

УДК 621.922.079

ПОВЫШЕНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСПИЛОВОЧНЫХ ДИСКОВ ПУТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НА НИХ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ШАРЖИРОВАНИЯ

*д-р техн. наук, проф. М.Г. КИСЕЛЕВ, П.О. КОРЗУН
(Белорусский национальный технический университет, Минск)*

Исследуется повышение режущей способности распиловочных дисков путем предварительной абразивной обработки боковых поверхностей при формировании на них алмазосодержащего покрытия методом шаржирования. Показана оценка степени влияния способа предварительной обработки боковых поверхностей исходных заготовок дисков на качество их шаржирования. В роли объективного количественного критерия оправданно использовать режущую способность получаемых инструментов. Исходя из этого цель работы заключается в экспериментальном определении режущей способности распиловочных дисков, изготовленных по традиционной технологии, и дисков, полученных с предварительной обработкой их заготовок указанными способами.

Введение. Распиловочный диск представляет собой режущий инструмент, предназначенный для распиливания монокристаллов алмаза при производстве из них бриллиантов и других изделий. Изготавливаются эти инструменты из оловянисто-фосфористой бронзы БрОФ 6,5...0,15 диаметром 76 мм и толщиной от 0,04 до 0,09 мм, которая определяется массой обрабатываемого кристалла.

Технологический процесс изготовления распиловочных дисков состоит из трех основных операций [1]. На первой из прокатанной до требуемой толщины бронзовой ленты вырубается исходные заготовки дисков. Затем выполняется операция шаржирования боковых поверхностей полученных заготовок зернами алмазного микропорошка, в результате чего на них формируется кольцевая зона шириной 20 мм алмазосодержащего покрытия. На завершающей операции осуществляется термоправка дисков для придания им требуемой плоскостности и снятия внутренних напряжений.

Уровень эксплуатационных показателей полученных инструментов, к основным из которых относятся их режущая способность, износостойкость и качество поверхности площадок распиленных алмазных заготовок, в первую очередь определяется качеством шаржирования их боковых поверхностей зернами алмазного микропорошка. Качество шаржирования характеризуется размером и количеством закрепившихся в поверхностном слое диска алмазных частиц, прочностью закрепления, их разновысотностью и равномерностью распределения по шаржированной поверхности.

На основе анализа условий внедрения и закрепления зерен алмазного микропорошка в процессе их шаржирования в поверхность исходной заготовки распиловочного диска, авторами [2] для повышения качества выполнения этой операции, а соответственно, и эксплуатационных показателей получаемых инструментов, была обоснована необходимость предварительной (перед шаржированием) обработки боковых поверхностей заготовок. Её цель заключается в формировании на поверхности исходной заготовки диска нового микрорельефа с такими параметрами, при которых обеспечивались бы наиболее благоприятные условия для внедрения и закрепления в ней алмазных частиц в процессе шаржирования.

С учетом технологических возможностей по целенаправленному формированию на боковых поверхностях заготовки распиловочного диска характерного вида микрорельефа были применены два способа их абразивной обработки: абразивным лепестковым кругом и свободным абразивом в режиме виброударного нагружения зерен. В первом случае микрорельеф обработанной поверхности представляет собой совокупность пересекающихся царапин, возникающих в результате срезания закрепленными абразивными зернами микростружек материала диска. Во втором он представляет собой совокупность множества лунок, образовавшихся в результате пластического деформирования поверхностного слоя металла при динамическом внедрении в него абразивных зерен.

Для того чтобы оценить степень влияния способа предварительной обработки боковых поверхностей исходных заготовок дисков на качество их шаржирования, в роли объективного количественного критерия оправданно использовать режущую способность получаемых инструментов. Исходя из этого цель данной работы заключалась в экспериментальном определении режущей способности распиловочных дисков, изготовленных по традиционной технологии, и дисков, полученных с предварительной обработкой их заготовок указанными способами.

Методика проведения экспериментальных исследований. Испытаниям подвергались три вида распиловочных дисков: изготовленные по традиционной технологии (без применения предварительной обработки); изготовленные с предварительной обработкой боковых поверхностей заготовок абразивным

лепестковым кругом и при их виброударной обработке свободным абразивом. Во всех случаях распиловочные диски изготавливались из исходных заготовок одной партии поставки номинальной толщиной 0,07 мм и шероховатостью их боковых поверхностей по параметру $Ra = 0,36$ мкм.

