

03; 05

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕКТИВНОЙ ТЕПЛОТДАЧИ В КОМПАКТНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО ЯЧЕИСТОГО МЕТАЛЛА

В.В. Аполлонов, С.И. Гревцева,
А.И. Ильинский, В.Н. Харченко,
С.А. Четкин

Высокопористые ячеистые металлы (ВПЯМ) обладают уникальным сочетанием структурных, механических и теплофизических свойств [1, 2], что позволяет решить проблему создания на их основе компактных теплообменников, перспективных для использования в теплонапряженных элементах СВЧ-устройств и устройств лазерной техники [3]. Например, использование ВПЯМ позволяет реализовать рекордный уровень теплоотдачи в испарительно-конденсационном режиме охлаждения, составляющий $5 \cdot 10^5$ Вт/м² [3].

Анализ известных экспериментальных результатов по объемному теплообмену в ВПЯМ [4] не позволяет установить пределы интенсификации теплоотдачи от нагреваемой поверхности компактного теплообменника в конвективном режиме охлаждения, поскольку без знания коэффициента поверхностной теплоотдачи невозможно установить адекватную аналитическую модель процесса теплообмена в ВПЯМ структурах.

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты по определению коэффициента поверхностной теплоотдачи компактного теплообменника со струйно-щелевым подводом теплоносителя:

$$\alpha = q / (t_w - t_f),$$

где q — плотность теплового потока, t_w — средняя температура тепловоспринимающей поверхности, t_f — температура охлаждающей жидкости на входе ВПЯМ — теплообменник.

Эксперименты проведены на стенде, содержащем контур охлаждения, в котором предусмотрены термостатирования бидистиллированной воды, очистка от примесей размерами более 40 мкм и деаэрация и рабочий участок с коллекторной системой щелевого типа, обеспечивающей создание и контроль тепловой нагрузки на рабочей поверхности теплообменника методом теплового клина, измерение и контроль температуры и перепадов давления в заданных точках теплообменника. Рабочий участок представлен на рис. 1.

Плотность теплового потока на поверхности пористого образца контролировалась тремя независимыми методами: по увеличению энтальпии охлаждающей воды, по перепаду температуры на измерительном участке теплового клина и по тепловой мощности выделяемой в нагревательной обмотке.

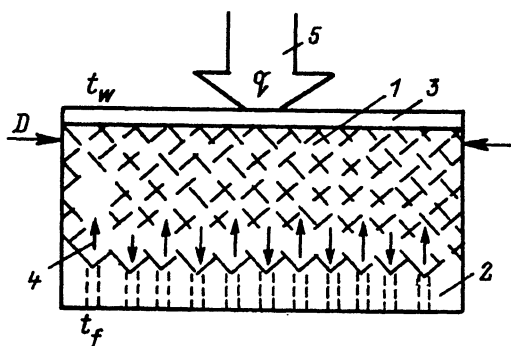


Рис. 1. Схема компактного теплообменника со струйно-щелевым подводом теплоносителя: 1 - ВПЯМ - структура, 2 - коллекторная вставка, 3 - фольга, 4 - направление движения теплоносителя, 5 - тепловой поток.

№ п/п	Толщина, мм	Тип вставки	Пористость	Средний диаметр пор, мм	Средний диаметр перемычек, мм
1	4	ВПЯМ	0.7	0.51	0.25
2	4	ВПЯМ	0.9	0.8	0.24
3	4	ВПЯМ	0.8	0.38	0.13
4	4	-	-	-	-
5	2	-	-	-	-

Эксперименты проведены при тепловых нагрузках до $3 \cdot 10^5$ Вт/м² и расходах воды до 0.16 кг/с. Калибровка рабочего участка показала, что невязка уравнения теплового баланса, вычисленная тремя методами, не превышает 10%, что и являлось по сути точностью определения коэффициента поверхностного теплообмена.

Нами исследовалось 5 компактных теплообменников диаметром 40 мм на основе ВПЯМ-структур. Герметизация рабочей поверхности ВПЯМ-теплообменника осуществлялась путем пайки медной фольги толщиной 100 мкм. Для оценки интенсификации теплообмена пористыми элементами были проведены также опыты на двух макетах без пористых вставок. Характеристики ВПЯМ-структур теплообменников приведены в таблице.

Зависимость коэффициента эффективного теплообмена от расхода охлаждающей жидкости показана на рис. 2. Числа Рейнольдса и Нуссельта определялись по диаметру D теплообменника, скорости струи σ на выходе из коллектора и теплофизическим свойствам воды.

