

этих материалов позволяет эксплуатировать их при давлениях до 1,5 МПа. Перечисленные характеристики перспективны для фильтров различного назначения, например, при фильтрации технологических жидкостей, концентрирования суспензий микроорганизмов, разделения органических растворов, осветления и др.

УДК 621.762.4.04

Афанасьева Н.А.^{1,2}, Петюшик Е.Е.^{1,2}, Романенков В.Е.¹,
Евтухова Т.Е.¹, Пинчук Т.И.²

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ИСПАРИТЕЛЯ КОНТУРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ ПРОПАНА

¹ БНТУ, ² ГНПО ПМ, г. Минск

Пропан – один из наиболее перспективных хладагентов, используемых в настоящее время в различных теплопередающих устройствах [1]. Ранее [2] было установлено, что применение пористого композиционного материала, полученного методом гидратационного твердения дисперсного алюминия, существенно повышает интенсивность теплообмена. Результаты экспериментов [например, 3] также свидетельствуют о том, что повышение давления пропана способствует интенсификации теплообмена при кипении.

В настоящем сообщении приведены результаты испытания испарителя контурной тепловой трубы при давлении пропана 2,5-3 МПа. Корпус испарителя – многоканальный алюминиевый профиль АН014-01447/2 («АНКОР», Самара, РФ), предназначенный для изготовления радиаторов транспортных средств и полученный методом экструзии из сплава АД0 (рисунок 1а).

Внутри профиля сформирована капиллярная структура (КС) методом гидратационного твердения [4] промышленного порошка алюминия марки АСД-4 (ТУ-48-5-1-77) предприятий РФ СУАЛ-ПМ. КС содержит центральные паровые каналы

(рисунок 1б), профили попарно соединены между собой алюминиевыми трубками овальной формы (рисунок 1в). Одна трубка соединяет паровые каналы в общую систему, другая – содержит гидравлический затвор (ГЗ), полученный из того же материала и тем же методом, что и КС.

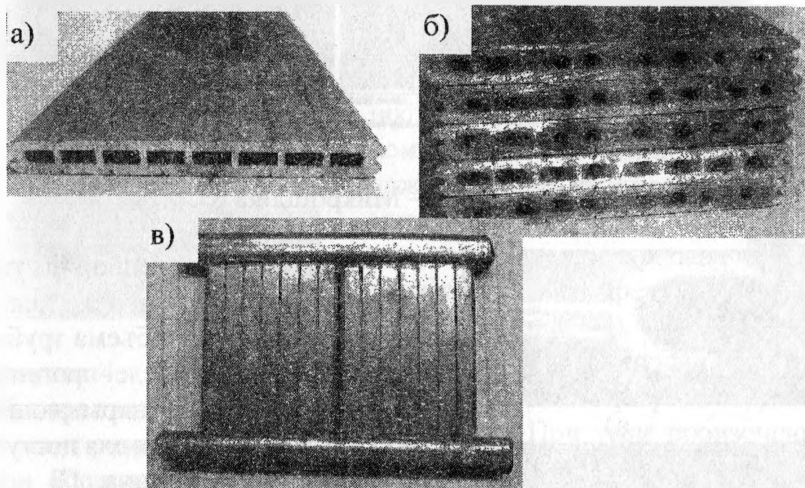


Рисунок 1 – Испаритель контурной тепловой трубы:
а) исходный алюминиевый профиль; б) профиль с капиллярной структурой; в) испаритель в сборе

В процессе гидратационного твердения порошка АСД-4 формируется пористый наноструктурный материал, включающий систему сообщающихся транспортных пор диаметром до 1 мкм и нанопор диаметром 4,5 нм (рисунок 2). Тепловой контакт КС с алюминиевым корпусом обеспечивается за счет системы фазовых контактов между наночастицами гидроксида алюминия, размер которых составляет ~100 нм (рисунок 2б). Предел прочности КС при сжатии составляет 65-70 МПа, пористость ~42%, коэффициент проницаемости

$0,43 \times 10^{-13} \text{ м}^2$, коэффициент теплопроводности $0,4 \dots 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$, удельная поверхность $85 \text{ м}^2/\text{г}$.

