

В.С. Майборода, І.В. Ткачук, Д.Ю. Джулій, Д.В. Тарган  
Національний технічний університет України "КПІ"

## ВПЛИВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ЯКІСТЬ МІТЧИКІВ ІЗ ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ

© Майборода В.С., Ткачук І.В., Джулій Д.Ю., Тарган Д.В., 2013

Досліджено особливості магнітно-абразивного оброблення мітчиків, виготовлених зі швидкорізальної сталі. Шорсткість поверхні після циклу оброблення мітчиків на передній поверхні знижується до  $Ra=0,1$  мкм, на задній – до  $Ra = 0,7-0,9$  мкм, на циліндричній –  $Ra = 0,2-0,4$  мкм, залежно від умов базування оброблюваних деталей в процесі оброблення, поверхнева твердість збільшується до 9–10 ГПа, радіуси заокруглення різальних кромки збільшуються на 5–10 %. Показано, що момент під час нарізання різи мітчиками після МАО на 15–40 % менший, ніж під час нарізання необробленими.

**Ключові слова:** магнітно-абразивне оброблення, мітчик, різальна кромка, твердість, шорсткість, заокруглення різальної кромки.

The specificities of magneto-abrasive machining of cutting taps made from high-speed steel were researched. Surface roughness after cycle machining of cutting taps on the front surface is reduced to  $Ra=0,1\mu m$ , on the back surface to  $Ra=0,7-0,9\mu m$ , on the cylindrical surface -  $Ra=0,2-0,4\mu m$ , depending on the conditions of basing the machined pieces during machining, surface hardness increases to 9–10GPa, radii of cutting edge rounded increases on 5–10 %. It is shown, that the moment for cutting taps at tapping after MAM on 15–40 % less than for unmachined taps.

**Key words:** Magneto-abrasive machining, cutting tap, cutting edge, hardness, roughness, rounding of cutting edge.

**Вступ** Забезпечення відповідної якості різального інструменту на фінішних етапах виготовлення досягається використанням методів оброблення, які забезпечують одночасне зміцнення, формування мікрогеометричних характеристик, а також полірування робочих поверхонь. Магнітно-абразивне оброблення (МАО) різального інструменту (РІ) є сучасним та ефективним методом оброблення, який забезпечує досягнення вищезазначених параметрів і формує необхідні величини радіусів заокруглення різальних кромки (РК). Велика кількість робіт досліджує вплив процесу МАО на характеристики різальних інструментів, а саме: свердел [1], кінцевих фрез [2, 3], мітчиків [4], розверток [5]. Показано, що після МАО збільшується твердість поверхонь, формується сприятливий напружений стан поверхневого шару, знижується шорсткість поверхонь, формується рівномірний радіус заокруглення РК зі сприятливою формою. Проте відсутня інформація з оброблення мітчиків в умовах великих магнітних щілин кільцевого типу та вплив процесу МАО на їх експлуатаційні характеристики.

**Мета роботи** – дослідити вплив магнітно-абразивного оброблення на параметри мікрогеометрії робочих поверхонь, твердість мітчиків із швидкорізальної сталі, а також вплив МАО мітчиків на силові показники процесу нарізання різи.

