

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 621.923.6
doi: 10.30987/2782-5957-2024-2-14-22

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРАВКИ КОЛЬЦЕВЫХ АЛМАЗНЫХ СВЕРЛ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

Александр Григорьевич Федуков✉

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия
fedukov.lvdu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8245-8610>

Аннотация

Цель исследования: анализ существующих методов правки алмазных кольцевых сверл на металлических связках и разработка новых схем правок, используемых при правке алмазных шлифовальных инструментов.

Статья посвящена решению задачи, которая заключается в сравнении различных методов правки, анализе их недостатков и достоинств.

Методы исследования: теоретические исследования различных методов правок алмазных кольцевых сверл.

Новизна работы: разработаны схемы правки свободным абразивом алмазных кольцевых сверл на металлических связках.

Результаты исследования: проведен анализ существующих методов и схем правки алмазных кольцевых сверл на металлических связках, выявлены основные их недостатки и достоинства. Разработаны схемы правки для метода свободного абразива.

Выводы: при сверлении алмазными кольцевыми сверлами твердых неметаллических материалов инструмент теряет работоспособность, засаливается и требуется принудительная правка. В ходе анализа были рассмотрены существующие методы и возможные варианты правки.

Ключевые слова: сверло, правка, обработка, материалы, инструмент, связка.

Ссылка для цитирования:

Федуков А.Г. Анализ методов правки кольцевых алмазных сверл на металлической связке / А.Г. Федуков // Транспортное машиностроение. – 2024. - №2. – С.14-22. doi: 10.30987/2782-5957-2024-2-14-22.

Original article
Open Access Article

ANALYSIS OF METHODS TO DRESS ANNULAR DIAMOND DRILLS OF METAL BONDS

Aleksandr Grigoryevich Fedukov✉

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia
fedukov.lvdu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8245-8610>

Abstract

The study objective is to analyze the existing methods to dress annular diamond drills of metal bonds and to develop new schemes of dressing used for diamond grinding tools.

The paper is devoted to solving the problem, which consists in comparing different dressing methods, analyzing their disadvantages and advantages.

Research methods are theoretical studies of various methods of annular diamond drill dressing.

Novelty of the work: schemes for dressing annular diamond drills of metal bonds with free abrasive are developed.

Research results: the existing methods and schemes for dressing annular diamond drills of metal bonds are analyzed, their main disadvantages and advantages are found. Dressing schemes for the free abrasive method are developed.

Conclusions: when drilling hard non-metallic materials with annular diamond drills, the tool loses its functionality, glares and needs forced dressing. During the analysis, existing methods and possible dressing options are considered.

Keywords: drill, dressing, processing, materials, tool, bond.

Введение

Алмазные кольцевые сверла используются для обработки отверстий правильной цилиндрической формы в твердых материалах. В машиностроении кольцевые сверла (рис. 1) используют для обработки твердых неметаллических материалов, например при получении заготовок из твердой керамики, лейкосапфира и т.п.



Рис. 1. Алмазное кольцевое сверло
Fig. 1. Diamond ring drill

Например, для получения лейкосапфировых трубок используется метод Степанова путем вытягивания через формообразователь или высверливания из кристаллов, выращенных методом Киропулоса [1]. Выбор метода зависит от размеров изделий и требований к их качеству. Методом Степанова, получают трубки диаметром до 40 мм [1]. Во втором случае кристалл лейкосапфира имеет неправильную форму и алмазными кольцевыми сверлами получают заготовки в виде стержней цилиндрической формы. Кольцевое сверление по сравнению со сверлением в сплошном материале повышает производительность в 2-3 раза [2]. Для обеспечения качества получаемых заготовок повышаются требования к круглости как внешней, так и внутренней поверхностей сверла. Заводские корпуса кольцевых сверл изготавливаются с невысокой точностью, зачастую имеют биения от 0,1 мм до 0,5 мм [2]. Такие биения частично устраняют при сверлении за счет использования специальных плавающих патронов, а также используют правку.

