

# ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ БАГАТОГРАННИХ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН НА ЇХ СТІЙКІСТЬ

*Розглянуто вплив різних методів поверхневого зміцнення, що включає хіміко-термічну та магніто-абразивну обробку, на роботоздатність та стійкість багатограних непереточуваних твердосплавних пластин.*

*Порівняльні випробування багатограних непереточуваних пластин виготовлених зі сплавів VK8 і T15K6 і зміцнених покриттями на основі сполук титану, як в поєднанні з магнітно-абразивною обробкою, так і без її застосування показали, найвищу стійкість в умовах різання – в 4 -7,5 разів більшу в порівнянні з необробленими, показують БНТП після комбінованого зміцнення, яке включає попередню магнітно-абразивну обробку, нанесення покриттів на основі карбіду та нітриду титану та фінішну магнітно-абразивну обробку*

*The effect of various surface hardening methods, including chemical-thermal and magneto-abrasive treatment to serviceability of stability and multifaceted neperetochuvanyh alloy plates.*

*Comparative tests multifaceted neperetochuvanyh plates made from alloys and VK8 T15K6 and reinforced coatings on the titanium compounds, both in conjunction with magnetic-abrasive treatment, and without its use shown to increase the stability of a cut - 4 - 7,5 times more in compared with raw. Best results show BNTP after combined strengthening, which includes a preliminary magnetic abrasive machining, coating based on titanium carbide and nitride and magnetic abrasive finishing process*

## Вступ

Застосування захисних покриттів на основі карбіду та нітриду титану широко використовується для підвищення стійкості та працездатності інструменту з твердих сплавів. Зміцнення поверхні твердосплавного інструменту покриттями на основі карбідів титану дозволяє підвищити стійкість в 3 - 5 разів, але вони не придатні при обробці легких сплавів, оскільки на стійкість інструменту негативно впливає на хімічна спорідненість до алюмінію, титану, які входять до складу матеріалу, який оброблюють. Покриття TiN характеризується практично повною інертністю до адгезії і високим опором лункоутворенню. Двошарові покриття на основі карбіду та нітриду титану включають переваги TiC і TiN Багатошаровість забезпечує достатню в'язкість покриття, а висока зносостійкість по передній поверхні дозволяє ефективно оброблювати різні конструкційні матеріали [1].

Введення в технологію виробництва багатограних непереточуваних твердосплавних пластин (БНТП), магнітно-абразивної обробки (МАО) дозволяє підвищити їх експлуатаційні властивості у 3-5 разів за рахунок зниження шорсткості робочих елементів, одержання оптимального радіусу округлення леза, усунення поверхневих дефектів, що мають пластини.

Тому становить безсумнівний інтерес комбінація цих двох способів підвищення стійкості і працездатності такого дорогого інструменту як БНТП.

## Методика

Дослідження проводили на п'ятигранних пластинах зі сплавів VK8 та T15K6. Покриття з карбіду титану TiC наносили за умови зниженого тиску  $10^{-1}$  мм рт. ст. при температурі 1050°C на протязі 2 годин. В якості насичуючої суміші використовували порошок титану, карбюризатор та галогеномістку домішку. Після титанування на поверхні утворюється покриття на основі карбіду титану (рис. 1а), період кристалічної ґратки якого змінюються по товщині від 0,43183 нм на поверхні до 0,43247 нм на межі з основою в наслідок збільшення кількості вуглецю в складі карбіду титану у внутрішній зоні покриття.

Для отримання багатошарового покриття на основі карбіду та нітриду титану в робочий простір за 0,5 години до закінчення насичення додатково вводили азот технічної чистоти, що приводило до утворення покриття золотистого кольору ближче до жовтого. Це говорить про присутність в поверхневому шарі покриття нітриду титану TiN. Але, як показують мікроструктурний та рентгеноструктурний аналізи, основною складовою цього виду покриття також є карбід титану TiC з періодом кристалічної ґратки 0,4321нм, який утворює внутрішній шар товщиною 3,0-3,5 мкм та мікротвердістю 37,0 ГПа. Зовнішній шар на основі нітриду титану TiN ( $a=0,4230$ нм) має товщину (3,0-2,5) мкм та мікротвердість 25,0 ГПа (рис. 1б).

