

## МЕТОДИ ПОВЕРХНЕВОГО ФІНІШНОГО ОБРОБЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

*Приведен анализ современных методов финишной поверхностной обработки инструмента и определены наиболее эффективные, с точки зрения обеспечения высоких эксплуатационных требований, предъявляемых промышленностью к современному режущему инструменту. Показано, что одним из перспективных методов финишной полирующе-упрочняющей обработки многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин является магнитно-абразивная обработка, которая способна обеспечить одновременное равномерное формирование низкой шероховатости рабочих поверхностей, благоприятной микрогеометрии необходимой степени упрочнения поверхностного слоя.*

*The analysis of modern methods of surface finishing processing and cutting tools determine the most effective, in terms of high operational requirements put forward by industry to the modern tool. It is rotined that one of perspective methods of finish consolidating treatment of many-sided throw-away hard-alloy plates is magnetic-abrasive treatment which is able to provide the simultaneous even forming of low roughness of workings surfaces, to favourable mikrogeometrii of necessary degree of work-hardening of superficial layer.*

У сучасному механообробному виробництві усе більш широке застосування знаходить дороге автоматизоване верстатне обладнання. Експлуатація такого устаткування характеризується жорсткістю умов роботи різального інструменту, що в свою чергу значно підвищує вимоги до працездатності інструменту. Одним з найбільш перспективних стають питання фінішного оброблення, які дозволяють цілеспрямовано впливати на властивості поверхневого шару, забезпечуючи при цьому суттєве зростання можливостей різального інструменту, підвищення його експлуатаційних характеристик.

Підвищення працездатності різального інструменту в значній мірі визначається формуванням необхідних властивостей його робочих поверхонь, в особливості на заключних етапах виготовлення і пов'язано, перш за все, зі зміною фізико-механічних властивостей як поверхневого шару готових виробів, так і безпосередньо стану поверхні, в особливості її мікрогеометрії. До методів фінішного механічного оброблення можна віднести, такі як алмазне шліфування і полірування, методи вібраційного, дрібструменого і гідро-абразивного [1] та магнітно-абразивного [2] оброблень. Усі вище зазначені методи поверхневого зміцнення різального інструменту спрямовані на підвищення експлуатаційних властивостей, але вони мають як свої переваги, так і недоліки.

Метою даного огляду є аналіз сучасних методів фінішного поверхневого оброблення різального інструменту та визначення найбільш ефективних, з точки зору забезпечення високих експлуатаційних вимог, що висуваються промисловістю до сучасного різального інструменту.

При механічному фінішному обробленні, яке виконується з метою підвищення працездатності і зміцнення поверхні інструменту виявляються наступні ефекти: змінюється структура поверхневого шару; збільшується «запасена енергія» поверхневого шару; зменшується шорсткість поверхні, згладжуються і «заліковуються» концентратори напружень поверхневого шару інструментального матеріалу. Крім того важливим фактором є формування низької шорсткості поверхні робочих елементів багатограних непереточуваних твердосплавних пластин (БНТП), згладженого мікрорельєфу, вільного від концентраторів напружень, викришувань, виривів, тощо.

При алмазному шліфуванні і поліруванні твердосплавного різального інструменту завдяки специфічним властивостям алмазу в поверхневому шарі твердих сплавів, при дотриманні необхідних умов оброблення, як правило виникають залишкові стискаючі напруження, які є бажаними для поверхні твердосплавного інструменту. Величина зазначених напружень залежить від умов оброблення і може досягати 2500-3000 МПа, глибина залягання складає 7-15 мкм [1]. Недотримання умов оброблення, або використання засаленого алмазного круга призводить до збільшення локальних температур в зоні різання, що є причиною формування позитивних розгинаючих напружень до 1000-1500 МПа. При цьому на поверхні зразків твердого сплаву можуть виникати мікротріщини, які є наслідком формування в поверхневих шарах підвищених позитивних залишкових напружень в результаті термо-пластичного деформування.

Загальний недолік алмазного абразивного оброблення різального інструменту [1] – точковий, або лінійчатий контакт алмазного інструменту з оброблюваною поверхнею, через що виникає складність оброблення поверхонь складного профілю, якими є наприклад передня поверхня БНТП з спеціальними стружколамними канавками, особливим профілем різального леза, що потребує застосування спеціального інструменту. У зазначених зонах алмазне оброблення або дуже ускладнене, або практично неможливе. Вирішення цієї проблеми досягається за рахунок використання віброабразивного, або дрібструминного і гідроабразивного оброблень [3, 4], оброблення у вільному абразивному середовищі шляхом застосування спеціальних щіток з еластичними волокнами [5]. Відзначимо, що вказані методи дозволяють забезпечити пластичне деформування поверхневого шару, отримати в поверхневому шарі більш сприятливу, з точки зору міцності сплавів, епюру залишкових напружень.

