

Стельмаков В. А., Федорченко С. К.
V. A. Stelmakov, S. K. Fedorchenko

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫКРАШИВАНИЯ АБРАЗИВНЫХ ЗЁРЕН ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ПРИ БЕСЦЕНТРОВОМ ШЛИФОВАНИИ

STUDY OF ABRASIVE GRINDING WHEEL GRIT ABRASION PROCESS DURING CENTERLESS GRINDING

Стельмаков Вадим Александрович – кандидат технических наук, доцент высшей школы промышленной инженерии Тихоокеанского государственного университета (Россия, Хабаровск); Россия, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136. E-mail: stelmakov_92@mail.ru.

Vadim A. Stelmakov – PhD in Engineering, Associate Professor, Higher School of Industrial Engineering of the Pacific State University (Russia, Khabarovsk); Russia, 680035, Khabarovsk, 136 Pacific Street. E-mail: stelmakov_92@mail.ru.

Федорченко Сергей Константинович – аспирант Тихоокеанского государственного университета (Россия, Хабаровск). E-mail: s.k.fedor@mail.ru.

Sergey K. Fedorchenko – Post-Graduate Student, Pacific National University (Russia, Khabarovsk). E-mail: s.k.fedor@mail.ru.

Аннотация. В работе рассмотрены различные марки шлифовальных кругов, используемых при бесцентровом шлифовании, на предмет выкрашивания и разрушения абразивных зёрен. В ходе работы был проведён ряд экспериментальных исследований, в ходе которых было установлено, что у каждого из исследованных абразивных инструментов имеется своя интенсивность разрушения зёрен, доля вырванных зёрен из связки, свой уровень вовлечения объёмов инструментального материала в разрушение и свой механизм разрушения материала в целом.

Summary. In this paper, different grades of grinding wheels used in centerless grinding are examined for abrasive grain pitting and fracture. In the course of the work, a number of experimental studies were conducted, during which it was found that each of the studied abrasive tools has its own intensity of grain fracture, the proportion of torn grains from the bond, its own level of involvement of volumes of tool material in the destruction and its own mechanism of material destruction in general.

Ключевые слова: шлифование, бесцентровое шлифование, экспериментальные исследования, выкрашивание, абразивное зерно.

Key words: grinding, centerless grinding, experimental studies, abrasion, abrasive grain.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FEME-2024-0010).

УДК 621.9

В крупносерийном и массовом производстве широко используется и в качестве предварительного метода обработки, и в качестве финишной обработки прецизионных деталей бесцентровое шлифование [3]. Этот метод обработки характерен очень высокой производительностью и очень высокой экономической точностью операционных размеров. Исходя из анализа технической литературы, бесцентровое шлифование надёжно обеспечивает точность диаметральных размеров и шероховатость обработанной поверхности [2; 3].

Развитие современной машиностроительной отрасли предъявляет повышенные требования к точности и качеству обработки исполнительных поверхностей деталей [4; 5]. Для специального машиностроения и оборонной промышленности растут требования к качеству процессов шлифо-

вания, в том числе к процессу бесцентрового шлифования [6–11]. Общее представление о схеме бесцентрового шлифования даёт рис. 1.

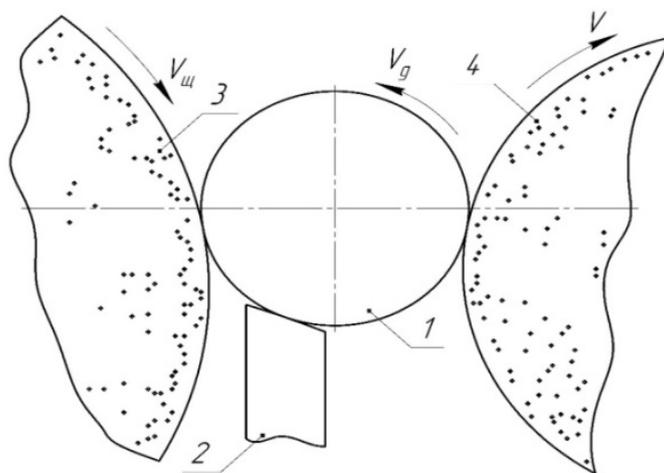


Рис. 1. Схема бесцентрового шлифования: 1 – шлифуемая заготовка детали; 2 – нож опорный; 3 – абразивный инструмент; 4 – ведущий круг