Магнітно-абразивну обробку проводили по наступному режиму: швидкість обробки – 2м/с; магнітна індукція – 0,27 Тл; час обробки 120 с; порошок Полімам-Т фракції 315/200 мкм.

Порівняльні випробування проводили в спеціально важких умовах різання відповідності з рекомендаціями ВНПТС [2].

Різальні властивості багатограничних непереточуваних тврдосплавних пластин (БНТП) з карбідними покриттями порівнювали з різальними властивостями пластин без покриття шляхом визначення коефіцієнту стійкості, який вираховували як відношення періоду стійкості БНТП з покриттями до періоду стійкості пластин без покриття. Пластини для випробувань були вибрані з однієї партії. Випробування БНТП проводили при повздовжньому точінні заготовок, виготовлених зі сталей різних класів на верстаті Т-63 безступінчастим регулюванням обертів шпинделя. У зв'язку з тим, що кінетика зносу має лінійний характер [3], випробування БНТП проводили до величини зношування по задній поверхні на сплавах ВК8, рівній 0,8 мм, а на сплавах Т15К6 — 0,7 мм. При цьому величину зношування вимірювали через однакові проміжки часу.

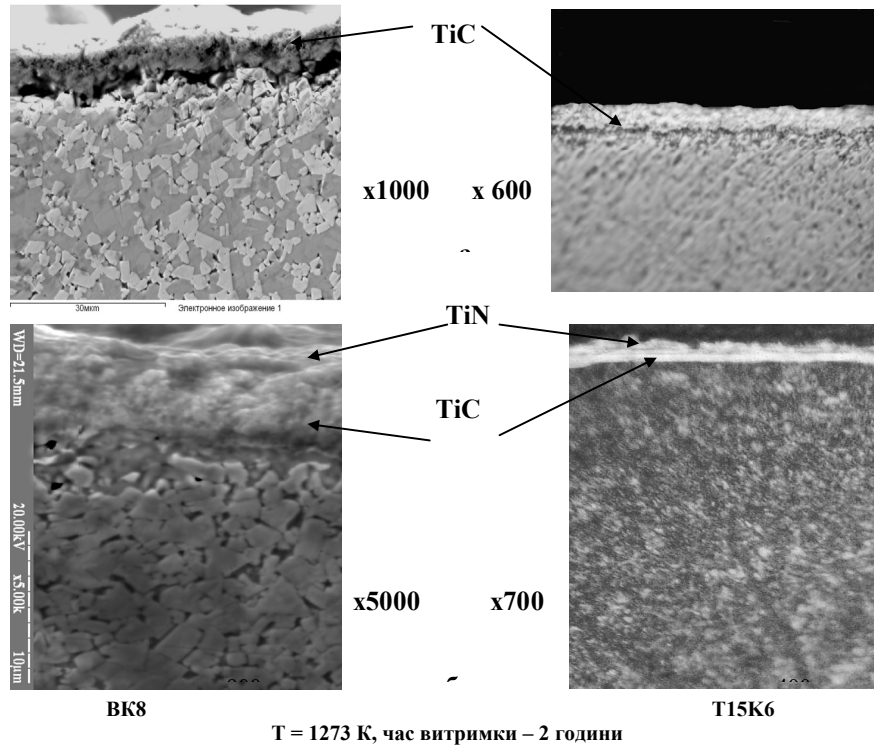


Рис. 1. Мікроструктури твердих сплавів з покриттями після титанування (а), титаноазотування (б)

Результати випробувань та їх обговорення

В роботі приведені результати стійкісних порівняльних випробувань багатограничних непереточуваних пластин виготовленого зі сплавів ВК8 і Т15К6 і зміцнених покриттями на основі сполук титану, як в поєднанні з магнітно-абразивною обробкою, так і без її застосування, а також нітриду титану, а також нітриду титану, який наносили на установці "Булат", при обробленні різних промислових марок сталей (табл.1).

