

УДК 621.937

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ШАРЖИРОВАНИЯ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАСПИЛОВОЧНОГО ДИСКА ЗЕРНАМИ АЛМАЗНЫХ МИКРОПОРОШКОВ НА ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОДОЛЬНОМУ ИЗГИБУ

*д-р техн. наук, проф. М.Г. КИСЕЛЕВ, А.А. НОВИКОВ*  
(Белорусский национальный технический университет, Минск)

*Представлена экспериментальная оценка влияния способа шаржирования боковых поверхностей распиловочного диска зернами алмазных микропорошков на его устойчивость продольному изгибу. Высказано и подтверждено положение о том, что путем изменения параметров алмазного слоя, формируемого на боковых сторонах заготовок распиловочного диска, за счет применения различных способов и условий шаржирования, можно целенаправленно влиять на его устойчивость к продольному изгибу. Установлено, что по сравнению с традиционным способом шаржирования, применение способа с использованием ультразвука позволяет существенно повысить устойчивость распиловочных дисков к продольному изгибу.*

**Цель работы** заключается в экспериментальной оценке влияния двух способов шаржирования боковых поверхностей распиловочного диска зернами алмазных микропорошков (традиционного и с применением ультразвука) на его устойчивость к продольному изгибу.

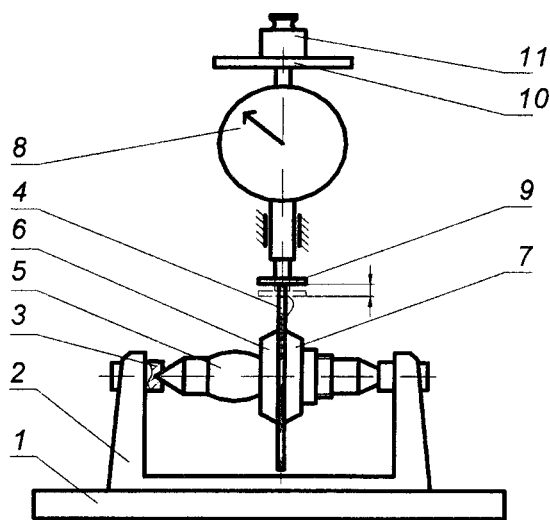
**Введение.** Распиловочный диск представляет собой инструмент, предназначенный для распиливания монокристаллов алмаза. Изготавливается он из бронзы БрОФ 6,5...0,15, диаметром 76 мм при толщине заготовки в пределах 0,04...0,09 мм, что определяется размером обрабатываемого кристалла алмаза. Важным этапом в технологическом процессе изготовления распиловочного диска, который в значительной степени определяет эксплуатационные показатели инструмента, является формирование на боковых поверхностях заготовки алмазного слоя, путем закрепления на них, как правило, методом шаржирования зерен алмазных микропорошков. При этом с целью минимизации безвозвратных потерь дорогостоящего алмазного сырья наряду с высокой режущей способностью, распиловочный диск должен обеспечивать минимальную толщину реза при высоком качестве площадок распиленных полуфабрикатов. Они должны иметь минимальную шероховатость поверхности при отсутствии на ней отдельных рисок, плоскость распиливания должна проходить по линии разметки и не иметь дефектов в виде выпуклой или вогнутой поверхностей [1,2].

Появление последних связано с деформациями изгиба распиловочного диска, т.е. снижением его устойчивости к продольному изгибу, что сопровождается отклонением его режущей кромки от прямолинейности. Происходит это в случае, когда при распиливании статическая нагрузка, действующая на торцевую поверхность инструмента со стороны заготовки, превышает критическое для данного распиловочного диска значение. Именно это обстоятельство ограничивает повышение интенсивности (производительности) распиливания монокристаллов алмаза за счет увеличения статической нагрузки на обрабатываемую заготовку. Отсюда следует, что, наряду с вышеперечисленными требованиями, весьма важным эксплуатационным показателем распиловочного диска является его устойчивость к продольному изгибу. Поэтому актуальной является задача совершенствования технологии изготовления распиловочных дисков, обеспечивающая повышение их устойчивости к продольному изгибу.

