

Д.В. Тарган, аспір.
В.С. Майборода, д.т.н., проф.
О.А. Плівак, асист.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Г.Г. Добровольський, с.н.с., д.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет

Вплив кінематики процесу магнітно-абразивного оброблення на параметри якості робочих поверхонь мітчиків із швидкорізальної сталі

Досліджено вплив кінематики процесу магнітно-абразивного оброблення на якість робочих поверхонь мітчиків з кутом профілю різьби 60°. Показано вплив умов базування мітчиків у робочій зоні верстату на якість оброблення робочих поверхонь та експериментально підтверджено наявність зон «перекривання» зубців інструменту при його обробленні. Було встановлено, що після магнітно-абразивного оброблення з кутом $\rho = 30^\circ$, шорсткість на задній циліндричній поверхні зменшується на 35 %, а з кутом $\rho = 70^\circ$ – на 10–25 %, що пов'язано з особливостями взаємодії магнітно-абразивного інструменту з оброблюваними поверхнями. На передній поверхні шорсткість зменшилася з $Ra = 0,62$ мкм до $Ra = 0,3-0,35$ мкм. Поверхнева твердість робочих частин мітчиків після МАО з кутом $\rho = 30^\circ$ збільшилася на 10 %, а з кутом $\rho = 70^\circ$ – зменшилася на 5–10 %, що пов'язано з виходом на поверхню у процесі пластичного деформування дефектів матеріалу тонкого поверхневого шару та частковим відтисненням дрібнодисперсних карбідів вглиб матеріалу.

Ключові слова: мітчик; магнітно-абразивне оброблення; шорсткість; поверхнева твердість; інтенсивність.

Постановка проблеми. При виготовленні роз'ємних конструкцій поміж різних способів з'єднання, важливе місце займають різьбові з'єднання. Вони забезпечують міцність та надійність з'єднання елементів конструкції та відносно довгий період експлуатації.

Внутрішня різьба є поверхнею, що використовується у всіх класах деталей. Найбільш поширеним способом отримання внутрішньої різьби є нарізання мітчиками, причому це єдиний спосіб отримання різьби малого діаметра. Даний метод є простим, широко відомим і високоефективним [1]. Але при використанні мітчиків виникають проблеми через їх передчасну втрату працездатності, викришування зубців аж до повного руйнування. Поломка мітчика потребує великих затрат часу на його витягування та призводить до псування різьби та навіть до браку деталей. Основними причинами руйнування мітчиків є швидке зношення, великі сили різання, забивання канавки стружкою та заклинювання інструменту в отворі [2, 3]. Для підвищення якості мітчиків, на фінішних етапах їх виготовлення доцільно застосовувати методи оброблення, які забезпечують необхідні параметри шорсткості та міцності робочих поверхонь, видалення завусенок та зазубрин, а також ефективно усувають концентратори напружень і формують сприятливий напружений стан поверхневих шарів матеріалу інструменту. Одним із методів фінішного оброблення різального інструменту, що дозволяє в комплексі вирішувати проблеми мікрогеометрії робочих поверхонь, фізико-механічних властивостей поверхневих шарів, величини та форми округлення РК на всіх елементах, що приймають активну участь у різанні, є магнітно-абразивне оброблення (МАО).

Дослідження впливу процесу МАО на показники якості різального інструменту (РІ), особливо на стан їх мікрогеометрії, показали, що застосування методу МАО є доцільним на заключних етапах технологічного процесу його виготовлення [4–6]. Цей метод дозволяє комплексно впливати на стан поверхневого шару, контрольовано змінювати його фізико-механічні властивості та мікрогеометрію як робочих поверхонь РІ, так і різальних кромки (РК).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема підвищення якості мітчиків магнітно-абразивним методом частково займалися Ф.Тікал, Б.Денкена, Л.Дюбнер, В.Хоменко, П.Новіков, О.Кексін [4, 7–11]. Наведені дослідження обмежені або лише розрахунками, або виключно якісними показниками процесу МАО мітчиків. У роботі [11] не враховано вплив кінематики процесу МАО на показники якості мітчиків та відсутні їх експлуатаційні дослідження.