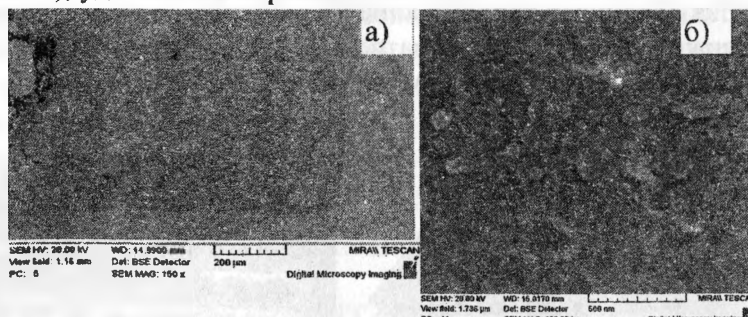


Рисунок 2 – Микрошлиф КС

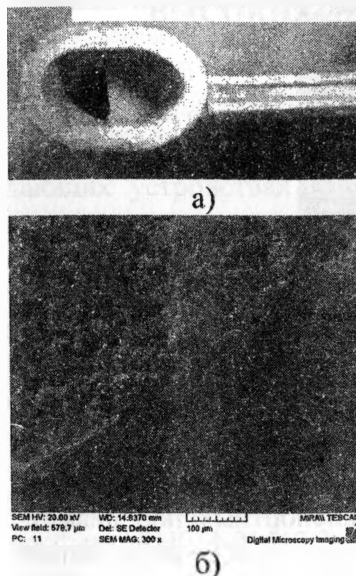
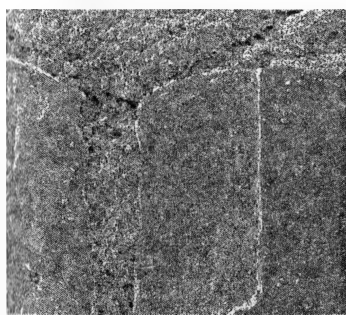


Рисунок 3 – ГЗ в алюминиевой трубке

Наиболее нагруженной частью испарителя является ГЗ, заполняющий половину объема трубки (рисунок 3а) и, после пропитки жидким пропаном, закрывающий КС и паровые каналы для доступа парообразного пропана. ГЗ нормально функционировал при давлениях пропана до $\sim 2 \text{ МПа}$. При этом ни в объеме ГЗ ни на границе ГЗ с трубкой (рисунок 3б) видимых изменений структуры материала не обнаружено. С увеличением давления пропана до $2,5\text{-}3 \text{ МПа}$ через $0,5 \text{ ч}$ испытаний тепловой трубы произошло разрушение ГЗ с одновременным разрушением алюминиевого профиля (рисунок 4, 5).



а)



б)

Рисунок 4 – Микрошлиф ГЗ с трещиной (а), фрагмент разрушенного испарителя (б).

Разрушение ГЗ произошло под действием растягивающих напряжений в алюминиевой трубке и в структуре ГЗ. Ранее было установлено, что предел прочности при растяжении пористого наноструктурного материала, сформированного из порошка АСД-4, составляет ~ 2 МПа. Причем, прочность соединения материала с компактной алюминиевой подложкой выше прочности самого материала. Под действием внутреннего давления пропана в ГЗ начался процесс трещинообразования (рисунок 4а), в результате чего газообразный пропан проник в алюминиевый профиль и разрушил его. При этом произошло полное разрушение пористого материала и на границе с алюминиевой трубкой и отсоединение ГЗ от компактной подложки (рисунок 4б).

