



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕБРА ОТ КОЛИЧЕСТВА ВЫСОКОПРОВОДЯЩИХ ВСТАВОК

Балашов В. С.

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия (443100, Самара, Молодогвардейская ул., 244), e-mail: slavkab163@gmail.com

Проведено исследование зависимости энергоэффективности ребра теплообменного аппарата от количества в нем высокопроводящих вставок из меди. Для моделирования использовалась платформа OpenFOAM, с помощью которой были получены как визуальные, так и численные результаты. В результате моделирования получены зависимости температуры и теплового потока от количества вставок.

Ключевые слова: оребрение, высокопроводящие вставки, теплообменные аппараты, энергоэффективность, температура, тепловой поток, моделирование

DEPENDENCE OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE RIB ON THE NUMBER OF HIGHLY CONDUCTIVE INSERTS

Balashov V. S.

Samara State Technical University, Samara, Russia (443100, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244), e-mail: slavkab163@gmail.com

The dependence of the energy efficiency of the fin of the heat exchanger on the number of highly conductive copper inserts in it has been studied. The OpenFOAM platform was used for modeling, with the help of which both visual and numerical results were obtained. As a result of modeling, the dependences of temperature and heat flow on the number of inserts are obtained.

Keywords: finning, highly conductive inserts, heat exchangers, energy efficiency, temperature, heat flow, modeling.

Введение

Оребрение является одним из самых эффективных способов для передачи тепла. В связи с этим создание ребра с меньшим размером и такой же эффективностью имеет важное значение. Для этого необходимо усилить коэффициент теплопроводности ребра. Такого результата можно достичь путем вставки высокопроводящих материалов в ребро. Лучшим результатом его исследования стал маршрут вставок в форме дерева.

В статье Бежана [1] основной целью было направление тепла, выделяемого в объеме, в точку с использованием высокопроводящих материалов.

Бисерни и др. [2] были первыми, кто исследовал полости. Они ввели 'I-образные', 'T-образные' полости. Результаты их работ показали, что лучшая T-образная конфигурация работает на 29% лучше, чем I-образная конфигурация.

Фенг и др. [3] в своей работе представили новый конструктивный дизайн пути с высокой проводимостью по квадратному телу. Они предложили высокую проводимость в форме буквы ‘+’ и смогли снизить безразмерную пиковую температуру на 75,79% по сравнению с Х-образной. В этой статье впервые предлагается использовать высокопроводящие материалы, встроенные в прямое ребро.

Хаймохаммади и др. [4] произвели научное исследование и предложили новую конструкцию встраивания высокопроводящей вставки в тепловыделяющее тело. Их целью было минимизировать пиковую температуру тепловыделяющего элемента.

В статье Конана и Цеткина [5] была улучшена теплопередача за счет использования высокопроводящих вставок в форме снежинок. Они вставили высокопроводящий канал в форме снежинки в тепловыделяющее тело и уменьшили тепловое сопротивление.

В рассмотренных работах отсутствует анализ зависимости эффективности оребрения от количества высокопроводящих вставок. Такая зависимость была получена в настоящей работе.

1. Методика выполнения

1.1. Постановка задачи

В ребре высотой 50 мм и толщиной 5.5 мм протекает тепловой поток с начальной температурой 80 °С. Ребро выполнено из алюминия с добавлением от одной до пяти вставок из меди разной толщины. Определить зависимость эффективности оребрения от количества и толщины высокопроводящих вставок.

Таблица 1 – Начальные условия

Количество вставок из меди, N_i	Количество вставок из алюминия, N_s	Толщина вставок из меди, δ_i , мм	Толщина вставок из алюминия, δ_s , мм
1	2	1.1	2.2
2	3	0.69	1.38
3	4	0.5	1
4	5	0.395	0.79
5	6	0.325	0.65

Геометрия для расчета представлена на Рисунке 1. Толщина детали – 5,5 мм, высота – 50мм, толщина вставок 1.1, 0.69, 0.5, 0.395, 0.325 мм соответственно.