У дослідженні [12] виконано аналітичні розрахунки впливу кінематики процесу МАО на ефективність оброблення робочих поверхонь та РК мітчиків з кутом профілю різьби 60°. Показано, що при розташуванні мітчиків під кутами $\rho = 20-60^\circ$ до площини робочої зони не всі поверхні будуть ефективно взаємодіяти з магнітно-абразивним інструментом (МАІ). Ефективне МАО мітчиків доцільно

виконувати за умов їх розташування під кутом $60\text{--}90^\circ$ до площини робочої зони. Це свідчить про те, що саме особливості базування мітчиків у робочій зоні кільцевого типу в процесі оброблення суттєво впливають на показники якості інструменту. Аналогічні результати було наведено в [6] при обробленні багатограних непереточуваних пластин.

Тому попередньо виконані дослідження та аналітичні розрахунки впливу параметрів MAO мітчиків на ефективність процесу є досить актуальними при визначенні і розробленні технологічного процесу фінішного MAO, що забезпечує задані параметри якості робочих поверхонь інструменту і потребують експериментальної перевірки.

Мета дослідження. Експериментальне дослідження впливу кінематики процесу MAO на характеристики якості робочих поверхонь мітчиків із швидкорізальної сталі з кутом профілю різьби 60° та визначення умов ефективного оброблення.

Викладення основного матеріалу. Дослідження проводили на мітчиках M10 однієї партії трьох різних виробників, виготовлених із швидкорізальної сталі P6M5 (рис. 1). Для ідентифікації умовно позначимо партії: Виробник 1; Виробник 2; Виробник 3.

MAO виконували на експериментальному верстаті [6], який забезпечує можливість обертання виробів з реверсом навколо осі кільцевої ванни з регульованою швидкістю, реверсне обертання інструменту навколо власної осі, можливість змінного кутового базування оброблювальних деталей у робочій зоні відносно площини кільцевої ванни – p та базування деталі відносно дотичної до кола обертання навколо осі кільцевої ванни – q .



Виробник 1



Виробник 2



Виробник 3

Рис. 1. Зовнішній вигляд мітчиків, які використовували в дослідженнях

Оброблення виконували із застосуванням магнітно-абразивного порошку Полімам-Т з розміром частинок 400/315 мкм. В якості змочувально-охолоджуючого технологічного середовища використовували олійну рідину марки АСФОЛ. Швидкість руху деталі вздовж кільцевої ванни 2,5 м/с, частота обертання навколо власної осі – 700 об/хв. Величина магнітної індукції у вільній від магнітно-абразивного порошку робочій зоні становила 0,25 Тл. Загальний час оброблення становив 4,5 хв, із яких 3 хв у режимі «стікання» та обертання на задню поверхню мітчика та 1,5 хв у режимі «натікання» та обертання на передню поверхню. Для відновлення форми магнітно-абразивного інструменту в процесі оброблення використовували відновлювальний стрижневий елемент з немагнітного матеріалу діаметром 8 мм.

Мітчики обробляли при різних кутах нахилу до площини робочої зони. За результатами розрахунків у [12] було обрано для оброблення кути $p = 30^\circ$ та $p = 70^\circ$. При $p = 30^\circ$ обробляються лише кромки на циліндричній частині та забірному конусі мітчика. При такому розташуванні параметр інтегральної інтенсивності за дотичною складовою швидкості оброблення у зазначених вище зонах за повний цикл процесу MAO становить $I_{V_t} = 1000\text{--}1200$ од., а за нормальною складовою – $I_{V_n} = 400$ од. При $p = 70^\circ$ обробляється весь профіль різальної кромки, причому параметр інтегральної інтенсивності за дотичною складовою швидкості на циліндричній частині РК та на забірному конусі буде $I_{V_t} = 800$ од., за нормальною складовою – $I_{V_n} = 750$ од.

Для візуалізації ефективності MAO мітчиків при різних кутах їх нахилу до площини робочої зони було розроблено методику визначення зон «перекривання» [12] та зон активної взаємодії магнітно-абразивного порошку з оброблюваними поверхнями. Для цього на робочі частини мітчиків наносили тонке покриття темного кольору. Експериментально визначено час для диспергування покриття з поверхні циліндричного зразка, використовуючи режими оброблення, ідентичні режимам оброблення мітчиків. Час оброблення зразка становив 30 с. Мітчики з попередньо нанесеним покриттям обробляли в режимі «натікання» та обертання на передню поверхню. Отримані результати дослідження представлено на рисунку 2.