**Умови проведення експериментальних досліджень.** Експериментальні дослідження виконували на мітчиках М12, виготовлених із швидкорізальної сталі. МАО виконували на експериментальному верстаті [1], який забезпечує можливість обертання виробів з реверсом навколо осі кільцевої ванни (КВ) з регульованою швидкістю, реверсивне обертання інструмента навколо власної осі, можливість змінного кутового базування оброблювальних деталей у робочій зоні щодо площини кільцевої ванни. Оброблення виконували магнітно-абразивним порошком Полімам-Т з розміром зерен 200/160 мкм з використанням олійної ЗОМТС марки АСФОЛ. Швидкість руху деталі вздовж кільцевої ванни – 3 м/с, швидкість обертання навколо власної осі – 300 об/хв. Величина магнітної індукції у вільній від магнітно-абразивного порошку робочій щілині становила 0,25 Тл. Оброблення виконували за різних кутів базування мітчиків у робочій зоні верстата [6]: перший варіант за кута нахилу осі мітчиків  $p$  до площини робочої зони, що дорівнює  $42^\circ$ , та кута повороту осі мітчиків стосовно дотичної до кола обертання навколо осі кільцевої ванни  $q$  дорівнює  $25^\circ$ ; другий варіант – за  $p$ , що дорівнює  $25^\circ$ , та  $q = 25^\circ$ . Час оброблення у сумі становив 120 с для кожного мітчика: мітчики № 1 і № 4 обробляли 120 с – в режимі “натікання” і обертання за годинниковою стрілкою навколо власної осі, мітчик № 5 – 120 с – в режимі “стікання” і обертання проти годинникової стрілки навколо власної осі, мітчики № 2 та № 3 – 60 с в режимі “натікання” і обертання за годинниковою стрілкою навколо власної осі та 60 с – в режимі “стікання” і обертання проти годинникової стрілки навколо власної осі.

Вимірювання шорсткості поверхні проводили на різних зубцях мітчиків на спеціальному модулі, зібраному на основі профілометра моделі 296. Радіус заокруглення різальних кромки мітчиків вимірювали на різних зубцях на інструментальному мікроскопі УІМ-2М. Поверхневу твердість мітчиків визначали на мікротвердомірі ПМТ-3 за навантаження на індентор 1, 1,5 і 2Н.

У вихідному стані (до МАО) шорсткість  $R_a$  передньої та задньої поверхонь становила 1,2–1,4 мкм, а на циліндричній частині мітчиків – 0,8–0,9 мкм; поверхнева твердість –  $HV = 8,27$  ГПа, радіус заокруглення різальної кромки – 26 мкм.

**Результати досліджень.** Магнітно-абразивне оброблення мітчиків за кутів базування  $p=42^\circ$ ,  $q=25^\circ$  призводить до зниження шорсткості на передніх та циліндричних поверхнях зубців до  $R_a=0,1-0,19$  мкм, а також до зменшення шорсткості на задніх поверхнях – до  $R_a=0,7$  мкм. Результати зміни параметра  $R_a$  показані у вигляді гістограм на рис. 1.

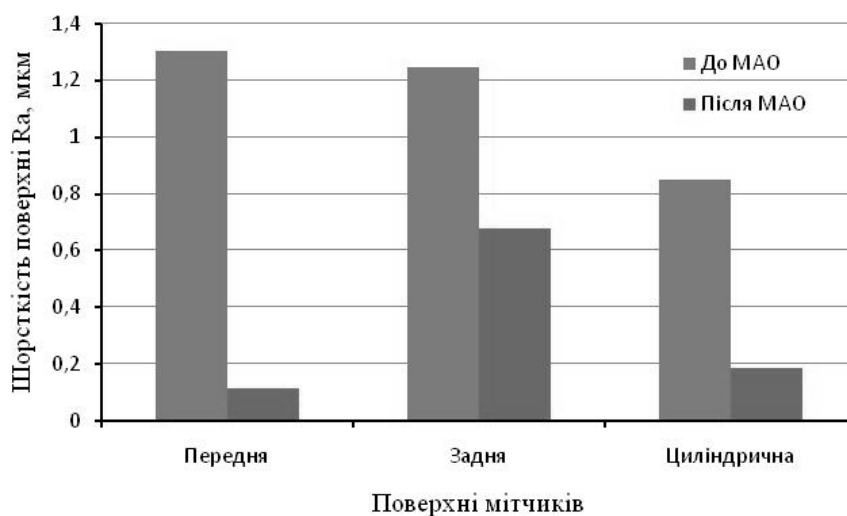


Рис. 1. Зміна шорсткості поверхонь мітчиків після МАО за  $p=42^\circ$ ,  $q=25^\circ$

