

**СВЯЗЬ МЕЖДУ ТВЕРДОСТЬЮ, ДЕФОРМАЦИЕЙ  
И НАПРЯЖЕНИЯМИ  
В ОБЛАСТИ БОЛЬШИХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ**

Г. Д. ДЕЛЬ, К. Н. ЦУКУБЛИНА, И. Н. ТЕМНИК

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Метод исследования пластических деформаций измерением твердости [1, 2] основан на предположении о существовании единой при различных напряженных состояниях и путях нагружения зависимости между интенсивностью напряжений и твердостью деформированного тела. Ранее это предположение было проверено в области сравнительно небольших пластических деформаций путем испытания трубчатых образцов [3]. Цель настоящего исследования — проверка предположения в области больших пластических деформаций.

Исследование выполнено по методике, разработанной В. И. Максак [4]. Сущность методики заключается в следующем. Два цилиндрических образца разных диаметров нагружаются осевой силой  $P$  и крутящим моментом  $M$  таким образом, чтобы отношение  $\frac{P}{M}$  у образцов было одинаково. Предполагается, что отличие диаметров образцов достаточно мало. По результатам испытания строятся графики изменения деформирующего усилия и крутящего момента в зависимости от логарифмического сдвига на поверхности  $q$ . По этим графикам для различных  $q$  определяются разности.

$$M = M_2 - M_1, \quad P = P_2 - P_1,$$

где

$P_{1,2}$ ,  $M_{1,2}$  — соответственно усилие и момент при деформировании меньшего и большего образца. По полученным результатам строятся графики  $M(q)$ ,  $P(q)$  для условной трубки, дополняющей образец меньшего диаметра до большего. Напряжения в стенках этой трубки определяются по формулам

$$\sigma_r = \frac{P}{\pi(R_0^2 - R_m^2)}, \quad \tau = \frac{M}{2\pi R_0^2(R_0 - R_m)},$$

где

$R_0$ ,  $R_m$  — соответственно радиусы большего и меньшего образцов,  $R_0 = \frac{R_0 + R_m}{2}$  — средний радиус «трубки». По изменению длины  $l$  и сдвигу  $\gamma$  определялись продольная деформация и логарифмический сдвиг на поверхности.

$$e_z = \ln \frac{l}{l_0}, \quad q = \ln \left[ 1 + \frac{\gamma}{2} (\gamma + \sqrt{4 + \gamma^2}) \right].$$

Интенсивности напряжений и деформаций

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \quad e_i = \sqrt{e_z^2 + \frac{q^2}{3}}.$$

Методика обоснована для случая простого нагружения.

Испытано по 6 пар образцов из двух материалов Ст. 3 и сталь X18H9T. Реализовано плоское напряженное состояние с отношением главных напряжений  $n$ , равным 0 (растяжение),  $-0,8, -0,6, -0,4, -0,2$  и  $-1$  (кручение). Для сохранения постоянства  $n$  отношение  $\frac{P}{M}$  должно

