

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕЗКИ ПЛАСТИН ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ ГИДРОБАРЗИВНЫМ МЕТОДОМ

¹Клименко С.А., ²Саленко А.Ф.,

¹Бурыкин В.В., ¹Рыжов Ю.Э., ²Федотьев А.Н., ²Мана А.Н.

(¹Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина, ²Кременчугский государственный университет им. М. Остроградского, Кременчуг, Украина)

Тел./Факс: +38 (0536) 74-12-67; E-mail: atmu@ism.kiev.ua, Salenko2006@ukr.net

Abstract: Experience is considered are cutting the tool from PCBN a Abrasive Water Jet Penetrations. Results of researches of influence of technology factors on a roughness of a surface and chemical properties in a blanket of cutting plates are presented. Possibility of increase of productivity of processing at the expense of use of faltering giving of movement of a stream is shown, providing improvement of quality of the processed surfaces.

Key words: Abrasive Water Jet Penetrations, Cutting of PCBN, effective of cutting

Введение. Развитие технологии машиностроения в значительной степени зависит от технического уровня инструментального производства. Требования к инструменту постоянно возрастают, так как развитие техники приводит к появлению изделий из новых материалов с высокими значениями твердости и прочности. Основным условием производства высококачественного и долговечного инструмента является выбор инструментального материала, соответствующего назначению и возникающим нагрузкам при его работе, учитывая при этом структурные, металлургические, эксплуатационные и технологические факторы поведения материала в процессе эксплуатации.

Особый интерес с точки зрения эффективности использования в промышленности представляют инструмент, оснащенный поликристаллическими сверхтвердыми материалами на основе кубического нитрида бора (ПКНБ). ПКНБ получают спеканием микропорошков кубического нитрида бора при высоких температурах и давлении или прямым синтезом из гексагонального нитрида бора. В зависимости от технологии получения ПКНБ выпускают под названиями: эльбор-Р, гексанит-Р, киборит, амботит, амбрацит и др. ПКНБ обладает высокой твердостью (до 50НК), прочностью, износостойкостью, теплопроводностью, высокой стабильностью физических свойств и структуры при температурах до 1100 °С [1].

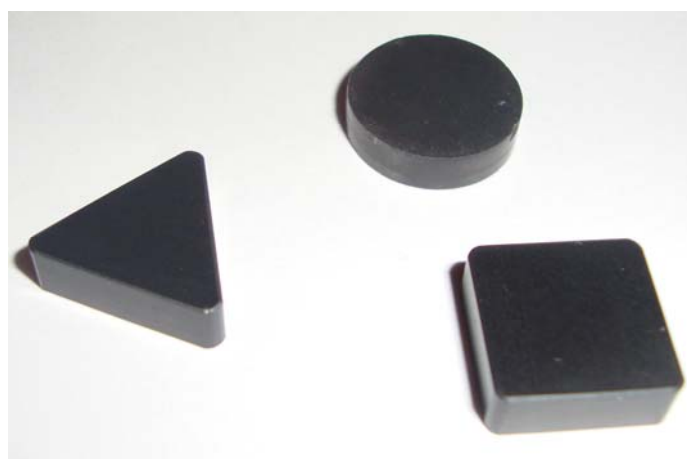


Рис. 1. Режущие пластины из ПКНБ

Режущие инструменты, оснащенные ПКНБ, обрабатывают материалы из закаленных сталей, высокопрочных и отбеленных чугунов, износостойких наплавленных и напыленных покрытий твердостью до 60–65 HRC и позволяют получать обработанную поверхность с шероховатостью $Ra = 0,2–1,0$ мкм при высокой производительности. Доступность и хорошие эксплуатационные свойства позволяют инструменту из этих материалов успешно конкурировать с твердыми сплавами и при скоростном резании закаленных сталей, может заменить шлифование.

Долговечность инструмента зависит не только от свойств материала, определяемых технологией изготовления, но и в значительной степени от свойств поверхностного слоя режущих элементов (рис 1). Качество поверхностного слоя инструмента зависит, прежде всего, от технологии формирования их профиля и финишной операции обработки.

