

<sup>1</sup>Евтухова Т.Е., <sup>1</sup>Романенков В.Е., <sup>1,2</sup>Петюшик Е.Е.,  
<sup>1,2</sup>Афанасьева Н.А., <sup>2</sup>Пинчук Т.И.

## КАПИЛЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ НА КОМПАКТНЫХ ПОДЛОЖКАХ РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

<sup>1</sup> БНТУ, <sup>2</sup> ГНПО ПМ, г. Минск

Тепловые трубы (ТТ) находят все более широкое применение в различных областях техники, в частности, в системах термической стабилизации космической аппаратуры. Наиболее надежными и долговечными являются артериальные ТТ, корпусом которых служит алюминиевый профиль, изготовленный методом экструзии алюминиевых сплавов с одновременным формированием капиллярной структуры (КС) в виде аксиальных канавок прямоугольной, трапециевидной или омегаобразной формы [1]. Однако вследствие малой поверхности испарения рабочей жидкости теплопередающие возможности ТТ ограничены. Дальнейшее усовершенствование артериальных ТТ возможно за счет формирования в их испарительной части на поверхности канавок тонкого пористого порошкового покрытия, которое способствует существенной интенсификации процессов испарения и теплообмена [2]. В работе [3] была показана возможность формирования пористого покрытия на поверхности омегаобразных канавок алюминиевого профиля методом окунания профиля в суспензию порошка алюминия и последующего гидратационного твердения.

В настоящем сообщении приведены результаты исследования методом СЭМ («Mira», Tescan, Чехия) структуры КС в виде тонкого пористого слоя, нанесенного из суспензии порошка алюминия АД-4 на алюминиевый и полимерный профили, предоставленные ИТМО НАН Беларуси. Алюминиевый профиль АТ-КРА 8.0 – Р1 (рисунок 1, наружный диаметр, мм 12.5; масса 1 метра, кг 0.255, сплав АД0) содержит канавки

прямоугольной формы шириной 0,5 мм и высотой 1 мм. Полимерный профиль, разработанный и изготовленный в ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого» НАН Беларуси (ИММС НАН Беларуси) (2), имеет следующие значения размеров и показателей свойств:

- внутренний диаметр 20–25 мм;
- плотность – 1,0–2,5 г/см<sup>3</sup>;
- коэффициент теплопроводности – 0,5–15 Вт/м · К;
- показатель текучести расплава – 0,1–5 г/ 10 мин;
- прочность при растяжении – 5–25 МПа;
- диапазон рабочих температур от -40 до +120°С (длительно) и до ±150°С (кратковременно).

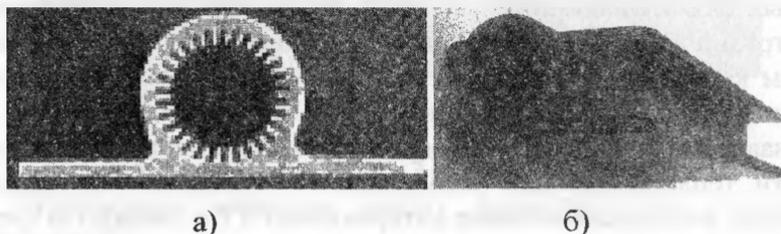


Рисунок 1 – Алюминиевый (а) и полимерный (б) профили

На внешней выпуклой поверхности канавок (рисунок 2, а) КС имеет относительно равномерную толщину ~50 мкм. На внутренней вогнутой поверхности канавок, в частности, в прямых углах толщина КС достигает 136 мкм (рисунок 2, б), что обусловлено формированием менисков жидкости и более толстого слоя суспензии. По этим же причинам, а также вследствие высокой концентрацией суспензии, некоторые канавки заполнены полностью. Значение концентрации суспензии при нанесении КС на профиль АТ-КРА 8.0 – Р1 требует существенной корректировки. На поверхности профиля формируется промежуточный пористый слой толщиной ~0,25–0,7 мкм, состоящий из наночастиц гидроксида алюминия (бемита) размером не более

150–200 нм, соединенных фазовыми контактами (рисунок 2, в, г). Промежуточный слой обеспечивает адгезию между КС и профилем.

