

УДК 621

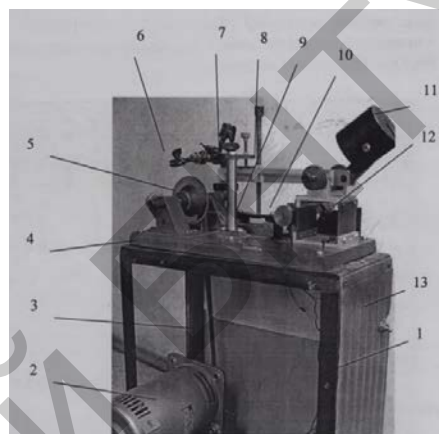
ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАСПИЛИВАНИЯ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЗАГОТОВКИ**Киселев М.Г., Ямная Д.А.***Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

Операция механического распиливания исходного сырья из хрупких неметаллических материалов выполняется с целью его разделения на штучные заготовки. Она широко применяется в технологии оптического и электронного приборостроения, а также в ювелирном производстве. В отличие от токопроводящих материалов, для разделения которых помимо механического могут быть эффективно использованы электроэрозионный и электрохимический методы обработки [1, 2], распиливание неметаллических материалов осуществляется, как правило, путем их механической обработки. Наиболее высокие требования в отношении точности и качества обработанных поверхностей предъявляются при распиливании дорогостоящего сырья – кристаллов алмаза. Несмотря на разработку и применение новых способов разделения кристаллов алмаза, в частности лазерного и термохимического, способ их механического распиливания по-прежнему широко используется в промышленности. Одним из направлений повышения производительности выполнения данной операции и качества поверхности площадок распиленных полуфабрикатов является сообщение заготовке (кристаллу) вынужденных колебаний, действующих перпендикулярно режущей поверхности распиловочного диска и обеспечивающих условия виброударного режима их взаимодействия [3]. Вместе с тем, для более эффективного управления параметрами этого режима, а соответственно условиями протекания процесса распиливания, представляется перспективным сообщать заготовке не одномерное колебательное, а двумерное периодическое циркуляционное движение, совершаемое ею в плоскости распиливания.

Для практического использования результатов проведенных исследований необходимо было последовательно решить следующие задачи: 1) создать станочное оборудование (распиловочную секцию), позволяющее осуществлять операцию распиливания при сообщении заготовке управляемого циркуляционного движения; 2) определить рациональные режимы выполнения операции, обеспечивающие ее наибольшую производительность и наилучшее качество обработанных поверхностей заготовки, на основе которых разработать операционную технологию распиливания; 3) провести испытания созданного оборудования и разработанной технологии.

В качестве базового варианта, на основе которого была создана распиловочная секция, использовалась промышленная распиловочная секция станка модели ШП-2. Поэтому создание

нового варианта секции в принципе следует рассматривать как мало затратную модернизацию ее промышленной конструкции. На рисунке 1 приведена фотография модернизированной распиловочной секции.



1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 – плоский ремень; 4 – основание распиловочной секции; 5 – шпиндельный узел; 6 – устройство закрепления заготовки; 7 – узел верхнего ограничителя; 8 – стрела; 9 – узел нижнего ограничителя; 10 – узел привода вращения эксцентриситета; 11 – противовес; 12 – узел качания стрелы

Рисунок 1 – Модернизированная распиловочная секция со снятой боковой обшивкой

Корпус секции выполнен в виде сварной (из стальных уголков) конструкции 1, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда. С боковых сторон корпус закрыт листами 13 из жести. На верхней части корпуса закреплено основание 4 распиловочной секции, на котором смонтированы все ее узлы: в частности, шпиндельный узел 5, стрела 8 с устройством закрепления и ориентации заготовки 6 и противовесом 11 на ее другом конце; узел качания стрелы 12, установленный на плоских пружинах; узел привода вращения эксцентрика 10; узел нижнего 9 и верхнего 7 ограничителей вертикального перемещения стрелы. Внутри корпуса размещен электродвигатель 2 привода вращения шпинделя и плоский ремень 3 для передачи последнему вращательного движения.

Проведенные предварительные испытания показали, что созданный опытный образец модернизированной распиловочной секции является работоспособным. Он позволяет выполнять операцию распиливания как в обычных условиях, так и при сообщении заготовке управляемого циркуляционного движения.