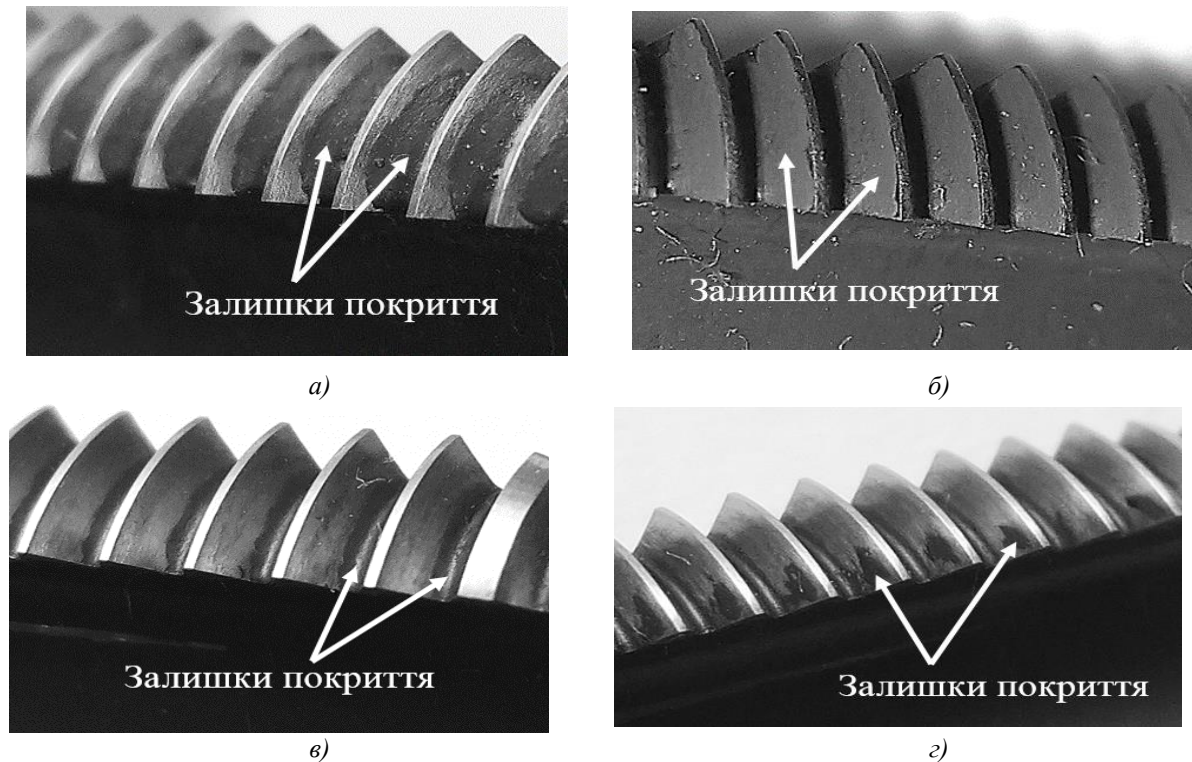


Рис. 2 – Зовнішній вигляд робочої частини мітчиків з попередньо нанесеним покриттям після MAO: а) $p = 30^\circ$, вигляд з боку торця; б) $p = 30^\circ$, вигляд з боку хвостовика; в) $p = 70^\circ$, вигляд з боку торця; г) $p = 70^\circ$, вигляд з боку хвостовика

Показано, що при $p = 30^\circ$ активне оброблення відбувається лише на циліндричній частині зубців та на забірному конусі. Більша частина профілю різальної кромки залишилась із нанесеним покриттям, що свідчить про наявність зон «перекривання», які було визначено розрахунковим методом [12], та недостатньої взаємодії порошку з поверхнею деталі. Натомість, при обробленні з кутом $p = 70^\circ$ зони «перекривання» майже відсутні. За повний цикл оброблення залишки покриття ідентифікуються лише в зоні внутрішнього діаметра інструменту, який не приймає активної участі в різанні та майже не зношується при експлуатації мітчика і, відповідно, вимоги до якості поверхні невисокі. Такі результати підтверджують результати розрахунків про наявність тінювих зон та зон «перекривання» і дозволяють контролювати, яким чином кінематика процесу впливає на якість оброблення поверхонь мітчиків з кутом профілю різьби 60° .