Таблиця 1

Вплив різних типів покриттів на стійкість БНТП у процесі точіння

Марка сплаву	Матеріал, що піддається обробці	Режим різання			Коефіцієнт збільшення стійкості при нанесенні покриття				
		t, мм	S <sub>p</sub> , мм/об.	v, м/с	TiC	TiC+TiN	MAO+TiC+MAO	MAO+(TiC, TiN)+MAO	TiN
ВК8	Сталь У8А	1,0	0,434	1,73	4,0	5,5	5,5	6,5	5,0
	Сталь 40Х13	1,0	0,434	2,50	4,5	6,0	5,0	6,3	2,3
	Сталь 12Х18Н10Т	1,0	0,434	2,5	5,5	6,8	6,1	7,2	-
	Сталь 06Х28МДТ	1,5	1,277	8,0	6,0	6,9	6,9	7,8	2,3
	Сталь ХНЗБ	1,5	0,434	6,0	2,0	3,0	3,2	4,4	-
Т15К6	Сталь 20	1,0	0,036	5,30	1,8	2,0	2,2	2,9	-
	Сталь 45	1,5	0,02	5,30	4,0	5,8	6,0	7,0	-
	Сталь 40Х	1,5	0,5	2,50	4,0	5,7	6,0	7,0	-
	Сталь 9ХС	1,0	0,036	5,00	3,0	3,2	5,1	7,0	-
	Сталь Х12М	1,0	0,036	3,3	1,8	2,0	2,4	3,9	1,1
	Сталь Р6М5	1,5	0,2	3,0	3,1	3,9	4,2	6,0	-
	Сталь 3Х2В8	1,0	0,036	5,00	4,5	5,3	5,5	6,4	-

Суттєвий вплив на стійкість БНТП із захисними покриттями має товщина останніх. Вплив товщини покриттів на основі карбідів титану, ванадію, ніобію та хрому на стійкість БНТП показаний в роботі [3], а в роботі [4] визначена оптимальна товщина комплексних покриттів на основі карбиду та нітриду титану. При проведенні випробувань на стійкість використовували БНТП із покриттями товщиною 6,0 мкм — карбиду титану, 6,5 мкм — карбиду та нітриду титану. Товщина покриття на основі карбиду титану після комплексного зміцнення, що включає попередню та кінцеву MAO склала 9,5-10 мкм, а двошарового покриття на основі карбиду та нітриду титану – (7,5-8,0) мкм. Товщина покриття нітриду титану на БНТП становила 4,5 мкм. При вказаних товщинах карбідних і нітридних покриттів зводиться до мінімуму негативний вплив відмінності в коефіцієнтах термічного розширення одержаного захисного шару та основи твердого сплаву. Це дозволяє запобігти сколюванню покриттів з поверхні твердих сплавів і сприяє максимальному збільшенню коефіцієнта стійкості.

При однаковій товщині покриття на стійкість БНТП значно впливає розмір зерен карбідних фаз. Збільшення середнього розміру зерен у покритті на основі карбиду титану, нанесеного на поверхню сплаву ВК8 від 1 до 1,5 мкм призводить до зменшення стійкості БНТП в 1,5 рази. Чим дрібніший розмір зерен у покритті, тим краще зчеплення одного зерна з іншим, а також з основою твердого сплаву, тобто є вищим коефіцієнт стійкості. Саме цим, а також кращим зчепленням з основою, більш глибокою та твердою перехідною зоною, кращою чистотою робочої поверхні пояснюється можливість збільшення товщини покриттів.

