

УДК 621.923

**В.С. Майборода, професор, д-р техн. наук,**

**Д.Ю. Джулій, аспірант,**

**І.В. Ткачук, аспірант**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,*

*пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна 03056*

*maiborodavs@mail.ru*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ БАГАТОГРАННИХ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН**

*Досліджено вплив додаткового немагнітного стрижневого елемента на ефективність методу магнітно-абразивного оброблення двосторонніх багатограних непереточуваних твердосплавних пластин типу РNMA-110408. Встановлено, що дана схема оброблення забезпечує підвищення поверхневої твердості на 13,5-14,1%, забезпечує формування необхідної величини радіусу округлення різальних кромки та їх форми, знижує величину шорсткості робочих поверхонь пластин на 40%.*

**Ключові слова:** *Магнітно-абразивне оброблення, різальна кромка, округлення різальних кромки, поверхнева твердість, К-фактор, мікрогеометрія.*

**Вступ.** Підвищення працездатності твердосплавного різального інструменту (РІ) в значній мірі реалізується на фінішних етапах його виготовлення за рахунок покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару, формування необхідної мікрогеометрії передньої, задньої поверхонь РІ та різальних кромки (РК), їх форми округлення. Найбільш суттєво впливає на стійкість РІ поверхнева твердість, радіус та форма округлення РК. В сучасному виробництві РІ для досягнення заданих параметрів якості, що забезпечують підвищені експлуатаційні властивості, використовують віброабразивне оброблення, оброблення щітками, струминне оброблення, оброблення у вільному абразиві, алмазне шліфування та інші. Зазначені методи фінішного оброблення забезпечують лише окремі показники якості: або покращують мікрогеометрію, або підвищують поверхневу твердість, або знижують шорсткість. Саме тому актуальними є методи комплексного впливу на робочі елементи РІ, які забезпечують одночасне формування мікрогеометрії РК з заданими радіусами округлення, підвищення поверхневої твердості та зниження шорсткості. Таким методом є метод магнітно-абразивного оброблення (МАО), який відноситься до групи поліруючо-зміцнюючих методів оброблення, і реалізується в середовищі магнітно-абразивного порошку (МАП), який в процесі оброблення формується магнітним полем в магнітно-абразивний інструмент (МАІ), при відносному русі оброблюваних деталей та порошкового магнітно-абразивного інструменту.

Використання МАО на фінішних етапах виготовлення РІ забезпечує одночасне підвищення поверхневої твердості, зниження шорсткості робочих поверхонь та дозволяє сформувати округлення РК заданої форми та розміру і тим самим сформувати захисну мікрофаску з боку передньої або задньої поверхні, наявність якої характеризується К-фактором. МАО багатограних непереточуваних твердосплавних пластин (БНТП) доцільно виконувати в умовах великих магнітних щілинах кільцевого типу, оскільки у виробництві використовують широку номенклатуру пластин, які мають різноманітну складну просторову форму зі складними передніми поверхнями та можуть суттєво відрізнятися за типом та розмірами. При такій схемі оброблення МАІ нівелює в процесі МАО відносно поверхонь виробів і забезпечує ефективне і рівномірне оброблення незалежно від їх форми.

**Стан проблеми:** На формування заданих параметрів якості РІ при МАО значно впливає характер взаємодії МАІ з оброблюваними поверхнями БНТП. Встановлено, що при фрикційній взаємодії, коли переважає інтенсивність оброблення по тангенціальній складовій швидкості, відбувається вигладжування поверхні, знижується шорсткість та відбувається більш активне зняття матеріалу, ніж при обробленні з превалюючою ударною взаємодією, при якій відбувається наклепування поверхневого шару робочих елементів БНТП [1]. Для якісного МАО не достатньою забезпечити окремо полірування або зміцнення робочих поверхонь БНТП за рахунок керування тою чи іншою складовою швидкості МАО. Важливим є раціональне поєднання і забезпечення достатніх величин обох складових швидкості взаємодії МАІ з оброблюваними поверхнями та підтримання в робочій зоні верстату стабільних форми та властивостей МАІ. Раніше було показано [2], що при обробленні в режимі «стікання», коли порошок рухається зі сторони оправки, поблизу передньої поверхні утворюється квазіуцільнена зона, яка призводить до підвищення нормальних і тангенціальних сил, що забезпечує інтенсифікацію процесу оброблення. При обробленні в режимі «натікання», коли МАІ рухається з протилежної від оправки сторони, такої зони не утворюється і підвищення поверхневої твердості відбувається менш інтенсивно. Таким чином при обробленні двосторонніх твердосплавних пластин при МАО потрібна зміна орієнтації

