

НОВИКОВ Ф.В., НОВИКОВ Г.В., ДИТИНЕНКО С.А., ПОЛЯНСКИЙ В.И.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРАВКИ АЛМАЗНЫХ КРУГОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ ВЗАМЕН ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРАВКИ

Обоснованы экологические преимущества применения электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках взамен традиционно применяемой электрохимической правки при шлифовании металлических и неметаллических материалов повышенной твердости (твердые сплавы, износостойкие наплавки и покрытия, алмазы, керамики и т.д.) и описаны разработанные на этой основе технологические процессы шлифования. Показано, что применение электроэрозионной правки в отличие от электрохимической правки не требует использования вредных для здоровья рабочего электролитов, обработка производится с применением обычной технической воды. Даны практические рекомендации, обеспечивающие повышение производительности и снижение себестоимости обработки.

Ключевые слова: шлифование, электроэрозионная правка, электрохимическая правка, алмазный круг на металлической связке, экологически безопасные технологии, порошковая металлургия

Обґрунтовано екологічні переваги застосування електроерозійної правки алмазних кругів на металевих зв'язках замість традиційно застосовуваної електрохімічної правки при шліфуванні металевих і неметалевих матеріалів підвищеної твердості (тверді сплави, зносостійкі наплавлення і покриття, алмази, кераміки та ін.) і описано розроблені на цій основі технологічні процеси шліфування. Показано, що застосування електроерозійної правки на відміну від електрохімічної правки не вимагає використання шкідливих для здоров'я робочого електролітів, обробка здійснюється із застосуванням звичайної технічної води. Надано практичні рекомендації, що забезпечують підвищення продуктивності й зниження собівартості обробки.

Ключові слова: шліфування, електроерозійна правка, електрохімічна правка, алмазний круг на металевій зв'язці, екологічно безпечні технології, порошкова металлургія

Substantiated environmental benefits of the use of EDM dressing of diamond wheels on metal bonds used to replace traditional electrochemical changes in grinding metallic and nonmetallic materials of high hardness (hard metals, wear-resistant surfacing and coating, diamonds, ceramics, etc.), and are described on this basis, developed processes grinding. It is shown that the use of electrical discharge changes unlike electrochemical changes do not require the use of harmful working electrolyte, the processing is performed using conventional industrial water. In particular as it relates to the operations of cut natural diamonds in diamonds, as a result of the establishment of the diamond wheel on a metal tray in conjunction with the electrolyte, the electrolyte comes splashing and contamination of workplace chemically active substances. Application of EDM dressing eliminates this phenomenon. It is also shown that the use of EDM dressing of diamond wheels metal bond eliminates from the process of natural diamond processing diamond wheels made electrogalvanic method, which is still less environmentally "clean" method in comparison with the electrochemical editing circle, as you have to use significant amounts of harmful health workers electrolytes. The Rabo those practical recommendations, providing improved performance and processing quality, cost reduction.

Keywords: grinding, EDM dressing, electrochemical dressing, diamond grinding wheel Metal bond, environmentally sound technologies, powder metallurgy

Введение. Промышленное освоение производства искусственных алмазов открыло широкие перспективы изготовления алмазных кругов, обеспечивающих существенное повышение показателей качества и производительности обработки при шлифовании различных изделий, изготовленных из металлических и неметаллических материалов повышенной твердости: твердых сплавов, износостойких наплавки и покрытий, алмазов, керамик и т.д. С целью снижения расхода дорогостоящих синтетических алмазов получили применение алмазные круги на прочных металлических связках, которые эффективно могут быть использованы как на операциях окончательного, так и предварительного шлифования, например, твердых сплавов, при съеме значительных припусков. Поскольку эти круги достаточно быстро затупляются и засаливаются, необходимым условием их эффективного применения является осуществление их непрерывной (периодической) механической или электрохимической правки. В последнем случае обеспечивается достаточно быстрое восстановление режущей способности алмазного круга, однако использование вредных для здоровья рабочего электролитов ограничивает ее применение. В связи с этим используется метод электроэрозионной правки, который не требует применения вредных электролитов: правка произво-

дится с использованием обычной технической воды. Следовательно, этот метод правки является более экологически чистым по сравнению с методом электрохимической правки. Поэтому в работе рассматриваются вопросы применения электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках взамен традиционно применяемой электрохимической правки при шлифовании металлических и неметаллических материалов повышенной твердости.

