

УДК 621.762.4:546.261

**С. Мариненко; Л. Бодрова, канд. техн. наук;
Г. Крамар, канд. техн. наук; М. Шарик;
В. Лазарюк, канд. техн. наук; І. Коваль; В. Сушинський**

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ (Ti,V,Nb,W)C-Ni-Cr У ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ

Резюме. Досліджено експлуатаційні властивості сплавів на основі карбідів титану, ніобію та ванадію з нікельхромовою цементуючою зв'язкою при обробленні різанням. Встановлено, що досліджувані сплави можна ефективно використовувати для чистого та напівчистового оброблення сталей. Визначено положення області використання сплавів за стандартом ISO як P10-P25. Подано практичні рекомендації щодо використання сплавів.

Ключові слова: сплав, карбідна основа, металічна зв'язка, оброблення різанням, зношування, руйнування.

**S. Marynenko, L. Bodrova, G. Kramar, M. Sharyk,
V. Lazaryuk, I. Koval, V. Sushynskiy**

FEATURES OF WEAR OF HARD ALLOYS (Ti,V,Nb,W)C-Ni-Cr IN THE PROCESS OF CUTTING

The summary. The operating properties of hard alloys based on the titanium, vanadium, niobium and tungsten carbides with the nickel-chromium binder were investigated. The alloy wear nature during cutting was analyzed. It was determined that the developed alloys can be effectively used for turning of steels during finishing and semi-finishing operations. The location of alloys in the ISO system corresponds to P10-P25 type. Some practical recommendations as for the alloys application were given.

Key words: alloy, carbide basis, metallic binder, treatment by cutting, wear, destruction.

Вступ. У структурі світового виробництва і використання ріжучих інструментів частка твердих сплавів у найближчі роки становитиме 40%, а штампових і деформуючих інструментів – більше 15% [1].

Важлива умова інтенсифікації процесів металооброблення – підвищення ресурсу роботи інструментів, яке забезпечує розроблення матеріалів, що поєднують високі твердість і зносостійкість, в'язкість та міцність [2-5]. На прикладі сплавів системи TiC(N)-WC-Ni [6] показано, що зносостійкість твердих сплавів підвищується при вмісті карбиду вольфраму 10-15 % (мас.). Цим вимогам відповідають також тверді сплави на основі карбиду титану, легованого карбідами ванадію, ніобію та вольфраму з нікельхромовою зв'язкою. Зокрема, у попередніх дослідженнях встановлено, що сплави з 5WC % (мас.) мають високу твердість, а з 15WC % (мас.) – в'язкість руйнування [7].

Мета даної роботи – дослідити механізм зношування твердих сплавів на полікарбідній основі при обробленні різанням мало- і середньовуглецевих сталей та визначити оптимальні режими різання.

Матеріали та методи. Для досліджень використовували ріжучі пластини зі сплавів системи (Ti,V,Nb,W)C-NiCr. Вміст карбідів ванадію та ніобію у сплавах був постійним (по 5 % (мас.)), вміст нікельхромової зв'язки складав 18 % (мас.) при співвідношенні Ni:Cr=3:1.

Як вихідні матеріали для отримання сплавів використали порошки карбіду титану $TiC_{0,96}$, карбіду ванадію $VC_{0,88}$, карбіду ніобію $NbC_{0,74}$, карбіду вольфраму $WC_{0,97}$, металів хрому та нікелю із вмістом основного компонента не менше 98,5%.

Сплави отримували методом порошкової металургії, тобто виконували операції розмелювання, холодного пресування та спікання у вакуумі. Розмелювали твердосплавну суміш у середовищі етилового спирту в кульковому млині протягом 72 год. Партії пластин спікали при температурі $1450\text{ }^{\circ}C$ протягом 40 хв. Для отримання твердого розчину $(Ti,V,Nb,W)C$ додатково проводили операцію синтезу карбідів [8]. Спечені пластини з тріщинами, ознаками розшарування та деформаціями відбраковували. Для зняття заусениць, видалення дрібних викришувань і дефектного шару та зміцнення ріжучих кромок здійснювали алмазне шліфування пластин.

