

В.П. Ботвинко, канд. техн. наук

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська, 2, 04074 м. Київ, e-mail: tverdospлав@ism.kiev.ua*

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РІЖУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ТВЕРДИХ СПЛАВІВ ШЛЯХОМ ДОДАТКОВОЇ ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Розроблено метод підвищення зносостійкості ріжучих пластин з твердих сплавів T15K6 та T5K10 шляхом хімічної обробки (пасивації) з метою створення твердого поверхневого шару із карбідів WC, (Ti,W)C з високоточним рівнем дискретності, міцно з'єднаного з основою інструменту. При хімічній обробці частково видаляється кобальт з поверхневого шару інструменту з утворенням міцно зчепленого з карбідним скелетом сплаву солей тугоплавких металів кобальту, вольфраму та титану, які можуть служити в якості антифрикційних присадок і гальмувати процес схоплення з утворенням наросту. При різанні гартованої сталі обробленими твердосплавними пластинами відбувається дисипація (розсіювання) енергії різання через руйнування багатьох травлених границь WC–WC поверхні та утворення дотичних до поверхні мікротріщин.

Ключові слова: *тверді сплави, ріжучі пластини, хімічна обробка, карбідний скелет*

Вступ

Для підвищення експлуатаційних властивостей твердосплавних виробів після їх спікання часто використовують додаткові технологічні операції. Наразі актуальною є додаткова обробка поверхні виробу з метою зміни стану поверхні, наприклад, застосування покриттів із тугоплавких карбідів, нітридів, оксидів, карбонітридів та їх шаруватих структур [1–4]. У 1969 році фірми «Крупп» та «Сандвік» отримали твердосплавні пластини, покриті карбідом титану із газової фази. У 1988 році фірма «Сандвік» виготовила вставки бурового інструменту з більшим вмістом кобальту всередині вставки та меншим в поверхневому шарі. Головна ідея цих технологій полягає в отриманні твердосплавних виробів з твердим зносостійким поверхневим шаром та міцною в'язкою серцевиною. Найбільше підвищують довговічність твердосплавних виробів дискретні карбідні покриття. На сьогоднішній день практично всі провідні виробники твердосплавних різальних інструментів наносять на робочі поверхні захисні, зносостійкі покриття. Найбільш часто покриття наносять PVD, CVD методами, які вимагають використання складного унікального обладнання.

Процес різання характеризується наявністю високих контактних тисків, великих питомих сил тертя та деформацій, а також високих контактних температур, які супроводжуються високими нормальними тисками, що перевищують границю текучості [1–4].

При таких тисках на інструменті може утворитися нарост (схоплювання) [1–4], видалення якого призводить до передчасного виходу інструмента із ладу.

Методика експерименту

Випробування на стійкість при різанні проводились у відділі №18 ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України на токарно-гвинторізному верстаті ФТ11 з використанням державок (ISO 1832-85) з механічним кріпленням різальних пластин.

Серійні різальні пластини типу (03114–120401) із сплавів T5K10 та T15K6 мали форму рівностороннього чотирикутника.

Порівняння працездатності зміцнених (пасивованих) пластин проводили з вихідними пластинами тієї же партії.

Лезова обробка із застосуванням дослідних пластин проводилась при чистовому точінні виготовлених із загартованої сталі ХВГ валів діаметром 89 мм та довжиною 400 мм. Пластини встановлювали в різець з механічним кріпленням, що забезпечувало такі геометричні параметри різальної частини – задній кут $\gamma = -10^\circ$, передній кут $\alpha = 10^\circ$. За критерій зносу було прийнято знос пластин по задній поверхні 0,4 мм. Режими різання: швидкість різання $v = 86$ м/хв., подача – $S = 0,17$ мм/об, глибина різання $t = 0,25$ мм. Різання проводили без охолодження. Різання проводили 3-ма вершинами кожної пластини і розраховували середнє значення.

Перед обробкою ріжучі пластини знежирювались бензином та спиртом. Хімічна обробка (пасивація) робочих поверхонь твердосплавних ріжучих пластин із сплавів Т15К6 та Т5К10 проводилась розчином хлорного заліза в НСІ, реактивом Муракамі, розчинами кислот HF , HNO_3 , H_3PO_4 в спирті з метою створення твердого поверхневого шару.