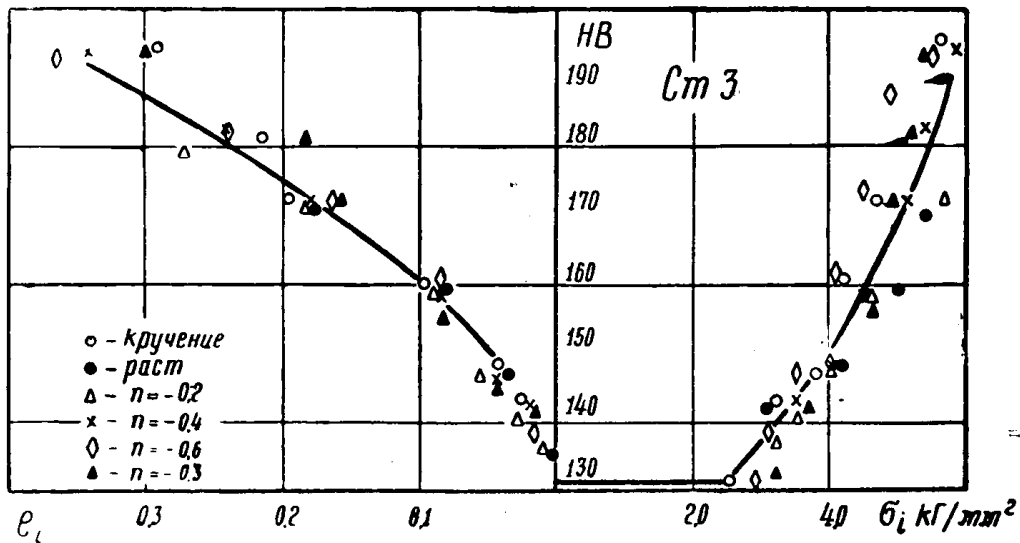


Рис. 1

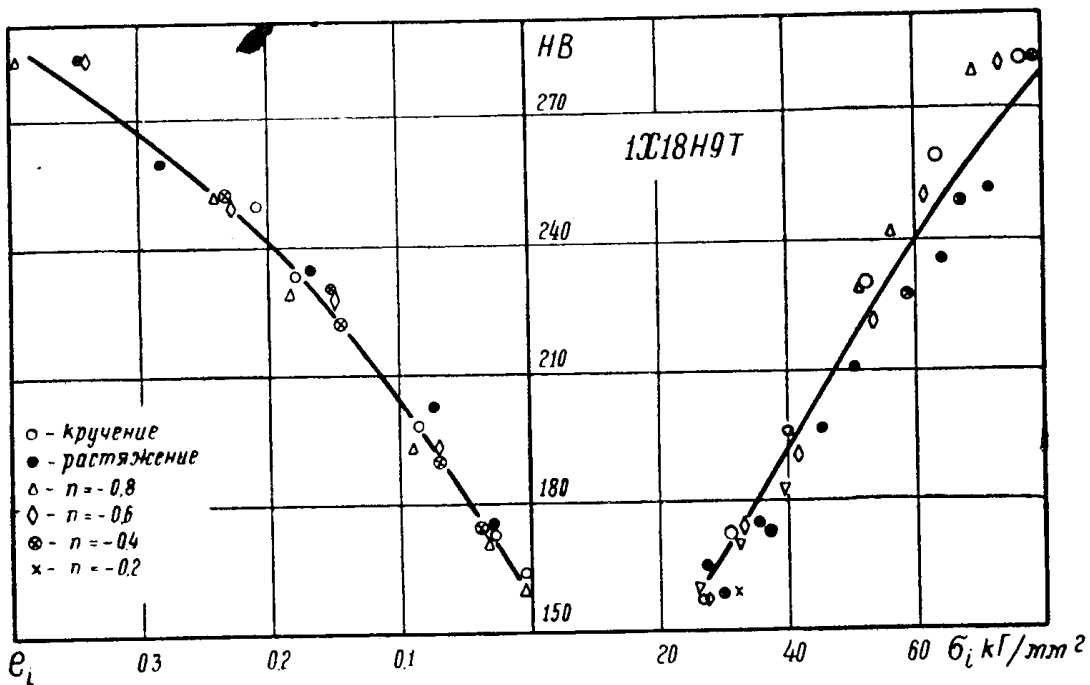


Рис. 2

быть определенным на каждой ступени нагружения образцов. Деформации в одну ступень нагружения каждой пары выдерживались одинаковыми.

Твердость измерялась после разгрузки шариком с  $d=5$  мм под нагрузкой 500 кг в двух точках цилиндрической поверхности. Диаметры отпечатков измерялись на инструментальном микроскопе. На рис. 1, 2 среднее арифметическое четырех измерений на каждой паре образцов сопоставлено с интенсивностью напряжений и деформаций. Отклонения отдельных точек от тарировочной кривой, построенной по результатам испытания на растяжение и кручение, лежат в пределах точности эксперимента. Учитывая полученные ранее результаты исследования связи между твердостью и напряжениями при немонотонном нагружении [5], можно считать с достаточной для инженерных исследований точностью, что связь между интенсивностью напряжений и твердостью одинакова для различных напряженных состояний и в области больших пластических деформаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Смирнов-Аляев. Сопротивление материалов пластическому деформированию. Машгиз, М., 1961.
  2. Г. Д. Дель. Исследование пластической деформации измерением твердости. Изв. ТПИ, т. 138, 1965.
  3. Г. Д. Дель. Твердость деформируемого металла (в печати).
  4. В. И. Максак. Метод исследования больших пластических деформаций. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по прочности и пластичности.
  5. Г. Д. Дель, В. А. Огородников. Изменение твердости металлов при немонотонном нагружении. Изв. ТПИ (в печати).
-