

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 111514

**ЗНОСОСТІЙКЕ ІОННО-ПЛАЗМОВЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ
РІЖУЧОГО І ФОРМОТВОРНОГО ІНСТРУМЕНТА І СПОСІБ
ЙОГО ОДЕРЖАННЯ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
10.05.2016.

В.о. Голови Державної служби
інтелектуальної власності України

А.А.Малиш



(21) Номер заявки:	а 2014 06976	(72) Винахідники:	Саратович Владислав Вікторович, UA, Саратович Олексій Владиславович, UA, Остапчук Дмитро Павлович, UA
(22) Дата подання заявки:	20.06.2014		
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.05.2016		
(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня:	Бюл. № 24 25.12.2015	(73) Власники:	Саратович Владислав Вікторович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108, UA, Саратович Олексій Владиславович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108, UA, Остапчук Дмитро Павлович, вул. Гацева, 1, кв. 123, м. Харків, 61108, UA
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня:	Бюл. № 9 10.05.2016		

(54) Назва винаходу:

ЗНОСОСТІКЕ ІОННО-ПЛАЗМОВЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ РІЗЬЧОГО І ФОРМОТВОРНОГО ІНСТРУМЕНТА І СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ

(57) Формула винаходу:

1. Зносостійке іонно-плазмове покриття для різьчого і формотворного інструмента, що містить Ti-Al-N, яке **відрізняється** тим, що воно додатково містить молібден, хром, ванадій і кремній, утворюючи баратокомпонентне покриття виду (Ti-Al-Mo-Cr-V-Si)_n при наступному вмісті компонентів, у мас. %: Al - 4,4-7,5; Mo - 4,4-4,7; Cr - 1,4-1,6; V - 4,4-4,7; Si - 1,5-2,3; N - 13,6-18,0 та Ti - решта.

2. Спосіб формування зносостійкого іонно-плазмового покриття за п. 1 для різьчого і формотворного інструмента, що містить Ti-Al-N, який включає обробку виробу пучком іонів титану і алюмінію в середовищі азоту, який **відрізняється** тим, що баратокомпонентне покриття (Ti-Al-Mo-Cr-V-Si)_n утворюють шляхом введення в плазмову фазу іонів молібдену, хрому, ванадію зі сплавленого титанового катода, а іони кремнію вводять зі сплавленого алюмінієвого катода.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що введення легуючих іонів виконують при струмі розряду Ip(AI)=100-120 A, Ip(Ti)=90-100 A, напрузі зміщення Uс=50-150 В і тиску азоту P_{N2}=(1,33-4,0)•10⁻¹ Па.

(11) 111514

Пронумеровано, прошито металевими
люверсами та скріплено печаткою
2 арк.
10.05.2016



Уповноважена особа

(підпис)



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111514** (13) **C2**
(51) МПК
C23C 14/24 (2006.01)
B23B 27/14 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2014 06976</p> <p>(22) Дата подання заявки: 20.06.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.05.2016</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.12.2015, Бюл.№ 24</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.05.2016, Бюл.№ 9</p>	<p>(72) Винахідник(и): Сагалович Владислав Вікторович (UA), Сагалович Олексій Владиславович (UA), Остапчук Дмитро Павлович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Сагалович Владислав Вікторович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108 (UA), Сагалович Олексій Владиславович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108 (UA), Остапчук Дмитро Павлович, вул. Гацева, 1, кв. 123, м. Харків, 61108 (UA)</p> <p>(74) Представник: Серюгіна Алла Сергіївна, реєстр. №63</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2487781 C2, 20.07.2013 RU 2502827 C1, 27.12.2013 SU 959344 A, 23.05.1983 RU 2446042 C2, 27.08.2011 EP 2669401 A1, 02.12.2013 WO 2010140958 A1, 09.12.2010 WO 2012069475 A1, 31.05.2012 WO 2014034923 A1, 06.03.2014</p>
--	--

