

УДК 621. 762:691. 921

М.М. Бобіна, Н.В. Ульяненко, Т.В. Лоскутова

## Вплив попередньої магнітно-абразивної обробки на властивості карбідних покриттів

Національний технічний університет України "КПІ", пр. Перемоги 37, м. Київ, 03056, E-mail: [ulyasha@zeos.net](mailto:ulyasha@zeos.net)

У роботі представлені результати досліджень впливу попередньої магнітно-абразивної обробки на властивості дифузійних покриттів на основі карбідів титану, ніобію та хрому. Попередня магнітно-абразивна обробка дозволяє отримати якісні покриття з величиною шорсткості на 8-30% меншою ніж після дифузійного насичення без активації поверхні, формує широку перехідну зону, прискорює ріст покриття на основі карбиду титану, а також збільшує товщину фази карбиду хрому в 2 рази в комплексному покритті на основі карбідів ніобію та хрому.

**Ключові слова:** карбід титану, карбід ніобію, карбід хрому, мікротвердість, шорсткість.

*Стаття постуила до редакції 02.03.2003; прийнята до друку 27.05.2003*

### I. Вступ

Введення в технологію виробництва твёрдосплавного інструменту магнітно-абразивної обробки (МАО) дозволяє підвищити його експлуатаційні властивості. Досягається це як за рахунок зниження шорсткості робочих поверхонь і одержання оптимального радіусу закруглення леза, так і за рахунок зміцнення поверхневого шару [1,2,3]. Отримання оптимального закруглення леза призводить до підвищення продуктивності процесу різання шляхом збільшення часу роботи інструменту до руйнування і зменшення інтенсивності відмовлень, пов'язаних з поломками [4]. Зниження ймовірності руйнування інструменту при цьому обумовлено зменшенням величини концентрацій напружень, інтенсивності вібрацій, заокруглю формою леза інструмента, на якому відсутні мікросколи і задирки, що виникають на операціях заточування і шліфування інструменту.

Суттєвий позитивний ефект від МАО багато в чому обумовлений не тільки усуненням різноманітних поверхневих дефектів, що має твёрдосплавний інструмент [5], а також зміцненням робочих елементів поверхневою пластичною деформацією, яке в значній мірі зменшує вірогідність появи та розвитку мікрodefektів, перешкоджає зародженню втомлених мікротріщин [4]. Крім того, на міцності твёрдосплавного інструменту позитивно позначається його багаторазове перемагнічування під час МАО. При цьому підвищуються стискаючі напруження, які є наслідком високого магнітострікційного ефекту, властивого кобальту [1].

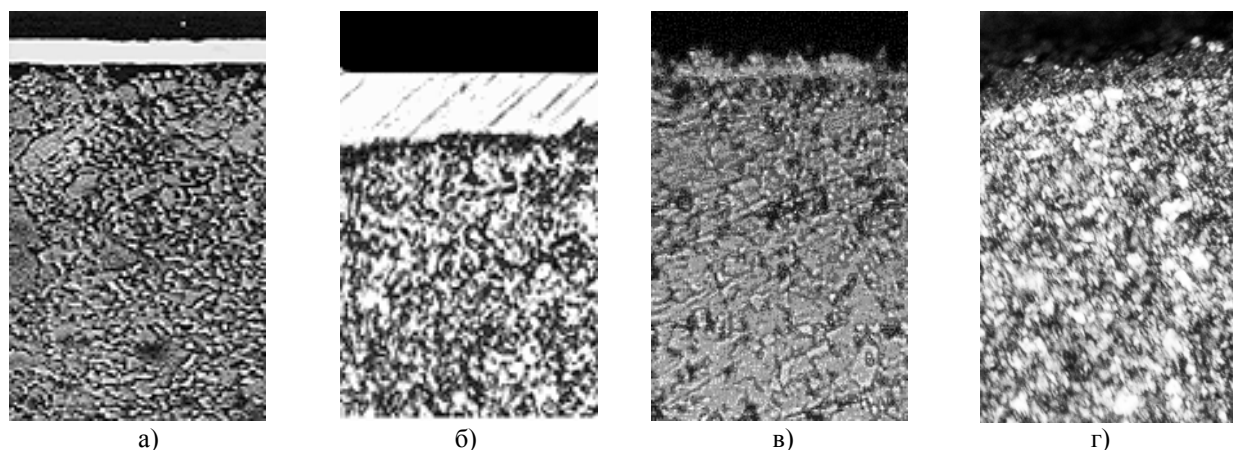
Застосування захисних покриттів на основі

