминия, а также многочисленные контакты между наночастицами гидроксида алюминия, сформированными в результате гидратационного твердения (рисунок 2).

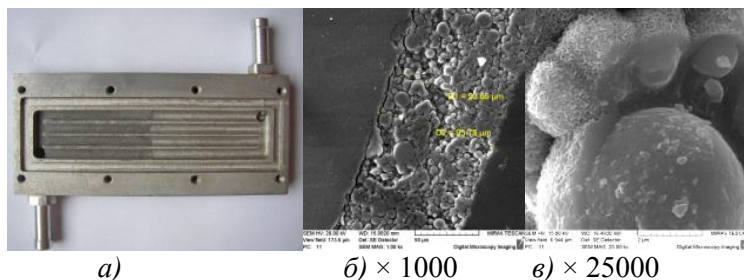
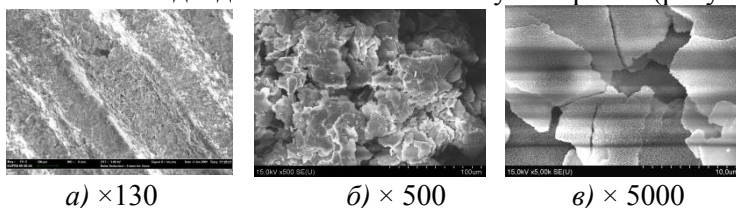


Рисунок 2 – Элемент испарителя плоской ТТ с нанесенной КС из порошка алюминия АСД-4 (а, [8]), СЭМ-фото КС из порошка алюминия АСД-4 на алюминиевой подложке, микроструктура КС (в)

Пластинчатые частицы ПАП-2 размещаются параллельно поверхности подложки, что обусловлено влиянием сил поверхностного натяжения суспензии на границе с подложкой и создают систему параллельных капилляров, способных обеспечить интенсивный подвод теплоносителя в зону испарения (рисунок 3).



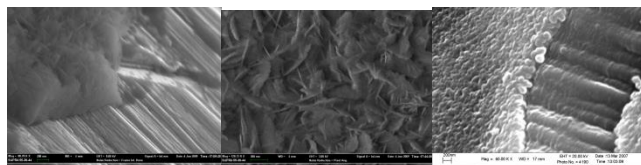
а) $\times 130$

б) $\times 500$

в) $\times 5000$

Рисунок 3 – СЭМ-фото КС из алюминиевой пудры ПАП-2 на поверхности компактного алюминия с параллельными канавками

Наноструктура в виде агломерата наночастиц бемита, сформированная на поверхности алюминиевой подложки в процессе химической реакции и кристаллизации из раствора (рисунок 4), имеет толщину ~ 200 нм и состоит из наночастиц различной конфигурации размером не более 20–50 нм, соединенных фазовыми контактами. Испытания проводили следующим образом: небольшой фрагмент компактной алюминиевой подложки с нанесенным и закрепленным слоем нагревали в муфельной печи до 550°C и погружали в холодную воду, такую процедуру осуществляли 3 раза. Следов термоудара в КС выявлено не было.



а) $\times 130$

б) $\times 500$

в) $\times 5000$

Рисунок 4 – СЭМ-фото КС из наночастиц бемита на поверхности компактного алюминия с параллельными канавками

Коэффициент проницаемости и размер пор зависят не только от размера частиц исходного дисперсного алюминия, но и от формы. При одинаковой пористости коэффициент проницаемости почти на

порядок, а средний размер пор в двадцать раз выше в КС из ПАП-2, чем у КС из порошка АСД-4. Причем при твердении пудры происходит практически полное превращение алюминия в гидроксид. Во всех сформированных КС наблюдается развитая наноструктура из наночастицбемита, которая способна обеспечить высокую гидрофильность КС в контакте с различными теплоносителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. BalewgizeAmareZeru. Applications of Nanoporous Layered Wick and Nanofluids in Heat Pipes: a Review // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 3. – Issue 11, November-2014, P. 1041–1048.

2. Sarwar, M.S. Subcooled flow boiling CHF enhancement with porous surface coatings / M. S. Sarwar, Y. HoonJeong, S. H. Chang // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2007. – August (Vol. 50, Iss. 17-18). – P. 3649–3657.

3. Seok bin seo and in cheol bang. effects of Al_2O_3 nanoparticles deposition on critical heat flux of r-123 in flow boiling heat transfer // Nuclear Engineering and Technology, 47 (2015). – P. 398–406.

4. Романенков, В.Е. Физико-химические основы гидратационного твердения порошковых сред: монография / В.Е. Романенков, Е.Е. Петюшик. – Минск: Беларускаянавука, 2012. – 197 с.

5. Петюшик, Е.Е. Капиллярная структура тепловой трубы с аксиальными канавками / Е.Е. Петюшик, Д.И. Клевченя, Н.А. Афанасьева, В.Е.Романенков, Т.Е. Евтухова // Тепловые трубы для космического применения: Материалы 2-й междунар. конф. / 15 -19 сентября 2014 г., Москва.

6. Исследование теплообмена при испарении в капиллярных канавках с пористым покрытием // Инженерно-физический журнал. – 2012. – Т. 85. – № 2. – С. 378–384.

7. L.L. Vasiliev and L.L. Vasiliev Jr. Heat Pipes and Thermosyphons for Thermal Management of Solid Sorption Machines and Fuel Cells: Fundamentals and Practical Applications, Mechanical, Aerospace & Nuclear Engineering. Taylor & Francis/CRC Press, USA, Editors: Leonard L. Vasiliev and SadikKakaç, (2013). – P. 213–258.

8. Heat pipe evaporators with nanoporous coating // International Conference Modern Applications of Nanotechnology Minsk, Belarus,

УДК 53.081.1

Кириленко А.И., Малиновская А.С.

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ИХ СИСТЕМЫ В ТЕХНИКЕ

БГАА, Минск

Физика как фундаментальная наука основана на эксперименте, то есть на измерениях физических величин, которые, вообще говоря, взаимосвязаны. Эти величины группируются в систему.

Как видно из истории, введение системы единиц физических величин – дело не простое. Потрачено немало усилий [1, 2] для изъятия из школьных и вузовских программ различных систем и принципов их построения и внедрения единственной системы СИ, в том числе и в техническом образовании. Однако исключить из обращения систему МКГС (техническую) и недесятичную англо-американскую систему не удалось. Поэтому документами ИКАО предусматривается обязательное изучение единиц на всех уровнях образования и технической системы, и СИ, и англо-американской.

Доминирование в образовании единственной системы СИ упростило ряд моментов в преподавании физики как общеобразовательной дисциплины, однако это же создает немало проблем в преподавании физики в техническом учреждении образования. Серьезными исследованиями доказано, что одной универсальной системы единиц, особенно в технике, нет и быть не может. По всей вероятности, такие единицы как км/ч, мм рт. ст., кг/см², калория, кВт-ч, лошадиная сила, обороты в минуту, рентгены, или внесистемная англо-американская единица давления psi (pound per square inch), еще долго будут в употреблении. Однако времени для полноценного изучения указанных систем программами не предусмотрено. Приходится изучать не систему единиц, а просто отдельные единицы вне системы, излагая перевод этих единиц в привычную СИ, что, собственно, и требует документ.

И если физика отвечает на вопросы «откуда?» и «почему?», то при таком подходе вопросы неуместны.