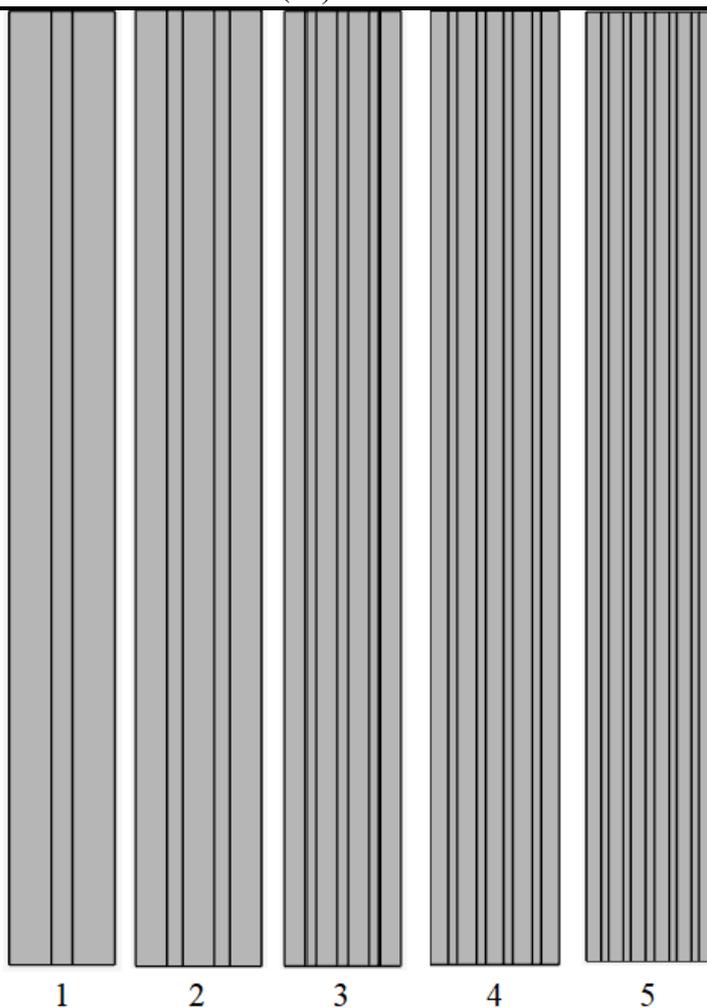


Рисунок 1 – Геометрия расчетных областей

1.2. Математическая модель

В соответствии с условиями задачи определяется набор физических явлений, которые должны быть учтены при моделировании процесса. В рассматриваемом случае это тепловой поток внутри ребра с высокопроводящими вставками. Эти явления описываются моделью *конвективного теплообмена*.

Из математической формулировки задачи известно, что математическая модель не учитывает зависимость от времени.

1.3. Расчетная сетка

Расчетную область разбивают на дискретные элементы (ячейки) так, чтобы обеспечить сходимость и достаточную точность решения с одной стороны и минимальную вычислительную нагрузку с другой. Использовался стандартный алгоритм разбиения расчетной области на ячейки с созданием призматических слоев вблизи стенок и измельчением вблизи мелких элементов геометрии.

На Рисунке 2 представлена расчетная сетка для ребра с тремя высокопроводящими вставками. Аналогичные сетки получены для остальных вариантов.

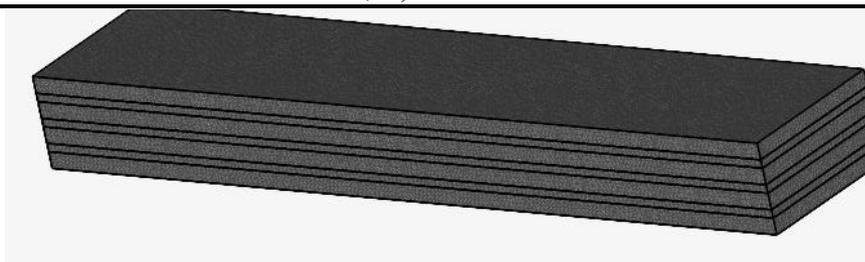


Рисунок 2 – Расчетной сетка для варианта 3

1.4. Численная модель

Теплофизические свойства рабочей среды (воды) и поверхностей теплообмена (алюминий и медь) определены с помощью встроенной в SimScale базы данных.

