

МАГНІТНО-АБРАЗИВНА ОБРОБКА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ З ПОКРИТТЯМ НА ОСНОВІ TiN

Дюбнер Л.Г., Майборода В.С., Ульяненко Н.В.
(НТУУ "КПІ", Київ, Україна)

Вступ. Методи підвищення працездатності і якості твердосплавного різального інструменту з значній мірі пов'язані з його поверхневою обробкою різноманітними методами, такими як, наприклад, нанесення спеціальних захисних зносостійких покриттів [1], застосування методів поверхневої зміцнюючої обробки – віброабразивної [2], магнітно-абразивної і термомагнітно-абразивної обробок [3, 4], гідроабразивної [5], тощо. Як правило, зазначені методи впливу на поверхню й поверхневий шар використовують у якості фінішної обробки.

Стан проблеми. Виконані дослідження по підвищенню якості швидкорізального різального інструменту, деталей газотурбінних двигунів, пов'язані з застосуванням комбінованої обробки – нанесення покриттів з подальшою фінішною магнітно-абразивною обробкою (МАО) [6] показали наявність значних резервів щодо забезпечення більш високої працездатності зазначених виробів. Результати, отримані при вивченні впливу умов МАО твердосплавного різального інструменту з покриттями різноманітних складів на стан мікрогеометрії поверхні і поверхневу твердість [7, 8], відкривають широкі перспективи в зазначеному напрямку. Розрахунки умов МАО деталей на магнітно-абразивних установках типу кільцева ванна [9] показали, що в разі використання режимів обробки, які забезпечують переважне зміцнення поверхневого шару за рахунок мікропластичного деформування поверхні можна отримати підвищення стійкості твердосплавного різального інструменту з покриттями.

Тому *метою роботи* було визначення впливу умов МАО у великих магнітних щілинах на працездатність твердосплавних непереточуваних пластин з нітридними покриттями, нанесеними методом PVD.

Умови досліджень. Досліджували трьохгранні непереточувани пластини з сплаву ТТ10К8-Б (МС 221-287, ТУ481930880) з покриттям на основі TiN. МАО виконували на установці типу кільцева ванна з вертикальним розташуванням оброблюваних деталей [10]. Режими МАО були вибрані таким чином, щоб забезпечити переважне зміцнення поверхневого шару інструменту без істотного мікрорізання [9]. Для формування магнітно-абразивного інструменту (МАІ) було використано магнітно-абразивні порошки двох типів: ПР Р6М5 з практично сферичними частинками (коефіцієнт нерівності $k_f = 1,05$) з розміром частинок 315/200 мкм і порошок Феромап ($k_f = 1,5$) з розміром частинок 100/63 мкм [6]. Величина магнітної індукції в робочих щілинах варіювалась в діапазоні 0,27-0,35 Тл (вільна робоча зона). Швидкість МАО складала 2,2–3,25 м/с. Час обробки змінювався від 3 до 5 хвилин. Характеристики мікрогеометрії робочих елементів твердосплавних пластин вимірювали на профілометрі Form Talysurf 120РС. Працездатність різальних твердосплавних пластинок вивчали при повздовжньому точінні сталі 20CrMn5 (аналог 18 ХГТ) без використання ЗОМТС при таких умовах $V_p = 180$ м/хв., $S = 0,2$ мм/об, $t = 1$ мм, $\alpha = 9^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, $\gamma = -9^\circ$.

Експериментальні дослідження. Після МАО твердосплавних непереточуваних пластин виконували аналіз шорсткості робочих поверхонь і стану мікрогеометрії

різальних кромок. Результати досліджень наведено в таблиці 1 і на рис. 1.

Аналіз результатів вимірювання мікрогеометрії поверхні пластин показав, що шорсткість поверхні з збільшенням часу обробки зменшується як при використанні порошку ПР Р6М5, так і порошку Феромап в основному за рахунок зменшення висоти мікроступів (величина R_p знижується з 4-4,5 до 1,7 мкм, а R_v – з 3,2 до 2 мкм) (див. рис. 1 а-г). При чому найбільш суттєве покращання шорсткості виявляється на задній поверхні інструменту – поверхні, яка перебуває під активним ударним впливом частинок МАІ. На передній поверхні спостерігається незначне покращання шорсткості в наслідок того, що при МАО на використовуємі установці вона знаходиться в умовах переважної тангенціальної взаємодії частинок порошкового МАІ з поверхнею, характерною для умов фрикційного контакту і дії пондеромоторних сил в МАІ [6].

