УДК 621.65

І.Ю. Боцман, студентка, А.В. Калашников, к.т.н., доц.
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИМИ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ

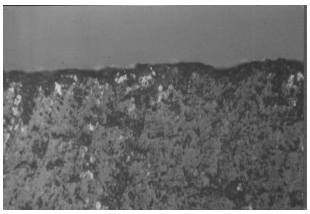
Відомо, що найбільш ефективний метод обробітку поверхні – це алмазне шліфування, але і відомо, що якість поверхні залежить і від якості підготовки поверхні ріжучих інструментів. Для підготовки поверхні цих унікальних за своїми фізико-механічними властивостями матеріалів, необхідно використовувати комбінований процес, заснований на безперервному електрохімічному управлінні робочою поверхнею струмопровідного кола в автономній зоні. Цей процес має досить широкі технологічні можливості, що дозволяє припускати наявність ще нерозкритих його потенційних можливостей.
Ключові слова: *полікристалічні надтверді матеріали, полікристалічні надтверді матеріали на основі алмазу, лезові інструменти.*

Вступ. Відомо, що питання якості підготовки робочих поверхонь ріжучих інструментів у матеріалообробці має першорядне значення. Це особливо відноситься до випадку використання лезових інструментів з полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ) — на основі алмазу (НПА) і твердих нітридів бору, володіють надзвичайно високою мікротвердістю й підвищеною крихкістю тому при їх заточуванні виникають значні зусилля різання, що призводять до появи сколів на ріжучих крайках і тріщин на робочих поверхнях.

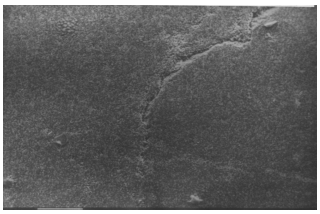
На даний момент одним з найбільш використовуваних методів формоутворення лезових інструментів та інших виробів з полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ) залишається шліфування алмазними колами. У зв'язку з цим вишукування додаткових можливостей для підвищення ефективності цього процесу є актуальною проблемою.

Огляд останніх джерел і публікацій. Проблемою підвищення ефективності процесу алмазного шліфування ПНТМ займалися багато авторів [1, 2 та ін.]. Ними зроблений основоположний висновок про ті, що найбільш перспективним методом алмазного шліфування цих унікальних за своїми фізико-механічними властивостями матеріалів слід вважати комбінований процес, заснувань на безперервному електрохімічному управлінні робочою поверхнею струмопровідного кола (РПК) в автономній зоні. Це процес має досить широкі технологічні можливості, що дозволяє припускати наявність ще нерозкритих його потенційних можливостей.

Відомо, що питання якості підготовки робочих поверхонь різальних інструмент має в матеріалообробці першорядне значення. Це в особливій мері ставиться до випадку використання лезових інструментів з полікристалічних надтвердих матеріалів (ПСТМ) — на основі алмаза (СПА) і твердих нітридів бору, що володіють надзвичайно високою мікротвердістю й підвищеною крихкістю тому що при їхнім заточенні виникають значні зусилля різання, що приводять до появи відколів на ріжучих крайках і тріщин на робочих поверхнях (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Стан ріжучої кромки (а) лезового інструмента з алмаза і його робочої поверхні (б) після чорнового шліфування (×50)

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Метою цієї роботи є підвищення ефективності комбінованого процесу алмазного шліфування ПНТМ шляхом встановлення її фізичних і технологічних особливостей стосовно кругів на металевих зв'язках зі шліфпорошка та мікропорошка.

Для практичної реалізації комбінованих процесів шліфування з автономним управлінням ріжучим рельєфом кругів має принципово важливе значення при вирішенні питання забезпечення стабілізації керуючого електрохімічного впливу на робочу поверхню круга [1, 2].

Постановка завдання. Аналіз можливої перспективи застосування для даних цілей струмопровідних кругів на основі мікропорошків алмаза показавши, що їх ріжучий рельєф має великі перспективи для забезпечення технологічної стійкості в порівнянні з колами на основі шліфзерен. Це пояснюється, перш за все, незначною величиною висоти виступу зерен над рівнем зв'язки, завдяки чому ріжучий рельєф набуває більшу стійкість і реалізує свої позитивні якості.

Основний матеріал і результати. Для практичної реалізації комбінованих процесів шліфування з автономним керуванням ріжучим рельєфом кіл має принципово важливе значення питання забезпечення стабілізації керуючого електрохімічного впливу на робочу поверхню кола [1, 2, 3]. Одним з можливих варіантів вирішення цього завдання може бути спосіб, представлений на рис. 2.