тугоплавких карбідів давно відоме і використовується для підвищення стійкості та працездатності інструмента з твердих сплавів. Так зміцнення поверхні твёрдосплавного інструменту покриттями на основі карбідів титану дозволяє підвищити стійкість в 3-5 разів [6].

Одним з перспективних напрямків керованого впливу на експлуатаційні характеристики різального інструменту є отримання багат шарових покриттів, якщо проводити насичення поверхні твердих сплавів в середовищі двох і більше карбидоутворюючих елементів. Так, при одночасному насиченні ніобієм і хромом можна отримати покриття, що складається з кількох шарів на основі карбідів ніобію та хрому. Аналіз діаграм стану відповідних систем [7], дозволяє припустити, що під час одночасного насичення ніобієм та хромом твёрдого сплаву Т14К8 за рахунок взаємного розчинення елементів в фазах, що входять в склад основи та покриття, утвориться перехідна зона між покриттям та матрицею досить великої товщини та твердості, яка забезпечить добре зчеплення та високі експлуатаційні властивості покриттів.

### II. Дифузійне насичення

Покриття на основі карбиду титану при комплексному насиченні ніобієм та хромом наносили в замкненому реакційному просторі при зниженому тиску активної газової фази до  $10^{-1}$  Па та температурі насичення  $1050^{\circ}\text{C}$  впродовж 2 та 4 годин відповідно. В якості насичуючої суміші використовували порошок титану чи суміш порошків ніобію та хрому



**Рис. 1.** Мікроструктури інструменту зі сплаву Т14К8 після різних способів обробки (x520): а) титанування, б) MAO+титанування, в) ніобійхромування, г) MAO+ніобійхромування.

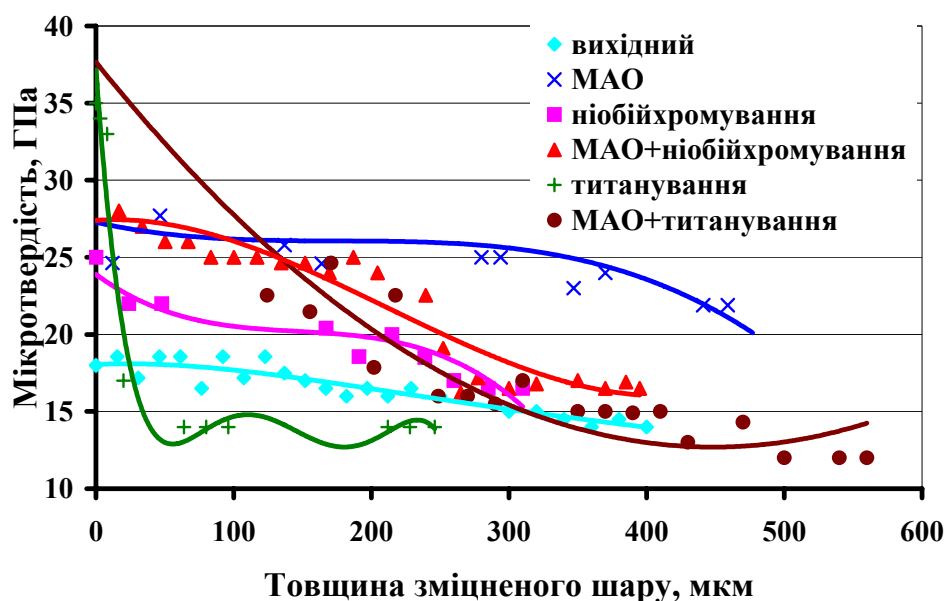
в співвідношенні 1:1, вуглецьмісткі та хлормісткі сполуки.