Таблиця 1. Параметри мікрогеометрії робочих поверхонь і радіусу заокруглення трьохгранних твёрдосплавних непереточуваних пластин з покриттям на основі TiN після різних умов обробки

Режими МАО					R_a , мкм		R_p , мкм		R_v , мкм		$R_{\text{кромки}}$, мкм
№ п/п	Швидкість обробки, м/с	Магнітна індукція, Тл	Час обробки, хв.	МАІ	передня	задня	передня	задня	передня	задня	
без МАО					0,66	0,73	2,76	4,49	2,58	3,21	26,4
1	2,5	0,27	3	ПР Р6М5 315/200 мкм	0,66	0,56	2,75	2,39	2,75	2,42	28,2
2	2,5	0,35	3		0,55	0,4	1,95	1,72	2,54	2,08	24,34
3	2,5	0,27	5		0,51	0,52	1,85	2,64	2,45	2,63	15,13
4	3,5	0,35	3		0,5	0,47	2,15	1,89	2,7	2,69	14,74
5	3,5	0,27	3		0,49	0,42	1,58	1,69	2,33	2,01	26,5
6	2,5	0,27	3	Феромап 100/63 мкм	0,63	0,7	2,72	3,73	2,81	2,87	21,18
7	2,5	0,27	5		0,59	0,55	2,54	3,36	2,56	2,65	15,61
8	2,5	0,35	3		0,59	0,6	2,28	4	2,64	2,61	20,85
9	3,5	0,35	3		0,65	0,6	2,73	3,17	2,83	2,87	17,2
10	3,5	0,27	3		0,6	0,55	2,3	3,15	2,38	2,2	20,1

Відсутність після МАО на поверхні, що оброблюється, явних мікроступів, які є наслідком формування мікрокраплинок і особливого рельєфу, пов'язана з процесом росту покриття під час іонно-плазмового напилення і повинна позитивно позначатись на етапах припрацьовування різального інструменту. Використання при МАО магнітно-абразивного порошку ПР Р6М5 забезпечує отримання кращого результату по шорсткості (зменшення величини R_a) ніж при використанні МАІ з порошку Феромап. Це пов'язано з тим, що розмір і маса окремих частинок і їх формувань в МАІ з порошку ПР Р6М5 більш ніж у 2 рази більші, а значить і більшою буде кінетична енергія, яка буде передаватися на оброблювану поверхню в результаті мікроударів при МАО.

Зростання швидкості MAO від 2 до 3,5 м/с сприяє зниженню величини Ra, Rv і особливо Rp і пояснюється тим фактом, що зростання швидкості забезпечує перехід режимів MAO в область, де переважають умови сприятливі для мікрорізання [9]. В особливості для порошків з малими радіусами різальних лез [6, 11].

