

УДК 621.9.048.2

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ САМОУСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ РАСПИЛОВОЧНОГО ДИСКА ОТНОСИТЕЛЬНО РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕФОРМИРУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ДВУХСТОРОННЕГО ШАРЖИРОВАНИЯ С УЛЬТРАЗВУКОМ

М. Г. КИСЕЛЕВ<sup>+</sup>, А. В. ДРОЗДОВ, Е. О. КАЧАН

УО «Белорусский национальный технический университет», пр. Независимости, 65, 220013 г. Минск, Беларусь.

*Дано описание технологической схемы двухстороннего шаржирования распиловочных дисков с совместным использованием низкочастотных и ультразвуковых колебаний, сообщаемых деформирующим инструментом. Разработаны и экспериментально обоснованы конструкции оправок для закрепления заготовок распиловочных дисков, позволяющие им самоустанавливаться относительно деформирующих инструментов.*

### Введение

Распиловочный диск – это инструмент, предназначенный для механического распиливания монокристаллов алмаза при производстве из них бриллиантов и других изделий [1]. Изготавливается он из оловянно-фосфористой бронзы марки БрОФ 6,50–0,15 диаметром 76 мм и толщиной от 0,05 до 0,09 мм. Вначале из прокатанной до требуемой толщины бронзовой ленты, вырубают заготовки дисков (рис. 1, а).

Затем на их боковых поверхностях путем шаржирования в них зерен алмазного микропорошка получают алмазосодержащее (режущее) покрытие (рис. 1, б). Завершает процесс изготовления операция термоправки, которая выполняется с целью придания распиловочному диску требуемой плоскостности.

Эффективным способом повышения качества и производительности шаржирования боковых поверхностей заготовок распиловочных дисков является использование на этой операции ультра-

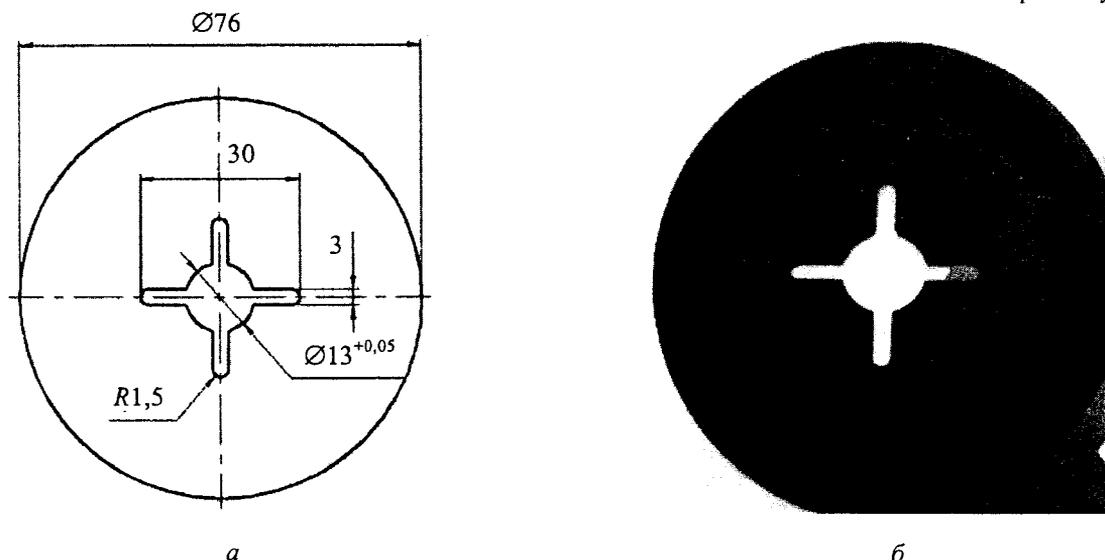


Рис. 1. Конструктивное исполнение заготовки распиловочного диска (а) и фотография общего вида после выполнения операции шаржирования (б)

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку.

