

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ПЕРЕХОДНУЮ ЗОНУ ОТ РАВНОМЕРНОЙ ДЕФОРМАЦИИ К СОСРЕДОТОЧЕННОЙ

В. МАТЮНИН

Кафедра Технологии металлов Московского Энергетического Института, Москва

(Поступило: 11 февраля 1972 г.)

Представлено: проф. д-р Л. Жильмо

Известно, что при растяжении гладких образцов переход от равномерной деформации к сосредоточенной осуществляется не мгновенно, а сопровождается некоторым интервалом деформаций, т. е. определённой переходной зоной. Причём в переходной зоне возникают довольно сложные явления, связанные с локализациями деформации в отдельных сечениях и с перебрасыванием их с одного места на другое, что характеризует в конечном итоге способность металла к упрочнению, а также устойчивость пластического течения в области максимальной растягивающей нагрузки [1]. Потеря устойчивости деформации в переходной зоне может быть проанализирована с помощью уравнения, выражающего условие равновесия растягиваемого образца:

$$\frac{dp}{p} = \left(\frac{1}{s} \frac{\partial s}{\partial \epsilon} + \frac{1}{s} \frac{\partial s}{\partial \dot{\epsilon}} \frac{d\dot{\epsilon}}{d\epsilon} - \frac{1}{F} \left| \frac{\partial F}{\partial \epsilon} \right| \right) d\epsilon \quad (1)$$

где: P — нагрузка, F — площадь сечения, s — напряжение, ϵ — деформация, $\dot{\epsilon}$ — скорость деформации.

В области максимальной растягивающей нагрузки в правой части уравнения (1) сумма первого и второго членов равна третьему. До того момента, пока соблюдается это условие происходит стабилизация максимального растягивающего усилия, оказывающая существенное влияние на величину переходной зоны. Следует отметить, что анализ процесса деформации значительно усложняется благодаря росту скорости деформации в местах её локализации, что в свою очередь приводит к увеличению напряжений [2].

В настоящей работе было исследовано влияние скорости деформирования на величину переходной зоны, связывающей равномерную и сосредоточенную деформации, при одноосном растяжении металлических гладких образцов. Знание величины и зависимости переходной зоны от условий испытаний во многом может облегчить и уточнить определение по диаграмме растяжения такой важной механической характеристики как равномерной деформации. Это объясняется тем, что трудность регистрации окончания равномерной и начала сосредоточенной деформации по диаграмме растяже-

ния зависит прежде всего от наличия этой переходной зоны. К тому же важно знать какой количественный вклад вносит деформация переходной зоны в общую равномерную и конечную деформацию при изменении скорости растяжения.

Материалами для исследований были взяты сталь 10, сталь 35 и алюминий. Испытания выполнялись на машине «Инстрон» со следующими скоростями растяжения: 0,1, 1, 2, 5, 10, 20, 50 мм/мин. Для выявления переходных зон от равномерной деформации к сосредоточенной была применена методика Е. Цоболь, подробно изложенная в работе [3]. На рис. 1а изображены графи-

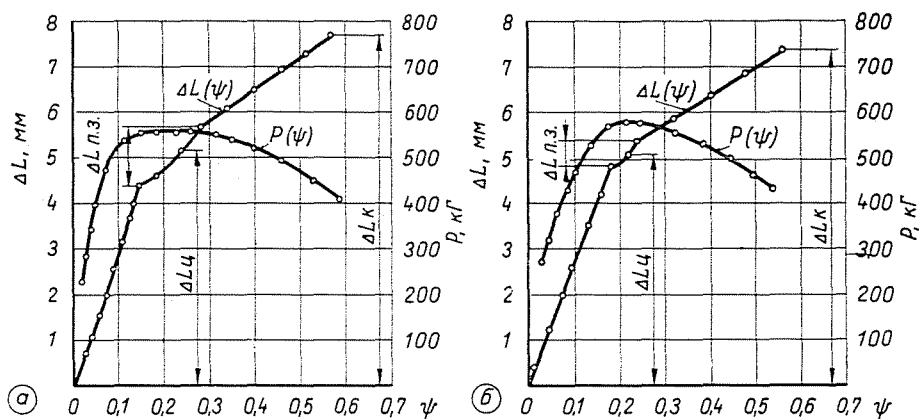


Рис. 1. Зависимость абсолютного удлинения ΔL и нагрузки P от поперечного сужения ψ при растяжении образцов из стали 10 ($d_0 = 4$ мм, $l_0/d_0 = 5$). а) скорость растяжения 5 мм/мин; б) скорость растяжения 50 мм/мин

ческие зависимости удлинения и нагрузки от поперечного сужения, построенные по этой методике для стали 10, которая была испытана со скоростью растяжения 5 мм/мин. Как видно из рис. 1а, такие графические зависимости позволяют четко выделить наиболее характерные зоны деформации, в том числе и переходную зону, обозначенную $\Delta L_{п.з.}$. Аналогичные зависимости были построены для всех исследуемых материалов, испытанных с различными указанными выше скоростями растяжения. Для наглядного сравнения на рис. 1б приведены такие зависимости для той же стали 10, но испытанной при скорости растяжения 50 мм/мин.