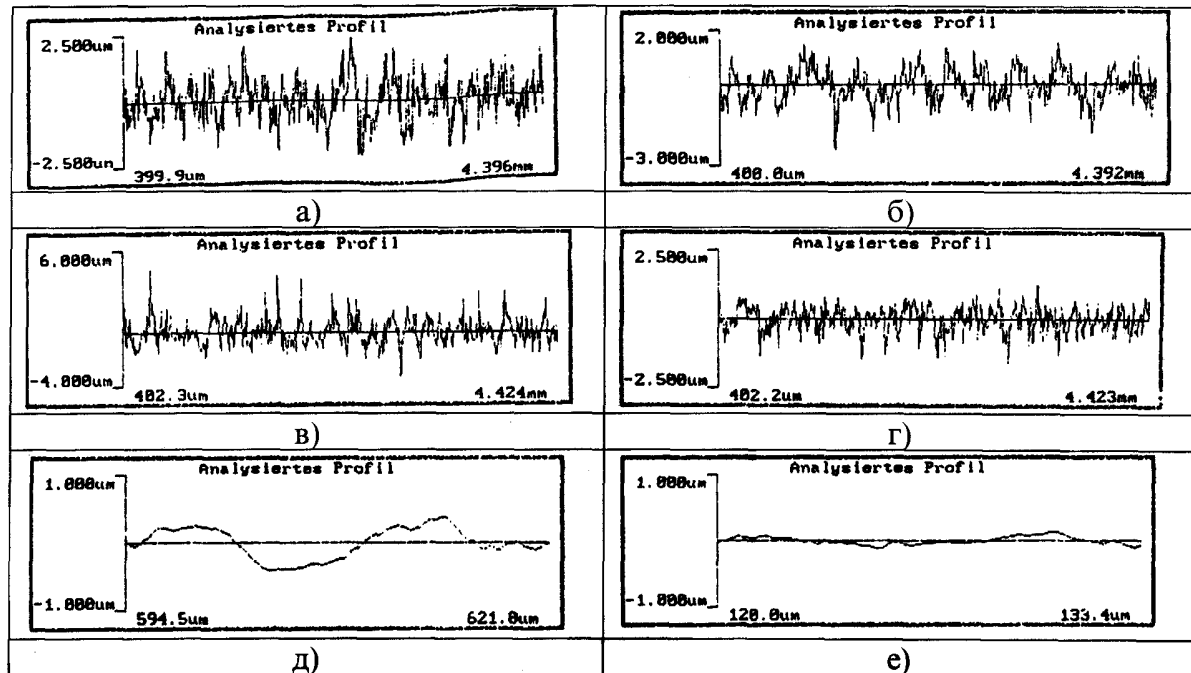


Рис. 1. Профілограми робочих поверхонь твердосплавних різальних пластин з покриттям на основі TiN: а, в, д – до MAO; б, г, е – після MAO; а, б – передня поверхня; в, г – задня поверхня; д, е – різальна кромка

Аналіз стану різальних кромок твердосплавних непереточуваних пластин показав, що MAO в умовах кільцевої ванни з вертикальним розташуванням різальних елементів практично не впливає на величину радіуса їх заокруглення, сприяючи деякому його зменшенню, що може бути пояснено перш за все зменшенням шорсткості. Виконаний аналіз мікрогеометрії кромок показав, що після MAO кромки мають практично ідеальну форму без явних мікровиступів і значно нижчою шорсткістю ніж після напilenня (рис. 1 д, е).

Працездатність оброблених пластин досліджували в залежності від умов MAO і часу експлуатації по величині середнього зносу задньої поверхні. Величину площадки зносу вимірювали на інструментальному мікроскопі. Отримані результати наведено на рис. 2. Показано, що в процесі експлуатаційних досліджень припрацювання різального інструменту закінчується в перші 0,5-1 хв. випробувань.

В подальшому характер зносу задньої поверхні в досліджуваному діапазоні часу випробування – час стаціонарного зносу, має практично лінійний вигляд, який можна апроксимувати прямими, у яких кут нахилу буде показувати швидкість зносу V_{zn} при експлуатації. Аналогічні результати було отримано при MAO кінцевого різального інструменту з швидкорізальної сталі з покриттями на основі TiN (PVD) [12]. Величина V_{zn} для MAO за різними режимами наведена в табл. 2.

