

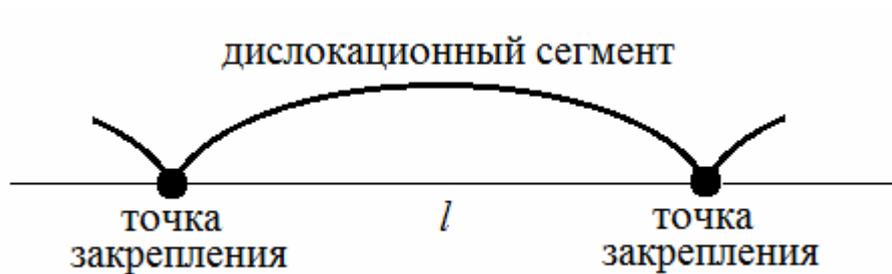
**О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО
МОДЕЛИРОВАНИЮ ЧАСТОТНОЙ
ЗАВИСИМОСТИ ВНУТРЕННЕГО
ТРЕНИЯ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ
ДИСЛОКАЦИОННОГО СЕГМЕНТА**

канд. физ.-мат. наук В.В. Дежин
Воронежский государственный технический университет

Цель данной лабораторной работы

- ознакомить студентов с новыми результатами теории внутреннего трения,
- дать наглядное представление о зависимости динамических характеристик дислокационного сегмента от частоты колебаний и длины дислокационного сегмента (нелокальность динамических характеристик),
- научить строить графики частотной зависимости внутреннего трения.

1. Жесткое закрепление сегмента дислокации на точках фиксации



Расчетные формулы

Эффективная жесткость дислокационного сегмента:

$$C = \frac{\mu b^2}{4\pi} \left(1 + 2\gamma \ln \frac{q_m l}{2\pi} \right).$$

Эффективная масса дислокационного сегмента:

$$M = \frac{\rho b^2}{4\pi} \frac{5}{6} (1 + \gamma^2) \left[\ln \frac{c_t q_m}{\omega} - \frac{\gamma^2}{2} \ln \gamma + \frac{1}{5} \ln \frac{q_m l}{2\pi} - \frac{1}{20} (1 + 3\gamma^2) \right].$$

Внутреннее трение:

$$Q^{-1} = \frac{5}{6} \frac{b^2 \rho_d \mu \theta \omega B}{\left(\frac{10}{l^2} C - \omega^2 M \right)^2 + \omega^2 B^2}.$$

Здесь μ – модуль сдвига, b – краевая компонента вектора Бюргера дислокации, $\gamma = c_t^2 / c_l^2$, c_t и c_l – скорости поперечных и продольных звуковых волн, q_m – максимальное волновое число, l – длина дислокационного сегмента, ρ – плотность вещества кристалла, ω – частота, ρ_d – плотность дислокаций, θ – ориентационный фактор, B – коэффициент торможения дислокации.

Графики зависимостей

для кристалла алюминия с параметрами: $\mu = 2,65 \cdot 10^{10}$ Па,
 $b = 2,86 \cdot 10^{-10}$ м, $c_t = 3130$ м/с, $c_l = 6400$ м/с, $\rho = 2700$ кг/м³;
 $q_m = 10^{10}$ м⁻¹, $\rho_d = 10^{10}$ м⁻², $\theta = 1$, $B = 1,4 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

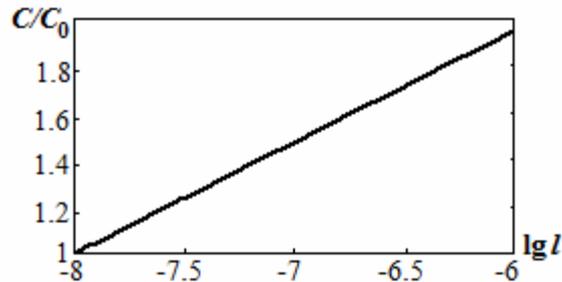


Рис. 1. Зависимость относительной эффективной жесткости дислокационного сегмента C/C_0 от логарифма длины дислокационного сегмента l , $C_0 = C(l = 10^{-8} \text{ м})$