При обработке алмазными кольцевыми сверлами, как и любым режущим инструментом, происходит снижение, а в ряде случаев и полная потеря режущих свойств. Особенно это характерно для инструмента на металлической связке, которая имеет высокую прочность и износостойкость, что практически исключает возможность самозатачивания. Потеря работоспособности связана с рядом факторов: затуплением отдельных зерен, их выкрашиванием. Кроме того при обработке лейкосапфира в результате резания возникает мелкодисперсная фракция, которая не изнашивает связку, а образует наросты, скрывающие зерна. Этот процесс может приводить к увеличению диаметра сверла, его принято называть засаливанием.

Затупление и засаливание являются основной причиной потери режущей способности алмазного инструмента. Характер протекания этих процессов и их последствия при шлифовании заготовок из лейкосапфира алмазными кругами на металлических связках описаны в работе [3]. Для восстановления режущей способности алмазных кольцевых сверл необходимо их править принудительно.

Для алмазного инструмента на органических и керамических связках в ряде случаев удается сбалансировать процесс изнашивания и засаливания. Зерна после затупления выкрашиваются, связка удаляется, вскрывая новые острые зерна, т.е. происходит процесс самозатачивания.

Один из вариантов решения вопроса самозатачивания при сверлении алмазными сверлами отверстий в подложках микросхем из ситалла, поликора, стекла и т.д. описан в работе [4]. Шлам выводится за счет СОТС подаваемой в зону обработки снаружи или через внутреннюю полость сверла. При подводе СОТС снаружи используют сверло с подковообразной полостью. Данный способ используется для малых диаметров сверл с большой концентрацией алмазов диаметром до 1,9 мм. Об-

работка происходит при частоте вращения шпинделя $45\ 000\ \text{мин}^{-1}$ [4].

Этапы проектирования оборудования для высверливания стержней лейкосапфира с подачей СОТС через внутреннюю полость сверла описаны в работе [5].

Основная часть

Основные методы правки алмазных кольцевых сверл аналогичны методам правки алмазных шлифовальных кругов: правка абразивными брусками; абразив-

Правка абразивными брусками

Правка абразивными брусками – это простейший и наименее эффективный способ. Брусок сверлят кольцевым алмазным сверлом. При этом происходит сильный износ бруска при малой производительности.

Правка сверла происходит при жестком закреплении бруска с охлаждением. Алмазное кольцевое сверло 2 вращается с рабочей скоростью D_r и засверливается в брусок 1 (рис. 2) с подачей D_s . Характеристики абразивного инструмента для правки алмазных кольцевых сверл можно взять из справочных данных, они будут аналогичны, используемым для правки алмазных шлифовальных кругов [6, 7].

Преимуществом данного вида правки является его простота, нет необходимости в изготовлении технологической оснастки. Недостатками является большой расход абразива, а также нет возможности выпра-

Правка абразивными кругами

Правка абразивными кругами заключается в шлифовании алмазного сверла абразивными кругами. Схема реализации такой правки представлена на рис. 3а, где абразивный круг имеет рабочую скорость D_{r2} , а алмазное сверло скорость круговой подачи D_{r1} и поперечной подачи круга D_s . Этот способ производительней, но износ абразивных кругов велик, а производительность мала. Правка может занимать от десятков минут до нескольких часов. Правка, как правило, происходит с обильным охлаждением.

Однако для алмазного инструмента на металлической связке большого диаметра процесс самозатачивания практически нереализуем и принудительная правка обязательна.

ными кругами; электроэррозионная и электрохимическая правка; правка свободным абразивом.

вить геометрические параметры сверла, обеспечивается только его очистка от засаливания.