пластин відносно оправки. Для забезпечення можливості процесу MAO без переустановлення БНТП доцільним є використання додаткового стрижневого елемента, що імітує оправку і закріплюється з протилежної від оправки сторони БНТП. Таким чином можливо виключити операцію зміни орієнтації пластин відносно оправки, замінивши її лише на зміну напрямку обертання оправки з БНТП відносно осі кільцевої робочої ванни. При обертанні в одному напрямку роль ущільнюючого елемента буде виконувати оправка, а при зміні напрямку – додатковий стрижневий елемент.

**Мета дослідження** – підвищення інтенсивності процесу магнітно-абразивного оброблення багатограних непереточуваних тврдосплавних пластин у великих магнітних щілинах кільцевого типу за рахунок введення в робочу зону верстата додаткового формоутворюючого магнітно-абразивний інструмент стрижневого елемента, що забезпечує необхідну щільність магнітно-абразивного порошку безпосередньо біля оброблюваних поверхонь пластин.

**Експериментальне дослідження.** В дослідженнях MAO в умовах великих робочих щілин було використано пластини типу PNMA-110408, виготовлені Кіровоградським заводом твердих сплавів, марка твердого сплаву - ВК8. По технології заводу-виробника пластини були піддані віброабразивному обробленню з подальшим плоским алмазним шліфуванням передньої та опорної поверхонь. У вихідному стані різальна кромка гостра з концентраторами напружень, які під час експлуатації є місцями імовірного зародження мікротріщин, що можуть призводити до руйнування і передчасної втрати працездатності інструментом. Шорсткість Ra передньої поверхні пластин складала 0,06мкм, задньої – 0,76мкм, поверхнева твердість на передній поверхні дорівнювала 14,18ГПа, на задній 12,05ГПа (різна величина твердості пояснюється саме попереднім алмазним шліфуванням передньої поверхні та віброабразивним обробленням задньої), радіус округлення РК на кутику складав 9-14мкм, на прямолінійній РК – 10-14мкм, величина К-фактору складала 0,98-1.

Оброблення БНТП виконували на магнітно-абразивному верстаті з великою магнітною робочою зоною кільцевого типу (діаметр робочої зони 200мм, ширина 35мм) при швидкості руху БНТП вздовж кільцевої ванни 3 м/с (рух за- та проти годинникової стрілки), при швидкості обертання пластин навколо власної осі – 250об/хв (обертання з реверсом), при куті нахилу оправки по відношенню до площини кільцевої робочої зони  $p - 40^\circ$  та куті повороту відносно дотичної площини до робочої зони  $q - 18,5^\circ$  [3]. Індукція магнітного поля в робочій зоні дорівнювала 0,25 Тл у вільній від МАП щілині. Час оброблення - 6 хвилини, 3 хвилини в режимі «натікання» та 3 хвилини в режимі «стікання» при русі МАІ зі сторони оправки. Пластини обробляли МАП, який представляє собою механічну суміш порошку Полімам-Т зернистістю 200/100мкм та алмазної пасти зернистістю 28/14мкм. Оброблення виконували з відновлюючим формою та властивості МАІ в процесі MAO елементом  $\phi 10$ мм оптимальної форми [4].