Анализ последних исследований и публикации. Исследованию метода электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках посвящены многочисленные публикации [1–3], в которых раскрыта физическая сущность и технологические возможности этого прогрессивного метода правки, исключая загрязнение рабочего места химически активными веществами. Показано, что по технологическим показателям этот метод правки в ряде случаев превосходит метод электрохимической правки, т.к. позволяет более производительльно и качественно подготовить алмазный круг на металлической связке к работе [4]. Особенно эффективен этот метод правки алмазных кругов при шлифовании неметаллических материалов повышенной твердости (природных и синтетических алмазов, ферритов, керамик и т.д.), так как без его применения процесс съема материала фак-

тически неосуществим [5, 6]. Фактически невозможно осуществить процесс резания этих материалов лезвийными инструментами. Поэтому основным методом их обработки является шлифование алмазными кругами на металлических связках с их электроэрозионной правкой.

Цель работы – обоснование и практическая реализация условий эффективного применения экологически безопасной технологии электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках взамен традиционно применяемой электрохимической правки при шлифовании металлических и неметаллических материалов повышенной твердости.

Изложение основного материала. Как показано выше, алмазные круги на металлических связках, обладая высокой работоспособностью, в процессе шлифования быстро затупляются, засаливаются и теряют режущую способность. Для восстановления их режущей способности в процессе шлифования традиционно используется электрохимическая правка, которая требует использования сильных электролитов, что ограничивает ее применение, так как это, во-первых, вызывает коррозию металлорежущего оборудования и преждевременный выход его из строя, во-вторых, отрицательно сказывается на здоровье рабочего. Так установлено, что при обработке в зоне шлифования образуется туман из электролита (он содержит вредные составляющие для организма человека), который необходимо удалять вытяжными устройствами.

Часто применяется химическое травление режущей поверхности алмазного круга на металлической связке. Для этого алмазный круг на металлической связке М2-01 помещают в концентрированную кислоту (в 42%-й раствор азотной кислоты) и выдерживают определенное время. После обработки для предохранения связки от коррозии и нейтрализации процесса травления алмазный круг необходимо промыть. Этот метод достаточно эффективен, не требует сложного оборудования и приспособлений, кроме вентиляционных устройств, однако не является экологически безопасным методом.

Поэтому вместо электрохимической правки и химического травления круга предложено применять электроэрозионную правку круга, основанную на введении в зону резания или автономно к кругу дополнительной электрической энергии в виде электрических разрядов [1]. Этот метод правки является экологически более безопасным и чистым, так как не требует применения вредных электролитов, процесс протекает с использованием обычной технической воды, которая не вызывает отрицательного воздействия на рабочего как это имеет место при электрохимической правке. Кроме того, электроэрозионная правка алмазного круга обеспечивает более высокие технологические показатели процесса шлифования: производительность и качество обработки.

Сущность электроэрозионной правки алмазного круга при использовании высокочастотного генератора электрических импульсов представляется следующим образом: при сближении правящего электрода с алмазосодержащим слоем круга и подачей в зазор СОТС (используется техническая вода с антикоррози-

онной добавкой, 1,5 – 3 %-й содовый раствор) по кратчайшим расстояниям между токопроводящими участками металлической связки круга и электрода при наличии потенциала происходят разряды. Термическое воздействие импульсного разряда приводит к эрозии участков связки и образованию лунок. Продукты эрозии связки в виде застывших частиц вымываются из зоны обработки межэлектродной среды. В результате суммарного эрозионного воздействия электрических разрядов удалится определенное количество связки, что приводит к обнажению зерен и восстановлению режущей способности алмазного круга на металлической связке [1].

Особенно значительный эффект от применения электроэрозионной правки алмазных кругов формы 1А1 на металлической связке был достигнут на операциях огранки природных алмазов в бриллианты. Традиционно эти операции производятся в условиях непрерывной электрохимической правки алмазного круга. Для этого вращающийся алмазный круг на металлической связке устанавливается в ванночку с электролитом, в результате чего происходит восстановление его режущей способности за счет электрохимического растворения металлической связки и постоянного обновления режущего контура круга. Однако, такой метод правки алмазного круга, во-первых, ограничивает возможности увеличения скорости круга (т.е. увеличения производительности обработки) в связи с разбрызгиванием электролита, а во-вторых, приводит к загрязнению рабочего места химически активными веществами и возможному заболеванию рабочего. Поэтому переход от электрохимической правки алмазного круга к электроэрозионной правке открыл новые технологические возможности операций огранки природных алмазов в бриллианты, состоящие в исключении вредного воздействия электролита на здоровье рабочего, а также в повышении качества и производительности обработки.

