

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, профессор

(Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця)

Новиков Г.В., канд. техн. наук

(Научный Центр НТК “Эльбор”, г. Харьков)

Теоретически обоснованы условия повышения производительности и качества алмазно-абразивной обработки высокотвердых материалов. Приведены результаты внедрения в производство разработанных технологий обработки металлических и неметаллических материалов алмазными кругами на металлических связках. Даны практические рекомендации по совершенствованию технологий алмазно-абразивной обработки

При обработке деталей из твердых сплавов, высокопрочных сталей и с износостойкими наплавочными материалами, керамик и других высокотвердых металлических и неметаллических материалов широко используются алмазные круги на прочных металлических связках с применением непрерывной или периодической электроэрозионной правки.

С целью обоснования условий максимального использования потенциальных возможностей алмазного шлифования этими кругами и выбора рациональных схем обработки, разработана формализованная физико-математическая теория процессов шлифования [1 - 3], позволяющая с единых позиций на качественно новом фундаментальном уровне аналитически описать механические и теплофизические закономерности съема материала и формообразования поверхностей при шлифовании, выявить и реализовать на практике наиболее производительные кинематические схемы шлифования. Расчетами установлено, что при постоянной площади поперечного сечения среза отдельным зерном круга $S = const$ производительность обработки Q с увеличением глубины шлифования t изменяется по экстремальной зависимости (рис. 1а), а скорость детали $V_{дет}$ непрерывно уменьшается (рис. 1б). Причем доказано, что минимум производительности обработки Q достигается при условии $t \cong H_{max}$, где H_{max} – максимальная толщина среза отдельным зерном круга. С физической точки зрения минимум Q обусловлен существованием самой короткой по длине стружки, поскольку с увеличением и уменьшением t , начиная со значения $t \cong H_{max}$, длина стружки возрастает.

Установлено, что все существующие и применяемые на практике схемы многопроходного и глубинного алмазного шлифования (исключая однопроходное шлифование пазов и канавок), как правило, реализованы для случая $t \cong H_{max}$, поскольку глубина шлифования находится в пределах $(5 \dots 30) \cdot 10^{-6}$ м. Это собственно, и предопределяет относительно низкую производительность алмазного шлифования и нецелесообразность применения алмазных взамен

обычных абразивных кругов при съеме относительно больших припусков. Следовательно, добиться существенного повышения производительности обработки можно применением кинематических схем шлифования, реализующих условия $t < H_{max}$ и $t > H_{max}$, т.е. условия обработки для левой и правой ветвей зависимости Q от t (рис. 1а).

