

$$P_{ш.с}(t) = \frac{139}{140} = 0,99;$$

- чашки дифференциального механизма

$$P_ч(t) = \frac{68}{70} = 0,97.$$

Коэффициент надёжности дифференциала:

$$P_{д.м.} = 0,9 \cdot 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 0,74.$$

Анализ надёжности дифференциального механизма показывает, что основными деталями, лимитирующими его работоспособность, являются полуосевые шестерни и их опорные шайбы. Дальнейшие мероприятия по повышению надёжности дифференциального механизма должны быть направлены в первую очередь на увеличение работоспособности этих деталей, путём совершенствования конструкции и технологии их изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов М.Н. Детали машин.- М.: Высшая школа, 1976, 400с; 2. Лефаров А.Х., Высоцкий М.С., Ванцевич В.В., Кабанов В.И. Энергонагруженность и надёжность дифференциальных механизмов транспортно-тяговых машин.- Мн.: Навука и тэхніка, 1991.-240 с.

УДК 620.178.7:669.14

Хмелев А.А., Сидоров В.А.

О ЕДИНОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ПРИ УДАРНОМ ИЗГИБЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Испытания на ударный изгиб применяются с целью измерения сопротивления разрушению конструкционных материалов. Считается, что поведение материала в контрольных образцах соответствует поведению материала у кончика предельно опасной трещины, вследствие чего это имитирует работу материала в наиболее неблагоприятных условиях эксплуатации.

Определяемые при испытаниях значения ударной вязкости, зависящие от температуры испытания, остроты надрезов и размеров образцов, в сочетании с высокой скоростью деформирования при разрушении, настолько усложняют напряженное и деформированное состояние, что теоретический анализ ударной вязкости до сих пор не осуществлен. Кроме того, само значение ударной вязко-

сти представляет собой лишь значение работы разрушения образца, уменьшенное в масштабе на величину площади его сечения в надрезе.

Несмотря на недостаточную ясность прочностной трактовки ударной вязкости, методы ее определения широко вошли в стандарты и технические условия на приемку материалов, контроль готовых изделий, и в исследование свойств материалов после аварий машин и механизмов.

В данной работе предлагается метод теоретической оценки значений работы разрушения ударных образцов независимо от их размеров, остроты надрезов и температуры испытания, исходя из общей энергетической закономерности их разрушения. При этом, в качестве исходных данных используются данные сертификатных или послеаварийных исследований наиболее простых в изготовлении и наименее металлоемких контрольных образцов.

Известно [1], что условие хрупкого или вязкого разрушения целиком обуславливается долей участия в разрушении пластически деформированного объема образца, зависящего от угла его изгиба при разрушении. При этом взаимосвязь между углом изгиба и работой разрушения стандартных образцов с различной остротой надреза описывается единой зависимостью. Это явилось исходной предпосылкой для теоретической оценки значений работы разрушения образцов различной формы и размеров и с различными концентраторами в зоне надреза.

Представим значение работы разрушения образца как сумму упругой и пластической ее составляющих

$$A = A_y + A_{mn}, \quad (1)$$

где A_{mn} – пластическая составляющая общей работы разрушения, как сумма работ, затраченных на пластическое деформирование части объема образца, на образование и развитие трещины.

По данным [2], значение A_{mn} можно представить в виде

$$A_{mn} = a_v 3Bh^2 \operatorname{tg} \theta, \quad (2)$$

где a_v – удельная работа деформирования пластически деформированной части объема образца, являющаяся константой для каждой конкретной плавки стали, и не зависящая от формы, остроты надрезов и размеров образца; h – высота сечения образца по надрезу; B – ширина образца; $\operatorname{tg} \theta$ – угол изгиба сечения, определяемый совмещением его половинок после разрушения.

Запас упругой энергии представим в виде

$$A_y = \frac{\sigma^2}{2E} V = \frac{\sigma^2}{2E} LBH, \quad (3)$$

где $V = LBH$ – объем образца на длине L между опорами копра.

Уравнение (1) с учетом (2) и (3) запишем в виде

$$A_y = \frac{\sigma^2}{2E} LBH + a_v 3Bh^2 \operatorname{tg} \theta. \quad (4)$$

Обозначив значение высоты образца в сечении по надрезу как долю его

высоты вне надреза

$$h = kH \quad (5)$$

и разделив уравнение (4) на объем образца, получаем

$$\frac{A}{V} - \frac{\sigma^2}{2E} = a_v \frac{3K^2H}{L} \operatorname{tg}\theta. \quad (6)$$