Требования, оговариваемые чертежами деталей, высокие. Пример таких требований по точности диаметра и шероховатости поверхности после операции шлифования показан на рис. 2 для двух разных деталей.

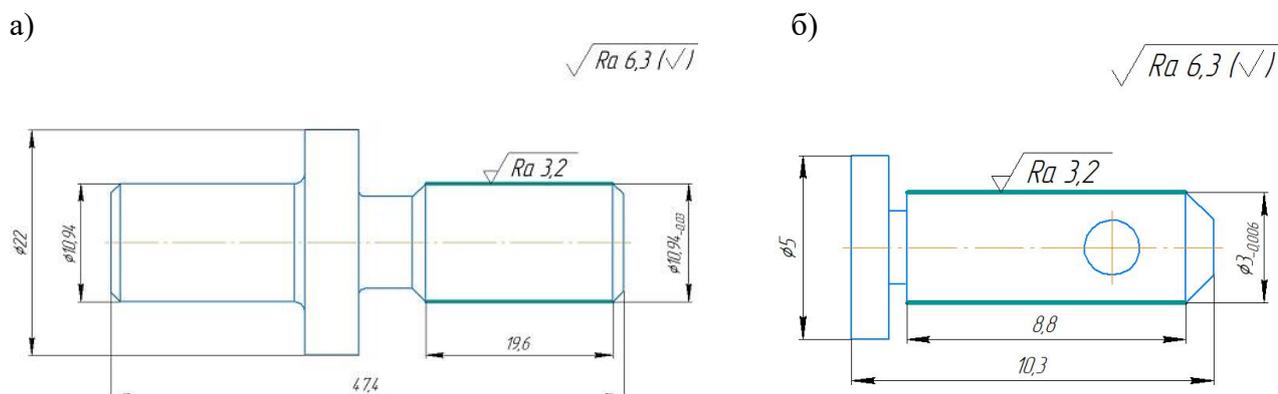


Рис. 2. Эскизы деталей: а – штырь; б – валик

Имеются детали, у которых требования по шероховатости ещё более высокие, например, по параметру Ra 1,25. При этом предъявляются требования по исключению прижога материала деталей. В таких условиях встают задачи по обеспечению правильного выбора абразивного инструмента. Однако даже при условии правильных марки абразивного инструмента и его характеристик стоит вопрос о частоте выполнения правки абразивного инструмента, иначе выдержать требования чертежа по точности диаметрального размера на всей длине шлифуемой поверхности не представляется возможным. Таким образом, целью данной работы является исследование процесса выкрашивания абразивных зёрен из инструмента с целью установления факторов, влияющих на продолжительность работы инструмента до выполнения правки. С этих позиций ниже приведены некоторые результаты такого исследования состояния абразивных режущих инструментов в ходе их эксплуатации.

Исследование характера разрушения и выкрашивания зёрен разных абразивных инструментов выполнено и документировано на мультисенсорном измерительном центре модели

Mikro Vu Sol 161, обеспечивающем точность измерения до 0,001 мм. Внешний вид такой системы показан на рис. 3.