Для контроля результатов на верхней поверхности ребра задан контроль средней температуры и теплового потока.

1.5. Начальные и граничные условия

Начальная температура ребра была задана 20 °С. В основании ребра была задана фиксированная температура 80 °С. Для остальных поверхностей ребра, кроме основания, задается такое граничное условие, как конвективный теплообмен с контрольной температурой 20 °С и коэффициентом теплопередачи 10 Вт/К*м².

2. Результаты

Визуализация распределения температуры и потока была проведена по профилям температуры и теплового потока (см. Рисунки 3 и 4, Таблица 2)

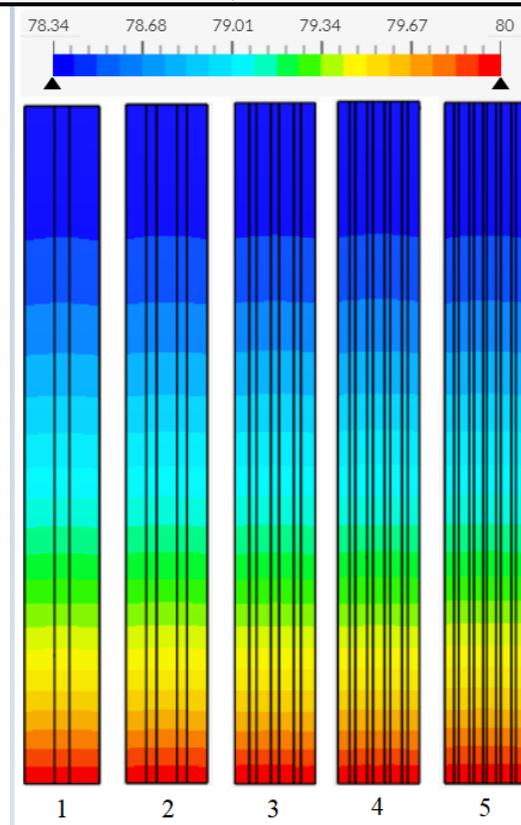


Рисунок 3 – Распределение температуры в ребре для рассмотренных вариантов

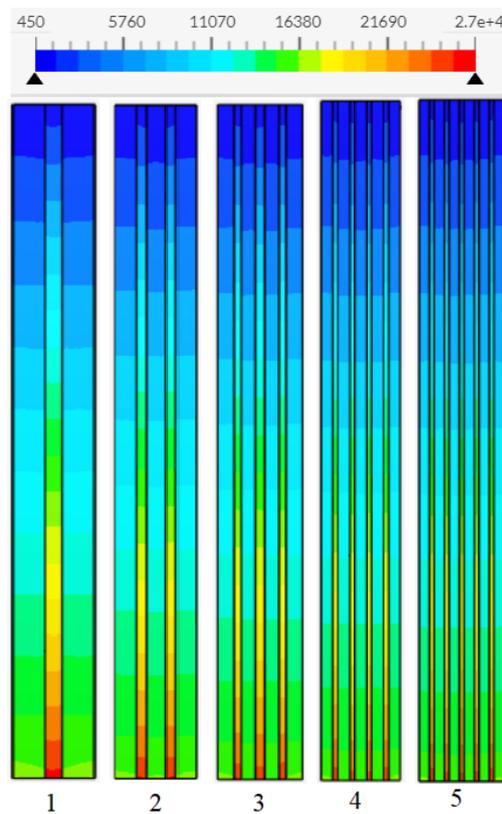


Рисунок 4 – Распределение теплового потока в ребре

Таблица 2 – Численные значения температуры и теплового потока на верхней поверхности ребра