(54) ЗНОСОСТІЙКЕ ІОННО-ПЛАЗМОВЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ РІЖУЧОГО І ФОРМОТВОРНОГО ІНСТРУМЕНТА І СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі машинобудування. Зносостійке іонно-плазмове покриття для ріжучого і формотворного інструмента містить, мас. %: Al - 4,4-7,5, Mo - 4,4-4,7, Cr - 1,4-1,6, V - 4,4-4,7, Si - 1,5-2,3, N - 13,6-18,0 та Ti - решта. Крім того, заявлено спосіб формування вказаного покриття шляхом введення в плазмову фазу іонів молібдену, хрому, ванадію зі сплавного титанового катода, а іони кремнію вводять зі сплавного алюмінієвого катода. Винахід підвищує міцність, зносостійкість, адгезійну сумісність покриття з основою.

UA 111514 C2

Винахід належить до галузі машинобудування, зокрема до технології отримання іонно-плазмових покриттів із зносостійкими властивостями шляхом вакуум-дугового осадження. Такі покриття можуть використовуватися в машинобудуванні, авіабудуванні, металургії та інших галузях промисловості при створенні конструкцій із захисними, зміцненими, зносостійкими, ерозиційностійкими покриттями, зокрема для підвищення стійкості ріжучого, формотворного, вирубного інструмента.

Відомі багатокомпонентні зносостійкі покриття і способи їх нанесення на металеву підкладку, зокрема покриття Ti-N, Zr-N, Cr-N, Ti-C-N, Ti-Al-N, Ti-Cr-N, Ti-Zr-N, Ti-Al-V-N, Cr-Al-N, отримані методами вакуум-дугового осадження, плазмового нанесення, методом магнетронного розпилення чи іншими.

Відомо, наприклад, зносостійке іонно-плазмове покриття на основі нітриду хрому, нанесене на металевий виріб [див. опис до патенту РФ № 2025543, М. кл. С 23 С 14/08, опубл. 30.12.1994 р.], що містить ванадій у складі нітриду (Cr-V) N при наступному співвідношенні хрому і ванадію ат %: Cr 28-50, V50-72.

Покриття може використовуватися в промисловості для підвищення зносостійкості різального та технологічного інструмента, має відносну зносостійкість, яка змінюється в залежності від складу.

Однак зносостійкість такого покриття невисока, а його застосування обмежене, оскільки використовується в основному для обробки конструкційних сталей.

Відомо, також багатошарове покриття на твердосплавний інструмент для обробки титанових сплавів, що складається з шарів, послідовно нанесених на поверхню інструмента [див. опис до патенту РФ № 2415198, М.к. С23С 14/06, опубл. 09.11.2009], адгезійного шару складу $\lambda\text{Nb} + \mu\text{Cr} + \nu\text{Zr}$ товщиною 0,2-0,8 мкм, перехідного шару складу $\alpha\text{NbN} + \beta\text{Cr} + \gamma\text{ZrN}$ товщиною 0,3-0,8 мкм, при цьому перехідний шар містить принаймні один нітрид металу, що входить до складу адгезійного шару, і наноструктурований зносостійкий шар товщиною 10-100 нм, що складається з повторюваного комплексу наночарів $\chi\text{NbN} + \delta\text{CrN} + \epsilon\text{ZrN}$, при цьому перший наночар, що контактує з перехідним шаром, має однаковий з ним склад. Індеси $\lambda, \mu, \nu, \alpha, \beta, \gamma, \chi, \delta, \epsilon$ являють собою масові частки відповідних нітридів в межах від 0 до 1 при їх сумарному значенні рівному 1.

Описане вище покриття, отримане методом вакуумної іонно-плазмової технології, дозволяє підвищити час обробки на відмову і надійність різального інструмента за рахунок високої адгезії шарів між собою.