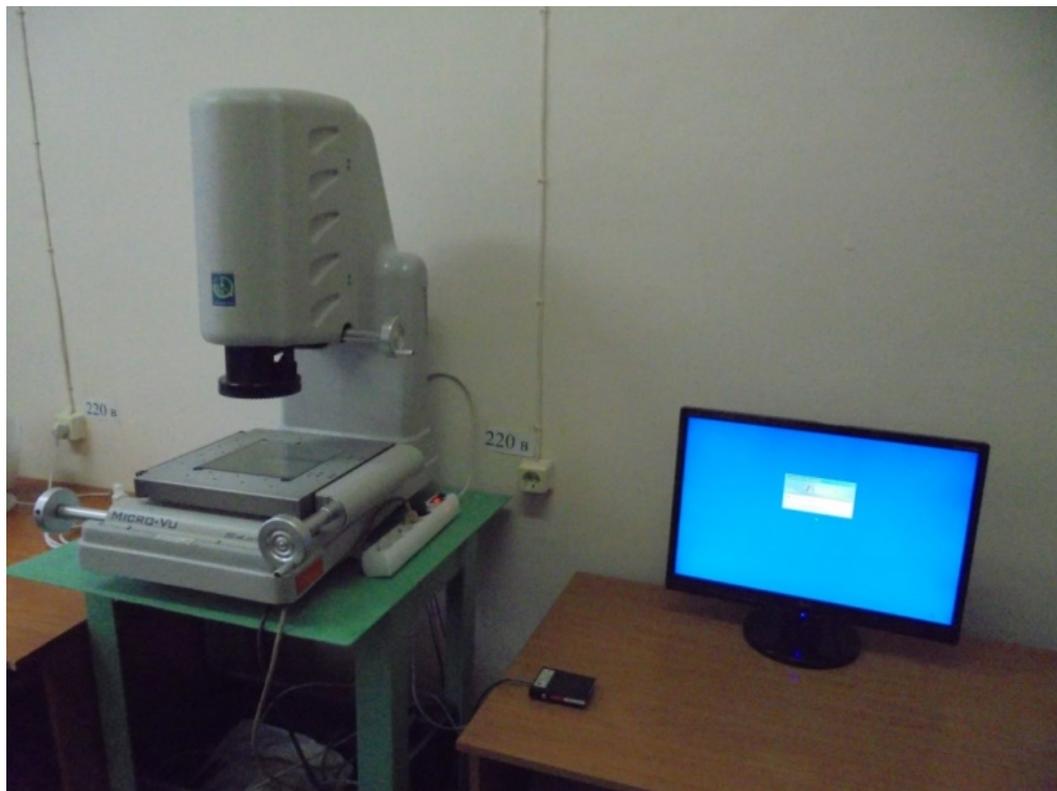


Рис. 3. Внешний вид мультисенсорного измерительного центра модели Mikro Vu Sol 161

Для пояснения обозначений абразивных инструментов (обозначения по ГОСТ Р 52781-2007), используемых в проведённом исследовании, ниже показан пример абразивного инструмента марки 1 350x100x203 25A с параметрами:

1. F60 O6V;
2. F80 O6V;
3. F60 Q6V;
4. F80 N7V.

Параметр 25A указывает материал абразивных зёрен (электрокорунд белый). Приведённые здесь обозначения следующие:

Для 1 350x100x203: 1 – прямая форма шлифовального круга; 350 – наружный диаметр круга, мм; 100 – ширина круга, мм; 203 – внутренний диаметр круга, мм.

Для параметров F60 O6V, F80 O6V, F60 Q6V и F80 N7V:

– F60 O6 и F60 Q6 – электрокорунд белый с зёрнами, имеющими размер основной фракции 250 мкм;

– F80 O6 и F80 N7 – средний размер основной фракции 160 мкм.

Символ Q6 означает: Q – твёрдость (на две позиции твёрже, чем в круге с твёрдостью O).

Символ N7 означает: N – твёрдость, средняя; 7 – структура средняя, более открытая, по сравнению с 6.

Символ V обозначает, что связка в шлифовальном круге (абразивном инструменте) вулканитовая.

На рис. 4 показаны примеры фотографий разрушения абразивного инструмента с характеристиками 25A F60 O6V после 20 минут его работы.