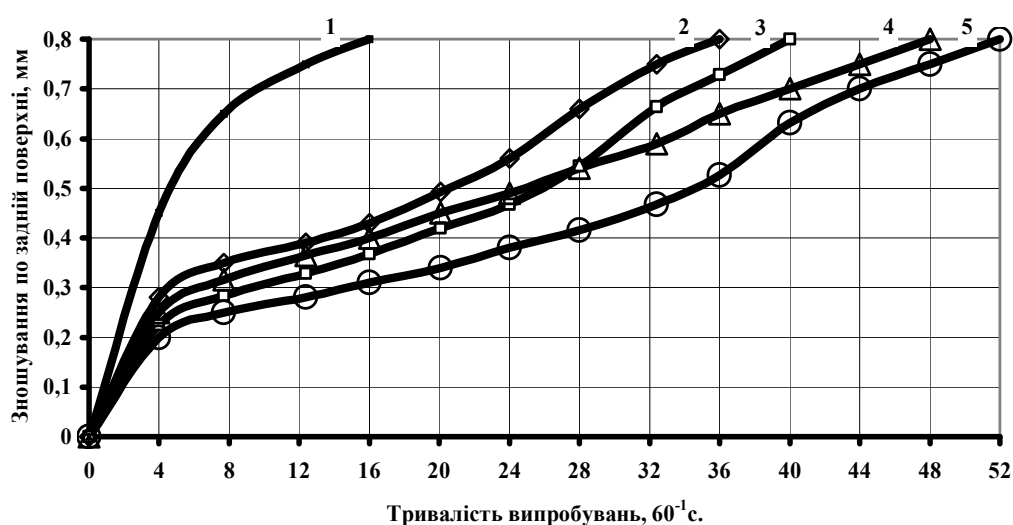


Рис. 2. Кінетика зношування БНТП зі сплаву ВК8 з різними покриттями при точинні сталі 12X18Н10Т  
1-без покриття; 2- TiC; 3- TiC, TiN; 4- MAO+TiC+MAO; 5- MAO+(TiC, TiN)+MAO  $v = 2,5\text{м/с}$ ;  $s = 0,434\text{ мм/об}$ ;  $t = 1,0\text{ мм}$

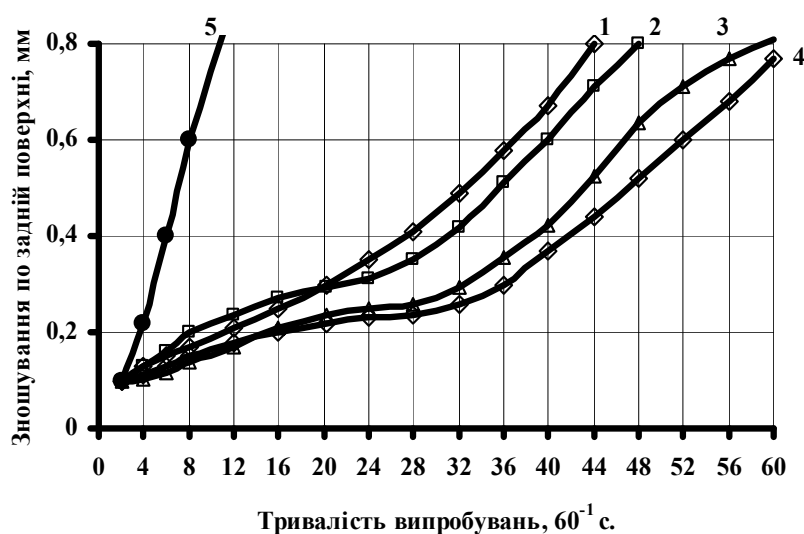


Рис. 3. Кінетика зношування БНТП зі сплаву ВК8 з різними покриттями при точинні сталі 40X13Н10Т  
1- TiC; 2- TiC, TiN; 3- MAO+TiC+MAO; 4- MAO+(TiC, TiN)+MAO; 5- без покриття  $v = 2,5\text{м/с}$ ;  $s = 0,434\text{ мм/об}$ ;  $t = 1,0\text{ мм}$

Максимальна швидкість зношування БНТП при точінні сталей незалежно від типу нанесеного покриття спостерігається в початковій проміжок часу (рис. 2-6), а потім зменшується і стабілізується після чого різко збільшується, що призводить до виходу БНТП з ладу.

Незалежно від типу покриття, що наноситься, швидкість зношування БНТП на всьому часовому інтервалі при точінні високовуглецевих і леггованих сталей значно нижча серійних. При інших рівних умовах, покриття на основі карбіду титану забезпечує підвищення стійкості в (1,3—2,0) рази більше, ніж покриття на основі нітриду титану, а комплексне покриття на основі карбідів та нітридів титану – (1,1-1,8) рази, ніж покриття на основі карбіду титану. Застосування додаткової магнітно-абразивної обробки дозволяє збільшити стійкість покриттів ще в (1,2-1,35) рази в порівнянні з відповідними покриттями, що не піддавалися MAO.