Однак, область застосування, як і в попередньому випадку, обмежується металообробкою в основному конструкційних сталей. Використання твердих сплавів та інших подібних матеріалів виявляє його непридатність внаслідок складності покриття і схильності до утворення мікротріщин внаслідок порушення кристалоподібності при переході від одного шару до іншого. Найбільш близьким до технічного рішення, що заявляють, за призначенням, технічною суттю та результатом, що досягається при використанні, є покриття, що містить шар $(\text{Ti}_x\text{Al}_{1-x})\text{N}$ [див. опис до патенту РФ № 2487781, М. кл. В23В 27/16, опубл. 20.01.12 р.] і наночарову область, яка включає безліч наборів наночарів, що чергуються, де кожен набір наночарів, що чергуються, містить один наночар, який включає алюміній, титан, хром і азот, і інший наночар, що включає алюміній, хром, титан і азот з відмінними стехіометричними індексами.

Описане вище покриття має підвищену зносостійкість. Досягнутий технічний результат забезпечує в свою чергу підвищення продуктивності різального інструмента при виконанні операцій, пов'язаних зі стружкоутворенням.

Однак, ріжучий інструмент з досить високим опором зносу при обробці конструкційних сталей виявляється недостатньо ефективним при обробці спеціальних сталей або, наприклад, при обробці тиском. До того ж, як і попереднє, покриття складне і не позбавлене згаданого вище недоліку.

Відомий спосіб отримання багатошарового покриття для ріжучого інструменту [див. опис до патенту РФ № 2430990, М. кл. С23С 14/24], який включає формування тришарового покриття вакуумно-дуговим методом, при якому нижній шар з нітриду титану і цирконію формують при температурі 600 °С і тиску азоту $7,5 \cdot 10^{-4}$ Па, проміжний шар формують з такого ж нітриду, легovanого хромом при температурі 550 °С, і тиску азоту $4,3 \cdot 10^{-3}$, а як верхній шар формують шар нітриду титану і хрому при температурі 500 °С і тиску $4,3 \cdot 10^{-3}$ МПа.

Описаний вище спосіб дозволяє отримати покриття більш стійке в порівнянні з покриттям тієї ж школи (див. № 2297473).

Однак, як і описані вище технічні рішення, останнє, в кінцевому підсумку, виявляється менш ефективним і може бути використане в основному при виготовленні інструмента, призначеного для обробки різанням конструкційних сталей.

Відомі способи отримання багатошарового покриття для ріжучого інструмента, які включають вакуумно-полум'яне формування багатошарових покриттів з не менш ніж трьох шарів, кожен з яких включає нітрид двох або трьох металів, вибраних з групи Ti, Zr, Al, при різних масових співвідношеннях [див. патент РФ № 2495959, М. кл. C23C14/24, опубл. 03.07.2012; № 2503742, М. кл. C23C 14/24, опубл. 26.06.2013; № 2366747, М. кл. C23C14/14, опубл. 23.05.2008 р.] в присутності трьох катодів відповідного складу.

Кожне із згаданих вище технічних рішень змінює, на думку авторів, технічні характеристики способів тієї ж школи, збільшуючи або зносостійкість, або адгезійну здатність, або твердість. Однак, оскільки такі технічні характеристики як твердість або зносостійкість знаходяться в суперечності з такими технічними характеристиками як адгезійна здатність і тріщиностійкість, спроби зменшити ці протиріччя призводять до ускладнення технології виготовлення і підвищення вартості металообробного інструмента.

Найбільш близьким до технічного рішення, що заявляють, за призначенням, технічною суттю та результату, що досягають при використанні, є спосіб виготовлення ріжучих пластин, що включає осадження вакуумно-плазмовим методом на тверду основу двошарового покриття, в якому як нижній шар наносять нітриди титану та алюмінію [див. писання до патенту РФ № 2502827, М. кл. C23C 14/24, опубл. 27.12.2013], а як верхній шар – леговані цирконієм нітриди ніобію і молібдену або ніобію і алюмінію. Обидва шари наносять при температурі 600 °C і тиску азоту $4,3 \cdot 10^{-4}$ Па і після нанесення кожного шару з камери відкачують азот, впускають повітря і охолоджують камеру разом з ріжучими пластинами. Описаний вище спосіб формування покриття забезпечує більш високі технічні показники щодо зносостійкості.