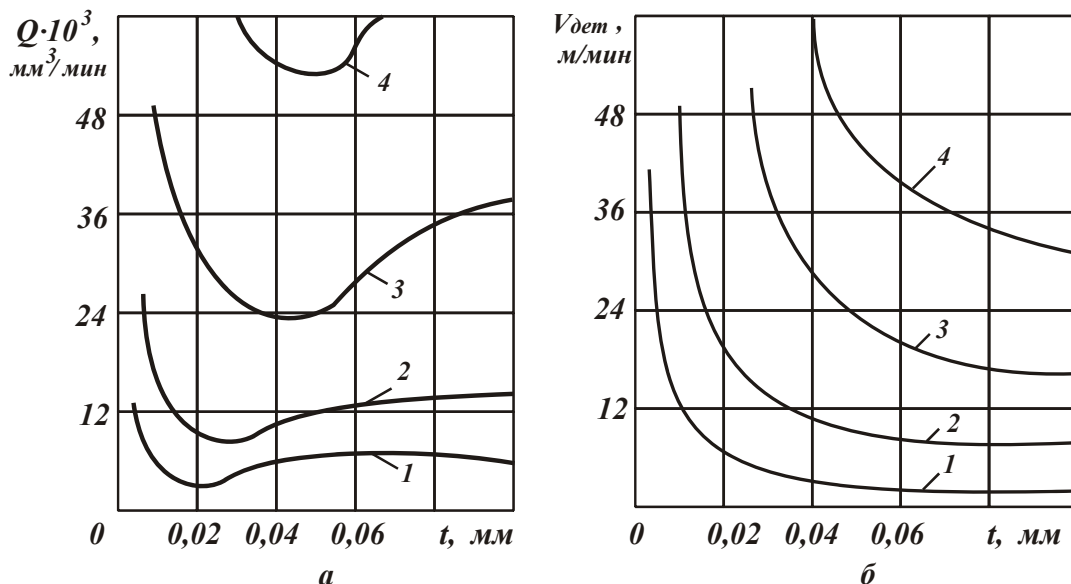


Рис. 1. Зависимости производительности обработки Q (а) и скорости детали $V_{дет}$ (б) от глубины шлифования t : 1; 2; 3; 4 – $S = 400; 900; 1600; 2500 \text{ мкм}^2$

Кинематическими схемами круглого продольного шлифования, реализующими условия обработки для случая $t < H_{max}$, являются: 1) многопроходное шлифование с долевой продольной подачей $S_d \approx 1$, весьма малой глубиной шлифования и относительно большой (соизмеримой со скоростью круга) скоростью детали; 2) глубинное шлифование с $S_d \ll 1$ и относительно большой скоростью детали. Кинематической схемой круглого продольного шлифования, реализующей условия обработки для случая $t > H_{max}$, является глубинное шлифование с $S_d \approx 1$ и относительно небольшой скоростью детали. На этой основе разработан процесс высокопроизводительного глубинного шлифования с небольшой скоростью детали (0,5 – 5 м/мин), обеспечивающий съем значительных припусков (1 – 2 мм и более) за один проход круга и высокое качество обработки (отсутствие прижогов и микротрещин на обрабатываемых поверхностях). Установлено, что наибольший эффект в этом случае достигается от применения алмазных прерывистых кругов, обеспечивающих существенное снижение температуры шлифования.

Основной областью эффективного применения данного процесса стало шлифование различных твердосплавных изделий. При этом установлено, что искусственное создание на алмазном круге на металлической связке плосковершинных зерен позволяет уменьшить высоту микронеровностей и стабильно обеспечить шероховатость обрабатываемой поверхности на уровне 10 класса. Это открывает новые технологические возможности высокопроизводительного

алмазного шлифования, позволяет в ряде случаев исключить из технологического цикла изготовления изделий традиционное абразивное шлифование, которое, как правило, снижает качество обрабатываемых поверхностей. Так, решена проблема повышения качества и точности обработки на операциях круглого наружного шлифования твердосплавных и быстрорежущих многолезвийных инструментов (фрез, разверток, зенкеров, протяжек, сверл и т.д.) при съеме припуска до 2-х мм на сторону и обеспечении высокого уровня производительности и экономичности процесса. Для этого использованы крупногабаритные алмазные круги на металлической связке М2-01 формы 1А1 и диаметром 500 мм, характеризующиеся большой рабочей поверхностью, что в сочетании с непрерывной электроэрозионной правкой обеспечивает увеличение стойкости круга, производительности и качества обработки. Повышение режущей способности круга позволяет снизить силы и температуру резания и интенсифицировать режим шлифования за счет применения увеличенных глубин резания (переход в область глубинного шлифования). В связи с этим использована схема продольного шлифования с долевой продольной подачей, равной 0,5, глубиной шлифования 0,1...0,2 мм и скоростью вращения обрабатываемого инструмента до 5 м/мин. Выбор оптимальной долевой продольной подачи $S_o=0,5$ связан с обеспечением качественной очистки алмазного круга от продуктов обработки, т.к. созданы условия эффективной периодической электроэрозионной правки "неработающей" половины ширины круга в процессе шлифования. Данный момент играет исключительно важную роль в обеспечении высокой режущей способности круга на протяжении обработки. В особой мере это проявилось на операции шлифования длинных быстрорежущих протяжек. В связи с недостаточно высокой режущей способностью абразивного круга диаметром 600 мм и упругими перемещениями не достигалась требуемая точность обработки (не выше 0,01 мм). Применение новой технологии за счет повышения "остроты" алмазного круга позволило гарантированно обеспечить точность обработки в пределах 0,01 мм, исключить прижоги и другие шлифовальные дефекты обработки.