Обработка боковых поверхностей заготовок дисков с помощью абразивного лепесткового круга ($80 \times 30r40$) осуществлялась на экспериментальной установке, созданной на базе токарно-винторезного станка модели ИИ61П, и проводилась по методике, изложенной в работе [3].

Виброударная обработка заготовок свободным абразивом (электрокорунд нормальный 14А зернистостью F120) выполнялась на специально созданной для этого установке, описание которой, а также последовательность выполнения операций представлены в работе [4].

Операция шаржирования заготовок распиловочных дисков проводилась на специальной установке для двухстороннего шаржирования их боковых поверхностей с применением ультразвука и с фрикционной передачей вращающего момента обрабатываемой заготовке [5]. Использовалась алмазная суспензия, состоящая из одной весовой части алмазного микропорошка АСН 20/14 и трех весовых частей касторового масла. Все заготовки дисков шаржировались при неизменных режимах обработки, которые соответствовали оптимальным [5]. После выполнения операции термоправки были окончательно изготовлены распиловочные диски трех исследуемых видов по десять штук каждого. Режущая способность этих инструментов оценивалась путем распиливания ими образцов из синтетического корунда твердостью 9 единиц по шкале Мооса; изготавливались в виде прямоугольных параллелепипедов начальной длиной 20 мм с квадратным поперечным сечением $5,7 \times 5,7$ мм.

Эксперименты по распиливанию образцов испытываемыми дисками выполнялись на распиловочной секции станка модели ШП-2, конструктивное исполнение которой и её общий вид приведены на рисунке 1.

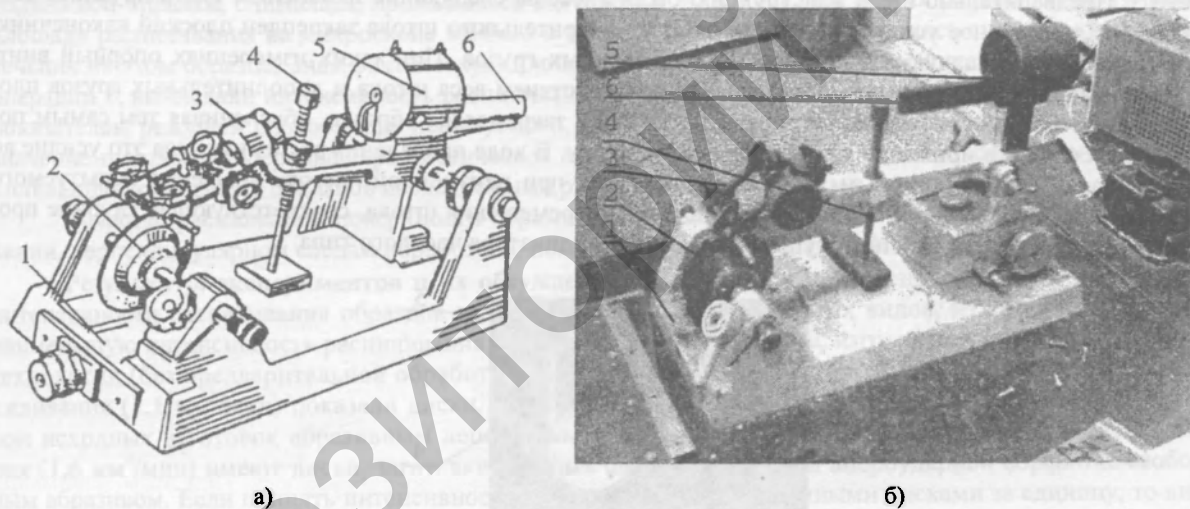


Рис. 1. Распиловочная секция станка модели ШП-2:
а – конструкция распиловочной секции станка модели ШП-2; б – общий вид

