

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены современные направления исследовательских работ, направленных на достижение высоких показателей производительности алмазного шлифования в сочетании с сохранением качественных характеристик обработанных поверхностей.

Ключевые слова: алмазное шлифование, высокая производительность, комбинированные технологии, инструментальные материалы, качество поверхности.

Постановка проблемы. В промышленно развитых странах для металлообработки преимущественно используется твердосплавный инструмент (от 50 % в США и Германии до 70 % в Японии) [1]. Прогнозируется, что в ближайшие десятилетия в мировом производстве доля использования твердых сплавов для режущих инструментов в среднем составит 40 %. Согласно [2] незначительная составляющая высокотехнологических инструментов из твердых сплавов в отечественном экспорте свидетельствует об низких объемах его производства и недостаточном уровне качества инструмента, не соответствующем требованиям иностранных потребителей. Возникает необходимость постепенного обновления производства путем внедрения новых и усовершенствования старых технологий изготовления твердосплавных инструментов с более высокими показателями качества.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время производительность шлифования кругами из СТМ вольфрамовых, маловольфрамовых и безвольфрамовых, углеродистых материалов и керамики инструментального назначения не превышает 1000–3000 мм²/мин. В соответствии же с современными требованиями к станочным системам и промышленным технологиям механообработки этот показатель должен достигать 3000–5000 мм²/мин [3]. На современных этапах развития методик шлифования достижение высокой производительности сопровождается ухудшением качества обработанной поверхности.

Формулирование целей статьи. Учитывая необходимость расширения технологических возможностей шлифования, возникает необходимость проведения мониторинга современных тенденций развития данного процесса.

Изложение основного материала. В основе всех процессов снятия припуска лежат явления, связанные с упруго-пластической деформацией поверхностного слоя обрабатываемых материалов. Чем выше жесткость зерен, тем глубже зона деформации материала. Но чрезмерно интенсивная деформация поверхностного слоя приводит к появлению большого числа дефектов. Поэтому, оптимальной среди существующих методик шлифования будет считаться та, которая совмещает в себе наиболее рациональное соотношение продуктивности обработки и качества получаемых изделий.

Основными объектами исследований в ходе разработки новых технологий алмазного шлифования являются конструктивные особенности инструмента, новые связи, модифицированные зерна, составы и способы подачи в зону резания смазующе-охлаждающих жидкостей (СОЖ), новые методы правки кругов, применение комбинированных технологий.

1. Конструктивные особенности кругов. Одним из перспективных технических решений является применение вибрационно-прецессионного шлифования кругами из сверхтвердых материалов [4], которое позволяет в значительной степени уменьшить мощность обработки. Также с целью повышения производительности обработки применяются круги с переменной характеристикой рабочего слоя [5] и многослойные круги [6],

круги с изнашиваемым корпусом [7], комбинированный шлифовальный инструмент [8]. Использование прерывистого шлифования позволяет уменьшить влияние высоких температур на структуру полученных после обработки поверхностей [5].

2. Связка круга. Одной из новых разработок являются керамические связки на основе силикатных стекол, а также продуктов глубокой деструкции силоксановых полимеров [9]. Высокая открытая пористость (объемная доля пор 35–60 %) в них сочетается с физико-механическими свойствами, характерными горячепрессованным низкопористым композитам на основе стекол. Это позволяет сочетать высокую скорость съема обрабатываемого материала и качество обработанной поверхности, характерное для малопродуктивных доводочных операций. В качестве абразива в данных связках могут использоваться КНБ, алмазы, электрокорунд, карбид кремния и карбид бора.

В институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля в качестве связки применены неорганические полимеры силоксанового строения, что позволило получить абразивные композиты, структура которых обеспечивает сочетание преимуществ, свойственных кругам на керамических и полимерных связках. По износостойкости, равномерности изнашивания рабочего слоя, качеству обрабатываемых поверхностей в условиях высокопроизводительного шлифования на современных станках с ЧПК такие круги не уступают аналогичным фирмы «Gabiус», Швеция [10].

3. Зерна. Термостойкость алмазных порошков повышается путем нанесения покрытий из оксидов и хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов, отличающихся повышенной смачиваемостью алмазов. Максимальное повышение термостойкости достигается при трехкратном покрытии борным ангидридом (B_2O_3) [11]. Покрытия хорошо себя проявляют в кругах с металлической связкой.

Проводились исследования по избирательному механическому дроблению массы шлифпорошков на универсальной роторной дробилке и вихревом аппарате с последующей ситовой классификацией на виброситах по специальным программам [12].

