

УДК 621.922.079

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК РАСПИЛОВОЧНЫХ ДИСКОВ НА АБРАЗИВНУЮ СПОСОБНОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ФОРМИРУЕМОГО АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОКРЫТИЯ

*Докт. техн. наук, проф. КИСЕЛЕВ М. Г., канд. техн. наук, доц. ДРОЗДОВ А. В.,
инженеры ГАБЕЦ В. Л., КОРЗУН П. О.*

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время для механического распиливания монокристаллов алмаза применяют тонкие диски диаметром 76 мм, изготовленные из оловянисто-фосфористой бронзы марки БрОФ 6,5–0,15. На рис. 1 показаны конструктивное исполнение и общий вид исходной заготовки распиловочного диска. Ее толщина выбирается в зависимости от массы обрабатываемого кристалла алмаза и составляет от 0,05 до 0,09 мм.

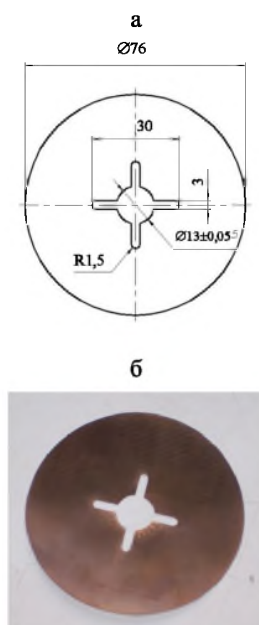


Рис. 1. Заготовка распиловочного диска: а – конструктивное исполнение; б – общий вид

Процесс изготовления распиловочных дисков включает в себя три основные операции. На

первой из прокатанной до требуемой толщины бронзовой ленты вырубают исходные заготовки. Затем на их боковых поверхностях методом шаржирования получают алмазосодержащее покрытие. На заключительной операции проводят термоправку распиловочных дисков с целью придания им требуемой плоскостности [1]. Эти инструменты должны иметь высокие режущую способность и стойкость, а также способны обеспечивать высокое качество распиленной поверхности алмазной заготовки. Уровень этих показателей распиловочных дисков, в первую очередь, определяется характеристиками получаемого на их поверхностях алмазосодержащего покрытия. В частности, количеством (концентрацией) в нем алмазных зерен, их размером и прочностью закрепления в сформированном покрытии.

По существующей технологии шаржированию подвергаются заготовки дисков в исходном (после прокатки) состоянии их поверхностей. Оно характеризуется весьма малым значением высоты микронеровностей поверхности ($R_z = 0,63$ мкм) по отношению к размеру шаржируемых в нее зерен алмазного микропорошка (АСН 20/14), что обуславливает высокую степень их подвижности (перекатывания) в зоне обработки. По этой причине [2] процесс шаржирования начинается с этапа так называемой приработки, на котором происходит формирование на поверхности заготовки микрорельефа нового качества (с большим значением высоты микронеровностей) и одновременно

протекает процесс дробления алмазных зерен, приводящий к уменьшению их размера. По ходу развития этих процессов наступает момент, при котором соотношение между высотой микронеровностей поверхности заготовки и размером алмазных частиц становится таким, что подвижность последних в зоне обработки резко снижается. Такая ситуация как раз соответствует началу процесса внедрения и закрепления алмазных частиц в поверхности заготовки, т. е. наступлению непосредственно процесса шаржирования, ответственного за характеристики получаемого на ней алмазосодержащего покрытия. Исходя из этого авторами [3] с целью интенсификации процесса шаржирования, повышения его качества, а соответственно и характеристик алмазосодержащего покрытия, была теоретически обоснована необходимость дополнительной (перед шаржированием) операции по целенаправленной модификации поверхности исходной заготовки распиловочного диска. Ими же показано, что, помимо высотных и шаговых параметров шероховатости модифицированной поверхности заготовки, существенное влияние на протекание процесса ее последующего шаржирования оказывает вид полученного микрорельефа, т. е. направление следов обработки. При этом в качестве наиболее приемлемых предлагается два вида микрорельефа: в виде однонаправленных концентрически расположенных на поверхности заготовки царапин и в виде совокупности множества лунок, близких по форме к коническим.

Для подтверждения этих положений были проведены данные экспериментальные исследования, цель которых заключалась, во-первых, в определении способов обработки боковых поверхностей заготовок распиловочных дисков, обеспечивающих формирование на них заданного микрорельефа, а во-вторых, в получении экспериментальных данных, отражающих влияние принятых способов обработки исходных заготовок дисков на абразивную способность и износостойкость шаржируемых на них в последующем алмазосодержащих покрытий.