Для покращення процесу оброблення в режимі «натікання» було використано додатковий стрижневий елемент, який в процесі оброблення виконував роль ущільнюючого МАІ елементу аналогічного по дії оправці при обробленні в режимі «стікання», коли порошок рухається зі сторони оправки. Довжина додаткового елемента складала 28мм, і була достатньою для того, щоб нижня його частина розташовувалася в процесі MAO за межами сформованого МАІ в нижній частині робочої зони. В процесі MAO пластина розташовується в центральній частині робочих зон з висотою робочих щілин 30мм. Для того щоб додатковий стрижневий елемент не впливав на розподіл магнітної індукції в робочій зоні і не погіршував кінематику відносного руху МАІ та оброблюваних поверхонь його було виготовлено з немагнітного матеріалу. Схема MAO БНТП в робочій зоні верстату типу «кільцева ванна» представлена на рисунку 1.

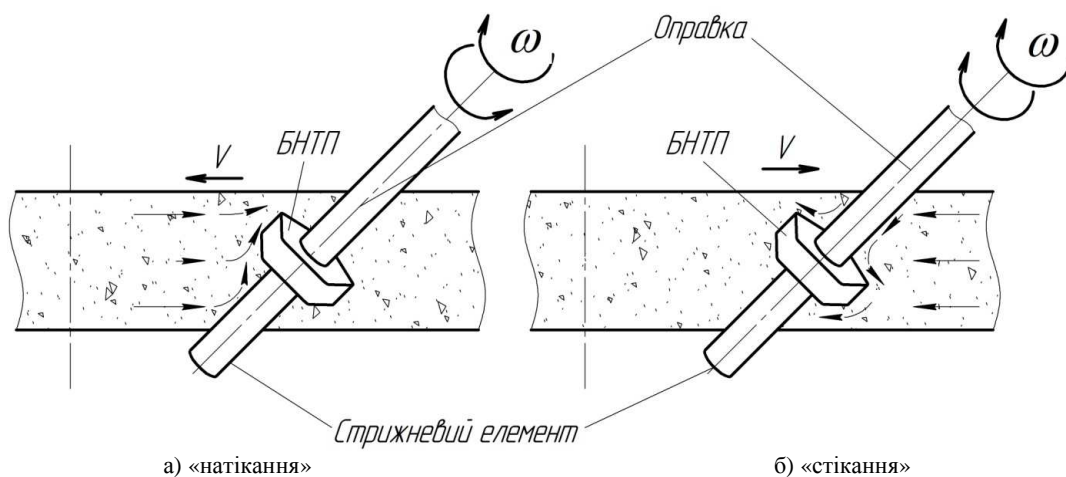


Рисунок 1 – Схема MAO з додатковим стрижневим елементом

Для визначення параметрів взаємодії МАІ з оброблюваними поверхнями БНТП розраховано інтегральні інтенсивності оброблення  $IV_n$  та  $IV_t$  за один оберт пластини навколо власної осі за тангенціальною та нормальною складовими швидкості за методикою представленою в [3], прийнято, що різальна кромка прямолінійна без округлень на кутах. В результаті розрахунків було отримано чотири залежності інтегральної інтенсивності взаємодії МАІ з передньою та задньою поверхнями безпосередньо біля РК, просумувавши які, отримаємо сумарну інтегральну інтенсивність за цикл MAO по довжині різальної кромки. Результати розрахунків наведено на рисунку 2.