Однак досягнуті значення основних технічних характеристик покриттів, отриманих описаним вище способом, внаслідок зазначеної вище протиріччя виявляються недостатніми. Це особливо помітно при їх використанні не як покриттів для ріжучого інструмента, а й для формотворного, вирубного інструмента, тобто для інструмента, що працює при підвищених динамічних навантаженнях.

Тому метою пропонованих технічних рішень є комплексне підвищення основних технічних характеристик покриття, таких як міцність, зносостійкість, адгезійна сумісність покриття з основою.

В основу технічного рішення, що заявляють, поставлена задача поліпшення покриття, що містить нітриди титану та алюмінію, в якому, внаслідок виконання на поверхні виробу шару нітриду, легованого іонами Mo, Cr, V, Si і утворення багатокомпонентне покриття виду (Ti, Al, Mo, Cr, V, Si)N, досягається новий технічний результат.

В основу технічного рішення, що заявляють, поставлена також задача удосконалення способу формування покриття, що містить нітрид виду Ti-Al-N, в якому внаслідок виконання шару нітриду, легованого іонами Mo, Cr, V, Si, і утворення багатокомпонентного покриття виду (Ti, Al, Mo, Cr, V, Si)N шляхом введення в плазмову фазу іонів молібдену, хрому, ванадію із сплавного титанового катода і іонів кремнію із сплавного алюмінієвого катода, забезпечується новий технічний результат.

Новизна технічного результату полягає в утворенні покриття, в якому легований нітридовий шар в результаті введення до складу покриття Ti-Al-N додаткових легуючих елементів (Mo, Cr, V, Si) в умовах, що забезпечують утворення високотвердих, міцних, високоентальпійних нітридних сполук (Mo_2N , CrN, VN, Si_3N_4), забезпечує суттєве підвищення зносостійкості та інших механічних властивостей покриття.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому покритті, що містить шар нітриду (Ti-Al-N), згідно з винаходом, шар нітриду легований іонами Mo, Cr, V, Si і утворює багатокомпонентне покриття виду (Ti, Al, Mo, Cr, V, Si)N при наступному вмісті компонентів у мас. %: Al – 4,4-7,5, Mo – 4,4-4,7, Cr – 1,4-1,6, V – 4,4-4,7, Si – 1,5-2,3, N – 13,6-18,0 та Ti – решта.

Поставлена задача вирішується також тим, що у відомому способі формування покриття, що містить нітрид виду (Ti-Al-N), згідно з винаходом, шар нітриду виконують легованим іонами Mo, Cr, V, Si, що утворює багатокомпонентне покриття виду (Ti, Al, Mo, Cr, V, Si) N шляхом введення в плазмову фазу іонів молібдену, хрому, ванадію із сплавного титанового катода при струмі розряду, а іони кремнію вводять зі сплавного алюмінієвого катода.

Згідно з винаходом, введення легуючих іонів виконують при струмі розряду $I_p(Al) = 100-120$ А, $I_p(Ti) = 90-100$ А, напрузі зсуву $U_c = 50-150$ В і тиску азоту $P_{N_2} = (1,33-4,0) \cdot 10^{-1}$ Па.

Як видно з викладу суті заявлених технічних рішень, вони відрізняються від найближчих аналогів і, отже, є новими.

Технічні рішення, що заявляють, мають також винахідницький рівень. Вони відрізняються від відомих принципово, як зазначено вище, тим, що в результаті введення до складу покриття TP-Al-N додаткових легуючих елементів (Mo, Cr, V, Si) в умовах, що забезпечують утворення

високотвердих, міцних, високоентальпійних нітридних сполук виду (Mo_2N , CrN , VN , Si_3N_4), забезпечується суттєве підвищення зносостійкості та інших механічних властивостей покриття.

Технічні рішення, що заявляють, промислово придатні і можуть бути використані у виробництві інструментів для обробки твердих сплавів, зокрема інструментальних сталей.

- 5 У таблиці 1 показана залежність складу, одержуваних покриттів, від технологічних параметрів і деякі властивості покриттів.

