

**Численная оценка эффективных термоупругих свойств трехмерной
решетчатой структуры метаматериала с отрицательным тепловым
расширением с помощью CAE Fidesys**

Научный руководитель – Вершинин Анатолий Викторович

Танасевич Полина Сергеевна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,
Россия

E-mail: apollinaria777@mail.ru

В докладе описывается метод и некоторые результаты численной оценки эффективных коэффициентов теплового расширения метаматериалов, способных сжиматься при нагревании. Ранее [1] эта задача была решена в двумерном случае. В данной работе рассматривается следующий шаг решения задачи численного моделирования метаматериала, способного сжиматься при нагревании [2] - решение задачи в трёхмерной постановке.

Метаматериалом называется композиционный материал, свойства которого определяются в первую очередь не природой его компонент, а особым образом изготовленной периодической решётчатой конструкцией. Метаматериал с отрицательным тепловым расширением в этой задаче изготовлен из двух материалов: один - более жёсткий, но слабее расширяющийся при нагревании; второй - мягче, но сильнее расширяющийся.

Параметризованная модель трехмерной решётчатой структуры изготовлена с помощью геометрического модуля пакета «Fidesys» [3]. Для построенных ячеек проведён ряд численных экспериментов, в которых показано влияние геометрических параметров модели на коэффициент теплового расширения метаматериала, который вычислялся с помощью модуля Fidesys Composite [4] отечественной CAE-системы «Fidesys». Свойства компонент при этом задавались модулем Юнга, коэффициентом Пуассона и коэффициентом теплового расширения.

В ходе исследования рассматривается модель ячейки из двух материалов: меди (жёсткой, но с меньшим коэффициентом теплового расширения) и полимера (мягкого, но с большим коэффициентом теплового расширения) с большим количеством пустот. Важно отметить, что коэффициенты теплового расширения меди и полимера - положительны. Для этой модели метаматериала построены графики зависимости эффективного коэффициента теплового расширения от геометрических параметров - угла наклона полимерных стержней к медному контуру. Эти расчеты произведены для разных комбинаций параметров исходной модели: толщины контура ячейки, толщины полимерного стержня и толщины диагональных медных стержней. Также произведен расчет на устойчивость данной ячейки к тепловым деформациям. По результатам которого был определен температурный диапазон, в пределах которого эта структура применима. Графики зависимости от геометрических параметров показывают возможность подбора таких параметров ячейки, при которых метаматериал имеет близкий к нулю коэффициент температурного расширения, то есть при изменении температуры сохраняет свои размеры. Применение таких материалов может быть полезным для тщательного контроля тепловых деформаций и напряжений, например, в микрочиповых устройствах, клеевых шпатлевках, зубных пломбах и высокоточных оптических или механических устройствах в условиях окружающей среды с большим перепадом температур.

Источники и литература

- 1) Танасевич П.С. К вопросу о численном моделировании термомеханических свойств двумерных решётчатых структур с помощью CAE Fidesys [Электронный ресурс] // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020», секция «Математика и механика», подсекция «Вычислительная механика». – Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020_2/data/19362/108637_uid439030_report.pdf
- 2) Qiming Wang, Julie A. Jackson, Qi Ge, Jonathan B. Hopkins, Christopher M. Spadaccini, and Nicholas X. Fang. Lightweight Mechanical Metamaterials with Tunable Negative Thermal Expansion // Physical Review Letters, Vol. 117, 2016 – Article ID 175901.
- 3) Официальный сайт ООО «Фидесис» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cae-fidesys.ru/>
- 4) Vdovichenko I.I., Yakovlev M.Ya., Vershinin A.V., Levin V.A. Calculation of the effective thermal properties of the composites based on the finite element solutions of the boundary value problems [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, V. 158, I. 1, 2016. – Article 012094. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/158/1/012094/pdf>