

УДК 539.375

МЕТОД РАСЧЕТА ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ В СДВОЙНИКОВАННОМ ПРИЗМАТИЧЕСКОМ МОНОКРИСТАЛЛЕ С ЕДИНИЧНОЙ ДВОЙНИКОВОЙ ГРАНИЦЕЙ

О. М. ОСТРИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Двойникующиеся материалы в настоящее время находят все более широкое практическое применение [1–3]. Подвижность двойниковых границ во многом определяет уникальные физико-механические свойства материалов с памятью формы [4]. Поэтому высока актуальность, основанных на методах механики деформируемого твердого тела, инженерных расчетов для прогнозирования поведения двойникующегося материала в качестве рабочего элемента технической системы.

Цель данной работы – разработка метода расчета напряженного состояния в нагруженном двойникующемся монокристалле с единичной двойниковой границей.

На рис. 1 схематически представлен сдвойникованный призматический монокристалл с двойниковой границей. Торцы монокристалла деформируются нормальными P_1 , P_2 и сдвиговыми Q_1 , Q_2 нагрузками, а величина деформации на двойниковой границе определяется углом двойникования α (рис. 1).



Рис. 1. Сдвойникованный монокристалл с единичной двойниковой границей

В рамках гипотезы сплошности среды и теории упругости для статического равновесия рассматриваемого сдвойникованного монокристалла справедливы уравнения равновесия, соотношения Коши и закон Гука, представленные в виде [5]

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho F_i = 0; \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right); \sigma_{ij} = 2\mu \varepsilon_{ij} + \lambda \theta \delta_{ij},$$

где i, j – индексы, принимающие значения x, y или z ; σ_{ij} , ε_{ij} – тензоры напряжений и деформаций соответственно; ρ – плотность материала; ρF_i – однородные объемные силы; μ и λ – коэффициенты Ламе; θ – объемная деформация; δ_{ij} – тензор,

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, i = j; \\ 0, i \neq j. \end{cases}$$

В основу предлагаемой методики расчета полей напряжений в сдвойнированном монокристалле положено допущение об однородности полей напряжений вдоль осей OY и OZ и о линейной зависимости данных напряжений от x :

$$\begin{cases} \sigma_{ij}^{(1)}(x) = A_{ij}^{(1)}x + B_{ij}^{(1)}; \\ \sigma_{ij}^{(2)}(x) = A_{ij}^{(2)}x + B_{ij}^{(2)}, \end{cases}$$

где $\sigma_{ij}^{(1)}(x)$, $\sigma_{ij}^{(2)}(x)$ – зависящие от x компоненты тензора напряжений в материнском (1) и сдвойнированном (2) объемах; $A_{ij}^{(1)}$, $B_{ij}^{(1)}$, $A_{ij}^{(2)}$ и $B_{ij}^{(2)}$ – константы, которые нужно определить.

Решение задачи сводится к определению констант $A_{ij}^{(1)}$, $B_{ij}^{(1)}$, $A_{ij}^{(2)}$, $B_{ij}^{(2)}$ и скачка напряжений на двойниковой границе при условии заданных напряжений на торцах призматического образца.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stress-assisted removal of conjugation boundaries in non-modulated Ni-Mn-Ga by coordinated secondary twinning / В. Muntifering [et al.] // Journal of Materials Science. – 2016. – Vol. 51. – P. 457–466.
2. The effect of step-like martensitic transformation on the magnetic entropy change of Ni_{40.6}Co_{8.5}Mn_{40.9}Sn₁₀ unidirectional crystal grown with the Bridgman-Stockbarger technique / F. Chen [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2017. – Vol. 691. – P. 269–274.
3. **Остриков, О. М.** Методика прогнозирования распределения полей напряжений в реальных кристаллах с остаточными некогерентными двойниками: монография / О. М. Остриков. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 278 с.
4. **Остриков, В. О.** Статика и динамика границы раздела аустенит/мартенсит в нагруженном призматическом монокристалле с эффектом памяти формы, находящемся в жесткой заделке / В. О. Остриков, О. М. Остриков // Машиностроение: материалы Респ. межведомств. сб. науч. тр. – Минск: БНТУ, 2021. – Вып. 33. – С. 139–147.
5. **Горшков, А. Г.** Теория упругости и пластичности: учебник / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 416 с.