

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Практика требует решения задачи оценки состояния эксплуатируемых конструкций с целью обеспечения их длительной эксплуатации и возможности ремонта по их фактическому состоянию.

Эта задача достаточно сложна, поскольку оценка состояния конструкций должна базироваться на наличии сведений об имеющихся в них дефектах, особенностях их накопления, и с грамотной их оценкой. Она усложняется еще и тем, что разрушительные процессы могут протекать в местах конструкций, которые не подвергались выборочному контролю.

Оценка должна учитывать особенности материала конструкции, условия ее эксплуатации и время, которое она выработала с момента пуска ее в эксплуатацию.

В настоящее время наиболее распространенным критерием оценки свойств материалов при снижении температуры является значение ударной вязкости, как наиболее чувствительный к температурным изменениям показатель. По его значениям оценивают склонность металлов к хрупкому разрушению.

Оценку состояния конструкций, в соответствии с требованиями вышеизложенных критериев, удобно осуществлять с помощью диаграмм хрупковязкого состояния сталей [1]. Такая диаграмма для стали 20 приведена на рис. 1. Она представляет собой зависимость работы разрушения стандартного ударного образца (ГОСТ 9454-78, тип 1) от температуры испытания, уровня предварительной пластической деформации стали и твердости по Бринеллю. На диаграмме также приведены показатели пластичности стали, определяемые по результатам измерения твердости δ_d и ψ_h . Первый из них характеризует относительное удлинение стали, соответствующее контролируемому состоянию, а второе — относительному сужению.

Правая часть диаграммы (рис. 1, б) представляет собой линейную зависимость работы разрушения образца после разрушения.

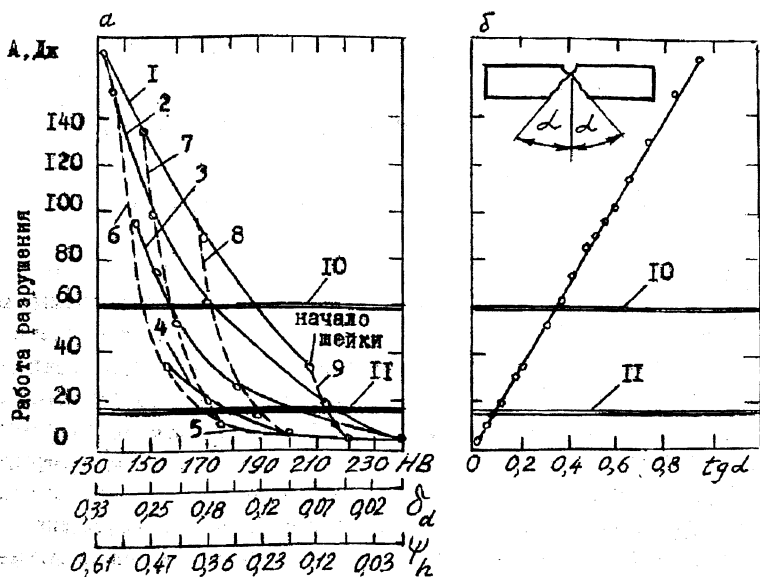


Рис.1. зависимость работы разрушения от твердости по Бринеллю (а) и от тангенса угла изгиба образца (б): 1-5 — температура испытания соответственно +20, 0, -20, -40, -60 °С; 6-9 — уровень предварительной пластической деформации соответственно -0 %, 5 %, 10 %, начало образования шейки; 10-11 — соответственно нормативный и аварийный уровни А

Закономерности этой диаграммы позволяют только по результатам измерения твердости по Бринеллю оценить состояние контролируемого металла по величине вычисленных значений ударной вязкости для исследуемого состояния. При этом, для решения задачи в качестве исходных данных должны быть известны сертификатные механические характеристики контролируемой стали, а именно: значения предела прочности, пластичности и ударной вязкости в состоянии поставки, или после соответствующей термообработки. При отсутствии таких данных их следует получить путем испытания стандартных образцов, вырезанных из зон наименее поврежденно-го металла, (из зон с минимальной твердостью по Бринеллю).