Количество вставок из меди, Ni	Количество вставок из алюминия, Ns	Тепловой поток, Q, Вт	Температура, T, °C
1	2	34,8	78,35
2	3	34,9	78,5
3	4	34,7	78,42
4	5	34,7	78,4
5	6	34,6	78,4

Согласно полученным данным были определены зависимости изменения температуры и теплового потока ребра от количества высокопроводящих вставок (Рисунок 5). С ростом количества вставок тепловой поток через верхнюю грань ребра монотонно сокращается, а ее температура растет.

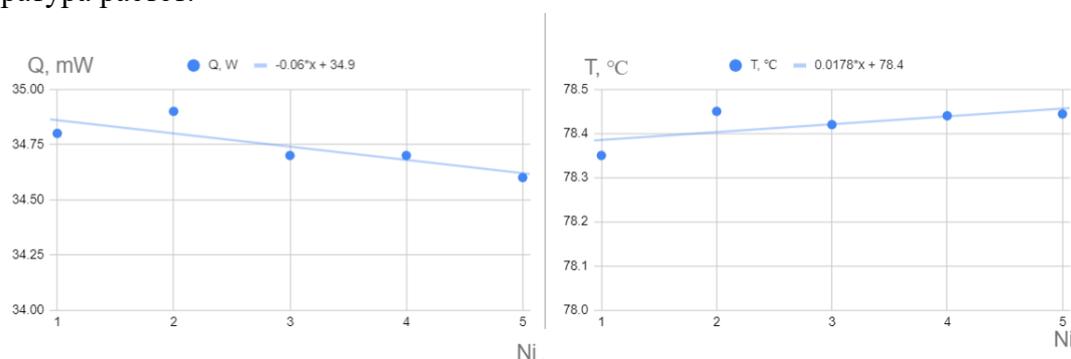


Рисунок 5 – Зависимость температуры и теплового потока ребра от количества высокопроводящих вставок

Список литературы

1. Bejan, Constructal-theory network of conducting paths for cooling a heat generating volume Int. J. Heat Mass Transf., 40 (1997), pp.799-816
2. Biserni, L.A.O. Rocha, A. Bejan Inverted fins: geometric optimization of the intrusion into a conducting wall Int. J. Heat Mass Transf., 47 (2004), pp.2577-2586
3. H. Feng, L. Chen, Z. Xie, F. Sun Constructal design for “+” shaped high conductivity pathways over a square body Int. J. Heat Mass Transf., 91 (2015), pp.162-169
4. M.R. Hajmohammadi, E. Rasouli, M. Ahmadian Elmi, Geometric optimization of a highly conductive insert intruding an annular fin, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 146, 2020

5. H.C.Konan, E.Cetkin Snowflake shaped high-conductivity inserts for heat transfer enhancement Int. J. Heat Mass Transf., 127 (2018), pp.473-482

References

1. Bejan, Constructal-theory network of conducting paths for cooling a heat generating volume Int. J. Heat Mass Transf., 40 (1997), pp.799-816
 2. Biserni, L.A.O. Rocha, A. Bejan Inverted fins: geometric optimization of the intrusion into a conducting wall Int. J. Heat Mass Transf., 47 (2004), pp.2577-2586
 3. H. Feng, L. Chen, Z. Xie, F. Sun Constructal design for “+” shaped high conductivity pathways over a square body Int. J. Heat Mass Transf., 91 (2015), pp.162-169
 4. M.R. Hajmohammadi, E. Rasouli, M. Ahmadian Elmi, Geometric optimization of a highly conductive insert intruding an annular fin, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 146, 2020
 5. H.C.Konan, E.Cetkin Snowflake shaped high-conductivity inserts for heat transfer enhancement Int. J. Heat Mass Transf., 127 (2018), pp.473-482
-