

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ПРАВКА АЛМАЗНЫХ ОТРЕЗНЫХ КРУГОВ

^{1,2}В.Е. Бабич

¹Физико-технический институт НАН Беларуси

²Университет гражданской защиты

г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрены возможности магнитно-абразивной правки алмазных отрезных кругов. Магнитно-абразивная правка круга позволяет управлять глубиной очищаемой поверхности, удаляя с рабочей поверхности и непосредственно зерен образовавшийся в процессе работы шлам. Обработанные поверхности круга восстанавливают свои режущие свойства не менее чем на 80–85 %.

Ключевые слова: магнитно-абразивная правка, алмазный отрезной круг, ферро-абразивный порошок, магнитное поле

MAGNETIC AND ABRASIVE CLEANING OF DIAMOND CUTTING WHEELS

^{1,2}V. E. Babich

¹Physical-technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus

University of Civil Defense

Minsk, Republic of Belarus

The possibilities of magnetic and abrasive cleaning of diamond cutting wheels are considered. Magnetic and abrasive editing of a circle allows to operate depth of the cleaned surface, deleting from a working surface and directly grains the slime formed in the course of work. The processed surfaces of a circle restore the cutting properties not less than for 80–85 %.

Keywords: magnetic and abrasive editing, diamond cutting wheel, ferro-abrasive powder, magnetic field

E-mail: babich83@mail.ru

При выполнении строительных, демонтажных, деблокирующих (спасательных) работ широкое применение находит алмазный отрезной инструмент. Этот инструмент является универсальным и отличается рядом преимуществ перед альтернативными методами обработки: возможность обрабатывать различные виды материалов (камень, железобетон, асфальт и др.), высокая производительность, низкий уровень пыли, шума, вибраций и т.д.

Отрезной круг состоит из стального корпуса со сплошной или прерывистой рабочей поверхностью с нанесенным на нее алмазоносным слоем. На эксплуатационные свойства отрезных кругов основное влияние оказывают характеристики алмазов и свойства связки. Сегменты в большинстве случаев изготавливаются на основе металлической связки, которая обладает высокой износостойкостью, физико-механическими свойствами, а также обеспечивает алмазоудержание в процессе работы.

Опыт эксплуатации данного вида инструмента показал, что при обработке труднообрабатываемых сталей, асфальта, комбинированных материалов происходит быстрое «засаливание» алмазных кругов. Рабочая поверхность покрывается слоем налипшего материала, резание прекращается, заменяясь усиленным трением, теплонапряженность процесса значительно возрастает. Значительную опасность представляют прижоги шлифованной поверхности, появляющиеся из-за интенсивного затупления инструмента.

При резке железобетонных конструкций алмазный инструмент работает в режиме самозатачивания, не засаливается и не требует правки рабочей поверхности. Однако при обработке неметаллических поверхностей, арматуры, а также комбинаций различных материалов и т.д. самозатачивание отсутствует, что сопровождается ростом сил резания в зоне контакта отрезного круга и обрабатываемого детали. При этом обрабатываемый материал начинает налипать на абразивных элементах, что приводит к засаливанию, повышению температуры в зоне резания и потере режущей способности круга. В связи с этим возникает необходимость поддержки режущих свойств отрезных кругов на требуемом уровне, в частности – правкой, которая обеспечивает восстановление точности формы, удаления шлама с рабочей поверхности, вскрытия новых режущих кромок алмазных зерен и т.д.

Также в сегментах после изготовления матрица покрывает вершины алмазных зерен (рис. 1). Удаление матрицы является технологической операцией, осуществляемой методами, воздействующими как на матрицу (связку), так и на зерна. Следствием этого является разрушение и выкрашивание алмазных зерен. Фактически абразивная правка по воздействию на поверхность алмазосодержащего материала идентична эксплуатации круга в «жестких» условиях. Формирование рабочего профиля сегментов абразивного инструмента происходит после удаления с поверхности 1,2 слоев алмазного инструмента.

