

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Е. П. ЗАКОШКОВА

ПОЛЗУЧЕСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ ОЛОВА

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 28 XII 1953)

Процесс ползучести или медленного пластического течения при напряжениях, лежащих ниже предела текучести монокристаллов легкоплавких металлов, представляет большой интерес, так как процессы упрочнения и отдыха, сопровождающие течение таких монокристаллов, протекают с заметной скоростью уже при обычных температурах. Пластическое течение при напряжениях ниже предела текучести характеризуется высокими значениями коэффициента упрочнения; процесс отдыха, зависящий при постоянной температуре только от времени, компенсирует частично, а иногда и полностью (в зависимости от скорости течения) упрочнение металла, так что взаимное развитие обоих процессов определяет скорость пластической деформации.

В сравнительно немногочисленных исследованиях ползучести металлических монокристаллов изучались, в основном, две стадии этого процесса: нестационарное течение с уменьшающейся скоростью, связанное с развивающимся упрочнением металла, и стационарное течение с постоянной скоростью, установившееся в результате компенсации нарастающего упрочнения отдыхом. Большинство из полученных нами в данном исследовании кривых ползучести монокристаллов олова принадлежит именно к этому типу, хорошо удовлетворяющему уравнению ползучести, предложенному В. И. Лихтманом (1). Вычисленные нами значения коэффициентов, входящих в это уравнение: упрочнения $\lambda = 60$ кг/мм², вязкости $\eta = 2 \cdot 10^{13}$ пуаз и отдыха $\kappa = 2,1$ кг/мм² · час хорошо согласуются со значениями, приведенными в указанной работе. Следует отметить, что величина этих коэффициентов не остается постоянной, а зависит от P : коэффициенты упрочнения λ и вязкости η уменьшаются, а отдыха κ увеличивается с возрастанием P .

На ряде монокристаллов олова в наших опытах были получены кривые с явно выраженной третьей стадией ползучести: скорость ползучести резко и значительно возрастала (см. рис. 1). Однако указанное возрастание скорости не приводит к разрыву образца, как это имеет место у поликристаллов, а через некоторое время Δt , по мере упрочнения металла, снова переходит в стационарное течение с прежним или мало отличающимся значением скорости. Кривые ползучести подобного типа наблюдались рядом авторов (2) на монокристаллах цинка и α -латуни, причем появление третьей стадии течения обычно объяснялось износом образца или местным повышением напряжения при уменьшении площади поперечного сечения (образование шейки). Как показывают простые расчеты, последняя причина не является единственной, и при малых напряжениях на образцах не наблюдается образования шейки.

Более общее объяснение возникновения области ускоренного течения возможно, повидимому, при правильном учете совместно протекающих

процессов упрочнения и отдыха. Область ускоренного течения наблюдалась нами на очень мягких ($\chi \approx 45^\circ$) и совершенных кристаллах, легко растягиваемых в плоскую ленту. Коэффициент упрочнения таких кристаллов невысок. Время τ_0 , протекшее от начала деформации до момента наступления ускоренного течения, при $P = \text{const}$ для изученных кристаллов приблизительно постоянно. При $P = 128 \text{ Г/мм}^2$ это время равнялось ~ 30 час. С возрастанием напряжения P время τ_0 уменьшается.

При пластической деформации кристалл разбивается на блоки, несколько повернутые относительно друг друга, и значительно упрочняется даже при малых пластических деформациях. При отдыхе внутренние напряжения постепенно исчезают вследствие теплового движения атомов решетки, причем этот процесс при $P = \text{const}$ и $T = \text{const}$ определяется только временем. С возрастанием P коэффициент упрочнения λ уменьшается, а следовательно, уменьшается и время отдыха, т. е. время наступления ускоренного течения.