Высокая твердость и низкая термостойкость ПКНБ препятствуют качественной обработке рабочих поверхностей режущих инструментов. Ее роль в обеспечении эксплуатационных свойств обрабатываемых изделий постоянно возрастает, что способствует, наряду с широким использованием традиционных методов обработки по сложному контуру с использованием механических методов, энергии ультразвука, плазмы, лазера и др., появлению и развитию нового направления – инженерии поверхности методами гидроабразивного воздействия.

Реализация этой задачи при гидроабразивной обработке режущих пластин, позволяет улучшить эксплуатационные свойства инструментов и повысить качество обрабатываемых изделий.

Анализ предыдущих исследований. Для раскроя поликристаллических пластин из листа толщиной до 5 мм применяют электроискровую [2] или лазерную [3] резки. Наиболее предпочтительна лазерная резка, как более производительная и менее энергоемкая. Однако материалы, из которых изготовлены пластины, при лазерной резке подвергаются температурному воздействию, что не исключает ухудшение физико-химических свойств (оплавление, пригорание материалов в прилегающей зоне) поверхностного слоя, деформацию и разрушение обрабатываемых материалов.

В настоящее время широко применяют так называемую гибридную технологию, когда при содействии лазерной резки происходит расщепление ПКНБ пластины на низкую плотность энергии, а для повышения качества поверхности реза, сокращения термического влияния зоны и меньшей конусности применяют гидроабразивную резку (ГАР) [4]. Однако, ГАР может быть альтернативой используемым методам разрезания РСВН. Эффективность этого метода объясняется уникальными возможностями по качеству реза и производительности. Технология ГАР основана на разрушающем воздействии струи воды, смешанной с абразивным порошком (гарнетом). Гарнет с водой, проходя через отверстие диаметром всего лишь 0,2–0,5 мм под давлением $p = 350–500$ МПа, способен резать практически любые материалы различной твердости.

Большое значение получения хороших результатов при резке имеет квалифицированная подготовка условий обработки и правильная выборка абразива. Так в работе [5] авторы изучали возможности гидроабразивной резки поликристаллического алмаза при использовании абразивных сред различной твердости при постоянных технологических параметрах процесса и установили, что применяя абразивы на основе оксида алюминия, карбида кремния и алмаза увеличивают производительность и качество обработки. Несмотря на некоторые ограничения по стоимости абразива и степени износа отверстия сопла.

Об актуальности проблемы говорит следующее: наличие выпускаемого серийно оборудования ведущих мировых и отечественных производителей, дешевизна

расходных материалов (в частности, абразива и воды), а также обеспечение технологических возможностей метода обработки современными программными средствами [6].

Поэтому целесообразность применения резки поликристаллических материалов гидроабразивной струей определяется следующими преимуществами: возможностью вырезки деталей по любому контуру без оплавления кромок и коробления заготовки; высокой производительностью; идентичностью и точностью форм деталей.

При наличии высокой твердости обрабатываемого материала заготовки гидроабразивная струя искривляется и растекается в стороны, наблюдается локальный увод струи, образуются завихрения, которые препятствуют сквозному прорезанию материала. Для обеспечения устойчивости процесса резки материалов гидроабразивной струей скорость резания принимается минимальной, что накладывает существенные ограничения на производительность процесса.

В этой связи актуальным направлением в области машиностроительного производства является поиск путей повышения производительности резки инструмента из ПКНБ гидроабразивной струей за счет технологических параметров установки и применяемого абразивного материала.

Цель настоящей работы. Оценить возможность применения технологического процесса гидроабразивной резки ПКНБ и пути повышения его производительности.

Материал и результаты исследования. В качестве заготовок использовались пластины из ПКНБ твердостью 38–40 ГПа диаметром 12,7–25,4 мм и толщиной 3,97–5,56 мм и крепились в специальном приспособлении (рис. 2) на столе установки фирмы «Родень» Украина (рис. 3). ГАР проводилась при технических характеристиках: давление технологической среды $p = 320$ МПа; скорость контурной подачи сопла $v_s = 1$ мм/мин, подача абразива $m_a = 0,5$ кг/мин; диаметр калибрующей трубки $d_{тр} = 1,1$ мм. Струя воды, насыщенная абразивом, вылетает из трубки со скоростью 350 м/с. В качестве абразива использовался натуральный природный материал – гранатовый песок марки «garnet mesh 80» со средним размером зерна 0,180 мм твердостью 8 Moh's, и который подавался из бункера подачи абразива (рис. 3).