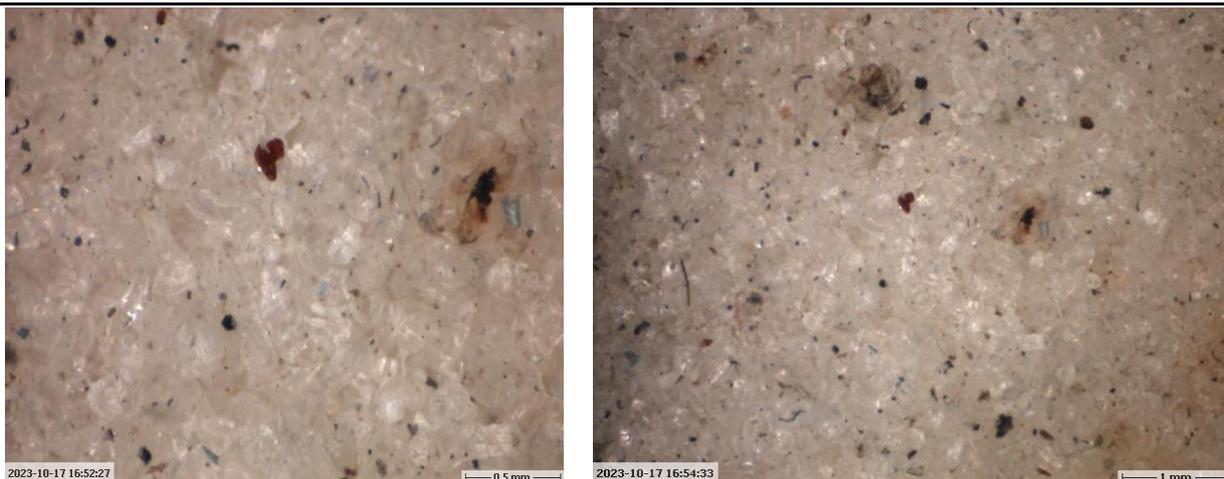


Рис. 4. Фотографии структуры абразивного инструмента с характеристиками 25А F60 O6V при разных увеличениях (указаны в правых нижних углах фото)

Из рис. 4 следует, что часть абразивных зёрен отсутствует (вырваны из керамической связки) полностью (это тёмные пятна на фото), большая часть зёрен разрушена сколом (бледно-белые пятна на фото). В выполнении численного анализа тех и других зёрен не было необходимости.

На рис. 5 показано фото разрушения абразивного инструмента с характеристиками 25А F60 O6V после 20 минут его работы.

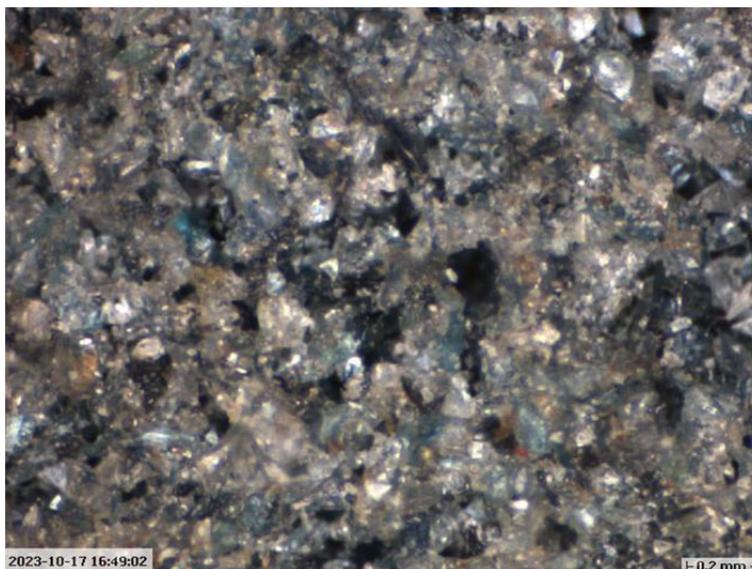


Рис. 5. Фотографии структуры абразивного инструмента с характеристиками 25А F60 O6V в процессе его эксплуатации в течение 20 мин

Из рис. 5 следует, что часть зёрен вырвана (чёрные пятна), часть зёрен сколота (белый цвет), остальные зёрна оголены. Данный факт значительно отличает рис. 4 и 5.