Вимірювання шорсткості поверхні виконували на спеціально розробленому модулі на профілометрі мод. 296. Контролювали величину параметру шорсткості R_a на передній та задній поверхнях до та після MAO не менше, як у 5–7 зонах. Зазначимо, що на задній поверхні шорсткість вимірювали впоперек нерівностей, отриманих у результаті шліфування, а на передній поверхні – вздовж. На рисунку 3 показано схему вимірювання шорсткості робочих поверхонь мітчиків.

Визначення поверхневої твердості робочої частини мітчиків виконували на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні на індентор 2 Н. Вимірювання виконували на задній поверхні різних зубців інструменту не менше п'яти разів на кожному. Схему вимірювання мікротвердості робочої частини мітчиків представлено на рисунку 4.

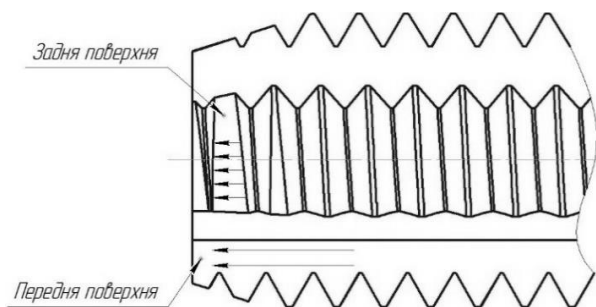


Рис. 3. Схема вимірювання шорсткості на робочих поверхнях мітчиків

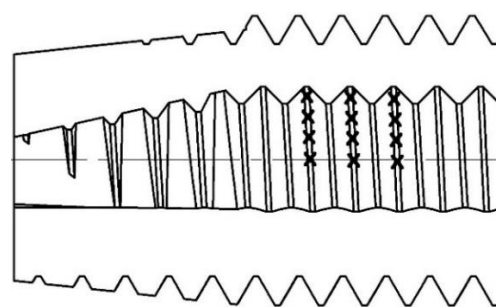


Рис. 4. Схема вимірювання мікротвердості на робочій частині мітчика

Результати вимірювання шорсткості на поверхнях мітчиків різних виробників до та після MAO представлено на рисунку 5.

Найбільшу шорсткість по задній поверхні $R_a = 1,2$ мкм фіксували на мітчиках 1-го виробника. Шорсткість на задній поверхні мітчиків 2-го та 3-го виробника становила $R_a = 0,65-0,7$ мкм.