Кроме алмазных кругов формы 1А1 на металлических связках, изготовленных методом порошковой металлургии, на этих операциях используются алмазные круги, изготовленные электрогальваническим методом. Как известно, этот метод является еще менее экологически «чистым» методом по сравнению с электрохимической правкой круга, так как приходится использовать значительные объемы вредных для здоровья рабочих электролитов. Поэтому, для исключения алмазных кругов, изготовленных электрогальваническим методом, из технологического цикла обработки природных алмазов в бриллианты, предложено использовать специальные ограночные алмазные круги на металлических связках (например, связке М3-04 с характеристиками 6А2 300х60х5х50 АС6 10/7 4), изготовленные методом порошковой металлургии.

При обработке ограночный круг базируется на оправке-оси и закрепляется механическим способом (рис. 1 [5]). Для нормального протекания процесса обработки биения режущей поверхности ограночного круга не должно превышать 0,01 мм. Поэтому ограночный круг обязательно проходит динамическую балансировку, т.к. вибрации существенно влияют на величину биения его режущей поверхности (диаметр

круга - 300 мм, а частота вращения превышает 3000 об./мин).

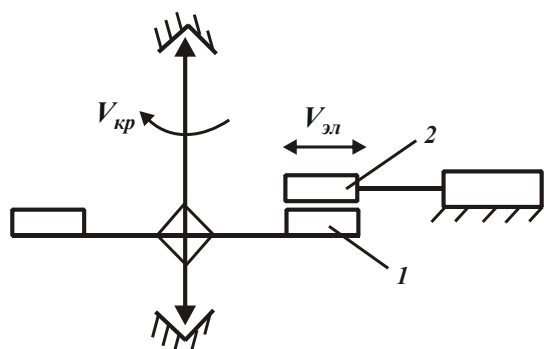


Рис. 1 – Схема электроэрозионной правки ограниченного алмазного круга: 1 – алмазоносный слой круга; 2 – электрод

Практикой установлено, что устранить механическим способом увеличенное биение круга не приводит к положительным результатам. Несмотря на то, что происходит снятие алмазоносного слоя, профиль режущей поверхности фактически не изменяется (остается исходным) и биение не устраняется. Поэтому выполнять огранку природных алмазов этим кругом невозможно. В связи с этим была предложена идея устранения биения режущей поверхности круга с использованием метода электроэрозионной правки. Для этого было изготовлено специальное оборудование. Чтобы исключить ряд погрешностей при электроэрозионной правке круга, его обработку производили на ограночном станке, где размещали все необходимые элементы правки. Важным моментом данного решения стало то, что ограночный круг правился в собранном виде (на оправке-оси). Правящий электрод был изготовлен из графитового материала и имел пазы для попадания охлаждающей жидкости в зону исправления. Электроду сообщали возвратно-поступательные движения на всю ширину алмазоносного слоя круга (рис. 1). Направляющие электрода изготавливались из закаленной стали и соединялись между собой с помощью шариков. Такая конструкция исключала вибрации электрода и уменьшала погрешности при выравнивании режущей поверхности круга. Возвратно-поступательные движения электрода осуществлялись от электродвигателя с редуктором с помощью кривошипно-шатунного механизма. Величину движения электрода регулировали увеличением или уменьшением штанги шатуна. Электродвигатель с редуктором имел небольшие габариты и легко устанавливался на приспособлении. Все устройство крепилось на столе станка. Врезная подача графитового электрода на алмазоносный слой круга осуществлялась с помощью пары "винт-гайка" по штифтовым направляющим. Длина этого перемещения составляла 1 ... 4 мм. С помощью винта можно вводить графитовый электрод в контакт с режущей поверхностью ограниченного круга. Процесс электроэрозионной правки протекал при обильном охлаждении зоны правки с использованием технической воды. Принудительная подача жидкости осуществлялась от насосной станции (с использованием водяной помпы от заточного станка модели

ЗД642Е). Для сбора отработанной жидкости под вращающимся ограниченным кругом установлен специальный поддон, откуда вода поступает обратно в бак насосной станции. Для исключения разбрызгивания жидкости при вращении круга используется защитный кожух. В качестве источника технологического тока электроэрозионной правки применялся специальный импульсный генератор.