Характер зношування пластин у значній мірі визначається хімічним складом і структурою сталей, що оброблюють. При точінні вуглецевих сталей 20, 45 і У8А спостерігається основному абразивне та адгезійне зношування пластин. Точіння високолегованих сталей 12Х18Н10Т, 06Х28МДТ, 3Х2В8 і Р6М5 супроводжується зношуванням пластин за рахунок адгезійної взаємодії знятої стружки з покриттям, яке деколи руйнується по всій площі.

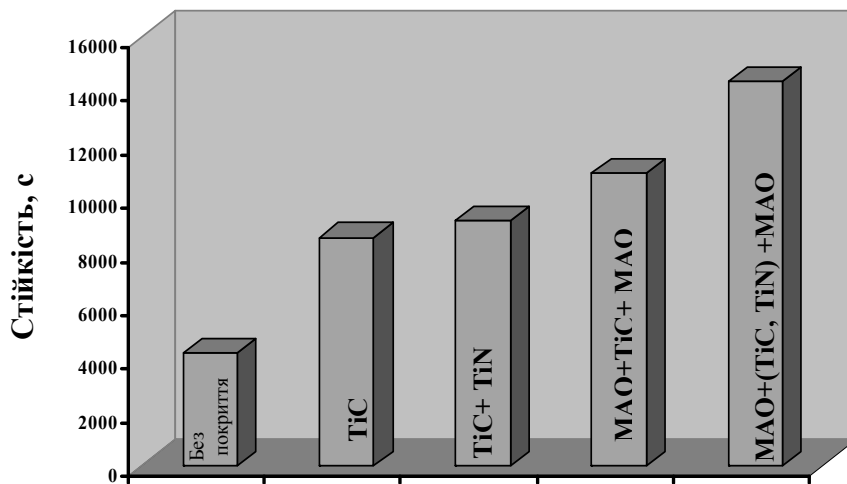


Рис. 4. Стійкість БНТП зі сплаву BK8 з різними покриттями при точінні сталі 20  $v = 5,3$  м/с;  $s = 0,036$  мм/об;  $t = 1,0$  мм

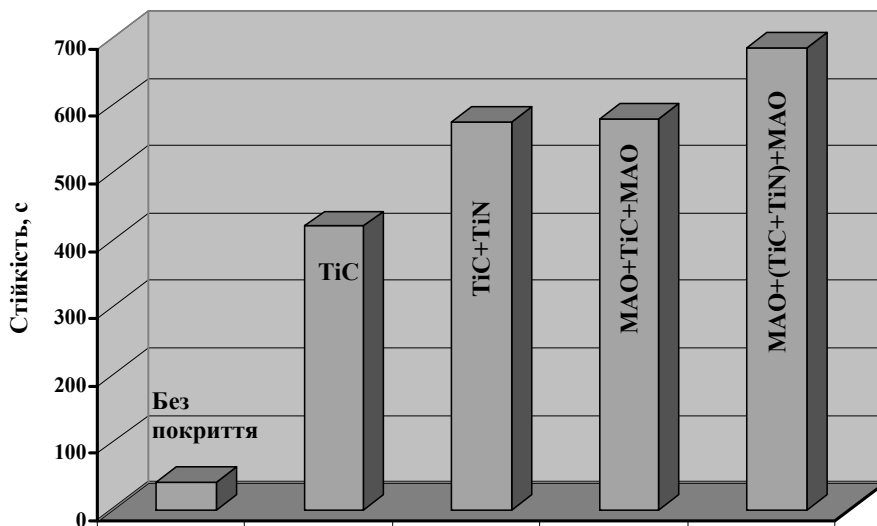


Рис. 5. Стійкість БНТП зі сплаву BK8 з захисними покриттями при точінні сталі У8А  $v = 1,73$  м/с;  $s = 0,43$  мм/об;  $t = 1,0$  мм

