

Литература

1. Бабаков И.М. *Теория колебаний*. Физматгиз, М., 1965.
2. Прусаков А.П. *Устойчивость и свободные колебания трехслойных пластин с легким наполнителем*. Докторская диссертация, т.1, институт строительной механики АН УССР, 1955.
3. Холод А.И. *Некоторые задачи динамики трехслойных пластин и оболочек*. Диссертация, Днепрпетровск, 1965.

УДК 620.178.7:669.14

АНАЛИЗ ХРУПКИХ РАЗРУШЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ДИАГРАММ ХРУПКОВЯЗКОГО СОСТОЯНИЯ

А. А. Хмелев, В. А. Сидоров

То, что работа статического деформирования образца, оцениваемая площадью диаграммы растяжения, коррелирует с ударной вязкостью и твердостью изложено в работах [1,2], где установлена количественная взаимосвязь между характеристиками твердости, пластичности и ударной вязкости конструкционных сталей.

В данной работе изложены некоторые материалы дальнейших исследований и результаты обработки экспериментальных данных, а именно применение диаграмм хрупковязкого состояния [1] для анализа и выявления причин хрупких разрушений заготовок треугольных звеньев грузовых стропов (рис. 1), изготовленных из стержней диаметром 56 мм.

Технологический процесс изготовления данных изделий требует применения для них стержней из стали 20 или СтЗсп с их холодной гибкой, сваркой и последующей термообработкой. Здесь же рассматривается два случая их разрушения после холодной гибки в не отапливаемом помещении и падении на бетонный пол с высоты 1,3 м.

Установлено, что одна из заготовок изготовлена из стали 20 и разрушилась при падении при температуре около минус 20° С, а вторая — при температуре около нуля. При этом, последняя заготовка была изготовлена из стали Ст5.

Диаграммы хрупковязкого состояния исследованных сталей приведены на рис. 2. Каждая из них состоит из двух частей. Левая часть диаграммы построена в координатных осях: твердость по Бринеллю — работа разрушения ударного образца с дополнительными характеристиками пластичности стали,

приведенными на оси абсцисс. Правая часть диаграммы является аналогом ее левой части и представляет собой линейную зависимость работы разрушения ударного образца от угла его пластического изгибав после разрушения.

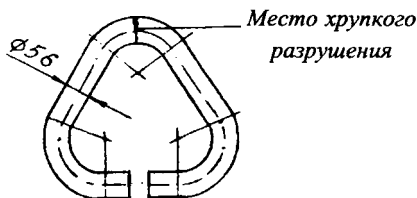


Рис. 1. *Ход одногнутая заготовка треугольного звена грузового стропа*

Механические свойства указанных сталей, полученные в результате проведенных исследований, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материал	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	σ_{T} , МПа	$\sigma_{\text{с}}$	НВ, МПа	$\text{tg } \alpha$	Удельная работа пластического деформирования $a_{\text{в}}$, Н · мм/мм ³
Сталь 20	473,2	282,1	0,31	1310	0,84	291,66
Ст5	520,3	290,7	0,19	1520	0,36	126,33

Для построения указанных диаграмм, заготовки для ударных образцов вырезали из недеформированных участков разрушенных изделий и испытывали на ударную вязкость при температурах от +20 до -60 °С.

Для учета влияния деформации холодной гибки на снижение ударной вязкости аналогичные заготовки предварительно подвергли растяжению при температуре +20 °С на 5,10% и до начала образования шейки. Испытания на ударный изгиб производили для всех уровней предварительной пластической деформации аналогично испытанию металла в состоянии поставки. В интервале указанных температур производили измерение твердости по Бринеллю на всех ударных образцах перед их испытанием.

Снижение работы разрушения и повышение твердости стали, в состоянии поставки только от снижения температуры характеризуется штриховой кривой диаграммы, на которой указаны температуры испытания. Аналогичные зависимости для предварительно деформированного металла характери-

зуются кривыми 1–5. Начала кривых уровней предварительной пластической деформации отмечены на верхней кривой I диаграммы. Дополнительные характеристики пластичности стали δ_d и ψ_p , приведенные на оси абсцисс левой части диаграмм, служат для возможности определения пластичности стали для контролируемого состояния методом измерения твердости по Бринеллю. Так, относительное удлинение стали для любого заданного состояния можно определить по формуле:

$$\delta_d = \frac{d_t - d_{\min}}{d_{\min}}, \quad (1)$$

где d_t — диаметр отпечатка при измерении твердости по Бринеллю для исследуемого состояния; d_{\min} — диаметр отпечатка, соответствующий максимальной твердости диаграммы.

