

УДК 691:539.217.2

РАСЧЕТ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

ЗАГИНАЙЛО И.В., МАКСИМЕНЮК Я.А., ПИСАРЕНКО А.Н.

Одесская академия строительства и архитектуры, Одесса

Анотація: методом математичного моделювання вивчався вплив розміщення включень на теплопровідність композитного матеріалу. Показано, що включення можуть утворювати теплові лінзи, які фокусують теплові потоки в протяжні канали.

Ключові слова: математичне моделювання, композитний матеріал, тепловий потік, тепла лінза.

Аннотация: методом математического моделирования изучалось влияние размещения включений на теплопроводность композитного материала. Показано, что включения могут образовывать тепловые линзы, фокусирующие тепловые потоки в протяженные каналы.

Ключевые слова: математическое моделирование, композитный материал, тепловой поток, тепловая линза.

Annotation: by mathematical modeling we investigated the effect of the placement of the inclusions on the thermal conductivity of the composite material. It is shown that inclusion can form a thermal lens, focusing the heat flows in long channels

Key words: mathematical modeling, composite material, heat flow, heat lens.

В настоящее время весьма актуальной проблемой является создание новых строительных композиционных материалов (СКМ) с заданными теплофизическими свойствами для ограждающих конструкций зданий и сооружений. В равной мере это касается и оптимизации теплофизических свойств существующих СКМ на этапах определения состава исходного сырья и выбора технологических режимов их изготовления. В связи с этим широкое распространение получили методы математического моделирования процессов теплопереноса в СКМ.

Нами с помощью математического моделирования выполнялось определение теплопроводящих свойств двухкомпонентного СКМ. В качестве двумерной модельной среды взят СКМ, состоящий из

вяжущей матрицы и теплоизолирующих включений. Теплопроводность вяжущей матрицы выбрана равной теплопроводности песочной-цементной смеси $\lambda_M = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. В ней моделировались случайно равномерно расположенные включения пенопласта квадратной формы с $\lambda_{II} = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. При этом в алгоритме случайного размещения каждому вновь размещаемому включению запрещалось контактировать с уже имеющимися; таким образом, вокруг каждого включения присутствовал слой вяжущей матрицы.

Мы решали двумерное уравнение теплопроводности методом верхней последовательной релаксации (ВПР). Методика расчета подробно описана нами в [1]. В результате решения уравнения теплопроводности рассчитывались температурное поле и тепловые потоки между узлами данной области. Расчет считался законченным при выполнении следующих двух условий: когда относительная разница температур в каждом узле сетки в двух соседних итерациях становилась меньше 10^{-6} и когда относительная разница входящих и исходящих потоков в каждом узле расчетной сетки становилась меньше 10^{-5} .

На рис 1.а и 2.а показаны фрагменты двух смоделированных образцов СКМ со случайно расположенными теплоизолирующими включениями. Размеры фрагментов составляют 32×32 узла сетки, размеры включений 4×4 узла. При одинаковом количестве включений в показанных фрагментах суммарный тепловой поток, проходящий через фрагмент 1 (рис. 1.а), на 13,8% больше, чем через фрагмент 2 (рис. 2.а).

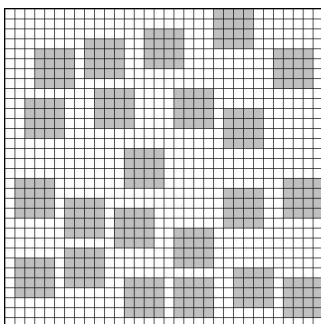


Рис. 1.а. Размещение включений во фрагменте 1. Темные области – включения

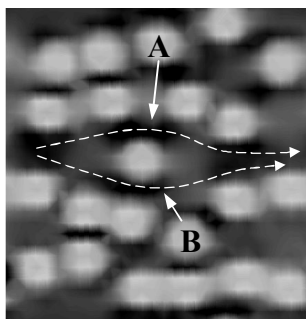


Рис. 1.б. Карта тепловых потоков во фрагменте 1. Области с высокими плотностями тепловых потоков – темные.

На рис. 1.6 и 2.6 показаны карты плотности тепловых потоков, проходящих через данные фрагменты. На рис. 1.6 видно, что теплоизолирующие включения привели к появлению как минимум двух протяженных каналов А и В с большой локальной плотностью теплового потока. Используя тепло-оптическую аналогию, можно говорить о фокусировке тепловых потоков в относительно теплопроводящей матрице тепловыми линзами, в качестве которых можно рассматривать определенным образом расположенные теплоизолирующие включения. На рисунке 2.а таких протяженных теплопроводящих каналов нет (см., например, короткий канал С), что и объясняет наблюдаемую разницу теплопроводности материала при данных двух размещениях включений.

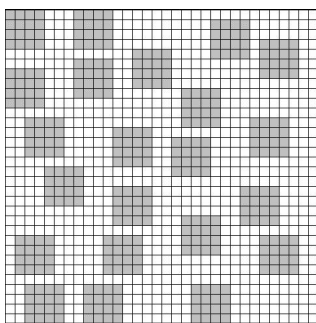


Рис. 2.а. Размещение включений во фрагменте 2.

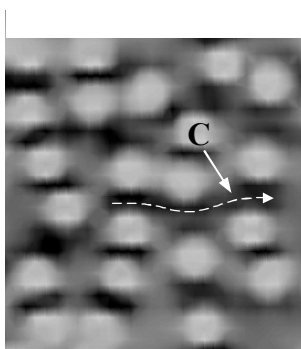


Рис. 2.б. Карта тепловых потоков во фрагменте 2.

В ходе исследования нами было сгенерировано 4000 образцов СКМ с различным размещением включений. Анализ полученных карт тепловых потоков показал, что эффективная теплопроводность двухкомпонентных СКМ может существенно зависеть от пространственного распределения включений. В сгенерированных образцах СКМ с повышенными тепловыми потерями наблюдается фокусировка потоков тепловыми линзами в протяженные теплопроводящие каналы.