Після титанування на поверхні зразка зі сплаву Т14К8 утворився шар карбіду титану товщиною 5-6 мкм з мікротвердістю 36,0 ГПа (рис. 1а). Покриття складається з рівновісних кристалітів. Під покриттям розташована зона товщиною 5-10 мкм з підвищеним вмістом титану. Взаємна дифузія елементів покриття і твердого сплаву сприяє підвищенню їх зчеплення. Мікротвердість перехідної зони знаходиться в межах 18,0-19,5 ГПа (рис. 2).

Встановлено, що після ніобійхромування на поверхні зразка зі сплаву Т14К8 утворилося двошарове покриття (рис. 1г), що складалося з двох зон: зовнішня – на основі карбіду ніобію NbC, мікротвердістю 25,0 ГПа, товщиною 5 мкм та

внутрішня – на основі карбіду хрому Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> товщиною 1,0 мкм. Під покриттям виявлена перехідна зона з підвищеною мікротвердістю – 21,0 ГПа безпосередньо біля межі розділу покриття-матриця товщиною майже 200 мкм (рис. 2). Така велика перехідна зона, очевидно, утворюється саме за рахунок розчинності компонентів покриття в карбіді титану.

Безсумнівний інтерес представляють можливі комбінації таких способів підвищення стійкості та працездатності твердосплавного інструменту, як магніто-абразина і хіміко-термічна обробки.



**Рис. 2.** Вплив способу обробки сплаву Т14К8 на розподіл мікротвердості по товщині зміцненого шару.

### III. Дифузійне насичення з попередньою активацією поверхні

Метою попередньої магнітно-абразивної обробки є активація поверхні, на яку наносять дифузійні покриття, а також отримання кращої шорсткості та формування геометрії робочих елементів без концентраторів напружень.

Магнітно-абразивну обробку проводили на установці типу “кільцева ванна” [2] за наступним режимом: швидкість обробки – 2 м/с, магнітна індукція – 0,2 Тл; час обробки 120 с; порошок Полімам-Т фракції 300/200 з додаванням АНМ фракцією 3/2 до 10% [3].

При використанні для інструменту тих чи інших захисних покриттів необхідно враховувати міцність зчеплення їх з матрицею, яка визначається рядом факторів. Найбільш важливими є хімічна природа матеріалу покриття та основи, шорсткість поверхонь, що покривають, робоча температура, різниця в коефіцієнтах термічного розширення покриття та матеріалу основи. Так автори [6] рекомендують наносити покриття на шорсткуваті поверхні.

З іншого боку, відомо, що пластична деформація супроводжується виникненням на контактних поверхнях активних центрів (дислокацій, вакансій), що сприяє більш інтенсивному протіканню дифузії в поверхневих шарах. Внаслідок того, що, в нашому випадку, дифузійне насичення трохи віддалено в часі від процесу пластичного деформування, вплив підвищеної концентрації рухливих частинок і при низькій температурі вакансій не враховували. Однак, ті накопичені під час MAO надлишкові дислокації, що обумовлюють нагартований стан поверхні сплаву і мають малу рухливість при низьких температурах, при температурах насичення підвищують свою рухливість і провокують більш глибоку дифузію елементів покриття в матрицю, утворюючи більш широку перехідну зону і забезпечуючи добре зчеплення з основою.

При титануванні товщина шару TiC, нанесеного на зразок підданий MAO, збільшується майже в

1,5 рази, в порівнянні з покриттям, нанесеним на необроблений зразок (табл. 1, рис. 1б). Мікротвердість шару, при цьому, не змінюється, але визначено більш плавну її зміну по глибині (рис. 2).

