© Т.Б. Теплова, 2007

УДК 666.9-16

Т.Б. Теплова

КРИТЕРИИ КВАЗИПЛАСТИЧНОГО РЕЖИМА ПРИ НАПРАВЛЕННОМ ПОВЕРХНОСТНОМ РАЗРУШЕНИИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Семинар № 4

При рассмотрении тепловых процессов сопровождающих шлифование в режиме квазипластичности (1) можно выделить критериальные зависимости, определяющие условия при которых процесс обработки не будет переходить из области квазипластичного резания в область хрупкого разрушения:

Критерий хрупкого термического разрушения характеризует устойчивость материала к хрупкому термическому разрушению.

$$d\sigma = \frac{\mathrm{E} * \beta}{2*(1-\mu)} * dT \;;\; \beta = \beta_0 * (1 + kT) \;;$$

$$\Delta T_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{\frac{k^2}{2} + \frac{4*k(1-\mu)}{E*\beta_0}}}{k}. \qquad (1)$$

Возникающие в процессе микрошлифования материала напряжения под действием нормальной составляющей силы резания не должны превосходить предел прочности материала на сдвиг:

$$\sigma = \frac{E*\beta_0}{2*(1-\mu)} * \left[\Delta T + \frac{k*\Delta T^2}{2}\right] < \tau_{сд}, \qquad (2)$$

критерий хрупкого термического разрушения имеет вид:

$$\frac{E*\beta_0}{2*(1-\mu)\tau_{СД}} * \left[\Delta T + \frac{k*\Delta T^2}{2}\right] < 1. \qquad (3)$$

При шлифовании поликристаллов критерий хрупкого термического разрушения будет иметь вид:

$$\sigma_{1(раст)} = \mathrm{E}_1 \frac{\Delta l - \Delta l_1}{l_0} \;;\; \sigma_{2(сжим)} = \mathrm{E}_2 \frac{\Delta l_2 - \Delta l}{l_0} \;;$$

$$\Delta l_1 = \beta_1 \Delta T l_0 \qquad \sigma_1 = \mathrm{E}_1 \left[\frac{\Delta l}{l_0} - \beta_1 \Delta T\right]$$

$$\Delta l_2 = \beta_2 \Delta T l_0 \qquad \sigma_2 = \mathrm{E}_2 \left[\beta_2 \Delta T - \frac{\Delta l}{l_0}\right]$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}; \quad \begin{array}{l} \sigma_1 = E_1\varepsilon - \mathrm{E}_1\beta_1\Delta T \\ \sigma_2 = E_2\beta_2\Delta T - E_2\varepsilon \end{array}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_1 + E_1\beta_1\Delta T}{E_1} = \frac{\sigma_1}{E_1} + \beta_1\Delta T$$

$$\sigma_2 = E_2\beta_2\Delta T - \frac{E_2\sigma_1}{E_1} - E_2\beta_1\Delta T$$

$$E_2\sigma_1 + E_1\sigma_2 = E_1E_2\beta_2\Delta T - E_1E_2\beta_1\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\sigma_p E_1 + \sigma_{сж} E_2}{E_1E_2(\beta_2 - \beta_1)} \sim$$

$$\sim \frac{\tau_{сд}(E_1 + E_2)}{E_1E_2(\beta_2 - \beta_1)} = \frac{\tau_{сд}(\frac{1}{E_2} + \frac{1}{E_1})}{(\beta_2 - \beta_1)}$$

$$\sigma_2 = E_2\left(\beta_2\Delta T + \frac{\beta_2 k_2 \Delta T^2}{2}\right) - \frac{E_2}{E_1}\sigma_1 -$$

$$-E_2\left(\beta_1\Delta T + \frac{\beta_1 k_1 \Delta T^2}{2}\right)$$

$$\frac{E_1E_2\left[(\beta_2 - \beta_1)\Delta T + \frac{(\beta_2 k_2 - \beta_1 k_1)}{2}\Delta T^2\right]}{(E_1 + E_2)\sigma_p} < 1 \qquad (4)$$

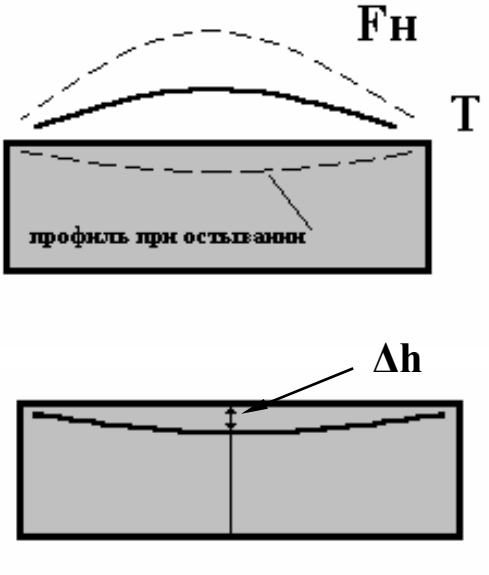

Рис. 1

Третьим критерием, характеризующим тепловое воздействие на обрабатываемый материал при шлифовании в режиме квазипластичности является **критерий сохранения формы.**