Структура разрушения режущего инструмента с характеристиками 25А F60 O6V во многом схожа со структурой, показанной ниже на рис. 6 (абразивный инструмент с характеристиками 25А F80 N7V), но масштаб разрушения абразивного инструмента с характеристиками 25А F60 O6V значительно больше.

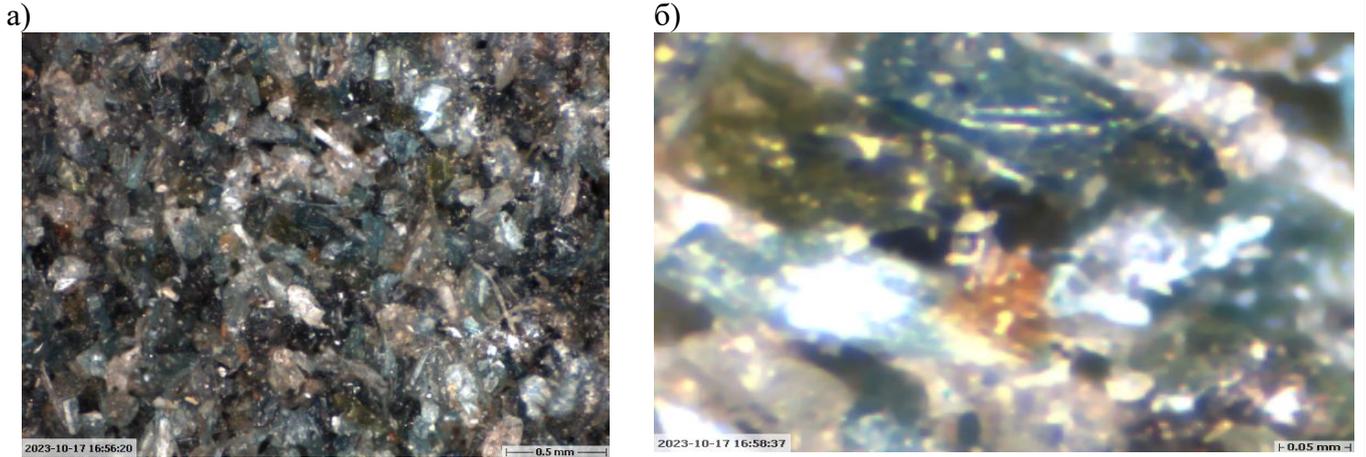


Рис. 6. Фотографии структуры абразивного инструмента с характеристиками 25A F80 N7V при разных увеличениях: а – увеличение в 65 раз; б – увеличение в 390 раз

Из рис. 6 следует, что в разрушение абразивного инструмента вовлечены большие объёмы материала. Зёрна претерпевают не только разрушение сколом, но и деформацию и поворот в связке. Данные факты, очевидно, повлекут в последующей эксплуатации вырыв зерна из связки. Иначе говоря, температура в зоне резания такого абразивного инструмента была при шлифовании настолько высока (более 800 °С), что керамическая связка оказалась не в состоянии выдержать эту тепловую нагрузку.

На рис. 7 показано влияние времени работы абразивного инструмента с характеристиками 25A F60 Q6V на изменение его структуры и на масштаб вовлечения структуры в разрушение.

