

Г.Б. БАГДАСАРЯН, С.С. АЙРУМЯН

**ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ КАК ПАРАМЕТР ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
МАТЕРИАЛА ПОСЛЕ РЕЗАНИЯ**

Исследуется внутреннее трение как параметр оценки состояния материала после резания. Показано, что внутреннее трение является наиболее структурно-чувствительной характеристикой материала, что делает его особенно ценным при изучении изменений в случае обработки материалов резанием.

Ключевые слова: внутреннее трение металлов, рассеяние энергии, коэффициент поглощения (затухания), относительная вязкость, относительное рассеивание энергии, логарифмический декремент колебаний, угол сдвига фазы.

Известно, что колебания, искусственно созданные в твердом теле, с течением времени затухают, упругая энергия колебаний рассеивается, превращаясь в тепловую энергию. Внутреннее трение – это механизм превращения упругой энергии в тепловую.

Величина рассеиваемой энергии обработанной поверхности зависит не только от формы и размера твердого тела, но и от внутренней структуры материала и физико-механического состояния обрабатываемого материала. Рассеиваемую энергию можно изучить оптическим, рентгенографическим и другими способами. Величину рассеянной энергии можно изучить также методом внутреннего трения. Измерения величины внутреннего трения позволяют с высокой точностью определить:

- дефекты атомной структуры данного материала;
- величину коэффициента диффузии;
- изменение дислокационного состояния материала (старение) после термообработки;
- величину сверхтвердости материалов, их демпфирующее состояние при длительном резании.

Внутреннее трение является важной структурно-чувствительной характеристикой материала, что делает его особенно ценным для изучения изменений структуры при обработке материалов резанием. Оно зависит от температуры резания, пластической деформации при обработке металлов, шероховатости поверхности при резании и т.д.

Таким образом, внутреннее трение имеет особое практическое значение при оценке влияния величины рассеянной энергии на показатели резания материалов.

В качестве меры внутреннего трения применяют различные величины, например, энергию, рассеиваемую в единице объема испытуемого образца за единицу времени (с):

$$W = \sigma \varepsilon, \text{ Дж/с}, \quad (1)$$

где σ - напряжение в образце; ε - деформация.

Однако обычно пользуются безразмерными величинами.

Характеристикой внутреннего трения является величина

$$\psi = \Delta W / W, \quad (2)$$

где $\Delta W = \frac{2\pi}{\omega} \int \sigma \varepsilon dv$ - энергия, рассеиваемая за цикл; $W = \frac{1}{2} \int \sigma_0 \varepsilon_0 dv$ - энергия колебаний всего образца, отвечающая амплитудным значениям напряжения и деформации.

Величину ψ называют по-разному, чаще всего - коэффициентом поглощения (затухания) или относительной вязкостью, а также относительным рассеиванием энергии [1].

Механическая добротность системы определяется в виде

$$Q = 2\pi W / \Delta W, \quad Q = 2\pi / \psi. \quad (3)$$

Часто за единицу измерения внутреннего трения принимается величина Q^{-1} , которая обратна добротности.

Для свободных затухающих колебаний образца имеем

$$\psi = -2 \int_t^{t+T} \frac{d\varepsilon_0(t)}{\varepsilon_0(t)} = 2 \ln \frac{\varepsilon_0(t)}{\varepsilon_0(t+T)} = 2 \ln \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_{n+1}} = 2\delta, \quad (4)$$

где $\delta = \ln \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_{n+1}}$ - логарифмический декремент колебаний или затухающих колебаний.

Иногда измерение соседних амплитуд не всегда представляется возможным. Поэтому логарифмический декремент усредняют по определенному числу колебаний:

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_{n+1}}, \quad (5)$$

где n - число колебаний.

Иногда логарифмический декремент усредняют по времени:

$$\delta = \frac{\ln 2}{n} = \frac{\ln 2}{f_0 t_n}, \quad (6)$$

где t_n - время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается вдвое. Тогда

$$\frac{\delta}{\pi} = \frac{\ln 2}{\pi n} = \frac{0,220}{n}. \quad (7)$$

Уравнение (7) используется на практике при измерении внутреннего трения методом затухающих колебаний.

