

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Г. В. УЖИК

**ОБ ОДНОЙ ЗАМЕЧАТЕЛЬНОЙ ОСОБЕННОСТИ ВСЕСТОРОННЕГО
НЕРАВНОМЕРНОГО СЖАТИЯ**

(Представлено академиком Е. А. Чудаковым 11 VII 1949)

1. При всестороннем неравномерном сжатии, так же как и при всестороннем неравномерном растяжении, возможны по крайней мере три предельных состояния материала:

- 1) сдвиг,
- 2) разрушение от отрыва в стадии предшествующей ему упругой деформации,
- 3) разрушение от среза в стадии преобладающей пластической деформации.

Следовательно, упругое состояние может заканчиваться либо сдвигом либо разрушением от отрыва. Условия перехода материала к каждому из этих состояний, выраженные в деформациях, таковы:

для сдвига:

$$e_1 - e_3 \geq g_s, \quad e_1 < e_0, \quad (1)$$

для отрыва:

$$e_1 - e_3 \leq g_s, \quad e_1 = e_0,$$

где e_1 и e_3 — наибольшее и наименьшее удлинения; g_s — максимальный сдвиг при линейном напряженном состоянии; e_0 — удлинение, вызывающее разрушение от отрыва при одноосном сжатии или растяжении; $e_0 > 0$.

Таким образом, для выяснения условий прочного состояния или разрушения при всестороннем неравномерном сжатии чрезвычайно важно рассматривать отдельно стадию упругой деформации от стадии пластической деформации.

2. Всестороннее неравномерное сжатие всегда можно осуществить так, что в стадии упругой деформации обязательно будет иметь место поперечное удлинение. Если, например, σ_3 — осевое сжатие (рис. 1), а $\sigma_1 = \sigma_2$ сжатие в боковом направлении, то суммарная поперечная деформация, например элемента ab (рис. 1), будет равна

$$e = -\frac{|\sigma_1|}{E} + \mu \frac{|\sigma_3|}{E} + \mu \frac{|\sigma_2|}{E} \quad (2)$$

и так как $\sigma_1 = \sigma_2$, то

$$e = -\frac{|\sigma_1|}{E} (1 - \mu) + \mu \frac{|\sigma_3|}{E}. \quad (3)$$

Очевидно, что поперечное удлинение возможно лишь в том случае, если

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} > \frac{1 - \mu}{\mu}. \quad (4)$$

При $\frac{\sigma_3}{\sigma_1} < \frac{1-\mu}{\mu}$ будет всестороннее сжатие, и разрушение материала от отрыва под действием поперечных удлинений окажется невозможным. Если же для данного материала уже при одноосном сжатии установлено то значение поперечного удлинения, при котором наступает разрушение от отрыва, т. е. если известно значение $0 < e_{дон} < e_0$ в условиях (1) и (2), тогда соотношение σ_3/σ_1 может быть выбрано из условия допустимой поперечной деформации $e_{дон} > 0$. В соответствии с (3)

$$\mu \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{E e_{дон}}{\sigma_1} + (1 - \mu). \quad (5)$$

Следовательно, при всестороннем неравномерном сжатии можно выбрать такое соотношение между наибольшим σ_1 и наименьшим σ_3

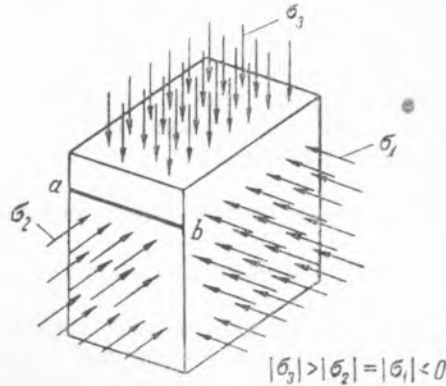


Рис. 1

главными напряжениями, при котором полностью может быть исключена возможность разрушения материала от отрыва под действием поперечных удлинений.

В пределах этого соотношения между σ_3 и σ_1 повышение абсолютной величины каждого из них также не вызывает опасности разрушения от отрыва, поскольку σ_1 и σ_3 — напряжения сжатия.

Но если существуют условия, при которых возможно сколь угодно большое повышение наибольшего и наименьшего главных напряжений без опасности разрушения материала от отрыва, то, следовательно, существует возможность в пределах упругих деформаций такого же увеличения и наибольшего касательного напряжения, поскольку в какой-то момент начала нагружения

$$\tau_{\max} = \frac{(-\sigma_1) - (-\sigma_3)}{2},$$

а затем, если σ_3/σ_1 выбрано, как указано выше, возможно увеличение τ_{\max} в n раз:

$$n \tau_{\max} = n \frac{(-\sigma_1) - (-\sigma_3)}{2}.$$

Повышение σ_1 , σ_2 и σ_3 в пределах указанного допустимого соотношения σ_3/σ_1 и увеличение τ_{\max} при упругих деформациях может, очевидно, продолжаться до тех пор, пока не будет преодолено сопротивление сдвигу. После этого начнется пластическая деформация.

Таким образом, в определенных условиях (4) и (5) можно в стадии упругой деформации подвергнуть материал весьма значительному всестороннему неравномерному сжатию без опасности разрушения его

от отрыва и при этом поднять значение τ_{\max} до такой величины, какая может оказаться необходимой для преодоления сопротивления материала сдвигу — каким бы оно ни было большим.

В этом и заключается замечательная особенность всестороннего неравномерного сжатия.

Этой особенностью всестороннего сжатия уже не раз пользовались для изучения пластичности материалов, обладающих весьма значительным сопротивлением сдвигу, как это сделал, например, Карман применительно к мрамору ⁽⁴⁾ или Б. Д. Грозин при разработке метода определения пластичности высокотвердых сталей ⁽⁵⁾.

Однако объяснить причину существования этой особенности и связать ее с сопротивлением разрушению материала от отрыва представилось возможным лишь в настоящее время.

Рассмотренные условия (1) и (2), а также (3) и (4) безусловно найдут применение для расчета таких режимов всестороннего неравномерного сжатия, при которых окажется невозможным разрушение материала от отрыва в стадии упругой деформации образца. Но именно эти условия нагружения всесторонним неравномерным сжатием как раз и необходимы для осуществления сдвига, определения предела текучести и изучения пластичности материалов, обладающих весьма высоким сопротивлением сдвигу.

Поступило
29 VI 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. В. Ужик, ДАН, 64, № 4 (1949). ² Г. В. Ужик, Изв. АН СССР, ОТН, № 10 (1948). ³ Г. В. Ужик, Изв. АН СССР, ОТН, № 5, 657 (1949). ⁴ А. Надаи, Пластичность, 1936, стр. 57. ⁵ Б. Д. Грозин, Пластичность высокотвердых сталей. Автореферат докторской диссертации, АН УССР, Киев, 1949.