Як різальний інструмент використовували прохідні різці з механічним кріпленням різальних пластин чотиригранної форми з отворами та стружковими канавками, звичайної точності, з такими геометричними параметрами: $\gamma = -10^{\circ}$, $\alpha = 10^{\circ}$, $\lambda = 0^{\circ}$, $\varphi = 45^{\circ}$, $\varphi_1 = 15^{\circ}$, $r = 0,8$ мм. Маркування пластин відповідно до стандарту ISO - SNGM 12 04 08.

Досліджували експлуатаційні властивості сплавів при різанні при поздовжньому та торцевому точінні (форсовані випробування) на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16K20. Відповідно до рекомендацій [11-12] при поздовжньому точінні встановлювали особливості зношування та стійкість інструменту, а при торцевому – критичну (максимальну) швидкість різання. Досліджували різальні властивості сплавів для можливості заміни вольфрамокобальтових твердих сплавів при обробленні вуглецевих сталей.

Досліджували стійкість інструменту та його зношування на заготовках сталі 20 діаметром 70–120 мм та довжиною 600–800 мм при такому режимі різання: швидкість різання $V = 120$ м/хв, поздовжня подача $s = 0,25$ мм/об, глибина різання $t = 1,0$ мм. Після кожного проходу різця вимірювали зношування по задній поверхні пластин за допомогою лупи Брінеля при 24-кратному збільшенні. За критерій стійкості інструменту брали ширину площадки зношування по задній поверхні, рівну 0,7 мм [13].

Для визначення критичної швидкості різання $V_{кр}$ проводили торцеве точіння диска із зовнішнім діаметром 300 мм із сталі 50. Для запобігання тертя задньої поверхні різця об торець диску в останньому висвердлювали отвір діаметром 40 мм. Проводячи випробування, диск обточували від центру до периферії, навіть якщо ширина площадки зношування по задній поверхні була більша, ніж 0,7 мм, але ресурс роботи пластини не вичерпаний. Торцеве обточування здійснювали при постійних поперечній подачі $s = 0,25$ мм/об, глибині різання $t = 1,0$ мм та кількості обертів $n = 1250$ об/хв. Максимальну швидкість різання визначали за формулою $V_{кр} = (\pi \cdot D_{кр} \cdot n) / 1000$, де $D_{кр}$ – діаметр заготовки, при якому ширина площадки зношування дорівнювала 0,7 мм.

Для виявлення особливостей руйнування сплавів при різанні проведено мікрорентгеноспектральний аналіз ділянок зношування на скануючому електронному мікроскопі SELMI РЭМ-106И в режимі вторинних електронів, а хімічний склад досліджували за допомогою системи рентгенівського енергодисперсійного аналізу (ЭДАР).

Результати досліджень. На рис. 1 зображено зони зношування пластини зі сплаву $TiC-5VC-5NbC-15WC-18NiCr$ при поздовжньому (а) і торцевому точінні (б).