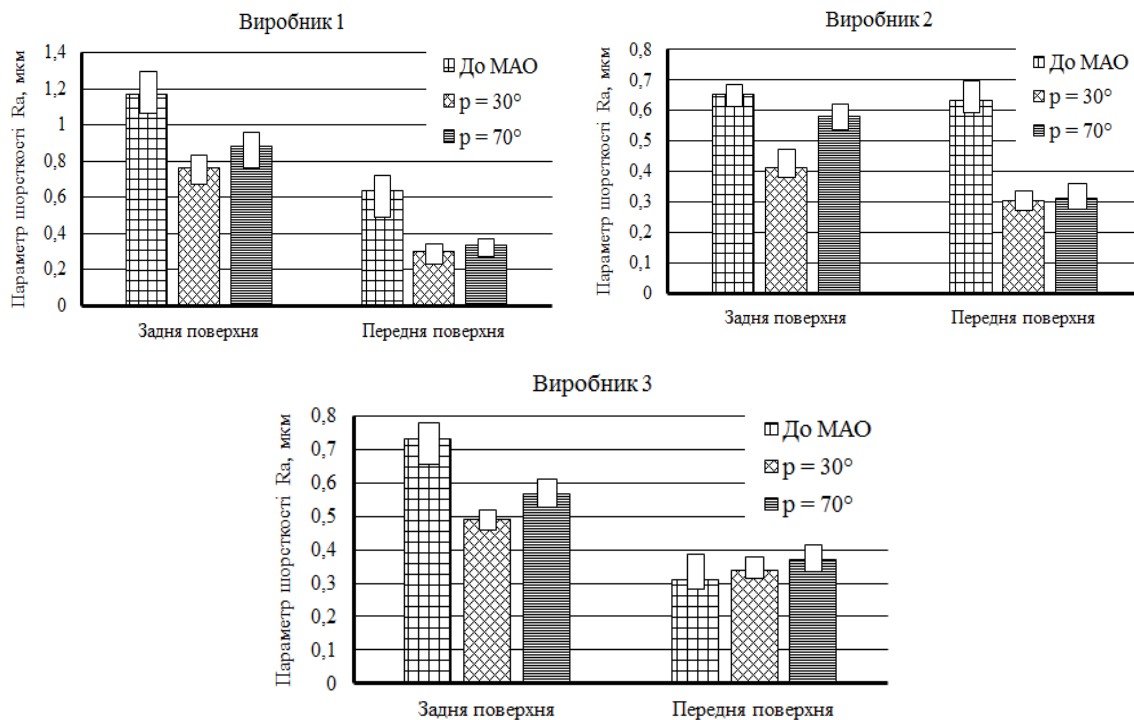


Рис. 5. Значення шорсткості на задній та передній поверхнях мітчиків різних виробників до та після MAO

При однакових режимах оброблення при $p = 30^\circ$, шорсткість на задній поверхні мітчиків виробника № 1 зменшилася до $R_a = 0,79$ мкм, виробника № 2 – до $R_a = 0,4$ мкм, виробника № 3 – до $R_a = 0,49$ мкм. У відсотковому співвідношенні шорсткість на задній поверхні мітчиків усіх виробників зменшилася на 35 %. Після MAO при $p = 70^\circ$ шорсткість на задній поверхні мітчиків виробника № 1 зменшилася до $R_a = 0,85$ мкм, виробника № 2 – до $R_a = 0,58$ мкм, виробника № 3 – до $R_a = 0,56$ мкм, відповідно, на 29 %, 11 % та 22 %.

Така розбіжність результатів по параметру шорсткості на задній поверхні при різних кутах базування мітчиків у робочій зоні верстата може бути пояснена з результатів аналізу значень величин інтегральних інтенсивностей швидкостей активного руху МАП відносно оброблюваних поверхонь [12]. Так, інтегральна інтенсивність за дотичною складовою швидкості оброблення, яка в основному і впливає на чистоту поверхні, на задній циліндричній поверхні інструменту при $p = 30^\circ$ дорівнює $I_{V_t} = 1000-1200$ од., а при $p = 70^\circ$ – $I_{V_t} = 800$ од., що на 30–35 % менше. Таким чином, показано, що експериментальні дані підтверджують результати аналітичного моделювання.

Шорсткість на передній поверхні у вихідному стані у мітчиках виробника № 1 – $R_a = 0,64$ мкм, виробника № 2 – $R_a = 0,62$ мкм, виробника № 3 – $R_a = 0,3$ мкм. Після MAO шорсткість на передній поверхні в усіх мітчиках, незалежно від кута p , становить $R_a = 0,3-0,35$ мкм. Для мітчиків 1-го та 2-го виробника це значення шорсткості у 2 рази менше від початкового. У випадку із мітчиками 3-го виробника, шорсткість на передній поверхні дещо збільшилася. Це пояснюється тим фактом, що МАП, яким обробляли мітчики – Полімам-Т з розміром частинок 400/315 мкм, складно отримати шорсткість, кращу за $R_a = 0,3$ мкм [6]. Для робочих поверхонь мітчиків немає потреби подальшого зменшення шорсткості, адже при значеннях $R_a \leq 0,1$ мкм виникає вірогідність активної адгезійної взаємодії матеріалу інструменту з оброблюваним металом, що призводить до передчасного руйнування мітчиків та бракування деталей [13].

Зміна шорсткості на передній поверхні мітчиків не залежить від кінематики процесу. МАІ постійно рухається по стружковій канавці мітчика та фрикційно взаємодіє з поверхнею.