Таблиця 1

Покриття	Технологічні параметри				Склад покриття, (мас. %)							Мікротв., H_v , кГ/мм ²	Товщ., мкм	Адгезія
	$I_p(\text{Ti})$, А	$I_p(\text{Al})$, А	U_c , В	P_{N_2} , 10 ⁻¹ Па	Ti	Mo	V	Cr	Al	Si	N			
1	80	100	80	1,5	реш.	4,4	4,4	1,4	6,9	2,3	13,6	3500	10	добра
2	90	110	110	2,0	реш.	4,5	4,6	1,5	7,5	2,5	14,4	4200	10	дуже добра
3	100	120	120	2,0	реш.	4,6	4,7	1,5	6,1	2,1	14,6	4500	10	дуже добра
4	110	130	120	3,0	реш.	4,7	4,7	1,6	4,3	1,5	16,0	4600	10	добра
5 Ti-N	100	-	100	2,0	реш.	-	-	-	-	-	18,0	1800	10	добра
6 Ti-Al-N	100	110	100	2,0	реш.	-	-	-	8,0	-	18,0	3000	10	добра

- 10 Для порівняння в табл. 1 (пп. 5, 6) наведені характеристики покриттів Ti-N і Ti-Al-N, отриманих на тому ж обладнанні, але не із сплавних, а із чистих катодів.

- 15 Спосіб формування покриття на металевій підкладці полягає в наступному. Покриття отримують способом вакуум-дугового осадження з плазмової фази в середовищі реакційного газу азоту з іонним бомбардуванням. Осадження ведуть з двох катодів - сплавного титанового катода, до складу якого входять домішки молібдену, хрому, ванадію в наступному співвідношенні компонентів, (мас. %) (табл. 2) і сплавного алюмінієвого катода, до складу якого входять домішки кремнію в наступному співвідношенні компонентів, (%) (табл. 3):

Таблиця 2

Вміст елемента в катоді, (мас. %)	Ti	V	Cr	Mo
	решта	4-5,5	0,5-1,5	4-5,5

Таблиця 3

Вміст елемента в катоді, (мас. %)	Si	Al
	20-22	інше

- 20 Перед розміщенням у вакуумній камері вироби, що покривають, та контрольні зразки промивають у бензині і протирають спиртом і встановлюють у гнізда поворотного-планетарного механізму столу вакуум-дугового блоку установки Avinit, що розташовані по колу. Як матеріали катодів, що розпилюють, використовували Сплавний титановий катод і Сплавний алюмінієвий катод.

- 25 Реакційну камеру вакуумували до тиску $6,6 \cdot 10^{-3}$ Па, напускали аргон до тиску $2 \cdot 10^{-1}$ Па, підпалювали тліючий розряд і встановлювали струм розряду 20 А. Очищення в тліючому розряді аргону проводили при плавному підвищенні потенціалу зміщення на деталях, що покривали, від 20 В до 1000 В протягом 30 хв.

- 30 Потім проводили обробку виробів у високощільній плазмі аргону. Для цього напускали аргон до тиску $2 \cdot 10^{-1}$ Па через газовий плазмоденератор, підпалювали газовий розряд, встановлювали струм газового розряду 20 А, плавно підвищуючи потенціал зміщення на деталях, що покривали, від 20 В до 400-500 В, нагрівали деталі до 400-500 °С і проводили очищення в газовому розряді аргону протягом 30 хв.

- 35 Після цього аргон замінювали на азот при тому ж робочому тиску в камері $P_{\text{N}_2}=(1,33-4,0) \cdot 10^{-1}$ Па і підпалювали дуговий розряд на обох катодах з технологічними параметрами, що наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Покриття	Технологічні параметри				Склад покриття, (%)							Мікротв., H_v , кГ/мм ²	Товщ., мкм	Адгезія
	Ip(Ti), А	Ip(Al), А	Uc, В	$P_{N_2}, 10^{-1}$ Па	Ti	Mo	V	Cr	Al	Si	N			
1	80	100	80	1,5	реш.	4,4	4,4	1,4	6,9	2,3	13,6	3500	10	добра
2	90	110	110	2,0	реш.	4,5	4,6	1,5	7,5	2,5	14,4	4200	10	дуже добра
3	100	120	120	2,0	реш.	4,6	4,7	1,5	6,1	2,1	14,6	4500	10	дуже добра
4	110	130	120	3,0	реш.	4,7	4,7	1,6	4,3	1,5	16,0	4600	10	добра
5 Ti-N	100	-	100	2,0	реш.	-	-	-	-	-	18,0	1800	10	добра
6 Ti-Al-N	100	110	100	2,0	реш.	-	-	8,0	-	-	18,0	3000	10	добра

