

**ВЛИЯНИЕ ОСИ ДЕФОРМАЦИИ НА ДЛИНУ СВОБОДНОГО ПРОБЕГА ВИНТОВЫХ  
ДИСЛОКАЦИЙ В ЧИСТЫХ ГЦК МАТЕРИАЛАХ**

М.В. Матвеев<sup>1</sup>, Р.И. Куринная<sup>2</sup>, М.В. Зголич<sup>2</sup>

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Р.И. Лазарева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [riklaz@mail.ru](mailto:riklaz@mail.ru)

**INFLUENCE OF DEFORMATION AXIS ONTO THE LENGTH FREE PATH OF SCREW  
DISLOCATIONS IN PURE FCC MATERIALS**

M.V. Matveev<sup>1</sup>, R.I. Kurinnaya<sup>2</sup>, M.V. Zgolich<sup>2</sup>

Scientific Supervisor: Assoc. Prof, Cand. of . Ph. and Math. Sc. R.I. Lazareva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

<sup>2</sup>Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, 2 Solyanaya Square, 634003

E-mail: [riklaz@mail.ru](mailto:riklaz@mail.ru)

***Abstract.** In this paper the influence of crystal's deformation axis orientation on formation of long, strong dislocation junctions which can be barriers that limit the shear zone has been studied. The probability of strong junctions formation has been obtained on the basis of interdislocation contact interactions model. The length of free path of screw dislocations has been defined for different orientations of crystal's deformation axis.*

**Введение.** В процессе спонтанного расширения дислокационной петли от источника Франка-Рида до прочного непреодолимого барьера образуется зона сдвига – область незавершенного сдвига. В зоне сдвига происходит генерация точечных дефектов – вакансий, межузельных атомов, бивакансий. Для оценки числа точечных дефектов необходимо знать длину свободного пробега винтовых компонентов дислокационной петли. В работе [1] была получена формула для расчета длины свободного пробега дислокационного сегмента винтовой ориентации в зависимости от плотности дислокаций  $\rho$  :

$$L_S = 2(\beta_r^S \beta_D^S \xi \rho)^{-1/2}. \quad (1)$$

Здесь  $\xi = \rho_f / \rho \approx 0,5$  – доля дислокаций леса,  $\rho_f$  – плотность дислокаций леса – дислокаций вторичных систем скольжения;  $\beta_r^S$  – вероятность образования дислокационных соединений;  $\beta_D^S$  – вероятность образования длинного прочного соединения винтовыми дислокациями. Значения параметра  $\beta_r^S$  были получены в рамках простейшей модели [2, 3] междислокационных взаимодействий. Для определения значений  $\beta_D^S$  потребовалось создание более современной модели.

Целью данной работы является определение значений параметра  $\beta_D^S$  на основе современной модифицированной модели междислокационных контактных взаимодействий [1, 4].

**Моделирование изменения длины дислокационного соединения под напряжением.** В результате дислокационной реакции между скользящей дислокацией  $QP$  первичной системы скольжения и дислокацией леса  $NM$  вторичной системы скольжения образуется дислокационная конфигурация, представленная на рисунке 1, а. Дислокационное соединение  $EF$  расположено на линии пересечения плоскостей скольжения (рис. 1, а).

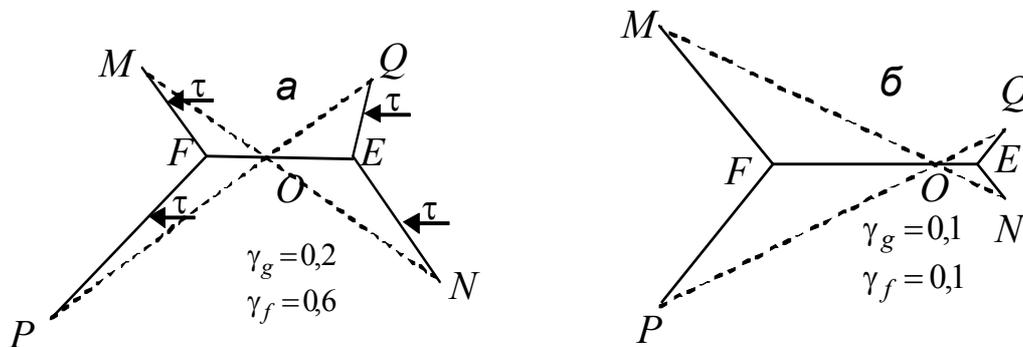


Рис. 1. Произвольные пересечения реагирующих дислокаций. Точка  $O$  – точка пересечения реагирующих дислокаций: а –  $\gamma_g = 0,2$ ,  $\gamma_f = 0,6$ ; б –  $\gamma_g = 0,1$ ,  $\gamma_f = 0,1$ .