Электроэрозионная правка ограниченных алмазных кругов с зернистостью 5 ... 10 мкм имеет свои особенности, связанные, прежде всего, с поддержанием необходимого зазора между электродом и правящей поверхностью круга. Решить эту задачу удалось путем использования электрода из графита и обильной подачи охлаждающей жидкости непосредственно в зону правки.

Электроэрозионная правка характеризуется переносом снятого материала связи алмазного круга на правящий электрод (на круг подается положительный заряд, а на электрод - отрицательный), который в застывшем виде накапливается в пазах электрода. Наступает такой момент, когда в отдельных местах он перебивает зазор между электродом и связкой круга. В результате резко увеличивается сила тока правки и на поверхности круга образуются борозды (за счет более интенсивного съема материала). При дальнейшей правке на режущей поверхности круга образуются значительные неровности. Описанный выше случай относится к правке электродом, изготовленным из металла. Устранить застывший на электроде материал связи сложно из-за небольшой величины выступания зерен. Данная задача успешно решается при использовании электрода из графита. Перенесенный на электрод материал связи легко отрывается от графитового электрода, т.к. температуры плавления графита и материала связи разные и между ними не происходит прочного сцепления.

Практика показывает, что при обработке природных алмазов все же эффективнее применять ограниченные круги, изготовленные электрогальваническим методом. Это обусловлено меньшими затратами дорогостоящего алмазного порошка. Вместе с тем, изготовление ограниченных кругов электрогальваническим методом является экологически вредным производством и поэтому ограничивает применение. Как отмечалось выше, вместо этих кругов следует применять специальные ограниченные алмазные круги на металлических связках (связке МЗ-04 с характеристиками 6А2 300x60x5x50 АС6 10/7 4), изготовленные методом порошковой металлургии, с их периодической электроэрозионной правкой. Для этого определены оптимальные условия электроэрозионной правки ограниченных алмазных кругов, обеспечивающие биение их режущей поверхности в пределах 0,01 мм, чего другими методами не достигалось [5]. Это позволило произвести эффективную замену алмазных кругов, изготовленных электрогальваническим методом, и таким образом исключить их экологически вредное производство для осуществления операции огранки природных алмазов в бриллианты.

Метод электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках был использован при шлифовании блок-матриц для синтеза алмазного порошка. Блок-матрица состоит из стальной обоймы с запрессованной в нее твердосплавной камерой, в которой происходит процесс синтеза алмазного порошка. Для обеспечения плоскостности верхней части блок-матрицы выполняется ее шлифование алмазным кругом на плоскошлифовальном станке модели ЗГ71. Совместная обработка стали и твердого сплава алмазным кругом 1А1 250x20x5 на органической связке, как показывает практика, приводит к его интенсивному износу и снижению производительности обработки. Применение алмазного круга на керамической связке позволяет в определенной степени повысить производительность обработки и снизить износ круга, однако полностью решить проблему высокопроизводительного шлифования не удалось. Проблема была решена за счет применения алмазного круга 1А1 300x20x5 на металлической связке М1-01 и его электроэрозионной правки. Для осуществления электроэрозионной правки была произведена модернизация плоскошлифовального станка, которая включала электроизоляцию алмазного круга и осуществление токоподвода к нему через графитовую щетку. В качестве правящего электрода сначала использовалась обрабатываемая деталь. В качестве источника технологического тока применялся специально изготовленный генератор импульсов.

Однако электроэрозионная правка алмазного круга непосредственно в процессе шлифования не позволила добиться ожидаемых результатов. Плотный контакт алмазного круга с обрабатываемой поверхностью, с одной стороны, приводил к существенному увеличению разрядного тока, а с другой стороны, вызывал интенсивное засаливание алмазного круга. Круг фактически не подвергался правке, его рабочая поверхность была полностью покрыта светло-серым слоем стальной стружки. Поэтому от такой идеи электроэрозионной правки алмазного круга пришлось отказаться. Вместо нее была предложена идея осуществления электроэрозионной правки с использованием ручного изолированного электрода. Первые опыты практической реализации данной идеи показали положительные результаты. Например, новый алмазный круг на металлической связке М1-01, который был установлен на станок и имел значительное биение рабочей поверхности, с помощью ручного электрода был подготовлен к работе за небольшой промежуток времени. Суть электроэрозионной правки алмазного круга заключается в следующем. Изолированный Г-образный электрод прижимается к периферии круга в зоне интенсивного попадания на него охлаждающей жидкости. При этом не наблюдалось его отжатие в связи с отсутствием биения поверхности.