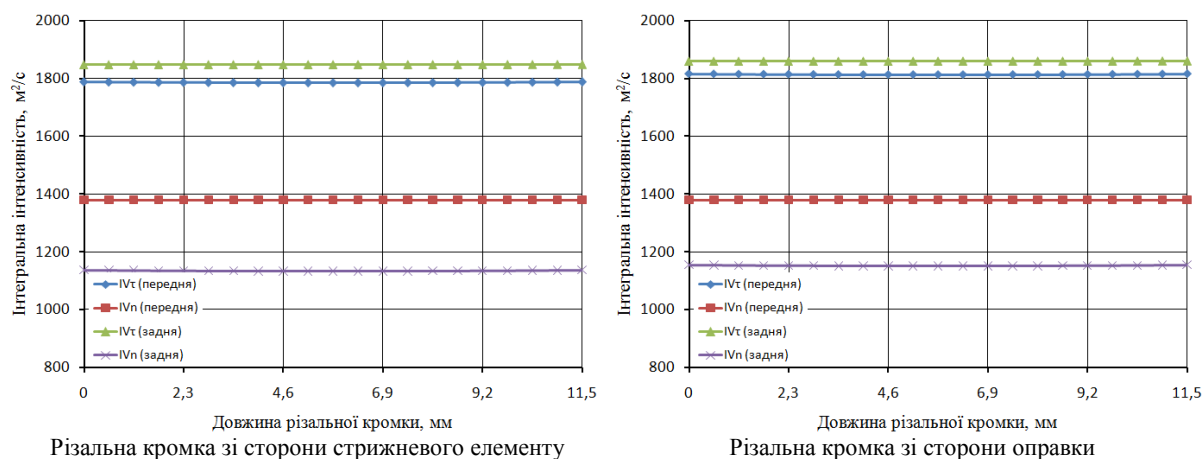


Рисунок 2 – Інтегральна інтенсивність взаємодії МАІ з різальною кромкою

Інтегральні інтенсивності взаємодії МАІ з РК зі сторони оправки дещо вищі за інтенсивності зі сторони додаткового стрижневого елемента. Це пов'язано з тим, що кут нахилу оправки по відношенню до площини робочої зони  $\rho$  дорівнював  $40^\circ$ , що і зумовило дещо неоднакові умови взаємодії при різних напрямках руху БНТП вздовж кільцевої робочої зони верстата, але ця різниця не перевищує 1,5%. Відзначимо той факт, що сумарна інтенсивність за цикл MAO практично не змінюються по довжині РК, що забезпечує рівномірність оброблення. Отже, за даних умов MAO буде відбуватись ідентичне та рівномірне оброблення як в режимі «натікання», так і в режимі «стікання», коли МАІ рухається зі сторони оправки, передніх поверхонь з двох сторін БНТП.

На рисунку 3 представлено передні та задні поверхні БНТП без MAO та після при збільшенні у 80 раз.

