

Таким образом, процесс шаржирования с ультразвуком представляет собой совокупность повторяющихся переходных процессов «затягивания» системы на виброударный режим и «срыва» с него. При этом наличие низкочастотных колебаний значительной амплитуды создает благоприятные условия для гарантированного попадания алмазных частиц в зону обработки, а их динамическое вибровтирание в материал подложки осуществляется, главным образом, за счет высокочастотной (ультразвуковой) области спектра колебаний во время стадий возбуждения и «затягивания» системы на виброударный режим, что, как указывалось выше, создает благоприятные условия для формирования алмазоносного слоя с высокими эксплуатационными показателями.

### **Литература**

1. Епифанов В.И., Песина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты. – М.: Высшая школа, 1982. – 335 с.
  2. Киселев М.Г., Минченя В.Т., Касьяненко И.А. Повышение эксплуатационных показателей распиловочных дисков// Порошковая металлургия. Минск. 1998. Вып.21. – С. 23-26.
- Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.:Машиностроение,1980. – С.237.

УДК 621.9.048.4

### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОГО РАСПИЛИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА**

**Киселев М.Г., Минченя В.Т., Галенюк Г.А., Дроздов А.В.**  
*Белорусский национальный технический университет*  
*Минск, Беларусь*

Цель данной работы заключалась в экспериментальной оценке степени влияния виброударного режима взаимодействия распиловочного диска с обрабатываемой заготовкой на интенсивность распиливания хрупких материалов и определения метода реализации данного режима. Как аналог, применительно к которому прогнозируется использовать полученные результаты, рассматривается процесс механического распиливания кристаллов алмаза. [1,2] Распиливание

кристаллов алмаза выполняется на многосекционном распиловочном станке модели ШП-2. Поэтому, с учетом применяемого оборудования и оснастки была создана экспериментальная установка на базе станка модели ШП-2, позволяющая моделировать процесс распиливания кристаллов хрупких материалов, в том числе и монокристаллов алмаза, как в обычных условиях, так и с реализацией виброударного режима работы акустической системы экспериментальной установки. Это достигается применением ультразвуковых колебаний, подаваемых на акустическую систему установки и создания виброударного режима взаимодействия распиловочного диска с обрабатываемой заготовкой.

Принципиальная схема установки показана на рис. 1.

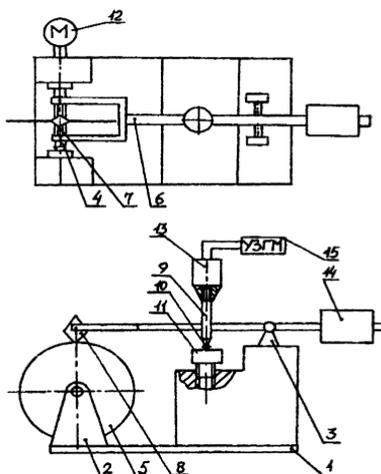


Рис. 1. Установка для распиливания кристаллов алмаза

Установка для распиливания кристаллов алмаза содержит станину 1, на которой установлены две пары стоек: передняя 2 и задняя 3. В передней паре стоек 2 в бронзографитовых подшипниках скольжения вращается шпindelь 4 с распиловочным диском 5. Задняя пара стоек 3 станины 1 распиловочной секции служит для установки стрелы 6 с оправками 7, в которых закрепляется обрабатываемая заготовка 8. Для ориентации обрабатываемой заготовки 8 относительно распиловочного диска 5 к концу одной из оправок с помощью резьбового крепления прикреплялся фланец, в котором был выполнен квадратный паз с размером стороны равным 6мм.

Стрела 6 жестко связана со стержнем-концентратором 9 с помощью двух зажимных винтов. Стержень-концентратор 9 имеет полуволновую длину и конический наконечник для усиления амплитуды колебаний.

Стержень-концентратор 9 через промежуточный элемент 10 опирается на регулировочную платформу 11, на которой выполнена резьба с мелким шагом. На торце конического наконечника выполнена сферическая поверхность с которой сопрягается подвижный промежуточный элемент 10 в виде стального шарика.

Изменение угла наклона стрелы и подача заготовки на распиловочный диск а также ее отвод происходит при повороте регулировочной платформы 11 вокруг своей оси и перемещении ее с помощью резьбового соединения относительно станины распиловочной секции. Обрабатываемая заготовка 8, клеивается в квадратный паз на фланце оправки 7, и поджимается второй оправкой закрепленной в шарнирном устройстве стрелы 6. Вращение шпинделя 4 осуществляется с помощью плоскоременной передачи (на рисунке не показана) от синхронного электродвигателя 12. Ультразвуковой преобразователь 13 установлен над стержнем-концентратором 9, и контактирует с ним с помощью резьбового соединения. Для уравнивания стрелы 6 и создания рабочего давления на обрабатываемой заготовке 8 установлен регулируемый противовес 14. Для возбуждения виброударного режима работы в зоне распиливания была использована ультразвуковая аппаратура, включающая генератор 15 ультразвуковых колебаний УЗГМ, выходной мощностью до 40 Вт с частотой в пределах 22...44 кГц и пьезоэлектрический преобразователь с номинальной частотой 44 кГц.

