

Толщина экрана, мм	Толщина ударника, мм	Образец пористой меди		Координаты точки достижения фронта		Скорость звука в материале экрана, км/с	
		толщина, мм	плотность, г/см ³	x, мм	t, мкс	измеряемая	по результатам работы [2]
1,98	1,98	9,92	2,95	8,29	1,610	9,15 ± 0,02	9,15
2,00	1,96	9,83	2,98	8,64	1,593		
1,99	1,99	9,94	2,94	8,33	1,561		
2,00	1,96	9,94	2,94	8,42	1,604		
6,97	2,01	4,89	2,97	9,70	1,307		
6,92	2,00	4,88	3,00	9,83	1,317		
6,98	1,98	4,92	2,97	9,81	1,327		
6,98	1,97	4,87	3,00	9,84	1,345		
6,96	1,96	4,88	2,99	9,91	1,317		

ния при этом не ниже, чем при применении прежнего метода, а объем экспериментальной работы сокращается.

Поступила 23 XII 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшулер Л. В., Павловский М. Н., Кулешова Л. В., Симаков Г. В. Исследования галогенидов щелочных металлов при высоких давлениях и температурах ударного сжатия.— ФТТ, 1963, т. 5, вып. 1.
2. Альтшулер Л. В., Кормер С. Б., Бражник М. И., Владимиров Л. А., Сперанская Н. П., Фунтиков А. И. Изэнтропическая сжимаемость алюминия, меди, свинца и железа при высоких давлениях.— ЖЭТФ, 1960, т. 38, с. 1061.
3. Альтшулер Л. В., Кормер С. Б., Баканова А. А., Трунин Р. Ф. Уравнения состояния алюминия, меди и свинца для области высоких давлений.— ЖЭТФ, 1960, т. 38, с. 790.

УДК 534. 222. 2

ОБ УСТАНОВИВШЕМСЯ ДЕФОРМИРОВАНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Ю. И. Фадеевко

(Новосибирск)

В исследованиях по механике пластически деформируемого твердого тела используется понятие динамического предела текучести σ_d . При этом подразумевается, что при достаточно больших значениях пластической деформации γ процесс деформирования некоторым образом устанавливается и напряжение, при котором происходит дальнейшее деформиро-

8*

вание, становится некоторой характерной для данного материала функцией скорости деформирования $\dot{\gamma}$ и температуры T , $\sigma = \sigma_d(\dot{\gamma}, T)$, которая и определяет динамический предел текучести. В рамках механики сплошной среды вопрос о существовании $\sigma_d(\dot{\gamma}, T)$ решается на основании экспериментальных данных, и если экспериментальные данные согласуются с представлением о существовании $\sigma_d(\dot{\gamma}, T)$, то дело сводится к выбору модели сплошной среды, имеющей соответствующее определяющее уравнение. Если, однако, используется представление о дискретной атомарной структуре вещества, то возникает необходимость истолкования существования функции $\sigma_d(\dot{\gamma}, T)$ на основе понятий теории дислокаций. По-видимому, в настоящее время экспериментальная информация еще недостаточна для окончательного разрешения этого вопроса. Рассмотрим имеющиеся возможности, используя для удобства (в качестве иллюстрирующего примера) простой случай чистого сдвига, осуществляемого «эффективной системой скольжения» дислокаций с соответствующим образом усредненными свойствами.

