

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ О НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ В МЕХАНИЧЕСКИ НАГРУЖЕННОМ ФЕРРОМАГНИТНОМ МОНОКРИСТАЛЛЕ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ С ЕДИНИЧНОЙ ГРАНИЦЕЙ РАЗДЕЛА АУСТЕНИТ/МАРТЕНСИТ

Остриков В.О.¹, Комраков В.В.¹, Остриков О.М.²

¹УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,

²УО «Белорусский государственный университет транспорта»,

Гомель, Республика Беларусь

E-mail: omostrikov@mail.ru

Метод конечных элементов (МКЭ) является эффективным численным методом приближенного решения дифференциальных уравнений или системы дифференциальных уравнений применительно к инженерным и физическим задачам [1]. Данный метод был разработан в ходе исследований, проведенных в 1950-х годах связанных с решением задач в космической отрасли [1].

Главная идея МКЭ заключается в существовании возможности аппроксимировать известную непрерывную величину, в ходе чего строится множество кусочно-непрерывных функций, которые могут быть представлены в виде линейных, квадратичных и кубических полиномов [1]. Возможность выделения из набора характерных элементов при определении функций данного элемента представляет собой важный аспект, позволяющий определять функцию и вне зависимости от положения элемента в общей модели [1].

Представляет научный и практический интерес применение МКЭ для расчета напряженного состояния в материалах с памятью формы при наличии в них единичных или множественных границ раздела аустенит/мартенсит [2–4].

Аналитическое решение статической и динамической задачи нагруженного призматического монокристалла с эффектом памяти формы с единичной границей раздела аустенит/мартенсит находящегося в жесткой заделке было предложено в работе [5].

Цель данной работы – показать возможность применения метода конечных элементов при решении задачи о расчете напряженно-деформированном состоянии в ферромагнитном монокристалле с памятью формы с единичной границей раздела аустенит/мартенсит.

На рис. 1 представлено схематическое изображение механически нагруженного силой \vec{F} , находящегося в жесткой заделке призматического ферромагнитного кристалла с памятью формы.

Процесс дискретизации состоит из двух этапов: 1) нумерация элементов и узлов и 2) разбиение тела на элементы. На рис. 2 представлен последний этап, где видно разбиение трехмерной области на прямоугольные элементы [1].

На рис. 3 показано распределение полей эквивалентных напряжений в кристалле, находящемся в состоянии, предшествующему движению границы раздела аустенит/мартенсит, вызванному приложенной силой \vec{F} . Благодаря бездиффузионным фазовым превращениям сплав Ni_2MnGa обладает способностью изменять свои линейные размеры на величину до 12%. При ее преодолении начинаются необратимые деформации [3].

На рис. 3 рассмотрено напряженное состояние у призматического кристалла, деформируемого распределенной нагрузкой. Методом конечных элементов выполнен статический расчет. Получено распределение напряжений (рис. 3), возникшие из-за действия на кристалл силы \vec{F} .

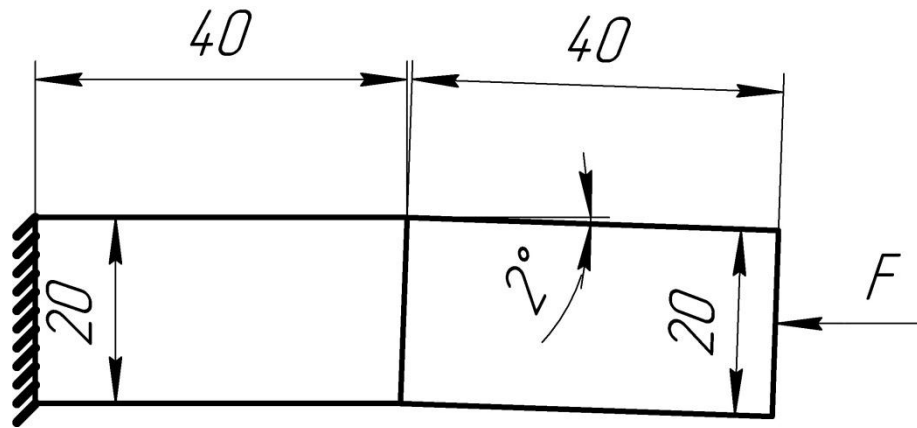


Рисунок 1 – Схематическое изображение призматического ферромагнитного кристалла с эффектом памяти формы