Особенностью данной установки является разомкнутая акустическая система с опорным винтом, предназначенным для передачи ультразвуковых колебаний на связанную с ним распиловочную стрелу и имеющим полуволновую длину и конусообразный наконечник для усиления амплитуды колебаний. Кроме того, данная система включает подвижный промежуточный элемент, масса которого может быть различна. При ультразвуковом возбуждении такой системы между шариком и выходным торцом концентратора реализуется виброударный режим взаимодействия, представляющий собой совокупность переходных процессов «затягивания» системы на виброударный режим и срыва с него. В результате обрабатываемая заготовка, закрепленная на стреле, совершает как ультразвуковые колебания на стадии «затягивания» системы на виброударный режим, так и низкочастотные колебания на стадии «срыва» с этого режима. Таким образом, относительно просто реализуется режим виброударного механического распиливания кристаллов алмаза, при котором возможно перевести ультразвуковые колебания преобразователя ра-

бочей установки в широкий спектр колебаний, включающий и низкочастотные колебания распиловочной стрелы, на которой закреплен кристалл сверхтвердого хрупкого материала, что позволяет увеличить производительность и значительно улучшить качество поверхности распиленной заготовки.

Установка работает следующим образом. Включается электродвигатель 12 установки. При помощи регулировочной платформы 11 стрела 6 с закрепленным кристаллом 8 опускается на режущий инструмент 5. Включается ультразвуковой преобразователь 13, от которого колебания передаются через стрелу 6 на кристалл 8. По мере углубления режущего инструмента 5 в кристалл 8, механизмом изменения угла наклона стрелы 6 опускают регулировочную платформу 11 и, меняя параметры ультразвукового воздействия, добиваются максимального качества поверхности на начальном и конечном этапах распиловки и значительного повышения производительности в промежутке между этими этапами.

В качестве обрабатываемого материала в исследованиях использовалось кварцевое стекло, из которого изготавливались образцы в виде кубиков с размером ребра 5 мм. По аналогии с распиливанием кристаллов алмаза, образцы наклеивались на оправку, имеющую специальный паз для ориентации заготовки на «ребро».

Для распиливания использовался стальной алмазный отрезной диск толщиной 0,5 мм с размером алмазного микропорошка 28/14. В ходе экспериментов каждый образец распиливался как в обычных условиях обработки, так и при ультразвуковом воздействии.

В ходе выполнения экспериментов варьировались следующие технологические параметры: статическая нагрузка  $P_{ст}$  принимала следующие значения: 0,45; 0,91; 1,20 Н; скорость резания  $V = 9,5$  м/с; и частота ультразвуковых колебаний 44 кГц.

С целью количественной оценки степени влияния ультразвуковых колебаний на интенсивность (производительность) распиливания образцов использовался коэффициент эффективности

$$\eta_b = \left( 1 - \frac{h_{ст}}{h_{ак}} \right) * 100\%, \quad (1)$$

где  $h_{ст}$  и  $h_{ак}$  — соответственно глубина распила в обычных условиях и при ультразвуковом воздействии за одинаковое время обработки.

С практической точки зрения важно оценить интенсифицирующее влияние ультразвука на всю операцию распиливания, т.е. на повышение производительности обработки. В табл.1 приведены данные отражающие значения интенсивности распиливания образцов (мм<sup>2</sup>/с) при различных режимах обработки. В этой серии экспериментов окружная скорость диска была постоянной и составляла 9,5 м/с.

Таблица 1.

**Данные о производительности процесса распиливания как в обычных условиях так и при реализации виброударного режима работы акустической системы**

Нагрузка, Н	Производительность, мм <sup>2</sup> /мин	
	с УЗК	без УЗК
1,20	5,92	2,72
0,91	3,94	1,47
0,45	4,33	1,27

Из их анализа видно, что в исследованном диапазоне изменения статической нагрузки, скорости резания и амплитуды колебаний реализация виброударного режима взаимодействия распиловочного диска с обрабатываемой заготовкой повышает по сравнению с традиционным распиливанием производительность выполнения операции. При этом доминирующим фактором, определяющим это повышение, является значение статической нагрузки на обрабатываемый кристалл. Из таблицы 1 видно, что наибольшее значение производительности как в обычных условиях обработки, так и при реализации виброударного режима взаимодействия распиловочного диска с обрабатываемой заготовкой достигается при наибольшем значении статической нагрузки. Однако чтобы оценить интенсифицирующее влияние виброударного режима работы на производительность необходимо оценить зависимость коэффициента эффективности от статической нагрузки.