Результати дослідження поверхневої твердості робочої частини мітчиків до та після MAO представлено у вигляді гістограми на рисунку 6.

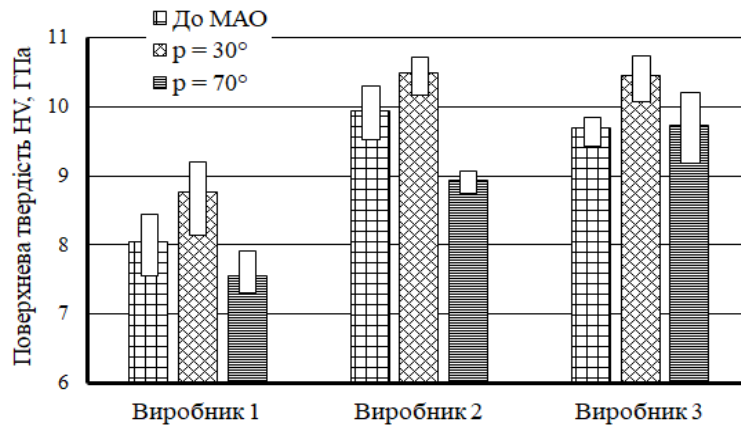


Рис. 6. Поверхнева твердість робочої частини мітчиків до та після MAO

У вихідному стані поверхнева твердість робочої частини мітчиків 1-го виробника була найменшою – $HV = 8$ ГПа, 2-го та 3-го виробника – на рівні $HV = 9,8$ – 10 ГПа. Після MAO при $p = 30^\circ$ мікротвердість мітчиків збільшилася на 10 %: виробника № 1 – до $HV = 8,8$ ГПа, виробника № 2 та № 3 – до $HV = 10,5$ ГПа. Після MAO при $p = 70^\circ$ поверхнева твердість робочої частини мітчиків усіх виробників зменшилася: виробника № 1 – до $HV = 7,5$ ГПа, виробника № 2 – до $HV = 8,9$ ГПа, виробника № 3 – до $HV = 9,8$ ГПа. Подібні значення мікротвердості було отримано при обробленні мітчиків вертикально у робочій зоні [14]. Інтегральна інтенсивність за нормальною складовою швидкості оброблення при $p = 70^\circ$ на циліндричній частині становить $I_{V_n} = 700$ од., що у 3 рази перевищує значення I_{V_n} при $p = 30^\circ$. Під поверхнею знаходиться зона з відносно зниженою мікротвердістю, що пов'язано з виходом на поверхню у процесі пластичного деформування дефектів матеріалу тонкого поверхневого шару та невеликим відтисненням дрібнодисперсних карбідів вглиб матеріалу [6]. Результати дослідження мікротвердості мітчиків свідчать, що для партії інструментів виробника 1 некоректно виконано термічне оброблення. Крім того, після MAO на зазначених мітчиках розкривалися тріщини матеріалу на робочій частині, що унеможливило їх подальшу експлуатацію.

Потрібно зауважити, що вимірювання проводили на доступних для цього поверхнях. Так, за результатами розрахунку, при MAO з $p = 30^\circ$ більша частина робочих поверхонь та профілю різальної кромки мітчика знаходяться у зоні «перекривання» та не обробляються ефективно. Тому, для визначення впливу кінематики процесу MAO на працездатність мітчиків, необхідно провести дослідження стійкості інструменту в умовах промислового виробництва.

Висновки. Досліджено вплив кінематики процесу MAO на якість робочих поверхонь мітчиків з кутом профілю різьби 60° . Встановлено, що після MAO з кутом $p = 30^\circ$, шорсткість на задній циліндричній поверхні зменшилась на 35 %, на передній має значення $Ra = 0,3$ – $0,35$ мкм. Після MAO з кутом $p = 70^\circ$, шорсткість на задній циліндричній поверхні зменшилась на 10–25%, на передній має значення $Ra = 0,3$ – $0,35$ мкм. Поверхнева твердість робочих частин мітчиків після MAO з кутом $p = 30^\circ$ збільшилася на 10 %, а з кутом $p = 70^\circ$ – зменшилася на 5–10 %, що пов'язано з виходом на поверхню в процесі пластичного деформування дефектів матеріалу тонкого поверхневого шару та невеликим відтисненням дрібнодисперсних карбідів вглиб матеріалу. Для визначення впливу кінематики процесу MAO на працездатність мітчиків, необхідно провести дослідження стійкості інструменту в умовах промислового виробництва.