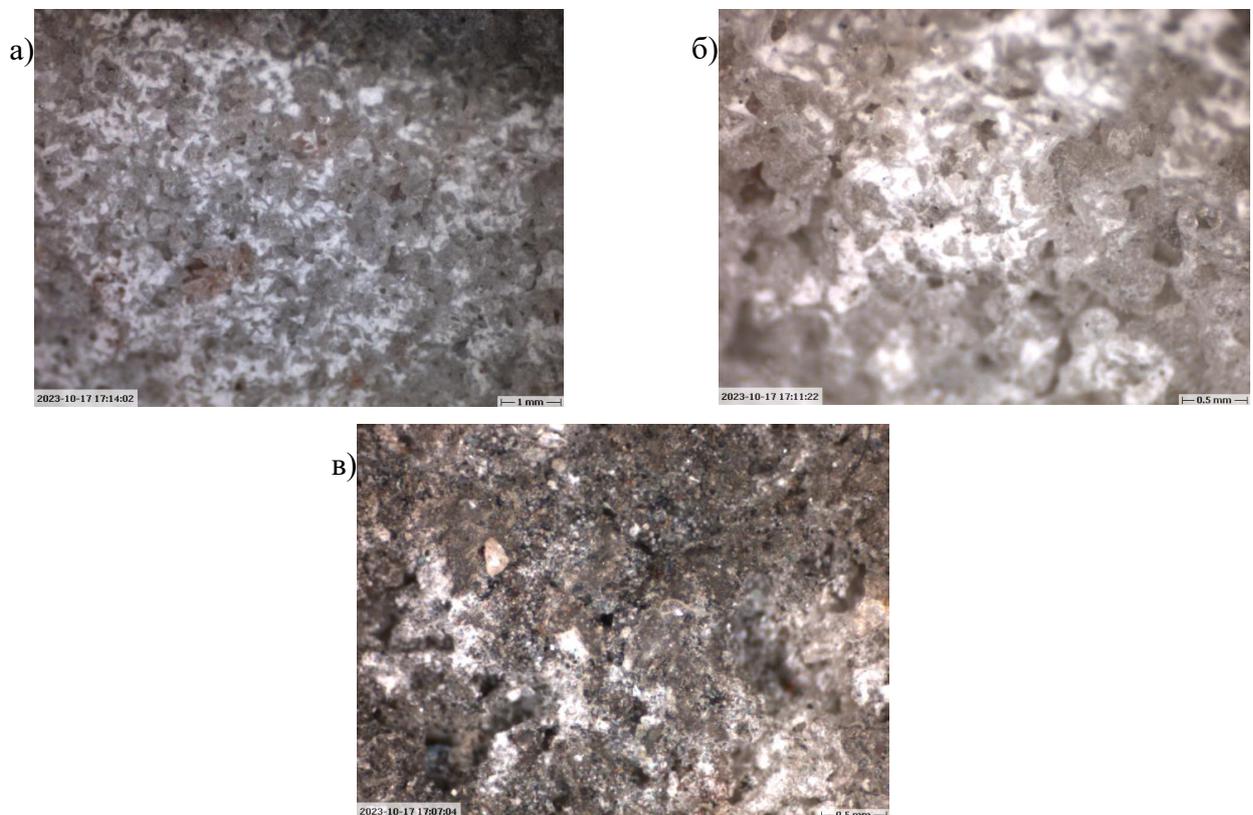


Рис. 7. Фотографии структуры абразивного режущего инструмента с характеристиками 25A F60 Q6V, полученные при разных увеличениях (а – в 21 раз; б – в 46 раз) и разным времени работы (а и б – 20 минут; в – 40 минут)

Из рис. 7 следует, что абразивный инструмент с характеристиками 25А F60 Q6V способен выдерживать длительную эксплуатацию (40 минут без правки), вовлекаемые в разрушение объёмы материала значительны, но объём разрушения структуры незначителен. Инструмент пригоден ещё и для дальнейшей работы.

На рис. 8 показана кинетика процесса разрушения абразивного инструмента с характеристиками 25А F80 O6V.