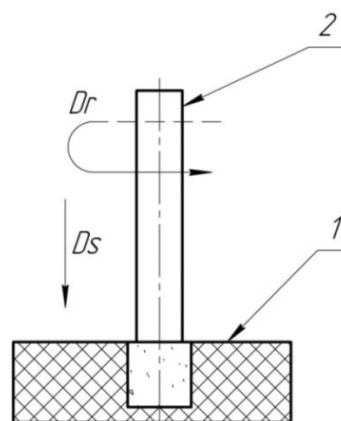


Рис. 2. Схема правки алмазных кольцевых сверл абразивными брусками
Fig. 2. The scheme of straightening diamond ring drills with abrasive bars

Преимуществами такого вида правки являются обеспечение круглости сверла, универсальность (имеется возможность править сверло по наружному и внутреннему диаметрам и по периферии). Недостатками являются большой расход абразивных кругов, требуется оснастка и оборудование, требуются защитные средства от пыли и абразива.

Такой вид правки позволяет увеличить точность по внутреннему диаметру, но основным недостатком является размер шлифовальных головок. Для небольших сверл данный способ не реализуем.

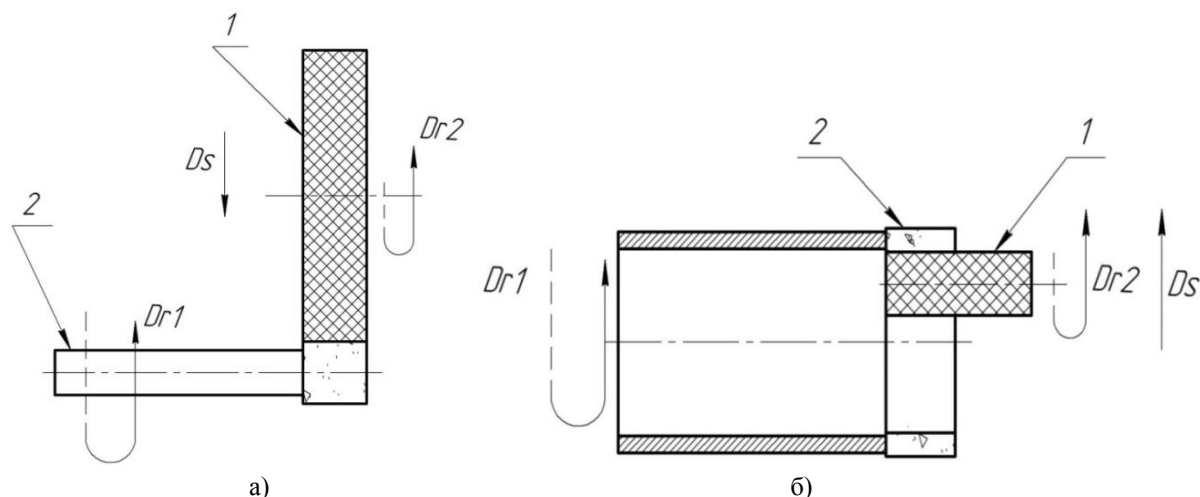


Рис. 3. Схема правки алмазных кольцевых сверл абразивным кругом:
 а – по наружной поверхности; б – по внутренней поверхности
 Fig. 3. The scheme of straightening diamond ring drills with an abrasive wheel:
 a) on the outer surface; b) on the inner surface

Правка электроэрозионным способом

Электроэрозионный метод применяют для кольцевых алмазных сверл на металлических связках. Правка происходит при эрозии (разрушения) связки и импульсных электрических разрядах с высокой концентрацией энергии. Для осуществления правки необходимо иметь источник питания (генератор импульсов), систему подачи рабочей жидкости к электродам,

между которыми проходят разряды. Алмазное сверло является анодом, а электрод-инструмент – катодом.

Данный способ распространен при правке алмазных шлифовальных кругов на металлических связках [8, 9, 10] и также применим для правки кольцевых алмазных сверл (рис. 4 а).