При обробці в плазмі титану при струмі розряду I_p (Ti)=80-120 А і алюмінію при струмі розряду I_p (Al)=90-140 А і потенціалі зміщення $U_c=50-150$ В у середовищі азоту $P_{N_2}=(1,33-4,0) \cdot 10^{-1}$ Па плазмова фаза поряд з іонами титану, а алюмінію додатково містить іони молібдену, хрому, ванадію і кремнію, які і входять до складу покриття.

Нанесення покриття проводили протягом 120 хвилин. Товщина покриття досягає 8...10 мкм.

Вимірювання мікротвердості проводили мікротвердоміри ПМТ-3 на контрольному зразку після нанесення покриттів при навантаженні на алмазну піраміду 0,2 Н.

У табл. 4 показана залежність складу одержуваних покриттів від технологічних параметрів і деякі властивості покриттів.

Для порівняння в табл. 4 (пп. 5, 6) наведені характеристики покриттів Ti-N і Ti-Al-N, отриманих на тому ж обладнанні, але не із сплавних, а із чистих катодів.

Реалізацію покриттів для зміцнення ріжучого і формотворного інструмента, отриманого за запропонованим способом, пояснюють такі приклади.

Приклад 1.

Проведені порівняльні випробування твердосплавного ріжучого інструмента з багатокомпонентними покриттями у виробничих умовах високошвидкісного фрезерування. Випробування проводилися на твердосплавних фрезах виробництва фірми "FRAISA", які в початковому стані покриття не мали, і на таких же фрезах з багатокомпонентними покриттями, нанесеними згідно зі способом, що заявляють.

Випробування проводилися методом порівняння величини зносу на ефективному діаметрі покритої і не покритої фрез, що працюють в однакових умовах на заготовці зі сталі 45 з твердістю HRC 45. Величина зносу ріжучої кромки Н визначалася за допомогою мікроскопа при збільшенні в 30 разів. Результати випробувань наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Позначення фрези	Покриття	Режими різання			Час роботи, хв...	Величина зносу
		Оберти (об./хв.)	Подача (мм/хв.)	Глибина різання a_p (мм)		
5280.140 Ø2 R1	Покриття (табл. 1, п. 2)	42000	1680	0,04	53	0,04
	Без покриття	42000	1680	0,04	53	0,12
5280.220 Ø4 R2	Покриття (табл. 1, п. 3)	42000	4200	0,05	21	0,03
	Без покриття	42000	4200	0,05	21	0,08-0,1
5280.300 Ø6 R3	Покриття Avinit (табл. 1, п. 4)	42000	5880	0,12	30	0,05
	Без покриття	42000	5880	0,12	30	0,15-0,2

Результати порівняльних випробувань показали, що на однакових режимах високошвидкісного фрезерування знос фрез, покритих за запропонованим способом при

оптимальних параметрах процесу (табл. 1, п. 2-4) багатокомпонентними покриттями в 2,6-4 рази менше, ніж не покритих.

Приклад 2.

5 Проведені виробничі випробування сфероциліндричних фрез R15, зміцнених згідно з заявленим способом (табл. 1, п. 3).

Умови проведення випробувань:

Операція - фрезерування профілю лопатки. Обладнання - обробний центр мод. 2204BM1Ф4. Оброблювана деталь - лопатка апарата Б90010160, що спрямляє; матеріал - EP479 (15X16H2AMШ).

10 Інструмент: фреза 9336-1239 (серійно вживана): Ø30 mm; R15 MM; Z=6; матеріал - P6M5K5МП (HRC66); передній кут - $\gamma=10^\circ$; задній кут - $\alpha=12^\circ$. Режими різання: число обертів - $n=200$ об/хв; подача - $S=250$ мм/хв; глибина обробки - $t=2-3$ мм; охолодження - масляна СОЖ "Асфол-2".