При віброабразивному обробленні глибина залягання негативних залишкових напружень складає 200 мкм і більше, а їх величина складає 2000 – 3000 МПа аналогічно алмазному обробленні. Досяжна шорсткість поверхні складає Ra 0,5-0,8 [3]. При чому вважається, що зменшення шорсткості поверхні інструменту з твердого сплаву після вібро- і струминних методів оброблення не відіграє значної ролі у підвищенні працездатності [4].

Недоліком дрібструминного та гідродрібструминного методів є низька ефективність оброблення деталей, які мають складну поверхню. Це обумовлено тим, що струмінь не забезпечує рівнобічних умов зіткнення абразивних часток з різними ділянками оброблюваної поверхні. Для запобігання цих недоліків, при обробленні складнопрофільних деталей, необхідно застосовувати декілька струменів, що ускладнює технологічну схему оброблення. Недоліком оброблення у вільному абразивному середовищі шляхом застосування спеціальних щіток з еластичними волокнами є відносно не контролюєма зміна розмірів, особливо різальних кромки.

Головний недолік зазначених методів оброблення пов'язаний з практично слабо контрольованим процесом зміни геометрії робочих елементів різального інструменту, в особливості радіусів різальних кромки, а також наявність на лезах сколювань і викрашування в результаті чисельних мікроударів вібротіл, дробі, абразивних частинок об поверхню різального інструменту. У зв'язку з тим широке застосування ці методи отримали переважно для твердосплавного бурового, породоруйнуючого інструменту, коли необхідне отримання максимального зміцнення поверхневого шару окремих робочих елементів інструменту, тому широкого застосування при обробленні БНТП ці методи не отримали.

За своєю дією механізм зміни властивостей поверхневого шару при вібро – і струминних методах оброблення аналогічні алмазному обробленні. На поверхні інструменту з твердого сплаву відзначається зміцнення карбідних зерен WC, (W, Ti)C, (W, Ti, Ta)C, в наслідок росту мікронапружень у кобальтовій фазі формуються залишкові напруження стискання, що сприяє зниженню імовірності зародження втомленої тріщини в кобальтовій фазі. Спостерігається також подрібнення блоків мозаїки в зернах карбіду вольфраму, внаслідок підвищення його мікропластичності [6].

В останні роки широке застосування в якості методів фінішного оброблення, яка забезпечує як полірування поверхні так і поверхнєве зміцнення набуло магнітно-абразивне оброблення (MAO), яке робить можливим оброблення складнопрофільних деталей з високою ефективністю і продуктивністю: досягненням заданої шорсткості, збереженням основних геометричних розмірів деталей і в деяких випадках їх корегування [7, 8].

Переваги застосування цього методу полягають в обробленні в умовах, коли магнітно-абразивний інструмент нівелює відносно оброблюваної поверхні і при певних умовах може забезпечувати рівномірне поверхнєве оброблення, яке може забезпечити як рівномірне отримання низької шорсткості поверхні так і зміцнення поверхневого шару деталей.

Введення в технологію виробництва твердосплавного РІ магнітно-абразивного оброблення вперше виконано в роботах [9]. Дослідження були спрямовані на забезпечення оптимальної шорсткості, особливо для різальних кромки і радіусів їх заокруглення. Враховуючи ефективність попереднього окислення поверхні твердих сплавів перед віброабразивним обробленням [1] було запропоновано метод термомагнітно-абразивного оброблення з метою отримання більшої ефективності безпосередньо MAO [10]. Доведено не тільки підвищення працездатності БНТП в 2-3,6 разів, твердосплавних мітчиків у 1,6-1,9 рази, пов'язане з формуванням сприятливого мікрорельєфу робочих поверхонь і зміцненням поверхневого шару, а і доцільність використання MAO перед нанесенням тонких зносостійких іонно-плазмових покриттів.

Вважаючи на переваги і недоліки традиційних методів фінішного оброблення БНТП, а також їх різноманітну просторову форму і широку номенклатуру застосовуваних пластин доцільним є проведення на заключних стадіях виготовлення методів об'ємного магнітно-абразивного оброблення. До пристроїв MAO складнопрофільних деталей, якими безумовно є БНТП, відносяться установки, які реалізують схему, що містить кільцеву робочу камеру і магнітну систему з магнітопроводом, обладнанням полюсними наконечниками, розташованими з протилежних бічних сторін камери [11]. Оброблювані деталі переміщують по складній траєкторії навколо вісі кільцевої камери. При цьому завдання такої траєкторії визначається складною формою деталей і відтворюється додатковими пристроями [12, 13], які забезпечують вирішення проблеми отримання підвищеної продуктивності і якості процесу MAO. Відомо більше 200 схем, що відрізняються за конструкцією і принципом дії в залежності від виду, форми і матеріалу оброблюваних деталей [14, 15], відносними рухами [16], функціональним використанням магнітного поля [17], тощо. Запропоновані класифікації методів і схем MAO складнопрофільних деталей не враховують особливостей формування МАІ і необхідну енергію, яка підводиться з боку МАІ до оброблюваної поверхні для здійснення процесу оброблення. Вважаючи на зазначене, а також конструкції і схеми процесу MAO, запропоновані в [8, 18, 19] логічним є поділити існуючі методи і схеми MAO, в особливості тих, що застосовують при обробленні деталей складної форми, на два типи, відповідно до розміру робочих щілин – розміру між полюсними наконечниками робочої камери і оброблюваною поверхнею. При цьому важливим стає врахування:

- особливостей формування магнітно-абразивного порошку в робочих зонах, дія додаткових сил;
- конструктивних формують елементів магнітних систем верстатів;
- властивостей магнітно-абразивних порошоків;
- величини і типу магнітного поля в робочих зонах;
- характер і траєкторії переміщення оброблюваних деталей при MAO;
- швидкості MAO і особливостей оброблення.

Схематично взаємодію вище зазначених факторів з урахуванням ступеня їх впливу на процес MAO можна переставити у вигляді схеми, наведеної на рис. 1.

До першого типу будемо відносити способи і схеми MAO, які в процесі оброблення формують МАІ в робочих щілинах розмір яких складає від 0,3 до 1,5-2 мм, чи що те ж саме – 3-5 характерних розмірів частинок порошку магнітного абразиву, що використовується. Зазначені способи і пристрої для MAO, як правило, орієнтовані на оброблення феромагнітних деталей простої форми, типу тіл обертання, площин або близьких до них за формою,

коли можливо відтворення еквідистантної робочої щілини за рахунок використання полюсних наконечників спеціальної форми, або завдання необхідної складної траєкторії руху оброблюваної деталі з метою забезпечення виконання зазначеної умови еквідистантності. При цьому в робочих щілинах є необхідною умовою створення магнітних полів з індукцією в робочих зонах в межах 0,8-1,1 Тл для забезпечення зусиль необхідних для притискання МАІ до оброблюваних поверхонь. Для оброблення немагнітних деталей використання таких схем неефективно із-за складності створення достатніх для оброблення сил тільки за рахунок сил магнітного походження [16]. Фактично магнітне поле виконує роль основного навантажуючого на МАІ фактору в процесі MAO, який забезпечує ефективне і рівномірне оброблення.



Рис. 1. Чинники, що визначають умови і особливості процесу MAO складнопрофільних деталей

До другого типу слід віднести методи, схеми і пристрої із шириною робочої щілини понад 3-5 мм (10 і більш характерних розмірів частинок порошку). Для таких умов MAO характерним є значний вплив вектору швидкості кожної окремої частинки оброблюваної поверхні на процес MAO, і значний внесок у сили різання вноситься за рахунок динамічного навантаження, а використовуваний МАІ є рухомо-направлено-скоординованим. При цьому відбувається поєднання в одному процесі методу магнітно-абразивного оброблення, вібраційного оброблення і методу струйно-спрямованого оброблення. Саме такий тип схем оброблення найбільш прийнятний для MAO таких деталей, як БНТП, кінцевого інструменту, лопаток газотурбінних двигунів, тощо. Інформація щодо оброблення БНТП у зазначених умовах практично відсутня.

У зв'язку з широкою номенклатурою деталей з фасонними поверхнями для кожної деталі або типу деталей необхідно створення індивідуальної, конкретної схеми, використання якої для інших типів деталей обмежено. Це пояснює відсутність необхідного обладнання і, як результат, обмежене використання MAO деталей з фасонними поверхнями. Ефективне відтворення методу MAO деталей складної форми, представниками яких є БНТП, потребує досить чіткого аналізу кінематики процесу оброблення з метою створення оптимальних умов переміщення оброблювальних поверхонь відносно МАІ, умов формування МАІ в зонах оброблення значної ширини і як наслідок умов контактування МАІ з поверхнею при MAO. Дослідження в цій галузі показали, що зміна характеру базування, тобто створення складного контрольованого переміщення в зоні оброблення, дозволяє покращити оброблюваність деталі [20, 21]. Важливим питанням стає розробка і обґрунтування умов оброблення деталей типу БНТП, їх розташування і відносне переміщення в робочих зонах верстатів, тощо, які дозволяють отримати рівномірне і високоєфективне оброблення.