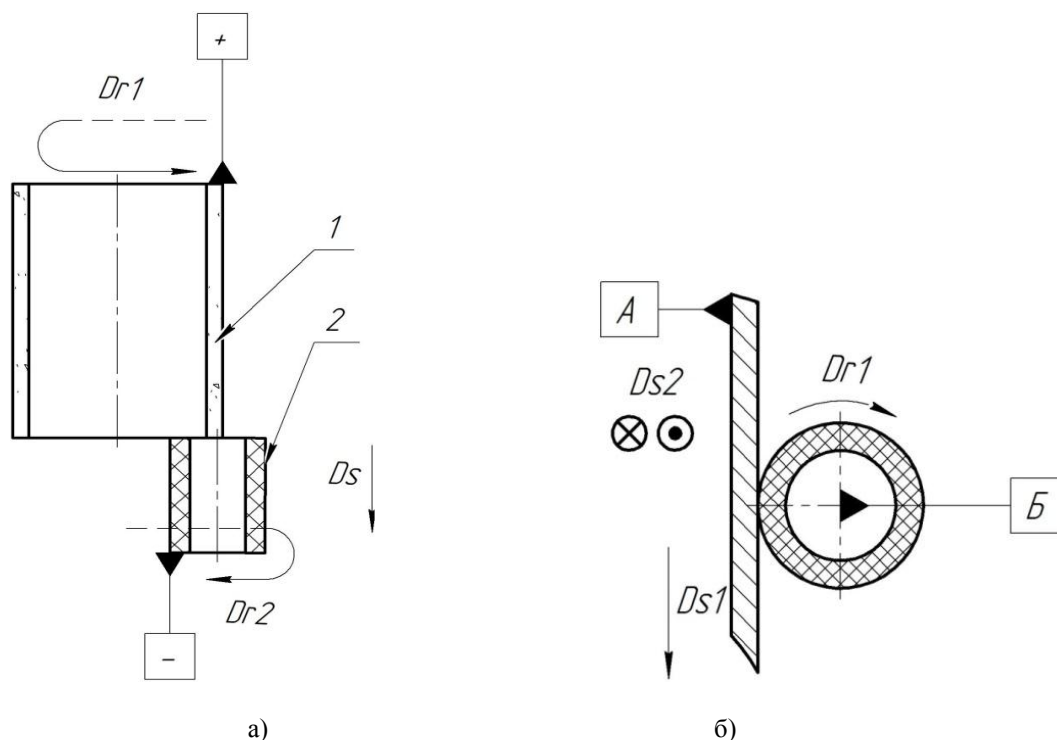


Рис.4. Электроэрозионная правка кольцевого алмазного сверла:
 а – общая схема правки; б – схема правки на электроэрозионных проволочно – вырезных станках
 Fig.4. Electroerosion correction of a ring diamond drill: a) General scheme of correction;
 b) scheme of correction on electroerosion wire – cutting machines

Алмазное сверло 1 подключено к положительному электроду, а трубчатый электрод-инструмент к отрицательному 2. Оси вращения параллельны друг другу. При правке электрод-инструмент перемещают в направлении от алмазного кольцевого сверла, со скоростью D_s параллельно оси вращения. Данный способ позволяет сделать правку по торцу сверла.

Еще одним вариантом правки является правка алмазных кольцевых сверл на электроэрозионных проволочно-вырезных станках. Необходимая технологическая оснастка для такого процесса описана в работе [11]. Приспособление состоит из плиты, которая устанавливается на горизонтальный стол станка. На основании расположен вал с приводом, который передает вращательное движение с помощью цепной передачи на вал с зажимным устройством для сверл. Оснастка выпол-

Правка свободным абразивом

Еще одним методом правки алмазного инструмента, является правка свободным абразивом. Он наименее распространен. Данный способ для правки алмазных шлифовальных кругов описан в работах [3, 12, 13, 14], но его можно применить и для правки алмазных кольцевых сверл на металлических связках. Сущность данного метода заключается в следующем: в зазор между алмазным кольцевым сверлом и притиром помещаются зерна абразива. При вращении сверла зерна захватываются и двигаются в зазоре, тем самым разрушая металлическую связку огибая алмазные зерна и обнажая новые. Данный способ хорошо очищает поверхность от засаливания, что показано в работе [2] при правке алмазных кругов. Для повышения производительности сверлу можно придать осциллирующие движения. Данный способ можно применить как по наружной поверхности сверла, так и по внешней (рис. 5) [15].