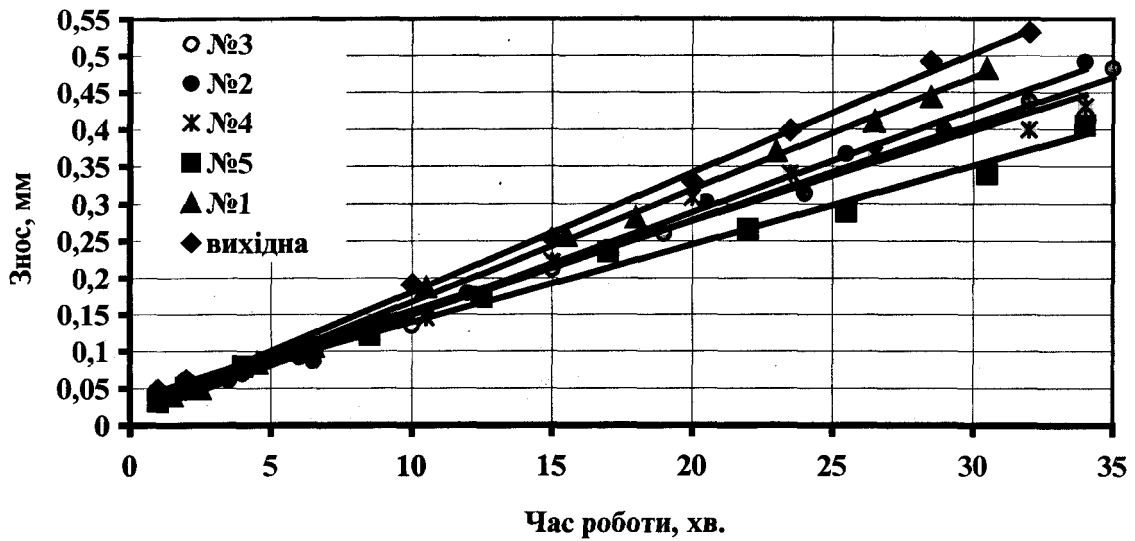


Рис. 2. Залежність величини зносу на задній поверхні твердосплавних різальних пластин після MAO порошком ПР Р6М5 за різними режимами (режими див. в табл.1)

Таблиця 2. Значення швидкості зносу по задній поверхні твердосплавних пластин з покриттям на основі TiN за різними умовами обробки

Режими MAO					Швидкість зносу V_{zn} , мм/хв.
№ п/п	Швидкість обробки, м/с	Магнітна індукція, Тл	Час обробки, хв.	МАІ	
без MAO					0,0161
1	2,5	0,27	3	ПР Р6М5 315/200 мкм	0,0151
2	2,5	0,35	3		0,0138
3	2,5	0,27	5		0,0129
4	3,5	0,35	3		0,0124
5	3,5	0,27	3		0,0105
6	2,5	0,27	3	Феромап 100/63 мкм	0,0155
7	2,5	0,27	5		0,0137
8	2,5	0,35	3		0,0109
9	3,5	0,35	3		0,0109
10	3,5	0,27	3		0,0111

Показано, що найкращі результати при MAO твердосплавних непереточуваних пластин з нітридним іонно-плазмовим покриттям мають місце при часі обробки 3 хвилини, коли для пластичного деформування і наклепування приповерхневої зони передається достатня кількість кінетичної енергії, а саме коли МАІ має достатню

жорсткість і відповідно має місце достатня швидкість обробки (більша за 3 м/с). Порівняння зміни швидкості зносу по задній поверхні різальних пластин з величиною шорсткості, що забезпечується після MAO показало, що менша шорсткість відповідає більшому опору зношування, але безпосередня кореляція зазначених параметрів відсутня. Коефіцієнт кореляції між величинами Ra і V_{zn} менший за 0,5. Таким чином можна стверджувати, що важливий вплив на підвищення стійкості різального твердосплавного інструменту оказує зміна фізико-механічних властивостей поверхневого шару після MAO – підвищення поверхневої мікротвердості [9], зміни розмірів (подрібнення) карбідної складової твердого сплаву під нітридним покриттям [13].

Висновки. Виконано дослідження впливу MAO твердосплавного різального інструменту з сплаву ТТ10К8-Б з покриттям на основі TiN, напиленим методом PVD, на характер зміни мікрогеометрії поверхні і експлуатаційну стійкість інструменту. Показано, що MAO забезпечує формування шорсткості поверхні інструменту з $Ra \approx 0,4$ мкм і підвищення стійкості не менш ніж у 1,5 рази. Суттєву роль при цьому мають характеристики MAI і в особливості розмір, форма частинок магнітно-абразивних порошків і величина їх різальних лез.

