© Т.Б. Теплова, 2007

УДК 666.9-16

Т.Б. Теплова

УЧЕТ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ УПРУГОЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРИ МИКРОШЛИФОВАНИИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Семинар № 23

Традиционными способами обработки лейкосапфира является шлифование и полирование. Известные методы шлифования этих материалов связанным и свободным абразивом имеют ряд недостатков, главным из которых является нарушение поверхностного и подповерхностных слоев при обработке. Это существенно уменьшает выход годной продукции.

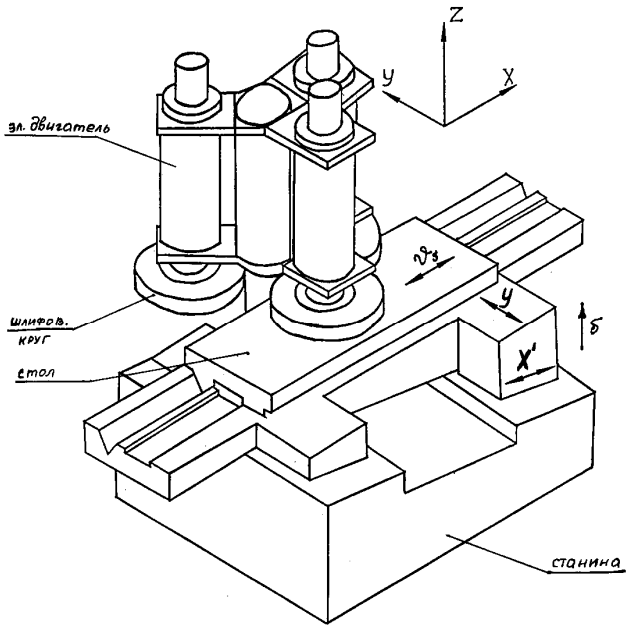
Известен метод шлифования в режиме пластичности. Шлифование в режиме пластичности достигается при обеспечении жесткости конструкции шлифовальной установки, регулирования поперечной подачи в масштабе реального времени, современной технологии правки шлифовального круга и относительной изоляции от внешних возмущений. В результате заготовки из хрупких материалов можно механически обрабатывать в регулируемом режиме. При этом обеспечивается такая чистота обработки поверхности, как при полировании и притирке, осуществляемых в ручном режиме. При малой глубине резания и низких врезных подачах все хрупкие материалы могут обрабатываться в режиме пластичного течения, а не хрупкого разрушения.

В результате проведенных экспериментов на большом количестве аморфных стекол, монокристаллов и современных керамических материалов авторами (1) была сформулирована гипотеза шлифования в режиме квазипластичности, суть которой состоит в том, что все материалы, независимо от их твердости и хрупкости, в процессе механической обработки претерпевают переход от хрупкого режима разрушения материала к квазипластическому, если подача достаточно мала. Этими исследованиями установлено, что изменение поперечной подачи на оборот шлифовального круга при шлифовании с 75 до 2 нм$*$мин$^{-1}$ приводит к уменьшению доли поверхности, охваченной разрушением с 99 до 5 %.

Для того, чтобы обеспечить достаточную жесткость, высокую разрешающую способность дискретного стабильного перемещения относительно производящей инструментальной поверхности (ПИП), создана упругая обрабатывающая система (УОС), которая реализована в станке АН12ф4 с числовым программным управлением (ЧПУ) на основе использования компьютерного управления технологией бездефектного размерно - регулируемого шлифования.

Упругая обрабатывающая система (УОС) позволяет осуществить:

- повторяемость и с высокой точностью воспроизводимость микроперемещений исполнительных органов шлифовального станка одновременно по меньшей мере по 6-ти координатным



Система координат станка

Рис. 1

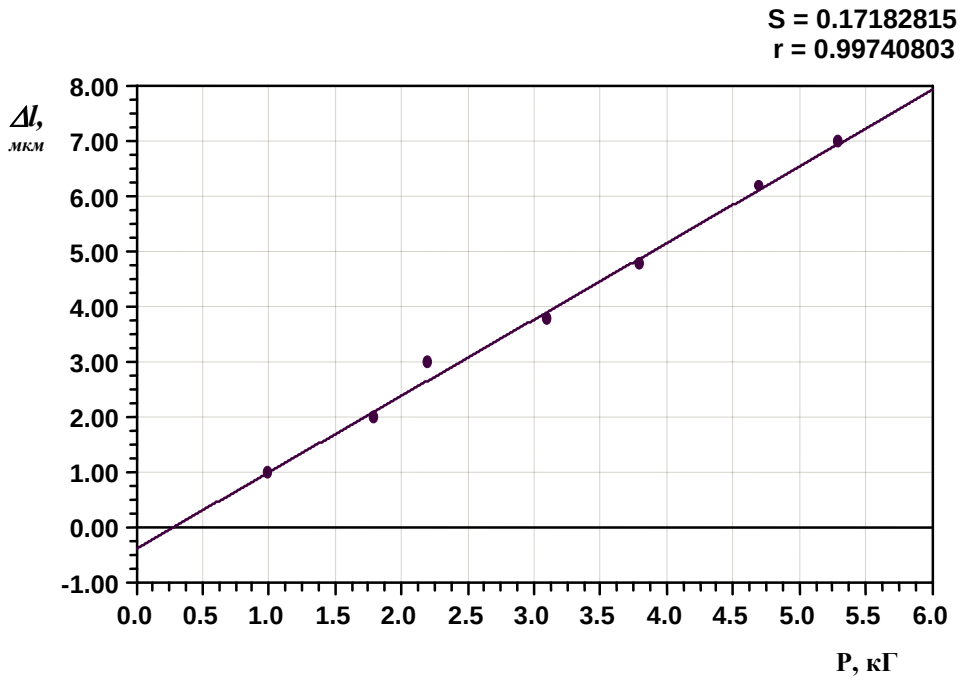
осям в режиме управления прямым счетом импульсов (без датчиков обратной связи), обеспечивающих высокоточный контроль входных параметров интенсивности съема припуска;

