

УДК 548.4

В. В. Дежин*

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

*victor.dezhin@mail.ru

ОБ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОМ ВКЛАДЕ В ЗАТУХАНИЕ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ ЗА СЧЕТ РАДИАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ДИССИПАТИВНОЙ СРЕДОЙ

Рассмотрены изгибные колебания краевой дислокации в диссипативном кристалле. Найдены вклады изгибных колебаний в торможение дислокации в длинноволновом и коротковолновом пределах. Отмечены слагаемые, соответствующие интерференционному вкладу в затухание колебаний дислокации за счет радиационного торможения и взаимодействия с электронами проводимости.

Ключевые слова: дислокация, изгибные колебания, обобщенная восприимчивость, радиационное торможение, электронное торможение.

V. V. Dezhin

ON INTERFERENCE CONTRIBUTION TO BENDING VIBRATIONS DAMPING OF EDGE DISLOCATIONS DUE TO RADIATION LOSS AND INTERACTION WITH DISSIPATIVE MEDIA

The bending vibrations of edge dislocation in dissipative crystal are considered. Contributions of bending vibrations to dislocation drag in long-wave and short-wave limits are found. Terms corresponding to interference contribution to dislocation vibrations damping due to radiation drag and interaction with conduction electrons are noted.

Key words: dislocation, bending vibrations, generalized susceptibility, radiative dragging, electron drag.

Радиационное затухание колеблющейся прямолинейной дислокации (излучение упругих волн дислокацией) впервые рассмотрено Эшелби [1]. Позднее задача о радиационном торможении дислокации произвольной формы в изотропной бездиссипативной среде была решена в работах Нацика [2; 3]. В данной работе использовано понятие обобщенной восприимчивости [4] — мнимая часть обратной обобщенной восприимчивости дислокации определяет силу торможения. Предполагалось, что ось Oz лежит вдоль линии дислокации, которая совершает малые колебания вблизи положения равновесия. Учитывалось электронное торможение дислокации. На основе результатов [5; 6] найден вклад изгибных колебаний краевой дислокации в радиационное трение для диссипативного кристалла.

Для длинноволновых изгибных колебаний дислокации ($|k_z l| \ll 1$) произвольной частоты получено

$$\operatorname{Im} g^{-1}(k_z, \omega) = -\frac{\rho b^2}{10\pi} \gamma^0 \omega \left[\left(4\xi - \frac{8}{3} \xi^2 \right) (k_z l)^2 \ln \frac{1}{|k_z l|} - \left(2\xi - \frac{8}{3} \xi^2 \right) \frac{\omega^2}{\omega_l^2} \ln \frac{1}{|k_z l|} - \left(\frac{\pi}{2} \xi - \frac{64}{9\pi} \xi^2 \right) \frac{\omega^2}{\omega_l^2} |k_z l| \right].$$

Здесь k_z — компонента волнового вектора вдоль линии дислокации, l — длина свободного пробега электрона, $g(k_z, \omega)$ — обобщенная восприимчивость дислокации, ω — частота, ρ — плотность кристалла, \mathbf{b} — вектор Бюргера краевой дислокации, γ^0 — константа коэффициента электронного торможения, $\xi = c_t^2/c_l^2$, c_t и c_l — скорости поперечных и продольных звуковых волн в бездиссипативном кристалле, $\omega_l = c_l/l$.

Для коротковолновых изгибных колебаний дислокации ($1 \ll |k_z l| \ll k_m l$) произвольной частоты получено

$$\operatorname{Im} g^{-1}(k_z, \omega) = -\frac{3}{\pi} \xi \rho b^2 \omega_l^2 \left[\left(\frac{8}{3\pi^2} - \frac{1}{6} \xi \right) (k_z l)^2 - \left(\frac{4}{3\pi^2} - \frac{1}{6} \xi \right) \frac{\omega^2}{\omega_l^2} \right] \operatorname{arctg} \frac{\pi |\omega| \gamma^0}{3 \omega_l^2 |k_z l|},$$

где k_m — максимальное волновое число.

Видно, что найденные в работе выражения соответствуют интерференционному вкладу в затухание колебаний дислокации за счет радиационного торможения и взаимодействия с диссипативной средой.

Литература

1. Eshelby J. D. Dislocations as a cause of mechanical damping in metals // Proc. Roy. Soc. London A. 1949. V. 197, № 1050. P. 396–416.
2. Нацик В. Д. Радиационное торможение дислокационных петель // Физика твердого тела. 1966. Т. 8, № 7. С. 2244–2246.
3. Нацик В. Д. Излучение звука дислокацией, выходящей на поверхность кристалла // Письма в ЖЭТФ. 1968. Т. 8, № 6. С. 324–328.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. V. Статистическая физика. Ч. 1. М. : Физматлит, 2002. 616 с.
5. Рощупкин А. М., Батаронов И. Л., Дежин В. В. Обобщенная восприимчивость дислокации в диссипативном кристалле // Известия РАН. Сер. Физическая. 1995. Т. 59, № 10. С. 12–16.
6. Dezhin V. V. On damping of an edge dislocation vibrations in a dissipative crystal: limiting cases // J. of Physics: Conf. Ser. 2017. V. 936. 012062.