

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.923

ВЫСОКОТОЧНАЯ КОРРЕКЦИЯ УГЛА СРЕЗА КВАРЦЕВЫХ ПЛАСТИН ПРИ ШЛИФОВАНИИ С НЕРАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

© 2011 г. А. В. Нужин, канд. техн. наук

НПК “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”

E-mail: nuzhin@mail.ru

Рассматривается технология шлифования пластин с неравномерно распределенной нагрузкой по обрабатываемой поверхности. Выполнены расчеты, на основе которых обеспечивается заданное распределение нагрузки. Технология пригодна для изготовления пластин с жесткими допусками на клиновидность, а также для высокоточной коррекции угла среза пластин из кристаллических материалов. Приводятся результаты коррекции угла среза кристаллических элементов для прецизионных кварцевых резонаторов.

Ключевые слова: шлифование, угол среза, коррекция.

Коды OCIS: 120.4610

Поступила в редакцию 24.12.2010

Изготовление ряда оптических деталей связано с обеспечением достаточно жестких допусков на угловые размеры призм и пластин. В частности при изготовлении кварцевых кристаллических элементов (ККЭ) точность выполнения угла среза составляет единицы угловых секунд.

Рассмотрим, каким образом можно обеспечивать жесткие допуски на изготовление пластин, используя технологию шлифования с неравномерно распределенной нагрузкой по обрабатываемой поверхности. Известно, что интенсивность процесса шлифования по методу свободного поверхностного притира пропорциональна нагрузке на обрабатываемую поверхность [1, 2]. Если в процессе шлифования обрабатываемая поверхность заготовки прижимается к инструменту с неравномерной нагрузкой, то слой материала, удалаемый с заготовки, будет неравномерным по толщине, что приведет к плавному целенаправленному изменению формы заготовки. Выполним необходимые расчеты для создания неравномерно распределенной нагрузки и на практическом примере покажем, как процесс шлифования

с такой нагрузкой можно использовать для высокоточной коррекции угла среза ККЭ.

На рис. 1а представлена схема приспособления, создающего неравномерную нагрузку на обрабатываемую поверхность. На поверхность инструмента 1 устанавливается заготовка 2 и накрывается прижимом 3. В верхней части прижима расположено отверстие для поводка 4. Поводок с силой Q прижимает заготовку к поверхности инструмента. Отверстие смещено от геометрического центра прижима на величину Δ , чем обеспечивается неравномерная нагрузка на прижим и ККЭ.

Целесообразно, чтобы нагрузка от силы Q распределялась “по треугольнику” (рис. 1б). Расчет смещения Δ сводится к следующему. Для силы q , распределенной по треугольнику в соответствии с рис. 1б, имеем [3]

$$q = (q_{\max} x) / l, \quad (1)$$

где q_{\max} – максимальное значение распределенной силы, x – текущая координата распределенной силы q , l – длина поверхности.

Точка приложения C равнодействующей силы Q совпадает с координатой X_c центра тя-

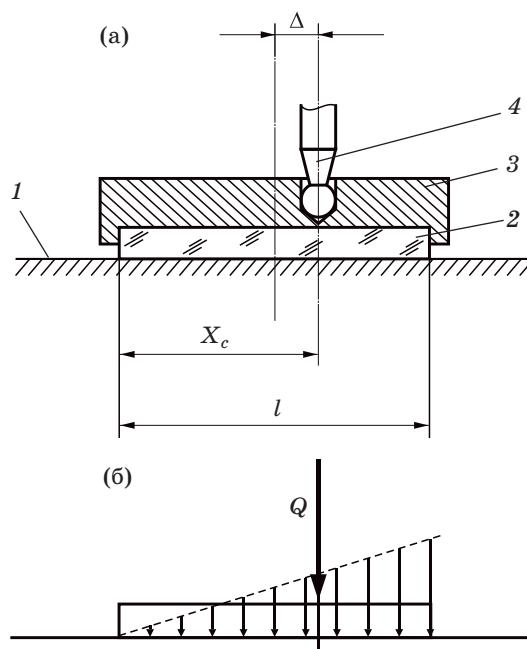


Рис. 1. Приспособление, создающее неравномерно распределенную нагрузку на обрабатываемую поверхность ККЭ. а – схема приспособления: 1 – поверхность инструмента, 2 – ККЭ, 3 – прижим, 4 – поводок. б – эпюра распределения нагрузки по обрабатываемой поверхности.

жести треугольника, образованного распределенной силой q [8]. Тогда координата X_c вычисляется как координата центра тяжести плоской фигуры по известным в механике формулам

$$X_c = \frac{\int_0^l x q dx}{\int_0^l q dx} \quad (2)$$

Подставив в соотношение (2) значение q из формулы (1) и выполнив интегрирование, получим $X_c = (2/3)l$, откуда окончательно, в соответствии с рис. 1б, имеем

$$\Delta = (1/6)l. \quad (3)$$

Перейдем к рассмотрению коррекции угла среза ККЭ шлифованием с неравномерно распределенной нагрузкой по обрабатываемой поверхности, сделав несколько предварительных замечаний.

Коррекция угла среза применяется для снижения затрат на производство ККЭ путем уменьшения в партиях заготовок отклонений угла среза, полученных на предыдущих стадиях обработки. Для коррекции угла среза с

заготовок ККЭ, имеющих запас по толщине, должен быть удален заданный неравномерный по толщине слой материала. Исходной информацией для коррекции являются измерения угла среза заготовок на рентгенгониометре [4].

