

Наука в современных условиях: от идеи до внедрения: материалы МНТК. Димитровград: Технологический институт филиал ФГОУ ВПО УГСХА, 2010. С. 66-70.

Поступила в редакцию 10 апреля 2013 г.

Tabakov V.P., Chikhranov A.V. RESEARCH OF DEVELOPMENTS OF CRACKS IN WEARPROOF COVERINGS OF CUTTING TOOL

The method of calculation of time of cyclic crack resistance one and multilayered coverings, allowing to make an assessment of efficiency and a choice of optimum parameters and structures of coverings without carrying out natural tests is offered.

*Key words:* wearproof coverings; cutting tool; crack resistance.

УДК 539.3

## МЕТОД РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ОБУСЛОВЛЕННОГО УПРУГИМ ДВОЙНИКОВАНИЕМ

© О.М. Остриков, Е.В. Иноземцева

*Ключевые слова:* упругое двойникование; дислокации; напряжения.

Разработан метод расчета напряженно-деформированного состояния твердых тел, обусловленного упругим двойникованием. Показано распределение напряжений в прилегающей к вершине двойника области.

Под упругим двойникованием понимают такой процесс пластической деформации, при котором двойник, возникший в кристалле под действием внешней нагрузки, при ее снятии обратимо меняет свои геометрические параметры, т. е. с ростом нагрузки сдвойникованный объем увеличивается, а при ее снятии – уменьшается до нуля [1]. При длине упругого двойника значительно меньшей толщины кристаллического образца его размеры непрерывно растут с увеличением приложенной нагрузки. Упругие двойники большей длины имеют толщину от нескольких десятых долей микрона до нескольких микрон. Детальные измерения показали, что упругий двойник остается очень тонким в течение всего процесса своего роста в кристалле [1].

Если длина двойника становится сравнимой с толщиной кристалла, плавная зависимость его длины от нагрузки нарушается, и происходит скачкообразное превращение двойникового лепестка в остаточную двойниковую прослойку [1].

Кинетика и динамика зарождения и роста отдельных двойников, а также деформация скольжением, обусловленная двойникованием, делают двойники опасными с точки зрения прочности материала [2]. Высокие критические напряжения зарождения двойников способствуют большой скорости их роста. Увеличение этой скорости ведет к росту напряженного состояния в вершине двойника, усиливая «жесткость» взаимодействия с различного рода препятствиями. Результатом такого взаимодействия часто становится зарождение трещин.

Открытие явления упругого двойникования, описываемого весьма простой связью между внешними силами и геометрическими параметрами двойника, не могло не привлечь внимание теоретиков. И.М. Лифшицем была создана макроскопическая теория двойникования [3]. Однако эта теория, опираясь на методы механики разрушения, не смогла в полной мере ответить

на все вопросы, связанные с наблюдаемыми при упругом двойниковании явлениями. В частности, не дается имеющий важное практическое значение расчет конфигурации внутренних напряжений, созданных упругим двойником. Разработка методики такого расчета и стала целью данной работы.

Для расчета полей напряжения рассмотрим упругий двойник линзовидной формы, образованный в результате действия сосредоточенной нагрузки  $P$  (рис. 1). Выберем декартову систему координат так, как это показано на рис. 1. Тогда внутренние напряжения, созданные двойником и нагрузкой, можно рассчитать по формуле:

$$\sigma_{ij}(x, y) = \sigma_{ij}^{nw}(x, y) + \sigma_{ij}^e(x, y), \quad (1)$$

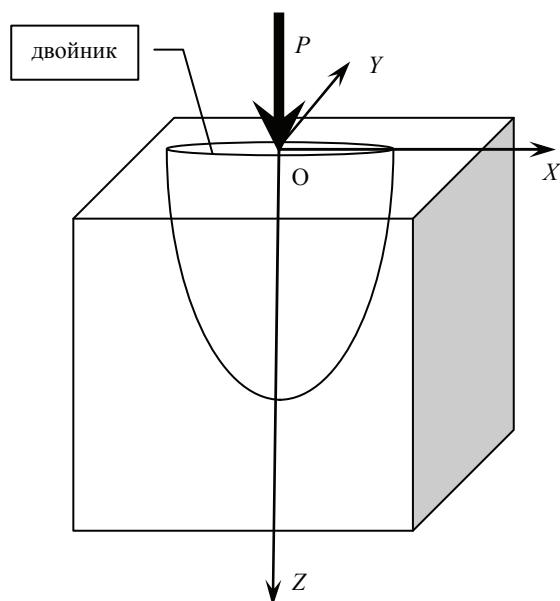
где  $\sigma_{ij}^e(x, y)$  – внутренние напряжения, созданные сосредоточенной нагрузкой;  $\sigma_{ij}^{nw}(x, y)$  – внутренние напряжения, созданные упругим двойником.