В процессе микрошлифования распределение тепла по обрабатываемому материалу происходит неравномерно. Благодаря внешнему охлаждению при обработке, основному нагреву подвергается центральная часть поверхностного слоя, непосредственно находящаяся в зоне резания.

$$\Delta h = \Delta T_{cp} \beta h_0$$

$\Delta h < \delta$; δ – врезная подача

Основное условие получения бездефектной обрабатываемой поверхности заданной шероховатости будет иметь вид

$$\frac{\Delta T_{cp} \beta h_0}{\delta} \sim 1 \qquad (5)$$

При соответственном подборе режимов обработки, руководствуясь приведенными выше критериями хрупкого термического разрушения, можно обрабатывать материал так, чтобы устранить негативное влияние теплового расширения материала при поверхностной обработке. При таком режиме обработки основной поток тепла распространяется в поверхностном слое обрабатываемого материала и уносится при удалении мельчайших частиц поверхностного слоя.

Кроме температурных факторов важное влияние на получение бездефектной поверхности нанометрового микрорельефа в процесс квазипластичного шлифования имеют коэффициент упругости материала и изменение упругих свойств обрабатываемой поверхности при изменении кристаллографических направлений в обрабатываемом монокристалле или поликристаллическом материале и коэффициент упругости обрабатывающей системы (2).

Была определена жёсткость упругой системы станочного модуля АН12ф4. Данные экспериментальных измерений приведены на рис. 2.

Обладая достаточной жесткостью в каждом своем звене УОС все же имеет подвижность между своими частями. Можно оценить уровень собственных частот упругой обрабатывающей системы:

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{об}}{m_{об}}}; \quad \nu_{ст} = \frac{\omega_{ст}}{2\pi},$$

при k=70 Н/м, $m_{ст}$~ 4,5 кг, собственная частота УОС $\nu_{ст} \approx 20*10^3$ Гц.

Критерий упругости будет иметь вид:

$$\frac{1}{2\pi\nu_{соб}} \sqrt{\frac{k}{m_{ст}}} \approx 1 \qquad (6)$$

Поскольку в процессе микрошлифования существует спектр различных частот, то получение бездефектной поверхности высокого качества с нанометровым микрорельефом будет осуществляться тогда, когда УОС будет резонировать с колебаниями частиц поверхностного слоя.

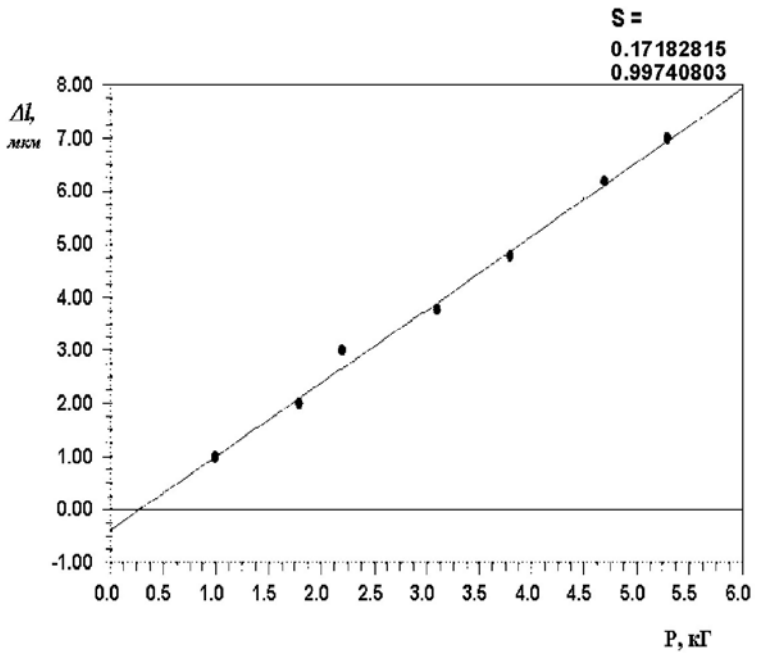

Рис. 2

При учете всех основных критериев процесса размерно-регулируемого микрошлифования возможно получать изделия из твердых материалов с заданными размерными и качественными параметрами и автоматизировать процесс микрошлифования изделий. В зависимости от цели применения обработанного твердого материала могут быть использованы различные технологические приемы и режимы шлифования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Теплова Т.Б.* Учет тепловых процессов при прецизионной механической обработке твердых материалов и минералов. М.: Горный журнал 2007-№1

2. *Теплова Т.Б.* Учет упругих постоянных упругой обрабатывающей системы при микрошлифовании твёрдых материалов, М.: ГИАБ 2007-№3.

Коротко об авторах

Теплова Т.Б. – кандидат технических наук, докторант, кафедра «Физика горных пород и процессов», Московский государственный горный университет.