Энергию дислокационной конфигурации (рис. 1, а) согласно [5] можно описать функцией двух переменных  $F(y_1, y_2)$ , где  $y_1$  и  $y_2$  координаты дислокационных узлов  $E$  и  $F$ . Равновесное состояние дислокационной системы при конкретной величине напряжения  $\tau$  и, следовательно, равновесное положение узлов соответствует минимуму энергии всей дислокационной конфигурации. Длины дислокационных соединений  $EF$  определялись при произвольном пересечении реагирующих дислокаций. Отношение длин сегментов скользящей дислокации определяет параметр  $\gamma_g = QO : QP$ , отношение длин сегментов дислокации леса – параметр  $\gamma_f = NO : NM$ . Значения параметров  $\gamma_g$  и  $\gamma_f$  изменяются от 0,1 до 0,9. При пересечениях  $\gamma_g = 0,1$ ,  $\gamma_f = 0,1$  (рис. 1, б) образуются наиболее длинные исходные соединения. В результате исследования изменения длины дислокационного соединения под напряжением обнаружено [4] образование длинных дислокационных соединений, длина которых превышает  $0,9QP$ , где  $QP$  – длина свободного дислокационного сегмента (рис. 1). Для выполнения расчетов в рамках представленной модели разработана программа в системе Mathematica.

**Результаты моделирования.** Подробные исследования процесса изменения длины дислокационного соединения под напряжением изложены в работах [4, 5]. В результате проведенных исследований выявлены и изучены следующие механизмы: 1) полное разрушение соединения под приложенным напряжением; 2) неполное разрушение соединения путем обхода скользящей дислокацией; 3) образование длинных прочных соединений. Для определения длины пробега  $L_S$  по формуле (1) при определении значений параметра  $\beta_D^S$ , как было показано в работе [1], возникла необходимость в модификации модели. Расчеты длины пробега винтовых дислокаций проведены для монокристалла  $Cu$  при плотности дислокаций  $\rho = 10^{13} \text{ м}^{-2}$  и различных ориентациях оси деформации кристалла (табл. 1).

Таблица 1

Длина свободного пробега винтовой дислокации,  
длина наиболее прочных и длинных барьеров составляет  $EF \geq 0,9QP$

Ориентация оси деформации	$\beta_r^S$	$\beta_D^S$	$L_S$
[1 0 0]	0,109	0,0026	$\approx 53 \cdot 10^{-6}$ м
[1 0 1]	0,104	0	–
$[\bar{1} 1 1]$	0,163	0,0025	$\approx 44 \cdot 10^{-6}$ м

Анализируя полученные результаты (табл. 1), можно отметить, что длинные прочные дислокационные соединения, длина которых  $\geq 0,9QP$ , не образуются для оси деформации [101]. Дальнейшие исследования показали, что при ориентации оси деформации [101] образуются длинные соединения порядка  $\approx 0,78QP - 0,88QP$  (табл. 2).

Таблица 2

Длина свободного пробега винтовой дислокации,  
длина наиболее прочных и длинных барьеров составляет  $EF \approx 0,78QP - 0,88QP$

Ориентация оси деформации	$\beta_r^S$	$\beta_D^S$	$L_S$
[1 0 1]	0,104	0,0082	$\approx 30 \cdot 10^{-6}$ м

**Выводы.** В результате проведенных исследований определена длина пробега винтовых компонентов петли для трех ориентаций оси деформации кристалла. Выявлено, что длинные прочные соединения способные быть барьерами, ограничивающими зону сдвига, не образуются при ориентации оси деформации [101]. Наибольший пробег винтовые сегменты петли имеют при ориентации оси деформации [100]. Модифицированная модель междислокационных взаимодействий позволяет определить искомый параметр  $\beta_D^S$  и тем самым найти зависимость длины свободного пробега сегментов винтовой ориентации от плотности дислокаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kurinnaya R., Zgolich M., Cherepanov D., Starenchenko V., Selivanikova O., Matveev M. Length of a free path of the screw dislocation segments in FCC – single crystals // AIP Conf. Proc. – 2017. – V. 1800 – P. 030006-1–030006-7.
2. Schoek J., Fridman R. The contribution of the dislocation forest to the flow stress // Phys. Stat. Sol. (b). – 1972. – V. 53. – P. 661–674.
3. Puschl W., Frydman R., Schoek J. The strength of the dislocation forest  $30^\circ$  u  $60^\circ$  dislocations // Phys. Stat. Sol. (a). – 1982. – V. 74. – N 1. – P. 211–216.
4. Kurinnaya R., Zgolich M., Starenchenko V., Sadritdinova G. The length change of a dislocation junction in FCC-single crystals under stress // AIP Conf. Proc. – 2016. – V. 1698. – P. 040001-1–040001-6.
5. Куринная Р.И., Зголич М.В., Старенченко В.А. Влияние ориентации реагирующей скользящей дислокации на прочность дислокационных соединений в ГЦК-кристаллах // Изв. Вузов Физика. – 2015 – Т. 58 – №4 – С.24–29.