

Деформирование ауксетических нанотрубок при одноосном растяжении

Научный руководитель – Лисовенко Дмитрий Сергеевич

Козырев Андрей Федорович

Аспирант

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия

E-mail: andreikozyrev110@mail.ru

В последние годы активно возрастает интерес к высокотехнологичным и наноструктурированным материалам. Они находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности таких как электроника, медицина, строительство и др [1]. Особый интерес представляет исследование проявления ауксетических свойств у нанотрубок при упругой деформации, поскольку изменение геометрических параметров, в частности площадь поперечного сечения непосредственно связана с коэффициентом Пуассона. Проявление этих свойств может быть полезно например при создании композитных материалов с заданными механическими характеристиками. В связи с этим исследование закономерностей изменения площади поперечного сечения у нанотрубок при упругом растяжении является актуальной задачей.

Целью данной работы является изучение изменения площади поперечного сечения у однослойных и двухслойных нанотрубок с кубической анизотропией при упругой деформации, а так же анализ проявления ауксетических свойств в зависимости от материала, угла хиральности и параметра толщины (отношения внешнего радиуса к внутреннему).

Для однослойных и двухслойных трубок, соответственно, были разработаны две аналитические модели. В качестве нанотрубки используется модель упругого стержня с кубической цилиндрической анизотропией. Для изучения поставленного вопроса выведены формулы отношения изменения площади поперечного сечения к начальной площади поперечного сечения нанотрубки [2].

Так как аналитическая оценка знака изменения площади крайне затруднительна, на основе модели была написана программа на Python реализующая численный анализ изменения площади поперечного сечения в зависимости от угла хиральности, толщины слоя и компонент тензора упругой деформации для заданного материала. У программы так же есть функционал построения графика изменения площади в зависимости от вышеупомянутых параметров.

Далее на основе табличных значений для более чем 1200 материалов (715 не акусетиков, 454 частичных акусетика и 8 полных акусетиков) был проведен анализ изменения площади поперечного сечения. Среди частичных акусетиков порядка 2% материалов показали свойства изменения знака изменения площади в зависимости от угла хиральности, что указывает на возможность перехода от «классической» деформации к акустической. Для полных акусетиков все материалы обладают положительным знаком изменения площади, а для неакусетиков был найден один материал, для которого при определенном угле хиральности площадь поперечного сечения принимало положительное значение, однако его величина близка к нулю, что указывает на то, что эта структура может быть чувствительна к малым изменениям параметров не учтенных в данной модели и этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Разработанная модель является актуальным средством для анализа изменения площади поперечного сечения нанотрубок, а результаты исследования показывают, что управление хиральностью и подбор материала позволяют создавать новые наноструктуры с заданными механическими свойствами.

Источники и литература

- 1) Antunes J. M.,Pereira A. F. G, Sakharova N. A. Overview on the Evaluation of the Elastic Properties of Non-Carbon Nanotubes by Theoretical Approaches: Materials 2022, 15, 3325
- 2) Лисовенко Д. С. Ауксетическая механика изотропных материалов, кристаллов и анизотропных композитов: дис. д-р. ф.-м. наук: 01.02.04. - Москва, 2019. - 141 с