Шорсткість на передніх поверхнях зубців знижується до  $Ra=0,1$  мкм, а циліндричних – до  $Ra=0,4$  мкм; на задніх поверхнях – до  $Ra=0,9$  мкм після MAO мітчиків за  $p=25^\circ$ ,  $q=25$  (рис. 2). Значення  $Ra$  у цьому випадку дещо вищі, ніж за першого варіанта базування мітчиків у кільцевій робочій зоні. Оскільки за такого розташування оброблювального інструмента в робочій зоні верстата тангенціальна складова швидкості оброблення буде менша, ніж у попередньому випадку, і відпо-відно буде меншою фрикційна взаємодія магнітно-абразивного інструменту з оброблюваними поверхнями мітчиків.

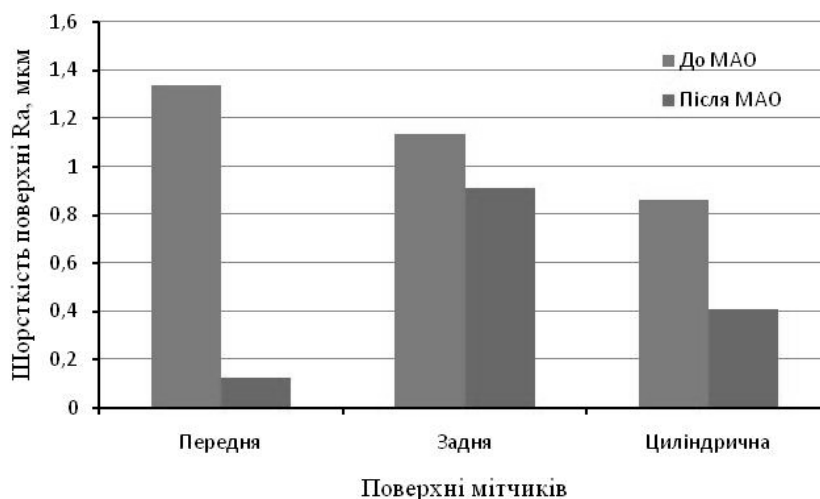


Рис. 2. Зміна шорсткості поверхонь мітчиків після MAO за  $p = 25^\circ$ ,  $q = 25^\circ$

Величина заокруглення різальних кромek мітчиків в процесі нарізання різи буде істотно впливати на його працездатність та на його стійкість [2, 3]. Вплив MAO на зміну величини радіусів заокруглення РК мітчиків показано у вигляді гістограм на рис. 3 та 4.

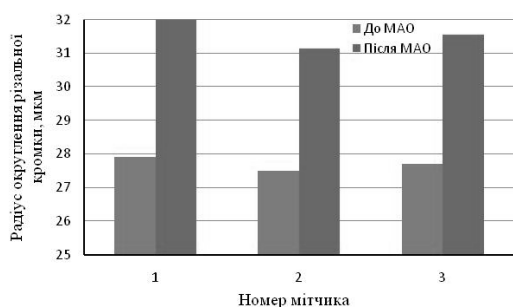


Рис. 3. Радіуси заокруглення різальних кромek мітчиків за  $p=42^\circ$ ,  $q=25^\circ$

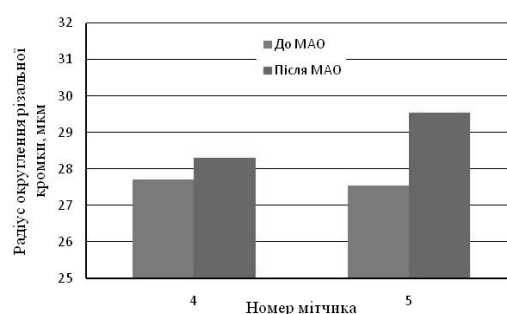


Рис. 4. Радіуси заокруглення різальних кромek мітчиків за  $p=25^\circ$ ,  $q=25^\circ$

MAO мітчиків призводить до збільшення радіуса заокруглення різальних кромek мітчиків на 5–10 %, що сприяє підвищенню стійкості інструмента.