звуковых колебаний (УЗК) [2]. По сравнению с традиционным шаржированием, это позволяет за одну установку заготовки осуществить двухстороннюю обработку ее боковых поверхностей и одновременно повысить эксплуатационные показатели алмазосодержащего покрытия.

Обычно используются акустические колебательные системы разомкнутого типа, когда деформирующие инструменты не имеют жесткой связи с выходными торцами концентраторов излучателей, а установлены на них с гарантированным зазором. Благодаря этому, рабочие поверхности деформирующих инструментов имеют возможность в процессе обработки самоустанавливаться относительно поверхности жестко закрепленной на оправке заготовки диска, чем обеспечивается постоянство условий шаржирования по всей ширине обрабатываемой дорожки.

Следует отметить, что при ультразвуковом возбуждении такой системы в ней устанавливается виброударный (рабочий) режим взаимодействия её звеньев, представляющий собой совокупность переходных процессов «затягивания» системы на этот режим и последующего «срыва» с него. В результате деформирующий инструмент совершает низкочастотные колебания значительной амплитуды, что обеспечивает благоприятные условия для попадания алмазных частиц в зону шаржирования, а так и ультразвуковых колебаний на процесс их внедрения проявляется только на стадии «затягивания» системы на виброударный режим [1]. Таким образом, в этом случае, только часть подводимой энергии ультразвука расходуется на достижение непосредственной цели операции, т.е. на шаржирование алмазных частиц в поверхность диска, а значительная ее часть затрачивается на поддержание виброударного режима работы акустической колебательной системы.

С целью устранения этого недостатка авторами предложена технологическая схема (рис. 2) шаржирования распиловочных дисков с использованием совместного действия низкочастотных (НЧК) и ультразвуковых (УЗК) колебаний, сообщаемых деформирующим инструментам 1, жестко закрепленным на выходных торцах концентраторов 2 ультразвуковых излучателей 3. Обрабатываемая заготовка 4 крепится между фланцами 5 на центральной оправке 6, установленной в обратных центрах 7 и ей сообщается вращение от отдельного привода. Синхронно вращающиеся излучатели установлены на шариковых направляющих 8, допускающих их перемещение с минимальным трением вдоль их оси. Через электромеханический привод (на рис. 2 он не показан) им сообщаются низкочастотные колебания с частотой 2–10 Гц и амплитудой 2–5 мм, обеспечивающие периодическое ударное взаимодействие деформирующих инструментов с обрабатываемой поверхностью заготовки, за время которого на алмазные зерна дополнительно воздействуют ультразвуковые колебания.

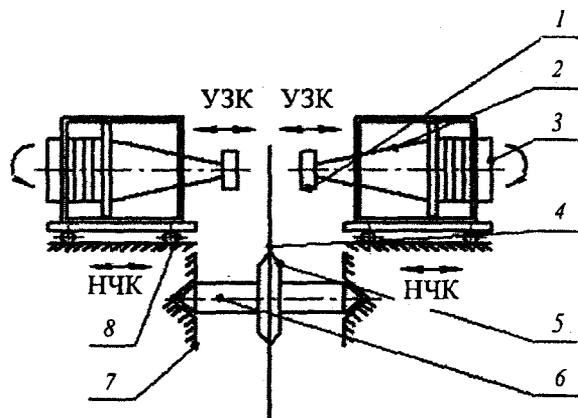


Рис. 2. Схема установки для шаржирования распиловочных дисков с использованием совместного действия низкочастотной и ультразвуковой составляющих колебаний при жестком закреплении заготовки

Как показали результаты предварительных экспериментов, неизбежное изменение положения деформирующих инструментов в момент их периодического взаимодействия с поверхностью жестко закрепленной заготовки диска, приводит к изгибу ее обрабатываемой части, обуславливая тем самым неравномерность шаржирования поверхности.