При обосновании принятых в исследованиях способов поверхностной обработки исходных заготовок дисков принимались во внимание следующие обстоятельства. В первую очередь рассматривались те способы обработки, технологические возможности и показатели

которых позволяют обеспечить на обрабатываемой поверхности микрорельеф требуемого вида с различными его параметрами. После этого с учетом очень малой жесткости заготовок распиловочных дисков анализировались способы, которые в процессе обработки не вызывают их значительных деформаций и коробления, что недопустимо с точки зрения качественного выполнения последующей операции шаржирования. В результате для формирования на поверхности заготовки диска микрорельефа в виде однонаправленных концентрических царапин был использован способ ее обработки абразивным лепестковым кругом. Чтобы получить на поверхности заготовки микрорельеф в виде совокупности множества лунок, была применена ее виброударная обработка свободным абразивом.

Методика проведения экспериментальных исследований. На рис. 2 приведена принципиальная схема и фотография общего вида созданной установки для виброударной обработки боковых поверхностей заготовок распиловочных дисков свободным абразивом.

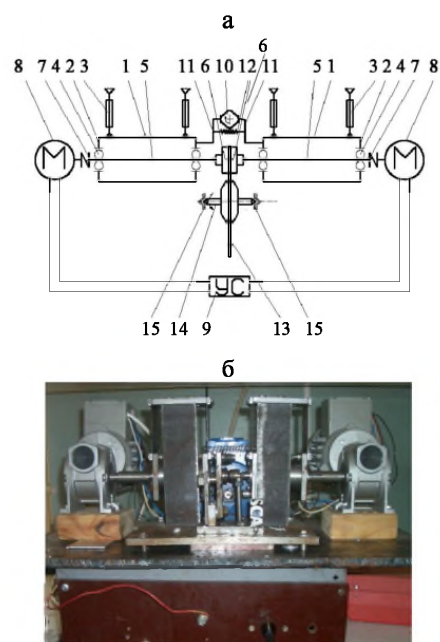


Рис. 2. Схема установки для виброударной обработки заготовок дисков: а – конструктивное исполнение установки для виброударной обработки; б – ее общий вид; 1 – виброударная система; 2 – корпус; 3 – плоские пружины; 4 – подшипники качения; 5 – вал; 6 – деформирующий инструмент; 7 – пальцевая муфта; 8 – двигатель; 9 – устройство синхронизации; 10 – кулачок; 11 – кронштейн; 12 – пружина; 13 – обрабатываемая заготовка; 14 – оправка; 15 – опоры

Она содержит две одинаковые виброударные системы 1 (массой 3,2 кг), выполненные в виде двух подвешенных на плоских пружинах 3 корпусов 2. В них на подшипниках качения 4 смонтированы валы 5, на концах которых навстречу друг другу установлены деформирующие инструменты 6. Посредством пальцевых муфт 7 противоположные концы валов соединяются с выходными валами мотор-редукторов 8, вращение которых синхронизируется с помощью устройства синхронизации 9. С корпусами виброударных систем жестко связаны кронштейны 11, между которыми установлена пружина 12, обеспечивающая силовое замыкание деформирующих инструментов. На кронштейне также смонтированы контактные пластины, с которыми взаимодействует рабочая поверхность кулачка 10. Последний получает вращение с регулируемой частотой от электродвигателя постоянного тока со встроенным редуктором (на рисунке не показан). В результате происходит периодическое ударное взаимодействие деформирующих инструментов с поверхностью заготовки распиловочного диска, частота которого определяется количеством граней на кулачке и частотой его вращения. Амплитуда их колебательных смещений задается формой рабочей поверхности кулачка, а величина силы удара регулируется путем изменения натяжения пружины 12.

Обрабатываемая заготовка диска 13 с помощью фланцев закрепляется на оправке 14, устанавливаемой посредством обратных центров на плите установки. В процессе обработки вращение обрабатываемой заготовки обеспечивается за счет сил трения, действующих во фрикционной передаче «заготовка диска – синхронно вращающиеся и колеблющиеся деформирующие инструменты».

Выполнялась операция в следующей последовательности. На боковые поверхности заготовки равномерно наносилась абразивная суспензия, состоящая из одной весовой части абразивного порошка, смешанного с тремя частями подсолнечного масла. Сначала включался привод вращения кулачка, обеспечивающий виброударный (рабочий) режим взаимодействия деформирующих инструментов с обрабатываемой заготовкой диска, затем привод их синхронного вращения, и одновременно запус-

кался секундомер, с помощью которого фиксировалась продолжительность обработки.