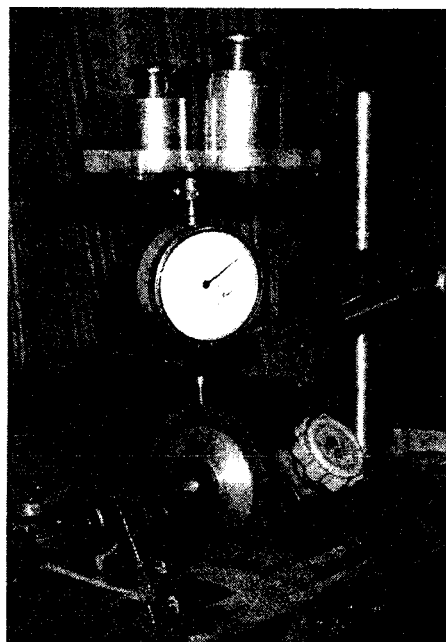
В рамках решения этой задачи заслуживает внимания этап шаржирования боковых поверхностей заготовок распиловочных дисков зернами алмазных микропорошков - сформированный таким образом алмазный слой в первом приближении можно рассматривать как покрытие, нанесенное на боковые поверхности заготовки, которое будет влиять на механические свойства распиловочного диска, включая его устойчивость к продольному изгибу. При этом степень влияния алмазного слоя будет определяться его параметрами (размером, глубиной внедрения и степенью закрепления алмазных частиц, характером их распределения в поверхностном слое заготовки), а следовательно, условиями его формирования, т.е. способом шаржирования.

Таким образом, на уровне рабочей гипотезы можно высказать предположение о том, что путем изменения параметров алмазоносного слоя, формируемого на боковых сторонах заготовок распиловочных дисков, за счет применения различных способов и условий шаржирования, можно целенаправленно влиять на их устойчивость к продольному изгибу.

**Методы исследований.** Для количественной оценки устойчивости продольному изгибу распиловочных дисков была создана специальная установка, принципиальная схема которой и её общий вид приведены на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1. Установка для измерения деформации продольного изгиба распиловочного диска:  
а - схема установки; б - ее общий вид

Она изготовлена на базе распиловочной секции станка мод. ШП-2. На массивной станине 1 закреплена пара стоек 2, в которых установлены бронзографитовые подшипники 3. Испытуемый распиловочный диск 4 закреплялся на шпинделе 5 между опорным 6 и прижимным 7 фланцами, при этом его свободный вылет составлял 12 мм. Шпиндель с помощью обратных центров устанавливался в бронзографитовых подшипниках на распиловочной секции.

На стойке (на рисунке не показана) вертикально установлен индикатор 8 часового типа ИЧ10 с ценой деления 0,01 мм. Предварительно в его конструкцию были внесены следующие изменения: снята пружина, создающая измерительное усилие, на нижнем конце подвижного штока закреплен плоский наконечник 9, а на верхнем - площадка 10 для установки аттестованных грузов 11.

При этом, как показали предварительные измерения, нагружение испытуемого диска только за счет веса подвижного штока вместе с плоским наконечником и площадкой для грузов не вызывает его заметных деформаций, фиксируемых по шкале индикатора.

Измерения на установке проводились следующим образом. К торцевой поверхности испытуемого диска подводился плоский наконечник индикатора с таким расчетом, чтобы обеспечивался свободный ход его штока в направлении действия нагрузки. В этом положении шкала индикатора устанавливалась на ноль. Затем на площадку последовательно, по мере увеличения массы, устанавливались аттестованные грузы; по шкале индикатора фиксировалась величина деформации продольного изгиба 5, соответствующая каждому значению нагрузки. После этого грузы снимались, шпиндель вместе с испытуемым диском поворачивался на 90°, и процедура измерения повторялась. Таким образом, на каждом диске выполнялось четыре измерения величины деформации его продольного изгиба при различной статической нагрузке. Значение деформации продольного изгиба диска определялось как среднее арифметическое результатов четырех её измерений, полученных при заданной величине статической нагрузки.

В ходе проведения экспериментальных исследований испытывались три вида дисков: исходные (вырубленные из ленты) заготовки толщиной 0,06, 0,07 и 0,09 мм, а также распиловочные диски, полученные методом шаржирования боковых поверхностей исходных заготовок традиционным способом и с применением ультразвука [3].

При первом способе процесс шаржирования осуществляется за счет втирания зерен алмазных микропорошков в материал диска плоской поверхностью вращающегося инструмента, прижатого с постоянным усилием к обрабатываемой поверхности. В процессе шаржирования с ультразвуком внедрение и закрепление зерен алмазных микропорошков в материале диска происходит за счет их виброударного втирания плоской поверхностью вращающегося инструмента при виброударном режиме его взаимодействия с обрабатываемой поверхностью.