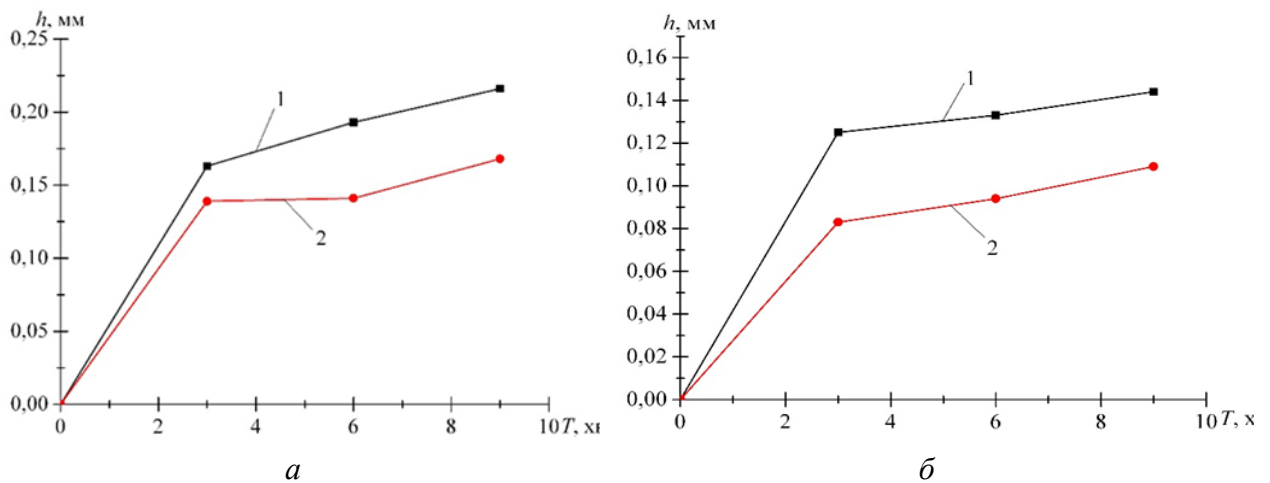
Хлорне залізо FeCl_3 для підвищення його окислювальної здатності насичують соляною кислотою. Хлорне залізо активно вступає в реакцію з металевою зв'язкою, при цьому не діє на карбід вольфраму. Насичений розчин FeCl_3 в соляній кислоті вважається кислотним окисником.

Реактив Муракамі створений таким чином, що в процесі поєднання компонентів (червоної кров'яної солі та луку) відбувається реакція окислення з виділенням активного кисню, який окислює тільки границі зерен WC, при цьому не взаємодіє з металевою зв'язкою. Реактив Муракамі вважається лужним окисником.

Комбінована обробка поверхні ріжучих пластин проводилась спочатку насиченим розчином FeCl_3 в соляній кислоті протягом 1 хв., а потім реактивом Муракамі протягом 5 хв.

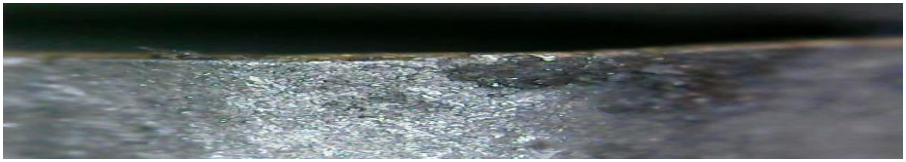
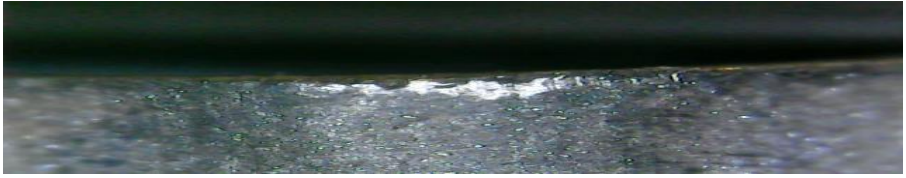
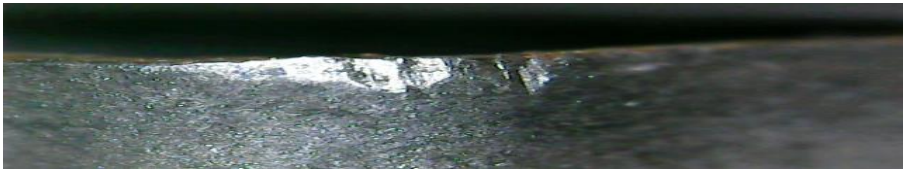