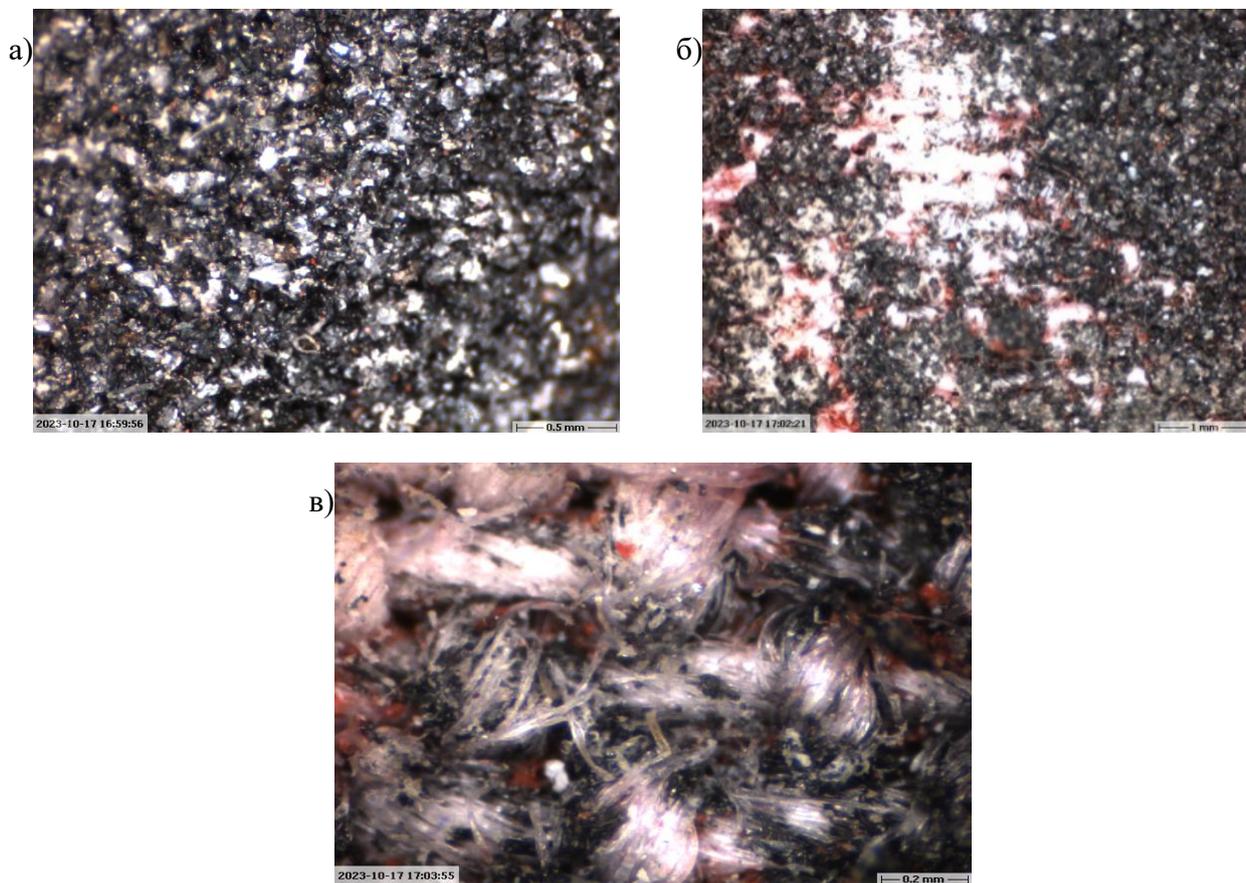


Рис. 8. Фотографии структуры абразивного инструмента с характеристиками 25А F80 O6V: а – режущий инструмент новый, не был в эксплуатации; б – инструмент работал 10 минут; в – инструмент работал 20 минут (а и б – увеличение в 32 раза, в – увеличение в 130 раз)

Из рис. 8 следует, что абразивный инструмент с характеристиками 25А F80 O6V в исходном состоянии (см. рис. 8, а) уже имеет разрушенные зёрна (светлые пятна), число разрушенных зёрен растёт значительно за первые 10 минут работы (см. рис. 8, б), а за 20 минут работы (см. рис. 8, в) происходит не только разрушение групп зёрен, но и «засаливание» инструмента продуктами материала шлифуемой заготовки детали.

