

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Л. И. ВАСИЛЬЕВ

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ РЕЛАКСАЦИОННЫХ И СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 31 I 1953)

Известно, что влияние скорости пластического деформирования кристаллических тел на ход кривых течения может быть объяснено разупрочнением, протекающим в процессе деформирования и частично уменьшающим эффект наклепа (¹⁻⁴). Формой разупрочнения под нагрузкой является релаксация пластически деформированных образцов (³⁻⁸). Чем выше скорость деформирования и чем меньше, следовательно, его продолжительность, тем, при прочих равных условиях, разупрочнение успевает протекать в меньшей мере, и результирующий наклеп оказывается более значительным*.

С изложенной точки зрения следует ожидать наличия качественного соответствия между значениями релаксационных и скоростных характеристик кристаллических тел при пластическом деформировании. Ниже производится сопоставление этих характеристик в случае пластического растяжения некоторых металлов.

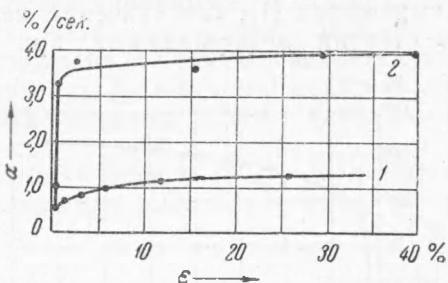


Рис. 1. 1 — медь, 2 — олово

Материалом для изготовления образцов служили проволоки из меди, никеля, сплава медь — никель (58,5% Cu; 41,5% Ni) и олова (0,20% Pb; 0,11% Sb; 0,07% Cu; 0,062% As; 0,011% Fe, 0,008% Bi). Диаметр проволок был, соответственно, равен: 0,44; 0,50; 0,50; 1,83 мм. Образцы никеля отжигались при температуре 850° в течение 1 часа 15 мин., сплава медь — никель при 800° в течение 1,5 часа, олова — при 100° в течение 20 мин. Медные образцы не отжигались, так как были нарезаны из отожженной проволоки. Состояние образцов после отжига контролировалось путем рентгенографирования и проведения механических испытаний. Все дальнейшие эксперименты производились на приборе для растяжения, сконструированном и изготовленном в СФТИ (⁸).

* При этом, естественно, подразумевается, что пластическое деформирование не сопровождается временными процессами (типа старения), приводящими к дополнительному упрочнению и могущими обусловить аномальное влияние скорости деформирования на результирующий наклеп (см., например (⁹)).

Было выполнено две серии экспериментов. В опытах первой серии находились релаксационные характеристики. Образцы с расчетной длиной 100 мм растягивались до различных степеней пластической деформации, при достижении которых дальнейшее растяжение прекращалось, и наблюдалась релаксация напряжений. По релаксацион-

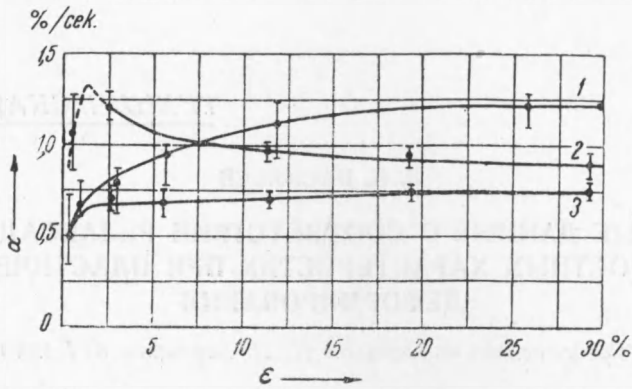


Рис. 2. 1— медь, 2— сплав медь— никель, 3— никель

ным кривым подсчитывались отвечающие различным степеням растяжения значения релаксационной характеристики — коэффициента разупрочнения (^{8,9})

$$\alpha = \frac{\sigma_{\epsilon} - \sigma_t}{\sigma_{\epsilon} \Delta t} \cdot 100\%/\text{сек.} \quad (1)$$

В выражении (1): σ_{ϵ} — значение напряжения при достижении некоторой степени деформации ϵ , при которой наблюдается релаксация; σ_t — значение напряжения спустя промежуток времени Δt после начала релаксации. Интервал Δt составлял 3 сек. Значение α для каждой из степеней пластического растяжения находилось по данным испытания 10 образцов.