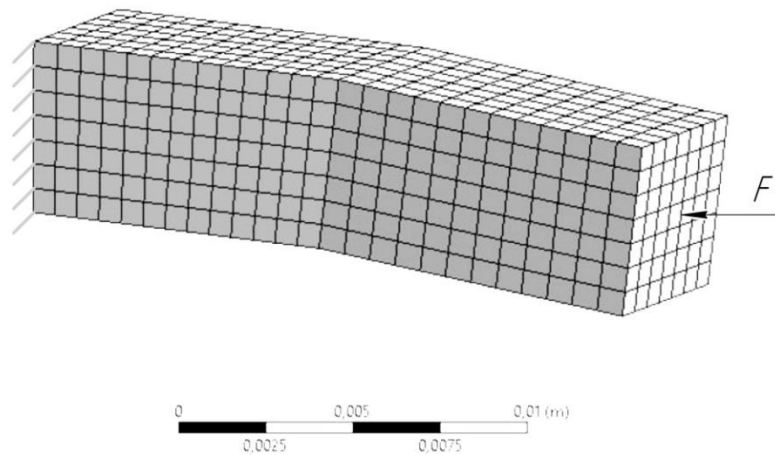


Рисунок 2 – Результат разбиения призматического кристалла с единичной границей раздела на прямоугольные элементы

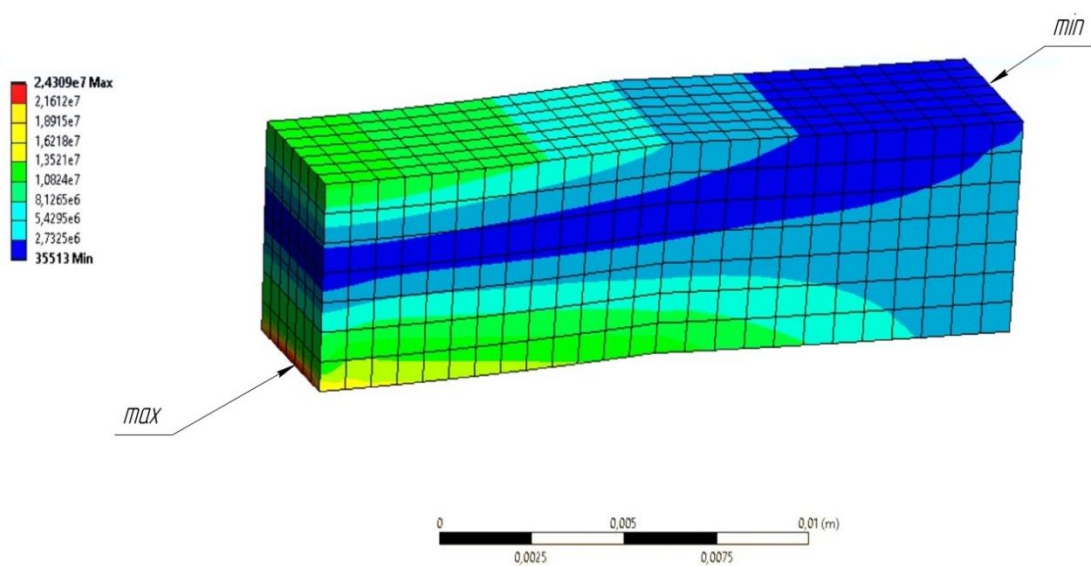


Рисунок 3 – Распределение полей эквивалентных напряжений в ферромагнитном нагруженном силой \vec{F} монокристалла, находящемся в жесткой заделке

Таким образом, методом конечных элементов, предназначенным для автоматизированных инженерных расчетов, получены распределения полей эквивалентных напряжений в механически нагруженном ферромагнитном кристалле с единичной границей раздела, находящемся в жесткой заделке.

1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир. – 1979. – 392 с.

2. Roth¹ S., Gaitzsch¹ U., Potschke¹ M., Schultz¹ L. Magneto-mechanical behaviour of textured Polycrystals of NiMnGa ferromagnetic Shape Memory Alloys // *Advanced Materials Research*. – 2008. – V. 52. – P. 29-34.

3. Mullner P., Chernenko V.A., Kostorz G. Stress-induced twin rearrangement resulting in change of magnetization in a Ni–Mn–Ga ferromagnetic martensite // *Scripta Materialia*. – 2003. – V. 49. – P. 129–133

4. Sozinov A., Likhachev A.A., Lanska N., Soderberg O., Ullakko K., Lindroos V.K. Stress- and magnetic-field-induced variant rearrangement in Ni–Mn–Ga single crystals with seven-layered martensitic structure // *Materials Science and Engineering A*. – 2004. – V. 378. –P. 399–402.

5. Остриков В.О., Остриков О.М. Статика и динамика границы раздела аустенит/мартенсит в нагруженном призматическом монокристалле с эффектом памяти формы, находящемся в жесткой заделке // *Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет*; гл. ред. В. К. Шелег. – Минск: БНТУ, 2021. – Вып. 33. – С. 139–147.