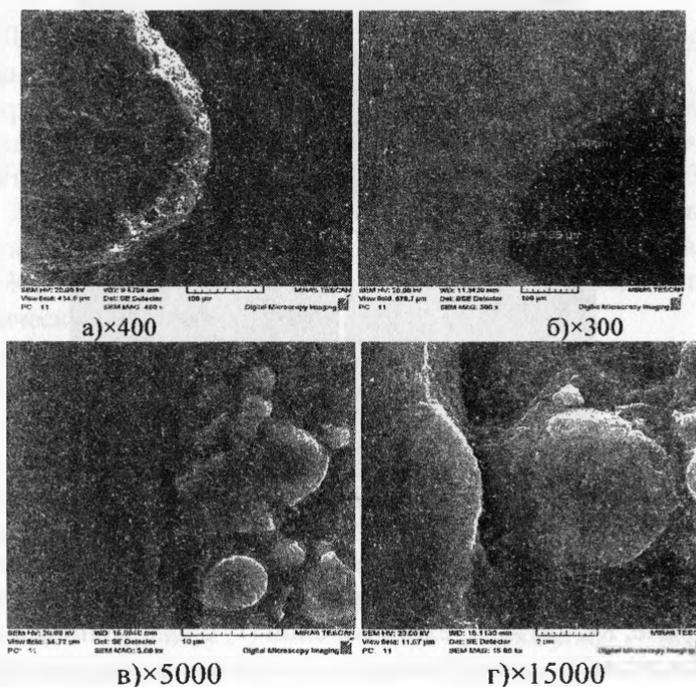


Рисунок 2 – КС на профиле АТ-КРА 8.0 – Р1

На полимерном профиле, который имеет слоистое строение и содержит систему армирующих нитевидных включений диаметром  $\sim 60$  мкм, толщина КС составляет 50–70 мкм (рисунок 3, а). Переходный слой между КС и профилем также состоит из наночастиц бемита, имеет пористое строение, толщину  $\sim 0,5$ – $0,7$  мкм (рисунок 3, б) и обеспечивает адгезию между КС и профилем, несмотря на их химическую неоднородность.

Результаты исследования элементного состава методом микрорентгеноспектрального анализа – МРСА (INCA Energy-350», «Oxford Instruments Analytical», Великобритания) показали,

что количество Al при переходе от области КС к переходному слою и далее к профилю монотонно уменьшается (рисунок 3в).

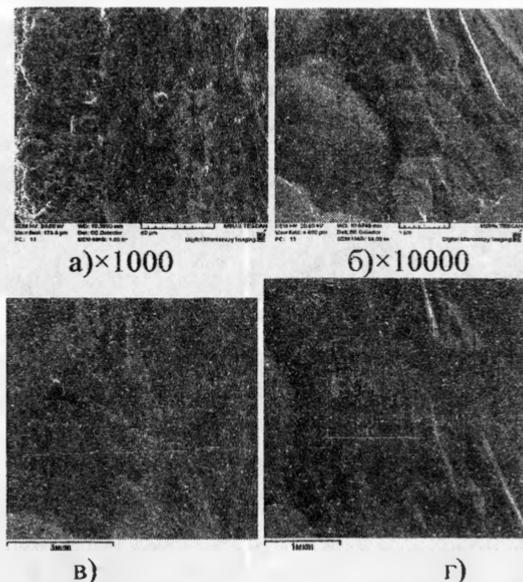


Рисунок 3 – КС (а) и переходный слой (б) на полимерном профиле, КС (в) и переходный слой (г) с наложением кривых интенсивности рентгеновского излучения С и Al на структуру (Al – зеленый, С – красный)

В полимере на расстоянии  $\sim 3$  мкм от переходного слоя содержание Al не превышает 0,5%. Содержание С непосредственно в переходном слое несколько возрастает, а затем уменьшается по мере перемещения пучка электронов вглубь КС (рисунок 3в). Результаты МРСА непосредственно переходного слоя (рисунок 3г) иллюстрируют монотонное снижение концентрации Al по мере перемещения пучка электронов в глубину подложки, а также снижение концентрации углерода в переходном слое по сравнению с объемом подложки. Следовательно, переходный слой – область, в пределах которой происходит диффузионный

обмен между растворенными компонентами композита, сопровождающийся массовой кристаллизацией наночастиц бемита.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лукс, А.Л. Анализ основных расчетных и экспериментальных теплофизических характеристик аммиачных тепловых труб повышенной тепловой проводимости из алюминиевых сплавов / А.Л. Лукс, А.Г. Матвеев // Вестник СамГУ. – Естественнонаучная серия. – 2008. – № 3 (62). – С. 331–357.

2. Жданок, С.А. Использование тепло- и массообменных технологий в системах терморегулирования космических аппаратов / С.А. Жданок [и др.] // Информатика. Материалы и технологии для космических аппаратов. – 2007. – № 3. – С. 34–40.

3. Романенков, В.Е. Формирование капиллярной структуры тепловой трубы в виде тонкого слоя из порошка алюминия / В.Е. Романенков, Е.Е. Петюшик, Н.А. Афанасьева // Материалы докладов Международного симпозиума / 12-я международная выставка «Порошковая металлургия – 2009», 8-я международная специализированная выставка «Сварка и резка – 2009». – Минск, 2009. – Ч. 2. – С.134–138

4. Киевский научно-технологический центр «Алюминиевые тепловые трубы» – Режим доступа: [http://lab-  
hp.kiev.ua/aluminievye\\_profilii.shtml](http://lab-hp.kiev.ua/aluminievye_profilii.shtml) – Дата доступа: 28.08.2012.

УДК 535.373 + 539.2 + 541.14

Зенькевич Э.И.<sup>1</sup>, фон Борцисковски К.<sup>2</sup>

### **ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОДИНОЧНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdSe/ZnS И ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ**

<sup>1</sup> БНТУ, г. Минск

<sup>2</sup> Центр наноструктурных материалов и аналитики, Технологический университет, г. Хемниц, Германия

*The presented results are based on “bottom-up” approach of the nanotechnology, the emerging multi-disciplinary topic field of science*