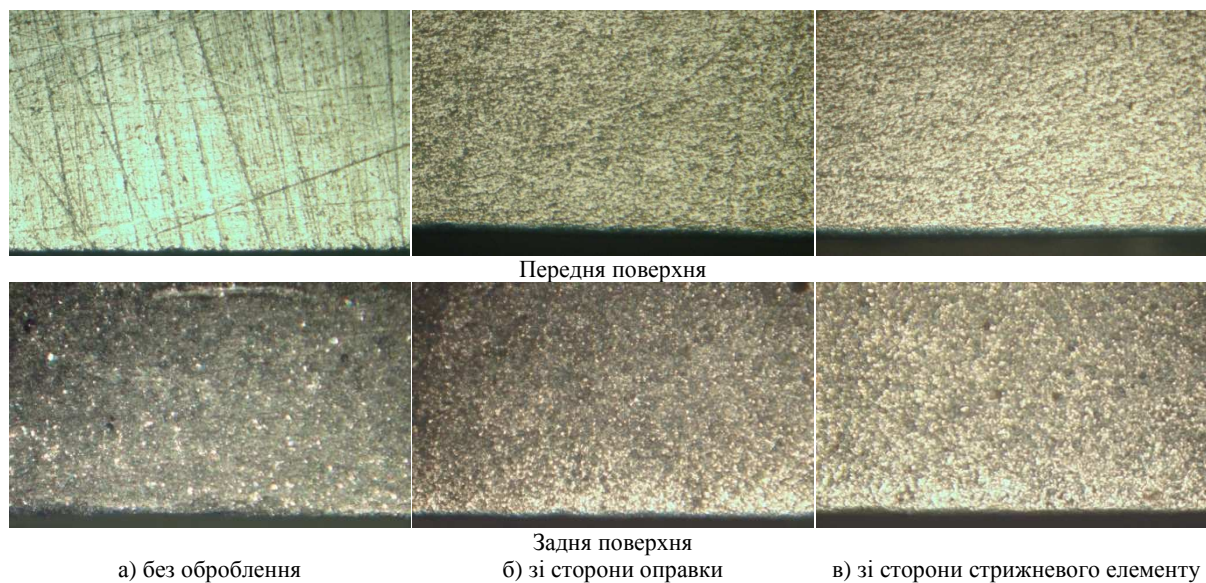


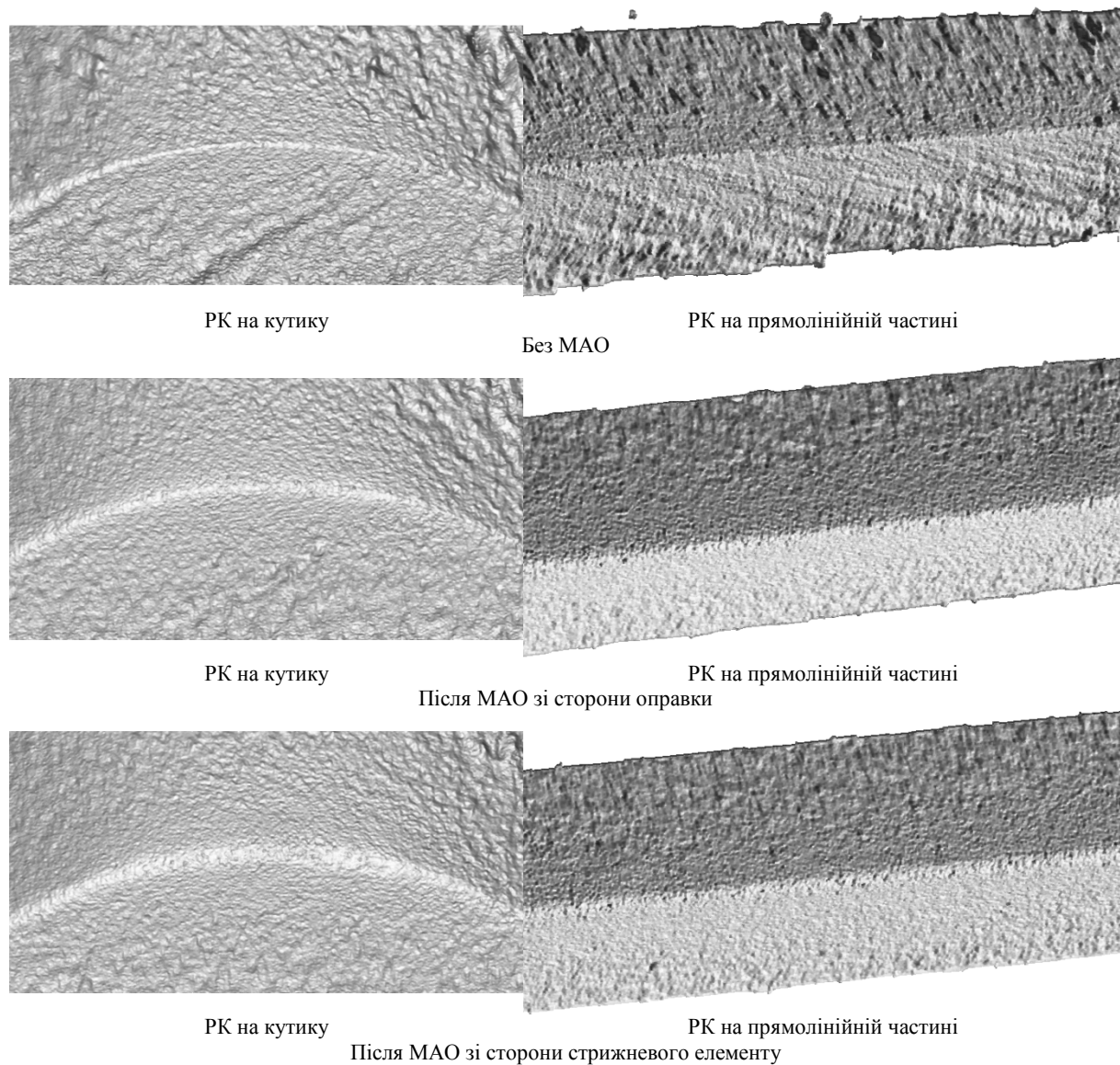
Рисунок 3 – Передня та задня поверхні БНТП до та після MAO, X80

