

**ВЛИЯНИЕ СЛОЖНОГО НАГРУЖЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ  
ИНТЕНСИВНОСТИ НА ГРАНИЦУ ТЕКУЧЕСТИ**

А. М. КОРЕНЕВА, Г. А. ДОЩИНСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Аналитическое описание поведения пластически деформируемого упрочняющегося материала предполагает установление формы поверхности текучести, разделяющей в пространстве напряжения области упругого и пластического состояния, и ее трансформаций в процессе пластической деформации.

В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния предварительного сложного нагружения постоянной интенсивности на форму последующих поверхностей текучести, устанавливаются также некоторые дополнительные закономерности пластической деформации для данного вида нагружения.

Постулаты Ильюшина [1], Друккера [2], устанавливая некоторые общие свойства поверхностей текучести (например, выпуклость), не дают полного представления о конкретной форме последующих поверхностей текучести и о влиянии на их геометрию истории деформирования. Имеющихся экспериментальных работ, посвященных систематическому изучению формы последующих поверхностей текучести и влияния на них истории деформации для определенных заключений недостаточно, а порою они противоречивы (3÷5) и др.

Описываемые эксперименты проводились в условиях двухстороннего растяжения, осуществленного путем растяжения трубчатых образцов с дополнительным внутренним давлением.

Образцы из стали 40Х были изготовлены из сплошных прутков диаметром 40 мм. Наружный диаметр образцов 30 мм  $t=1$  мм. Аналогичными были и образцы из стали У8. Дюралюминиевые образцы представляли отрезки холоднотянутых труб с наружным диаметром 30 мм, толщиной стенки 1 мм, длиной рабочей части 120 мм. Все образцы подвергались рекристаллизационному отжигу. Продольные и поперечные деформации определялись с помощью механических тензометров. На каждой ступени нагружения образца отсчеты по приборам брались после выдержки 5÷7 мин., для исключения влияния ползучести. Особые опыты были проведены для проверки степени изотропии. Эти опыты состояли в испытании образцов растяжением в осевом и тангенциальном направлениях.

Испытания проводились на машине ЗМДУ-30 и программировались в плоскости Ильюшина [1]:

$$S_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \left( \sigma_z - \frac{1}{2} \sigma_\theta \right)$$

$$S_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \sigma_\theta$$

$$S = S_1 i + S_2 j$$

$S_1, S_2$  — компоненты вектора напряжений

$\sigma_z, \sigma_\theta$  — осевое и окружное напряжения.

Вначале образцы из стали 40X растягивались осевым усилием до появления пластических деформаций, а затем внутреннее давление и осевое усилие изменялись так, что нагружение осуществлялось на поверхности постоянной интенсивности.

После разгрузки образцы повторно нагружались по лучам  $\frac{S_2}{S_1} = 0; 0,3; 0,5; 0,8$ . По замеренным значениям деформации подсчитывалась интенсивность деформаций  $e_i$ , а по напряжениям  $\sigma_z$  и  $\sigma_\theta$  — интенсивность напряжений. По диаграмме  $\sigma_i - e_i$  определялось значение  $\sigma_{is}$  на условном пределе текучести по допуску на остаточную деформацию  $\approx 0,173\%$ .

Определение напряжений  $S_1$  и  $S_2$ , соответствующих значению  $\sigma_{is}$ , проводилось по графикам  $\sigma_z - \sigma_i, \sigma_\theta - \sigma_i$ .