Очевидно, что при такой технологической схеме шаржирования необходимо, чтобы сама заготовка диска имела возможность самоустанавливаться относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов.

**Цель работы** – определение рациональной схемы базирования и крепления заготовки распиловочного диска, и разработка конструкции соответствующей технологической оснастки, обеспечивающей заготовке распиловочного диска самоустановку относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов в процессе двухстороннего шаржирования с использованием совместного действия УЗК и НЧК.

### Варианты технологической оснастки, обеспечивающей самоустановку заготовки распиловочного диска относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов

В качестве варианта реализации этого условия авторами [3] была предложена схема бесцентрового шаржирования, при котором заготовки распиловочных дисков обрабатываются в незакрепленном состоянии (рис. 3).

В этом случае заготовка диска 1 устанавливается в специальной кассете 2 и опирается на три неподвижные цилиндрические опоры 3. Кассета закрепляется на станине установки для двухстороннего шаржирования распиловочных дисков. В кассете выполнен паз, обеспечивающий доступ деформирующих инструментов 4 к обрабатываемой заготовке. Наличие зазора  $\Delta$  между стенками кассеты дает возможность заготовке диска сво-

бно самоустанавливаться относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов. За счет фрикционной передачи от синхронно вращающихся деформирующих инструментов заготовка получает принудительное вращение относительно своей оси.

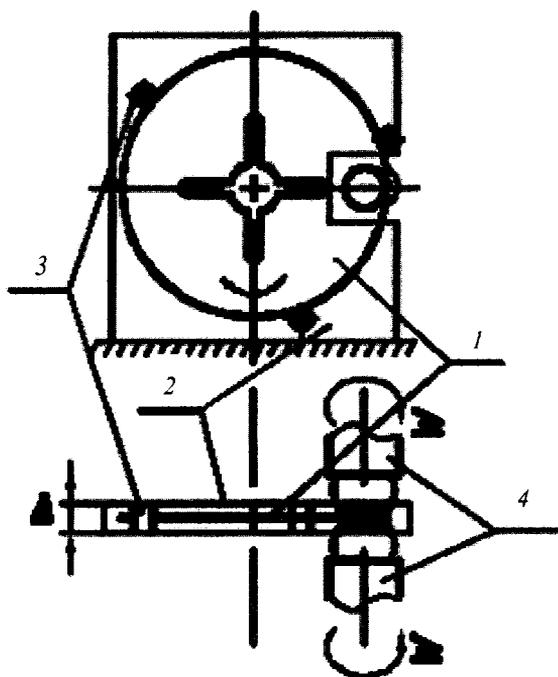


Рис. 3. Схема бесцентрового шаржирования заготовок распиловочных дисков

Однако такая технологическая схема имеет ряд недостатков, ограничивающих ее практическую реализацию. В частности трудоемкость установки и снятия заготовки в кассете, а также невозможность регулирования частоты вращения заготовки независимо от частоты вращения ультразвуковых преобразователей.

Для устранения отмеченных недостатков авторами предложены схемы установки диска на оправке, с возможностью перемещения заготовки в осевом направлении, т.е. с самоустановкой относительно деформирующих инструментов при одновременном ее вращении от отдельного привода.

На рис. 4 представлены два варианта базирования заготовки распиловочного диска на оправке в процессе ее шаржирования. Важно подчеркнуть то, что для ее реализации используются конструктивные элементы, имеющиеся на исходной заготовке (рис. 1, а) диска, в частности, выполненные в ее центре радиальные вырезы. В варианте (рис. 4, а) заготовка диска 1 с гарантированным зазором устанавливается на цилиндрическую поверхность центральной оправки 2. Для передачи заготовке вращающего момента на оправке предусмотрены шпонки 3, свободно входящие в радиальные разрезы на заготовке. Во втором варианте на рис. 4, б заготовка диска 1 своими радиальными

разрезами устанавливается на четыре цилиндрических штифта 3, соответствующим образом закрепленных на фланце 4 консольной оправки 2. В этом случае штифты обеспечивают передачу вращающего момента.