Список використаної літератури:

1. Якухин В.Г. Высотехнологичные методы металлообработки / В.Г. Якухин. – Москва : МГИУ, 2011. – 360 с.
2. Меметов С.Р. К вопросу повышения работоспособности метчиков при резьбообразовании / С.Р. Меметов, Ч.Ф. Якубов // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – Вып. 80. – С. 191–195.
3. Евстегнеева О.Н. Повышение надежности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях конструкционно-технологическими методами : дисс. ... канд. техн. наук : спец. 05.03.01 / О.Н. Евстегнеева. – Москва, 2003. – 138 с.
4. Дюбнер Л.Г. Магнитно-абразивная обработка концевой режущего инструмента / Л.Г. Дюбнер, В.С. Майборода, А.А. Ивановский // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Серия : Машиностроение. – 2003. – Вып. 44. – С. 107–108.
5. Финишная обработка поверхностей при производстве деталей / С.А. Клименко и др. ; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 376 с.
6. Майборода В.С. Магнитно-абразивная обработка деталей сложной формы / В.С. Майборода, И.В. Слободянюк, Д.Ю. Джулий. – Житомир : ПП «Рута», 2017. – 272 с.
7. Tikal F. Schneidkantenpräparation Ziele, Verfahren und Messmethoden. Berichte aus Industrie und Forschung / F. Tikal, R. Bienemann, L. Heckmann. – Kassel : Kassel University Press GmbH, 2009. – 193 p.

8. Denkena B. Influence of the cutting edge rounding on the chip formation process : in parts. Part 1. Investigation of material flow, process forces, and cutting temperature / B.Denkena, J.Köhler, M.S. Mengesha // *Prod. Eng. Res. Devel.* – 2012. – № 6. – Pp. 329–338.
9. Хоменко В.А. Магнітно-абразивна обробка метчиків / В.А. Хоменко, А.М. Іконников, А.В. Богданов // *Ползуновский вестник.* – 2012. – № 1/1. – С. 318–320.
10. Новиков П.А. Повышение точности формообразования внутренних резьб М3...М6 в деталях из алюминиевых сплавов : дисс. канд. техн. наук : спец. 05.03.01 / П.А. Новиков. – Севастополь, 2012. – 210 с.
11. Кексин А.И. Повышение качества внутренних резьбовых поверхностей на основе предварительного магнитно-абразивного полирования сложнопрофильного инструмента : дисс. канд. техн. наук : спец. 05.02.08 / А.И. Кексин. – Санкт-Петербург, 2017. – 200 с.
12. Тарган Д.В. Аналіз інтенсивності магнітно-абразивного оброблення мітчиків в залежності від кінематичних параметрів процесу / Д.В. Тарган, В.С. Майборода, Д.Ю. Джулії // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.* – 2017. – Вип. № 5 (106). – С. 82–88.
13. Древал А.Е. Критерии оптимального износа машинных метчиков / А.Е. Древал, А.В. Литвиненко // *Известия ВУЗов. Серия : Машиностроение.* – 2012. – № 1. – С. 60–66.
14. Тарган Д.В. Вплив магнітно-абразивного оброблення на твердість та структуру матеріалу мітчиків із швидкорізальної сталі / Д.В. Тарган, В.С. Майборода // *Вісник ХНТУ. Серія : Інженерні науки.* – 2017. – Вип. № 2 (61). – С. 119–125.

