

## ТЕХНОЛОГИЯ ВИБРОУДАРНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО РАСПИЛИВАНИЯ ХРУПКИХ ЗАГОТОВОК

Киселев М.Г., Дроздов А.В., Ямная Д.А.

УО «Белорусский национальный технический университет»  
г. Минск, Беларусь, E-mail: kiselev.maikl@gmail.com

Операция механического распиливания исходного сырья из хрупких неметаллических материалов на штучные заготовки широко используется в технологии оптического и электронного приборостроения, а также в ювелирном производстве. Одним из перспективных направлений ее совершенствования является сообщение заготовке вынужденных колебаний, действующих перпендикулярно торцевой (режущей) поверхности распиловочного диска [1–2]. Их положительное влияние на повышение уровня технологических показателей операции связано с реализацией условий виброударного режима взаимодействия заготовки с распиловочным диском. Вместе с тем, для более эффективного управления параметрами этого режима, а соответственно, условиями протекания процесса распиливания, авторами [3] была обоснована целесообразность сообщения не одномерного, а двумерного периодического циркуляционного движения, совершаемого ею в плоскости распиливания. Однако в литературных источниках систематизированные научные данные о влиянии колебаний такого типа на протекание процесса распиливания материалов практически отсутствуют. В этой связи разработка технологии распиливания хрупких неметаллических материалов при сообщении заготовке периодического циркуляционного движения и создание соответствующего станочного оборудования, обеспечивающих существенное повышение производительности и качества выполнения операции, являются актуальными научно-практическими задачами, имеющие важное значение для ювелирного производства, электронной промышленности, оптического и оптико-электронного приборостроения.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема колебательной системы модернизированной распиловочной секции станка модели ШП-2, предназначенной для механического распиливания монокристаллов алмаза на части (полуфабрикаты).

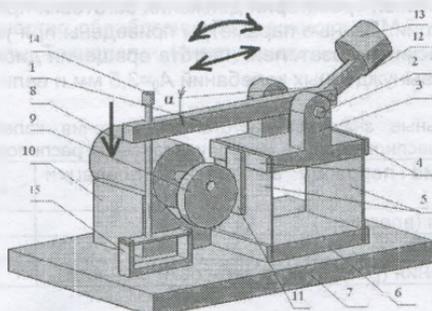


Рисунок 1 – Схема распиловочной секции, реализующей двумерное циркуляционное движение заготовки

Стрела 1 с помощью шариковой опоры 2 устанавливается в стойке 3 и имеет возможность с минимальным трением поворачиваться вокруг своей оси качания. К боковым сторонам стойки с помощью винтов и накладок 4 закреплены тонкие (толщиной 0,5 мм) стальные (сталь 65Г) упругие пластины 5, противоположные концы которых аналогичным образом закреплены на опорной пластине 6, которая жестко связана с основанием распиловочной секции 7. Таким образом, эти пластины образуют плоский параллелограммный подвес, допускающий перемещение стойки со стрелой в горизонтальном направлении. Для возбуждения колебательного узла распиловочной

секции используется электродвигатель 8 (рис. 1) постоянного тока с встроенным редуктором, на валу которого закрепляется сменный эксцентрик 9. Двигатель с помощью хомута крепится в установочной призме 10 таким образом, чтобы наружная поверхность эксцентрика контактировала в центре контактной пластины 11, прикрепленной к боковой поверхности стойки.

На одном конце стрелы закреплена обрабатываемая заготовка (на рисунке не показана), а на другом – поворотный рычаг 12 с противовесом 13. За счет изменения углового положения рычага относительно горизонтальной оси (угол  $\alpha$ ) регулируется величина статического усилия прижатия опорного винта 14 к упругой прокладке (опоре) 15. В процессе распиливания винт периодически выворачивается, чем обеспечивается плавная подача заготовки к наружной (режущей) поверхности вращающегося распиловочного диска (условно направление подачи показано стрелкой).

По сравнению с традиционными условиями выполнения операции придание заготовке такого движения позволят существенно интенсифицировать процесс распиливания образцов из твердых и сверхтвердых материалов и значительно повысить качество поверхности площадок распиленных полуфабрикатов. Так, повышение производительности обработки обеспечивается за счет того, что при движении заготовки по эллиптической траектории ее взаимодействие с режущим инструментом протекает в режиме ее периодического ударно-фрикционного взаимодействия с диском и характеризуется ее косым соударением с его торцевой поверхностью. А основное влияние на повышение качества распиленной поверхности оказывает наличие периодического относительного скольжения контактирующих поверхностей в вертикальном направлении, которое отсутствует при традиционной обработке. Благодаря такому дополнительному относительному движению заготовки и диска реализуется условие неповторяемости следов обработки на поверхности площадок распиленных полуфабрикатов, что в сравнении с традиционной обработкой способствует повышению их качества за счет реализации полирующего эффекта.