Самый простой способ реализации этого метода – добавление абразивных зерен в СОТС и ее подача в зону обработки, но в этом случае необходима повышенная защита станка от абразива. Такая схема правки может обеспечить удаление связки

и вскрытие режущих зерен, однако возможности восстановления цилиндричности сверла ограничены.

Такой вид правки позволяет повысить точность сверла по внешнему диаметру, но требует станок и специальную технологическую оснастку. Правка происходит только по внешнему диаметру.

Для правки по внутреннему диаметру возможен вариант правки с продеванием проволоки в отверстие сверла, которое должно быть установлено перпендикулярно столу станка. Правку кольцевого сверла по необходимой окружности выполняют по программе. Точность внутреннего диаметра зависит от точности станка.

и вскрытие режущих зерен, однако возможности восстановления цилиндричности сверла ограничены.

На рис. 5 а представлена схема правки по наружной поверхности. В корпусе 1 расточен диаметр равный диаметру сверла 2 и сумме величины двух зазоров. Величина зазора Z зависит от размера зерна используемого при правке. Внутренний диаметр приспособления является притиром, по которому зерна двигаются по окружности, разрушая металлическую связку и тем самым обнажая новые зерна алмаза на сверле. Для правки торца также необходимо поддерживать зазор между плоскостью приспособления и сверлом.

Для правки внутреннего диаметра кольцевого сверла, можно применить схему, представленную на рис. 5б. Подача абразивной суспензии осуществляется через отверстие в технологическом притире 3, диаметр которого меньше внутреннего диаметра кольцевого сверла 2 на величину 2-х зазоров.

Главным недостатком данного варианта правки является большая номенклатура сверл по диаметру, что приводит к необходимости изготавливать технологи-

ческую оснастку для каждого типоразмера сверла.

Абразив в зазор Z можно подавать в виде суспензии или в полусвязанном состоянии в виде абразивного бруска.

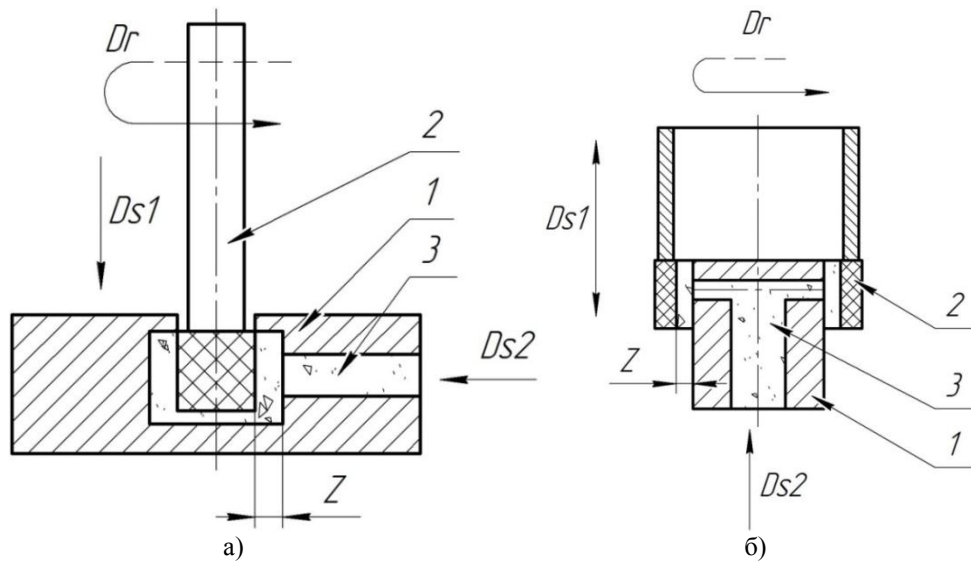


Рис. 5. Схемы правки свободным абразивом кольцевого алмазного сверла
 а – по наружной поверхности; б – по внутренней поверхности
 Fig. 5. Schemes of free abrasive straightening of an annular diamond drill
 a) on the outer surface; b) on the inner surface