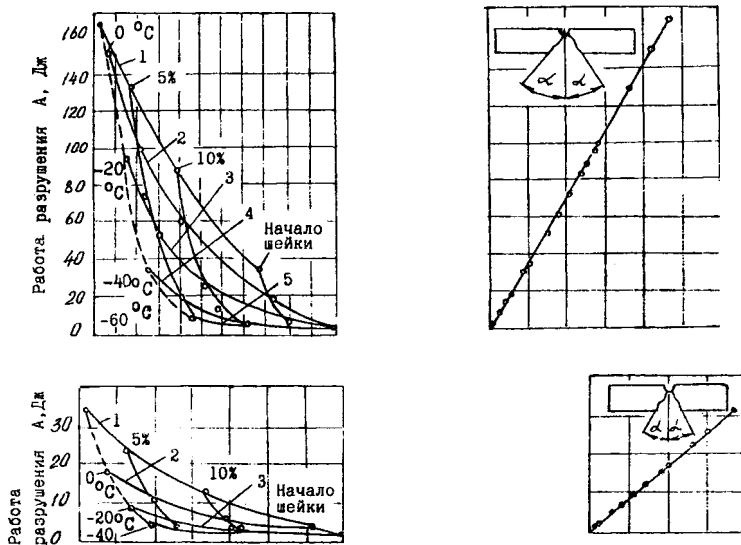


Рис.2. Диаграммы хрупковязкого состояния стержней диаметром 56 мм из стали 20(а) и из стали Ст5 (б); 1–5 — температуры испытания соответственно + 20,0; –20; –40; –60° С; --- снижение работы разрушения и повышение твердости стали в состоянии поставки при снижении температуры

Относительное сужение ψ_p , определяемое по результатам измерения твердости, вычислено по формуле:

$$\psi_n = \ln \frac{h_t}{h_{\min}}$$

где h_t — глубина отпечатка при измерении твердости по Бринеллю для исследуемого состояния сиали; h_{\min} — глубина отпечатка, соответствующая максимальной твердости диаграммы.

Максимальная твердость на сжатой стояще гнутого участка стержня из стали 20 при температуре $+20^\circ\text{C}$ составила 2070 НВ, а для стержня из стали Ст5 — 2120 НВ, что почти совпадает со значением твердости этих сталей при деформировании заготовок для ударных образцов до начала образования шейки.

Значение $\text{tg } \alpha$ для обеих стержней на приведенных диаграммах для указанного уровня предварительной пластической деформации и температуры хрупкого разрушения равно 0,01.

Зная значение удельной работы пластического деформирования a_ϕ (см. табл.1) и $\text{tg } \alpha$, для обеих стержней можно определить значение требуемой работы разрушения готовых изделия, применительно к исследуемому состоянию по формуле [2.]:

$$A = a_v V_{nn} = a_v \frac{\pi d^3}{4} \text{tg } \alpha$$

где $\frac{\pi d^3}{4} \text{tg } \alpha$ — объем пластически деформированной части стержня, мм^3

Формулу (3) можно преобразовать, заменив значение $\text{tg } \alpha$ относительным сужением y_n , определяемым по результатам измерения твердости, исходя из линейной взаимосвязи между этими характеристиками, (рис. 3)

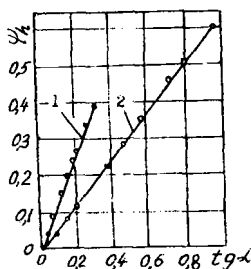


Рис.3. Зависимость относительного поперечного сужения y_n от $\text{tg } \alpha$: 1 — Ст5; 2 — сталь 20

Значение работы разрушения гнутого треугольного звена из стали 20 по формуле (3) составит 401,1 Дж, а для стержня из стали Ст5 — 173,7 Дж.

Масса, падающего с высоты 1,3 м, звена 22 кг. В случае удара его о бетонный пол деформированной частью с разгибанием не сваренных ветвей (рис. 1), значение запасаемой стержнем энергии при ударе составит около 400 Дж, достаточной для его разрушения.

На основании данных исследований можно утверждать о расширении представлений о комплексе механических свойств, о количественной связи ударной вязкости (работы разрушения) с другими характеристиками во всем диапазоне их изменений в дополнение к ее важному назначений — выявлению хрупкости, дополнение к ее

Литература

1. Жданович Г.М., Хмелев А.А. О диаграмме хрупковязкого состояния малоуглеродистых сталей при ударном изгибе // Проблемы прочности. — 1981. № 1. — С. 85—89.
2. Сидоров В.А., Хмелев А.А. О диаграмме хрупковязкого состояния малоуглеродистых сталей при ударной вязкости по результатам измерения твердости // Машиностроения вып. 17, Республиканский межведомственный сборник научных трудов. — Мн.: УП «Технопринт». 2001. — С. 387—391.

УДК 624.014.2

МЕХАНИЗМ ЗАРОЖДЕНИЯ ТРЕЩИН ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ОБРАЗЦОВ С ВЫРЕЗАМИ

Е. А. Мойсейчик

Экспериментальные исследования проводились на трех сериях образцов в форме пластин с противоположными U-образными вырезами. Образцы первой серии изготавливались из стали марки ВСтЗсп, второй — из битума БН-IV, третьей — из меди М1. Стальные образцы имели размеры вырезов, обеспечивающие начальные коэффициенты концентрации напряжений, равные 1,3,6,9,12. Их толщины принимались: 6,12,18,25,30 мм. Нагружение стальных образцов выполнено на машине ЦДМ-200 со скоростью 0,4 МПа/сек в воздушной среде, температура которой изменялась от 20 до -80 °С. Испытание дополнительных серий стальных и медных образцов проводилось при комнатной температуре на машине Р-50. Вырезы в образцах из битума обеспечивали названные величины начальных коэффициентов концентрации напряжений. Битумные пластины отливались с начальной толщиной 50 мм. Нагружение их велось на машине Р-5 со скоростью 1 – 8 мм/мин. При испытаниях образцов