Серией предварительных экспериментов был определен оптимальный режим виброударной обработки заготовок дисков, при котором на их поверхностях формируется микрорельеф в виде множества лунок с высотными параметрами шероховатости поверхности $R_z = 2,2$ мкм. Частота синхронного вращения деформирующих инструментов – 100 мин^{-1} , амплитуда их колебаний – 2 мм при частоте 7,5 Гц. Статическое усилие сжатия деформирующих инструментов – 40 Н, продолжительность двусторонней обработки заготовки диска – 30 с. В качестве абразива использовался электрокорунд белый с размером зерен основной фракции 100 мкм.

После обработки заготовку диска снимали, ее поверхность очищали от суспензии и высушивали. Затем проводили операцию шаржирования ее боковых поверхностей по технологии и на режимах, приведенных в работе [4]. Применялась алмазная суспензия, состоящая из одной весовой части алмазного микропорошка АСН 20/14 и трех весовых частей касторового масла. После этого выполнялась термоправка распиловочных дисков, которые затем подвергались соответствующим испытаниям.

На рис. 3 приведены технологическая схема обработки заготовок распиловочных дисков абразивным лепестковым кругом, примененная в исследованиях, а также фотография общего вида созданной экспериментальной установки.

Абразивный лепестковый круг 1 закрепляли на валу электродвигателя постоянного тока МН-145А, и за счет изменения подаваемого на него напряжения регулировали частоту вращения инструмента. Электродвигатель устанавливали в специальном приспособлении, которое закреплялось в резцедержателе токарно-винторезного станка модели 1ИБ11П таким образом, чтобы ось вращения круга была перпендикулярна оси вращения шпинделя и расстояние L между ними было достаточным для обработки на заготовке диска кольцевой зоны шириной 20 мм от ее края.

В трехкулачковом патроне станка зажималась планшайба 2, на шлифованной поверхности которой с помощью центрального болта 4

закрепляли заготовку распиловочного диска 3. В процессе обработки заготовке диска сообщалось вращательное движение, скорость которого регулировалась путем изменения частоты вращения шпинделя станка. Усилие прижима лепестков круга к обрабатываемой поверхности заготовки диска обеспечивалось перемещением продольного суппорта станка по направлению к шпинделю с фиксированием величины натяга, которая во всех экспериментах составляла 3 мм. Обработку заготовки диска выполняли за два перехода путем последовательной обработки каждой из ее сторон в течение 30 с.

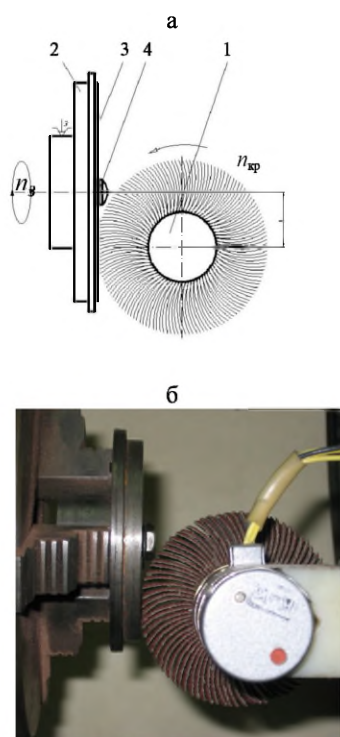


Рис. 3. Обработка боковых поверхностей распиловочного диска абразивным лепестковым кругом: а – технологическая схема обработки; б – общий вид экспериментальной установки; 1 – лепестковый круг; 2 – планшайба; 3 – распиловочный диск; 4 – зажимной винт

Серией предварительных экспериментов были установлены режимы обработки, при которых на поверхности заготовки диска формируется микрорельеф в виде концентрически расположенных царапин, имеющих высотный параметр $R_z = 2,4$ мкм, который достаточно близко соответствует аналогичному параметру шероховатости поверхности заготовки после ее виброударной обработки. При соблюдении этого условия можно оценить влияние именно ви-

да микрорельефа обработанной поверхности на исследуемые показатели получаемого на ней алмазосодержащего покрытия.

В качестве инструмента использовался абразивный лепестковый круг марки Р60. Обработка проводилась при неизменной частоте его вращения, равной 180 мин^{-1} , и постоянной частоте вращения заготовки 1000 мин^{-1} . Технологическая жидкость не применялась. После завершения этой операции заготовки дисков подвергали шаржированию, термоправке и затем полученные инструменты проходили соответствующие испытания. В частности, оценивали абразивную способность и износостойкость алмазосодержащего покрытия, получаемого на поверхности заготовок распиловочных дисков трех видов, т. е. в ее исходном состоянии, после ее виброударной обработки и обработки абразивным лепестковым кругом.