Для шаржирования боковых поверхностей заготовок распиловочных дисков применялась алмазная паста, состоящая из алмазного микропорошка АСМ 28/20 и касторового масла в соотношении 1:2. После выполнения операции шаржирования, для придания распиловочным дискам требуемой плоскостности, они набирались в пакет в специальном зажимном приспособлении, далее проводилась их термическая правка. По её завершению пакет термообработанных инструментов разбирался на отдельные распиловочные диски, которые испытывались на стойкость к продольному изгибу.

**Результаты и их обсуждение.** На рисунке 2 приведены экспериментальные зависимости величины деформации продольного изгиба  $\delta$  для трех испытанных видов дисков различной толщины от значения приложенной нагрузки  $P$ . Кривая 1 соответствует исходной заготовке; кривая 2 - распиловочному диску, шаржированному обычным способом; кривая 3 - распиловочному диску, шаржированному с применением ультразвука.

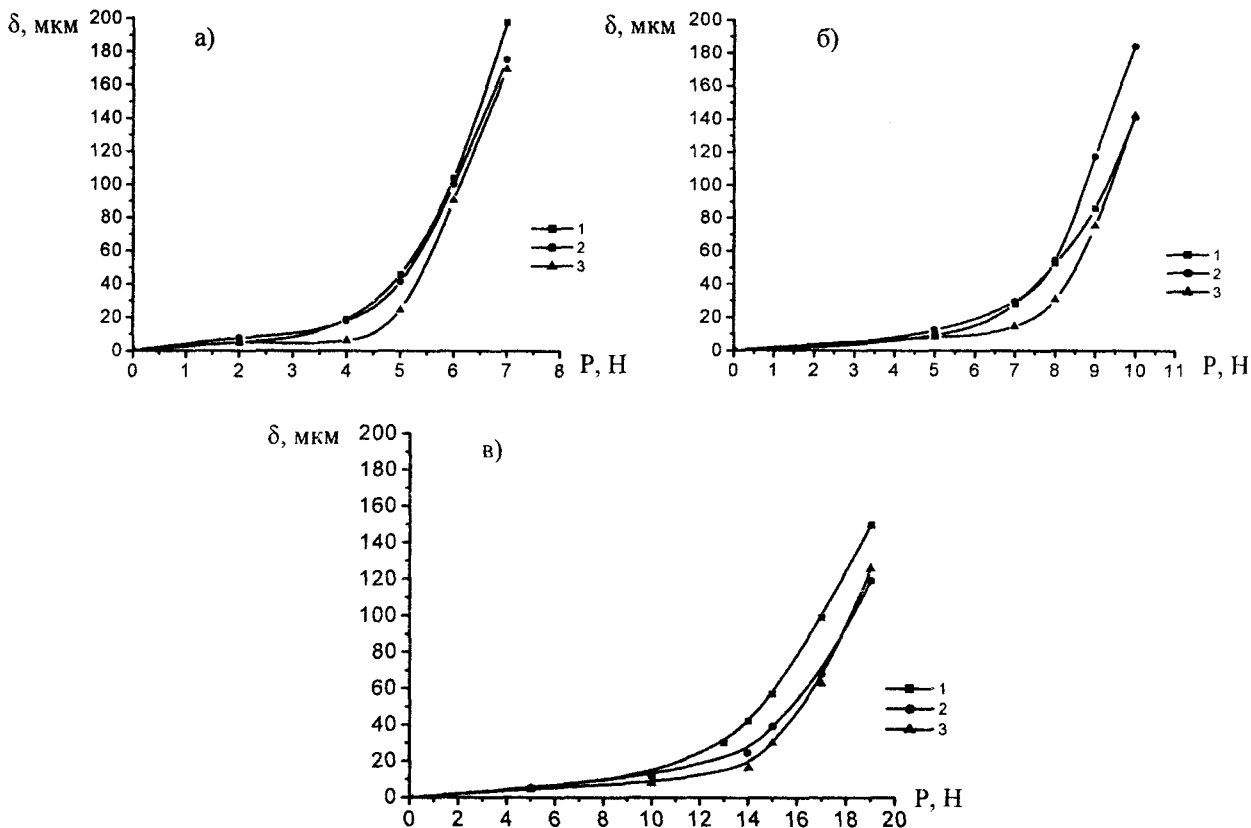


Рис. 2. Зависимость деформации продольного изгиба  $\delta$  диска от нагрузки  $P$ :  
а – при толщине 0,06 мм; б – при 0,07 мм; в – 0,09 мм