Результати дослідження та їх обговорення

Випробовувались на стійкість при різанні пластини (03114–120401) із сплавів Т5К10 та Т15К6, виготовлені на Кіровоградському комбінаті твердих сплавів. Стійкісні дослідження вихідних та зміцнених пластин проводилися при точінні загартованої сталі ХВГ (220–240 НВ). Результати досліджень приведені на рисунку і в таблиці.

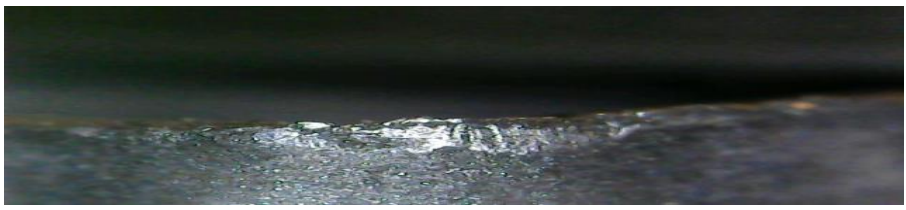
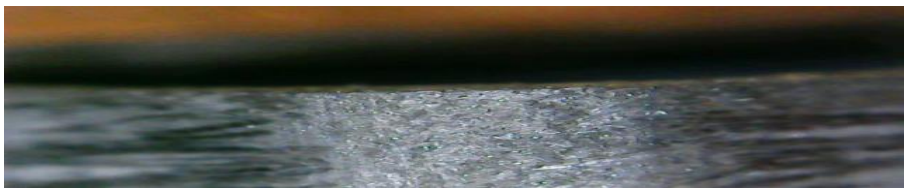
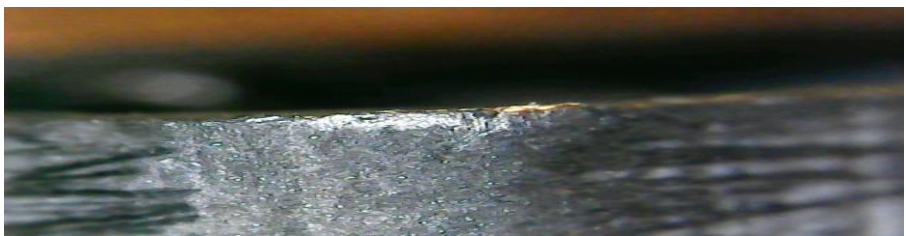


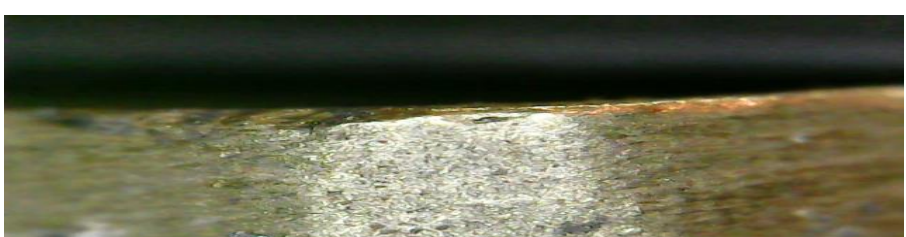


Залежність зносу різальних інструментів від часу точіння сталі ХВГ для сплавів: а – Т5К10; б – Т15К6; 1 – стандартний інструмент, 2 – після хімічної обробки. Режим різання: ($v = 110$ м/хв; $S = 0,14$ мм/об; $t = 0,25$ мм)