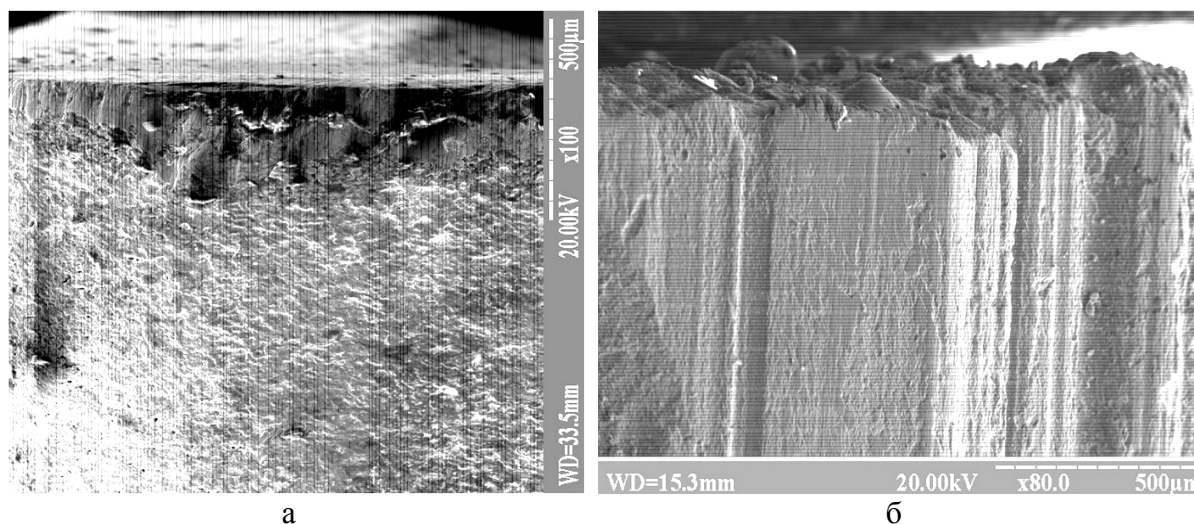


Рис. 1. Зношування сплаву TiC-5VC-5NbC-15WC-18NiCr при поздовжньому (а) і торцевому (б) точінні

Зношування пластин при поздовжньому точінні при швидкостях різання 120 м/хв відбувалося, головним чином, по задній поверхні ріжучого леза. Переважним механізмом зношування твердих сплавів при різанні є абразивний. На задній поверхні ріжучого леза помітні сліди абразивного стирання з проточинами.

Аналіз зони зношування показує, що в ній спостерігають дві різні типи ділянок – трибоділянка з елементами адгезії ріжучого та оброблюваного матеріалів та ділянка чистого абразивного зношування різця. Результати мікрорентгеноспектрального аналізу показали, що на трибоділянці в адгезійному шарі (трибомасі) зосереджені в значній кількості оксиди заліза та нікелю і в значно меншій кількості – оксиди титану та вольфраму (табл.1).

Таблиця 1 - Хімічний склад поверхневого шару ріжучого леза сплавів (Ti,V,Nb,W)C-Ni-Cr при торцевому точінні сталі залежно від умісту в сплаві карбиду вольфраму.

Вміст WC	O	W	Ti	Fe	Ni	Nb	Інші елементи
	% (мас.)						
5	48,27	7,42	16,06	17,7	4,46	2,83	3,27
10	43,93	10,97	18,93	19,45	0,84	3,58	2,3
15	47,96	10,11	32,29	5,37	0,35	1,98	1,95

На задній поверхні ріжучих пластинок виявили тонкий шар, що вміщує значну кількість кисню та елементи як оброблюваного, так й інструментального матеріалів. Аналогічний тонкий шар, так званий трибошар, який також виявили інші дослідники [14], складається, головним чином, із оксидів заліза, титану та вольфраму. Наявність тонкого шару на задній поверхні ріжучого леза змінює температурно-силові умови процесу руйнування інструментального матеріалу.

На ділянці абразивного зношування переважають оксиди титану, вольфраму і, в меншій мірі, ніобію. Хром та ванадій мають фоновий характер розподілу (рис.2).

