

В. И. ЗАЙЦЕВ, О. В. ПРЕСНЯКОВА, академик АН УССР А. А. ГАЛКИН

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ  
КУБИЧЕСКИХ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ  
" ВЫСОКИХ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

Теоретически показано<sup>(1)</sup>, что в изотропных однофазных поликристаллах кубической симметрии при всестороннем сжатии сдвиговые деформации не возникают. Однако в реальных поликристаллах с анизотропией упругих постоянных или при наличии примесей, окислов, частиц другой фазы всестороннее сжатие может вызвать развитие полос скольжения. Развитие сдвиговой деформации на железе с примесями и частицами другой фазы отмечено в<sup>(2)</sup>. Аналогичные результаты были получены на различных металлах и другими авторами. Эффект изменения высоты зуба текучести,  $\sigma_T$  и  $k_y$  в уравнении Петча

$$\sigma_T = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}, \quad (1)$$

где  $\sigma_T$  — нижний предел текучести,  $k_y$ ,  $\sigma_0$  — постоянные для данного материала и условий деформирования, для железа с 3% кремния в<sup>(3, 4)</sup> объяснены на основании гипотезы Буллена и Хендерсона<sup>(5)</sup> о возникновении свободных дислокаций в железе при воздействии высоких гидростатических давлений. Зависимость (1) справедлива и для металлов с г.д.к.-решеткой.

Можно предположить, что под высоким давлением в г.д.к.-металлах также возникнут свободные дислокации. По характеру изменений  $\sigma_0$  и  $k_y$  в зависимости от обработки металла и условий испытаний судят о том, какой механизм пластической деформации реализуется. Поскольку механизмы упрочнения г.д.к.- и о.д.к.-металлов существенно различаются, важно было изучить изменение этих параметров в г.д.к.-металлах после обработки их давлением.

Изучалось влияние величины давления при предварительном обжатии на температурную зависимость  $\sigma_T$ ,  $\sigma_0$ ,  $k_y$  железа, меди и алюминия технической чистоты. Величина зерна составляла у железа 0,02 мм, у меди 0,01 мм, у алюминия 0,12 мм. Разрывные образцы подвергались предварительному воздействию гидростатического давления в 5, 10, 15 кбар. Растяжение проводилось при 77—300° К. По кривым напряжение — деформация определялись  $\sigma_T(T, P)$ ,  $\sigma_0(T, P)$  и  $k_y(T, P)$ .

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующие общие закономерности:

с ростом давления предел текучести непрерывно понижается, а деформация до разрушения ( $\delta$  и  $\psi$ ) увеличивается;

влияние обработки давлением сказывается на начальных стадиях пластического течения (на  $\sigma_T$ ), не изменяя предела прочности ( $\sigma_0$ ).

В то же время обработка давлением приводит к различным температурным зависимостям  $\sigma_T(T)$ ,  $\sigma_0(T)$  и  $k_y(T)$  в меди и алюминии по сравнению с изменением этих же параметров в железе.

1. Ж е л е з о. Наблюдаемые нами зависимости  $\sigma_T(P)$  и  $\sigma_0(P)$  (рис. 1а, б) хорошо согласуются с гипотезой о возникновении свободных дислокаций во время воздействия высокого давления. Наличие свободных дислокаций в железе должно привести к понижению  $\sigma_T$  и  $\sigma_0$ . Если считать, что причиной роста напряжения течения при низких температурах является сила Пайерлса — Набарро, то появление свободных дислокаций не должно изменить характера зависимости  $\sigma_0(P)$  (ср. рис. 1б).

В обычных экспериментах при давлении  $P = 1$  атм считается, что величина  $k_y$  пропорциональна заблокированности дислокаций примесями.

Если под высоким давлением появляются свободные дислокации, то  $k_y$  будет отражать соотношение между количеством заблокированных и свободных дислокаций.