Вариант подачи свободного абразива в виде суспензии представлен на рис. 6. В баке 1 находится суспензия 2 с требуемой величиной зерен абразива. Насос 3 подает

по трубкам суспензию к корпусу 4, в котором изготовлены отверстия для подачи суспензии в зазор между вращающимся сверлом 5 и корпусом.

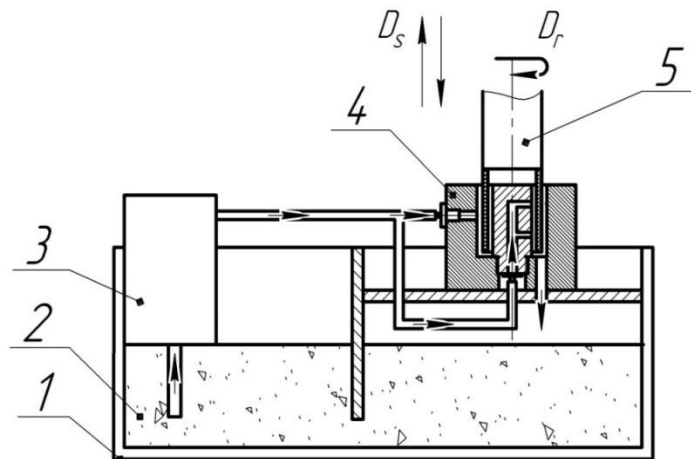


Рис. 6. Схема правки свободным абразивом кольцевого алмазного сверла с подачей в виде суспензии
 Fig. 6. Scheme of straightening with a free abrasive of an annular diamond drill with a feed in the form of a suspension

Схема правки полусвязанным абразивом показана на рис. 7. Абразивный брусок 3 на мягкой связке подается на сверло и быстро изнашивается. Продукты износа бруска образуют в рабочей зоне локаль-

ную область, содержащую большое количество абразивных частиц. Для движения абразивного бруска 3 на алмазное сверло 6 используется пружина 4, которая вставлена в ступенчатое отверстие корпуса 1, в

котором также установлен брусок. С каждой стороны пружины устанавливаются шайбы (на рисунке не показаны). Одна из шайб упирается в регулировочный винт 5, который закручен в корпус 1. Он позволя-

ет по мере истирания абразивного бруска, снова подавать брусок в зону правки. Для равномерности правки сверло кроме вращения имеет осциллирующее движение вдоль оси.

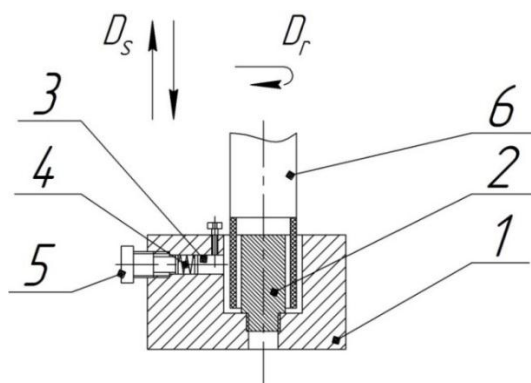


Рис. 7. Схемы правки свободным абразивом кольцевого алмазного сверла с подачей в виде бруска
Fig. 7. Schemes of straightening with a free abrasive of an annular diamond drill with a feed in the form of a bar

Выводы

Алмазные кольцевые сверла, как и любой алмазно-абразивный инструмент, затупляются и засаливаются, что требует их принудительной правки. В ходе проведенного анализа были представлены существующие методы и возможные варианты

правки. Показаны преимущества и недостатки этих методов.