Таким чином можна зробити висновки, що одним із перспективних методів фінішного поліруючо-зміцнюючого оброблення БНТП є магнітно-абразивний метод, який здатний забезпечити одночасне рівномірне формування низької шорсткості робочих поверхонь, сприятливої мікрогеометрії і необхідного ступеня зміцнення поверхневого шару. Враховуючи те, що БНТП можна віднести до класу деталей з складною просторовою формою найбільш прийнятною схемою MAO буде схема об'ємного оброблення, яка реалізується в умовах з кільцевим розташуванням робочих щілин на верстатах роторного типу, які мають значну продуктивність. У зв'язку з тим, що БНТП мають досить широку номенклатуру, можуть суттєво відрізнятися одна від одної за формою, розмірами,

конструктивними елементами доцільне використання схеми оброблення з широкою магнітною щілиною з урахуванням кінематики складного руху та позиціонування.

### Список літератури

1. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – Киев: Наукова думка, 1984. – 328 с.
2. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 328 с.
3. Кармалюк В.И. Исследование процесса вибрационной объемной обработки и его влияние на физико-механические свойства твердых сплавов: Автореф. дис. канд. техн. наук/ Львов, 1969. – 23 с.
4. Триандафилиди И.И., Кармалюк В.И. Повышение прочности сплава ВК15 вибрационной и термовибрационной обработками// Физ.-хим. Механика материалов. – 1974. - № 2. - С. 117-118.
5. Byelyaev O. Erhöhung der Leistungsfähigkeit von HSS-Spiralbohrern durch Einsatz der magnetabrasiven Bearbeitung. Dissertation Dr.-Ing. –Magdeburg, Germany, 2008.- 149 p.
6. Мильман Ю.В. Новые методики микромеханических испытаний материалов методом локального нагружения жестким индентором// Сучасне матеріалознавство XXI сторіччя/ НАН України. Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства. - К.: Наук. думка, 1998. – 657 с.
7. Ульяненко Н.В. Підвищення працездатності твердосплавного інструменту шляхом застосування магнітно-абразивного оброблення та нанесення зносостійких покриттів. Дис. ... канд. техн. наук. – Київ, 2006. – 160с.
8. Майборода В.С. Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхнь. Дис. докт.техн.наук. – Київ, 2001. – 404 с.
9. Ефремов В.Д., Ящерицын П.И. Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. Мн.: БАТУ. - 1997. - 251 с.
10. Повышение эксплуатационных свойств твердосплавных пластин с помощью термомагнитно-абразивной обработки/ Шлюко В.Барон Ю.М. Технология магнитно-абразивной обработки. – Л.:Машиностроение, 1975. – 128 с.
11. Устройство для объемной полировки: А.с. 462707 СССР, М.Кл. В 24b 31/10 /Ф.Ю.Сакулевич, Л.М.Кожуро, Г.А.Семенов и др. –№1948081/25-8; Заявлено 24.07.73.; Опубл. 05.03.75., Бюл.№9. – 3с.ил.
12. Устройство для объемной полировки: А.с. 480535 СССР, М.Кл. В 24b 31/10 /Ф.Ю.Сакулевич, Л.М.Кожуро, А.А.Кособуцкий. – №1999104/25-8; Заявлено 25.02.74.; Опубл.15.08.75., Бюл.№30. – 2с.ил.
13. Технология за полиране на детайли от переждаема стомама/ Б.Македонски, Х.Атанасов, М.Манолов и др.// Технология на машиностроенето. – София: ЦМИ, 1978. – С.67-72.
14. Жданович В.И. Исследование процесса магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей: Дис. канд. техн. наук. – Минск, 1974. – 184с.
15. Кобчиков В.С. Технология магнитно-абразивного полирования изделий из твердых сплавов. Автореф. дис. ... канд.техн.наук/ ЛПИ. - Л., 1983. - 16с.
16. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. - Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.
17. Оликер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. – М.: Металлургия, 1990. – 176 с.
18. Степанов О.В. Исследование процесса формирования магнитно-абразивного порошкового инструмента для обработки деталей сложной геометрической формы. Дис. ... к.т.н. – Киев, 1997. – 145 с.
19. Спосіб магнітно-абразивної об'ємної обробки В.С.Майборода, В.Н.Гейчук, О.В.Степанов// Патент України на винахід № 25441 А, В24В31/112,1998.- Бюл. №6.
20. Майборода В.С., Джулій Д.Ю. Аналіз умов магнітно-абразивного оброблення багатограних непереточуваних твердосплавних пластин при їх довільному розташуванні в робочих зонах установки типу кільцева ванна. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського. 2008.- №1(48), частина 2. – С. 22-28.
21. Майборода В.С., Гейчук В.М. Кінематика магнітно-абразивної обробки багатограних непереточуваних твердосплавних пластин в магнітній системі типу "кільцева ванна". Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Збірник наук. праць ЖДТУ, вип. 8, 2010. - С.41-76.
22. Майборода В.С., Капушак Т.М. Магнітно-абразивна обробка твердосплавних елементів бурових доліт. Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Збірник наук. праць ЖДТУ, вип.3, 2006. - С.62-81