Следовательно, между коэффициентом поглощения и логарифмическим декрементом существует простое соотношение, т.е.

$$\psi = 2\delta. \quad (8)$$

В качестве меры внутреннего трения при вынужденных колебаниях применяют величину

$$B = \Delta v / v_0, \quad (9)$$

где Δv - полуширина резонансного пика; v_0 - резонансная частота образца.

Для линейной системы:

$$B = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \psi. \quad (10)$$

При деформации реального тела всегда наблюдается отставание по фазе деформации от напряжения на некоторый угол φ .

Между энергией рассеяния за цикл и углом сдвига фазы существует связь: при $\cos \varphi = 1 - \psi = 2\pi \sin \varphi$; при $\cos \varphi \neq 1 - \psi = 2\pi \operatorname{tg} \varphi$.

Связь между $\operatorname{tg} \varphi$ и величинами α , β следующая:

$$\operatorname{tg} \varphi \approx \frac{2\alpha}{\beta} = \frac{2\alpha c}{\omega}, \quad (11)$$

где α - коэффициент затухания ультразвуковой волны; β - фазовая постоянная, c - скорость распространения волны. Учитывая, что $c = \lambda v$, имеем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\lambda \alpha}{\pi}. \quad (12)$$

Связь между различными мерами внутреннего трения следующая:

$$Q^{-1} = \frac{\Delta W}{2\pi W} \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{\psi}{2\pi} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{B}{\sqrt{3}} = \frac{\lambda \alpha}{\pi} = \frac{1}{\pi n} \ln \frac{\epsilon_n}{\epsilon_{n+1}}. \quad (13)$$

Эта связь дает возможность сравнивать между собой данные, полученные в различных экспериментах при различных частотах с использованием разных мер внутреннего трения.

Необходимо учесть, что связь (13) нарушается при $\operatorname{tg} \varphi > 0,1$ и зависит от механизма рассеяния энергии.

Выводы. Внутреннее трение является наиболее структурно-чувствительной характеристикой материала, что делает его особенно ценным для изучения изменений при обработке материалов резанием. В качестве меры внутреннего трения применяют различные величины, но обычно пользуются безразмерными величинами. При этом часто в качестве единицы измерения внутреннего трения применяется величина Q^{-1} , которая обратна добротности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хильчевски В.В., Дубенец В.Г.** Несовершенная упругость материалов при сложных колебаниях. – Киев: Вища школа, 1991. - 158 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 17.07.2008.

Հ.Բ. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, Ս.Ս. ՀԱՅՐՈՒՄՅԱՆ

ՆԵՐՔԻՆ ՇՓՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ ՆՅՈՒԹԻ ՎԻՃԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐ
ԿՏՐՈՒՄԻՑ ՀԵՏՈ

Հաստատվել է, որ ներքին շփումը նյութի կառուցվածքագրայուն բնութագիրն է, որը նրան դարձնում է առավել արժեքավոր՝ մետաղների կտրմամբ մշակման ժամանակ վերջիններիս կառուցվածքային փոփոխությունների ուսումնասիրման համար: Հաստատվել է, որ որպես ներքին շփման չափման միավոր օգտագործվում են անչափ մեծություններ և հաճախ որպես ներքին շփման չափման միավոր օգտագործվում է Q^{-1} մեծությունը, որը հակադարձ համեմատական է բարորակությանը:

Առանցքային բառեր. մետաղների ներքին շփում, էներգիայի ցրում, կլանման (մարման) գործակից, հարաբերական մածուցիկություն, էներգիայի հարաբերական ցրում, տատանման լոգարիթմական դեկրեմենտ, փուլի սահքի անկյուն:

G.B. BAGHDASARYAN, S.S. HAYRUMYAN

INTERNAL FRICTION AS A PARAMETER OF MATERIAL STATE
ESTIMATION AFTER CUTTING PROCESS

An internal friction as a parameter of material state estimation after cutting process is studied. It is shown that the internal friction is the most structurally sensitive characteristics of material which makes it especially valuable for studying changing in this structure when the material is machined by cutting.

Keywords: internal friction of materials, energy scattering, consumption coefficient, relative viscosity, relative energy scattering, logarithmic decrement of oscillations, phase shift angle.