Для определения этих параметров алмазосодержащего покрытия использовали созданную установку, принципиальная схема которой и ее общий вид приведены на рис. 4.

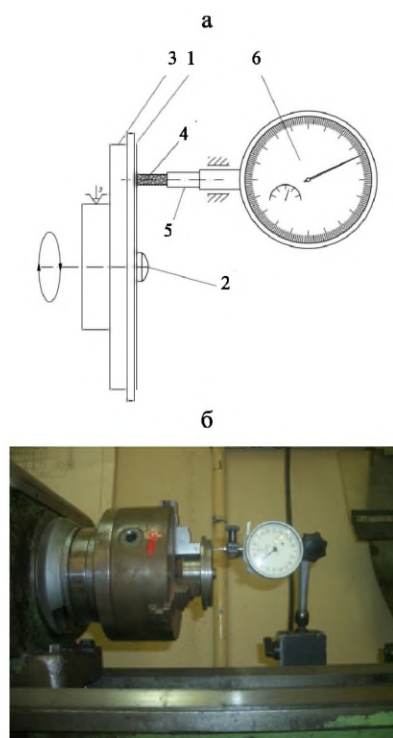


Рис. 4. Установка для оценки абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия на боковых поверхностях распиловочных дисков: а – принципиальная схема; б – общий вид экспериментальной установки; 1 – распиловочный диск; 2 – центральный болт; 3 – планшайба; 4 – истираемый образец; 5 – измерительный шток индикатора; 6 – индикатор МИГ-1

Испытуемый распиловочный диск 1 с помощью болта 2 закреплялся на плоской, тщательно отшлифованной поверхности планшайбы 3. Последняя устанавливалась в трехкулачковом патроне токарно-винторезного станка модели 1И611П. Перпендикулярно боковой поверхности диска, на которой сформировано алмазосодержащее покрытие, прижимался цилиндрический образец 4 из стекла К8 диаметром 3 мм. Он закреплялся на измерительном штоке 5 индикатора МИГ-1 с ценой деления 0,001 мм, который устанавливался в требуемое положение с помощью магнитной стойки. Усилия, с которым образец прижимался к поверхности диска, во всех экспериментах было постоянным и составляло 2 Н при неизменной частоте вращения испытуемого диска, равной 2000 мин⁻¹. Диаметр истираемой на нем дорожки составлял 65 мм.

В ходе выполнения экспериментов текущее значение линейного износа стеклянных образцов определяли по показаниям индикатора, которые фиксировались путем фотографирования его шкалы каждые две секунды. Таким образом, были получены экспериментальные зависимости изменения линейного износа образцов от продолжительности их истирания, по которым определяли как абразивную способность, так и износостойкость сформированного на испытуемых дисках алмазосодержащего покрытия. Абразивная способность оценивалась величиной линейного износа стеклянных образцов, истираемых за время, равное периоду износостойкости алмазосодержащего покрытия. Значение последнего определяли промежуток времени от начала истирания до момента, соответствующего величине износа образца, равной 10 % от начального ее значения. За окончательное значение этих параметров принимали их среднее арифметическое значение по результатам десяти испытаний каждого вида распиловочных дисков.

Результаты и их обсуждение. На рис. 5 приведены экспериментально полученные значения линейного износа Δl образцов из стекла К8 (абразивная способность), а также износостойкости алмазосодержащего покрытия, полученного как на исходной поверхности заготовки диска, так и после ее модификации принятыми способами обработки.

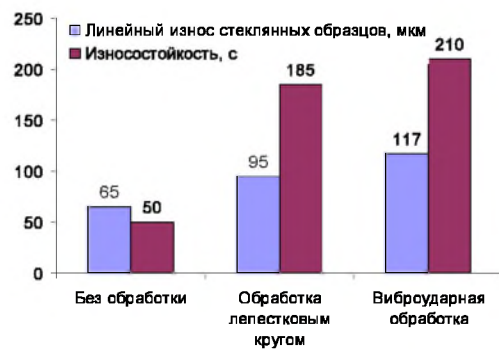


Рис. 5. Значения линейного износа стеклянных образцов и износостойкости алмазосодержащего покрытия, полученного на поверхности испытуемых распиловочных дисков

Анализ этих данных убедительно свидетельствует о том, что за счет модификации исходной поверхности заготовки диска можно существенно повысить как абразивную способность, так и износостойкость формируемого на ней алмазосодержащего покрытия. В частности, предварительная (перед операцией шаржирования) обработка заготовок абразивным лепестковым кругом приводит к повышению абразивной способности и износостойкости алмазосодержащего покрытия по сравнению с полученным по традиционной технологии соответственно в 1,46 и 3,7 раза. В результате предварительной виброударной обработки поверхностей исходных заготовок свободным абразивом уровень этих показателей у алмазосодержащего покрытия возрос в 1,8 и 4,2 раза.