Станина распиловочной секции представляет собой литую чугунную плиту 1 с двумя парами стоек. В передней паре в подшипниках скольжения вращается шпиндель 2 с закрепленным на нем распиловочным диском. Вращение шпинделю передается от асинхронного электродвигателя посредством плоскоременной передачи (на рисунке не показаны). Задняя пара стоек служит для установки стрелы 3 с обрабатываемой заготовкой. Задание определенного усилия её прижима к поверхности распиловочного диска осуществляется путем перемещения груза 5 по шкале 6, проградуированной в граммах. В процессе распиливания стрела поддерживается в рабочем положении опорным винтом 4, который по мере обработки периодически вывинчивается, при этом опирается на упругую резиновую площадку, за счет чего обеспечивается плавная подача заготовки на распиловочный диск. Поэтому в ходе традиционного распиливания монокристаллов алмаза усилие прижима заготовки к инструменту прикладывается ступенчато рабочим-распиловщиком путем периодического выворачивания опорного винта. Понятно, что в этом случае в силу влияния субъективного фактора нельзя обеспечить постоянными условия нагружения образца в процессе его распиливания, что неприемлемо при проведении сравнительных испытаний исследуемых распиловочных дисков.

Для устранения указанного недостатка была несколько изменена конструкция распиловочной секции (рис. 2). Проградуированная шкала (см. рис. 1) была снята, а стрела 3 продлена таким образом, чтобы образовать качающуюся систему. На продлённый конец стрелы на расстоянии, примерно равном расстоянию закрепления оправки 2 с обрабатываемым образцом, подвешивался груз 4 для уравнивания

крутящих моментов. Окончательное уравнивание осуществляется путем нанесения на стрелу кусочек пластилина 5 при одновременном легком постукивании по основанию стола, на котором установлена распиловочная секция.

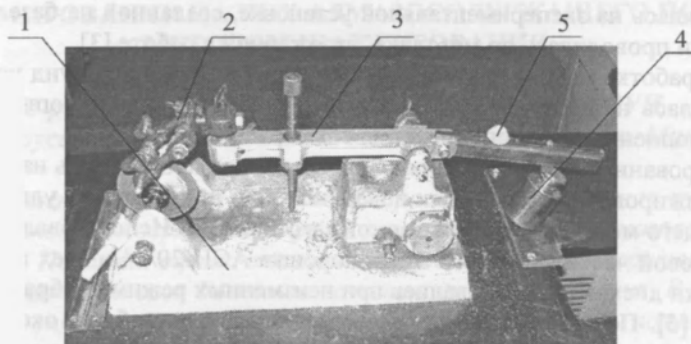


Рис. 2. Общий вид установки для распиливания образцов

Чтобы обеспечить в процессе распиливания постоянное значение усилия прижима образца к инструменту, а также для измерения текущего значения глубины распила, использовался индикатор часового типа ИЧ-10, с ценой деления 0,01 мм, который устанавливался на магнитной стойке, как показано на рисунке 3. Предварительно в его конструкцию были внесены следующие изменения: снята пружина, создающая измерительное усилие; на нижнем конце измерительного штока закреплен плоский наконечник, а на верхнем – площадка для установки аттестованных грузов. При таких измерениях опорный винт, поддерживающий стрелу, не использовался, а под действием веса штока и дополнительных грузов плоский наконечник воздействовал на оправку, в которой закреплялся образец, обеспечивая тем самым постоянное усилие его прижатия к распиловочному диску. В ходе проведения экспериментов это усилие во всех случаях было постоянным и составляло 0,55 Н, при неизменной частоте вращения испытуемого распиловочного диска, равной 14000 мин^{-1} . Величина перемещения штока, соответствующая глубине пропила образца, определялась по текущим показаниям индикатора часового типа.

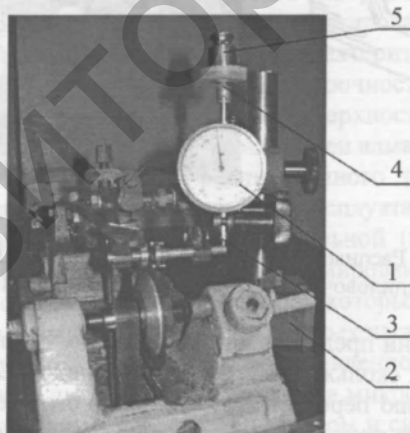


Рис. 3. Система нагружения образца в процессе распиливания и измерения глубины пропила