Разработана и внедрена также технология круглого наружного алмазного шлифования торцом круга задней поверхности крупногабаритных твердосплавных сверл с относительно небольшой скоростью вращения обрабатываемого инструмента (до 5 м/мин) и повышенной глубиной резания (до 0,15 мм). Реализация данной схемы глубинного алмазного шлифования кругом на связке М2-01 стала возможной благодаря организации эффективной электроэрозионной правки, в результате чего решена проблема повышения качества обработки, имевшая место при абразивном шлифовании. Из технологического цикла шлифования исключены абразивные круги, производительность алмазного шлифования стала выше производительности абразивного шлифования.

Разработанная технология круглого наружного и плоского алмазного электроэрозионного шлифования режущих инструментов внедрена на многих предприятиях, где ранее, например, вся номенклатура изготавливаемых твердосплавных и быстрорежущих инструментов производилась с использованием алмазного электрохимического шлифования, а также обычного абразивного

шлифования. Относительно низкая производительность электрохимического шлифования и вредность работы с электролитами предопределили необходимость использования разработанных технологий алмазного электроэрозионного шлифования с повышенными глубинами резания. Благодаря возможности увеличения производительности обработки решена проблема перехода на полную алмазную обработку на всех операциях шлифования: круглого, внутреннего, плоского шлифования и заточки инструментов. Все используемые в инструментальном производстве предприятия станки (более 20 единиц) были переоборудованы под электроэрозионное шлифование, укомплектованы изготовленными нами малогабаритными специальными генераторами импульсного тока, реализующими оптимальный электрический режим обработки. В результате внедрения улучшены условия труда и экология производства, снижены потери от брака инструмента на операциях шлифования.

Для повышения эффективности электроэрозионной правки [4] алмазных кругов на металлических связках разработана специальная конструкция правящего электрода, который рабочий-шлифовщик может удерживать в руках в процессе правки. Это значительно упрощает процесс правки на станке, т.к. не требуется его модернизация с целью электроизоляции шпинделя и т.д. В результате решена проблема огранки природных алмазов в бриллианты на основе применения мелкозернистых алмазных кругов (зернистостью 10/7) на металлической связке формы 6A2. Обеспечивается точность обработки рабочей поверхности алмазного круга (плоскостность) в пределах 0,01 мм и относительно большое выступание алмазных зерен над уровнем связки (по сравнению с чугунными шаржированными ограночными дисками и дисками, изготовленными гальваническим методом), исключаются на обработанной поверхности (бриллианта) следы массопереноса компонентов металлической связки круга, что наблюдалось при шлифовании кругом, заправленным с помощью абразивного бруска. Решена также проблема электроэрозионной правки алмазных кругов на металлической связке формы 1A1 150x6, используемых на операциях обдирочного круглого наружного шлифования кристаллов природных алмазов для подготовки их к огранке в бриллианты, поскольку такие круги после спекания имеют достаточно большое радиальное и торцовое биение, которое недопустимо при шлифовании природных алмазов. Разработанная технология прецизионной электроэрозионной правки этих кругов обеспечивает точность обработки в пределах 0,01 мм и качественное вскрытие алмазоносного слоя, что позволило повысить качество и производительность шлифования природных алмазов.