На основе математических моделей разработаны компьютеризированные методики определения статической и динамической прочности шлифпорошков синтетических алмазов без их разрушения [13]. Разработан и промышленно освоен новый адгезионно-магнитный способ сортировки (АМС) алмазных порошков по прочности [14].

4. СОЖ. В значительной степени на процесс шлифования влияет смазочно-охлаждающая жидкость [15]. Используются СОЖ как на водной основе [16], и так и на масляной [17]. Применяются различные способы подачи СОЖ в зону обработки, наиболее эффективными являются струйно-напорный внезонный (СНВС), гидроаэродинамический и ультразвуковой [18].

В ряде случаев, когда высокая температура обработки усугубляется невозможностью применения СОЖ (либо применение СОЖ не обеспечивает достижения требуемого технологического эффекта) с целью снижения температуры и уменьшения шероховатости поверхности применяют твердые технологические смазки (ТТС) [19] и пластичные смазочные материалы (ПСМ). Применение ТТС позволяет увеличить работу резания, и увеличивает стойкость инструмента примерно в 3 раза, но в настоящее время, вследствие ограниченной охлаждающей и моющей способности, а также увеличения нормальной составляющей силы резания, ТТС и ПСМ не нашли широкого применения.

5. Правка алмазных кругов. Проникновение шлама в пространство между алмазными зернами и в поры шлифовального круга достигает величины порядка 0,3 мм [18]. Зачастую, существующие методы правки приводят к избыточной потере алмазосодержащего слоя. Эта потеря максимальна в случае применения непрерывной правки, призванной стабилизировать режущую способность шлифовального круга. Одна из разработок, целью которой было устранение указанной проблемы — Diamond Dressing System (DDS) — правка алмазным правящим роликом под управлением системой контроля CNC, что обеспечивает съем материала на глубину нескольких микрон, сохраняя развитость рельефа [20].

Так же применялся компромиссный вариант: непрерывная очистка роликом в сочетании с периодической правкой для восстановления геометрических параметров инструмента с целью избегания возникновения автоколебаний в технологической системе. Также существуют технологии очистки рабочей поверхности круга струей порошка или абразивной суспензией под давлением. К недостаткам данного способа относятся повышенный расход порошка и износ технологической оснастки [18].

С целью уменьшения интенсивности засаливания инструмента также используется СОЖ с микропорошком окиси алюминия.

Применялась механическая очистка абразивным брусками, но ее недостатком является невозможность удаления с зерен налипавшего металла и неодинаковые условия очистки зерен, выступающих на разную высоту над уровнем связки.

Минимальное воздействие на микрорельеф зерен оказывает правка лазером [18].

Во время правки, силы, что приводят к профилированию поверхности круга, вжимают зерна в связку. Поэтому круги на органической связке не могут правиться алмазными роликами. Эта проблема решена разработкой Q-Flute+Dress структуры для правящих роликов в Нордштатском технологическом центре (NTC) Saint-Gobain Diamantwerkzeuge [21]. Были также разработаны параметры правки новыми роликами.

Продолжаются исследования взаимосвязи параметров правки и подбора абразива в кругах на керамической связке [22].

6. Использование комбинированных технологий. Материалы таких международных конференций, как «1-st International Diamond Conference, 20-21 October, 2005, Barcelona, Spain» и «2-nt International Diamond Conference, 19-21 April, 2007, Rome, Italy» показывают, что развитие процессов алмазно-абразивной обработки с целью повышения их эффективности заключается во внедрении комбинированных технологий [23]. К ним относятся ELID Grinding Process, Combining EDM and Grinding, electrodischarge dressing. Шлифование с наложением электрического тока в первую очередь ориентировано на повышение производительности обработки. Направленный электроэрозионный процесс обеспечивает существенное повышение производительности обработки: безвольфрамовых твердых сплавов — с 400–600 мм³/мин до 1200–1800 мм³/мин, оксидно-карбидной керамики — с 300–500 мм³/мин до 900–1200 мм³/мин. Износостойкость кругов из СТМ повышается до двух раз. [24]. Различные способы электроалмазного шлифования используют импульсные источники технологического тока, источники постоянного и переменного тока. Энергия подается в зону резания, в автономную зону и комбинированно. Электроалмазное шлифование обеспечивает постоянство развитости рабочей поверхности шлифовального круга, понижение сил резания, дает возможность управлять геометрическими параметрами инструмента, сокращает время обработки. Исследованиями в этом направлении занимаются такие ученые, как Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Федорович В.А., Беззубенко Н.К., Матюха П.Г., Полтавец В.В., Любимов В.В, Могильников В.А, Чмыр М.Я., Худобин Л.В., Унянин А.Н. и многие другие.

