

Д.Ю. Джулій, аспір.  
В.С. Майборода, д.т.н., проф.  
Національний технічний університет України «КПІ»

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ БАГАТОГРАННИХ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН

*Досліджено вплив методу магнітно-абразивного оброблення на стійкість багатограничних непереточуваних твердосплавних пластинок. Встановлено, що застосування даного методу фінішного поліруючо-зміцнюючого оброблення дозволяє підвищити стійкість пластинок в 2,5–3 рази, що відбувається завдяки формуванню сприятливої мікрогеометрії робочих поверхонь та різальних кромки, їх форми округлення, підвищенню поверхневої твердості, формуванню сприятливого напруженого стану поверхневого шару під час магнітно-абразивного оброблення.*

**Вступ.** Підвищена якість твердосплавного різального інструменту (PI) значною мірою залежить і визначається характером його оброблення на фінішних етапах виготовлення. При цьому значна увага приділяється формуванню сприятливої мікрогеометрії робочих поверхонь різального інструменту, а особливо різальних кромки, стану фізико-механічних властивостей поверхні і поверхневого шару виробів. Для забезпечення зазначених властивостей традиційно використовують різноманітні методи фінішного оброблення, які тим чи іншим чином позитивно впливають на кінцеву якість. Останні дослідження в цьому напрямку показали, що досить перспективним методом, який доцільно використовувати на фінішних етапах виготовлення різноманітних виробів є метод магнітно-абразивного оброблення (MAO).

Магнітно-абразивне оброблення – це метод фінішного оброблення, який дозволяє впливати на стійкість твердосплавного різального інструменту не тільки за рахунок формування сприятливої мікрогеометрії як робочих поверхонь, так і різальних кромки, а й корегувати форму їх округлення, з одночасним підвищенням поверхневої твердості, формуванням сприятливого напруженого стану поверхневого шару. Проблема фінішного оброблення багатограничних непереточуваних твердосплавних пластин (БНТП) значною мірою

криється в їх складній просторовій формі, широкій різноманітності форм і розмірів. Тому використання традиційних методів оброблення досить обмежене. В сучасному виробництві на фінішних етапах виготовлення БНТП традиційно використовуються віброабразивне, струминне оброблення і оброблення спеціальними щітками. Саме ці методи деякою мірою дозволяють вирішувати проблеми забезпечення відповідних показників якості і зазначених вище властивостей. Проте одночасне вирішення проблем по забезпеченню відповідної рівномірної мікрогеометрії та фізико-механічних властивостей поверхневого шару є досить проблематичним. Так застосування спеціальних щіток дозволяє в широких межах корегувати радіус округлення різальних кромки (РК), шорсткість робочих поверхонь поблизу РК, проте не вирішують завдань зі зміцнення поверхневого шару РІ, що досить легко забезпечується при вібро- і струминно-абразивних методах оброблення. Метод MAO в умовах великих магнітних щілин кільцевого типу за своїми технологічними і специфічними властивостями дозволяє поєднувати позитивні характеристики зазначених методів фінішного оброблення і тому його використання є досить привабливим [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Виконана досить широка гама досліджень впливу методу магнітно-абразивного оброблення на мікрогеометрію робочих поверхонь, на їх фізико-механічні властивості як твердосплавного різального інструменту, так і інструменту виготовленого з швидкорізальної сталі [1–4] та на залежність даних параметрів якості від умов MAO. В [4–6] було досліджено лише вплив MAO на стійкість кінцевого різального інструменту виготовленого з швидкорізальної сталі. Дослідження стійкості твердосплавного різального інструменту, а саме багатограних непереточуваних твердосплавних пластинок суттєво обмежені. Окрім результати, наведені в [1, 7], не дозволяють повністю висвітлити вплив схем та умов MAO на працездатність БНТП.

**Метою роботи** було дослідження впливу параметрів та умов методу магнітно-абразивного оброблення в умовах великих магнітних щілин кільцевого типу на фінішних етапах виготовлення багатограних непереточуваних твердосплавних пластинок на підвищення їх стійкості.