Після MAO з передньої поверхні зникли характерні регулярні подряпини отримані на операції шліфування. Величина шорсткості передньої поверхні  $R_a$  залишилась на попередньому рівні, що обумовлено зернистістю абразивної складової МАП, яка використовувалась при MAO, шорсткість

задньої поверхні знизилась до Ra 0,5мкм, з'явилися хаотично розташовані мікроподряпини (рисунк 3). Відбулось притуплення РК, зникли мікроконцентратори напружень, сформувався радіус округлення, величина якого дорівнює на РК на кутику зі сторони оправки 24-27мкм, на прямолінійній кромці – 19-21мкм. На РК на кутику зі сторони додаткового стрижневого елементу 27-30мкм, на прямолінійній кромці – 20-23мкм. Величини К-фактору було отримано такі: зі сторони оправки на кромці на кутику – 0,67-0,77, на прямолінійній РК – 0,98-1,05, зі сторони стрижневого елементу на кромці на кутику – 0,9-0,95, на прямолінійній РК – 1,2-1,3. Величини радіусу округлення та К-фактору зі сторони стрижневого елементу отримано вищі, ніж зі сторони оправки, що залежить від характеру взаємодії МАІ з даними кромками в процесі оброблення.

Поверхнева твердість на передній поверхні підвищилась до величини 16,1ГПа, на задній – до 13,75ГПа. Що в середньому складає на передній поверхні 13,5%, на задній – 14,1%. Зауважимо, що твердість на передній поверхні, яка в процесі МАО розташовувалась зі сторони оправки та передньої поверхні зі сторони стрижневого елементу, ідентична, що підтверджує ефективність використання в процесі оброблення даного елементу.

3D зображення РК до та після МАО зі сторони оправки та стрижневого елементу на кутику та прямолінійній частині РК БНТП наведено на рисунке 4. Дані зображення було отримано при вимірюванні радіусів округлення РК та величин К-фактору на оптичному приладі MikroCAD. Відбулось притуплення РК, сформувався рівномірний радіус округлення, зникли мікроконцентратори напружень та було вигладжено мікрорельєф робочих поверхонь, на перетині яких утворюється РК.



Рисунк 4 – 3D зображення різальних кромок



Зазначимо, що в промисловості широко використовуються БНТП без стружколомаючих канавок на передній поверхні, при їх переточуванні по передній поверхні можливо відновити їх працездатність, але при такій схемі переточування отримана РК буде гострою з великою кількістю виступів та впадин, а поверхнева твердість передньої поверхні буде знижена, через зняття наклепаного поверхневого шару. Через це стійкість переточеного інструменту нижча стійкості нового. Використання MAO після переточування пластин дозволяє відновити фізико-механічні властивості поверхневого шару та сформуванню необхідну мікрогеометрію як робочих поверхонь, так і РК.

