

УДК 62.714

ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ ИЗ ТИТАНА ДЛЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ 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 разработки технологии изготовления тепловых труб из титана для систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры. Использование таких тепловых труб с металловолоконистой капиллярной структурой позволяет улучшить массогабаритные характеристики систем охлаждения при обеспечении высокой теплопередающей способности.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, система охлаждения, тепловая труба, титановый корпус, капиллярная структура из нержавеющей стали

При применении тепловых труб (ТТ) уменьшаются масса и объем систем обеспечения тепловых режимов (СОТР), увеличивается плотность монтажа тепловыделяющих элементов и удельная рассеиваемая мощность, уменьшаются габариты аппаратуры в целом и повышается надежность ее работы [1]. Важным достоинством охладителей с использованием испарительно-конденсационного принципа функционирования является возможность создания блоков (модулей) с различными компоновками [2]. Существенное значение, особенно при проектировании СОТР радиоэлектронной аппаратуры летательных аппаратов, имеет группа физико-механических показателей, включающая такие показатели как масса, материалоемкость, прочность, коррозионная стойкость. Развитие космонавтики, скоростной авиации, судостроения и других отраслей связано с широким использованием таких металлов и сплавов, которые должны иметь высокую прочность при низких и высоких температурах, большое отношение характеристик прочности к удельному весу, достаточное сопротивление напряжениям, возникающим при вибрациях и значительных ускорениях. Перечисленные характеристики конструкций в полной мере должны относиться и к СОТР оборудования, работоспособность которого должна сохраняться в экстремальных условиях функционирования.

Преимущество полых ТТ заключается в том, что они имеют меньшую массу, чем цельнометаллические теплоотводы. Кроме того, массу можно уменьшить за счет выбора материала корпуса с низкой плотностью. Низкая материалоемкость СОТР на основе ТТ может быть достигнута при использовании в качестве материала корпуса ТТ прочного материала, что позволяет применять корпусные детали с малой толщиной стенок. Коррозионная стойкость ТТ подразумевает как внутреннюю совместимость материалов корпуса и капиллярной структуры (КС) с применяемыми теплоносителями, так и длительную эксплуатацию СОТР на ТТ в агрессивных средах. Таким, во многом противоречивым, требованиям отвечает титан — как материал корпуса ТТ и нержавеющей стали — как материал КС.

Применение титана, который по совокупности физико-химических свойств является одним из важнейших современных конструкционных материалов, в качестве материала корпуса ТТ позволяет использовать его положительные качества, а именно малую плотность, высокие механическую прочность, коррозионную стойкость, удельную прочность как отношение характеристик прочности к плотности. Он немагнитен, почти в два раза легче стали (плотность α -Ti составляет 4,5 г/см³), по коррозионной стойкости в морской воде и ряде агрессивных сред превосходит нержавеющие стали благодаря наличию на его поверхности оксидной пленки. Температура плавления титана составляет 1665±5°С. Титан имеет две аллотропические формы: α -Ti (гексагональная решетка) и β -Ti (объемно-центрированный куб). Температура перехода из одной модификации в другую составляет 882°С.

Сплавы ОТ4, ОТ4-0, ОТ4-1, ПТ7М, которые могут использоваться как конструкционные материалы при изготовлении ТТ, относятся к псевдо- α -сплавам и близки по свойствам к α -сплавам. Спла-

вы с α -структурой — это сплавы нормальной прочности при 20—25°C, обладающие высоким сопротивлением разрушению при повышенных 350—500°C и криогенных температурах. Эти сплавы имеют высокую термическую стабильность свойств и обладают отличной свариваемостью (аргонодуговая, все виды контактной и электронно-лучевой сварки), не упрочняются термической обработкой и применяются в отожженном состоянии. Псевдо- α -сплавы имеют преимущественно α -структуру и вследствие дополнительного легирования β -стабилизаторами (Mn, V, Nb, Mo) содержат 1—5% β -фазы. Благодаря наличию β -фазы они обладают хорошей технологической пластичностью при сохранении достоинств α -сплавов.

Разработанные авторами ранее ТТ «титан — медь» [3] обладают высокой теплопередающей способностью и низким термическим сопротивлением. Однако их использование ограничено небольшим перечнем теплоносителей, совместимых с этим сочетанием материалов корпуса и КС, и соответствующим низкотемпературным диапазоном применения. Тепловые трубы «титан — нержавеющая сталь» могут работать как на теплоносителях низкотемпературного диапазона (метанол, аммиак, вода при ее специальной обработке), так и на теплоносителях средне- и высокотемпературного диапазонов.

Для создания ТТ с титановым корпусом и металловолоконистой КС из нержавеющей стали требуется обеспечить соединение методом диффузионной сварки титанового корпуса с такой КС. В качестве исходных частиц для создания металловолоконистой КС использовались волокна диаметром 10 мкм и длиной 2 мм из аустенитной хромоникелевой стали 12X18Н9 (химический состав по ГОСТ 5632-72). В качестве компактного материала использовались трубы из титанового сплава ОТ4-0 (химический состав по ГОСТ 19807-91) с размерами: наружный диаметр 28 мм, толщина стенки 1 мм, длина трубы 325 мм.

Были разработаны следующие режимы диффузионной сварки труб из сплава ОТ4-0: режим спекания пористого материала из волокон диаметром 10 мкм и длиной 2 мм — температура 1100°C, время выдержки — 1 час, вакуум — 10^{-4} мм рт. ст.; режим сварки пористого металловолоконистого материала с внутренней поверхностью труб вакуум — 10^{-4} мм рт. ст., температура 840°C, время выдержки — 2 часа. Пористость КС образцов труб составила 85%, толщина КС — 2,4 мм. Внешний вид труб «титан — нержавеющая сталь» с присоединенной к их внутренней поверхности КС представлен на рисунке.



Таким образом, разработаны технологические режимы изготовления ТТ с титановым корпусом и КС из нержавеющей стали [4]. Такие ТТ могут найти применение при разработке СОТР радиоэлектронной аппаратуры, для которых особенно важны показатели массы, материалоемкости, прочности, а также коррозионной стойкости при заданных технических требованиях и условиях эксплуатации.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Алексеев В. А., Арефьев В. А. Тепловые трубы для охлаждения и термостатирования радиоэлектронной аппаратуры. — Моква: Энергия, 1979.
2. Исакеев А. И., Киселев И. Г., Филатов В. В. Эффективные способы охлаждения силовых полупроводниковых приборов. — Ленинград: Энергоиздат, Ленингр. отделение, 1982.
3. Гершуни А. Н., Нищик А. П. Эффективные тепловые трубы с титановым корпусом // Труды XIII МНПК «Современные информационные и электронные технологии» СИЭТ-2012. — Украина, г. Одесса. — 2012. — С. 209.
4. Патент № 87074, Україна. Спосіб виготовлення комбінованої випаровувально-конденсаційної системи / Ніщик О. П., Гершуні О. Н., Батуркін В. М., Кириченко О. В. — 2014. — Бюл. №. 2.

A. N. Gerchuni, A. P. Nishchik

Titanium heat pipes in cooling systems for electronic equipment.

The report presents the results of the development of titanium heat pipes for cooling of electronic equipment. The use of such heat pipes with the metal-fibrous capillary structures enables to improve the weight and dimension characteristics of cooling systems, while ensuring high heat transfer capacity

Keywords: *radioelectronic equipment, cooling system, heat pipe, titanium shell, stainless steel capillary structure.*