

### Задания для практической работы

1) Объясните следующие явления на основе представлений о дислокациях:

а) холодная механическая обработка повышает твёрдость алюминия;

б) сплав, состоящий из 20 % цинка и 80 % меди, твёрже чистой меди;

в) твёрдость никеля возрастает при введении в него частиц окиси тория.

2) Необходимо получить сплав:

а) с большим сопротивлением деформации, твёрдостью, прочностью, имеющий высокую долговечность и работоспособность при работе в условиях износа и значительных механических нагрузок;

б) с высокой пластичностью, низкими значениями твёрдости и сопротивления деформации, имеющий хорошую обрабатываемость резанием и давлением.

Опишите структуру сплава, которая обеспечит требуемые свойства в обоих случаях.

3) Определить предел текучести и величину упрочнения металла после холодной пластической деформации, в результате которой плотность дислокаций увеличилась до  $10^{10} \text{ см}^{-2}$ .

Металл	$\sigma_0$ , МПа	$b$ , нм	$\alpha$	$G$ , ГПа
алюминий	40	0,404	0,3	27
железо	130	0,286	0,2	77

Связь между пределом текучести и плотностью дислокаций описывается уравнением

$$\sigma_T = \sigma_0 + \alpha \cdot G \cdot b \cdot \sqrt{\rho},$$

где  $\sigma_0$  – напряжение сдвига до упрочнения;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от природы металла;  $G$  – модуль сдвига;  $b$  – вектор Бюргерса (равен расстоянию между соседними атомными плоскостями).

4) Сплав железа с 0,8 % углерода имеет структуру твёрдого раствора с дисперсными частицами карбида железа  $Fe_3C$ , очень твёрдыми и прочными. Определить предел текучести сплава, если расстояние между частицами  $Fe_3C$  составляет: а) 20 нм, б) 40 нм, в) 60 нм, г) 80 нм, д) 100 нм.

Считать, что дислокации проходят между частицами. Предел текучести зависит от расстояния между частицами следующим образом:

$$\sigma_{\tau} = \sigma_0 + (G \cdot b)/L,$$

где  $\sigma_0$  – напряжение сдвига до упрочнения;  $G$  – модуль сдвига;  $b$  – вектор Бюргерса (равен расстоянию между соседними атомными плоскостями).

Металл	$\sigma_0$ , МПа	$b$ , нм	$G$ , ГПа
железо	130	0,286	77

Построить график зависимости  $\sigma_{\tau} = f(L)$  и проанализировать его.

5) Определить предел текучести железа с величиной зерна 100, 50, 30, 10 и 5 мкм, используя отношение Холла–Петча:

$$\sigma_{\tau} = \sigma_0 + k \cdot d^{1/2},$$

где  $\sigma_0$  – напряжение сдвига до упрочнения (130 МПа для железа);  $k$  – постоянная для данного металла (129 МПа·мм<sup>1/2</sup> для железа).

Построить график зависимости  $\sigma_{\tau} = f(d)$  и проанализировать его.

б) Сплав алюминия с 4 % меди имеет структуру твёрдого раствора с дисперсными частицами интерметаллического соединения  $CuAl_2$ , имеющими повышенную прочность. Определить предел текучести сплава, если расстояние между частицами  $CuAl_2$  составляет: а) 24 нм, б) 40 нм, в) 60 нм, г) 80 нм, д) 100 нм.

Считать, что дислокации проходят между частицами. Предел текучести зависит от расстояния между частицами следующим образом:

$$\sigma_{\tau} = \sigma_0 + (G \cdot b)/L,$$

где  $\sigma_0$  – напряжение сдвига до упрочнения;  $G$  – модуль сдвига;  $b$  – вектор Бюргерса (равен расстоянию между соседними атомными плоскостями).

Металл	$\sigma_0$ , МПа	$b$ , нм	$G$ , ГПа
алюминий	40	0,404	27

Построить график зависимости  $\sigma_{\tau} = f(L)$  и проанализировать его.



7) Определить напряжение сдвига  $\tau$ , необходимое, чтобы выгнуть линию дислокации в полуокружность между мелкими твердыми частицами, расположенными на расстоянии  $L$  друг от друга.

8) Предел текучести крупнозернистой латуни 20 МПа. При величине зерна 4 мкм – 120 МПа. Чем объясняется такое увеличение и чему равен коэффициент  $\beta$  для латуни? ( $\sigma_t = \beta / d^{1/2}$ .)

9) Определить предел текучести и величину упрочнения металла после холодной пластической деформации, в результате которой плотность дислокаций увеличилась до  $10^{10} \text{ см}^{-2}$ .

Металл	$\sigma_0$ , МПа	$b$ , нм	$\alpha$	$G$ , ГПа
титан	450	0,296	0,4	44
никель	150	0,352	0,3	73

Связь между пределом текучести и плотностью дислокаций описывается уравнением

$$\sigma_t = \sigma_0 + \alpha \cdot G \cdot b \cdot \sqrt{\rho},$$

где  $\sigma_0$  – напряжение сдвига до упрочнения;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от природы металла;  $G$  – модуль сдвига;  $b$  – вектор Бюргерса (равен расстоянию между соседними атомными плоскостями).

10) Два образца из одного и того же металла были пластически деформированы с уменьшением площади поперечного сечения. Один образец представляет собой цилиндр, а второй – прямоугольный параллелепипед; форма поперечного сечения в ходе деформации не изменилась. Исходные и конечные размеры образцов следующие:

	Цилиндрический (диаметр, мм)	Призматический (мм)
Исходные размеры	15,2	125?175
Конечные размеры	11,4	75?200

Какой из образцов приобрёл наибольшую твёрдость после деформации? Объясните ответ.

11) Недеформированный металл имеет средний размер зерна 40 мкм. Можно ли добиться уменьшения величины зерна до 10 мкм? Если да, то объясните, каким способом это можно сделать и какие процессы произойдут в структуре металла. Если нет – объясните, почему.