Для закрепления обрабатываемого корундового образца и его необходимой ориентации относительно режущей кромки распиловочного диска использовались специальные оправки. Образец вклеивался в квадратное отверстие одной из них с помощью термостойкого клеевого состава, применяемого в технологии распиливания алмаза [1]. Затем посредством цилиндрического хвостовика оправка с образцом закреплялась в зажимном устройстве стрелы распиловочной секции. Со второй стороны образец поджимался аналогичной оправкой, при этом он ориентировался относительно режущей кромки диска «на ребро» по аналогии с операцией распиливания монокристаллов алмаза.

Эксперименты по определению режущей способности исследуемых распиловочных дисков проводились в следующей последовательности. После установки образца с оправками на стреле производилось её уравнивание по вышеописанной методике. Испытуемый распиловочный диск закреплялся между фланцами на шпинделе распиловочной секции. Затем для устранения радиального биения диска с

помощью твердосплавной пластины вручную производилась подрезка его режущей кромки на рабочей частоте вращения инструмента. После этого за счет перемещения стрелы в горизонтальной плоскости вдоль оси вращения шпинделя образец устанавливался в требуемое положение относительно распиловочного диска. Заметим, что один образец при неизменном закреплении на стреле использовался многократно при его распиливании различными дисками, что способствовало повышению точности проведения экспериментов.

Затем путем соответствующих регулировок индикатор часового типа закреплялся на магнитной стойке таким образом, чтобы плоский наконечник на его измерительном штоке контактировал с поверхностью оправки с вклеенным в ней образцом.

Эксперименты по распиливанию начинались с выполнения этапа врезания образца в распиловочный диск, что необходимо для формирования начальной зоны резания (риски) и придания инструменту требуемого направления в процессе распиливания. Осуществлялся этот этап путем плавного перемещения образца в направлении подачи за счет медленного выворачивания опорного винта на стреле при отсутствии аттестованного груза на штоке индикатора. После получения на ребре образца первоначальной риски, т.е. по завершению этапа врезания, на площадку штока устанавливался аттестованный груз и непосредственно начинался процесс распиливания. Одновременно с этим запускался секундомер СОПр, который фиксировал продолжительность выполнения операции, т.е. до момента полного разделения образца по плоскости распиливания. По аналогии с распиливанием монокристаллов алмаза в процессе обработки корундовых образцов торцевая поверхность диска периодически, через каждые пять минут, подшаржировалась путем нанесения на неё с помощью ручного приспособления алмазной суспензии.

После завершения операции, отрезанная часть корундового образца, расположенная со стороны подвижной оправки, снималась, промывалась ацетоном и высушивалась. Для определения фактической площади распиливания на микроскопе МИМ-5 с точностью до 0,01 мм измерялись стороны квадратного сечения на этом образце. Зная фактическую площадь распиливания S и продолжительность выполнения операции T , вычисляли интенсивность распиливания $i = S/T$ (мм²/мин), которая служила количественным показателем режущей способности испытуемого распиловочного диска. При этом за её окончательное значение принималось среднее арифметическое значение по результатам десяти экспериментов по распиливанию корундовых образцов исследуемыми распиловочными дисками.

Качество распиленной поверхности образца оценивалось измерением её шероховатости в направлении, перпендикулярном следам обработки с помощью профилометра-профилографа Taylor Hobson.

Результаты экспериментов и их обсуждение. На рисунке 4 приведена диаграмма зависимости интенсивности распиливания образцов из корунда дисками исследуемых видов, из которой видно, что наименьшую интенсивность распиливания (0,86 мм²/мин) имеют диски, изготовленные по традиционной технологии (без предварительной обработки их заготовок). Существенно большую интенсивность распиливания (1,1 мм²/мин) показали диски, изготовленные с предварительной обработкой боковых сторон исходных заготовок абразивным лепестковым кругом. А наибольшую интенсивность распиливания (1,6 мм²/мин) имеют диски, заготовки которых были подвергнуты виброударной обработке свободным абразивом. Если принять интенсивность распиливания традиционными дисками за единицу, то видно, что за счет предварительной обработки из заготовок абразивным лепестковым кругом её значение возрастает в 1,3 раза, а при использовании виброударной обработки свободным абразивом – в 1,9 раза.