Рис. 2. Общий вид приспособления для крепления монокристаллической пластины на столе установки



Рис. 3. Общий вид гидроабразивной установки с бункером для подачи абразива

Металлографический контроль полученной поверхности реза осуществлялся с помощью электронного растрового микроскопа РЕМ-106И путем изучения ее топографии. Исследование обработанной поверхности поликристаллических образцов

показало отсутствие трещин в верхней части и сформированные гидроабразивной струей бороздки (рис. 4). В процессе исследования на поверхности были отмечены также частицы абразива, оставшиеся после гидроабразивного резания (рис.5).

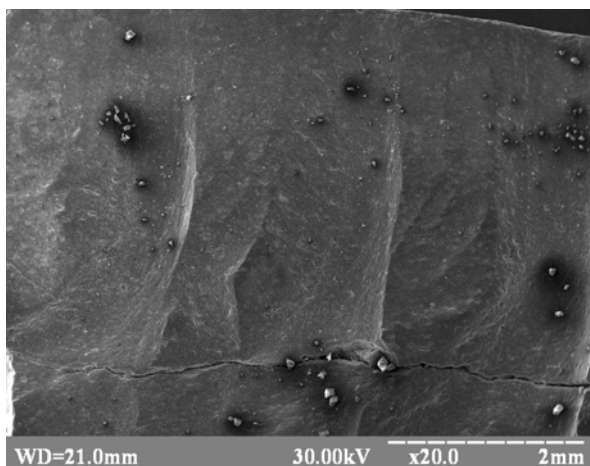


Рис. 4. Микрофотографии поверхности с бороздками после гидроабразивного резания

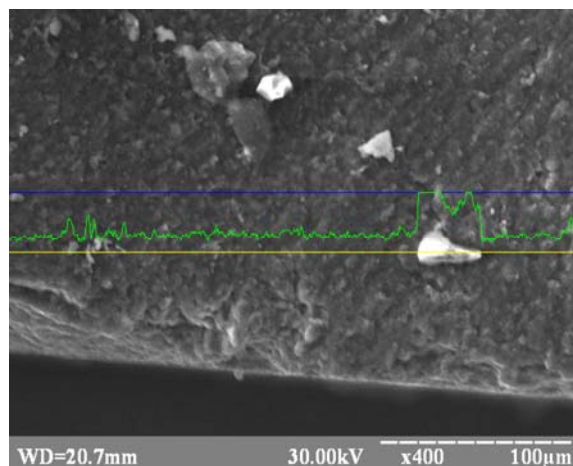


Рис. 5. Микрофотографии поверхности с застрявшими абразивными частицами после гидроабразивного резания

Исследование локальных изменений топографии обработанной поверхности и ее производили на электронном микроскопе

Элементный химический анализ определяли с помощью системы энергодисперсного рентгеноспектрального анализа «Link-860».

Исследование обработанной поверхности позволило установить наличие внедренных абразивных зерен на ее поверхности, кинетической энергии которых не хватило на преодоление сил сопротивления движению при микрорезании.

Проведение рентгеновского микроанализа показывает отсутствие искажений кристаллической решетки материала, из-за малых термических напряжений процесса ГАР.

На рис. 7 представлены дефекты контура реза заготовки, обусловленные выбегом режущей струи при ее перпендикулярном повороте.