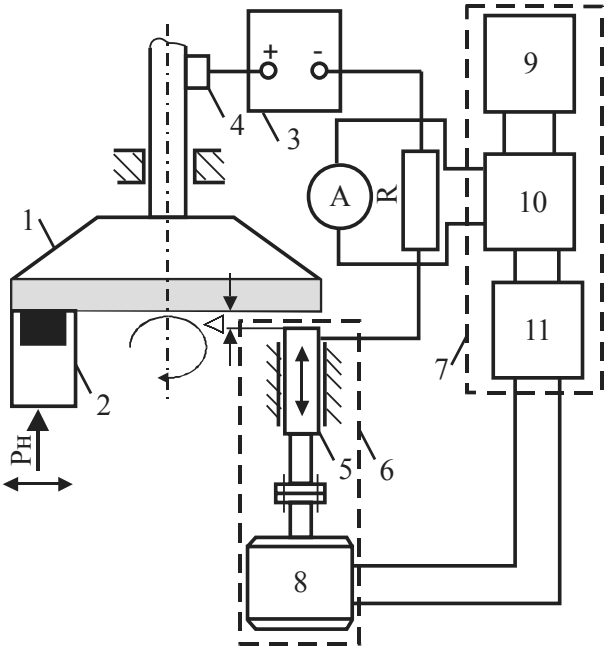


Рис. 2. Принципова схема комбінованого процесу шліфування з автоматичною стабілізацією сили струму в колі керування

Інтенсивність (швидкість) розчинення зв'язку круга, а, отже, і відновлення його ріжучих властивостей задається величиною сили струму в колі керування (ланцюг: мінус джерела живлення 3, катод 5, алмазний круг 1, струмознімач 4, плюс джерела живлення 3). Регулювання сили струму при незмінній напрузі джерела живлення здійснюється величиною міжелектродного зазору Δ (у результаті чого змінюється його електричний опір). Підведення катоду 5 до круга 1 або відведення від нього (залежно від величини сили струму в колі керування) здійснюється автоматично за допомогою механізму переміщення 6 катода 5.

Для цього в складі відзначеного механізму є реверсивний конденсаторний електродвигун 7, який у свою чергу управляється блоком автоматики 8. Основними елементами цього блоку є джерело стабілізованого напруги 9, блок порівняння 10, електронний підсилювач 11.

Інформація про величину сили струму в ланцюзі керування знімається із шунта опором *R* у вигляді спадання напруги, значення якого залежить від сили струму. Ця напруга рівняється в блоці порівняння 10 зі стабілізованою напругою джерела 9. Результуючий сигнал підсилюється електронним підсилювачем і надходить на реверсивний електродвигун 7. Залежно від полярності цього сигналу двигун 7 буде або підводити катод 5 до кола 1, або відводити від нього. При цьому відбувається зміна величини МЭЗ, а, отже, і сили струму в колі керування.

Практика використання розроблених пристроїв підтвердила необхідність їх застосування й показала високу надійність їх роботи.

Установлено, що найбільший вплив на величину відколів ріжучих крайків лезових інструментів із ПСТМ є такі фактори, як зернистість круга *Z*, величина поперечної)

подачі S (тиск у контакті p), кут загострення крайка β, концентрація алмазного круга й ін., що дає змогу одержати наступні результати:

– невеликий період припрацювання круга, що свідчить про малу чутливість різального рельєфу до зміни розумів обробки, які прагнуть дестабілізувати процес шліфування;

– закон розподілу мікропорошків на РПК повинний бути рівномірний, що буде сприяти істотному збільшенню кількості працюючих зерен, а, отже, збільшенню зносостійкості рельєфу в цілому;

– малі значення висоти ріжучого рельєфу круга повинні надати можливість ефективно управляти щільністю розподілу та статистичними характеристиками глибини залягання вершин зерен шляхом зміни параметрів хвилястості поздовжнього профілю поверхні зв'язки;

– найбільш ефективними в даному випадку повинні бути металеві покриття. Можливість незалежного дозованого електрофізико-хімічного видалення зв'язки круга і самого покриття може створити передумови для цілеспрямованого управління механізмом руйнування зерен, а, отже, і вихідними показниками процесу обробки;

– малі значення висоти ріжучого рельєфу круга забезпечують суттєво кращі умови реалізації електрофізико-хімічного впливу на зв'язку круга в зонах управління й шліфування завдяки можливості забезпечення малих значень міжелектродних зазорів, без чого реалізація технологічної стійкості була б дуже проблематичною. Поєднання таких чинників, як малі розміри зерен мікропорошку й можливість використання спрямованого дозованого керуючого впливу на РПК, буде сприяти досягненню максимально можливої точності її профілювання й у кінцевому результаті повинно дозволити вирішити проблему високоякісного формоутворення прецизійних і особливо складнопрофільних лезових інструментів з ПНТМ.