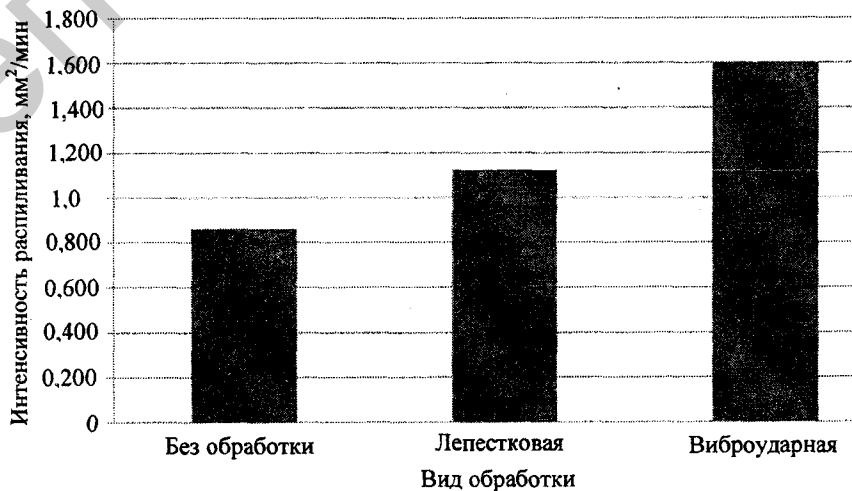


Рис. 4. Зависимость интенсивности распиливания образцов из корунда

Полученные результаты, очевидно, можно объяснить тем, что за счет предварительной обработки боковых поверхностей заготовок распиловочных дисков на них формируется новый микрорельеф, параметры которого обеспечивают повышение качества их шаржирования зернами алмазного микропорошка. Благодаря этому полученное на таких поверхностях алмазосодержащее покрытие обладает более высокой по сравнению с покрытием, сформированным по традиционной технологии, абразивной способностью, что обуславливает повышение и режущей способности распиловочных дисков, изготовленных с предварительной обработкой исходных заготовок.

Как указывалось ранее [2], положительное влияние такой обработки на протекание процесса шаржирования проявляется в следующих основных аспектах:

- во-первых, подвижность алмазных зерен на шероховатой, предварительно сформированной поверхности оказывается значительно ниже, чем на условно-гладкой поверхности исходной заготовки. Поэтому в процессе шаржирования вероятность их удержания на шероховатой поверхности, а соответственно, и внедрение в неё оказывается существенно выше по сравнению с гладкой поверхностью исходной заготовки;

- во-вторых, при прочих равных условиях процесс внедрения алмазных зерен в шероховатую поверхность протекает при меньших усилиях их нагружения в отличие от гладкой, благодаря чему возрастает степень насыщения предварительно обработанной поверхности внедрившихся и закрепившихся в ней алмазными частицами, т.е. повышается качество её шаржирования. При этом за счет ограничения подвижности алмазных зерен и уменьшения необходимого для их внедрения уровня силового нагружения, снижается интенсивность протекания процесса их разрушения (дробления). В результате в шероховатую поверхность шаржируются алмазные частицы, имеющие по сравнению с шаржированными в гладкую больший размер.

Косвенным подтверждением последнего положения служат результаты измерения шероховатости распиленной поверхности корундового образца испытываемыми видами дисков. Установлено, что наименьшая шероховатость распиленной поверхности образца ($Ra = 0,24$ мкм) обеспечивается при использовании дисков, изготовленных по традиционной технологии. Применение дисков, полученных с предварительной обработкой исходных заготовок, приводит к некоторому увеличению шероховатости распиленной поверхности образца. Так, значение параметра Ra при использовании дисков с предварительной обработкой заготовок абразивным лепестковым кругом составило $0,27$ мкм, а для дисков с предварительной виброударной обработкой свободным абразивом – $0,29$ мкм.