Данные, отражающие это повышение, выраженное в процентах по отношению к распиливанию в обычных условиях, приведены в табл. 2.

Таблица 2.

**Повышение интенсивности распиливания (%) за счет реализации виброударного режима работы акустической системы при значениях статической нагрузки**

Нагрузка, Н	h, %
0,91	63
0,45	71

Таким образом, исходя из данных приведенных на таблицы 2 можно сделать вывод что наибольшее значение коэффициента эффективности достигается при наименьшем значении статической нагрузки  $P_{ст}=0,45$  Н. Это мож-

но объяснить тем, что данная нагрузка позволяет снизить давление, создаваемое регулируемым противовесом, опорного винта на промежуточный элемент установки, что позволяет повысить амплитуду вынужденных колебаний при эффекте «затягивания» промежуточного подвижного элемента в виброударный режим работы. Однако при дальнейшем уменьшении  $R_{ст}$  при подаче ультразвуковых колебаний с преобразователя на опорный винт происходил отрыв заготовки от режущего инструмента и прекращение дальнейшего распиливания. Таким образом, из приведенных выше данных экспериментов можно сделать вывод, что доминирующим фактором, влияющим на производительность процесса распиливания хрупких материалов является значение статической нагрузки  $R_{ст}$ . Однако при обычном режиме распиливания значение этого фактора ограничивается устойчивостью режущего инструмента. При реализации же виброударного режима работы акустической системы описанной выше экспериментальной установки происходит прерывистое резание со взаимным ударным взаимодействием обрабатываемой заготовки и торцевой поверхности распиловочного диска. Воспринимая в дополнение к обычной статической нагрузке ударные, обрабатываемая заготовка из кварцевого стекла разрушается интенсивней, чем при обычном распиливании. Причем интенсивность ударных нагрузок на обрабатываемую заготовку будет прямо пропорционально зависеть от статической нагрузки, создаваемой регулируемым противовесом экспериментальной установки, что наглядно отражают данные таблицы 1, а также от амплитуды вибрационных колебаний. Необходимо заметить, что при реализации виброударного режима взаимодействия ультразвукового преобразователя с промежуточным элементом колебания преобразователя представляет собой сложение нескольких типов колебаний из которых можно выделить два основных: высокочастотные с частотой 44 кГц и амплитудой колебаний порядка 2–3 мкм, и низкочастотные (60–200 Гц) с более значительной амплитудой порядка 50–100 мкм.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что доминирующую роль в повышении производительности и качества процесса механического распиливания хрупких материалов играет низкочастотная составляющая в спектре возникающих широкодиапазонных колебаний. Отсюда вытекает важный с практической точки зрения вывод о том, что в качестве источника вынужденных колебаний, сообщаемых обрабатываемой заготовке, помимо ультразвука можно использовать вибраторы сравнительно невысокой частоты (60–200 Гц), но обеспечивающие достаточную амплитуду генерируемых колебаний (0,05–0,2 мм). В частности это могут быть инерционные, электромагнитные, электродинамические и другие типы вибраторов, которые характеризуются простотой конструкции, надежностью в работе, а также более низкой сто-

имостью, в сравнении с ультразвуковыми колебательными системами. Кроме того, применение низкочастотных вибраторов позволяет достаточно просто обеспечить резонансные условия виброударного режима распиливания, когда частота колебаний, создаваемых виброприводом, будет равна или кратна частоте собственных колебаний в упругой системе обрабатываемая заготовка – распиловочный диск. В свою очередь, реализация резонансного режима виброударного распиливания позволяет применять виброприводы малой мощности, а, соответственно, небольших габаритов и массы, что упрощает конструкцию распиловочной головки.

### **Литература**

Епифанов В.И., Песина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты.–М.: Высшая школа, 1982. –335 с.

Бочаров А.М., Климович А.Ф., Старовойтов А.С., Снежков В.В. Изнашивание монокристаллов алмаза.–МН.: Беларуская навука, 1996.–144 с.

УДК 553.8

## **СТАНОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ КАБОШОНОВ ИЗ ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Луговой В.П., Гаврилов А.**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

К ювелирным изделиям массового спроса относятся украшения с вставками из поделочных и самоцветных камней. Вставки могут иметь различные формы с ограненными боковыми сторонами или со сферической и овальной формы, именуемые кабошонами. Такие изделия из камня используются в качестве вставок в кольцах, браслетах, серьгах, ожерельях и других ювелирных изделиях. В связи с большим количеством типоразмеров применяемых кабошонов возникает потребность разработки и использования специального технологического оборудования для их производства. Основными требованиями к подобному оборудованию является быстрая переналаживаемость для обработки различных типоразмеров изделий, простота обслуживания и эксплуатации.

Кинематика формообразования кабошонов состоит из комбинации четырех простых движений: главного движения- вращения шлифовального круга, круговой подачи обрабатываемой заготовки вокруг своей оси, кача-