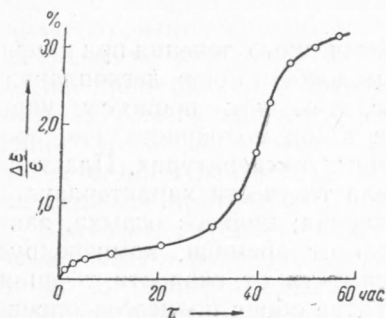


Рис. 1. $P = 128 \text{ Г/мм}^2$, $\chi = 47^\circ$

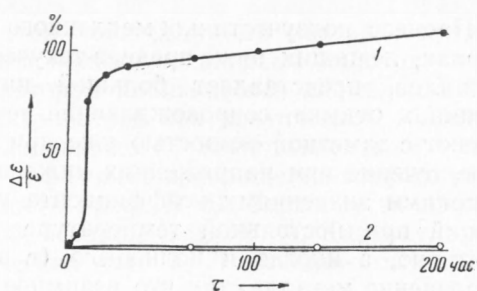


Рис. 2. $P = 128 \text{ Г/мм}^2$, $\chi = 44^\circ$

Деформированные образцы подвергались тщательному микроскопическому исследованию, причем на поверхности кристаллов просматривались и пачки скольжения и двойники. Образцы, на которых наблюдалось ускоренное течение, были лишены двойников, тогда как линии скольжения просматривались отчетливо. Таким образом, большие деформации в третьей стадии осуществляются механизмом скольжения, который, как известно, связан с большими перемещениями, чем сдвиги при двойниковании (3).

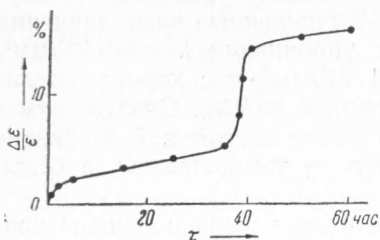


Рис. 3. $P = 103 \text{ Г/мм}^2$, $\chi = 53^\circ$

Исследовалось также влияние поверхностно-активных веществ на ползучесть монокристаллов олова. П. А. Ребиндером и В. И. Лихтманом (4, 5) в ряде работ было установлено влияние поверхностно-активных добавок на деформацию металлических монокристаллов. В наших опытах монокристалл разрезался на части:

одна испытывалась в инактивной среде — воздухе или чистом вазелиновом масле, вторая — в 0,2% растворе олеиновой кислоты в чистом вазелиновом масле. Скорость ползучести увеличивалась для ряда образцов в 4—10 раз, причем до 80% всей деформации падает на первые 30—60 мин., после чего устанавливается медленное течение с постоянной скоростью. Некоторые образцы и в активной среде дали кривые ползучести с третьей областью течения (см. рис. 2, кривая 1 снята в 0,2% растворе олеиновой кислоты, а кривая 2 — в воздухе).

Время τ_0 до наступления ускоренного течения при $P = 127 \text{ Г/мм}^2$ сокращается до 10 час., причем и время $\Delta\tau$ ускоренного течения уменьшается; если в воздухе $\Delta\tau$ равняется 15—20 час., то в растворе олеино-

вой кислоты $\Delta\tau = 10-30$ сек. При меньшем напряжении $P = 10,3$ Г/мм²) кривая указанного типа выражена более ярко (см. рис. 3). Для нее $\tau_0 = 35$ час. и $\Delta\tau = 5$ час., причем на область ускоренного течения приходится $\sim 60\%$ всей деформации образца.

Таким образом, при ползучести или медленном пластическом течении монокристаллов олова при напряжениях ниже предела текучести ярко выступает влияние поверхностно-активных веществ: резко увеличивается скорость ползучести, понижается коэффициент упрочнения металла, уменьшается время до наступления течения с повышенной скоростью, т. е. время, в течение которого отдых полностью снимает упрочнение металла.

Воронежский лесохозяйственный
институт

Поступило
28 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. И. Лихтман, ДАН, 72, № 6 (1950). ² Ф. Зейтц, Физика металлов, 1947. ³ В. Д. Кузнецов, Физика твердого тела, 2, Томск, 1941. ⁴ П. А. Ребиндер, В. И. Лихтман, ДАН, 56, № 7 (1947). ⁵ В. И. Лихтман, Е. П. Закощикова, ДАН, 66, № 4 (1949).