

Алгоритм оценки состояния конструкции измерением твердости по Бринеллю

Сидоров В.А., Пантелеенко Ф.И.

Белорусский национальный технический университет

Для диагностирования с целью оценки остаточного ресурса работоспособности и пригодности для дальнейшей эксплуатации ответственных металлических конструкций самого различного назначения широко используются разрушающие и неразрушающие методы контроля. При этом одним из видов контрольных испытаний является измерение твердости в зонах максимальных силовых и тепловых нагрузок контролируемых конструкций. В настоящей работе предлагается алгоритм теоретической оценки характеристик прочности, пластичности и ударной вязкости металла контролируемых зон только по результатам измерения твердости по Бринеллю.

Твердость сталей при их деформировании от состояния поставки вплоть до разрушения возрастает, а значения пластичности и ударной вязкости уменьшаются. При этом максимальная твердость имеет место на поверхности разрушения. Поэтому для каждой конкретной плавки стали существует шкала твердости, с максимальным значением ее в состоянии поставки и максимальным на поверхности разрушения.

Для получения расчетных формул прочности, пластичности и ударной вязкости металла контролируемых зон связывают значения его сертификатных характеристик с результатами измерений твердости. На рисунке 1 представлен алгоритм оценки состояния конструкции измерением твердости по Бринеллю, включающий четыре этапа.

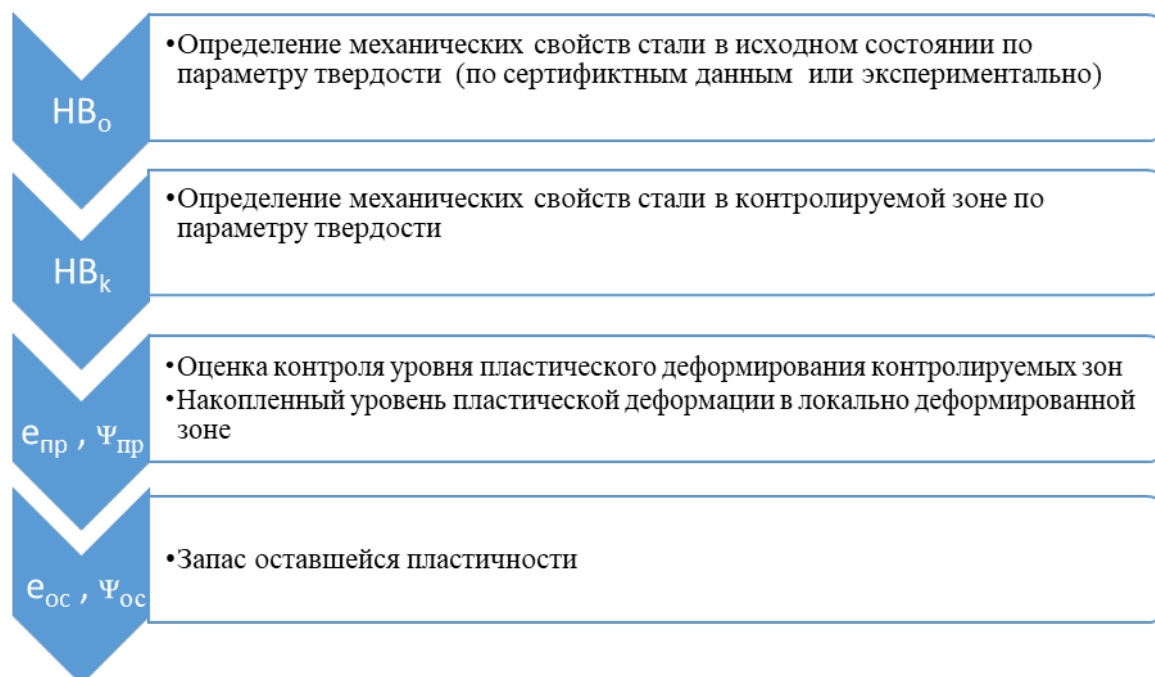


Рисунок 1 - Алгоритм оценки состояния конструкции

Накопленный уровень пластической деформации в локально деформированной зоне определяют по формулам

$$\psi_{пр} = \ln \frac{HB_k}{HB_0} = \ln \frac{h_0}{h_k}, \quad \epsilon_{пр} = \ln \frac{d_0}{d_k}, \quad (1)$$

где: HB_k - значение твердости, полученной при контроле; d_0 , d_k , h_0 , h_k диаметр и глубина отпечатка при измерении твердости для состояния поставки и контроля соответственно;

Если известны уровни накопленной пластической деформации $\varepsilon_{пр}$ и $\Psi_{пр}$, то запас оставшейся пластичности составит:

$$\varepsilon_{ос} = \varepsilon - \varepsilon_{пр}, \quad (2)$$

$$\Psi_{ос} = \Psi - \Psi_{пр}. \quad (3)$$

Экспериментальные исследования на растяжение стандартных образцов из малоуглеродистой и низколегированной сталей показывают, что при достижении остаточной пластической деформации значения порядка $\varepsilon_{ос} = 0,19 - 0,20$ и $\Psi_{ос} \geq 0,4$ равномерное удлинение образца заканчивается и начинается процесс образования шейки. В реальных же конструкциях такое значение остаточной деформации соответствует возникновению пор и внутренних микро-и макротрещин, которые под действием рабочих нагрузок увеличиваются и в результате становятся сквозными. В этом состоянии размер внутренних дефектов можно определить другими неразрушающими методами контроля, а по выявленным размерам трещин оценить состояние локально деформированных зон конструкций по законам линейной механики разрушения, особенно для конструкций, работающих в условиях усталостного режима. Следовательно, по результатам этих испытаний можно определить значение критического коэффициента интенсивности напряжений K_{Ic} , не прибегая к изготовлению и испытанию специальных контрольных образцов.

При применении изложенного алгоритма оценки состояния конструкций для измерения твердости их локально деформированных зон целесообразно применять портативные твердомеры. Из серии портативных твердомеров, применяемых для измерения твердости изделий из любых металлических материалов наиболее удобен в применении твердомер ультразвуковой ТКМ 459С «универсальный», позволяющий использовать два метода твердометрии. Прибор обладает широким диапазоном применения, позволяет производить измерение твердости на изделиях с плоскими, цилиндрическими и сферическими поверхностями в производственных и полевых условиях в любом пространственном положении исследуемой поверхности. Прибор позволяет выявлять изменение твердости для точек, расположенных на расстоянии 1-2 мм друг от друга, что дает возможность выявлять локально деформированные зоны металла с пиковой формой изменения твердости, а из таких зон, как правило, возникают и распространяются трещины.