

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ПРИ БОЛЬШИХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ

Г. А. ДОЩИНСКИЙ, С. Х. АБДРАХМАНОВ, С. А. ПАЛЬВИНСКАЯ,
Т. И. ГОЛОБУРДО

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Классическая теория пластичности исходит из условия, что упругая часть деформации и за пределами упругости определяется теми же закономерностями, что и в начальной упругой стадии. Предполагается также, что процесс разгрузки подчиняется закономерностям упругой деформации (закон Герстнера). Пластические деформации определяются обычно разностью полных и упругих девиаторных частей тензора деформации

$$\varepsilon_{ij} = e'_{ij} - \frac{\sigma'_{ij}}{2G}.$$

Считается, что упругие свойства материала и при пластической деформации характеризуются теми же «константами», что и при чисто упругом поведении.

Однако в реальных металлах пластическая деформация развивается при очень сложных механизмах внутри и межкусталлических перестроений структуры металла. При этом можно ожидать, что характеристики упругости, являющиеся интегральным выражением свойств поликристаллического тела, могут стать отличными от первоначальных.

Исследования последних лет, проведенные Жуковым [1], [2], Сазоновым [3] и др., показывают возможность изменения в процессе пластического деформирования модулей нормальной (E) и касательной (G) упругости.

В экспериментах [4], [5] изучались закономерности изменения «констант» упругости с ростом степени пластической деформации. Было отмечено, что в малоуглеродистых сталях характеристики упругости заметно изменяются (на 10—15%) в начальных стадиях (1—2%) пластической деформации. В дальнейшем отмечалась тенденция к стабилизации характеристик упругости металла.

Все отмеченные исследования проведены, однако, в области малых (не превышавших 10%) упруго-пластических деформаций. Они не дают информации о возможных пределах изменения «констант» упругости при больших пластических деформациях, реализуемых в различных технологических операциях при обработке металлов давлением. Информация такого рода позволяет уточнить общий вид закономерности изменения упругих свойств металла при пластических деформациях. Ниже приведены результаты экспериментов с определением значений модулей уп-

ругости при больших пластических деформациях вплоть до разрушения металла.

Большие деформации достигались кручением сплошных цилиндрических образцов малоуглеродистой стали (ст. 3), меди, латуни. Определение модулей упругости проводилось по угловым коэффициентам прямых пропорциональности при упругом нагружении образцов, разгруженных после очередной ступени пластического закручивания. Пластическое закручивание производилось на испытательной машине для кручения системы «Амслер» (150 кгм). Угол закручивания определялся по лимбу машины с пересчетом к рабочей длине 10 см. Измерение упругого угла закручивания для определения модуля касательной упругости проводилось методом зеркала и шкалы с увеличением 3000. Для определения модуля нормальной упругости образцы после каждого этапа пластического закручивания устанавливались на разрывную машину системы «Мора—Федергафа» (30 т). При этом для измерения упругих деформаций применялись тензометры Гугенбергера с увеличением 1 000. Предварительно перед опытами все образцы были подвергнуты рекристаллизационному отжигу (ст. 3 — $T_{\text{отж.}} = 700^\circ\text{C}$, медь, латунь — $T_{\text{отж.}} = 500^\circ\text{C}$). Время отжига 2,5 часа, охлаждение с печью. Каждое значение модуля упругости определялось как среднее нескольких повторных упругих нагружений. Все опыты заканчивались разрушением образцов.

На рис. 1 представлены относительные значения E/E_0 и G/G_0 в функции угла пластического закручивания для стальных образцов. E_0 , G_0 — начальные значения модулей упругости металла после отжига. Для меди и латуни получена аналогичная картина, лишь с большим физическим разбросом.

Следует отметить, что наблюдающийся разброс экспериментальных точек связан с немонотонными изменениями упругих свойств поликристаллического металла в процессе пластической деформации, т. е. яв-

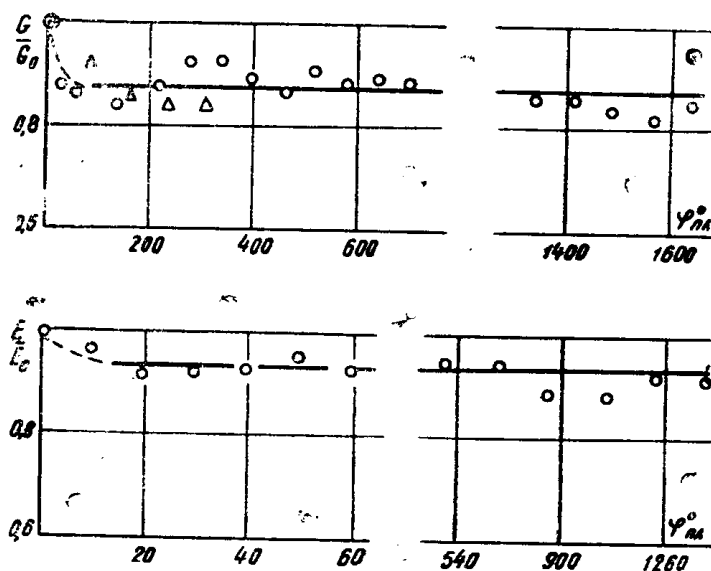


Рис. 1

ляется физическим разбросом, а не следствием погрешностей эксперимента. Такое заключение следует из хорошей повторяемости результатов при нескольких упругих нагружениях и с малозаметными отклонениями экспериментальных точек от прямой пропорциональности при каждом упругом нагружении для данного этапа.

Полученные результаты подтверждают наблюдавшийся ранее результат [4], [5], что заметное изменение упругих свойств металла происходит лишь при начальных стадиях пластической деформации. С ростом степени пластической деформации упругие свойства стабилизируются. Поэтому для больших пластических деформаций представляется возможным считать упругие характеристики металла не зависящими от степени деформации. Можно лишь рекомендовать определение величины констант упругости металла после некоторой предварительной пластической деформации, превышающей $1 \div 2\%$.

Можно также полагать, что исправленный принцип градиентальности по А. А. Ильюшину [6] относится лишь к начальным стадиям пластической деформации

$$\frac{d\bar{\epsilon}}{dS} + (E)' \bar{\epsilon} = \lambda \operatorname{grad} f.$$

Для большей же части пластической области будет приемлемым принцип градиентальности в простейшей форме

$$d\bar{\epsilon} = d\lambda \operatorname{grad} f.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Жуков. Некоторые особенности кривой нейтрального нагружения. Изв. АН СССР, ОТН, № 8, 1958.
2. А. М. Жуков. Упругие свойства пластически деформированного металла и сложное нагружение. Инженерный сборник, т. 30, Изд. АН СССР, 1960.
3. Ю. А. Сазонов. Об изменении модулей упругости меди и никеля в процессе пластической деформации. Труды Ленинградского политехнического института, № 278, 1967.
4. Н. В. Погожева, Г. А. Дошинский. Исследование изменения упругих констант материала при деформации. Изв. ТПИ, т. 225, в печати.
5. Н. В. Погожева, Г. А. Дошинский. Изменение модуля нормальной упругости с ростом степени пластической деформации. Изв. ТПИ, т. 244.
6. А. А. Ильюшин. О приращении пластической деформации и поверхности текучести. ПММ, т. XXIV, вып. 4, изд. АН СССР, 1960.