Результати досліджень поверхневої твердості показано у вигляді гістограм на рис. 5. Після MAO, як за першого, так і за другого варіантів базування мітчиків у кільцевій ванні, відбувається збільшення поверхневої твердості мітчиків до 9–9,5 ГПа.

Дослідження силових характеристик під час експлуатації мітчиків проводили на вертикально-свердильному верстаті з застосуванням універсального динамометра УДМ-600, який приєднаний через узгоджувальний пристрій до ЕОМ. Визначали максимальне значення крутних моментів під час нарізання різи. Різь нарізали в отворі на прохід у сталі 12ХН3 (217 НВ). Умови нарізання різи: частота обертання мітчиків – 60 об/хв. Результати порівнювали з отриманими даними під час

нарізання різи необробленим мітчиком №6. Результати досліджень показано на рис. 6 та наведено у таблиці.

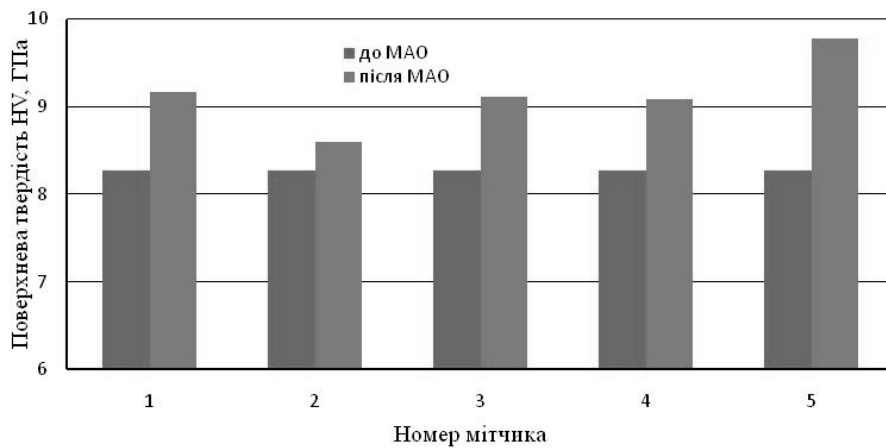


Рис. 5. Поверхнева твердість HV робочої частини мітчиків до та після MAO

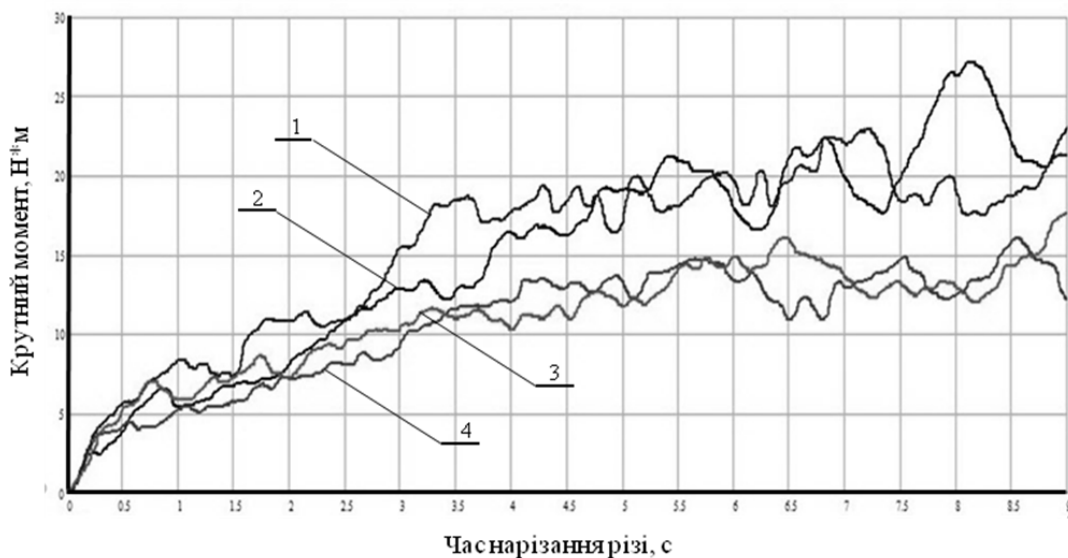


Рис. 6. Залежність зміни крутного моменту від часу нарізання різи:  
1 – мітчик № 4; 2 – мітчик № 6; 3 – мітчик № 5; 4 – мітчик № 3

#### Максимальні значення моменту під час нарізання різи

№ мітчика	Умови базування інструмента при MAO	Напрямок оброблення		Максимальне значення моменту, Н·м
		навколо осі КВ, “натікання” або “стікання”	навколо власної осі, за або проти годинникової стрілки	
6	-	-	-	27,19
3	$p=42^\circ, q=25^\circ$	120 с стікання	120 с проти	18,13
4	$p=25^\circ, q=25^\circ$	60 с нат./60 с стік.	60 с за/60 с проти	16,02
5	$p=25^\circ, q=25^\circ$	120 с натікання	120 с за	22,98

Показано, що для мітчиків, оброблених MAO, моменти під час оброблення менші на 15–40 %, ніж у необроблених. Процес нарізання різі мітчиками, обробленими MAO, відбувається за менших зусиль, що є передумовою підвищення стійкості інструмента, що підтверджує попередні дослідження [1, 7].