Анализ  $k_y = f(P, T)$  показывает, что при давлениях до 5 кбар плотность свободных дислокаций мала. Сильная температурная зависимость  $k_y(T)$  при  $P \leq 5$  кбар обусловлена процессом разблокировки дислокаций,

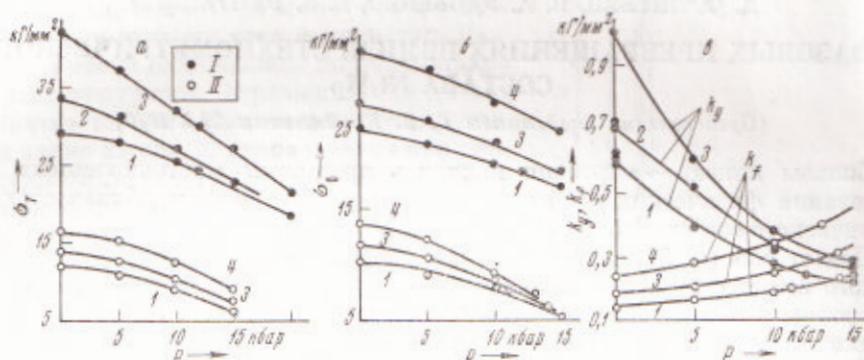


Рис. 1. Изменение  $\sigma_\tau$  (а),  $\sigma_0$  (б),  $k_y$  и  $k_f$  (в) железа (верхние кривые) и меди (нижние кривые) с увеличением давления предварительного обжатия в гидростатике при температуре 1 — (+20° С); 2 — (-50°); 3 — (-100°); 4 — (-196°)

имевшихся в металле до обработки его давлением (рис. 1в). Вклад свободных дислокаций в процесс деформации в этих условиях не является определяющим. Деформирование в области площадки текучести после давлений  $P \geq 10$  кбар, когда процент свободных дислокаций значительно выше, обеспечивается, в основном, за счет свободных дислокаций. Об этом можно судить по резкому уменьшению зависимости  $k_y(T)$  (рис. 1в).

2. Медь, алюминий. В г.д.к.-металлах всегда имеется достаточно дислокаций, расположенных в пересекающихся плоскостях. Их взаимодействие приводит к образованию сидячих дислокаций, сеток и других скопленений. С развитием этих процессов подвижность дислокаций понижается, а предел текучести  $\sigma_0$  возрастает. Под воздействием высокого гидростатического давления в металле возникают свободные, незакрепленные дислокации и предел текучести понижается.

Температурная зависимость предела текучести г.д.к.-монокристаллов  $\sigma_0$  по теории Зегера объясняется термически активированным пересечением леса дислокаций.

Из рис. 1б видно, что с возрастанием давления температурная зависимость  $\sigma_0(T)$  уменьшается. Это может свидетельствовать об уменьшении доли дислокаций леса, определяющих высокую температурную зависимость  $\sigma_0$ . Можно предположить, что ввиду достаточно сильной анизотропии упругих постоянных в меди возникновение свободных дислокаций в различных кристаллографических плоскостях не равновероятно. Ограничение числа плоскостей, в которых проявляются свободные дислокации, уменьшит число систем скольжения, а значит, и относительную плотность дислокаций леса. В конечном счете должна уменьшаться температурная зависимость  $\sigma_0(T)$ , что и наблюдается экспериментально.

На алюминии получены аналогичные результаты.

Донецкий физико-технический институт  
Академии наук УССР

Поступило  
4 I 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Д. М. Механица, Л. М. Комиссарова, С. Д. Волков, Физ. мет. и металловед., 24, 4, 732 (1967). <sup>2</sup> Н. Vu, P. Johannin, C. R., 241, 565 (1955); *ibid.*, 242, 2579 (1956). <sup>3</sup> P. J. Worthington, Phil. Mag., 19, № 160, 663 (1969). <sup>4</sup> Yajima Mosami, Ishii Mitsuru, Proc. Intern. Conf. Strength Metals and Alloys, Tokyo, 1967, Senday, 1968, p. 325. <sup>5</sup> F. P. Bullen, F. Henderson et al., Phil. Mag., 9, 295 (1964).