Особенность распространенных методов коррекции угла среза состоит в том, что поправка в значение угла среза вводится “скачком”. Методы можно условно разделить на две группы. Первую группу составляют методы с базированием ККЭ по промежуточному элементу. Промежуточный элемент является приспособлением, которое выбирается или настраивается так, чтобы обеспечить определенную геометрическую ориентацию ККЭ относительно поверхности инструмента в процессе шлифования. Практическая реализация приводит к достаточно сложным конструкциям, имеет ограниченную точность и предполагает ряд контрольно-юстировочных операций, при которых уточняется положение ККЭ.

В методах второй группы в качестве установочной базы используется обрабатываемая поверхность. Практическая реализация метода получается более простой и надежной. Так, например, известен способ коррекции угла среза, когда химическим путем с части поверхности ККЭ стравливают слой материала, а затем детали шлифуют, базируя их по обрабатываемым поверхностям. На толщину и положение протравленного участка влияют точность нанесения защитного слоя, шероховатость поверхности ККЭ, качество очистки поверхности, концентрация и температура травящего раствора, время травления. Метод эффективен в условиях массового производства после экспериментального подбора значений влияющих параметров на пробных партиях ККЭ. Необходимость обеспечения правил работы с химически активными веществами в ряде случаев является ограничением для использования метода.

В значительной степени указанные недостатки можно устранить, исправляя угол среза ККЭ по предлагаемой технологии шлифования. Реализация технологии осуществляется на шлифовально-полировальном станке типа ШП для одностороннего шлифования по методу свободного поверхностного притирания, оснащенном относительно простым приспособлением. Приспособление позволяет одновременно обрабатывать несколько деталей на одной планшайбе с приводом от одного поводка, совершающего возвратно-колебательное движение

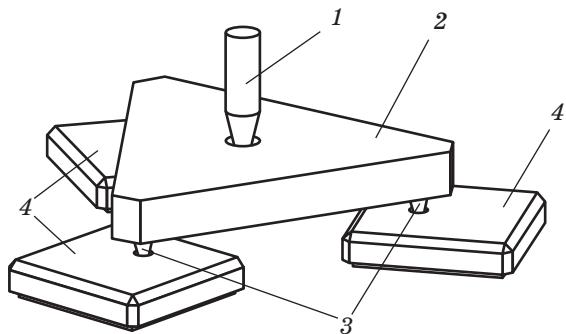


Рис. 2. Фрагмент приспособления для обработки нескольких пластин одновременно. 1 – поводок, 2 – пластина, 3 – малые поводки, 4 – прижимы.

ние. Детали в процессе обработки базируются по поверхности планшайбы и совершают по ней сложное движение, как того требует метод свободного поверхностного притира. При этом обеспечивается удовлетворительная производительность на одном шпинделе станка. Внешний вид фрагмента приспособления представлен на рис. 2. Прижимающая сила от основного поводка 1 через пластину 2 передается в равных частях на три малых поводка 3, жестко связанных с пластиной. Каждый из поводков через соответствующий прижим 4 создает распределенную силу по обрабатываемым поверхностям заготовок. В работе использовались приспособления, позволяющие одновременно корректировать угол среза на 9 или 18 заготовках.

При выбранных параметрах настройки станка и марке абразива изменение угла среза пропорционально времени обработки. Для повышения точности вносимых поправок возможен промежуточный контроль угла среза, так как процесс шлифования можно прервать в любой момент времени для контроля, а затем возобновить снова без каких-либо дополнительных настроек. После обработки первой поверхности пластина приобретает определенную клиновидность, которая устраняется путем последующей обработки второй поверхности аналогично первой.

Эксперименты по коррекции угла среза проводились на квадратных заготовках ККЭ АТ-среза и SC-среза [5] размером от 12×12 до 18×18 мм. Результаты экспериментов свидетельствуют о следующем. Коррекция угла среза осуществляется с погрешностью, лежащей в интервале 0,1–0,2 от значения требуемой поправки, и ограничивается в предельном случае точностью измерения угла среза ККЭ на рентгенгониометре. Так, например, для получения ККЭ, угол среза которых ограничивается интервалом $\pm 12''$, можно использовать заготовки с погрешностью угла среза из интервала $\pm 60''$, рассортированные в группы по $10''$. Время шлифования одной группы заготовок с одной стороны находится в интервале от 30 с до 5 мин в зависимости от значения требуемой поправки и настройки станка. Промежуточный контроль угла среза для особо ответственных партий заготовок позволяет практически полностью исключить брак при выполнении операции. Практическая реализация метода обеспечивается достаточно простой подготовкой производства, не требует специальных мер безопасности. Метод пригоден для коррекции различных по количеству партий заготовок ККЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семибратов М.Н., Зубаков В.Г., Штандель С.К., Кузнецов С.М. Технология оптических деталей // Под ред. Семибратова М.Н. М.: Машиностроение, 1978. 415 с.
2. Бубис И.Я., Вейденбах В.А., Духопел И.И., Зубаков В.Г., Качкин С.С., Кузнецов С.М., Лисицын Ю.В., Окатов М.А., Петровский Г.Т., Придатко Г.Д., Сергеев Л.В., Смирнов В.И., Суйковская Н.В., Торбин И.Д., Чунин Б.А. Справочник технолога-оптика: Справочник // Под общ. ред. Кузнецова С.М., Окатова М.А. Л.: Машиностроение, 1983. 414 с.
3. Добронравов В.В., Никитин Н.Н., Дворников А.Л. Курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 1966. 624 с.
4. Мостяев В.А., Дюжиков В.И. Технология пьезо- и акустоэлектронных устройств // Под ред. Кандыба П.Е., Грузиненко В.Б. М.: Ягуар, 1993. 279 с.
5. Глюкман Л.И. Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы. М.: Радио и связь, 1981. 216 с.