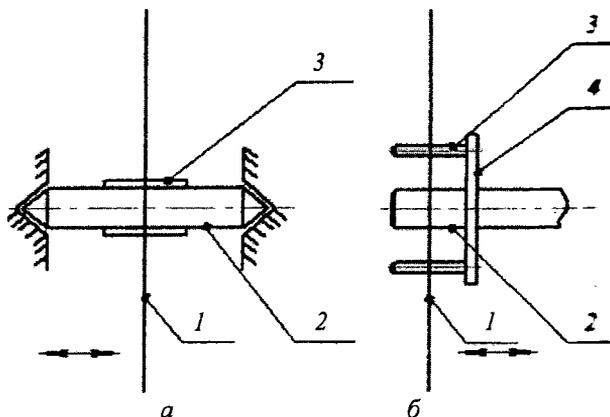


Рис. 4. Варианты установки заготовки распиловочного диска с использованием шпонок (а) и штифтов (б)

Как уже указывалось, деформация диска происходит при несимметричности перемещений деформирующих инструментов в момент их взаимодействия с боковой поверхностью заготовки распиловочного диска. В результате происходит отклонение диска от первоначального статического положения. На рис. 5, а представлена схема жесткого закрепления диска с помощью фланца. На рис. 5, б представлена схема свободной установки диска на центральной оправке.

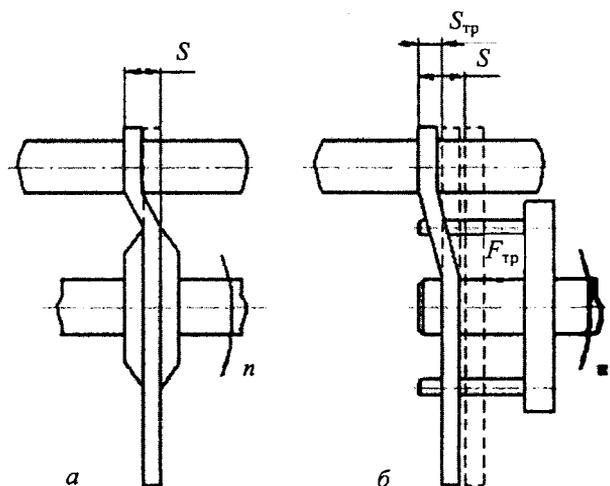


Рис. 5. Схема установки диска: а – с помощью фланцев жестко; б – свободно на оправке

На рисунке штрихпунктиром показано начальное положение заготовки распиловочного диска, неразрывной линией – конечное положение.

Для схемы установки диска представленной на рис. 5, а величина смещения (деформации)  $S$  будет равна дополнительному перемещению концентраторов из-за неодновременного взаимодействия с заготовкой.

При свободной установке диска (рис. 5, б) на оправке, при неодновременном ударе, происходит некоторое перемещение диска, но так как в процессе этого движения возникает сила трения, он деформируется на некоторую величину  $S_{тр}$ . Ее величина пропорциональна площади контакта диска с элементами оправки и значению коэффициента трения между ними. Поэтому, чем меньше величина сил трения, тем диск легче перемещается вдоль оси оправки. С этих позиций предпочтение следует отдать варианту установки заготовки диска на цилиндрические штифты, которые имеют меньшую, чем шпонки площадь контакта с радиальными вырезами. Хотя с точки зрения предельной величины передаваемого заготовке вращающего момента, не вызывающей ее деформацию в местах контакта с элементами оправки, более перспективным является вариант конструкции с применением шпонок.

#### Установка для проведения испытаний и методика их проведения

С целью экспериментального подтверждения работоспособности предложенных способов крепления заготовок распиловочных дисков была проведена серия опытов.