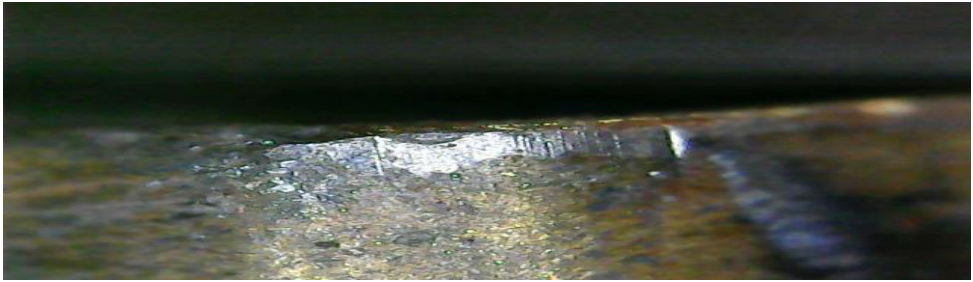
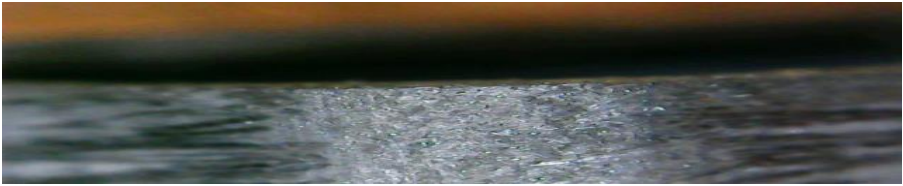
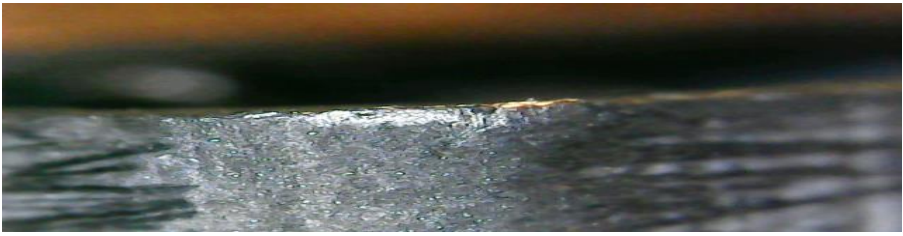

Результати випробувань пластин із сплавів Т5К10 та Т15К6 на стійкість при різанні загартованої сталі ХВГ

№ зразка	h , мкм	T , хв	Знос кромки
1	2	3	4
Т5К10 вих. № 2 (S=0,14мм/об; t=0,25мм; v=110м/хв) сталь ХВГ 220-240 НВ			
1	0	0	
2	163	3	
3	193	6	
4	216	9	
Т5К10 пас №6 (S=0,14мм/об; t=0,25мм; v=110м/хв)			
5	0	0	
6	139	3	
7	141	6	

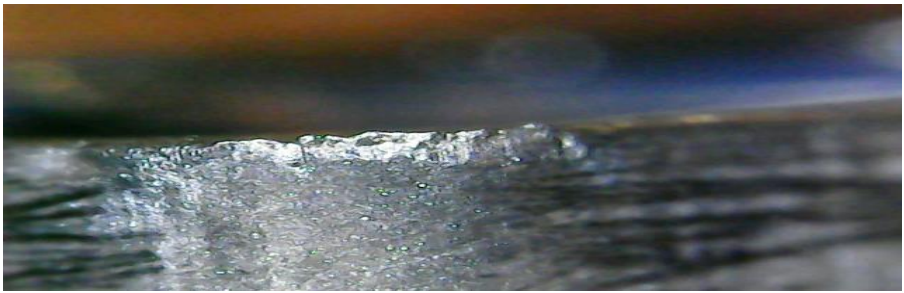
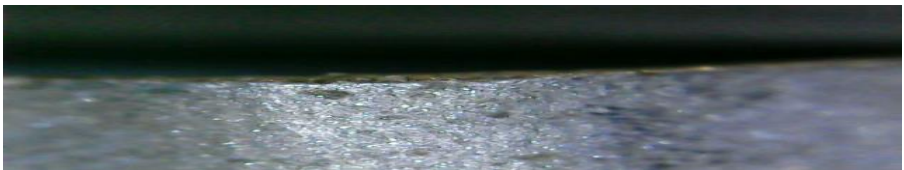