На основе полученных сравнительных данных можно обоснованно утверждать, что благодаря модификации исходной поверхности заготовки распиловочного диска значительно возрастает количество (концентрация) алмазных зерен в полученном покрытии, за счет чего обеспечивается существенное повышение его абразивной способности. В свою очередь, это доказывает тот факт, что процесс шаржирования алмазных зерен в модифицированную поверхность заготовки протекает значительно интенсивнее, чем в ее исходную. Помимо этого, прочность закрепления шаржированных в модифицированную поверхность заготовки алмазных зерен также оказывается значительно выше, чем в ее исходную, что подтверждается существенным повышением износостойкости полученного на ней алмазосодержащего покрытия.

Экспериментально установлено, что наибольшее значение как абразивной способ-

ности, так и износостойкости имеет алмазосодержащее покрытие, полученное на поверхности заготовки диска после ее виброударной обработки свободным абразивом. Поэтому оправдано считать, что полученный при этом на ней микрорельеф в виде множества лунок оказывается более благоприятным с точки зрения эффективности протекания процесса ее последующего шаржирования по сравнению с микрорельефом в виде концентрически расположенных на поверхности заготовки царапин, который формируется при ее обработке абразивным лепестковым кругом.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально установлено, что поверхностная обработка заготовок распиловочных дисков является эффективным технологическим приемом повышения эксплуатационных показателей формируемого алмазосодержащего покрытия.

2. Установлено, что предварительная обработка заготовок абразивным лепестковым кругом приводит к повышению абразивной способности и износостойкости формируемого алмазосодержащего покрытия по сравнению с полученным по традиционной технологии соответственно в 1,46 и 3,7 раза. Применение предварительной виброударной обработки поверхностей заготовок распиловочных дисков свободным абразивом повышает абразивную

способность и износостойкость формируемого алмазосодержащего покрытия по сравнению с традиционной технологией соответственно в 1,8 и 4,2 раза.

3. На основании полученных экспериментальных данных определен оптимальный микрорельеф, обеспечивающий повышение эксплуатационных показателей алмазосодержащего покрытия, представляющий собой совокупность множества лунок, формируемых за счет виброударной обработки свободным абразивом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Епифанов, В. И. Технология обработки алмазов в бриллианты / В. И. Епифанов, А. Я. Лесина, Л. В. Зыков; под ред. В. И. Епифанова. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.
2. Киселев, М. Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М. Г. Киселев, В. Т. Минченя, В. А. Ибрагимов. – Минск: Тесей, 2001. – 344 с.
3. Киселев, М. Г. Теоретическая оценка влияния параметров шероховатости поверхности распиловочных дисков на подвижность алмазных зерен в процессе их шаржирования / М. Г. Киселев, П. О. Корзун // Вестник ПГУ. – 2009. – № 5. – С. 118–123.
4. Киселев, М. Г. Определение оптимальных режимов ультразвукового шаржирования распиловочных дисков с фрикционной передачей вращающего момента по их абразивной способности / М. Г. Киселев, А. А. Новиков, Д. А. Степаненко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Респ. науч.-техн. конф. асп., магистр, и студ., Могилев, 27 января 2005 г. / ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2005. – С. 54–55.

Поступила 29.12.2009

УДК 621.822.71.002:666.22.037

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ СЦЕПЛЕНИЯ И ТРЕНИЯ ШАРИКА С ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ ШЛИФОВАНИИ МЕЖДУ СООСНЫМИ КОЛЬЦАМИ И ДИСКОМ

Канд. техн. наук, доц. ЩЕТНИКОВИЧ К. Г.

Белорусский национальный технический университет

При традиционном способе шлифования шариков между двумя соосными дисками в кольцевых канавках обработка происходит в условиях трения качения при дифференциальном проскальзывании шариков относительно рабо-

чих поверхностей инструмента [1, 2]. Низкая скорость проскальзывания и медленное изменение положения мгновенной оси вращения шарика значительно ограничивают возможности повышения интенсивности шлифования.