С развитием электроразрядной правки кругов начались исследования и развитие новых высокопродуктивных связок кругов, пригодных к работе с EDT (electro-discharge trueing) Результаты этих исследований показывают, что понижение точки плавления и теплопроводности новой металлической связки «MB SPARK» являются важными факторами. EDT системы, что используют круги на ее основе, имеют повышенную продуктивность обработки [25]. По утверждению работников Лаборатории станков и технологии производства (WZL) Ахенского университета (Германия), шлифование двойным диском DDG (double disk grinding) в сочетании с EDT обработкой позволяет достичь более высокой точности обработки при меньшей стоимости операции благодаря тому, что при этом методе заготовка обрабатывается с обеих сторон одновременно.

Выводы. На сегодняшний день существует множество направлений развития научных исследований в области алмазного шлифования инструментальных материалов,

как в нашей стране, так и за рубежом. Данный вид обработки все еще имеет большой запас открытых вопросов. В условиях возрастающих требований к производительности обработки существует множество путей ее обеспечения с сохранением качества поверхностей обработанных деталей.

Литература

1. Новіков, М.В. Стан і перспективи розвитку інструментального напрямку в технотурі промисловості України [Текст] / М.В. Новіков // Перспективні напрямки науково-технологічного та інноваційного розвитку України. – К.: Фенікс, 2006. – С. 141–148.
2. Казьміна, О.П. Аналіз динаміки експорту, імпорту та внутрішнього виробництва інструментів верстатних в Україні [Текст] / О.П. Казьміна // Інструментальний світ. – 2007. – № 4 (36) – С. 31–34.
3. Шепелев, А.А. Вибрационно-прецессионное шлифование инструментальных материалов кругами из СТМ: часть 1. Кинематика процесса вибрационно-прецессионного шлифования [Текст] / А.А. Шепелев // Інструментальний світ. – 2004. – № 2 (22) – С. 13–15.
4. Шепелев, А.А. Вибрационно-прецессионное шлифование инструментальных материалов кругами из СТМ: часть 2. Закономерности образования микрорельефа поверхностей резания. Показатели работоспособности алмазных кругов [Текст] / А.А. Шепелев // Інструментальний світ. – 2004. – № 3 (23) – С. 17–20.
5. Чалый, В.Т. Высокопроизводительные круги с переменной характеристикой рабочего слоя из СТМ [Текст] / В.Т. Чалый, Б.К. Руденко // Інструментальний світ. – 2003. – № 4 (20) – С. 10–13.
6. Алихаян, Э.С. Многослойные круги из СТМ для профильного шлифования [Текст] / Э.С. Алихаян // Інструментальний світ. – 2002. – № 2 (14) – С. 6–7.
7. Алиханян, Э.С. Круги специальные с изнашиваемым корпусом для вышлифовки канавок мелкоразмерных спиральных сверл из быстрорежущих сталей [Текст] / Э.С. Алихаян // Інструментальний світ. – 2006. – № 3 (31) – С. 27–29.
8. Бровченко, А.М. Эффективный комбинированный шлифовальный инструмент для торцового одностороннего глубинного алмазно-электрохимического шлифования [Текст] / А.М. Бровченко, В.И. Лавриненко // Інструментальний світ. – 2006. – № 1 (29) – С. 30–32.
9. Пащенко, Е.А. Высокопористые алмазно-абразивные круги на керамической связке: размещение предварительного и доводочного шлифования [Текст] / Е.А. Пащенко, О.В. Лажевская, А.Н. Черненко, Н.Н. Нековаль // Інструментальний світ. – 2007. – № 2 (34) – С. 4–7.
10. Шепельов, А.А. Алмазные круги на основе гибридных силоксановых связок для высокопроизводительного шлифования [Текст] / А.А. Шепельов, Е.А. Пащенко, С.В. Рябченко, Ю.А. Муковоз. // Інструментальний світ. – 2008. – № 2–3 (38–39) – С. 18–21.
11. Богатырева, Г.П. Повышение термостойкости шлифпорошков синтетических алмазов путем нанесения оксидных и хлоридных покрытий [Текст] / Г.П. Богатырева, Ю.И. Никитин, А.Н. Панова, В.Г. Полторацкий // Інструментальний світ. – 2007. – № 2 (34) – С. 27–30.
12. Никитин, Ю.И. Методы получения требуемых зернистостей алмазных порошков из шлифпорошков пониженного спроса [Текст] / Ю.И. Никитин, Г.П. Богатырева, В.Г. Полторацкий, Г.А. Петасюк // Інструментальний світ. – 2004. – № 4 (24) – С. 9–12.
13. Новиков, Н.В. Компьютеризированные методы неразрушающего контроля прочностных свойств алмазных шлифпорошков [Текст] / Н.В. Новиков, Ю.И. Никитин, Г.А. Петасюк // Інструментальний світ. – 2006. – № 2 (30) – С. 9–11.
14. Новиков, Н.В. Адгезионно-магнитная сортировка – способ повышения качества алмазных шлифпорошков [Текст] / Н.В. Новиков, Г.П. Богатырева, Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницкая // Інструментальний світ. – 2005. – № 3 (27) – С. 4–7.
15. Linke, B. Tribological performance of CBN in grinding with different coolants [Text] / B. Linke, A. Roderburg, F. Klocke, C. Zeppenfeld // Industrial diamond review. – № 4 – Lamda Publicity Ltd, Odeon House, 146 College Road, Harrow, Middlesax, HA1 1BH, England – 2007, P. 60–62.
16. Cornbower, B. Developments in high production peel grinding in water based coolants [Text] / B. Cornbower, M. Hitchiner // Industrial diamond review. – № 3 – Lamda Publicity Ltd, Odeon House, 146 College Road, Harrow, Middlesax, HA1 1BH, England – 2008, P. 51–54.