В таблице 1 приведены полученные в результате исследований рациональные значения частоты возбуждения колебательной системы (f) и статической нагрузки ($P_{ст}$), при распиливании на модернизированной секции. Постоянными параметрами режима распиливания приняты: частота вращения диска, равная 7500 мин^{-1} ($V_{кр} = 27 \text{ м/с}$); амплитуда вынужденных колебаний $A_0 = 3,5 \text{ мм}$; 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 , Гц	$P_{ст}$, Н
1 Начало распиливания (врезание)	0	1,2
2 Основное распиливание	3,6	2,2
3 Окончание распиливания (разделение заготовки на части)	1,7	1,2

С использованием модернизированной распиловочной секции и установленных рациональных режимов обработки были проведены опытно-промышленные испытания разработанной технологии по распиливанию заготовок из различных материалов, предоставленных заинтересованными организациями. В частности, заготовки из шпинели, александрита и сапфира были предоставлены НП ООО «Соликс»; образцы из фианита предоставлены ООО «Фает»; образцы из карбида кремния предоставлены ГНУ «Институт порошковой металлургии».

Распиливание заготовок осуществлялось в одном случае по традиционной технологии с изменением значения только статической нагрузки $P_{ст}$ (показатели i_0 , R_{a0}), а во втором – по разработанной технологии с использованием рациональных режимов обработки (показатели i_1 , R_{a1}). Данные приведены в таблице 2

В качестве инструмента использовали стальной отрезной диск диаметром 72 мм с алмазосодержащим покрытием из микропорошка 60/40, частота его вращения составила 7500 мин^{-1} , СОЖ не применялось.

Продолжительность распиливания образцов t определялась по показаниям секундомера, который запускался при начале процесса распиливания и останавливался в момент разделения образца на части. Интенсивность распиливания i ($\text{мм}^2/\text{мин}$) определялась отношением t/F , где F – площадь распиленной поверхности образца. Было проведено пять распилов образцов по традиционной технологии и пять – по разработанной. За окончательные значения t , R_a и i были приняты средние арифметические значения указанных параметров.

После распиливания исходных заготовок на полуфабрикаты исследовалось качество их

обработанных поверхностей. В частности, с помощью профилометра-профилографа фирмы Taylor Hobson измеряли их шероховатость в направлении, совпадающем с движением гравитационной подачи. Состояние топографии распиленной поверхности визуально оценивалось по полученным с помощью микроскопа, оснащенного цифровой камерой, фотографиям.

Таблица 2 – Результаты опытно-промышленных испытаний разработанной технологии по распиливанию заготовок из различных материалов

Материал заготовки	Твердость по шкале Мооса	Значение отношения i_1/i_0	Значение отношения R_{a1}/R_{a0}
Шпинель	8,0	1,25	1,10
Фианит	8,0	1,46	2,27
Александрит	8,5	1,23	1,17
Сапфир	9,0	3,67	1,74
Карбид кремния	9,1–9,5	1,80	2,41

Из сравнительного анализа полученных данных следует, что во всех случаях использование разработанной технологии позволяет в сравнении с традиционной повысить интенсивность процесса распиливания указанных материалов и одновременно снизить значение высотного параметра R_a шероховатости поверхности распиленных полуфабрикатов. При этом, в общем, с повышением твердости обрабатываемого материала эффективность применения разработанной технологии возрастает, некоторый разброс значений отношения i_1/i_0 и R_{a1}/R_{a0} обусловлен анизотропией физических свойств минералов.

Так, 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 1,80–3,67 раза, а значение параметра R_a снизилось в 1,74–2,41 раза.

1. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов : учеб. пособие : в 2 т. / Б.А. Артамонов [и др.]; под ред. В.П. Смоленцева. – М.: Высш. шк., 1983. – Т. 2: Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии. – 208 с.
2. Житников, В.П. Импульсная электрохимическая безмерная обработка / В.П. Житников, А.Н. Зайцев. – М.: Машиностроение, 2008. – 413 с.
3. Дроздов, А.В. Повышение производительности и качества распиливания сверхтвердых кристаллов путем сообщения заготовке вынужденных колебаний : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А.В. Дроздов ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2005. – 21 с.