Значение работы разрушения стандартного ударного образца в зависимости от прочности и пластичности стали описывается формулой[2]

$$A = V_0 \left(\frac{\sigma^2}{2E} + a_0 \delta_s \right), \quad (1)$$

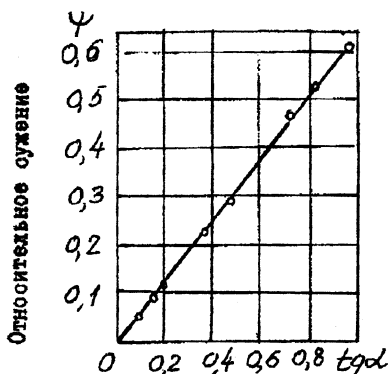


Рис. 2. Зависимость относительного поперечного сужения ψ от $\text{tg } \alpha$.

Это же значение работы разрушения в зависимости от геометрии образца [3]

$$A = a_0 b h^2 \text{tg } \alpha, \quad (2)$$

где V_0 — объем образца на его длине между опорами копра, мм³;

σ — предел прочности стали, МПа; E — модуль Юнга, МПа; a_0 — удельная работа пластического деформирования, Н мм/мм³; b, h — ширина и высота образца в сечении по надрезу, мм; δ — относительное удлинение; α — угол изгиба образца, определяемый совмещением его половинок после разрушения.

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволяет определить значение удельной работы пластического деформирования a_0 и $\text{tg } \alpha$ для исследуемой стали в состоянии поставки.

Полученное значение a_0 является отдельной самостоятельной характеристикой стали, как величина ее энергоемкости, является величиной постоянной для каждой конкретной плавки стали, не зависит от формы образца, скорости деформирования и температуры испытания, и может выполнять роль самостоятельного критерия оценки качества стали.

Имея значения работы разрушения A и $\text{tg } \alpha$ для исходного состояния стали строят правую часть диаграммы хрупковязкого состояния (рис. 1, δ) и аналогичную зависимость $\text{tg } \alpha$ от относительного сужения ψ [3], рис. 2.

При обследовании конструкций выявляют зоны с максимальной твердостью. Такими являются зоны максимальной силовой и тепловой нагрузки, пластически деформированные участки конструкций, вызванные холодной гибкой и правкой, и участки концентрации остаточных сварочных деформаций в сварных конструкциях.

Для таких зон вычисляют значение ударной вязкости (работы разрушения стандартного образца) по результатам измерения твердости по Бринеллю по формуле

$$h_k A = k_a \cdot a_0 b h^2 \psi_h, \quad (3)$$

где k_a — коэффициент пропорциональности между ψ и $\operatorname{tg} \alpha$, определяемый по данным из рис. 2.

Значение ψ_h в формуле (3) определяют по результатам измерения твердости по формуле

$$\psi_h = \psi_0 - l_n \frac{h_0}{h_k}, \quad (4)$$

где ψ_0 — сертификатное значение относительного сужения; h_0 , h_k — глубина отпечатка при измерении твердости по Бринеллю для состояния поставки и контроля соответственно, мм.

Предлагаемый метод позволяет эффективно производить обследование и оценку состояния конструкций измерением твердости по Бринеллю с помощью переносных портативных приборов типа ТПЦ-4, или аналогичных им приборов измерения твердости магнитным методом.

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. Жданович Г. М., Хмелев А. А. О взаимосвязи пластичности и ударной вязкости малоуглеродистых и низколегированных сталей. — Металлургия. — Мн., 1988. — Вып.22. — С. 22-24.
3. Сидоров В. А., Хмелев А. А. Об оценке значений ударной вязкости по результатам измерения твердости. — Машиностроение. — 2000. — Вып.16. — С. 387-391.