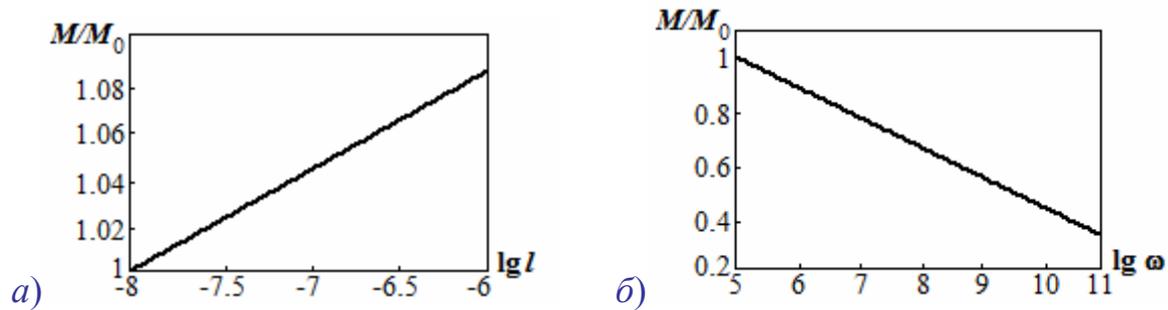


Рис. 2. Зависимости относительной эффективной массы дислокационного сегмента M/M_0 от логарифма длины дислокационного сегмента l (а) и от логарифма частоты ω (б)

$$a - \omega = 10^9 \text{ Гц}, M_0 = M (l = 10^{-8} \text{ м}), \quad б - l = 10^{-7} \text{ м}, M_0 = M (\omega = 10^5 \text{ Гц})$$

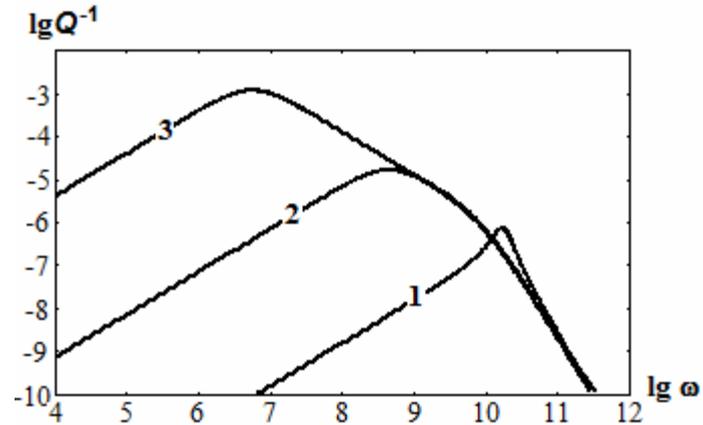
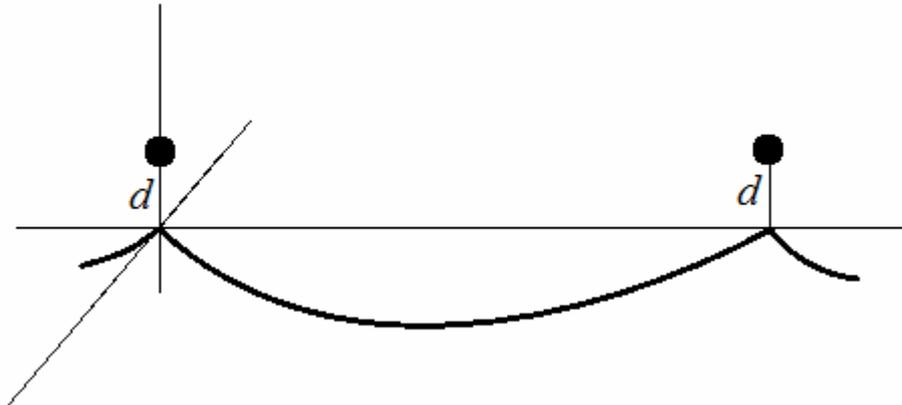


Рис. 3. Зависимость внутреннего трения Q^{-1} от частоты ω в логарифмических координатах для различных длин сегмента дислокации:

1 – $l = 10^{-8}$ м, 2 – $l = 10^{-7}$ м, 3 – $l = 10^{-6}$ м

2. Упругое взаимодействие сегмента дислокации с точками закрепления

В этом случае точки фиксации расположены на некотором расстоянии d от линии дислокации над плоскостью скольжения или под плоскостью скольжения.