Висновки

1. Чорнові стадії заточення ПСТМ лезових інструментів із ПСТМ алмазними кругами на основі шліфпорошків алмаза супроводжуються високою силовою й тепловою напруженістю в умовах зняття значних по величині припусків на обробку, у більшості випадків забезпечують низька якість обробки на макрорівні. Сюди в першу чергу слід віднести відколи ріжучих кромок, а також тріщини на робочих поверхнях ПСТМ.

2. Імовірнісне прогнозування вихідних показників в умовах різного рівня невизначеності значень технологічних параметрів на базі використання концепції статистичного моделювання робочих процесів інтегрованих технологій, адаптованої стосовно до процесу формоутворення лезових інструментів із ПСТМ, показало, що в умовах чорнового шліфування ймовірність появи відколів менш припустимої величини мала й перебуває у межах п'яти відсотків.

3. Одним з ефективних шляхів більш повного використання ріжучого ресурсу зерен дрібнозернистих кругів на основі алмазних шліфпорошків можна вважати комплексний підхід до вибору характеристики алмазного кола в керованому процесі шліфування ПСТМ із урахуванням межі міцності ПСТМ на стиск. Це одночасно дозволяє звести до мінімуму можливість тріщиноутворення й забезпечити стабільність стану ріжучих кромок.

Таким чином, за результатами виконаних досліджень можна зробити висновок про те, що використання струмопровідних кругів на основі мікропорошків алмаза для чистової обробки має ряд переваг у порівнянні з кругами на основі алмазних шліфпорошков, що дозволить розв'язати проблему якісного формоутворення ріжучих кромок лезових інструментів із ПСТМ.

4. 3D моделювання ПДВ ріжучої кромки лезового інструмента із ПСТМ, що має у своєму складі металеві включення, підтвердило визначальну роль коефіцієнта їх лінійного розширення, а також розмірів і кількості цих включень у процесі формування ріжучих кромок. При цьому великі відколи на ріжучих кромках можуть бути результатом випадання блоку алмазних зерен, охоплених металевим зв'язуванням, а ймовірність настання цієї події зростає в міру збільшення температури у зоні шліфування.

5. Установлено, що завдяки незначній різниці висоти зерен на робочій поверхні струмопровідний круг на основі мікропорошків алмаза має гарні передумови для забезпе-

чення стійкості вихідних показників обробки при якісному формоутворенні лезових інструментів із ПСТМ.

6. Доведено, що однією з найважливіших передумов вирішення проблеми формоутворення прецизійних лезових інструментів із ПСТМ при максимальному використанні ріжучого ресурсу зерен мікропорошків алмаза є використання на них рельєфних товстошарових металевих покриттів.

7. Ефективність використання струмопровідних кругів на основі мікропорошків алмаза з рельєфними товстошаровими покриттями для чистового формоутворення лезових інструментів із ПСТМ доведена експериментально досягненням зниження значення питомої витрати алмазів на рівні кругів на основі алмазних шліфзерен.

Література

1. Грабченко, А.И. Научные основы алмазного шлифования сверхтвердых поликристаллических материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Грабченко Анатолий Иванович. – Х., 1995. – 59 с.

2. Грабченко, А.И. Повышение производительности шлифования ПСТМ с управлением режущим рельефом круга [Текст] / А.И. Грабченко, И.Н. Пыжов // Сверхтвердые материалы. – 1982. – № 5. – С. 34–37.

3. Федорович, В.А. Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспосабливаемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Федорович Владимир Алексеевич. – Х., – 2002. – 466 с.

4. Хрульков, В.А. Алмазные инструменты в прецизионном приборостроении [Текст] / В.А. Хрульков, А.Я. Головань, А.И. Федотов. – М.: Машиностроение, 1977. – 223 с.

5. Резников, А.Н. Абразивная и алмазная обработка материалов [Текст]: справ. / А.Н. Резников, Е.И. Алексенцев, Я.И. Барац и др.; под ред. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с.