References:

1. Jakuhin, V.G. (2011), *Vysokotekhnologichnye metody metalloobrabotki*, MGIU, Moskva, 360 p.
2. Memetov, S.R. and Jakubov, Ch.F. (2011), «K voprosu povyshenija rabotosposobnosti metchikov pri rez'boobrazovanii», *Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah*, Vol. 80, NTU «HPI», Har'kov, pp. 191–195.
3. Evstegneeva, O.N. (2003), *Povyshenie nadezhnosti raboty metchikov pri narezanii rez'b v gluhih otverstijah konstrukcionno-tehnologicheskimi metodami*, diss. of kand. tehn. nauk, spec. 05.03.01, Moskva, 138 p.
4. Djubner, L.G., Majboroda, V.S. and Ivanovskij, A.A. (2003), «Magnitno-abrazivnaja obrabotka koncevogo rezhushhogo instrumenta», *Vestnik Nacional'nogo tehničeskogo universiteta Ukrainy «Kievskij politehničeskij institut»*, Serija *Mashinostroenie*, Vol. 44, pp. 107–108.
5. Klimentenko, S.A. and others, Chizhik, S.A. and Hejfec, M.L. (ed.) (2017), *Finishnaja obrabotka poverhnostej pri proizvodstve detalej*, Belaruskaja navuka, Minsk, 376 p.
6. Majboroda, V.S., Slobodjanjuk, I.V. and Dzhulij, D.Ju. (2017), *Magnitno-abrazivnaja obrabotka detalej slozhnoj formy*, PP «Ruta», Zhitomir, 272 p.
7. Tikal, F., Bienemann, R. and Heckmann, L. (2009), *Schneidkantenpräparation Ziele, Verfahren und Messmethoden. Berichte aus Industrie und Forschung*, Kassel University Press GmbH, Kassel, 193 p.
8. Denkena, B., Köhler, J. and Mengesha, M.S. (2012), «Influence of the cutting edge rounding on the chip formation process», in parts, Part 1 «Investigation of material flow, process forces, and cutting temperature», *Prod. Eng. Res. Devel.*, No. 6, pp. 329–338.
9. Homenko, V.A., Ikonnikov, A.M. and Bogdanov, A.V. (2012), «Magnitno-abrazivnaja obrabotka metchikov», *Polzunovskij vestnik*, No. 1/1, pp. 318–320.
10. Novikov, P.A. (2012), *Povyshenie tochnosti formoobrazovanija vnutrennih rez'b M3...M6 v detaljah iz aljuminievych splavov*, Diss. of kand. tehn. nauk, spec. 05.03.01, Sevastopol', 210 p.
11. Keksин, A.I. (2017), *Povyshenie kachestva vnutrennih rez'bovyh poverhnostej na osnove predvaritel'nogo magnitno-abrazivnogo polirovanija slozhnoprofil'nogo instrumenta*, Diss. of kand. tehn. nauk, spec. 05.02.08, Sankt-Peterburg, 200 p.
12. Targan, D.V., Majboroda, V.S. and Dzhulij, D.Ju. (2017), «Analiz intensyvnosti magnitno-abrazivnogo obrobrennja mitchykv v zalezhnosti vid kinematychnyh parametrov procesu», *Visnyk KrNU imeni Myhajla Ostrogradskogo*, Vol. 5 (106), pp. 82–88.
13. Dreval, A.E. and Litvinenko, A.V. (2012), «Kriterii optimal'nogo iznosa mashinnyh metchikov», *Izvestija VUZov, Serija Mashinostroenie*, No. 1, pp. 60–66.
14. Targan, D.V. and Majboroda, V.S. (2017), «Vplyv magnitno-abrazivnogo obrobrennja na tverdist' ta strukturu materialu mitchykv iz shvydkorizal'noi stali», *Visnyk HNTU, Serija Inzhenerni nauky*, Vol. 2 (61), pp. 119–125.

Тарган Дмитро Валентинович – аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- підвищення працездатності різального інструменту магнітно-абразивним методом;
- магнітно-абразивне оброблення складнопрофільних деталей.

E-mail: tarakan.com@ukr.net.

Майборода Віктор Станіславович – доктор технічних наук, професор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- реологія порошкових феромагнітних середовищ в слабких магнітних полях;
- фінішне оброблення виробів складної просторової конфігурації;
- магнітно-абразивне оброблення і зміцнення виробів;
- спеціальні покриття та їх оброблення.

Плівак Олександр Анатолійович – асистент, завідувач лабораторії вимірювальної техніки механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- інформаційне забезпечення автоматизованих вимірювальних систем.

Добровольський Генадій Георгійович – старший науковий співробітник, доктор технічних наук, професор кафедри галузевого машинобудування Житомирського державного технологічного університету.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2018.