

РАЗРАБОТКА МЕДНОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ

Ю.А. Щетинин

Научный руководитель: С.М. Петренко
АО «Конструкторское бюро химавтоматики»,
Россия, г. Воронеж, ул. Ворошилова, 20, 394006
E-mail: yurii.kbxa@yandex.ru

Одним из главных условий нормальной работы жидкостного ракетного двигателя является его оптимальное тепловое состояние, которое характеризуется степенью нагрева его основных агрегатов, зависящей от тепловой нагрузки этих агрегатов, их теплоотводящей способности, а также интенсивности теплообменных процессов. Управление теплообменными процессами двигателя, повышение теплопроводности отдельных элементов конструкции является актуальной задачей.

В настоящее время существует множество подходов к решению проблемы повышения эффективности теплообмена, в том числе: конструкционные модификации изделий, разработка специальных покрытий, вставок [1], а также создание новых конструкционных материалов с повышенными физическими характеристиками. В данной работе рассмотрена возможность использования композиционного медноматричного материала в конструкции рекуперативного теплообменника.

На рис. 1 представлена схема существующего рекуперативного теплообменника, предназначенного для наддува гелием.

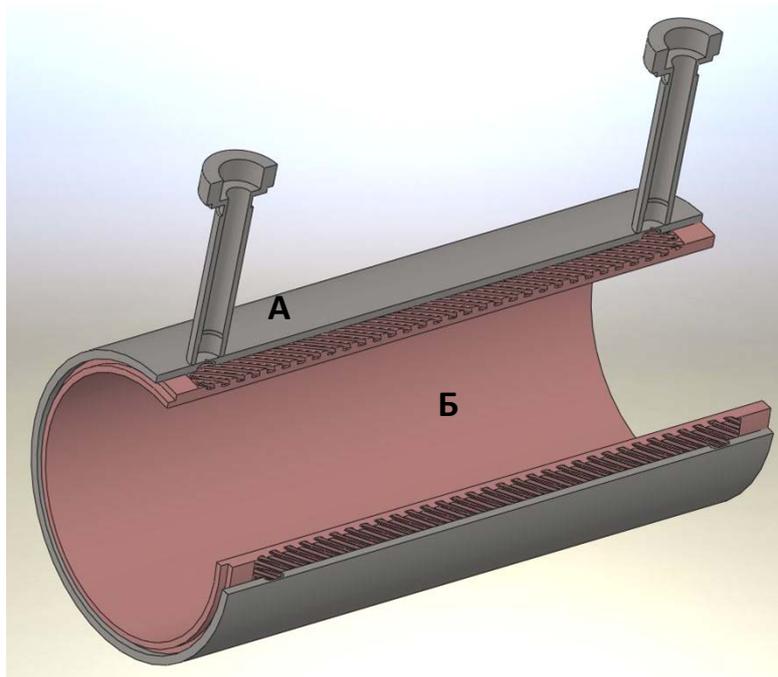


Рис. 1. Схема теплообменника (А – стенка наружная, Б – стенка внутренняя)

Внутренняя оребренная стенка изготавливается из жаропрочной бронзы БрХ08. При использовании конструкционного материала с большей теплопроводностью будет интенсифицирован процесс теплопередачи, что позволит уменьшить габаритные размеры изделия. В качестве нового конструкционного материала предлагается использование композита на основе меди с внедренными наноразмерными частицами углерода (нанотрубки и фуллерены).

Для создания экспериментальных образцов в данной работе применялся метод смешения в планетарной мельнице, а также метод пропитки суспензией углеродных наночастиц. В качестве матричного материала использовался медный порошок марки ПМС-1. В качестве упрочняющих частиц были выбраны углеродные нанотрубки (УНТ) и фуллерены C_{60} . Метод механического легирования с использованием планетарной мельницы применялся для получения образца I (состав ПМС-1 + 0,1 масс.% УНТ). Образцы II (ПМС-1 + 0,1 масс.% УНТ) и III (ПМС-1 + 0,1 масс. % C_{60}) получены с использованием технологии пропитки суспензией. Полученные композиции подвергались предварительному отжигу и прессованию. Далее спечённые образцы прошли горячее изостатическое прессование (ГИП) по режиму: $T = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление аргона $P = 130\text{ МПа}$, время выдержки – 3 часа. В результате получены образцы с плотностью $8,59\text{ г/см}^3$, что составляет ~96% плотности меди. Теплопроводность λ исследуемых образцов композита находится в интервале 270 - 288 Вт/м·К, что превышает теплопроводность традиционно используемой бронзы БрХ08 (239 Вт/м·К). Механические свойства образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – механические свойства образцов композита

№	Состав, способ изготовления	Предел прочности σ_B , кгс/мм ²	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Поперечное сжатие ψ , %
I	ПМС-1 + 0,1 масс.% УНТ, механическое легирование	21,4	12,2	24,8	26,0
		21,9	11,2	31,6	26,0
II	ПМС-1 + 0,1 масс.% УНТ, пропитка суспензией	22,1	11,5	56,0	60,8
		21,9	11,5	51,2	60,8
III	ПМС-1 + 0,1 масс. % C_{60} , пропитка суспензией	21,3	10,4	44,0	65,7
		21,9	10,7	55,2	65,7
	Медь МЗ	20,0	6,0	45,0	84,0
	сплав БрХ08	24,0	8,0	35,0	70,0

Основной прочностной характеристикой конструкционного материала, обеспечивающей работоспособность внутренней стенки теплообменника, является предел текучести. Полученные результаты механических испытаний образцов свидетельствуют о превышении минимально необходимого уровня предела текучести (8 кг/мм^2 для традиционно используемого сплава БрХ08), что, в совокупности с увеличенной теплопроводностью, позволяет рассматривать предложенные материалы в качестве перспективных конструкционных при изготовлении теплообменников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пелевин, Ф. В. Рекуперативный теплообменный аппарат для наддува топливных баков жидкостного ракетного двигателя / Пелевин, Ф. В., Авраамов Н. И., Семенов П. Ю. // Инженерный вестник. – 2014. - №10. – С. – 50-60.