**Висновки.** Використання на фінішних етапах виготовлення багатограних непереточуваних твердосплавних пластин методу магнітно-абразивного оброблення забезпечує підвищення поверхневої твердості робочих поверхонь на 13,5 – 14,1%, зниження шорсткості віброабразивно оброблених поверхонь з Ra 0,76 мкм до Ra 0,5 мкм, формування рівномірних радіусів округлення різальних кромки з величиною 24-30 мкм на кромці на кутику та 19-21 мкм на прямолинійній кромці, та отримання К-фактору величиною 1-1,3 на прямолинійній ділянці, що забезпечує підвищення стійкості пластин. Для отримання необхідної мікрогеометрії різальних кромки доцільно виконувати оброблення в режимі «натікання», а використання додаткового немагнітного стрижневого елемента дозволяє підвищити інтенсивність наклепування передньої поверхні в процесі магнітно-абразивного оброблення. Показано, що запропонована схема оброблення дозволяє досягнути необхідних характеристик робочих поверхонь та різальних кромки при переточуванні пластин без стружколомаючих канавок по передній поверхні. Подальшим етапом роботи буде дослідження працездатності оброблених твердосплавних пластин.

#### *Бібліографічний список використаної літератури*

1. Maiboroda V. Schneidkantenmikrogestalt von Hartmetallwendeschnidplatten bei der Magneta-brasiven Bearbeitung / V. Maiboroda, D. Dzhulii, O. Byelyayev // In FORUM Schneidwerkzeug- und Schleiftechnik, September 2012. — Nr. 3, ISSN 2191 – 1347. — S. 84 – 91.

2. Джулій Д.Ю. Вплив умов магнітно-абразивного оброблення на радіус округлення різальних кромки, поверхневу твердість та шорсткість робочих поверхонь багатограних непереточуваних твердосплавних пластин / Д.Ю. Джулій, В.С. Майборода, І.В. Ткачук // Вісник СевНТУ. Машиноприладобудування та транспорт. — Севастополь, 2012. — Вип. 128. — С. 67–71.

3. Майборода В.С. Аналіз умов магнітно-абразивного оброблення багатограних непереточуваних твердосплавних пластин при їх довільному розташуванні в робочих зонах установки типу кільцева ванна / В.С. Майборода, Д.Ю. Джулій // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського. — 2008. — №1 (48), частина 2. — С. 22–28.

4. Майборода В.С. Формирование магнитно-абразивного инструмента в рабочих зонах установок типа «кольцевая ванна» / В.С. Майборода, Д.Ю. Джулій, И.В. Ткачук // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Машинобудування і машинознавство. — Донецьк, 2012. — Вип. 9 (205). — С. 127–133.

*Надійшла до редакції 19.03.2013 р.*

#### **Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Ткачук І.В. Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки многогранных неперегачиваемых твердосплавных пластин**

Исследовано влияние дополнительного немагнитного стержневого элемента на эффективность метода магнитно-абразивной обработки двухсторонних многогранных неперегачиваемых твердосплавных пластин типа PNMA-110408. Определено, что данная схема обработки обеспечивает повышение поверхностной твердости на 13,5-14,1%, обеспечивает формирование необходимой величины радиуса округления режущих кромок и их формы, снижает величину шероховатости рабочих поверхностей пластин на 40%.

**Ключевые слова:** магнитно-абразивная обработка, режущая кромка, округление режущих кромок, поверхностная твердость, К-фактор, микрогеометрия.

#### **Maiboroda V.S., Dzhuliy D.Yu. Tkachuk I.V. Increasing of the efficiency of magnetic-abrasive machining of multisided not sharpened hard-alloy plates**

The influence of the additional non-magnetic rod-shaped element on the effectiveness of the method of magnetic-abrasive machining of double-sided multisided not sharpened hard-alloy plates type PNMA-110408 was investigated. It was determined that this scheme of machining provides increases of surface hardness by 13,5-14,1%, provides the forming of necessary size of the rounding radius of cutting edges and its shape, reduces the size of roughness of working surfaces of the plates by 40%.

**Keywords:** magnetic-abrasive machining, cutting edge, rounding of cutting edge, surface hardness, K-factor, microgeometry.