Для этого был создан макет привода для вращения заготовки диска, фотография общего вида которого представлена на рис. 6. Он включает электродвигатель постоянного тока 1 с встроенным редуктором (модель МН-145Д), который установлен в призме 2, смонтированной на основании 3. На валу электродвигателя закреплена испытуемая консольная оправка 1 (рис. 7, а) с четырьмя цилиндрическими штифтами, на которую устанавливалась заготовка распиловочного диска 2 (рис. 7, б).

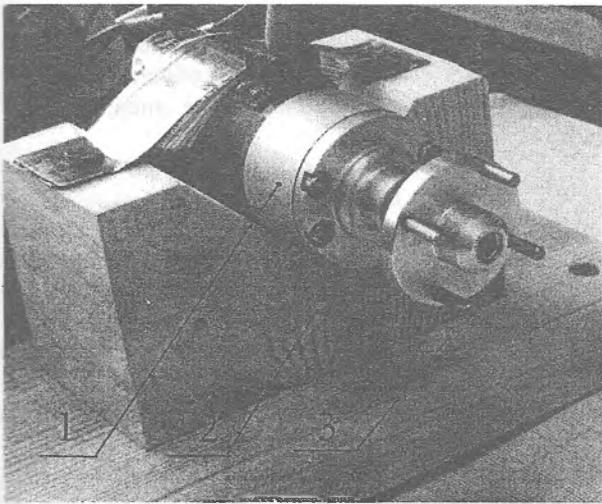
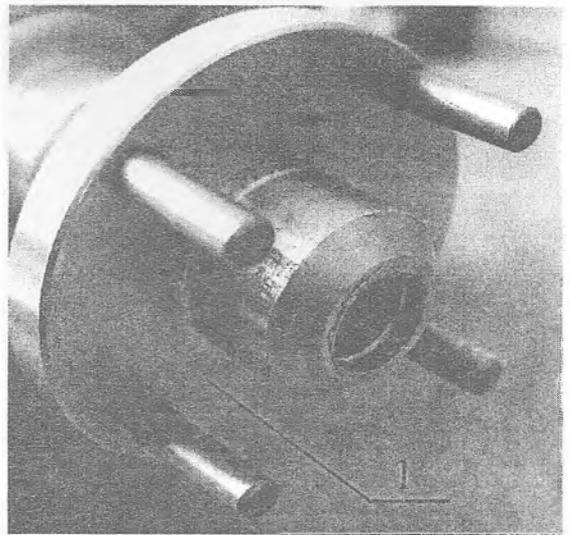


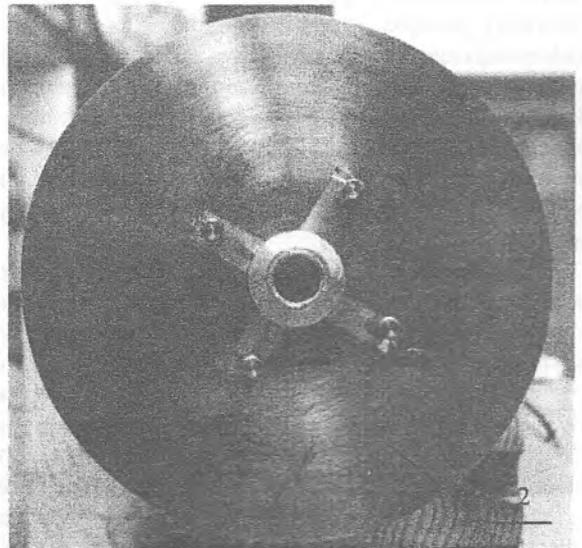
Рис. 6. Общий вид макета для вращения заготовки распиловочного диска, с установленной консольной оправкой

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. Заготовке диска от электродвигателя сообщалось вращательное движение с

частотой от 30 до 80 мин<sup>-1</sup>. Затем с помощью цилиндрических с диаметром рабочих поверхностей  $d = 15$  мм деформирующих инструментов, расположенных напротив друг друга с противоположных сторон заготовки диска, наносились кратковременные удары. При этом преднамеренно изменялись условия их нанесения относительно обрабатываемой заготовки и оценивалась возможность ее самоустановки за счет перемещения на оправке. Для этого проводилась видеофиксация каждого эксперимента, по результатам которой определялась величина перемещения заготовки на оправке при различных условиях воздействия деформирующих инструментов и различной частоте ее вращения.