При наличии одноосного растяжении вдоль оси  $y$ , напряжения  $\sigma_y^m(x, y)$  будем рассчитывать по формулам:

$$\sigma_{xx}^{nw}(x, y) = \frac{\sigma_{yy}^{\infty}}{\pi} \int_{-L}^L \frac{(x-\xi)((x-\xi)^2 - (y-f(\xi))^2)}{((x-\xi)^2 + (y-f(\xi))^2)^2} \frac{\xi}{\sqrt{L^2 - \xi^2}} d\xi; \quad (2)$$

$$\sigma_{yy}^{nw}(x, y) = \frac{\sigma_{yy}^{\infty}}{\pi} + \frac{\sigma_{yy}^{\infty}}{\pi} \int_{-L}^L \frac{(x-\xi)((x-\xi)^2 + 3(y-f(\xi))^2)}{((x-\xi)^2 + (y-f(\xi))^2)^2} \frac{\xi}{\sqrt{L^2 - \xi^2}} d\xi; \quad (3)$$

$$\sigma_{xy}^{nw}(x, y) = \frac{\sigma_{yy}^{\infty}}{\pi} \int_{-L}^L \frac{(y-f(\xi))((x-\xi)^2 - (y-f(\xi))^2)}{((x-\xi)^2 + (y-f(\xi))^2)^2} \frac{\xi}{\sqrt{L^2 - \xi^2}} d\xi; \quad (4)$$



**Рис. 1.** Схематическое изображение формирования упругого двойника под действием сосредоточенной нагрузки  $P$

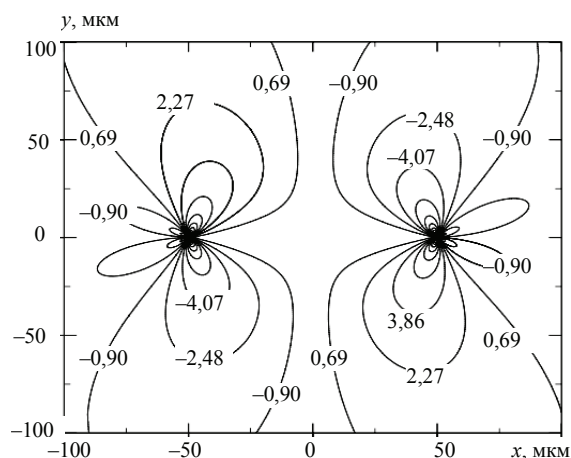
где  $\sigma_{yy}^{\infty}$  – напряжения, связанные с одноосным растяжением вдоль оси  $y$ ;  $L$  – половина длины двойника;  $\xi$  – параметр интегрирования;  $f(\xi)$  – функция, с помощью которой задается форма средней линии двойника, т. е. линии, равноудаленной от двух его границ.

Соотношения (2)–(4) получены на основании принципов нелинейной механики разрушения [4].

Результаты расчета сдвиговой компоненты  $\sigma_{xy}^{tw}(x, y)$  тензора напряжений представлены на рис. 2. За исходные данные принималось:  $L = 50$  мкм;  $a = 10$  мкм. Из рис. 2 видно, что сдвиговые напряжения  $\sigma_{xy}^{tw}(x, y)$  локализуются у вершин двойника. Это значит, что степень некогерентности границ упругого двойника имеет малую величину и плотность двойникующих дислокаций на них малая.

Таким образом, на основании принципов нелинейной механики разрушения разработан метод расчета напряжений, созданных упругим двойником. Метод позволяет рассчитывать напряжения у упругих двой-

ников с различной формой границ. Показано, что у линзовидного тонкого двойника напряжения локализуются у вершин.



**Рис. 2.** Распределение напряжений  $\sigma_{xy}^{tw}(x, y)$  у тонкого линзовидного двойника в бездефектной области кристалла (МПа)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Косевич А.М., Бойко В.С. Дислокационная теория упругого двойникования кристаллов // Успехи физических наук. 1971. Т. 104. № 2. С. 101-255.
2. Финкель В.М., Федоров В.А., Королев А.П. Разрушение кристаллов при механическом двойниковании. Ростов н/Д, 1990. 172 с.
3. Лифшиц И.М. О макроскопическом описании явления двойникования кристаллов // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1948. Т. 18. № 12. С. 1134-1143.
4. Астафьев В.И., Радаев Ю.Н., Степанова Л.В. Нелинейная механика разрушения. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2001. 562 с.

Поступила в редакцию 10 апреля 2013 г.

Ostrikov O.M., Inozemceva E.V. METHOD OF CALCULATION OF INTENSE-DEFORMED CONDITION OF FIRM BODIES CAUSED BY ELASTIC TWIN

The method of calculation of the intense-deformed condition of the firm bodies caused elastic twin is developed. Distribution of pressure in adjoining to top of the twin of area is shown.

*Key words:* elastic twin; dislocations; pressure.