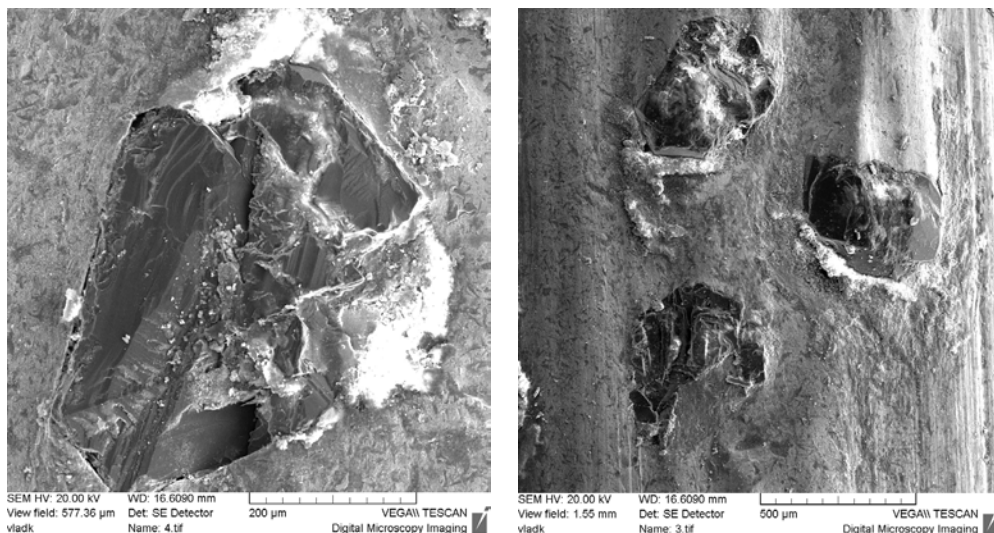


Рис. 1. Рабочая поверхность отрезного круга

Правка кругов на металлической связке в большинстве случаев выполняется такими способами, как [1,2]:

- абразивное воздействие на режущую поверхность, в том числе и свободным абразивом (правка шлифованием абразивными кругами, правка точением абразивными брусками, правка притиром со свободным абразивным зерном и т.д.);
- химическое воздействие на режущую поверхность (химическое травление связки, электрохимическое растворение связки, ультразвуковые колебания смазочно-охлаждающей технологической жидкости);
- тепловое воздействие на режущую поверхность (электроэрозионная правка);
- комплексное воздействие на режущую поверхность (комбинированные химико-физические способы правки);
- обточка сверхтвёрдыми материалами и др.

В большинстве случаев для удаления с абразивных зёрен наростов частиц обрабатываемой заготовки используют абразивное воздействие (механическую очистку) рабочей поверхности круга. Достаточно часто механическая очистка круга выполняется брусками из пемзы, песчаника, известняка и других неметаллических материалов. Однако данный метод не позволяет удалять наросты металла, удерживаемые на абразивных зёрнах силами адгезионного взаимодействия. К недостаткам механической очистки абразивными брусками также относятся трудность удаления отходов резания из пространства между абразивными зёрнами и неодинаковые условия очистки зерен, находящихся на различных уровнях от условной наружной поверхности круга [3].

Использование химических воздействий на рабочую поверхность засаленного круга с целью растворения налипших частиц также является недостаточно эффективным при правке отрезных сегментных кругов. Так, в работе [4] рекомендуют применять при алмазной обработке слабый раствор азотной кислоты, в котором выдерживают круги в течение определенного времени, достаточного для удаления отходов резания. После химического воздействия круги подвергают нейтрализации с целью предотвращения дальнейшей коррозии металлической связки. Как следствие, химическое воздействие связано со значительными затратами времени на его осуществление. Химическим травлением производят также правку алмазных кругов, когда интенсивность этого воздействия достаточна для растворения связки. При этом повышается режущая способность кругов, но не восстанавливается их геометрическая форма. Последнее обстоятельство является причиной ограниченного применения этого способа правки.