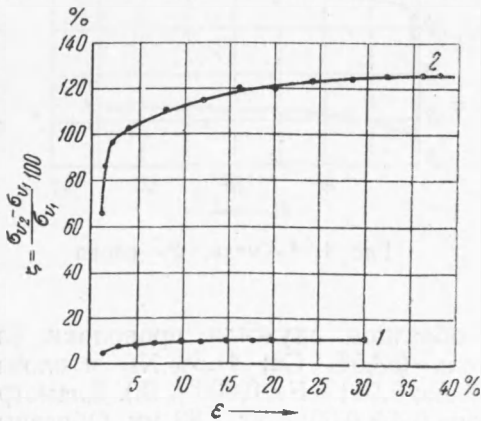


Рис. 3. 1 — медь, 2 — олово

Полученные результаты представлены на рис. 1 и 2. На рис. 1 приведены значения α при различных степенях пластического растяжения меди (1) и олова (2); на рис. 2 — меди (1), никеля (3) и сплава медь — никель (2).

Вторая серия экспериментов была поставлена для нахождения скоростных характеристик. Образцы растягивались при комнатной температуре со скоростями $v_1 = 0,033\%/мин.$, $v_2 = 27,0\%/мин.$ (в случае олова скорость v_1 была несколько больше — $0,06\%/мин.$).

Кривые растяжения $\sigma = \sigma(\epsilon)$, отвечающие скоростям v_1, v_2 и строившиеся по данным испытания 10 образцов каждая, позволяли находить

для всех достигавшихся степеней деформации значение скоростной характеристики

$$\zeta = \frac{\sigma_{v_2} - \sigma_{v_1}}{\sigma_{v_1}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Здесь σ_{v_1} — напряжение, соответствующее некоторой степени деформации ϵ при растяжении со скоростью v_1 ; σ_{v_2} — напряжение при той же степени деформации, но совершаемой со скоростью v_2 *.

На рис. 3 приведены результаты для меди (1) и олова (2)**; на рис. 4 — для меди (1), никеля (3) и сплава медь — никель (4).

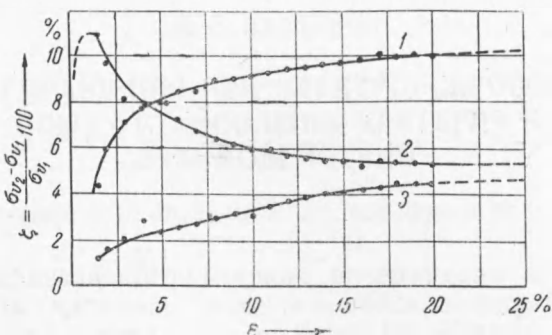


Рис. 4. 1 — медь, 2 — сплав медь — никель, 3 — никель

Сопоставление данных первой серии опытов (рис. 1 и 2) с данными второй (рис. 3 и 4), являющееся основной целью работы, обнаруживает ясное соответствие между релаксационными и скоростными характеристиками исследовавшихся металлов. Таким образом, по крайней мере применительно к рассмотренному случаю, можно сказать, что способность металла к разупрочнению (релаксации) действительно предопределяет, при прочих равных условиях, эффект влияния скорости пластической деформации.

Следует отметить, что С. И. Губкин еще в 1934 г. подчеркивал важность исследования явления релаксации для теории влияния скорости пластической деформации (10).

Сибирский физико-технический институт
при Томском государственном университете
им. В. В. Куйбышева

Поступило
25 XII 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Д. Кузнецов, Физика твердого тела, 2, Томск, 1941, стр. 479—486.
² М. А. Большанина, Н. А. Большанина, И. К. Горелов, ЖЭТФ, 4, 10, 1084 (1934). ³ М. А. Большанина, Изв. АН СССР, сер., физ. 14, № 2, 223 (1950).
⁴ Л. И. Васильев, Тр. Сиб. ФТИ, 26, 125 (1948). ⁵ И. А. Одинг, Metallurg, № 1, 14 (1934). ⁶ Я. И. Френкель, ЖЭТФ, 9, 10, 1238 (1939). ⁷ Л. И. Васильев, ЖТФ, 20, 5, 619 (1950). ⁸ Л. И. Васильев, ЖТФ, 22, 11 (1952). ⁹ Н. Н. Давиденков, Ф. Ф. Витман, Н. А. Златин, Сборн., посвящ. 70-летию акад. А. Ф. Иоффе, М., 1950, стр. 307. ¹⁰ С. И. Губкин и др., Экспериментальные вопросы пластической деформации металлов, 1934, стр. 93.

* Легко видеть, что величина ζ с точностью до аддитивной постоянной совпадает с обычным скоростным коэффициентом $z = \sigma_{v_2}/\sigma_{v_1}$, а именно: $\zeta = (z - 1) \cdot 100\%$. Однако при сопоставлении с α величина ζ с точки зрения физического смысла все же более предпочтительна, поскольку она, так же как и α , отражает относительное изменение напряжения.

** В связи с повышенным в случае олова значением v_1 кривая 2 является несколько заниженной.