При увеличении теплового потока до $3 \cdot 10^5$ Вт/м² коэффициент эффективной теплоотдачи не изменяется в пределах точности изме-

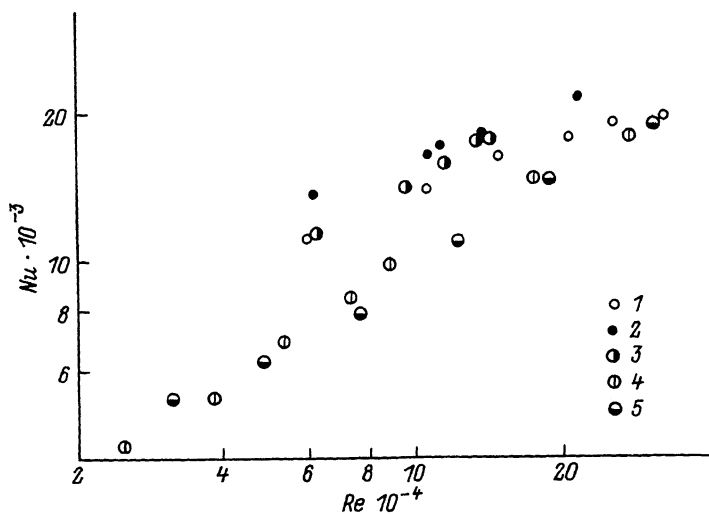


Рис. 2. Зависимость эффективного коэффициента теплообмена от расхода жидкости.

рений, что позволяет использовать линейное приближение для описания тепловых характеристик пористых элементов из ВПЯМ.

Использование вставки из ВПЯМ приводит к значительному увеличению теплоотдающей поверхности, т.е. к оребрению поверхности ячеистой пространственной сетью из материала с высокой теплопроводностью. Интенсификация теплообмена в компактных теплообменниках со вставками из ВПЯМ связана с большими перепадами температуры между жидкостью и ячеистым каркасом, обусловленными высокой проницаемостью структуры. При увеличении расхода жидкости интенсификация процессов теплообмена в пористой вставке монотонно снижается вследствие уменьшения эффективности ячеистого оребрения теплоотдающей поверхности, т.к. при интенсивном конвективном теплообмене между жидкостью и каркасом процесс теплопередачи лимитируется теплопроводностью ВПЯМ.

Таким образом, разработанная методика позволила впервые определить коэффициенты поверхностного теплообмена в теплообменниках со вставками из медных ВПЯМ при струйном и щелевом охлаждении. Экспериментально показано, что использование вставки из ВПЯМ позволяет увеличить коэффициент эффективного теплообмена на 100%.

В заключение авторы считают приятным долгом выразить благодарность М.С. Грановскому, В.Н. Родину и В.И. Андриюшину за помощь в изготовлении опытных образцов и отдельных узлов установки.

- [1] А пол по но в В.В. и др. Препринт ИОФ АН СССР, № 65, 1988. 65 с.
- [2] А н ц и ф е р о в В.Н. и др. Препринт ИОФ АН СССР, № 66, 1988. 66 с.
- [3] А пол по но в В.В. и др. // Письма в ЖТФ, 1988. Т. 14. № 3. С. 236-241.
- [4] Г о р т ы ш о в Ю.Ф. и др. // ИФЖ. 1987. Т. 53. № 3. С. 357-361.

Поступило в Редакцию
9 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 3

12 февраля 1989 г.

06.2; 07

УСИЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА С ПОМОЩЬЮ ВЫНУЖДЕННОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

В.И. Б е л о т и ц к и й, Е.А. К у з и н,
Д.В. О в с я н н и к о в, М.П. П е т р о в

Явление вынужденного комбинационного рассеяния света (ВКР) в оптическом волокне используется для создания перестраиваемых источников света [1], оптических усилителей [2, 3], логических элементов [4, 5] и бистабильных структур [6, 7] для систем сверхбыстрой передачи и обработки информации. Особый интерес вызывает при этом возможность применения компактных и высокоэффективных полупроводниковых лазеров в качестве источников накачки [8] и сигнала [9]. Поскольку коэффициент ВКР-усиления в кварцевом волокне имеет максимум при стоксовом сдвиге $\sim 450 \text{ см}^{-1}$, для усиления излучения полупроводникового лазера с длиной волны, например, 1,24 мкм необходимо иметь источник накачки с длиной волны 1.18 мкм. Это может быть ВКР-генератор второй стоксовой компоненты, выполненный на отдельном куске волокна, накачиваемый излучением YAG:Nd^3+ -лазера с длиной волны 1.06 мкм [8]. Мощность накачки при этом выбирается обычно в достаточно узких пределах, чтобы обеспечить усиление и не приводить к возникновению ВКР-генерации на длине волны 1.24 мкм. В данной работе исследовалось ВКР-усиление излучения полупроводниковых лазеров с длинами волн 1.24 и 1.28 мкм, причем в качестве накачки использовались соответственно вторая и третья стоксовые компоненты, получаемые в результате каскадной ВКР-генерации в том же куске волокна, по которому распространялось сигналь-