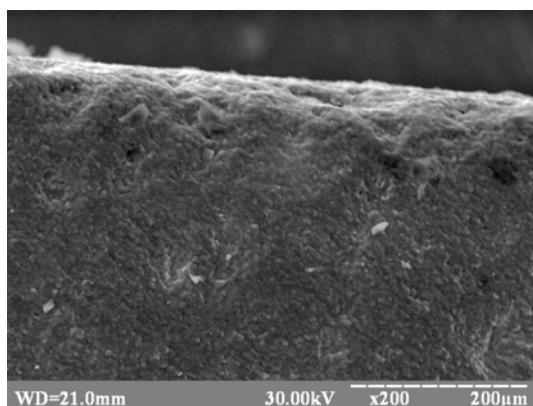


Рис. 6. Микрофотография поверхностного слоя

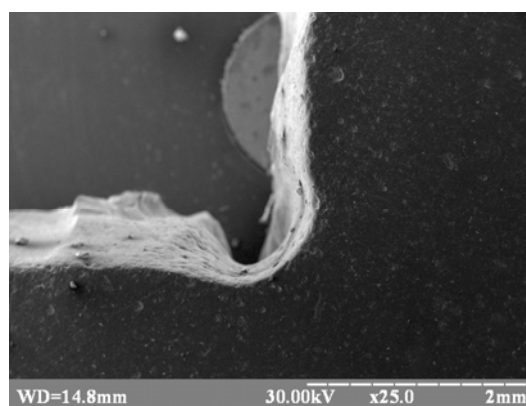


Рис. 7. Микрофотография дефекта контура, обусловленного выбегом режущей струи при ее перпендикулярном движении

При гидроабразивной обработке имело место микроабразивное резание и скалывание обрабатываемого материала. Поэтому качество поверхностного слоя инструментальных пластин при ГАР оценивалось по следующим параметрам: 1) параметрам шероховатости (Ra) и волнистости (W) поверхности; 2) толщине деструктивного слоя; 3) химическому состоянию поверхности.

Контроль микрогеометрии поверхности реза пластин после ГАР осуществлялся с помощью профилографа-профилометра 170311. Исследование поверхности позволило установить, что в процессе микрорезания происходит формирование волнистости W 0,3–0,6 мм. Трудности достижения микрогеометрии при обработке пластин из ПКНБ, возрастают с ростом глубины, так как происходит увод или искривление оси струи, что обуславливает возникновение вибрации, повышающей геометрические параметры поверхности реза. Шероховатость обработанной поверхности после ГАР составляет от 0,5 до 6,3 мкм. При этом наблюдается увеличение шероховатости и волнистости от верхнего края обработанной поверхности к нижнему. Угол наклона поверхности по отношению к опорной поверхности составляет 10° , что связано с неперпендикулярностью траектории перемещения абразивных зерен по отношению к опорной поверхности разрезаемой заготовки. При ГАР шероховатость обработанной поверхности тем меньше, чем меньше подача. Поэтому в дальнейшем приходится проводить финишные чистовые операции. Однако, если при резке материалов формируется поверхность с шероховатостью 0,5–1,5 мкм, то отпадает необходимость в дополнительной обработке.

Выводы. Резание режущих пластин из ПКНБ гидроабразивным способом нужно вести при давлении технологической среды 400 МПа с абразивом со средним размером зерна 0,180 мм твердостью больше 8 Moh's и наименьшей скоростью рабочей подачи, используя калибрующую трубку диаметром 0,6–0,8 мм.

Микроструктурные исследования поверхности показывают отсутствие нарушенного поверхностного слоя, что не влияет на ухудшение режущих свойств, изготавливаемых инструментов из ПКНБ.

Перспективы дальнейших исследований сводятся к следующим основным направлениям:

1. Изучение влияния твердости сверхтвердых материалов на технологические параметры гидроабразивного резания;
2. Проведение анализа выбора абразивного материала для гидроабразивной резки пластин из ПКНБ;
3. Исследование влияния кинематических факторов при гидроабразивной резке пластин из ПКНБ.

Список литературы: 1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Монография в 6 томах / Под общей ред. Н.В. Новикова.– К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2006. 2. Кравчук П.Н., Прус О.П. Электроискровая резка алмазно-твердосплавных пластин // Сверхтвердые материалы.– 1990.– № 6.– С.56–58. 3. Лазерная резка материалов на основе алмаза и плотных модификаций нитрида бора / Блощаневич А.М., Бочко А.В., Пасичный В.В., Филиппов Я.Н. // Порошковая металлургия.– 2004.– № 3/4.–С. 47–53. 4. Новый процесс резки CBN и PCD вставок: Гидрорезка с лазером: опыт фирмы Synova. 5. D.A. Axinte, D.S. Srinivasu, M.C.Kong, P.W. Butler-Smith / Abrasive water jet cutting of polycrystalline diamond: A preliminary investigation. 6. Саленко О.Ф., Струтинский В.Б., Загірняк М.В. Ефективне гідрорізання: Монографія.–Кременчук: КДПУ, 2005.– 488 с.