С точки зрения эффективности, процессы обработки свободным абразивом, а именно магнитно-абразивная обработка является достаточно прогрессивным методом. Магнитно-абразивная обработка – метод абразивной обработки, осуществляемый при движении заготовки и абразивных зерен относительно друг друга в магнитном поле. Впервые метод магнитно-абразивной обработки был предложен в 1938 году Н.И. Каргаловым, который получил авторское свидетельство на способ полирования деталей машин с использованием энергии магнитного поля [5]. Промышленное применение метод получил лишь в 70-х годах прошлого века, благодаря разработкам, выполненным в ФТИ НАН Беларуси под руководством Е.Г. Коновалова. В разработку метода МАО внесли существенный вклад работы П.И. Ящерицына, Н.Я. Скворчевского, Ф.Ю. Сакулевича, Г.С. Шулева, В.И. Ждановича, Л.К. Минина, Л.М. Кожуро, Н.С. Хомича, В.С. Майбороды, Ю.М. Барона, Э.Н. Кудиновой и др. [6, 7]

Особенностями метода магнитно-абразивной обработки являются непрерывный контакт абразива с поверхностью изделия, что снижает циклические нагрузки на технологическую систему и способствует повышению точности геометрических раз-

меров и формы обрабатываемой поверхности; отсутствие жесткого крепления абразивного зерна в связке, способствует самопроизвольному нивелированию режущего инструмента относительно топографии (макрорельефа) обрабатываемой поверхности и устраняет вероятность появления в зоне резания критических давлений и температур, увеличивает стойкость зерна и повышает физико-механические показатели качества поверхностного слоя детали; возможность управлять жесткостью абразивного инструмента в осевом и продольном направлениях и за счет этого регулировать съем металла с формообразующей поверхности изделия; возможность совмещения черновой, чистовой и финишной обработки без смены технологических баз и переустановки детали; отсутствие трения связки о поверхность изделия, существенно снижающее установившуюся температуру абразивной обработки; возможность осуществлять как размерную, так и безразмерную обработку [8,9].

В процессе абразивной обработки деталей основную роль играет инструмент. Его свойства определяют эффективность обработки. Особенностью абразивной обработки жестко связанным зерном является то, что инструмент представляет собой суммарный комплекс систем: абразив – связка (полимер, керамика, металл и др.). В случае магнитно-абразивной обработки инструмент состоит из комплекса систем: абразив – связка – магнитное поле. Магнитное поле выполняет также функцию связки, но в отличие от жестко связанного абразива (шлифовальный круг, хон, и др.) данный вид связки эластичен, следовательно и воздействие на обрабатываемую поверхность более избирательно. Эта особенность влияет на работоспособность ферроабразивного порошка различного гранулометрического состава в процессе обработки.

Анализ результатов экспериментов [10] показывает, что влияние зернистости на процесс магнитно-абразивной обработки не проявляется однозначно. Объясняется это тем, что с уменьшением зернистости порошка количество зерен, контактирующих с деталью, увеличивается, обеспечивая меньшую шероховатость обрабатываемой поверхности (при магнитно-абразивной обработке цилиндрических поверхностей). Сила резания, определяемая силой притяжения единичного зерна к обрабатываемой поверхности, является функцией ферромагнитной массы зерна. Но так как число контактов зерен с обрабатываемой поверхностью и глубина резания обратно пропорциональны величине зерна, то при увеличении зернистости съем металла уменьшается.

На рис. 2 представлена схема магнитно-абразивной правки отрезных кругов на металлической связке. Алмазный отрезной круг 2 устанавливается на оправке (на рис. 2 не показана), при этом часть рабочей поверхности размещается в П-образном пазе полюсного наконечника 1. Зазор между полюсными наконечниками и обрабатываемой поверхностью круга заполняется ферроабразивным порошком 3. Данный порошок под действием энергии магнитного поля, удерживается в зазоре и прижимается к обрабатываемой поверхности отрезного круга. Отрезному сегментному кругу сообщается вращательное и возвратно-поступательное движение, обеспечивая перемещение относительно порошка. Участвующие в процессе обработки частицы ферроабразивного порошка представляют собой обыкновенные абразивные зерна (рабочие элементы), каждый рабочий элемент устанавливается своей наибольшей осью по направлению магнитных силовых линий.

Магнитно-абразивная правка алмазных отрезных кругов диаметром 300 мм выполнялась на следующих режимах: магнитная индукция – 1,2 Т, скорость вращения обрабатываемой детали 1,2 м/с, величина рабочего зазора – 2–3 мм, амплитуда осцилляции 1,5 мм. Зернистость ферроабразивного порошка 315/200.