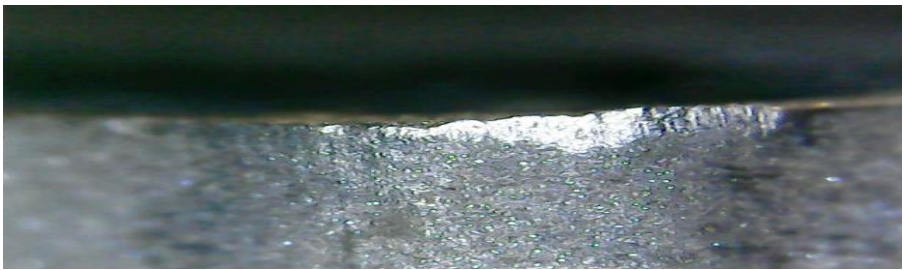

Продовження таблиці

1	2	3	4
8	168	9	
T5K10 +TiN № 22 (S=0,14мм/об; t=0,25мм; v=110м/хв)			
9	0	0	
10	125	3	
11	132	6	
12	145	9	
T15K6 +TiN № 11 (S=0,14мм/об; t=0,25мм; v=110м/хв)			
13	0	0	

Продовження таблиці

1	2	3	4
14	128	3	
15	143	6	
16	157	9	
Т15К6 (пас.) №3 (S=0,14мм/об; t=0,25мм; v=110м/хв)			
17	0	0	
18	83	3	
19	94	6	

Закінчення таблиці

1	2	3	4
20	109	9	
Т15К6 вих. № 1 (S=0,14мм/об; t=0,25мм; v=110м/хв)			
21	0	0	
22	125	3	
23	133	6	
24	144	9	

Аналіз отриманих результатів показує, що використання хімічної обробки поверхонь пластин другої форми зі сплавів Т5К10 і Т15К6 також дозволяє підвищити стійкість різальних інструментів в середньому на 35–40%. Такий ефект досягається тим, що після хімічної обробки пасивації на поверхні різального інструменту залишається шар карбідного скелета та з'являються оксиди з високими антифрикційними властивостями, що загалом дозволяє зменшити адгезійну взаємодію поверхні інструменту зі стружкою.

Механізм зношування інструментів, які піддавались пасивації, та стандартних інструментів має схожий характер – інтенсивне абразивне стирання по задній поверхні та

утворення лунки зносу по передній поверхні, проте слід відмітити, що при використанні інструменту після пасивації спостерігається зменшення інтенсивності утворення наросту на передній поверхні та викришування ріжучої кромки. Останнє пов'язано із зменшенням коефіцієнта тертя на контактних ділянках інструменту та зменшенням адгезійної взаємодії з оброблюваним матеріалом. Зменшення інтенсивності зносу ймовірно обумовлено тим, що при різанні хімічно обробленою пластиною зі сплавів Т5К10, Т15К6 в порівнянні з вихідною необробленою відбувається більша дисипація (розсіювання) енергії взаємодії стружки з твердосплавною ріжучою пластиною через зміну характеру руйнування поверхні сплаву, на якій потрапили межі WC–WC, які стали перепонами розповсюдженню поверхневих мікро- чи субмікротріщин. В результаті фрагменти сколу стали меншими, збільшилася доля інтеркристалітного і збільшилася доля транскристалітного розповсюдження тріщин. Можливо також, що після хімічної обробки в адгезійно-абразивному механізмі зношування твердосплавної ріжучої пластини зростала доля адгезійного зношування. На відміну від процесу різання необробленою пластиною, коли за рахунок зварювання (схоплення) сталеві стружки з кобальтом відбувається більша передача енергії в глибину матеріалу з утворенням меншої кількості мікротріщин більшого розміру перпендикулярно поверхні, утворення оксидних плівок після хімічної обробки призводить до зменшення схоплення поверхонь стружки і різця і, відповідно, до зменшення фрагментів вириву з поверхні різця.

В цілому можна відмітити, що механізм зносу хімічно оброблених пластин з твердих сплавів Т5К10 і Т15К6 може бути складним і багатогранним і потребує складних методів дослідження.