а



б

Рис. 7. Общий вид оправки без диска (а) и с установленным диском (б)

Так на рис. 8, а иллюстрируется ситуация когда, взаимодействие заготовки 4 с левым деформирующим инструментом 1 происходит сначала. В этих условиях при жестком закреплении заго-

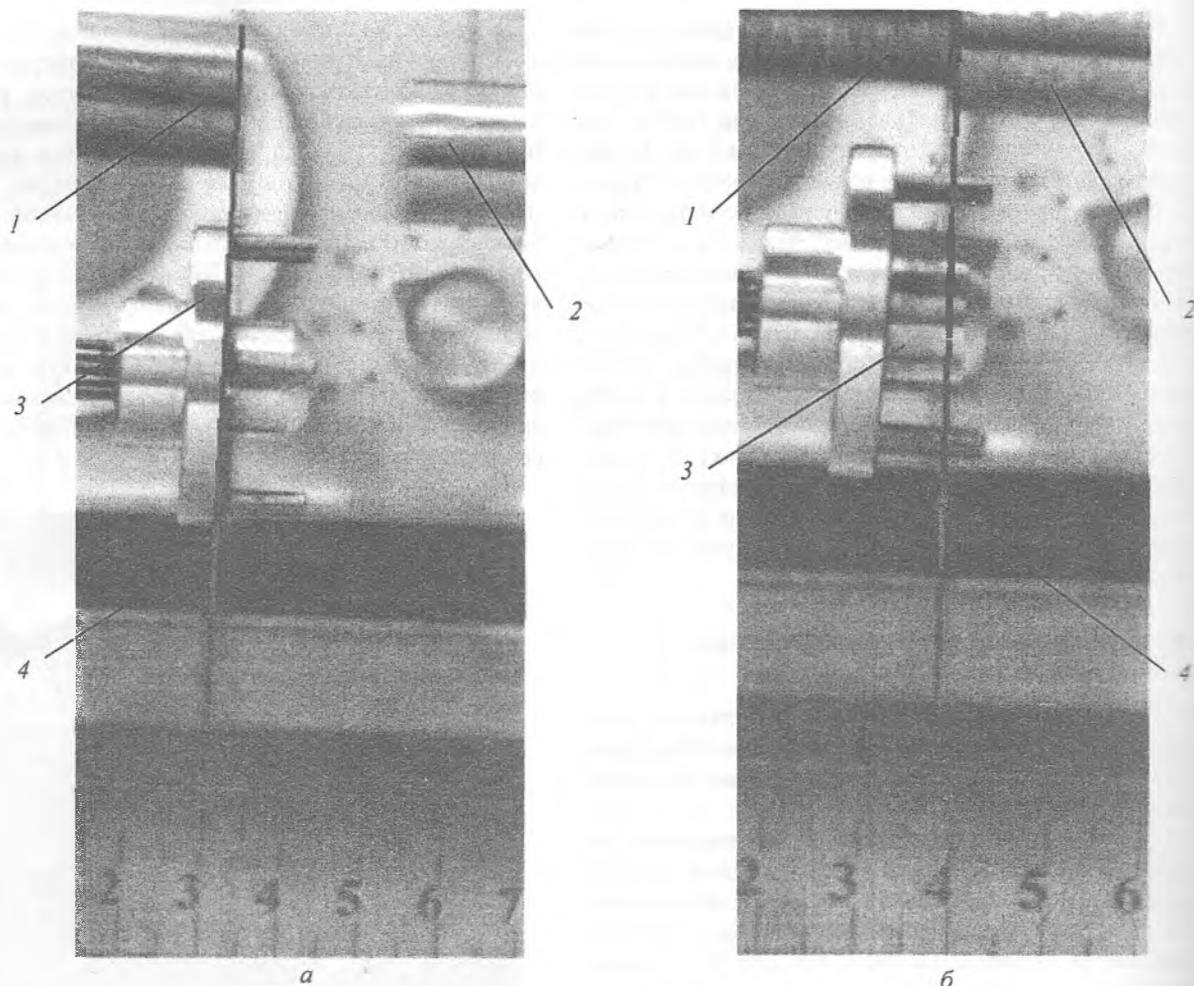


Рис. 8. Положение заготовки распиловочного диска, свободно установленной на оправке, до контактирования с деформирующими инструментами (а) и после (б)

товки неизбежно произойдет ее деформация на величину равную дополнительному ходу правого деформирующего инструмента 2. При свободной установке заготовок распиловочных дисков (рис. 8, б) наблюдалось ее перемещение вдоль оси оправки, с исключением деформаций ее боковых поверхностей за счет самоустановки относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов.

Как показали результаты экспериментов, условие самоустановки заготовки диска обеспечивается во всем исследованном диапазоне частот ее вращения. При этом не было зафиксировано остаточных деформаций заготовки в местах ее контакта с цилиндрическими штифтами, что свидетельствует о работоспособности предложенной конструкции оправки как с точки зрения обеспечения условий самоустановки на ней заготовки диска, так и передачи ей вращающегося момента.

#### Выводы

Обобщая результаты выполненных исследований, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Показано, что перспективным способом

дальнейшего повышения качества шаржирования боковых поверхностей распиловочных дисков является использование технологической схемы, основанной на использовании совместного действия низкочастотных и ультразвуковых колебаний, сообщаемых деформирующим инструментам, жестко связанных с излучателями, и обеспечивающей более эффективное использование энергии ультразвуковых колебаний.