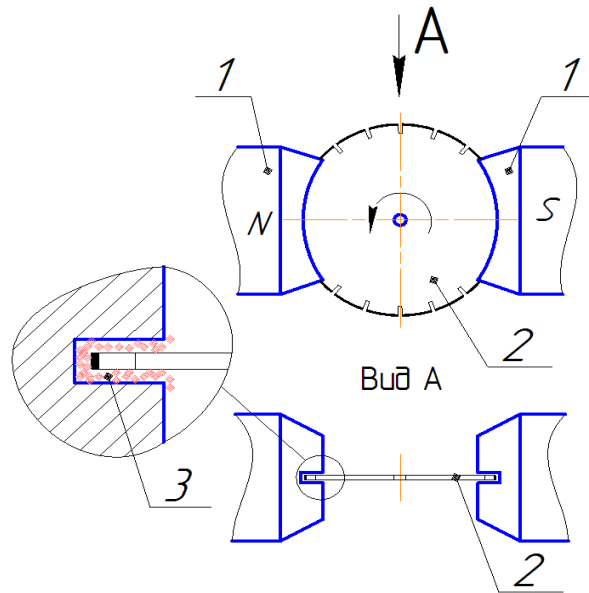


Рис. 2. Схема установки для магнитно-абразивной правки отрезных кругов:
 1 – полюсные наконечники; 2 – отрезной круг; 3– зерно ферро-абразивного порошка

Результаты сравнительных исследований работоспособности ферроабразивного порошка Fe – TiC (20 %) различной зернистости показали его не достаточную эффективность при обработке рабочих поверхностей алмазного отрезного инструмента, связанную с низким периодом стойкости и незначительной величиной съема. При использовании данного порошка процесс резания продолжался первые 0,5–0,7 минуты, не обеспечивая требуемую величину съема элементов налипания.

Нами предложен ферроабразивный порошок, где в качестве ферромагнитной фазы использовали феррит меди (15 мас. % феррита меди). В качестве основы для получения легкоплавких стекол использовали прекурсор фосфатного стекла, представляющий собой гидроксидное стекло на основе дигидрофосфатов калия, натрия, цинка, флюсующей добавкой служил фторид натрия (концентрация стекла в спеке 20 об. %) (рис. 3).

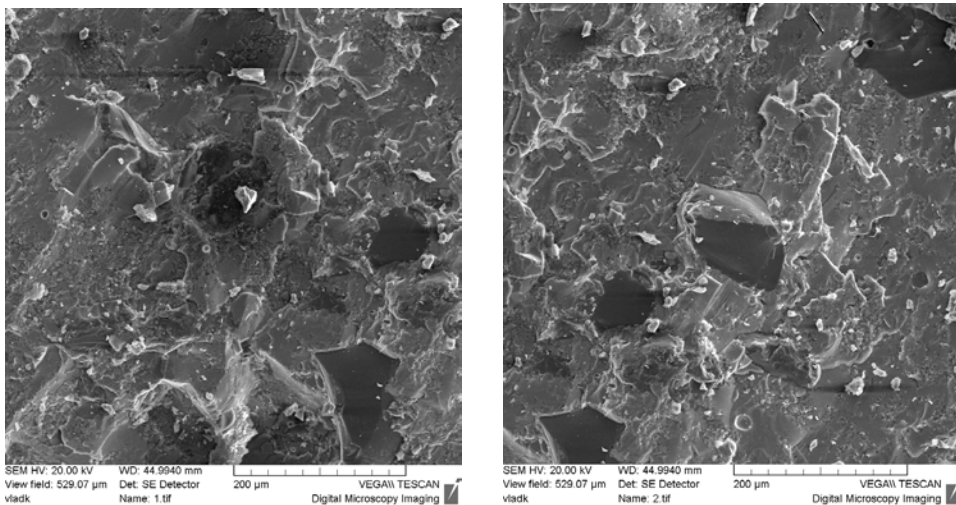


Рис. 3. Морфология поверхности ферроабразивного порошка
 в композиции стекло – феррит меди – стекло