**Викладення основного матеріалу.** Проведено експериментальне дослідження працездатності твердосплавних пластин при застосуванні методу MAO на фінішних етапах їх виготовлення. Було використано пластини без покриття типу PNMM 120408 виробництва Кіровоградського заводу твердих сплавів, виготовлених зі сплаву BK8.

Оброблення пластин виконували на експериментальній магнітно-абразивній установці [8], що дозволяє обробляти як деталі типу БНТП, так і довгомірні деталі типу свердел, кінцевих фрез, мітчиків тощо, а також лопаток газотурбінних двигунів [9]. На рисунку 1 представлена схема розміщення оправки в кільцевій робочій зоні з закріпленою на ній БНТП при MAO. Пластинка на оправці жорстко закріплюється і рухається з нею вздовж кільцевої робочої зони та обертається навколо власної осі.

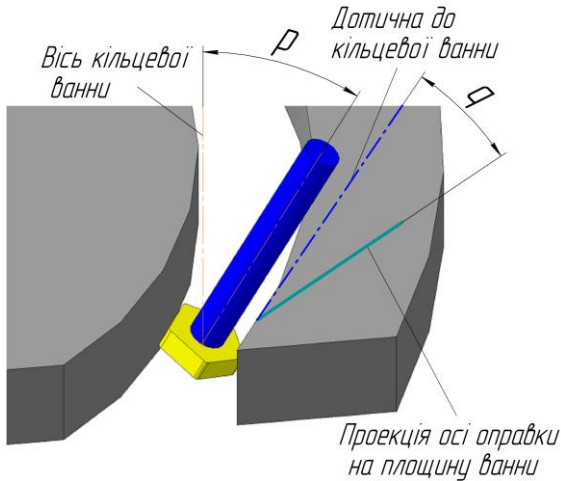


Рис. 1. Схема базування БНТП в робочій зоні

MAO виконували за таких параметрів:

- швидкість руху оправки з пластинкою вздовж кільцевої робочої зони – 3 м/с;
- швидкість обертання пластинки навколо власної осі – 200 об./хв.;
- індукція магнітного поля в робочій зоні – 0,25 Тл;
- кут нахилу оправки по відношенню до площини кільцевої ванни  $p$  —  $30^\circ$ ;
- кут повороту оправки відносно вертикальної осі  $q$  —  $25^\circ$ ;
- магнітно-абразивний порошок — механічна суміш феромагнітного порошку Феромап зернистістю 200/100 мкм та алмазної пасти зернистістю 20/14 мкм [10];
- час оброблення складав 5 та 10 хв.

Оброблення БНТП виконували в режимі «натікання», «стікання» та в режимі «натікання» з оправки, коли магнітно-абразивний порошок

рухається з боку оправки [11, 12]. Схематичне представлення відносного руху поверхонь БНТП та магнітно-абразивного інструменту (МАІ) при MAO наведено на рисунку 2.

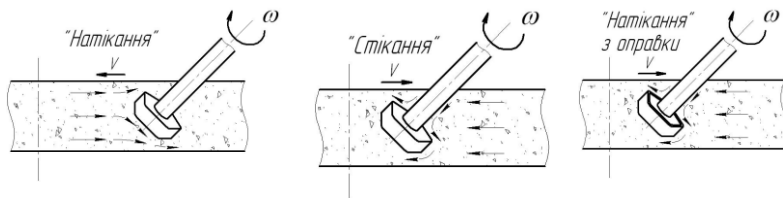


Рис. 2. MAO БНТП в режимі «натікання», «стікання» та «натікання з оправки»

Дослідження стійкості БНТП виконували при точінні високолегованої, жаростійкої сталі марки 40X13 при швидкості різання 90 м/хв., глибині різання 1 мм та подачі 0,195 мм/об. Механічні властивості сталі 40x13: твердість – НВ 143-229 МПа, межа міцності – 590–810 МПа. Зношення контролювали по задній поверхні, як показано на рисунку 3. Максимальним критерієм зношення була його середня величина – 0,3 мм [13].