На основании проведенного анализа предложены оригинальные схемы правки алмазных кольцевых сверл методом свободного абразива.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Савицкий И.В., Войтенко В.А. Исследование метода шлифования сапфировых труб с применением двух шлифовальников. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021.Т. 25. № 3. С. 320–331. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2021-3-320-331>
2. Маркин И.С., Власова А.С. Разработка оснастки для сверления лейкосапфира алмазным кольцевым сверлом // Материалы 69-й студенческой научной конференции. Брянск: БГТУ. 2014. С.120-121.
3. Федуков А.Г., Хандожко А.В. Особенности шлифования лейкосапфира алмазными кругами и их правка // Научно-технические технологии в машиностроении. 2018. №5(83). С. 27 -34.
4. Маслов А.Р. Технологии производства микродеталей. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2023г. 236 стр.
5. Сайкина С. А. Автоматизация кольцевого высверливания заготовок из монокристаллов лейкосапфира. [Электронный ресурс] // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Студенческая весна 2013: Машиностроительные технологии». – М.: МГТУ им. Н.Э Баумана.– № гос. регистрации 0321300796.– URL: studvesna.qform3d.ru?go=articles&id=824 (дата обращения: 16.10.2023). Загл. с экрана.
6. Бакуль В.Н. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента. Под общей редакцией Бакуль В. Н. «Техника», 1971 г. 207 с.
7. Кащук В.А., Мелехин А.Д., Бармин Б.П. Справочник заточника – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982 г. 232 стр.
8. Патент №2014183 Российская федерация, МПК В23Н 7/00 (2006.01) Способ электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках: № 4857511/08: заявл. 06.08.1990: опубл. 15.06.1994: Бахтиаров Ш. А.; заявитель Бахтиаров Ш. А. 5с.
9. Патент №2008147 Российская федерация, МПК В23Н 7/00 Способ контактно-эрозионной правки алмазных кругов. № 4846608/08: заявл. 02.07.1990: Бахтиаров Ш. А.; заявитель Бахтиаров Ш. А. 6с.
10. Аверкина Н.Е., Правка алмазных дисковых кругов на металлической связке. // В сборнике: перспективное развитие науки, техники и технологий. Материалы 3-й Международной научно-практической конференции: в 3 томах, 2013. С. 37-41.

11. Патент №196264 U1 Российская федерация, В23Н 9/00 (2006.01); В23Н 7/02 (2006.01); В23В 51/02 (2006.01) Оснастка для электроэрозионного проволочно-вырезного станка: № 2019140856: заявл. 11.12.2019; опубл. 21.02.2020 Бюл. № 6/ Лавров И.Н.; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Новатор" (RU); - 6с.
12. Гусев, В.В., Медведев, А.Л. Закономерности изменения режущей способности алмазных шлифовальных кругов при правке свободным и полусвободным абразивом // Вестник ДонГТУ, 2009. №6. С. 4-48.
13. Патент №2217292 C1 Российская федерация, МПК В24В 53/007 Способ очистки шлифовальных кругов: № 2002112289/02 заявл. 06.05.2002; опубл. 27.11.2003/ Худобин Л.В., Унянин А.Н.;

заявитель Ульяновский государственный технический университет. 5 с.

14. Патент №1668121 СССР МПК В24В 53/013 Устройство для правки шлифовальных кругов свободным абразивом: № 4610656 заявл. 30.11.1988; опубл. 07.08.1991/ Бурмистров В.В., Хроменко А. Д., Мащенко В.В., Сировский Е. М.; заявитель донецкий политехнический институт. 3 с.
15. Федуков А.Г., Хандожко А.В., Лебедев Д.А., Лось Е.И. Схемы правки методом свободного абразива кольцевых алмазных сверл // Новые горизонты. Сборник сборник материалов и докладов X научно-практической конференции с международным участием. Брянск, 2023. С. 59-62.