Порівнюючи результати, наведені на рис. *a* та *б*, можна відмітити, що сплав Т5К10 зношується більш інтенсивно, що вказує на необхідність використання в даному випадку сплаву Т15К6, а не Т5К10.

Висновки

1. Хімічна обробка ріжучих пластин з твердих сплавів Т5К10, Т15К6 приводить до підвищення зносостійкості при різанні на 40 %.

2. Найбільш ефективною є послідовна обробка ріжучої пластини розчином FeCl₃ в HCl та реактивом Муракамі. Використання розчину FeCl₃ в HCl призводить до видалення Co з поверхневого шару пластини і за рахунок цього зменшує інтенсивність процесу схоплення при взаємодії сталеві стружки з твердим сплавом. Використання реактиву Муракамі призводить до розтравлення меж WC–WC, що стає перешкодою розповсюдження мікротріщин, що виникають під час відколу і зменшують розміри фрагментів руйнування.

3. Знос хімічно оброблених і необроблених пластин зі сплаву Т15К6 майже в 2 рази менший порівняно зі зносом таких же пластин зі сплаву Т5К10, що пояснюється більшою твердістю та хімічною інертністю до сталеві стружки при високих температурах сплаву Т15К6.

4. Для встановлення основних причин підвищення зносостійкості і найбільш перспективних областей використання ріжучих пластин з хімічною обробкою потрібні додаткові дослідження інших важкооброблюваних матеріалів (титанові сплави, нержавіючі сталі), де є проблема налипання в'язкого твердого оброблюваного матеріалу на інструмент.

5. Ефект підвищення зносостійкості твердосплавних виробів хімічною пасивацією поверхні може бути підвищеним за рахунок оптимізації режимів хімічної обробки та підбору марок твердих сплавів, форми ріжучих пластин, оброблюваних матеріалів, виробів, виробництв, де він буде максимальним.

6. Знос по задній поверхні ріжучого клина під час точіння пластини 4 після обробки розчином хлорного заліза в HCl та реактиві Муракамі рівномірно поступовий в порівнянні з крихким зносом вихідних пластин (рис. 1, табл. 1). При різанні обробленими пластинами

відбувається дисипація (розсіювання) енергії різання через утворення травлених границь WC–WC, які є перепонами для розповсюдження полос ковзання та мікротріщин в кристалах WC, що зменшує частку поперечних мікротріщин і крупних фрагментів руйнування ріжучого клина.

7. Зміна стану границь зерен WC–WC шляхом хімічної обробки поверхні твердосплавних ріжучих пластин (сплави груп BK і TK) змінює механізм зносу їх ріжучого клина з когезійного викришування для необроблених пластин на значно менший адгезійно-дифузійний знос оброблених.

8. При різанні гартованої сталі обробленими твердосплавними пластинами відбувається дисипація (розсіювання) енергії різання через руйнування багатьох травлених границь WC-WC поверхні та утворенням дотичних до поверхні мікротріщин.

Автор висловлює подяку н.с., к.т.н. Клименко С.А. за визначення зносостійкості ріжучих пластин та їх фотографії.

V.P. Botvinko

V. N. Bakul Institut for Superhard Materials of National Academy of Sciences of Ukraine

INCREASING THE STABILITY OF HARD ALLOY CUTTING TOOLS BY ADDITIONAL CHEMICAL TREATMENT

A method for increasing the wear resistance of cutting plates made of hard alloys T15K6 and T5K10 has been developed by chemical treatment (passivation) in order to create a solid surface layer of WC, (Ti, W)C carbides with a high-precision level of discreteness, which is firmly connected to the tool base. . During chemical treatment, cobalt is partially removed from the surface layer of the tool with the formation of skeleton of the alloy of salts of refractory metals (cobalt, tungsten and titanium) tightly bonded to the carbide, which can serve as antifriction additives and inhibit the setting process. When cutting hardened steel with machined carbide plates, the energy of cutting is dissipated (scattered) by the destruction of many etched boundaries of the WC-WC surface and the formation of microcracks tangential to the surface.

