

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ СО СЛУЧАЙНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ РАЗНОРАЗМЕРНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Ст. Спиридонов Д.А., гр. ПГС-252

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Загиняло И.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

В предыдущей работе [1] при определении эффективной теплопроводности и ее анизотропии в композитном материале последний моделировался с помощью случайного заполнения теплопроводящей матрицы моноразмерными теплоизолирующими включениями. В реальности при изготовлении композитного материала заполнение матрицы происходит наполнителем с определенным разбросом размеров включений. Цель данной работы – определить, сказывается ли разброс размеров частиц наполнителя на эффективной теплопроводности композитного материала.

При моделировании композитного материала мы предполагали, что размер частиц наполнения имеет нормальное распределение. Ниже приведены результаты моделирования материала со следующими параметрами. Размер модельной матрицы – $a = 128 \times 128$ счетных ячеек размером $h \times h$, усл. ед. Минимальная дистанция d между частицами включений задавалась в 1 счетную ячейку (частицам наполнителя запрещено слипаться). Расчет проводился для концентраций наполнителя c в диапазоне от 0,25 до 0,7 отн. ед. При моделировании композита с моноразмерным наполнителем в матрице случайным образом размещались включения размером $b = 12h \times 12h$, а для композита с полиразмерным наполнителем размещались включения со средним размером $b = 12h \times 12h$ и стандартным отклонением $\sigma = 1,5h$. При этом доля частиц наполнителя размером $12h \times 12h$ составляла 29%, размером $11h \times 11h$ и $13h \times 13h$ – по 22,6%, размером $10h \times 10h$ и $14h \times 14h$ – по 11,3%, размером $9h \times 9h$ и $15h \times 15h$ – по 3,2%. Результаты расчетов показаны на рис. 1.

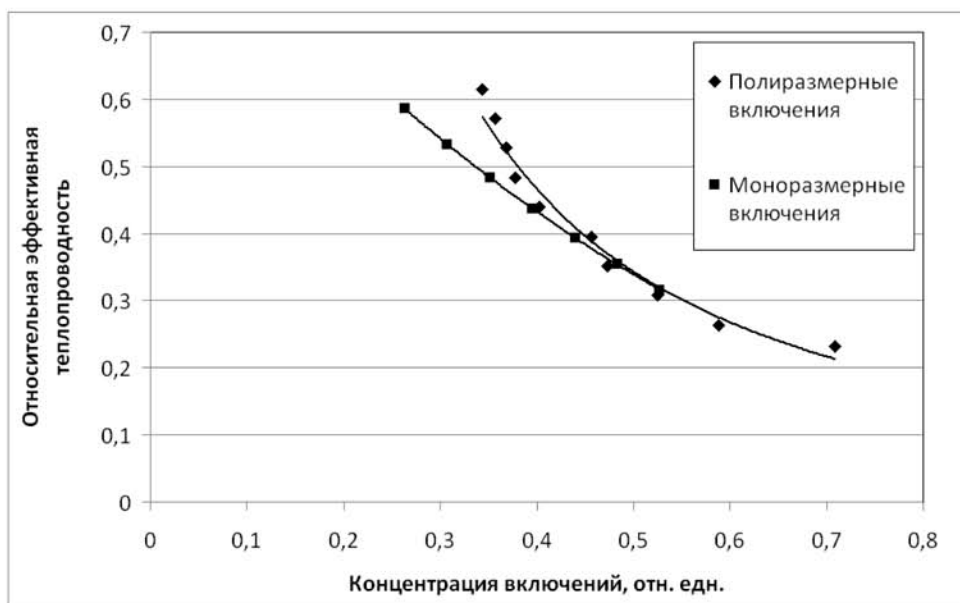


Рис.1. Сравнение концентрационных зависимостей эффективной теплопроводности в моделях композитного материала с моно размерными и полиразмерными включениями

Рис.1 показывает, что разброс размеров частиц наполнителя влияет на эффективную теплопроводность композита, в особенности в области невысоких концентраций включений. Эффективная теплопроводность композита с моноразмерными включениями оказывается ниже, соответственно, его теплоизолирующие свойства – лучше.

В работе [2] было установлено, что при моноразмерном заполнении матрицы композита зависимость эффективной теплопроводности λ от концентрации включений c описывается уравнением

$$\lambda = 1 - \frac{\alpha c}{\sqrt{(1 + \beta c)^3}}, \quad (1)$$

где α и β – подгоночные коэффициенты. При выбранных нами параметрах размещения включений a , b и d , а также величины разброса размеров включений указанное уравнение плохо описывает результаты моделирования. Полученная нами зависимость $\lambda(c)$ наиболее удачно аппроксимируется уравнением

$$\lambda = \alpha - \frac{\beta}{\sqrt{c}}, \quad (2)$$

при этом подгоночные коэффициенты принимают следующие значения: $\alpha = 5,195$, $\beta = 1,819$.

Выводы:

1. При математическом моделировании процесса теплопереноса в композитных материалах важно учитывать разброс размеров частиц наполнителя.
2. Теплоизолирующие свойства композитного материала, состоящего из теплопроводящей матрицы с расположенными в ней теплоизолирующими включениями, могут быть улучшены путем уменьшения разброса размеров включений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загинайло И.В., Писаренко А.Н., Спиридонов А.Д.. Статистический анализ эффективной анизотропии теплопроводности композиционных материалов // *Вестник КрНУ им. М. Остроградского*, вып 3/2017, часть 1 – Кременчуг, 2017, с. 39 - 45.
2. Igor Zaginaylo, Yakov Maksimeniuk, Alexander Pysarenko. Two-dimensional numerical simulation study of the effective thermal conductivity statistics for binary composite materials. // *ІЖТ*, Vol. 35, No. 2, June 2017, pp. 364-370.