Выводы:

Таким образом, выполненные исследования показали:

1. У каждого из исследованных абразивных инструментов имеется своя интенсивность разрушения зёрен, доля вырванных зёрен из связки, свой уровень вовлечения объёмов инструментального материала в разрушение и свой механизм разрушения зёрен и материала в целом.

2. Каждый из рассмотренных инструментальных материалов имеет свои преимущества, свои недостатки и, соответственно, свою область применения.

3. Изложенные результаты дают основание полагать, что для повышения работоспособности абразивного инструмента необходимы меры по закреплению абразивных зёрен в инструменте, что может снизить выкрашивание зёрен из связки. В качестве такой меры может быть нанесено

покрытие на зёрна до спекания абразивного инструмента. В процессе спекания материал покрытия по разным механизмам взаимодействия со связкой закрепит зерно в связке инструмента. Аналогичные решения известны [1; 11; 12] на примере изготовления абразивных инструментов с использованием отходов естественных и искусственных алмазов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарин, П. П. Взаимосвязь структуры межфазной зоны алмаз-матрица с работоспособностью инструмента, полученного технологией, совмещающей металлизацию алмазов со спеканием матрицы / П. П. Шарин, М. П. Акимова, В. И. Попов // Вопросы материаловедения. – 2018. – № 2 (94). – С. 111-123.
2. Ашкиназий, Я. М. Бесцентровые круглошлифовальные станки / Я. М. Ашкиназий. – М.: Машиностроение, 2003. – 352 с.
3. Бесцентровое шлифование // под ред. З. И. Кремня. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1986. – 92 с.
4. Дружинский, И. А. Концепция конкурентоспособных станков / И. А. Дружинский. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 247 с.
5. Сариллов, М. Ю. Исследование влияния параметров электроэрозионной обработки на шероховатость обработанной поверхности / М. Ю. Сариллов, А. И. Копылов // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № II-1 (42). – С. 110-116.
6. Непогожев, А. А. Анализ влияния характеристики абразивного инструмента на температуру при процессе шлифования без применения смазочно-охлаждающих технологических сред / А. А. Непогожев, А. М. Романенко // Современная наука: проблемы, идеи, тенденции: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. И. Вострецова [Электронный ресурс] / Vydavatel «Osviceni», Научно-издательский центр «Мир науки». – Электрон. текст. данн. (5,94 Мб).
7. Попов, С. А. Анализ схем стружкообразования в связи с геометрией рабочей поверхности шлифовального круга / С. А. Попов // Основные вопросы высокопроизводительного шлифования. – М.: Машиностроение, 1960. – 176 с.
8. Попов, С. А. Эксплуатационные свойства высокопористых абразивных кругов / С. А. Попов, Р. В. Ананьян // Станки и инструмент. – 1977. – № 3. – С. 22-23.
9. Редько, С. Г. Расположение абразивных зёрен в рабочей поверхности шлифовального круга / С. Г. Редько, А. В. Королев // Станки и инструмент. – 1976. – № 5. – С. 40-41.
10. Резников, В. А. Исследование мгновенной контактной поверхности при шлифовании / В. А. Резников, В. В. Минаков // Вестник машиностроения. – 1974. – № 9. – С. 48.
11. Обработка шлифованием высоколегированных коррозионно стойких сталей на примере 12X18H10T / А. М. Романенко, Д. Б. Шатько, А. А. Непогожев, Я. С. Караваев // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2021. – № 3. – С. 98-106.
12. Шиц, Е. Ю. Явление структурообразования полиолефинов при введении технических шлифпорошков алмазов природного происхождения/ Е. Ю. Шиц, В. В. Корякина // Перспективные материалы. – 2012. – № 4. – С. 53-60.
13. Охлопкова, А. А. Структура и свойства композитов на основе политетрафторэтилена и порошков природных алмазов / А. А. Охлопкова, Е. Ю. Шиц // Механика композитных материалов. – 2004. – Т. 40. – № 2. – С. 225-234.