2. Для достижения высокого качества выполнения операции шаржирования с использованием предложенной технологической схемы необходимо обеспечить условия для самоустановки обрабатываемой заготовки относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов.

3. С учетом конструктивных особенностей заготовки распиловочного диска, в частности, наличия в центре радиальных разрезов, предложены варианты ее установки и разработаны конструкции технологической оснастки (оправок), позволяющие заготовке самоустанавливаться относительно рабочих поверхностей деформирующих инструментов за счет ее перемещения в процессе обработки вдоль оси оправки.

4. Установлено, что применение разработанных оправок позволяет заготовке в процессе

обработки как самоустанавливаться относительно рабочих поверхностей инструментов, так и передавать ей вращающий момент.

### Литература

1. Киселев, М. Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М.Г. Киселев, В.Т. Минченя, В.А. Ибрагимов. – Минск: Тесей, 2001. – 344 с.

2. Епифанов, В.И. Технология обработки алмазов в бриллианты / В.И. Епифанов, А.Я. Песина, Л.В. Зыков. – М.: Высш. шк., 1982. – 335 с.

3. Киселев, М.Г. Исследование закономерностей вращательного движения заготовки распиловочного диска при бесцентровом шаржировании ее боковых поверхностей / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, А.И. Ольгомец // Вестник БНТУ. – 2010.

---

Kiselev M. G., Drozdov A. V., and Kachan E. O.

**Self-adjustment conditions of half-finished sawing disk relative to working surfaces deforming tools during its double-sided ultrasound charging.**

In article the technological circuit description of bilateral charging sawing disks with sharing the low-frequency and ultrasonic fluctuations informed to deforming tools is resulted. The floating plug mandrel designs for fastening sawing disks preparations at charging experimentally are proved and developed.

*Поступила в редакцию 22.02.2012.*

© М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, Е. О. Качан, 2015.