Исходя из указанных особенностей осуществления операции распиливания и обобщенного анализа полученных экспериментальных данных в таблице 1 приведены полученные в рамках работ [4] рациональные значения частоты возбуждения колебательной системы и величины статической нагрузки, а также соответствующие им параметры эллиптической траектории движения заготовки при ее распиливании на модернизированной секции. Данные параметры приведены при условии неизменности следующих технологических показателей: частота вращения диска, равная  $7500 \text{ мин}^{-1}$  ( $V_{\text{кр}}=27 \text{ м/с}$ ), амплитуда вынужденных колебаний  $A_0=3,5 \text{ мм}$  и величина зазора  $Z=3 \text{ мм}$ .

Таблица 1 – Рациональные значения частоты возбуждения колебательной системы и статической нагрузки при распиливании на модернизированной распиловочной секции

Номер и наименование перехода выполнения операции распиливания	$f, \text{ Гц}$	$P_{\text{ст.в}}, \text{ Н}$
1 Начало распиливания (врезание)	1,7	1,2
2 Основное распиливание	3,6	2,2
3 Окончание распиливания (разделение заготовки на части)	0	1,2

### **Описание разработанной технологии циркуляционного распиливания хрупких материалов**

Операция циркуляционного распиливания включает все вспомогательные переходы традиционной технологии распиливания. В частности, закрепление заготовки на оправке и установка оправки на рабочем конце стрелы; установка в шпинделе отрезного (распиловочного) диска; требуемая ориентация заготовки относительно режущей кромки последнего; раскрепление оправки с полуфабрикатом после окончания операции распиливания и его извлечение из оправки. Поэтому содержание этих вспомогательных переходов можно не приводить, а остановиться на выполнении технологических переходов, последовательность осуществления которых приведена ниже.

1 Установить рычаг противовеса стрелы в положение, соответствующее значению  $P_{ст.в} = 1,2 \text{ Н}$ .

2 Путем плавного выворачивания опорного винта стрелы подвести заготовку до касания с торцевой (режущей) поверхностью отрезного диска.

3 С помощью регулировочного винта верхнего ограничителя установить зазор  $Z$  между ним и стрелой равный  $2,5 - 3,0 \text{ мм}$ .

4 Ввернуть опорный винт стрелы таким образом, чтобы между заготовкой и диском образовался зазор  $1,5 - 2,0 \text{ мм}$ .

5 Включить привод вращения отрезного диска.

6 Плавно выворачивая опорный винт стрелы осуществить начало врезания заготовки в диск, после чего включить электродвигатель вибропривода.

7 При достижении глубины пропила  $1,0 - 1,5 \text{ мм}$  повысить  $f$  до  $3,6 \text{ Гц}$  и одновременно увеличить  $P_{ст.в}$  до  $2,2 \text{ Н}$ .

8 При достижении глубины пропила  $80 - 90 \%$  от общей, снизить  $f$  до  $1,7 \text{ Гц}$  и  $P_{ст}$  до  $1,2 \text{ Н}$ .

Анализ полученных в ходе сравнительных испытаний данных позволяет утверждать, что при распиливании шпинели и фианита (8 единиц твердости) интенсивность процесса возросла в  $1,25 - 1,46$  раза, а значение параметра  $R_a$  снизилось в  $1,10 - 2,27$  раза. При распиливании сапфира и карбида кремния (9 и более единиц твердости) интенсивность процесса возросла в  $1,8 - 3,67$  раза, а значение параметра  $R_a$  снизилось в  $1,74 - 2,41$  раза.

#### **Список литературы:**

1. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. М.: Машиностроение, 1980. – 237 с.

2. Киселев М.Г., Галенюк Г.А., Дроздов А.В. Влияние ультразвуковых колебаний на производительность и качество процесса механического распиливания хрупких материалов // Вестник БНТУ. -- 2003. -- № 1. -- С. 38–42.

3. Киселев М.Г., Дроздов А.В., Ямная Д.А. / Влияние условий возбуждения стрелы распиловочной секции на параметры колебательного движения заготовки // «Материалы, технологии, инструмент». – 2013. – Т18. – С. 78–85.

4 Киселев, М.Г. Влияние циркуляционного движения заготовки на интенсивность ее распиливания и качество обработанной поверхности / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, Д.А. Ямная // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2015. – Т. 20, №4. – С. 16–24.