

силу резания определялось при экспериментальной обработке. Результаты моделирования достаточно точно повторяли результаты экспериментальной обработки. Установлено, что при высокоскоростной обработке закаленной стали образуется заостренная “пилообразная” стружка. С уменьшением переднего угла степень заострения стружки, шаг вершин заострений и сила резания увеличиваются. Разработанная математическая модель может использоваться для оптимизации высокоскоростной механической обработки закаленной стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. C.Z. Duan, T. Dou, Y.J. Cai, Y.Y. Li. Finite Element Simulation and Experiment of Chip Formation Process during High Speed Machining of AISI 1045 Hardened Steel. International Journal of Recent Trends in Engineering, vol. 1 (5), pp. 46-50, 2009. 2. G. Sutter, A. Molinari. Analysis of the cutting force components and friction in high speed machining. J. Manuf. Sci. Eng. vol.127, pp. 245-250, 2005. 3. G. Sutter, N. Ranc. Temperature fields in a chip during high-speed orthogonal cutting- An experimental investigation. Inter. J. Machine Tools Manuf. vol.47, pp.1507-1517, 2007. 4. Z.N. Farhat. Wear mechanism of CBN cutting tool during high-speed machining of mold steel. Mater. Sci. Eng. vol.A361, pp.100-110, 2003. 5. T.I. El-Wardany, H.A. Kishawy, and M.A. Elbestawi. Surface integrity of die material in high speed hard machining, Part I: micrographical analysis. J. Manuf. Sci. Eng. vol. 122, pp.620-631, 2000. 6. Sung-Han Rhim, Soo-Ik Oh. Prediction of serrated chip formation in metal cutting process with new flow stress model for AISI 1045 steel. J. Mater. Process. Technol. vol.171, pp.417-422, 2006. 7. T.J.Burns, M.A.Davies. On repeated adiabatic shear band formation during high-speed machining. Inter. J. Plasticity, vol.18, pp.487-506, 2002. 8. T.Mabrouki, J.-F.Rigal. A contribution to a qualitative understanding of thermo-mechanical effects during chip formation in hard turning. J. Mater. Process. Technol. vol.176, pp.214-221,2006. 9. F.Klocke, H.-W.Raedt, and S.Hoppe. 2D-FEM simulation of the orthogonal high speed cutting process. Machining Science and Technology, vol. 5 (3), pp.323-340,2001. 10. M.A.Davies, A.L.Cooke, and E.R.Larsen. High Bandwidth Thermal Microscopy of machining AISI 1045 Steel. CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol. 54 (1), pp.63-66, 2005. 11. M.A.Davies, Q.Cao, and A.L.Cooks et al. On the measurement and prediction of temperature fields in machining AISI 1045 Steel. CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol. 52 (1), pp. 77-80, 2003.

УДК621.762.4.539

Хмелев А.А., Галуза И.М

ОЦЕНКА ПЛАСТИЧНОСТИ СТАЛИ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО БРИНЕЛЛЮ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Метод измерения твердости является незаменимым при оценке механических свойств металлов в процессе эксплуатации, при текущем контроле состояния конструкций и при аварийных исследованиях. Результатом исследования в большинстве случаев является определение прочностных характеристик металла, в том числе и значений ударной вязкости. К указанным результатам следует добавить возможность оценки пластичности эксплуатируемых конструкций путем определения уровня накопленной пластической деформации и уровня оставшегося запаса пластичности.

Особенно это важно для выявления и оценки состояния локально деформированных зон конструкций, имеющих повышенную твердость по сравнению с твердостью исходного металла. Такие зоны являются источниками возникновения и развития трещин. Они создаются технологическими методами обработки металлов типа холодной гибки и сварки. В этих зонах распределение твердости имеет пиковый характер, где максимальное значение твердости соответствует вершине пика. Ширина пика порой составляет 1÷2 мм.

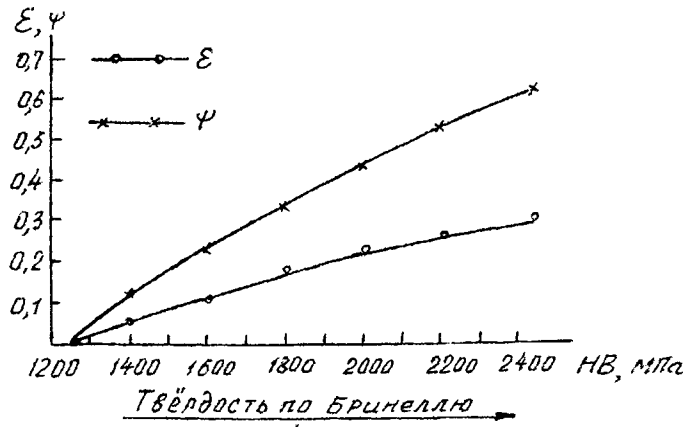


Рис. 1. Зависимости остаточной деформации от твердости по Бринеллю

Известно, что при растяжении стали ее твердость по Бринеллю повышается от исходного состояния HV_0 до HV_{max} , соответствующего моменту разрушения или образования трещины. Это свойство позволяет для каждой стали построить, так называемую, шкалу твердости, характеризующую ее возрастание от исходного состояния до максимального значения по мере приближения процесса накопления пластического повреждения к моменту разрушения.