Анализ топографий магнитного поля во впадинах концентраторов, показывают, что плотность порошка на дне впадины паза будет незначительная, т.к. силы, действующие на частицы порошка, будут направлены из впадины. Однако в процессе обработки отмечено, что впадины концентраторов играют роль накопителей ферроабразивного порошка, т.к. во время обработки, под действием сил резания порошок выдавливается во впадину. При этом конструктивные особенности алмазного круга, а именно пазы между сегментами, способствует доставке в зону обработки и, соответственно, наполнению и обновлению всего объема паза полюсного наконечника ферроабразивным порошком. Заполненный ферроабразивным порошком паз является своеобразной «ванной» копирующей профиль обрабатываемой детали.

В условиях ФТИ НАН Беларуси были проведены исследования эффективности магнитно-абразивной правки алмазных кругов. Магнитно-абразивная правка круга позволяет управлять глубиной очищаемой поверхности, удаляя с рабочей поверхности и непосредственно зерен образовавшийся в процессе работы шлам и частицы матрицы (рис. 4). Подверженные магнитно-абразивной обработке круги восстанавливают свои режущие свойства не менее чем на 80–85 % (на основании данных, полученных при резании бетонной плиты (М300): в течение 5 минут замерялась длина реза при использовании кругов, подверженных химической и магнитно-абразивной правке).

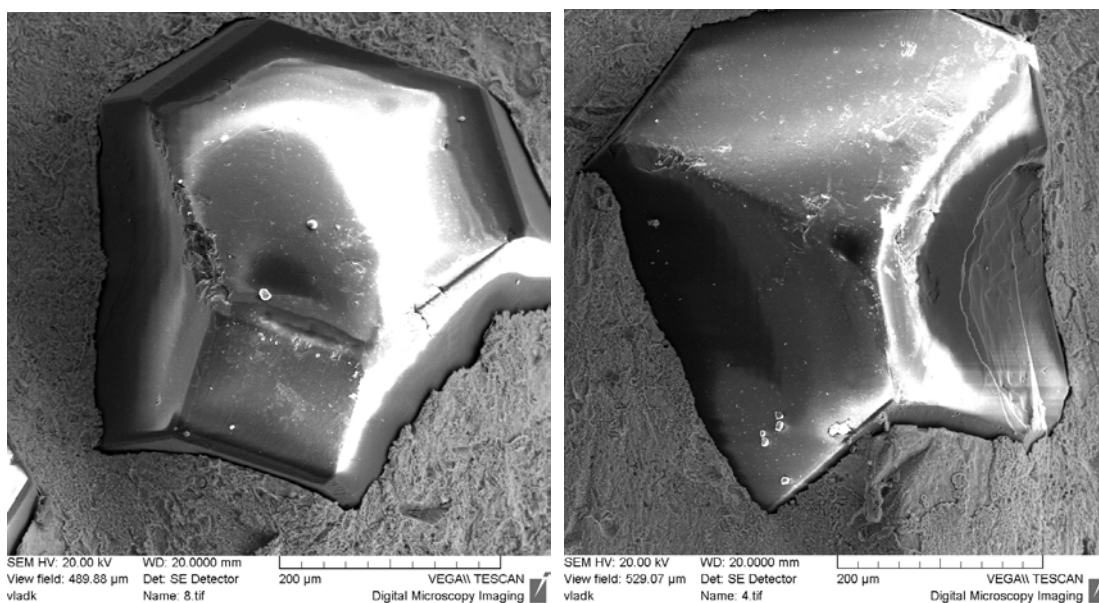


Рис. 4. Поверхность алмазных зерен отрезного круга после магнитно-абразивной правки

Визуальное сравнение алмазных кругов до и после магнитно-абразивной правки, а также экспериментальные данные, позволяют утверждать, что данный метод достаточно эффективен. Затупившийся алмазный круг выправляется с использованием магнитно-абразивной правки в течение 2–3 минут. При этом процесс обработки протекает в достаточно мягких условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, С. А. Алмазно-абразивная обработка металлов и твёрдых сплавов [Текст]: монография / С.А. Попов, Л. М. Терещенко, Н. П. Малевский. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.
2. Ящерицын, П.И. Финишная обработка деталей уплотненным потоком свободного абразива / П.И. Ящерицын, А.Н. Мартынов, А.Д. Гридин. – Минск: Наука и техника, 1978.– 224с.
3. Кашеев, В.Н. Процессы в зоне фрикционного контакта металлов / В.Н. Кашеев. – М. : Машиностроение, 1978. – 214 с.
4. Кашук, В.А. Справочник шлифовщика / В.А. Кашук, А.Б. Верещагин. – М. : Машиностроение, 1988. – 480 с.