При сопоставлении этих данных с данными по интенсивности распиливания корундовых образцов испытываемыми дисками можно обоснованно утверждать, что по сравнению с традиционной технологией изготовления этих инструментов применение предварительной абразивной обработки заготовок дисков позволяет существенно повысить качество шаржирования их боковых поверхностей, в частности, увеличить количество внедрившихся и закрепившихся в них алмазных частиц, т.е. повысить их концентрацию в алмазосодержащем покрытии, а соответственно и его абразивную способность. При этом, благодаря снижению интенсивности процесса разрушения (дробления) исходных алмазных зерен, шаржированные в предварительно обработанную поверхность диска алмазные частицы имеют больший размер, чем шаржированные в поверхность его исходной заготовки. Отмеченные особенности получаемого алмазосодержащего покрытия на дисках с предварительной обработкой заготовок служат объяснением того, что по сравнению с традиционными инструментами, они имеют более высокую режущую способность, но несколько уступают им по качеству распиленной поверхности образца.

Обобщая результаты выполненных исследований, можно сформулировать следующие **основные выводы**:

1) разработанная методика проведения экспериментальных исследований, позволяет количественно оценить режущую способность распиловочных дисков, изготовленных по различной технологии;

2) применение в технологии изготовления распиловочных дисков операции предварительной (перед шаржированием) абразивной обработки боковых поверхностей их исходных заготовок позволяет существенно повысить режущую способность получаемых инструментов (по сравнению с традиционными распиловочными дисками интенсивность распиливания корундового образца дисками, изготовленными с предварительной обработкой заготовок абразивным лепестковым кругом, возросла в 1,3 раза, а с предварительной виброударной обработкой свободным абразивом – в 1,9 раза);

3) диски, изготовленные с применением предварительной абразивной обработки заготовок, несколько уступают традиционным по качеству распиленной поверхности корундового образца: наименьшая её шероховатость ($Ra = 0,24$ мкм) обеспечивается при обработке образца распиловочными дисками, изготовленными по традиционной технологии. При использовании дисков с предварительной обработ-

кой исходных заготовок абразивным лепестковым кругом значение параметра Ra составило 0,27 мкм, а для дисков с предварительной виброударной обработкой заготовок свободным абразивом – 0,29 мкм;

4) применение предварительной абразивной обработки заготовок дисков с целью формирования на их боковых поверхностях нового микро рельефа, позволяет существенно повысить в сравнении с традиционной технологией качество их шаржирования, в частности, увеличить количество внедрившихся и закрепившихся в них алмазных частиц, т.е. повысить их концентрацию в алмазосодержащем покрытии, при этом за счет снижения степени дробления исходных алмазных зерен обеспечить шаржирование в них частиц большего размера. Распиловочный диск с такими характеристиками алмазосодержащего покрытия обладает по сравнению с традиционным значительно большей режущей способностью, но несколько уступает ему по качеству распиленной поверхности образца.

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. Повышение качества шаржирования боковых поверхностей распиловочных дисков путем их предварительной абразивной обработки / М.Г. Киселев, П.О. Корзун // Вестн. БНТУ. – 2007. – № 3.
3. Киселев, М.Г. Определение технологических показателей процесса обработки боковых поверхностей распиловочных дисков лепестковыми абразивными кругами / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, П.О. Корзун // Вестн. БРГУ. – 2008. – № 2. – С. 39 – 47.
4. Корзун, П.О. Способ виброударной обработки боковых поверхностей распиловочных дисков и установка для его реализации / П.О. Корзун, Ю.А. Савич // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы докладов VIII международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов. – Гомель, 2008. – С. 103 – 106.
5. Киселев, М.Г. Определение оптимальных режимов двустороннего шаржирования с ультразвуком боковых поверхностей распиловочных дисков по их абразивной способности / М.Г. Киселев, А.А. Новиков, Д.А. Степаненко // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 3. – С. 34 – 39.

Поступила 06.07.2009

INCREASING TO CUTTING ABILITY OF THE SAWING DISK BY WAY OF THE PRELIMINARY ABRASIVE PROCESSING THEIR LATERAL SURFACES WHEN SHAPING ON THEM DIAMOND'S COVERING BY CHARGING METHOD

M. KISELEV, P. KORZOUN

In presented article is shown that using preliminary abrasive preparing the lateral surfaces at production disks for sawing diamond allows greatly to raise the cutting ability had got instruments.