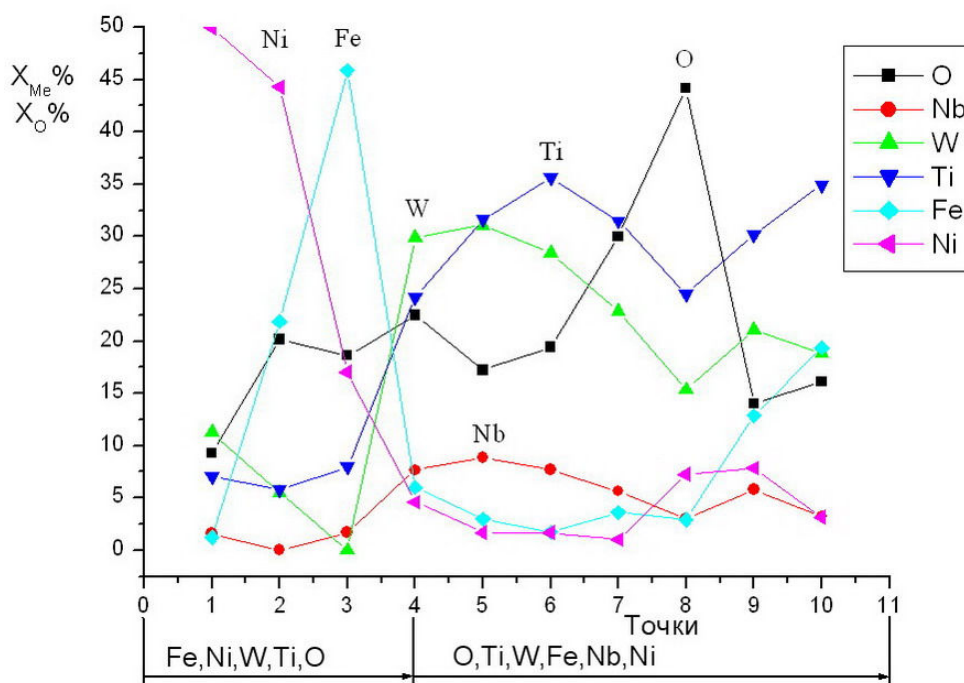
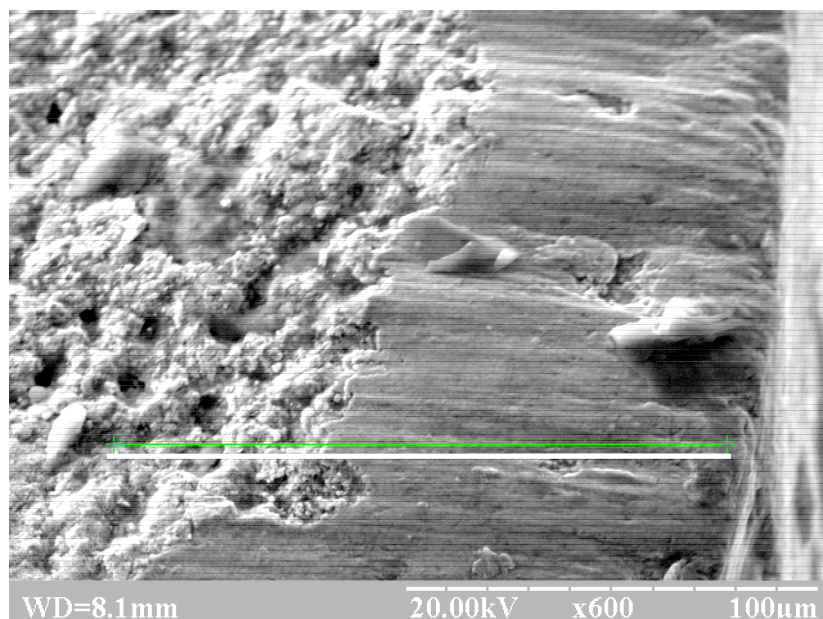


Рис. 2. Розподіл елементів по задній поверхні при повздовжньому точінні пластинами із сплаву TiC-5VC-5NbC-15WC-18NiCr

Типовими ознаками руйнування поверхні інструменту на ділянці абразивного зношування є: руйнування міжзеренних границь, розрихлення зв'язки; розтріскування крупних карбідних зерен та видалення їх осколків з утворенням проточин тертя; викришування дрібних карбідів (менше 1 мкм). Унаслідок цих явищ на поверхні інструменту утворюються дрібні кратери.

У досліджуваних сплавах карбіди займають більше 80% об'єму. Розрахункова відстань між сусідніми карбідами не перевищує 0,2-0,4 мкм. Таким чином, величина абразивних частинок значно перевищує товщину прошарків зв'язки. Із цього випливає, що переважний вклад у руйнування вносять карбіди, які руйнуються крихко або за втомним механізмом руйнування.

На другій ділянці площадки зношування унаслідок дії високих температур (500-900⁰С) відбувається руйнування інструментального матеріалу через окиснення та

взаємодію з трибomasами деталі та інструменту. Подібні області руйнування інструменту на основі сплаву TiCN-WC-Co описано також і в інших роботах [14, 15].