6. Синтетические алмазы в машиностроении [Текст] / В.Н. Бакуль, Б.И. Гинсбург, Л.Л. Мишнаевский и др.; под ред. В.Н. Бакуля. – К.: Наукова думка, 1976. – 352 с.

7. Гаврилов, А.Н. Точность производства в машиностроении и приборостроении [Текст] / А.Н. Гаврилов, Н.А. Бородачев, Р.М. Абдрашитов и др.; под ред. А.Н. Гаврилова. – М.: Машиностроение, 1973. – 567 с.

8. Новиков, Н.В. Сопротивление разрушению сверхтвердых композиционных материалов [Текст] / Н.В. Новиков, А.Л. Майстренко, В.Н. Кулаковский – К.: Наук. думка, 1993. – 220 с.

9. Ящерицын, П.И. Электроэрозионная правка алмазно-абразивных инструментов [Текст] / П.И. Ящерицын, В.Д. Дорофеев, Ю.А. Пахалин. – Минск: Наука и техника, 1981. – 232 с.

10. Доброскок, В.Л. Модификация законов распределения при статистическом моделировании абразивно-алмазных инструментов [Текст] / В.Л. Доброскок, Я.Н. Гаращенко, В.И. Воронков // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. науч.-техн. сб. НТУ «ХПИ». – Вып. 61. – Х., 2002. – С. 51–59.

11. Пыжов, И.Н. Научные основы формообразования лезвийных инструментов из поликристаллических сверхтвердых материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Пыжов Иван Николаевич. – Х., – 2009. – 405 с.

© І.Ю. Боцман, А.В. Калашников

И.Ю. Боцман, студентка, А.В. Калашников, к.т.н., доц.

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОЦЕССА АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ СВЕРХТВЕРДЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Известно, что наиболее эффективный метод обработки поверхности – это алмазное шлифование, но и известно, что качество поверхности зависит и от качества подготовки поверхности режущих инструментов. Для подготовки поверхности этих уникальных за своими физико-механическими свойствами материалов, необходимо использовать комбинированный процесс, основанный на беспрерывном электрохимическом

управлении рабочей поверхностью токопроводящего кола в автономной зоне. Этот процесс имеет довольно широкие технологические возможности, что позволяет предполагать наличие еще нераскрытых его потенциальных возможностей.

Ключевые слова: *поликристаллические сверхтвердые материалы, поликристаллические сверхтвердые материалов на основе алмаза, лезвийный инструмент.*

I.Yu. Botsman, student, A.V. Kalashnikov, Ph.D., Associate Professor

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

COMBINED EFFICIENCY OF DIAMOND GRINDING POLYCRYSTALLINE SUPERFIRM MATERIALS

It is known that the most effective method of surface treatment, diamond grinding, but it is known that the quality of the surface depends on the quality of surface preparation of cutting tools. For the surface preparation of these unique for its physical and mechanical properties of materials, you must use the combined process facilities in continuous electrochemical control surface conductive coke in the autonomous zone. This process has a pretty wide technological possibility that allows you to suggest a still undisclosed, his potential.

Keywords: *polycrystalline super hard materials, polycrystalline diamond on superhard materials, edge tools.*

УДК 621.914.1

В.А. Гайдар, начальник отдела программной обработки

ПАО «Полтавский турбомеханический завод», концерн «Укрросметалл», г. Полтава

С.Г. Ясько, ст. преп.

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА СТАНКАХ С ЧПУ КОНЦЕВЫМИ И ТОРЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ С ПОСТОЯННЫМ ВО ВРЕМЕНИ КОЛИЧЕСТВОМ СНИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА

Приведена методика расчета по программе «Turbo_Profile.Section_30» зависимостей между количеством снимаемого металла в единицу времени, параметрами фрезы, углом атаки фрезы при обработке, шагом между строками обработки, толщиной снимаемого слоя и режимами резания. Такой расчет необходим при подготовке управляющих программ для станков с ЧПУ при режиме обработки с постоянным во времени объемом снимаемого материала заготовки для получения стабильного (по нагрузке на инструмент) и оптимального (по времени обработки) фрезерования детали. Указанный режим фрезерования обладает высокой эффективностью при черновой обработке, когда толщина снимаемого слоя может существенно изменяться.

Ключевые слова*: турбинная лопатка, фрезерование, режим обработки, технология, программа, станок, управление.*

Цели и задачи. Повышение производительности механообработки при стабильном обеспечении требуемого качества поверхности детали является приоритетным направлением современного машиностроения. Стабильность качества достигается внедрением новых и более эффективных технологических процессов.