

УДК 539.4.014.2

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

М. П. МАРКОВЕЦ, В. М. МАТЮНИН

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СТАЛИ
С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РАСТЯЖЕНИЯ

(Представлено академиком Ю. Н. Работновым 18 VII 1969)

Анализ диаграмм растяжения стали показал наличие горизонтального участка на диаграммах в период максимального растягивающего усилия (рис. 1), на что обращалось внимание в работах (1, 2).

Выполненные нами измерения длин этих участков позволили обнаружить, что у одного и того же металла при равенстве всех стандартных механических характеристик растяжения выявляется тем большая склонность к хрупкому разрушению, чем меньше длина горизонтального участка. Это дало основание провести широкое сопоставление работы растяжения, соответствующей

горизонтальному участку на максимуме диаграммы, с ударной вязкостью a_k . Между сравниваемыми величинами была установлена связь (рис. 2). Указанную работу растяжения рекомендуется подсчитывать как $\sigma_B \cdot \Delta l_{г.у}$, т. е. как произведение предела прочности σ_B на длину горизонтального участка $\Delta l_{г.у}$.

Следует отметить, что произведение $\sigma_B \cdot \Delta l_{г.у}$ связано с ударной вязкостью при изменении величины зерна, в условиях отпусковой и тепловой хрупкости, при низких температурах и наличии наклепа. Поэтому данную характеристику можно рассматривать как самостоятельную для выявления особых видов хрупкости, которые можно было обнаружить только испытаниями на ударную вязкость.

Объясним причину устойчивой связи между $\sigma_B \cdot \Delta l_{г.у}$ и a_k . Как показали наши эксперименты, в произведении $\sigma_B \cdot \Delta l_{г.у}$ величина $\Delta l_{г.у}$ оказывает большее влияние на ударную вязкость, чем σ_B . В связи с этим прежде всего следует остановиться на анализе $\Delta l_{г.у}$.

Согласно (3) ударная вязкость связана с объемом, вовлекаемым в пластическую деформацию в ударном образце в месте надреза. В исследованиях (4, 5) показано, что деформированный объем зависит от упрочняемости материала, которая может быть охарактеризована равномерной деформацией при растяжении. Этим, по-видимому, и объясняется наличие связи для частных случаев между a_k и равномерной деформацией (6). Поскольку нами установлено, что общая равномерная деформация протекает и на протяжении $\Delta l_{г.у}$, то можно полагать, что $\Delta l_{г.у}$ также будет зависеть от упрочняемости материала.

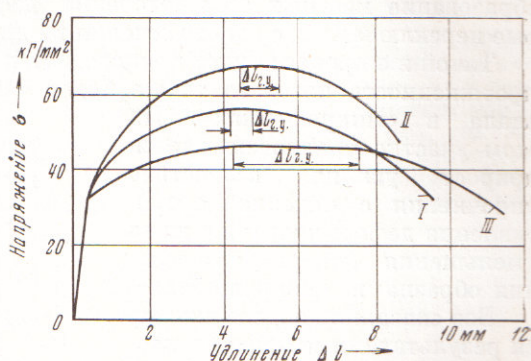


Рис. 1. Диаграммы растяжения стали 12X1МФ, Образцы диаметром 6 мм, пятикратные. I — $\Delta l_{г.у} = 0,4$ мм, $a_k = 2$ кг/см²; II — $\Delta l_{г.у} = 0,85$ мм, $a_k = 8$ кг/см²; III — $\Delta l_{г.у} = 2,8$ мм, $a_k = 30$ кг/см²

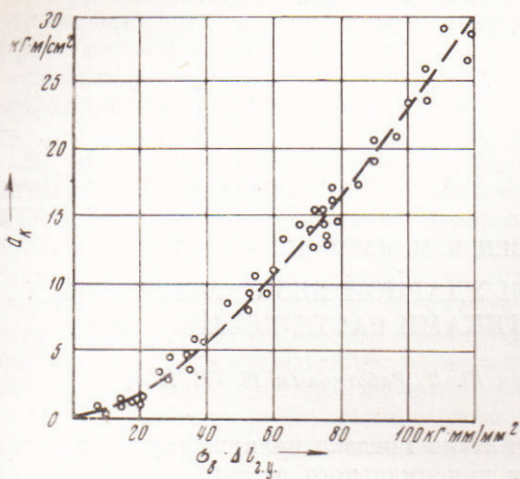


Рис. 2. Зависимость ударной вязкости a_k от произведения $\sigma_v \cdot \Delta L_{г.у}$ для сталей 12X1MΦ и 15X1M1Φ. Образцы на растяжение пятикратные. После статистической обработки получено уравнение $a_k = 0,0279 (\sigma_v \cdot \Delta L_{г.у})^{1,46}$

пределах равномерной деформации, можно рассматривать как непрерывное образование местных сосредоточений деформации («микрошейк»), которые переключаются с одного сечения на другое.

Такой же процесс будет происходить и на горизонтальном участке $\Delta L_{г.у}$, протяженность которого также будет зависеть от упрочняемости материала в «микрошейках». На этом участке уравнивается прирост усилия вследствие упрочнения с падением сопротивления деформированию из-за уменьшения поперечного сечения образца в «микрошейках».