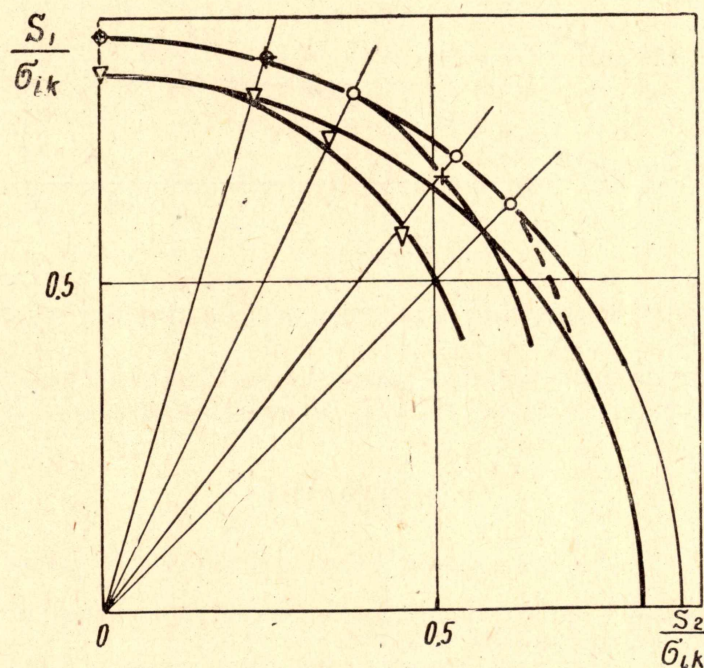


Рис. 1

Для стали 40X были проведены также эксперименты для исследования влияния предварительной пластической деформации простого нагружения на поверхность текучести. Оказалось, что результаты опытов совпадали с полученными ранее в работе [6].

Образцы из дюралюминия Д1Т нагружались первоначально по поверхности постоянной интенсивности, по длине дуги до  $90^\circ$ , и после разгрузки нагружение каждого образца осуществлялось по собственному лучу в координатах  $S_1 - S_2$ . Полученные результаты подобны стали 40X; на участках движения по дуге  $\sigma_i = \text{const}$ .

Результаты экспериментов показывают, что движение по дуге  $\sigma_i = \text{const}$  приводит в окрестности пройденного сектора к локальной

трансформации поверхности текучести к форме, соответствующей изотропному упрочнению (рис. 1).

Опыты показывают, что увеличение  $\sigma_i$  предварительного нагружения приводит и к расширению поверхности текучести, однако это расширение является ограниченным.

Так, в опытах, проведенных на образцах из стали У8, установлено, что прирост пластической деформации наблюдается только до значения  $\sigma_z = \sigma_0$  (фиг. 2). Это позволяет предполагать, что на пластическую деформацию оказывает влияние среднее напряжение  $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ .

Реализация нагружения  $\sigma_i = \text{const}$  на трубчатых образцах при двустороннем растяжении связана с неизбежным изменением шаровой части тензора напряжений, последняя и может рассматриваться причи-

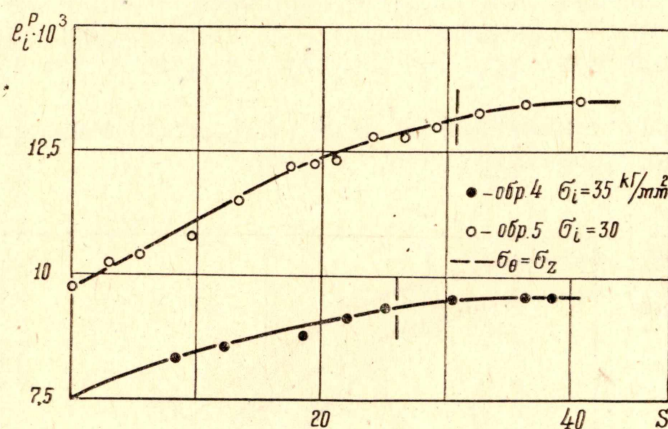


Рис. 2

ной наблюдаемых изменений пластического состояния в условиях  $\sigma_i = \text{const}$ .

Влияние гидростатического давления на пластическую деформацию отмечалось в работах Штюсси [7], Ягна и Чаплинского [8] и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Ильюшин. Об основах общей математической теории пластичности. Изв. АН СССР, 1961.
2. D. C. Drucker. Stress-strain relations in the plastic range of metals Experiments and basic concepts, Rheology, v. 1, 1956.
3. А. Филлипс. Конические точки на поверхности текучести. Сб. Механика, № 4, 1961.
4. А. М. Жуков. Некоторые особенности кривой нейтрального нагружения. Изв. АН СССР, № 8, 1958.
5. Г. Б. Талыпов. Влияние предварительной пластической деформации на границы текучести и разрушение меди. Сб. Исследования по упругости и пластичности, № 4, 1965.
6. А. М. Коренева, Г. А. Дошинский. Экспериментальное исследование кривой нейтрального нагружения. Известия ТПИ, 1967.
7. Fr. Stussi. Grundlagen der mathematischen Plastizitätstheorie und der versuch ZAMP, 1950, Bd. 1, Fact. 4.
8. Ю. И. Ягн, И. А. Чаплинский. О сопротивлении металлов пластическому деформированию. Доклады АН СССР, т. XI, № 6, 1953.