Товщина та фазовий склад покриття з карбідів ніобію та хрому, нанесених на зразок підданий MAO, майже не змінюється (табл. 1, рис. 1г): зовнішня зона (NbC), товщина якої не змінюється, але мікротвердість (табл. 1) зростає до 27,0 ГПа., а внутрішня (Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>) збільшується до 2 мкм.

Як відомо [8], мікротвердість карбіду NbC залежить від співвідношення C/Nb, і досягає максимуму при C/Nb ≈ 0,82. Можна припустити, що попередня MAO забезпечує умови для отримання близького до такого співвідношення карбіду. Попередня активація насичуваної поверхні може бути причиною, що призводить до додаткового розчинення Ti в карбіді ніобію, що, як показано в [8], призводить до зростання мікротвердості NbC.

Проведення попередньої магнітно-абразивної обробки безпосередньо перед нанесенням покриття на основі карбіду титану добре очищує поверхню від оксидів та бруду, активізує її за рахунок підвищення концентрації дислокацій та енергії самої поверхні. Таким чином, ще в процесі нагрівання до температури насичення починається активна дифузія вуглецю, а потім і титану з насичуючого середовища в середину матриці. При цьому формується перехідна зона глибиною до 100 мкм і мікротвердістю під покриттям 30,0 ГПа (рис. 2).

Попередня магнітно-абразивна обробка, проведена перед ніобійхромуванням, настільки активізує процеси дифузії в глиб матриці, що в результаті в перехідній зоні разом з карбідними фазами, характерними для сплаву T14K8, присутні дуже дисперсні карбіди хрому та карбід NbC. За рахунок утворення таких дисперсних включень під покриттям утворилася зона, глибиною до 150 мкм, мікротвердість якої змінюється від 27,0 ГПа до 25,0 ГПа. І потім, ще на протязі 100 мкм вона спадає до мікротвердості матриці (рис. 2.).

Виявлено, що MAO знижує шорсткість поверхні

Таблиця 1.

Товщина карбідного покриття при різних способах обробки.

| Способи обробки      | Фази                           | Товщина покриття, мкм | Мікротвердість, ГПа |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Титанування          | TiC                            | 6                     | 36,0                |
| MAO+титанування      | TiC                            | 9                     | 36,2                |
| Ніобійхромування     | NbC                            | 6                     | 25,0                |
|                      | Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub> | 1                     | 17,2                |
| MAO+ніобійхромування | NbC                            | 6                     | 27,0                |
|                      | Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub> | 2                     | 17,5                |

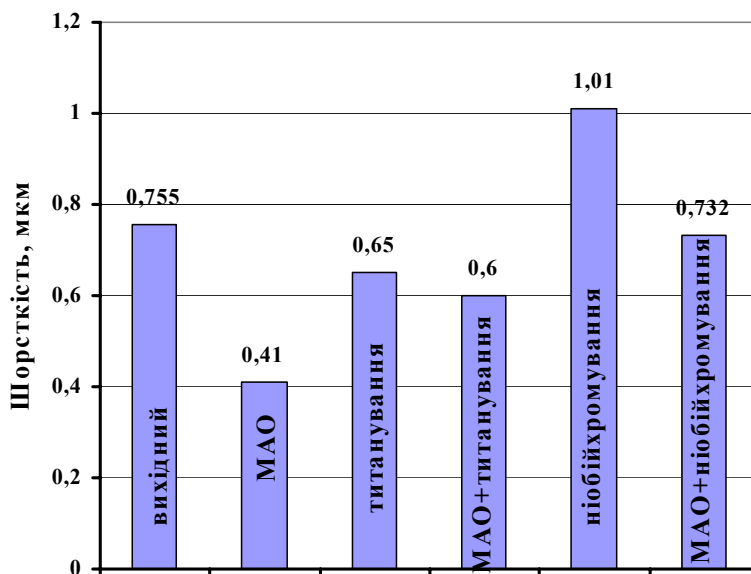


Рис. 3. Вплив способу обробки на шорсткість сплаву Т14К8.