REFERENCES

1. Savitsky IV, Voytenko VA. Studying a grinding method of sapphire pipes using two grinders. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2021;25(3):320-331. Available from: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2021-3-320-331>
2. Markin IS, Vlasova AS. Development of equipment for drilling leucosapphire with an annular diamond drill. Proceedings of the 69th Student Scientific Conference. Bryansk: BSTU; 2014.
3. Fedukov AG, Khandozhko AV. Peculiarities of leucosapphire grinding with diamond disks and their stropping. Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering. 2018;5(83):27-34.
4. Maslov AR. Technology of micro-component production. Moscow: TECHNOSPHERE; 2023.
5. Saykina SA. Automation of annular drilling of blanks made of single leucosapphire crystals [Internet]. Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference: Studentseskaya Vesna 2013: Machine-building Technologies. [cited 2023 Oct 16]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University. Available from: studvesna.qform3d.ru?GO=articles&ID=824
6. Bakul VN. Handbook on diamond machining of metal-cutting tools. Technika; 1971.
7. Kashchuk VA, Melekhin AD, Barmin BP. Handbook of tool grinder. 2nd ed. Moscow: Mashinostroenie; 1982.
8. Bakhtiarov ShA. RF Patent No. 2014183 IPC МПК В23Н 7/00 (2006.01) Method of electroerosive

dressing of diamond discs of metal bonds. 1994 Jun 06.

9. Bakhtiarov ShA. RF Patent No. 2008147 IPC МПК В23Н 7/00 Method of contact erosion dressing of diamond discs. No. 4846608/08. 1990 Jul 02.
10. Averkina NE. Dressing diamond discs on metal bonds. In: Promising Development of Science and Technologies. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference; 2013.
11. Lavrov IN. RF Patent No. 196264 U1, В23Н 9/00 (2006.01); В23Н 7/02 (2006.01); В23В 51/02 (2006.01) Tooling for an electric erosion wire-carving machine. 2020 Feb 21.
12. Gusev VV, Medvedev AL. Regularities of change in the cutting ability of diamond grinding wheels when dressing with a free and semi-free abrasive. Vestnik of Don State Technical University. 2009;6:4-48.
13. Khudobin LV, Unyanin AN. RF Patent No. 2217292 C1 МПК В24В 53/007 Method of cleaning grinding wheels. 2003 Nov 11.
14. Burmistrov VV, Khromenko AD, Mashchenko V V, Sirovsky EM. USSR Patent No. 1668121 МПК В24В 53/013 Device for dressing grinding wheels with a free abrasive. 1991 Aug 07.
15. Fedukov AG, Khandozhko AV, Lebedev DA, Los EI. Schemes of dressing annular diamond drills by the technique of free abrasive. Collection of papers of the VI Scientific and Practical Conference with International Participation, 2023: Novie Gorizonti. Bryansk; 2023.

Информация об авторе:

Федуков Александр Григорьевич - заведующий лабораторией кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, тел. +7(906)502-59-67; Au-

thor-ID-РИНЦ 1134724; Scopus Author ID: 57201771898; ResearcherID Web of Science: GPX-1698-2022.

Fedukov Aleksandr Grigoryevich - Laboratory Head of the Department of Metal-cutting Machines and Tools at Bryansk State Technical University; phone:

+7(906)502-59-67; Author-ID-RSCI 1134724; Scopus Author ID: 57201771898; ResearcherID Web of Science: GPX-1698-2022.

**Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 13.12.2023; одобрена после рецензирования 15.01.2024; принята к публикации 26.01.2024. Рецензент – Нагоркин М.Н., доктор технических наук, доцент Брянского государственного технического университета, заместитель председателя редакционного совета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 13.12.2023; approved after review on 15.01.2024; accepted for publication on 26.01.2024. The reviewer is NagorkinM.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Bryansk State Technical University, Deputy Chairman of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.