Первое, что можно увидеть из сопоставления рис. 1а и рис. 1б — это резкое уменьшение величины переходной зоны при повышенной скорости растяжения. Такая же картина наблюдалась и для других материалов. Причём до скорости растяжения, равной примерно 10 мм/мин величина переходной зоны изменялась незначительно и только при скоростях выше указанной произошло резкое уменьшение переходных зон. Одновременно с этим следует заме-

туть, что если величина переходной зоны уменьшается сильно, то при выбранных скоростях деформирования конечное удлинение у всех испытанных материалов изменяется мало. Правда, у алюминия наблюдается небольшая тенденция к увеличению конечного удлинения. Ещё одна особенность полученных результатов заключается в том, что положение средней точки на переходной зоне относительно оси деформаций также практически изменяется мало за исключением алюминия, испытанного при скоростях растяжения 20 ÷ 50 мм/мин. Относительно оси напряжений эта точка вполне естественно перемещается вверх, хотя и здесь у алюминия наблюдается некоторый спад предела прочности при увеличении скорости растяжения в указанном интервале.

Таким образом в интервале скоростей растяжения от 0,1 до 50 мм/мин, т.е. изменяющемся в 500 раз, самой чувствительной характеристикой к скорости деформирования оказалась величина переходной зоны от равномерной деформации к сосредоточенной. В таблице 1 представлены значения величин переходных зон, положения центральных точек этих зон, конечные удлинения, а также для наглядности показано изменение пределов текучести и пределов прочности для всех трёх материалов, испытанных с различными скоростями растяжения.

Таблица 1

| Наименование характеристик | Сталь 10 | | | | | | |
|---|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Скорость растяжения, мм/мин | | | | | | |
| | 0,1 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 |
| Удлинение в пределах переходной зоны $\Delta L_{п.з.}$, мм | 1,21 | 1,20 | 1,19 | 1,20 | 1,06 | 0,76 | 0,70 |
| Удлинение от начала испытаний до центра переходной зоны $\Delta L_{ц}$, мм | 5,12 | 5,10 | 5,15 | 5,14 | 5,04 | 4,96 | 5,00 |
| Конечное удлинение $\Delta L_{к.}$, мм | 7,70 | 7,73 | 7,70 | 7,65 | 7,71 | 7,60 | 7,40 |
| Предел текучести $b_{0,2}$, кг/мм ² | 25,5 | 26,0 | 26,4 | 27,9 | 28,0 | 28,5 | 29,1 |
| Предел прочности b_B , кг/мм ² | 42,2 | 43,8 | 44,0 | 44,1 | 44,7 | 45,0 | 45,3 |

| Сталь 35 | | | | | | | Алюминий | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Скорость растяжения, мм/мин | | | | | | | Скорость растяжения, мм/мин | | | | | | |
| 0,1 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 0,1 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 |
| 0,58 | 0,55 | 0,52 | 0,55 | 0,51 | 0,40 | 0,38 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,16 | 0,10 |
| 3,92 | 4,13 | 4,00 | 4,11 | 4,10 | 3,90 | 3,80 | 1,19 | 1,10 | 1,20 | 1,25 | 1,20 | 1,40 | 1,50 |
| 5,87 | 5,95 | 5,90 | 5,94 | 5,98 | 5,45 | 5,30 | 3,58 | 3,60 | 3,60 | 3,85 | 3,90 | 4,10 | 4,30 |
| 31,0 | 31,8 | 32,0 | 32,3 | 32,6 | 35,0 | 35,8 | 20,7 | 20,0 | 21,0 | 20,3 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| 64,5 | 65,6 | 67,0 | 67,1 | 67,4 | 68,0 | 68,1 | 22,0 | 21,4 | 23,0 | 21,6 | 21,5 | 21,5 | 21,3 |

Заключение

Путём построения графических зависимостей удлинения и нагрузки от поперечного сужения по методике Е. Цоболь возможно отдельное рассмотрение переходной зоны, связывающей равномерную и сосредоточенную деформации при одноосном растяжении гладких образцов. Для стали 10, стали 35 и алюминия исследовано влияние скорости растяжения на величину указанной переходной зоны. В общем случае для испытанных материалов с увеличением скорости деформирования происходит уменьшение величины переходной зоны. Установлено, что из всех механических характеристик одноосного растяжения наиболее чувствительной к скорости деформирования является величина переходной зоны.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам кафедры Механической технологии Будапештского технического университета за оказанную помощь в проведении экспериментов.

Резюме

Применена методика Е. Цоболь для выявления из общей деформации образца переходной зоны от равномерной деформации к сосредоточенной. Для стали 10, стали 35 и алюминия исследовано влияние скорости деформирования на величину указанной переходной зоны. Установлено, что из всех механических характеристик одноосного растяжения наиболее чувствительной к скорости деформирования является величина переходной зоны.

Литература

1. Колесников Г. Н., Яковлева Э. С., Якутович М. В. Журнал технич. физики, т. XIX, в. 3, 1949.
2. GILLEMOT, L.: Arch. Eisenhüttenwesen 7, s. 591—598, 1966.
3. CZOVOLY, E.: Materialprüf. 10. Nr. 9, S. 299—303, 1968.

В. Матюнин, Москва Е—250, Красноказарменная 14, МЭИ, СССР.

Printed in Hungary

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki szerkesztő: Botyánszky Pál

A kézirat nyomdába érkezett: 1973. III. 20. — Terjedelem: 7,25 (A/5) ív. 47 ábra

73.74829 Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György