

ПОСТАНОВКА СТАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИ НАГРУЖЕННОГО
ФЕРРОМАГНИТНОГО ПРИЗМАТИЧЕСКОГО КРИСТАЛЛА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ,
НАХОДЯЩЕГОСЯ В ЗАДЕЛКЕ, В СЛУЧАЕ ПОЛИСИНТЕТИЧЕСКОГО
ДВОЙНИКОВАНИЯ

Остриков В.О.¹, Остриков О.М.²

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

²УО «Белорусский государственный университет транспорта»,
Гомель, Республика Беларусь
e-mail: omostrikov@mail.ru

Сплав $Ni-Mn-Ga$ является интерметаллидом структуры Гейслера [1], обладает магнитными свойствами, как и большинство других структур Гейслера, а также ферромагнитен ниже температуры Кюри 379 К [1, 2]. Было обнаружено, что намагнитченность сосредоточена в атоме Mn [3].

Уникальные физико-механические свойства ферромагнитных материалов с эффектом памяти формы находят свое применение в машиностроении, микромеханике, медицине. С этой точки зрения сплав Гейслера Ni_2MnGa является перспективным для исследований, и на передний план выходит необходимость разработки методов инженерных расчетов применимых в проектировании технических систем на его основе. Впервые основа для разработки таких расчетов была заложена в работах [4–7].

Цель работы – выполнить постановку статической задачи для подвергнутого полисинтетическому двойникованию ферромагнитного призматического кристалла с памятью формы, находящегося в жесткой заделке.

На рисунке представлен механически нагруженный ферромагнитный призматический монокристалл (сплав Гейслера) с памятью формы, подвергнутый полисинтетическому двойникованию.

На призматический монокристалл находится в жесткой заделке, действует сила $\vec{F}$ направленной под углом γ к оси аустенитной части монокристалла. Действие данной силы в статическом случае уравнивается на торце образца в месте жесткой заделки силой $\vec{R}_A$, а также моментами сил $\vec{M}_A$, $\vec{M}_{B(n)}$, $\vec{M}_{C(n)}$, $\vec{M}_{B(n+1)}$, $\vec{M}_{C(n+1)}$.

Вдоль границ раздела типа аустенит n /мартенсит n и аустенит $n+1$ /мартенсит n действуют силы $\vec{F}_{ext(n)}$ и $\vec{F}_{ext(n+1)}$, которые необходимо определить.

Силы $\vec{F}_{B(n)}$ и $\vec{F}_{B(n+1)}$ соответственно можно разложить на составляющие: $\vec{X}'_{B(n)}$ и $\vec{Y}'_{B(n)}$ и $\vec{X}'_{B(n+1)}$, $\vec{Y}'_{B(n+1)}$.

К оси AX силы $\vec{F}_{B(n)}$ и $\vec{F}_{B(n+1)}$ ориентированы под углом ϑ , а к границе раздела аустенит/мартенсит – под углом β . Тогда искомые силы $\vec{F}_{Bext(n)}$ и $\vec{F}_{Bext(n+1)}$ с силами $\vec{F}_{B(n)}$ и $\vec{F}_{B(n+1)}$ связаны соотношениями:

$$\vec{F}_{Bext(n)} = F_{B(n)} \cos \vartheta, \quad (1)$$

$$\vec{F}_{Bext(n+1)} = F_{B(n+1)} \cos \vartheta. \quad (2)$$

Силы $\vec{F}_{C(n)}$ и $\vec{F}_{C(n+1)}$ соответственно разлагаются на составляющие: $\vec{X}'_{C(n)}$ и $\vec{Y}'_{C(n)}$, $\vec{X}'_{C(n+1)}$ и $\vec{Y}'_{C(n+1)}$.