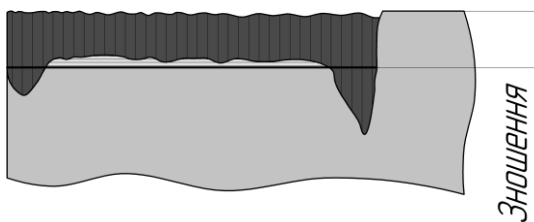


Рис. 3. Схема вимірювання зношення БНТП по задній поверхні

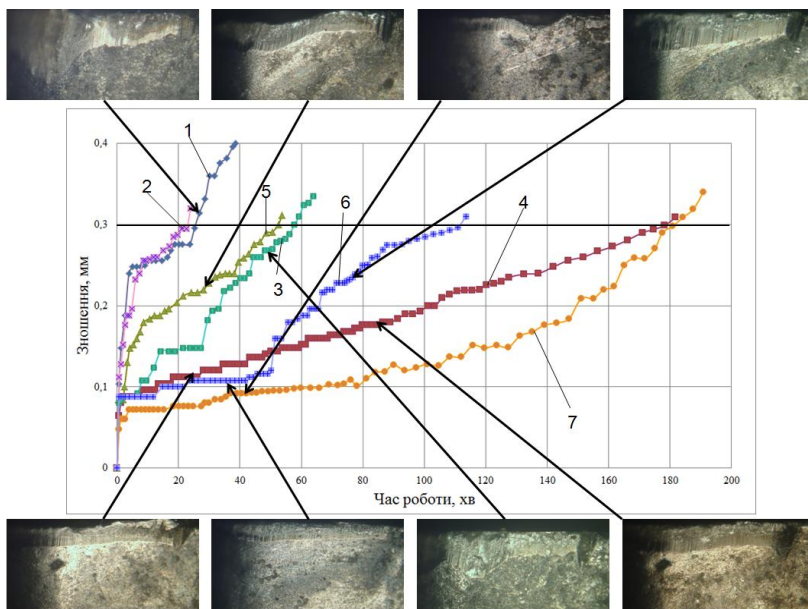


Рис. 4. Зношення БНТП по задній поверхні при точінні сталі 40x13: 1, 2, 3 – без MAO; 4 – «натікання» з оправки; 5 – «стікання»; 6 – «натікання»; 7 – «натікання» та «стікання», x80

На рисунку 4 представлено криві зношення БНТП при точінні. Стійкість БНТП без MAO (рис. 4, криві 1, 2, 3) не перевищує 60 хв., а в окремих випадках складає всього 20 хв. (крива 2), а далі відбувається катастрофічне руйнування БНТП, яке супроводжується викришуванням та сколюванням різальних кромки. Пластинки, які були оброблені 10 хв. в режимі «натікання» (крива 6) мають стійкість в 1,8–1,85 раза більшу, порівняно з необробленими, час їх роботи склав в середньому 110 хв., при цьому сколювання кромки не відбувалось. Пластинки, які були оброблені за аналогічних умов, але в режимі «стікання» показали стійкість нижчу навіть, ніж у необроблених. Що пояснюється тим, що за таких умов MAO величина радіуса округлення різальних кромки менша (26–28 мкм на кромці на грані та 40–42 мкм на кромці на кутику), ніж при обробленні в режимі «натікання» (42–43 мкм на грані та 50–57 мкм на кутику), а величина К-фактора [14] дорівнює 0,4 на різальній кромці на грані та 0,6 на кромці на кутику пластинок, що менше, порівняно з пластинками обробленими в режимі