Все сказанное подтверждается результатами измерения площадей поперечных сечений образца в процессе растяжения (рис. 3). Из рис. 3 видно, что в период достижения максимальной нагрузки (рис. 3б) наблюдается большое расхождение в площадях сечений образца по сравнению с исходным состоянием (рис. 3а), т. е. образуются локальные сосредоточения деформации (особенно в сечении б). При дальнейшем течении деформации (рис. 3в) локализации обнаруживались в других сечениях (сечение 13), т. е. в процессе постоянства максимальной нагрузки локальные сосредоточения деформации переключаются с одного сечения на другое по всей рабочей длине образца. Это приводит к тому, что деформация, соответствующая $\Delta L_{г.у}$, в грубом приближении является равномерной.

Характерным фактором при испытании на ударную вязкость является

Как известно, с самого начала деформация происходит не одновременно по всему объему образца, а локализуется в отдельных сечениях (7, 8). Вследствие упрочняемости материала деформация перебрасывается с одного сечения на другое (1), и только в том случае, когда упрочняемость, которая с увеличением степени пластической деформации уменьшается, становится в каком-то сечении настолько низкой, что деформация не в состоянии перебраться на другое сечение, образуется шейка. В этот момент происходит переход от общей равномерной деформации к сосредоточенной. Таким образом, процесс растяжения, по крайней мере в

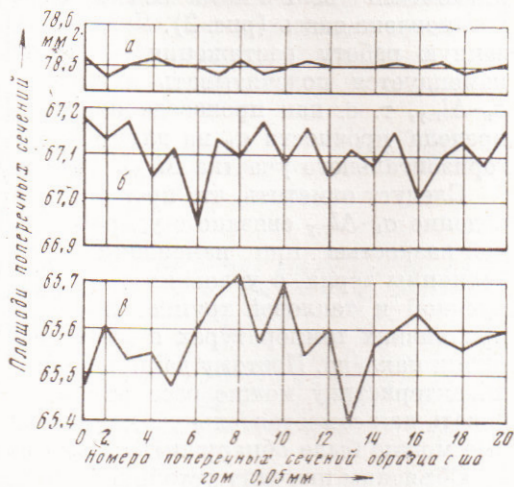


Рис. 3. Изменение сечений стандартного образца из углеродистой стали (С 0,2%) при растяжении. Замеры диаметров сечений с точностью до 0,001 мм после полной разгрузки образца: а — исходное состояние; б — начало $\Delta L_{г.у}$; в — середина $\Delta L_{г.у}$

повышенная скорость деформации. Согласно (9), скорость деформации крайнего растянутого волокна образца со стороны надреза при стандартных испытаниях на ударную вязкость $\sim 10^7\%$ /час.

При стандартных испытаниях на растяжение, если считать, что пластическая деформация происходит одновременно по всей длине образца, скорость деформации составляет примерно $10^2-10^3\%$ /час. В связи с тем, что пластическая деформация при растяжении идет не одновременно по всему образцу, а распространяется по нему постепенно, о чем уже было сказано ранее (рис. 3), местная скорость деформации в «микрощейках» значительно больше средней скорости и зависит от степени локализации деформации, т. е. от длины участка, на котором сосредоточивается деформация. Как видно из рис. 3, участки локализации в период максимума могут достигать величины 0,05 мм. Если предположить, что в момент локализации деформации в одном из сечений деформация за пределами этого сечения не происходит, то скорость деформации, например, на участке длиной 0,05 мм при стандартной скорости растяжения достигает $\sim 10^6\%$ /час, т. е. приближается к скорости деформации при испытании на ударную вязкость.

В произведении $\sigma_v \cdot \Delta l_{г.у}$ другой переменной величиной является сопротивление пластическому деформированию σ_v . При одинаковом $\Delta l_{г.у}$ чем выше σ_v , тем выше a_R . Однако в общем случае связи между σ_v и $\Delta l_{г.у}$ не обнаружено (рис. 1).

Московский энергетический
институт

Поступило
1 VII 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Н. Колесников, В. А. Павлов и др., ЖТФ, 19, в. 3, 62 (1949).
² H. Bleakney, Canad. Mining and Metallurgical Bull., № 2 (1962). ³ M. Gensamer, Trans. Am. Soc. Metals, 36, 30 (1946). ⁴ П. О. Пашков, Пластичность и разрушение металлов, Л., 1950. ⁵ Ю. Е. Бондарев, Материалы II научно-техн. конф. молодых ученых, Западно-Сибирск. филиал АН СССР, Новосибирск, 1957, стр. 54.
⁶ М. П. Марковец, Зав. лаб., 6, 723 (1953). ⁷ Н. Н. Давиденков, Некоторые проблемы механики материалов, Л., 1943. ⁸ В. С. Иванова, Тр. Сибирск. физ.-техн. инст., в. 34, 139, Томск (1955). ⁹ Н. А. Шапошников, Механические испытания металлов, М.—Л., 1951.