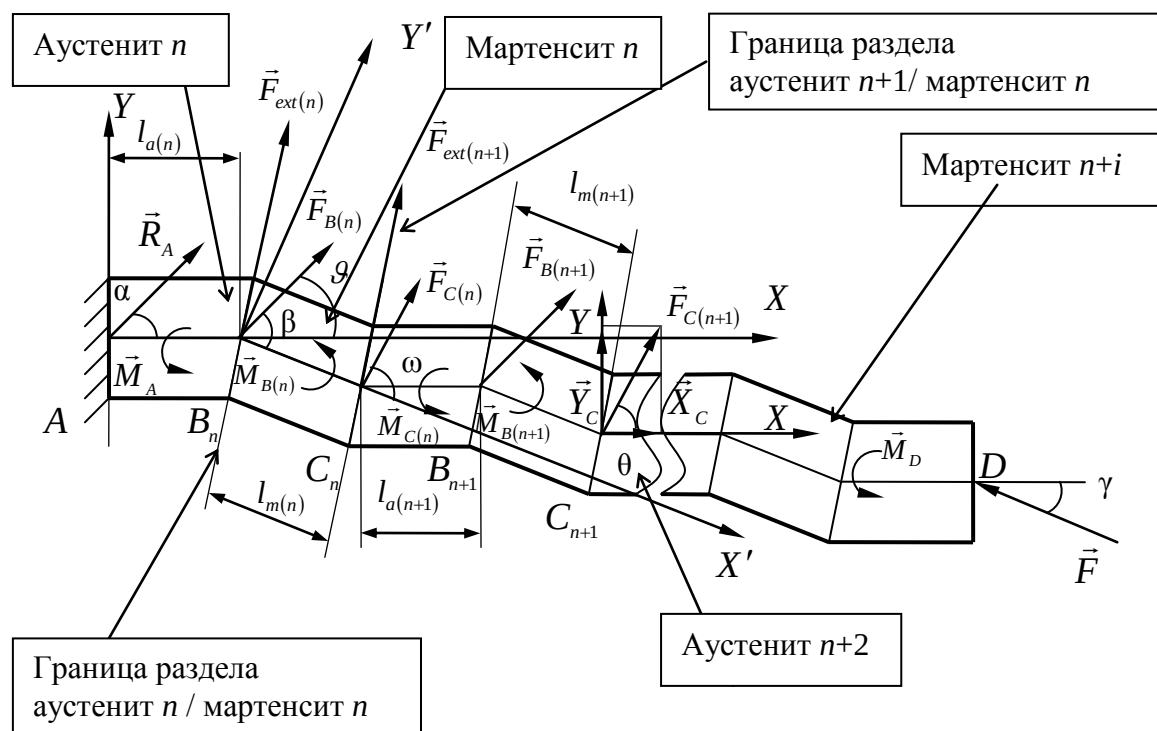
К оси BX' силы $\vec{F}_{C(n)}$ и $\vec{F}_{C(n+1)}$ ориентированы под углом ω , а к границе раздела аустенит/мартенсит – под углом ω . Тогда искомая сила $\vec{F}_{Cext(n+1)}$ с силой $\vec{F}_{C(n)}$ и $\vec{F}_{C(n+1)}$ связаны соотношениями

$$\vec{F}_{Cext(n)} = F_{C(n)} \cos \omega. \quad (3)$$

$$\vec{F}_{Cext(n+1)} = F_{C(n+1)} \cos \omega. \quad (4)$$

В данной задаче известны: углы α , β , ω , θ , ϑ и γ ; сила $\vec{F}$; длины: $l_{a(n)}$, $l_{m(n)}$, $l_{a(n+1)}$, $l_{m(n+1)}$.

Неизвестными являются: силы $\vec{R}_A$, $\vec{F}_{B(n)}$, $\vec{F}_{C(n)}$, $\vec{F}_{B(n+1)}$, $\vec{F}_{C(n+1)}$, $\vec{F}_{ext(n)}$, $\vec{F}_{ext(n+1)}$ и моменты $\vec{M}_A$, $\vec{M}_{B(n)}$, $\vec{M}_{B(n+1)}$, $\vec{M}_{C(n)}$, $\vec{M}_{C(n+1)}$.



Схематическое изображение системы сил, действующих на подвергнутый полисинтетическому двойникованию ферромагнитный кристалл с памятью формы находящийся в жесткой заделке

Таким образом, выполнена постановка статической задачи для подвергнутого полисинтетическому двойникованию ферромагнитного призматического кристалла с памятью формы, находящегося в заделке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Webster, P.J. Heusler alloys / P.J. Webster // Contemp. Phys. – 1969. – № 10. – P. 559–577.
2. Boshko, A.D. Magnetic and structural phase transitions in the shape memory ferromagnetic alloys $Ni_{2-fa}Mn_{1-a}Ga$. / A.D. Boshko, A.N. Vasil'ev, V.V. Khovailo, I.E. Dikshtein, V.V. Koledov, S.M. Seletskii, A.A. Tulaikova, A.A. Cherechukin, V.G. Shavrov, V.D. Bushel'nikov // J. Exp. and Theor. Phys. – 1999. – V. 88. – P. 954–962.

3. Ayuela, A. Structural properties of magnetic heusler alloys / A. Ayuela, J. Enkovaara, K. Ullakko, R.M. Nieminen // J. Phys. Condens. Matter. – 1999. – V. 11. – P. 2017–2026.

4. Василевич, Ю.В. Статика и динамика границы раздела аустенит / мартенсит в призматическом ферромагнитном монокристалле с эффектом памяти формы, находящемся в жесткой заделке и магнитном поле / Ю.В. Василевич, В.О. Остриков, О.М. Остриков // Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет; редкол.: В. К. Шелег (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2023. – Вып. 34. – С. 131–139.

5. 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: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет; гл. ред. В. К. Шелег. – Минск: БНТУ, 2021. Вып. 33. – С. 139–147.

6. Остриков, В.О. Компенсационные силы на границах раздела аустенит/мартенсит единичной мартенситной прослойки в ферромагнитном монокристалле с эффектом памяти формы, находящемся в магнитном поле в жесткой заделке / В.О. Остриков, О.М. Остриков // Актуальные проблемы прочности: сборник тезисов LXIV Международной конференции (Екатеринбург, 4 апреля 2022 г.). – Екатеринбург, 2022. – С. 366–367.

7. Остриков, В.О. Статическая и динамическая задача для единичной мартенситной прослойки в ферромагнитном монокристалле с эффектом памяти формы, находящемся в магнитном поле в жесткой заделке / В.О. Остриков, О.М. Остриков // Проблемы физики, математики и техники. – 2023. – № 1(54). – С. 43–46.