5. Способ внутреннего шлифования: а.с. 55 507 СССР, МПК В 24б 37/00 / Н.И.Каргалов; – №123 546/25–8; заявл. 1.04.38; опубл.2.10.39, Бюл.№8.–3 с.
6. Коновалов, Е.Г. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками / Е.Г. Коновалов, Г.С. Шулев. – Мн.: Наука и техника, 1967. – 125с.
7. Коновалов, Е.Г. Основы электроферромагнитной обработки / Е.Г. Коновалов, Ф.Ю. Сакулевич. – Минск: Наука и техника, 1974. – 272 с.
8. Ящерицын, П. И. Повышение качества шлифованных поверхностей и режущих свойств абразивно-алмазного инструмента / П. И. Ящерицын, А. Г. Зайцев. – Минск: Наука и техника, 1972. – 159 с.
9. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1988. – 176 с.
10. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1988. – 272с.

REFERENCES

1. Popov S.A., Tereshchenko L.M., Malevsky N.P. Almazno-abrazivnaya obrabotka metallov i tvyordyh splavov [Tekst]: monografiya [Diamond-abrasive processing of metals and solid alloys [Text]: monograph] / Moscow, Mashinostroenie, 1977,263 p. (in Russian)
2. Yasheritsyn P.I., Martynov A.N, Gridin A.D. Finishnaya obrabotka detalej uplotnennym potokom svobodnogo abraziva [Finishing of details with a compacted flow of free abrasive] / Minsk: Science and Technology, 1978, 224p. (in Russian)
3. Kashcheev V.N. Processy v zone frikcionnogo kontakta metallov [Processes in the zone of frictional contact of metals] / Moscow, Mechanical Engineering, 1978,214 p. (in Russian)
4. Kashchuk V.A., Vereshchagin A.B. Spravochnik shlifovshchika [Handbook grinder] / Moscow, Mechanical Engineering, 1988, 480 p. (in Russian)
5. Kargalov N.I. Sposob vnutrennego shlifovaniya [Method of internal grinding]: с. с. 55 507 USSR, IPC V 24b 37/00 / No. 123 546 / 25–8; claimed. 1.04.38; published on 2.10.39, Bul.№8.–3 p. (in Russian)
6. Konovalov E.G., Shulyov G.S. Chistovaya obrabotka detalej v magnitnom pole ferromagnitnymi poroshkami [Finishing treatment of parts in a magnetic field by ferromagnetic powders] / Minsk, Science and Technology, 1967, 125p. (in Russian)
7. Konovalov E.G., Sakulevich F.Yu. Osnovy ehlektroferromagnitnoj obrabotki [Fundamentals of electroferromagnetic processing] / Moscow: Science and Technology, 1974, 272 p. (in Russian)
8. Yasheritsin P.I., Zaitsev A.G. Povyshenie kachestva shlifovannyh poverhnostej i rezhushchih svoystv abrazivno-almaznogo instrumenta [Improving the quality of polished surfaces and cutting properties of an abrasive diamond tool] / Minsk: Science and Technology, 1972, 159 p (in Russian)
9. Baron Y.M. Magnitno-abrazivnaya i magnitnaya obrabotka izdelij i rezhushchih instrumentov [Magnetic-abrasive and magnetic processing of products and cutting tools] / Leningrad, Mechanical Engineering, 1988, 176 p. (in Russian)
10. Yashcheritsyn, P.I. [et al.] Almazno-abrazivnaya obrabotka i uprochnenie izdelij v magnitnom pole [Diamond-abrasive processing and hardening of articles in a magnetic field] / Minsk, Science and Technology, 1988. – 272p. (in Russian)

Статья поступила в редакцию в окончательном варианте 04.06.18