Отмечая значения относительного удлинения ϵ и относительного сужения ψ , как уровней предварительной остаточной деформации, и соответствующие им значения твердости по Бринеллю, получаем диаграмму зависимости текущей пластичности стали от ее твердости.

На рис. 1 такая диаграмма приведена для стали Ст3 со следующими исходными (сертификатными) механическими характеристиками: $\sigma_s = 452 \text{ МПа}$, $\sigma_t = 260 \text{ МПа}$, $\epsilon = 0,32$, $\psi = 0,67$.

Диаграмма, приведенная на рис. 1, построена по опытным данным. При этом опытные данные с высокой достоверностью определяются и теоретически. Так, по исходной твердости, значение HV_{max} определяется по формуле:

$$HV_{max} = HV_0 \cdot \epsilon^\psi, [1]. \quad (1)$$

Уровень предварительной пластической деформации определяется по формулам:

$$\psi_{пр} = \ln \frac{HV_x}{HV_0} = \ln \frac{h_0}{h_x}, \quad (2)$$

$$\epsilon_{пр} = \ln \frac{d_0}{d_x}, \quad (3)$$

где d_0 и d_x - диаметры отпечатков при измерении твердости для исходного и контрольного состояний соответственно; h_x и h_0 - глубины отпечатков для упомянутых состояний.

Значения d и h в формулах (2) и (3) определяются по формулам [2]:

$$h = \frac{F}{\alpha D HV}, \quad (4)$$

$$d = 2\sqrt{h(D - h)}, \quad (5)$$

где $F = 30 \text{ кН}$ - нагрузка на пресс Бринелля для шарика диаметром $D = 10 \text{ мм}$.

Если известны уровни предварительной пластической деформации $\varepsilon_{\text{сп}}$ и $\psi_{\text{сп}}$, то запас оставшейся пластичности определяется по формулам:

$$\varepsilon_{\text{ос}} = \varepsilon - \varepsilon_{\text{сп}}, \quad (6)$$

$$\psi_{\text{ос}} = \psi - \psi_{\text{сп}}. \quad (7)$$

Если состояние контролируемой конструкции оценивается по значению относительного удлинения ε , то необходимо определить значение твердости контролируемой зоны, соответствующее началу образования шейки, т.е. окончанию равномерной деформации растяжения равной, 0,19÷0,20 для малоуглеродистых и низколегированных сталей. Тогда диаметр контрольного отпечатка для указанного состояния определяется из формулы:

$$\ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{к}}} = \varepsilon^{0,2}. \quad (8)$$

По значению $d_{\text{к}}$ далее определяется значение твердости по Бринеллю в шейке $\text{HB}_{\text{ш}}$.

Необходимость такого определения твердости заключается в том, что если твердость металла в контрольной зоне соответствует твердости ниспадающего участка диаграммы растяжения, то в этом состоянии в деформированном металле образуются внутренние пустоты, поры и микротрещины. Указанные дефекты потом под действием рабочей нагрузки сливаются образуя макротрещину, приводящую к разрушению.

Применяя изложенный метод оценки состояния конструкций по ее пластичности можно достоверно оценить уровень накопленной пластической деформации (уровень пластического повреждения) и оценить оставшийся запас пластичности по результатам измерения твердости по Бринеллю. При этом измерение твердости необходимо проводить портативными приборами типа ТПЦ-4.

Если измерением твердости выявлено, что локально деформированная зона по уровню предварительной деформации соответствует ниспадающему участку диаграммы растяжения, то другими методами контроля необходимо выявлять и определять минимальные размеры внутренних трещин. По выявленным размерам трещин дальнейшее состояние конструкций можно оценивать по законам линейной механики разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмелёв А.А., Реут Л.Е. Расширение возможностей оценки качества сталей по результатам исследования на ударную вязкость// Весці НАН Беларусі.-2009.-№2.-с.71-75. 2.Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. - М.: Машиностроение, 1979.-с.6.

УДК 621.762:658.562

Хмелев А.А., Сидоров В.А

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТВЕРДОСТИ ЛОКАЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЗОН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Сосуды, работающие под давлением, элементы металлических конструкций грузоподъемных сооружений, трубопроводы и другие конструкции периодически подвергаются диагностированию для оценки остаточного ресурса работоспособности и пригодности к дальнейшей эксплуатации. При этом одним из видов контрольных испытаний является измерение твердости