Левую часть уравнения обозначим через a_{mn} как удельную работу пластического деформирования всего объема образца

$$a_{mn} = \frac{A}{V} - \frac{\sigma^2}{2E}, \quad (7)$$

и введем понятие коэффициента формы образца

$$K_v = \frac{3K^2H}{2E}, \quad (8)$$

Тогда уравнение (6) с учетом (7) и (8) получим в виде

$$a_{mn} = a_v K_v \operatorname{tg}\theta. \quad (9)$$

Достоверность формулы (9) проверили пересчетом результатов ударных испытаний образцов Шарпи (ГОСТ 9454-78, тип II) и крупногабаритных образцов размерами: 15,9 x 41,3 x 165 и 25,4 x 121 x 406 мм [3], изготовленных из низколегированной стали со следующими механическими характеристиками: $\sigma_T = 600$ МПа, $\sigma_s = 700$ МПа, $\delta_5 = 26\%$, $\psi = 64\%$. Результаты расчета приведены на рис. 1. Откуда видно, что энергетическая закономерность разрушения для трех сравниваемых размеров образцов оказывается единой.

Дополнительно достоверность формулы (9) проверили испытанием серии ударных образцов (ГОСТ 9454-78, тип I) с стремя вариациями этого образца по ширине 0,25В, 0,5В и 2В, изготовленных из стали 10Г2С1. Результаты исследования приведены на рис. 1. Видно, что в системе координатных осей a_{mn} , $\operatorname{tg}\theta$ результаты испытаний, как и для крупногабаритных образцов описываются единой зависимостью, что подтверждает достоверность формулы (9).

Анализ полученных результатов показывает, что исследованные стали переходят в хрупкое состояние, когда значение a_{mn} в формулах (6) и (7) становится отрицательным. Что соответствует состоянию, когда запас упругой энергии в единице объема образца превышает требуемый расход энергии на пластическое деформирование этого объема. При одинаковых радиусах надрезов в образцах малых объемов такое состояние достигается значительным снижением температуры до критической, а по мере увеличения объемов образцов значение этой температуры смещается в положительную сторону.

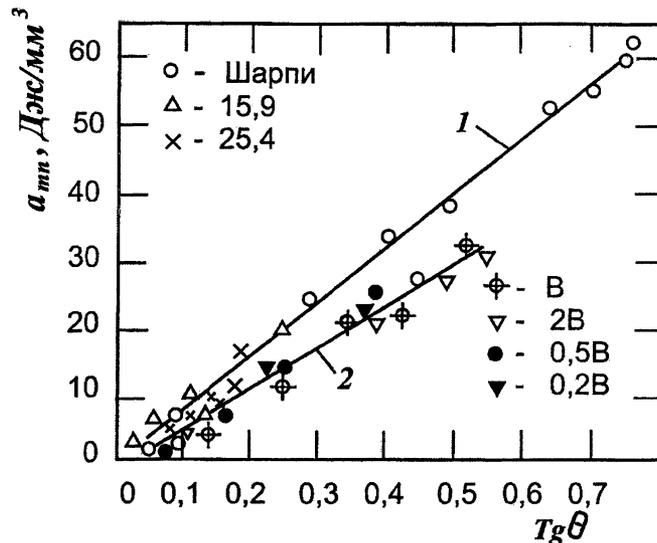


Рис.1. Сравнительная взаимосвязь a_{\min} и $\operatorname{tg}\theta$ образцов Шарпи с крупногабаритными образцами размерами: 15,9 x 41,3 x 165 и 25,4 x 121 x 406 мм (1) и четырех вариантов стандартного ударного образца (2)

По значению $\operatorname{tg}\theta$, как хрупкое можно оценивать состояние стали, при котором, независимо от размеров образцов и формы надрезов, $\operatorname{tg}\theta < 0,1$, (рис.1).

Для решения задачи о переходе конструкции в хрупкое состояние надо вводить в стандарты и технические условия на приемку материалов значения удельной работы пластического деформирования a_p и $\operatorname{tg}\theta$ как сертификатные характеристики.

Применение предлагаемых результатов позволяет теоретически оценивать значения работы разрушения образцов различной формы и с различными концентраторами для оценки вязкости разрушения, что позволяет значительно снизить расходы на изготовление и испытания образцов, особенно крупных.

Результаты исследований позволяют сделать важный шаг в направлении получения характеристик разрушения, не зависящих от условий испытания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмелев А.А., Сидоров В.А. Анализ хрупких разрушений конструкций из углеродистых сталей с помощью диаграмм хрупковязкого состояния // Теоретическая и прикладная механика. Межведомственный сборник научно-методических статей.-Мн.: УП «Технопринт»,2002.-С.181-185.
2. Хмелев А.А., Сидоров В.А. Об удельной работе пластического деформирования стали, как критерии оценки ее качества // Машиностроение.-Вып.16.-Мн.-2000.-С.260-262.
3. Ударные испытания металлов / Под ред. Б.А. Дроздовского, Е.М. Морозова.-М.: Мир, 1973.-С.255.