Список літератури: 1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с. 2. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – Киев: Наукова думка, 1984. – 328 с. 3. Оликер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. – М.: Металлургия, 1990. – 176с. 4. Кобчиков В.С. Технология магнитно-абразивного полирования изделий из твердых сплавов. Автореф. ... канд.техн.наук. Л.:ЛПИ, 1983. – 16с. 5. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. – К.: Тэхника, 1989. – 177 с. 6. Майборода В.С. Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь. Дисс. ... докт.техн.наук. – Київ, 2001. – 404 с. 7. Майборода В.С., Ульяненко Н.В. Дослідження мікропрофілю робочих поверхонь твердосплавного інструмента зі спеціальними покриттями // Вісник ЖДТУ. – 2003. - №2 (26). – Т.1. – С. 105-113. 8. Майборода В.С., Ульяненко Н.В. Кинетика формирования микропрофиля поверхности твердосплавного режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке // Вісник Сумського державного університету (Технічні науки). – 2003. – №2 (48). – С. 104-111. 9. Майборода В.С., Ульяненко Н.В., Дюбнер Л.Г., Івановський О.А. Застосування магнітно-абразивної обробки для зміцнення різального інструменту // Вісник ЖДТУ. – 2003. - №3 (27). – С. 95-103. 10. Гейчук В.Н., Майборода В.С., Ульяненко Н.В. Магнитно-абразивная обработка неперетачиваемых твердосплавных пластин //Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. – 2002. – Вып.44. – С. 118-121. 11. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. – Л.:Машиностроение, 1986. – 176с. 12. Майборода В.С., Бобіна М.М., Ульяненко Н.В. Магнітно-абразивна обробка осьового і кінцевого різального інструменту. 4. Використання магнітно-абразивної обробки, як попередньої операції перед дифузійним насиченням поверхневого шару під час хіміко-термічної обробки// Наукові вісті НТУУ "КПІ".-№6-2001.-С.94-99. 13. Бобіна М.М., Майборода В.С., Ульяненко Н.В. Магнітно-абразивна обробка багатограних непереточуваних твердосплавних пластин// Металознавство та обробка металів. – 2002. - №3. – С. 72-75.

МАГНІТНО-АБРАЗИВНА ОБРОБКА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ З НІТРИДНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Дюбнер Л.Г., Майборода В.С., Ульяненко Н.В.

Виконано дослідження впливу MAO твердосплавного різального інструменту з сплаву ТТ10К8-Б з покриттям на основі TiN (PVD) на характер зміни мікрогеометрії поверхні і експлуатаційну стійкість інструменту. Показано, що MAO забезпечує формування шорсткості поверхні інструменту з $Ra \approx 0,4$ мкм і підвищення стійкості не менш ніж у 1,5 рази. Суттєву роль при цьому мають характеристики MAI і в особливості розмір, форма частинок магнітно-абразивних порошків і величина їх різальних лез.

МАГНІТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА С НИТРИДНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Дюбнер Л.Г., Майборода В.С., Ульяненко Н.В.

Выполнены исследования влияния MAO твердосплавного режущего инструмента из сплава ТТ10К8-Б с покрытием на основе TiN (PVD) на характер изменения микрогеометрии поверхности и эксплуатационную стойкость инструмента. Показано, что MAO обеспечивает формирование шероховатости поверхности инструмента с $Ra \approx 0,4$ мкм и повышение стойкости не менее чем в 1,5 раза. Существенную роль при этом оказывают характеристики MAI и в особенности размер, форма частичек магнитно-абразивных порошков и величина их режущих лезвий.

MAGNETIC - ABRASIVE TREATMENT OF THE HARD-ALLOY INSTRUMENT WITH NITRID COATING

Duebner L.G., Maiboroda V.S., Ulyanenko N.V.

The researches of influence MAT of a hard-alloy cutting instrument from an alloy ТТ10К8-Б with a coverage on the basis TiN (PVD), on character of a modification of microgeometry of a surface and operation stability of the instrument are executed. Is exhibited, that MAT ensures forming a surface roughness of the instrument with $Ra \approx 0,4$ microns and heightening of stability not less than in 1,5 times. An essential role thus render the performances MAI and in particular dimension, shape particles of magnetic - abrasive powders and magnitude of their cutting blades.