С высокой эффективностью решена проблема электроэрозионной правки алмазных кругов на металлической связке формы 14EE1 при шлифовании изделий из хрусталя и стекла, поскольку существующие технологии механической правки круга не обеспечивают его высокую режущую способность, что снижает производительность и качество обработки, ухудшает условия труда рабочего в связи с увеличением сил резания в условиях ручной обработки и т.д. Электроэрозионная правка производится непосредственно на рабочем месте с периодичностью не менее 15 минут рабочим-огранщиком. Используется простое правящее устройство, которое при правке удерживается в руках рабочего.

С его помощью в течение 2-3 минут правки происходит качественное вскрытие алмазоносного слоя круга и полностью восстанавливается "острие" вершины конусообразного круга. Это позволяет производить качественное и высокопроизводительное нарезание грани на изделиях. Кроме того, обеспечивается устранение биения круга на этапе подготовки его к работе, что традиционно с использованием механической правки абразивным бруском было невыполнимо. Разработанная технология электроэрозионной правки алмазного круга высокоэффективна и внедрена на ряде стекольных заводов, изготавливающих изделия из хрусталя.

Разработка эффективной технологии электроэрозионной правки крупногабаритных (диаметром до 1000 мм и выше) сборных торцовых крупнозернистых (зернистостью 315/250 и более из алмазов АС15) алмазных кругов на металлических связках типа М2-01 (и более прочных кобальтовых связках) открыла новые возможности обеспечения высокопроизводительного и высококачественного шлифования деталей из ферритов и керамик на станках мод. ЗД756 с вращающимся столом, когда оси вращения круга и стола станка не совпадают. В процессе правки, во-первых, на этапе первоначальной подготовки круга к работе (после сборки круга) устраняются значительная разновысотность расположения алмазных элементов (до 1 мм и выше) и биение круга, обеспечивается создание на круге (профилирование) заборного конуса, что необходимо для нормального протекания процесса шлифования. Во-вторых, обеспечивается качественное вскрытие алмазоносного слоя круга и соответственно его высокая режущая способность. Благодаря своевременному удалению с рабочей поверхности круга затупившихся зерен, можно фактически исключить трение металлической связки круга с обрабатываемым материалом и снизить температуру и силы резания, а соответственно повысить качество и производительность обработки

Для осуществления правки разработаны специальные габаритные правящие устройства и специальный генератор импульсного тока, реализующий оптимальный электрический режим правки крупнозернистого алмазного круга. Правка осуществляется в течение 20 минут, обеспечивает выступание режущих зерен над уровнем связки на значительную высоту и существенно повышает стойкость круга, уменьшает количество сколов на обработанных деталях и исключает другие дефекты обработки, что повышает процент выхода годных деталей.

Периодичность правки – один раз в 7 смен, тогда как после механической правки обеспечивалась стойкость круга всего в течение 2...4 часов работы. Это требовало частых правок круга и потребления большого количества абразивных кругов, что повышало трудоемкость обработки. При этом механической правкой не достигалось достаточное выступание алмазных зерен над уровнем связки, а это приводило к интенсивному контакту металлической связки с обрабатываемой поверхностью и переносу элементов связки на обрабатываемую поверхность, что недопустимо для деталей электронной промышленности. Благодаря снижению силовой напряженности процесса шлифования в результате применения эффективной электроэрозионной правки круга удалось увеличить

радиальную подачу и производительность за счет устранения ограничений обработки в связи с невозможностью прочного крепления нетокопроводных деталей из ферритов и керамик на магнитной плите стола станка, а также в связи с недостаточной прочностью и жесткостью собственно обрабатываемых тонкостенных деталей.

Список литературы: 1. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования: автореф. дис. на соискание научн. степени докт. техн. наук: спец. 05.03.01 “Процессы механической обработки, станки и инструменты” / Ф.В. Новиков. – Одесса, 1995. – 36 с. 2. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. ”Механика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с. 3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 4. ”Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с. 4. Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: автореф. дис. на соискание научн. степени докт. техн. наук: спец. 05.03.01 “Процессы механической обработки, станки и инструменты” / Н.К. Беззубенко. – Харьков, 1995. – 56 с.