Результати форсованих випробувань різального інструменту з твердосплавними пластинами на основі твердого розчину (Ti,V,Nb,W)C з нікельхромовою зв'язкою та стандартного сплаву T15K6 наведено на рис. 3.

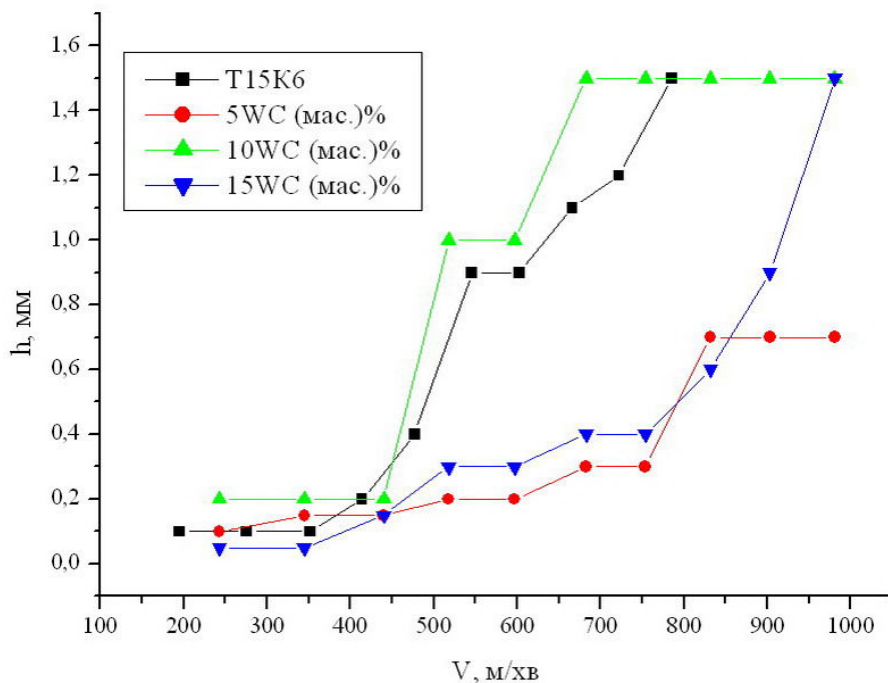


Рис. 3. Результати форсованих випробувань сплавів на полікарбідній основі та T15K6 при торцевому точінні сталі 50

Встановлено, що пластини з досліджуваних сплавів на полікарбідній основі можуть працювати при швидкостях різання майже удвічі вищих, ніж пластини зі сплаву T15K6. Критична швидкість різання сплавом T15K6 становила 495 м/хв, що практично відповідає рекомендованій фірмою “Sandvik Coromant” швидкості оброблення при чистовому обробленні низько- і середньовуглецевих сталей – 435 м/хв [16], а для сплавів на основі (Ti,V,Nb,W)C якість оброблюваного матеріалу дозволяє застосовувати швидкість різання удвічі вищу при такій же глибині різання і кількості обертів (до 980 м/хв). Найвищу критичну швидкість різання при торцевому точінні витримують сплави з 5 % (мас.) WC. При цьому стабілізується поверхня зношування на рівні 0,7 мм, тобто ресурс роботи інструменту далеко не вичерпаний.

При торцевому точінні при високих швидкостях різання 400-900 м/хв характер зношування значно відрізняється. Унаслідок зростання температур та сил різання підвищується вплив дифузійного та окислювального механізмів зношування, що призводить до катастрофічного зношування на задній поверхні. Вищу стійкість показали сплави на основі складного карбіду титану, вольфраму та ванадію із вмістом 5 % (мас.) WC.

Висновки. Проведені дослідження механізму та експлуатаційних властивостей розроблених твердих сплавів дозволяють рекомендувати їх для заміни стандартного сплаву T15K6 на чистових та напівчистових операціях оброблення різанням деталей з мало- і середньовуглецевих сталей. Встановлено, що критична швидкість різання при форсованих випробуваннях сплавами удвічі вища порівняно зі стандартним сплавом

T15K6. Визначено положення області використання сплавів на основі (Ti, V, Nb, W)C за стандартом ISO як P10...P25.