на 20-50 %, а наступне нанесення покриття з карбиду титану підвищує її на 15%, покриття на основі карбідів ніобію та хрому підвищують майже на 30% (рис. 3).

Таким чином, після комбінованої обробки МАО+ХТО кінцева шорсткість титанованих зразків знизилася в порівнянні з вихідним на 21 %, а в порівнянні з просто титанованим – на 8 %. Ніобійхромування, проведене після МАО, дозволило отримати шорсткість робочої поверхні на рівні з вихідною, і на 30 % нижчу в порівнянні з чистим ніобійхромуванням.

#### IV. Висновки

Попередня МАО дозволяє отримати якісні карбідні покриття з шорсткістю кращою на 8-30 % ніж після просто дифузійного насичення.

Попередня МАО прискорює ріст покриття на

основі карбиду титану, а також збільшує товщину фази  $Cr_7C_3$  в 2 рази в комплексному покритті на основі карбідів ніобію та хрому. Товщина фази NbC не змінюється, але її мікротвердість зростає на 2 ГПа.

Застосування МАО перед ХТО формує широкую перехідну зону з мікротвердістю, що плавно змінюється від значень близьких до мікротвердості відповідних карбідів до мікротвердості основи і забезпечує добре зчеплення покриття з основою та запобігає його продавлюванню під час експлуатації.

Застосування МАО, як попередньої операції перед дифузійним насиченням, забезпечує підвищення експлуатаційної стійкості твердосплавного інструменту в 2 рази.

**Бобіна М.М.** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;

**Ульяненко Н.В.** – аспірант.

**Лоскутова Т.В.** – аспірант.

- [1] Ю.М. Барон. *Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов*. Машиностроение, Ленинград, 176 с. (1986).
- [2] В.М. Гейчук, В.С. Майборода, Н.В. Ульяненко. Магнитно-абразивная обработка неперетачиваемых твердосплавных пластин // *Вестник НТУУ "КПИ", Машиностроение*, 43, сс. 118-121. (2002).
- [3] В.Е. Оликер. *Порошки для магнитно-абразивной обработки износостойких покрытий*. Металлургия, Москва, 176 с. (1990).
- [4] Н.Я. Скворчевский, Э.Н. Федорович, П.И. Ящерицын. *Эффективность МАО*. Наука и Техника, Минск, 215 с. (1991).
- [5] И.П. Захаренко, Ю.Я. Савченко, В.Й. Лавриненко, С.М. Дегтяренко. *Прогрессивные методы абразивной обработки металлов*. Техника, Киев, 152 с. (1990).
- [6] В.Ф. Лоскутов, В.Г. Хижняк, Ю.А. Куницький, М.В. Кіндрачук. *Дифузійні карбідні покриття*. Техніка, Киев, 168 с. (1991).
- [7] Е.М. Соколовская, И.И. Геращенко. *Изотермическое сечение системы W, Nb, Co при 900°C. В кн.: Исследование и применение сплавов тугоплавких металлов*. Наука, М. (1983).

- [8] Г.В. Самсонов, Г.Ш. Упадхая, В.С. Нешпор. *Физическое материаловедение карбидов*, Наукова думка, Киев, 456 с. (1974).

M.M. Bobina, N.V. Ulyanenko, T.V. Loskutova

### **Influence of Preliminary Magnetic-Abrasive Processing to Properties Coverages of Carbides**

*National Technical University of Ukraine "KPI", Peremogy Av., 37, Kyiv, 03056, E-mail: [ulyasha@zeos.net](mailto:ulyasha@zeos.net)*

In the paper results of researches of influence of preliminary magnetic-abrasive processing on properties diffusion coverings on basis carbides the titanium, niobium and chromium are submitted. Preliminary magnetic-abrasive processing allows to receive qualitative coverings with a smaller on 8-30 % roughness than the ambassador diffusion saturation without activation of a surface, forms a wide transitive zone, accelerates growth of a covering on a basis carbide the titan, and also increases thickness of a phase carbide of chrome in 2 times in a complex covering on a basis carbides niobium and chromium.