**Висновки.** Досліджено вплив магнітно-абразивного оброблення на шорсткість поверхонь, поверхневу твердість, радіуси заокруглення різальних кромки мітчиків M12, виготовлених із швидкорізальної сталі. Встановлено, що шорсткість на передній поверхні знижується до  $Ra=0,1$  мкм, на задній – до  $Ra=0,7-0,9$  мкм, на циліндричній – до  $Ra=0,2-0,4$  мкм, залежно від умов базування мітчиків у процесі оброблення поверхнева твердість збільшується до 9–10 ГПа, радіуси заокруглення різальних кромки збільшуються на 5–10 %.

Показано, що під час експлуатації процес нарізання різі мітчиками, обробленими за допомогою MAO, відбувається за менших зусиль, що підвищує стійкість інструмента.

1. Майборода В.С. Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішного оброблення фасонних поверхонь: дис. ... докт. техн. наук: 05.03.01 / Майборода Віктор Станіславович. – К., 2001. – 404 с. 2. Tikal Franz Schneidkantenpräparation – Ziele, Verfahren und Messmethoden / F. Tikal, R. Bienemann, L. Heckmann. – Kassel universitypress GmbH, Kassel, 2009. – 193 S. 3. Denkena B. Influence of the cutting edge rounding on the chip formation process: Part 1. Investigation of material flow, process forces, and cutting temperature / B. Denkena, J. Köhler. Mesfin Sisay Mengesha // Prod. Eng. Res. Devel. – 2012. – №6. – P.329–338. 4. Барон Ю.М. Магнітно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с. 5. Гейчук В.М. Синтез кінематики процесу магнітно-абразивного оброблення в кільцевій ванні: дис. ... докт. техн. наук: 05.03.01 / Гейчук Володимир Миколайович. – К., 2012. – 472 с. 6. Майборода В. Магнітно-абразивне оброблення кінцевого різального інструменту в умовах великих магнітних цілин з використанням відновлювальних елементів / В. Майборода, Д. Джулій, І. Ткачук, О. Беляєв // Вісник ТНТУ. – 2012. – №4(68). – С 133–141. 7. Byelyaev O. Erhöhung der Leistungsfähigkeit von HSS-Spiralbohrern durch Einsatz der magnetabrasiven Bearbeitung. Dissertation Dr.-Ing. – Magdeburg, Germany, 2008. – 149 p.