- супервысокоточное динамическое воздействие на ОП кристалла ритмичным полем УОС;
- контроль выходных парамет-ров микрошлифования на основе математической (цифровой) обработки информации о фактических упругих деформациях в обрабатывающей системе, в том числе контроль за отношением между величиной статической и амплитудой динамической составляющими упругих деформаций, а также контроль за частотой колебаний динамической составляющей упругой деформации;
- тестовую идентификацию фактической постоянной времени переходных процессов резания (в реальном масштабе времени обработки) в УОС, интегрально характеризующую фактическое состояние ее статических и динамических параметров;
- управление с заданной высокой точностью статическими параметрами и размерной настройкой УОС;
- управление с заданной высокой точностью динамическими параметрами УОС для получения заданных (выходных) оптических характеристик чистоты на окончательно обработанной поверхности;
- технологическую диагностику в реальном масштабе времени процесса резания с адаптивной стабилизацией постоянной времени переходных процессов резания в УОС для обеспечения квазипластичного микрорезания без потери сплошности основного монокристалла, формирования диссипативной структуры приповерхностного слоя на обработанной поверхности с отсутствием нижележащих нарушенных слоев.

Параметры станочного модуля приведены в работе (2). Схема станочного модуля приведена на рис. 1

Для получения стабильных результатов микрошлифования с нанометровой шероховатостью поверхности необходимо контролировать и регулировать все упругие звенья упругой обрабатывающей системы станочного модуля.

Обладая достаточной жесткостью в каждом своем звене УОС все же имеет подвижность между своими частями. При этом можно выделить упругие взаимодействия частей, оказываю-



$\Delta l = a + bP$, a = - 0.36071842, b = 1.3847045

Рис. 2

щих наибольшее влияние на результаты микрошлифования материала:

1. ПИП-ОП образца материала;
2. Образец-державка;
3. Державка-цанга;
4. Цанга-плита;
5. Плита-станина

Общая упругая деформация является суммой деформаций каждой части.

В соответствии с законом Гука F = = k*x, где k-жесткость (Н/м), x-деформация(м), среднее значение силы $F_{ср} = F/2$.

Т.к. работа по упругому сжатию над системой в целом равна сумме работ по сжатию каждой части, то:

$A_{тр.\ УОС} = k_1*x_1^2/2 + k_2*x_2^2/2 \quad ++k_3*x_3 2/2 + k_4*x_4^2/2 \quad + k_5*x_5^2/2$

Были проведены эксперименты по определению зависимости деформации упругой обрабатывающей системы при нагружении в статическом и динамическом состоянии. По результатам полученных значений величин нагрузок и деформации системы построен график рис. 2

При исследовании процесса нагружения упругой обрабатывающей системы в динамике были получены осциллограммы процесса микрошлифования (рис. 2), зависимость амплитуд которых от величены приложенной нагрузки приведена в таблице.

Величина нагрузки, кГ	Амплитуда, В
3,7	0,94
5	0,54
0	1,14

Эксперимент проводился при микрошлифовании монокристалла искусственно выращенного лейкосапфира.

Составив систему уравнений с применением коэффициента пропорциональности:

F –3,7 = k*0,94

F –5 = k*0,54,

можно определить силу F – нормальную составляющую силы резания, действующую в упругой обрабатывающей системе станочного модуля в процессе квазипластичного микрошлифования, а также повести торрировку осциллограмм, сопоставляя усилия, развиваемые системой при микрошлифовании с амплитудой выходного сигнала пьезодатчика, расположенного под обрабатываемым кристаллом. Проведя необходимые вычисления, находим величину силы F = =2,7кГ

Учет упругих постоянных УОС имеет важное значение для определения одного из критериев процесса размерно-регулируемого шлифования для получения обрабатываемого изделия с заданными параметрами, а также для последующей автоматизации этого процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bifano. T.G. .Blake. P., Dow, T.A., and Scattergood, R.O.,* “Precision Machining of Ceramic Materlals” Proc. of the Intersociety Symposium on the Machining of Ceramic Materials and Components.R. E. Parks.K. Subramsnian K Ball eds Am Cer. Soc., ASME Abras. End. Soc..pp.99-120, April. 1987 (Updated and Reprinted in American Ceramic Society Bulletin, June.1988. Vol. 67, No.6. pp. 1038-1044.

2. *Теплова Т.Б.* Перспективы технологии размерно-регулируемого шлифования твердых высокопрочных материалов. – М: ГИАБ, 2004, №7.

Коротко об авторах

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