Пусть максимальное касательное напряжение σ действует в направлении скольжения, G — модуль сдвига, N — плотность дислокаций, v — скорость их скольжения, ε — упругая (потенциальная) часть полной энергии образования дислокационной нити единичной длины, b — абсолютная величина вектора Бюргерса. Представим скорость изменения тангенциальной деформации в виде суммы упругой и пластической составляющих

$$\dot{\gamma} = \dot{\gamma}_y + \dot{\gamma}_n = \sigma/G + bNv.$$

В частности, в установившемся режиме $\dot{\sigma} = 0$ и $\dot{\gamma} = bNv$; тогда из допущения о существовании динамического предела текучести вытекает необходимость существования однозначной зависимости $Nv = f(\sigma, T)$. Такая зависимость могла бы существовать в следующих случаях:

1. Величина N произвольна, но закон коллективного движения дислокаций отличается от закона движения одиночной дислокации и при этом имеет специальную форму

$$v(\sigma, T, N) = f(\sigma, T)/N,$$

а установление течения есть установление правильной структуры в коллективе дислокаций. Ограничимся констатацией этого варианта, не касаясь вопроса о возможности его реализации, и перейдем к следующим, представляющимся более правдоподобными.

2. Решения уравнений кинетики движущихся дислокаций имеют асимптотику $N(t) \rightarrow N^*$ (t — время) подобно тому, как имеется асимптотика для закрепленных дислокаций [1]. Установление течения есть приближение плотности дислокаций к ее асимптотическому значению.

3. Поскольку нет экспериментальных указаний на то, что для определенного материала всегда точно выполняются соотношения $N^* = \text{const}$ и $\dot{\gamma} = \text{const}$, следует допустить, что $N^* = N^*(\sigma, T)$. Эту зависимость можно попытаться объяснить тем, что уравнения кинетики дислокаций не имеют однозначной асимптотики и из множества допустимых асимптотических режимов отбирается тот, при котором состояние вещества в на-

и большей степени приближается к термодинамически равновесному. Рассмотрим интересный предельный случай, когда кинетика допускает достижение точного равновесия. Условие равновесия при установившемся деформировании определим как условие того, что потенциальная энергия

$$U = \sigma^2/2G + N\varepsilon$$

достигает минимального из значений, допустимых при заданных $\dot{\gamma}$ и T . Отыскивая по методу Лагранжа минимум $U(\sigma, N)$ при условии стационарности $\dot{\gamma}_n(\sigma, N)$, получаем уравнение

$$(1) \quad N^* \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial N} \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \frac{\partial v}{\partial N} \right) + N^* \left(\varepsilon \frac{\partial v}{\partial \sigma} - v \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} - \frac{\sigma}{G} \frac{\partial v}{\partial N} \right) - \frac{\sigma v}{G} = 0.$$

Уравнение (1) не удастся сопоставить с экспериментом из-за отсутствия необходимых данных. Упростим (1), положив $\varepsilon = \text{const}$ и $\partial v / \partial N = 0$, тогда оно примет вид

$$N^* = \sigma v / \varepsilon G (\partial v / \partial \sigma).$$

В частности, для закона движения дислокаций в виде $v = C(\sigma - \sigma_0)^\alpha$, где C и α — постоянные; σ_0 — статический предел текучести, получаем

$$(2) \quad N^* = \sigma(\sigma - \sigma_0) / \alpha \varepsilon G,$$

$$\dot{\gamma} = b C \sigma (\sigma - \sigma_0)^{\alpha+1} / \alpha \varepsilon G.$$

Следует ожидать, что приближение к равновесию облегчается при увеличении напряжения и скорости деформирования, так как увеличение плотности упругой энергии кристалла способствует активации большего количества элементарных кинетических процессов. В связи с этим отметим, что формулы (2) по порядку величин могут быть удовлетворительно согласованы с известными экспериментальными данными о высокоскоростном деформировании металлов (см., например, работу [2] и библиографию к ней). Для более определенных выводов о степени близости (1) к реальным процессам необходимы дополнительные экспериментальные данные.

Поступила 29 I 1976

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А. Н. Кинетика дислокационных структур. — ФММ, 1967, т. 24, № 5, с. 817—828.
2. Rohde R. W. Dynamic yield behavior of shock-loaded iron from 76 to 573°K. — «Acta Metallurgica», 1969, vol. 17, N 3, p. 353—363.