Из анализа этих данных видно, что во всех случаях зависимость  $\delta(P)$  имеет два характерных участка, отличающихся интенсивностью приращения деформации продольного изгиба диска с увеличением нагрузки. На начальном участке по мере увеличения  $P$  происходит пропорциональное с относительно малой величиной изменение параметра  $\delta$ . Наступление второго участка совпадает с нагружением диска нагрузкой, при которой происходит резкое возрастание деформации продольного изгиба, что в нашем случае оправдано трактовать как потерю устойчивости диска к продольному изгибу. Тогда значение нагрузки, соответствующее наступлению этого участка, следует рассматривать как предельное для данного вида диска, с превышением которого он теряет устойчивость к продольному изгибу.

Как следует из анализа полученных зависимостей, на устойчивость дисков к продольному изгибу оказывает влияние толщина исходной заготовки, с увеличением которой она возрастает, а также способ шаржирования её боковых поверхностей. По сравнению с традиционным, применение способа шаржирования с использованием ультразвука позволяет существенно повысить устойчивость распиловочных дисков. При этом с уменьшением толщины исходной заготовки степень влияния этого способа шаржирования на устойчивость распиловочного диска к продольному изгибу возрастает.

Положительное влияние способа шаржирования боковых поверхностей заготовок с использованием ультразвука на повышение устойчивости распиловочных дисков к продольному изгибу заключается в

следующем. Благодаря виброударному режиму взаимодействия вращающегося инструмента с обрабатываемой поверхностью, интенсифицируется (в сравнении с обычным способом) процесс внедрения и закрепления алмазных частиц в поверхностном слое, т.е. формируется алмазоносный слой с более высокой концентрацией в нем алмазных частиц. Кроме того, происходит значительное упрочнение материала поверхностного слоя обрабатываемой поверхности заготовки за счет протекания множества локальных пластических деформаций, сопровождающих процесс внедрения алмазных частиц в материал диска. В совокупности это приводит к изменению состояния и свойств боковых поверхностей распиловочного диска за счет формирования на них упрочненного слоя металла, содержащего большое количество алмазных частиц, что качественно можно сравнить с нанесением на боковые поверхности более прочного, чем основной металл, покрытия. В результате изменяются механические свойства распиловочного диска, в частности, повышается его устойчивость продольному изгибу.

### Выводы

1. Экспериментально подтверждено положение о том, что путем изменения параметров алмазного слоя, формируемого на боковых сторонах заготовки распиловочного диска, за счет применения различных способов шаржирования, можно целенаправленно влиять на повышение его устойчивости к продольному изгибу.

2. Создана специальная установка, позволяющая измерять величину деформации продольного изгиба диска при различных значениях нагрузки.

3. Проведены сравнительные испытания на устойчивость к продольному изгибу трех видов дисков: исходные (вырубленные из ленты) заготовки толщиной 0,06, 0,07 и 0,09 мм, а также распиловочные диски, полученные методом шаржирования боковых поверхностей исходных заготовок традиционным способом и с применением ультразвука.

4. Установлено, что на устойчивость дисков к продольному изгибу оказывают влияние толщина исходной заготовки, с увеличением которой она возрастает, а также способ шаржирования её боковых поверхностей. Применение способа шаржирования с использованием ультразвука позволяет существенно повысить устойчивость распиловочного диска к продольному изгибу, в отличие от традиционного способа. При этом с уменьшением толщины исходной заготовки степень влияния шаржирования на повышение устойчивости распиловочных дисков возрастает.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Епифанов В.И., Лесина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты. - М.: Высшая школа, 1982. - 351 с.
2. Изнашивание монокристаллов алмаза / А.М. Бочаров, А.Ф. Климович, А.С. Старовойтов, В.В. Снежков. - Мн.: Беларуская навука, 1996. - 144 с.
3. Киселев М.Г., Минченя В.Т., Ибрагимов В.А. Ультразвук в поверхностной обработке материалов. - Мн.: Тесей, 2001. - 344 с.