Наименее прочным оказался участок ГЗ, прилегающий к КС в алюминиевом профиле (рисунок 4а). Следовательно, уровень давлений теплоносителя, при котором происходило испытание тепловой трубы с последующим разрушением испарителя, является предельным как для пористого наноструктурного материала, так и для компактного алюминиевого профиля.

В процессе испытания испарителя произошло существенное изменение наноструктуры ГЗ – в пористом материале сформировалась система столбчатых субмикронных кристаллитов гидроксида алюминия высотой и диаметром $\sim 0,5$ мкм (рисунок 5). Следовательно, при давлении 2,5-3 МПа и соответствующей температуре жидкого пропана – $70-80^{\circ}\text{C}$ происходит процесс

перекристаллизации за счет растворения малых частиц и формирования более крупных – оствальдово созревание.

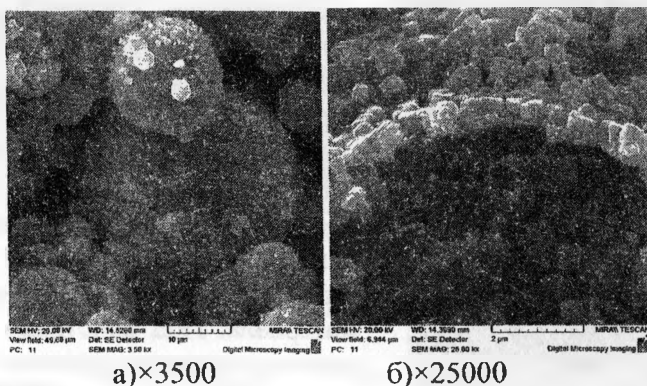


Рисунок 5 – СЭМ-фото структуры ГЗ после проведенных испытаний

ЛИТЕРАТУРА:

1. Vasiliev, L.L. Heat transfer enhancement in mini channels with micro/nano particles deposited on a heat-loaded wall / L.L. Vasiliev, A.S. Zhuravlyov, A. Shapovalov. // J. of Enhanced Heat Transfer, 2012, V. 19, № 1, pp.13-24.
2. Васильев, Л.Л. Теплообмен при кипении пропана на поверхностях с капиллярно-пористой структурой / Л.Л.Васильев [и др.] // Теплообмен – ММФ-2000: Труды 4-го Минского межд. форума по тепло- и массообмену / НАН Беларуси. АНК «ИТМО им. А.В.Лыкова». – Минск: 2000. – Т. 5. – С. 161-167.
3. Журавлёв, Л.С. Теплоотдача при кипении пропана в большом объеме в условиях разных давлений насыщения / Л.С. Журавлев // ИФЖ. – 2000. – Т. 73, № 2. – С. 244-249.
4. Романенков, В.Е. Физико-химические основы гидратационного твердения порошковых сред: Монография / В.Е.Романенков, Е.Е. Петюшик. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 197 с.

5. 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.

УДК 30.121

Грибков Ю.А., Шапилевич С.С., Ковалев Н.С.
**УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗРЫВНОЙ МАШИНЫ ИР-5047-50**

ВА РБ, г. Минск

Используемое в образовательном процессе типовое учебно-лабораторное оборудование, выпущенное в 60-90 годах прошлого века, морально и физически устарело. Закупка новых лабораторных установок проблематична ввиду их высокой стоимости или отсутствия на рынке Республики Беларусь. Поэтому недостаточное финансирование высших учреждений образования на закупку современного оборудования и совершенствование учебно-лабораторной базы приводит к поиску альтернативных путей.

Одним из путей решения проблемы повышения качества образовательного процесса в таких условиях является модернизация имеющегося лабораторного оборудования с целью восстановления или улучшения его технических характеристик и возможностей. Так, на кафедре механики Военной академии представителями частного торгово-производственного унитарного предприятия «ПРОМТИС» была проведена модернизация разрывной машины ИР-5047-50 выпуска 1993 года (рисунок 1), которая предназначена для испытания образцов на растяжение и изучения поведения материалов вплоть до разрушения.