Key words: *hard alloys, cutting plates, chemical treatment, carbide skeleton*

В.П. Ботвинко

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПУТЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Разработан метод повышения износостойкости режущих пластин из твердых сплавов T15K6 и T5K10 путем химической обработки (пассивации) их рабочих поверхностей растворами кислот HF, HNO₃, H₃PO₄ в спирте, раствором хлорного железа в HCl и реактивом Мураками с целью создания твердого поверхностного слоя из карбидов WC, (Ti, W)C с высокоточным уровнем дискретности, прочно соединенного с основой инструмента. При химической обработке частично удаляется кобальт из поверхностного слоя инструмента с образованием прочно сцепленного с карбидным скелетом сплава солей тугоплавких металлов кобальта, вольфрама и титана, которые могут служить в качестве антифрикционных присадок и тормозить процесс схватывания с образованием нароста. При резании закаленной стали обработанными твердосплавными пластинами происходит диссипация (рассеяние) энергии резания из-за разрушения многих травлених границ WC-WC поверхности и образования касательных к поверхности микротрещин

Ключевые слова: твердые сплавы, режущие пластины, химическая обработка, карбидный скелет

Література

1. Третьяков В.И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1976. – 528 с.
2. Фальковский В. А., Клячко Л. И. Твердые сплавы. – М.: Руда и металлы, 2005. – 413 с.
3. Киффер Р., Шварцкопф П. Твердые сплавы. – М.: Металлургиздат, 1957. – 664 с.
4. Панов В.С., Чувилин А.М., Фальковский В.А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСИС, 2004. – 464 с.

Надійшла 19.06.20

References

1. Tretyakov, V.I. (1976). *Osnovy metallovedeniia i tehnologii spechennykh tverdyykh splavov [Bases of metal science and technology of production of sintered hard alloys]*. Moscow: Metallurgy [in Russian].
2. Falkovsky, V.A., Klyachko, L.I. (2005) *Tverdye splavy [Solid alloys]*. Moscow: Ruda and metals [in Russian].
3. Kieffer, R., Schwarzkopf, P.V. (1957) *Tverdye splavy [Solid alloys]*.— Moscow: Metallurgizdat [in Russian].
4. Panov, V.S., Chuvilin, A.M., Falkovsky, V.A. (2004) *Technologiya spechennykh tverdyykh splavov i izdelii iz nikh [Technology and properties of sintered hard alloys and their products]*. Moscow: MISIS [in Russian].

УДК 621.9: 621.3.082.7

DOI: 10.33839/2708-731X-23-1-304-312

В. І. Грушко, канд. фіз.-мат. наук.; **Є. І. Міцкевич**, інж.;
В. В. Лисаковський, канд. техн. наук; **А. М. Кір'єв**, інж.; **О. Г. Лисенко**, канд. техн. наук

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська 2,
04074 м. Київ, e-mail: ismdiadep@gmail.com*

СКАНУВАЛЬНА ТУНЕЛЬНА МІКРОСКОПІЯ З ЛЕГОВАНИМ БОРОМ АЛМАЗНИМ ВІСТРЯМ ДЛЯ *IN-SITU* ПРОФІЛОМЕТРІЇ ТА ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ В СТАНКАХ АЛМАЗНОГО МІКРОТОЧІННЯ

Розвиток методів алмазного мікроточіння з метою підвищення якості мікро- та нанорозмірних деталей критично важливий для багатьох напрямків оптики, електроніки, космічної техніки, нанотехнології та ін. Основними проблемами існуючих методів алмазного мікроточіння є обробка центру деталі та необхідність вилучення деталі з верстату для нанорозмірної оцінки її якості. Для вирішення цих проблем ми запропонували нову схему поєднання сканувальної тунельної мікроскопії (STM) з легованим бором алмазним вістрям/різцем та верстатом для алмазного мікроточіння. Після стандартної процедури точіння STM виконує лінійне сканування поверхні деталі в декількох діагональних напрямках при нерухомій деталі. При виявленні дефектних ділянок проводиться швидка процедура неастрового сканування дефектної ділянки в режимі постійної висоти і виконується наноконтактна обробка дефектної ділянки з подальшим повторним скануванням. Ми представили методики вирошування легованих бором монокристалів алмазу для вістрь/різців STM. Для визначення оптимального рівня вмісту бору у алмазному вістрі/різці