Література

1. Зубкова В.Т. Новый композиционный материал типа “Карбидосталь” для изготовления износостойкого горнорудного и металлообрабатывающего инструмента / В.Т. Зубкова, Ю.Ф. Терновой, А.В. Ноговицын // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сборник научн. труд. – К.: ИСМ им. В.И. Бакуля, 2004. – Вып.7. – С. 267 – 271.
2. Третьяков В.И. Безвольфрамовые твердые сплавы и области их применения при резании металлов / В.И. Третьяков, В.С. Самойлов // – М.: ВНИТС, 1981. – Вып. 22. – С. 5 – 9.
3. Особенности изготовления и области применения нового безвольфрамового сплава марки ЛЦК20 / Д.С. Элинсон, Я.Ш. Турецкий, В.Д. Любимов, Г.П. Швейкин // Порошковая металлургия. – 1989. – №3. – С. 99 – 100.
4. Любимов В.Д. Оптимизация эксплуатационных свойств безвольфрамовых твердых сплавов / В.Д. Любимов, Г.П. Швейкин // Порошковая металлургия. – 1991. – №11. – С. 65 – 72.
5. Безвольфрамовые твердые сплавы на основе двойных карбидов. Исследование физико-механических свойств сплавов / Г.В. Самсонов, М.А. Воронкин, А.П. Линников, В.А. Локтионов // Порошковая металлургия. – 1976. – №12. – С. 37 – 41.
6. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: справочник / [В. С. Самойлов, Э. Ф. Эйхманс, В. А. Фальковский и др.]; под ред. И. А. Ординарцева. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
7. Mechanical Properties of Cermets Based on TiC-VC, NbC, WC / L. Bodrova, G. Kramar, V. Lazaryuk, M. Bugra, S. Marynenko // Fifth Int. Conf. Inorganic Mat., (Lyublyana, Slovenia, Sept. 23 – 26, 2006). – Slovenia, 2006. – P. 255 – 263.
8. Рентгеноструктурні дослідження твердих сплавів на полікарбідній основі / Л. Г. Бодрова, Г. М. Крамар, В.В. Лазарюк, С.Ю. Мариненко // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2006. – №3. – С. 34 – 42.
9. Филоненко С.И. Резание металлов / Филоненко С.И. – К.: Вища школа, 1969. – 260 с.
10. Пат. 4431448 (США), МКИ С22С 029.04. Tungsten-free hard alloy and process for producing same / Merzhanov A.G., Borovinskaya I.P., Kustova L.V., Dubovitsky F.I. (CPCP). – N314074 заявл. 31.07.1980; опубл. 14.02.1984. – НКИ 75/230. – 8 с.
11. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Лоладзе Т.Н. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
12. Бодрова Л.Г. Вплив особливостей технологічного процесу на структуру і властивості безвольфрамових твердих сплавів / Л.Г. Бодрова, Г.М. Крамар, С.А. Артем'юк // Фізико-механічна механіка матеріалів. – 1992. – №5. – С. 76 – 78.
13. Работоспособность резцов из безвольфрамового твердого сплава АНТ-1 при обработке стали / В.А. Шевченко, Д. М. Летун, П. С. Кислый, Л. Г. Бодрова // Сверхтвердые материалы. – 1985. – № 5. – С. 58 – 60.
14. Manoj Kumar B.V. Crater wear mechanisms of TiCN–Ni–WC cermets during dry machining / B.V. Manoj Kumar, J. Ram Kumar, Vikramjit Basu // Int. J. of Refr. Met. & Hard Mat. – V. 25. – Iss. 5-6, Sept. – Nov. 2007. – P. 392 – 399.
15. Characterisation and application of titanium carbonitride-based cutting tools / Bellosi A., Cflzavarini R., Faga M.G., Monteverde., Zancolo C. D'Errico G E. // J. of Mat. Proc. Techn. – 2003. – P. 527 – 532.
16. Turning tools. Metal working products // Sandvik Coromant. C-1000:5 – ENG. Issued Dec. 1995. – 418 p

Одержано 02.11.2009р.