17. Brevern, P. *Deep grinding of different grades of tungsten carbide with oil as lubricant coolant* [Text] / P. Brevern // *Industrial diamond review*. – № 1 – Lamda Publicity Ltd, Odeon House, 146 College Road, Harrow, Middlesax, HA1 1BH, England – 2008, P. 47–48.
18. Худобин, Л.В. *Минимизация засаливания шлифовальных кругов* [Текст] / Л.В. Худобин, А.Н. Унянин. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 298 с.
19. Ларшин, В.П. *Твердые технологические смазки для абразивного инструмента* [Текст] / В.П. Ларшин, А.А. Гречиха, А.В. Якимов // *Инструментальный світ*. – 2002. – № 2 (14) – С. 33–34.
20. Meyer, H.-R. *Dressing of diamond and CBN grinding wheels*. *Technische Mitteilungen* 8, 1980. – P. 663–672.
21. Mackensen, T. *Productive flute grinding with profilable diamond grinding wheels* [Text] / T. Mackensen // *Industrial diamond review*. – №1 – Lamda Publicity Ltd, Odeon House, 146 College Road, Harrow, Middlesax, HA1 1BH, England – 2008, P. 65–69.
22. Tuffy, K. *The effect of dressing parameters and grit size selection for vitrified superabrasive wheels for high specific grinding energy application*. *Industrial diamond review* [Text] / K. Tuffy, B. Linke, M. O'sullivan. – № 2 – Lamda Publicity Ltd, Odeon House, 146 College Road, Harrow, Middlesax, HA1 1BH, England – 2006, P. 59–66.
23. Лавриненко, В.И. *Особенности шлифования кругами из сверхтвердых материалов при дополнительном электрофизическом воздействии на контактные поверхности круга и детали* [Текст] / В.И. Лавриненко, И.В. Лецук, О.О. Пасичный, А.А. Девицкий, В.В. Смоквина // *Инструментальный світ*. – 2012. – № 1 (53) – С. 36–41.
24. Новиков, Н.В. *Инструменты и технологии, разработанные ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины в 2011 г.* [Текст] / Н.В. Новиков, Л.Ф. Головкин, Л.Н. Девин, // *Инструментальный світ*. – 2012. – № 1 (53) – С. 4–7.
25. Tanaka, M. *Development of a new metal bond wheel for a double disk grinding* [Text] / M. Tanaka, K. Fukushima, H. Ohshita // *Industrial diamond review*. – №4 – Lamda Publicity Ltd, Odeon House, 146 College Road, Harrow, Middlesax, HA1 1BH, England – 2007, P. 57–62.

© А.Н. Шпилька, Н.Н. Шпилька

А.М. Шпилька, ст. викл., М.М. Шпилька, к.т.н., доц.

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуті сучасні напрямки дослідницьких робіт, спрямованих на досягнення високих показників продуктивності алмазного шліфування зі збереженням якісних характеристик оброблених поверхонь.

Ключові слова: алмазне шліфування, висока продуктивність, комбіновані технології, інструментальні матеріали, якість поверхні.

A.N. Shpilka, Senior Lecturer, N.N. Shpilka, Ph.D., Associate Professor

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

TENDENCIES OF TOOL MATERIALS DIAMOND GRINDING TECHNOLOGIES DEVELOPMENT

There are considered the modern directions of the research works directed on achievement of high rates of diamond grinding productivity with qualitative characteristics of processed surfaces saving.

Keywords: diamond grind, the high efficiency, the combined technologies, tool materials, quality of a surface.