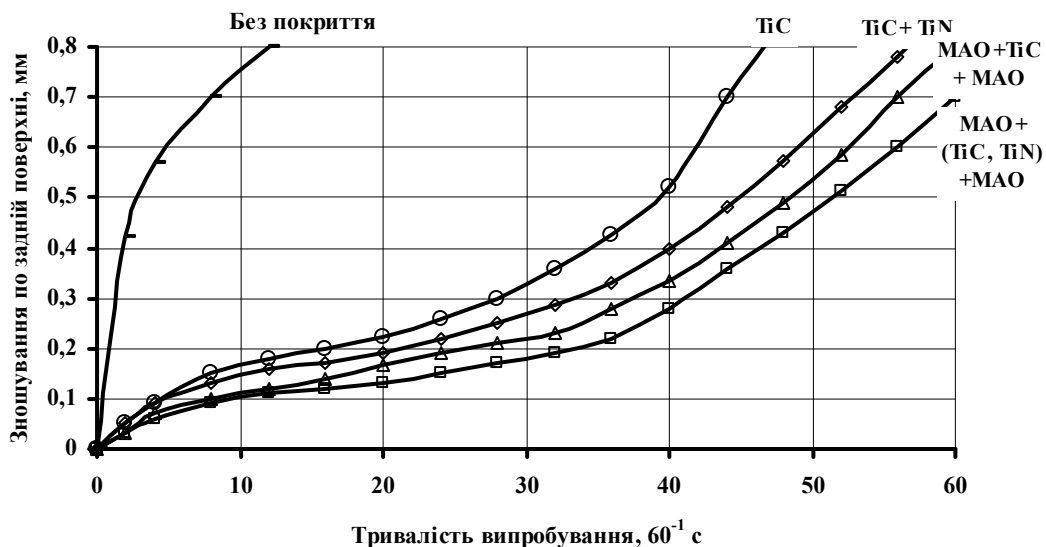


Рис. 6. Кінетика зношування БНТП зі сплаву Т15К6 з різними покриттями при точінні сталі 9ХС  
 $v = 5,0$  м/с;  $s = 0,036$  мм/об;  $t = 1,0$  мм

Суттєве підвищення стійкості БНТП з запропонованими захисними покриттями спостерігається при фрезеруванні сталей (табл.2).

Таблиця 2

**Вплив різних типів покриттів на стійкість БНТП з Т15К6 під час фрезерування**

Сталь, що піддається обробці	Режими різання			Коефіцієнт збільшення стійкості при нанесення покриття			
	N, об/с	S, мм/с	t, мм	TiC	TiC, TiN	MAO+ TiC+MAO	MAO+ (TiC, TiN) +MAO
45	8,3	5,3	1-3	4,8	5,8	6,0	7,0
У8А	8,3	5,3	1-3	4,8	5,0	6,0	6,2
X12М	6,6	4,1	1-3	5,0	5,2	6,2	6,9
Чавун С412-28 (по корці)				1,5	2,8	2,5	3,1

**Висновки**

Порівняльні випробування багатограних непереточуваних пластин виготовлених зі сплавів ВК8 і Т15К6 і зміцнених покриттями на основі сполук титану, як в поєднанні з магнітно-абразивною обробкою, так і без її застосування показали, найвищу стійкість в умовах різання – в 4-7,5 разів більшу в порівнянні з необробленими, показують БНТП після комбінованого зміцнення, яке включає попередню магнітно-абразивну обробку, нанесення покриттів на основі карбиду та нітриду титану та фінішну магнітно-абразивну обробку

**Список літератури**

1. Теория резания : навч. посіб. / [М.А. Корниевич, Е.Э. Фельдштейн, П.И. Ящерицын]. – Минск: Новое знание, 2007. – 512 с.
2. Методика испытаний металлорежущего инструмента. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1, - М.: Машиностроение, 1974, - 406 с.
3. Хижняк В.Г. Карбидные покрытия на инструментальных сталях; Автореф. дис. - К., 1980. – 25 с.
4. Дифузийні карбідні покриття / В.Ф.Лоскутов, В. Г. Хижняк, Ю.А.Куницький, М.В.Кіндрачук. - К.: Техніка, 1991. - 168 с.