Расчетные формулы

Эффективная жесткость дислокационного сегмента:

$$C' = C\chi.$$

Эффективная масса дислокационного сегмента:

$$M' = \frac{\rho b^2}{4\pi} \frac{5}{6} (1 + \gamma^2) \left[\ln \frac{c_t q_m}{\omega} - \frac{\gamma^2}{2} \ln \gamma + \frac{\chi^2}{5} \ln \frac{q_m l}{2\pi} - \frac{\chi^2}{20} (1 + 3\gamma^2) \right]$$

Внутреннее трение:

$$Q^{-1} = \frac{5}{6} \frac{b^2 \rho_d \mu \theta \omega B'}{\left(\frac{10}{l^2} C' - \omega^2 M' \right)^2 + \omega^2 B'^2}.$$

В этих формулах использован коэффициент χ , характеризующий силу упругой связи дислокации с точками закрепления. Если $\chi = 1$, то точки закрепления расположены на линии дислокации ($d = 0$) и мы имеем случай жесткого закрепления дислокационного сегмента, при увеличении расстояния d коэффициент χ уменьшается.

График частотной зависимости внутреннего трения для кристалла алюминия

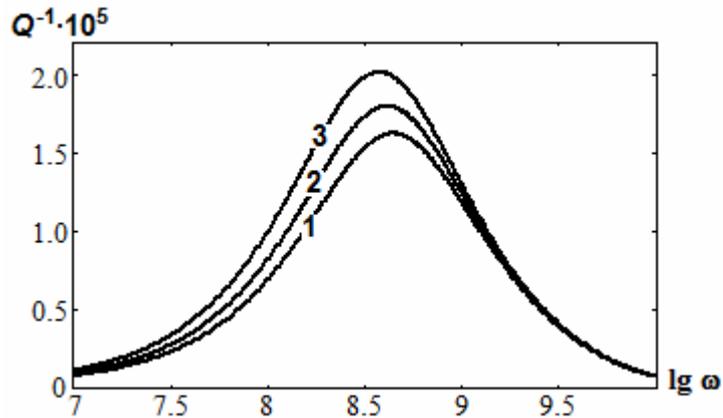


Рис. 4. Зависимость внутреннего трения Q^{-1} от логарифма частоты ω при $l = 10^{-7}$ м для различных значений коэффициента упругой связи: 1 – $\chi = 1$; 2 – $\chi = 0,9$; 3 – $\chi = 0,8$

Заключение

В результате выполнения рассмотренной лабораторной работы получены следующие результаты:

- с увеличением длины сегмента дислокации эффективная жесткость значительно увеличивалась (рис. 1), а эффективная масса увеличивалась незначительно (рис. 2, а);
- с увеличением частоты эффективная масса значительно уменьшалась (рис. 2, б);
- с увеличением длины сегмента дислокации пик внутреннего трения увеличивался и смещался влево (рис. 3);
- основной эффект упругого взаимодействия дислокации с точками закрепления сводится к изменению эффективной жесткости;

– с уменьшением коэффициента упругой связи пик внутреннего трения увеличивался и смещался влево (рис. 4).

Автор надеется, что разработанная лабораторная работа позволит студентам материаловедческих специальностей лучше усвоить соответствующие разделы спецкурсов, изучить математические методы, освоить навыки компьютерного моделирования, а также будет полезна для дальнейшей профессиональной деятельности.

Отметим, что для построения графиков использовался пакет *Math*а отличающийся простотой и доступностью.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