«натікання» – 2–2,3 на кромці на грані та 0,75–0,8 на кромці на кутику і менше, порівняно з необробленими пластинками. Поверхнева твердість на передній поверхні практично рівна твердості пластинок без MAO [12]. Це відбувається тому, що MAI недостатньо взаємодіє з передньою поверхнею внаслідок того, що нормальна складова сил його взаємодії з оброблюваними поверхнями близька до нуля [11], тобто передня поверхня при MAO в зазначених умовах знаходиться в «тіньовій зоні» [1]. При MAO БНТП в режимі «натікання» з оправки (крива 4) стійкість пластинок підвищується в 2,5–3 рази. При таких умовах MAO поверхнева твердість пластинок на передній поверхні складає 16,2 ГПа, а на задній 15,4 ГПа, порівняно з необробленими, 13,6 та 13,1 ГПа відповідно. Величина ж K-фактора дорівнює 1,7–2 на різальній кромці на грані та 1,2–1,3 на кромці на кутику пластинок, величина радіуса округлення дорівнює 48–50 мкм на кромці на грані та 60–62 мкм на кромці на кутику. В пластинок оброблених 5 хв. у режимі «натікання» та «стікання» (крива 7) стійкість також підвищується в 2,5–3 рази за рахунок підвищення поверхневої твердості на передній та задній поверхнях, формування сприятливої форми округлення різальних кромок (K-фактор 1,1–1,5 на кромці на грані та 0,9–1,2 на кромці на кутику) і притуплення різальних кромок. Зазначимо той факт, що у пластинок оброблених методом MAO відсутній період припрацювання, що сприяє підвищенню стійкості такого інструменту.

Аналіз отриманих результатів показав, що на стійкість БНТП значно впливає характер округлення різальних кромок, їх форма та поверхнева твердість робочих поверхонь. Тому доцільно для підвищення стійкості БНТП на фінішних етапах його виготовлення використовувати метод магнітно-абразивного оброблення.

**Висновок.** Проведене дослідження впливу методу магнітно-абразивного оброблення багатогранних непереточуваних твердо-сплавних пластинок на їх стійкість показало, що даний метод фінішного поліруючо-зміцнюючого оброблення за оптимальних умов дозволяє підвищити стійкість в 2,5–3 рази. На стійкість твердосплавних пластин значно впливає округлення різальних кромок, особливо їх форма, яка характеризується K-фактором, та поверхнева твердість робочих поверхонь. MAO усуває період припрацювання, що суттєво впливає на їх стійкість.

### Список використаної літератури:

1. *Ульяненко Н.В.* Підвищення працездатності твердо-сплавного інструменту шляхом застосування магнітно-абразивного оброблення та нанесення зносостійких покриттів : дис. ... канд. техн. наук / *Н.В. Ульяненко*. – К., 2006. – 160 с.
2. *Майборода В.С.* Вплив умов магнітно-абразивного оброблення в великих робочих зазорах кільцевого типу на якість багатограних непереточуваних твердосплавних пластин / *В.С. Майборода, Д.Ю. Джулий* // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. пр. – Краматорськ, 2011. – Вип. 28. – С. 48–55.
3. *Майборода В.С.* Магнитно-абразивная обработка многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин в условиях больших рабочих зазоров / *В.С. Майборода, Д.Ю. Джулий, Е.С. Клишута* // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. пр. – Краматорськ, 2010. – Вип. 26. – С. 141–147.
4. *Byelyaev O.* Erhöhung der Leistungsfähigkeit von HSS-Spiralbohrern durch Einsatz der magnetabrasiven Bearbeitung. Dissertation Dr.-Ing. / *O.Byelyaev*. – Magdeburg, Germany, 2008. – 149 p.
5. *Karpuschewski B.* Magneto-Abrasive Machining for the Mechanical Preparation of High-Speed Steel Twist Drills / *B.Karpuschewski, O.Byelyayev, V.S. Maiboroda* // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2009. – № 58. – Pp. 295–298.
6. *Дюбнер Л.Г.* Магнитно-абразивная обработка концевое режущего инструмента / *Л.Г. Дюбнер, В.С. Майборода, А.А. Ивановский* // Вестник Национального технического университета Украины “КПИ” / Машиностроение. – 2003. – Вып. 44. – С. 107–108.
7. *Барон Ю.М.* Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / *Ю.М. Барон*. – Л. : Машиностроение, 1986. – 176 с.
8. Магнитно-абразивная обработка многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин в условиях больших рабочих зазоров. Влияние условий базирования режущих пластин в рабочих зонах на эффективность процесса обработки / *В.С. Майборода, Д.Ю. Джулий, Б.М. Фесюн и др.* // Наукові праці Донецького національного технічного університету / Машинобудування і машинознавство. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – Вип. 6 (154). – С. 157–165.
9. *Майборода В.С.* Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних

- поверхонь : дис. ... докт. техн. наук / *В.С. Майборода*. – К., 2001. – 404 с.
10. *Оликер В.Е.* Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий / *В.Е. Оликер*. – М. : Металлургия, 1990. – 176 с.
  11. *Maiboroda V.* Schneidkantenmikrogestalt von Hartmetallwendeschnidplatten bei der Magnetabrasiven Bearbeitung / *V.Maiboroda, D.Dzhulii, O.Byelyayev* // In FORUM Schneidwerkzeug- und Schleiftechnik, September 2012, Nr. 3, ISSN 2191-1347. – S. 84–91.
  12. *Джулій Д.Ю.* Вплив умов магнітно-абразивного оброблення на радіус округлення різальних кромки, поверхневу твердість та шорсткість робочих поверхонь багатогранних непереточуваних тврдосплавних пластин / *Д.Ю. Джулій, В.С. Майборода, І.В. Ткачук* // Вісник СевНТУ / Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 128. – С. 67–71.
  13. *Внуков Ю.М.* Зношування і стійкість різальних лезових інструментів : навч. посібник / *Ю.М. Внуков, В.О. Залоза*. – Суми : Сумський державний університет, 2010. – 243 с.
  14. *Tikal Franz (Hrsg.)* In Zusammenarbeit mit R.Bienemann und L.Heckmann : Schneidkantenpräparation-Ziele, Verfahren und Messmethoden / *Tikal Franz (Hrsg.)*. – Kassel university press GmbH, Kassel, 2009. – 193 s.

ДЖУЛІЙ Дмитро Юрійович – аспірант НТУУ «КПІ».

Наукові інтереси:

- процеси фінішного оброблення виробів складної форми;
- різання матеріалів.

E-mail: [Dima714@ukr.net](mailto:Dima714@ukr.net).

МАЙБОРОДА Віктор Станіславович – доктор технічних наук, професор НТУУ «КПІ».

Наукові інтереси:

- процеси фінішного оброблення виробів складної форми;
- реологія порошкових середовищ у слабких магнітних полях.

Тел.: (044)406–84–73.

E-mail: [Maiborodavs@mail.ru](mailto:Maiborodavs@mail.ru).

Стаття надійшла до редакції 15.03.2012



Джулий Д.Ю., Майборода В.С. Застосування методу магнітно-абразивного оброблення для підвищення стійкості багатограних непереточуваних твердосплавних пластин

Джулий Д.Ю., Майборода В.С. Применение метода магнитно-абразивной обработки для повышения стойкости многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин

**Dzhulii D.Yu., Maiboroda V.S.** Application of the method of magnetic-abrasive machining to increase the lifetime of multisided not sharpened hard-alloy plates

УДК 621.923

**Применение метода магнитно-абразивной обработки для повышения стойкости многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин / Д.Ю. Джулий, В.С. Майборода**

Исследовано влияние метода магнитно-абразивной обработки на стойкость многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластинок. Определено, что применение данного метода финишной полирующе-упрочняющей обработки позволяет повысить стойкость пластинок в 2,5–3 раза, что происходит благодаря формированию благоприятной микрогеометрии рабочих поверхностей и режущих кромок, их формы округления, повышению поверхностной твердости, формированию благоприятного напряженного состояния поверхностного слоя во время магнитно-абразивной обработки.

УДК 621.923

**Application of the method of magnetic-abrasive machining to increase the lifetime of multisided not sharpened hard-alloy plates / D.Yu. Dzhulii, V.S. Maiboroda**

The effect of the method of magnetic-abrasive machining on the lifetime of multisided not sharpened hard-alloy plates was studied. Was determined that the application of this method of finish polishing-hardening machining allows to increase the lifetime of plates in 2,5–3 times, that is occurs owing to the forming of favourable microgeometry of the work surfaces and cutting edges, their shape of rounding, to increase the surface hardness, to forming of the favourable state of stress of the surface layer during the magnetic-abrasive machining.