Электроэрозионной правкой в этом случае обеспечивалось быстрое очищение поверхности алмазного круга от продуктов обработки (стального налета) и вскрытие алмазоносного слоя. Время правки составило 5 - 7 секунд при силе тока 15 - 20 А. Для осуществления такой правки достаточно алмазный круг вывести из зоны обработки и исключить продольную по-

дачу, что удобно для рабочего. Последующую правку круга необходимо осуществлять с появлением шума в зоне обработки, что является первым признаком засаливания круга. Установлено, что стойкость алмазного круга на металлической связке М1-01 после правки с использованием ручного изолированного электрода многократно увеличивается. Это позволяет эффективно производить шлифование твердосплавных блок-матриц при съеме больших припусков. Количество проточенных блок-матриц между правками круга при этом изменялось, однако, в основном из-за разной величины припуска.

Выводы. В работе обоснованы возможности эффективного применения электроэрозионной правки алмазных кругов на металлических связках взамен традиционно применяемого метода электрохимической правки при шлифовании различных труднообрабатываемых материалов. Предложены новые конструктивные схемы осуществления электроэрозионной правки, которые позволяют существенно повысить его эффективность в производственных условиях, улучшить экологию производства. Приведены конкретные примеры реализации правки алмазных кругов на металлических связках в условиях огранки природных алмазов в бриллианты и твердосплавной оснастки синтеза искусственных алмазов.

Список литературы:

1. *Беззубенко Н.К.* Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.03.01 "Процессы механической обработки, станки и инструменты" / *Н.К. Беззубенко*. – Харьков, 1995. – 56 с.
2. *Пахалин Ю.А.* Алмазная контактно-эрозионное шлифование. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 178 с.
3. *Мальхин В.В.* Повышение эффективности шлифования вольфрамсодержащих твердых сплавов совместно со сталью алмазными кругами: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / *Мальхин В.В.* – Харьков, 1985. – 266 с.
4. *Новиков Г.В.* Повышение эффективности алмазно-искрового шлифования деталей с высокопрочными покрытиями: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / *Новиков Г.В.* – Харьков, 1989. – 210 с.
5. *Новиков Г.В.* Прогрессивные технологии алмазно-абразивной обработки природных алмазов в бриллианты / *Г.В. Новиков // Вісник НТУ "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні.* – Харків: НТУ "ХПІ". – 2011. – № 40. – С. 72-90.
6. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. *Ф.В. Новикова и А.В. Якимова*. В десяти томах. – Одесса: ОНПУ, 2002. – Т. 4. "Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов". – 802 с.

References (transliterated)

1. *Bezzubenko N.K.* Povyshenie effektivnosti almaznogo shlifovaniya putem vvedeniya v zonu obrabotki dopolnitelnoy energii v forme elektritheskikh razryadov: avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk: spets. 05.03.01 "Protsestry mekhanitheskoy obrabotki, stanki i instrumenty" / *N.K. Bezzubenko*. – Kharkov, 1995. – 56 s.
2. *Pakhalin Yu.A.* Almaznaya kontaktno-erozionnoe ahlifovanie / *Yu.A. Pakhalin*. – L.: Mashinostroenie, Leningr. otd-nie, 1985. – 178 s.
3. *Malykhin V.V.* Povyshenie effektivnosti shlifovaniya volframosoderzhashikh tverdykh splavov sovместno so staliu almaznymi krugami: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.03.01 / *Malykhin V.V.* – Kharkov, 1985. – 266 s.
4. *Novikov G.V.* Povyshenie effektivnosti almazno-iskrovogo shlifovaniya detaley s vysokoprothnymi pokrytiyami: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.08 / *G.V. Novikov*. – Kharkov, 1989. – 210 s.
5. *Novikov G.V.* Progressivnye tekhnologii almazno-abrazivnoy obrabotki prirodnykh almazov v brilianty / *G.V. Novikov // Visnyk*

NTU "KhPI". Zbirnyk naukovykh prats. Tematychny vypusk: Tekhnologii v mashinobuduvanni. – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2011. – № 40. – S. 72-90.

6. Fiziko-matematicheskaya teoriya protsessov obrabotki materialov i tekhnologii mashinostroeniya / Pod obsh. red. F.V. Novikova i

A.V. Yakimova. – V 10 tomakh. – Odessa: ONPU. – T. 4. "Teoriya abrazivnoy i almazno-abrazivnoy obrabotki materialov". – 802 s.

Поступила (received) 02.11.2016