15 Як показали результати виробничих випробувань, зміцнення інструменту типу сфероциліндричні фрези 9336-1239 за заявленим способом забезпечує підвищення стійкості інструмента в 1,5-1,8 рази при підвищенні якості обробленої поверхні. Приклад 3.

Згідно з заявленим способом, як і в прикладі 1, були нанесені багатокомпонентні покриття на формозмінюючі частини штампів, що використовуються для вібропросічки на діропробивних пресах з ЧПУ "Vchrens".

20 Порівняльні випробування в умовах промислового виробництва на штампах Ø 12 мм, які використовують для найбільш навантажених і жорстких режимів вібропросічки на діропробивних пресах з ЧПУ "Behrens", показали, що при однакових умовах і режимах роботи стійкість штампів з багатокомпонентними покриттями значно більше, ніж без покриття (коефіцієнт зміцнення від 5 до 40 разів), при цьому підвищується якість оброблюваних матеріалів (табл. 6).

25

Таблиця 6

Позначення штампа	Покриття	Товщина оброблен. матеріалу	Кількість ударів	Величина зносу, мм	Швидкість зносу, мм/удар	Коеф. зміцнення
Пуансон Ø12 мм	Покриття (табл. 4, п. 2)	1 мм	161805	0,02	$1,24 \cdot 10^{-7}$	19
	Без покриття		46230	0,11	$2,38 \cdot 10^{-6}$	
Матриці Ø12,07 мм	Покриття (табл. 4, п. 2)		161805	0,004	$2,47 \cdot 10^{-7}$	43
	Без покриття		46230	0,05	$1,1 \cdot 10^{-6}$	
Пуансон Ø12 мм	Покриття (табл. 4, п. 1)	3 мм	62030	0,03	$4,8 \cdot 10^{-7}$	12
	Без покриття		26140	0,15	$5,7 \cdot 10^{-6}$	
Матриці Ø12,45 мм	Покриття (табл. 4, п.1)		62030	0,04	$6,4 \cdot 10^{-7}$	5
	Без покриття		26140	0,08	$3,0 \cdot 10^{-6}$	

30 Особливо ефективно працює покриття при вирубці листових металів: сталей, латуні, міді. Стійкий до ушкоджень покриття на краях штампа виконує ті ж функції, що й на фрезах при ударних навантаженнях. Покриття оберігає вироби від задирок під час рубки, так як навіть при зносі покриття по вирубній кромці зберігається тривалий час на прилеглих поверхнях матриці і пуансона. Підвищує довговічність штампа в 3 і більше разів. Приклад 4.

Багатошарові покриття (табл. 1, п. 2) були нанесені на твердосплавні ріжучі пластини з сплавом ВК6.

35 Як показали результати промислових випробувань, при обробці торців зварних труб (Ø=25-75 мм) зі сталі Ст.3 кп (умови різання: швидкість різання $V=20-25$ м/хв..., глибина різання 3 мм), стійкість різальних пластин з багатошаровими покриттями збільшується в 2,6-3 разів.

Як видно з наведених прикладів, найкращі результати по зміцненню різних типів інструментів досягаються для покриттів, зазначених у табл. 1, п. 2.

40 Оптимальні технологічні параметри процесу такі: $I_p(Ti)=90$ А, $I_p(Al)=110$ А, $U_c=110$ В, $P_{N2}=2,0 \cdot 10^{-1}$ Па (табл. 1, п. 2).

При цьому формуються покриття з наступним співвідношенням компонентів, (мас. %):

Ti	Al	V	Cr	Mo	Si	N
решта	7,5	4,6	1,5	4,5	2,5	14,4

- Таким чином, пропонований спосіб дозволяє досягти багаторазового збільшення зносостійкості і терміну служби ріжучого і формотворного інструмента. Ефект досягається нанесенням дуже тонких (0,5-10 мкм) зносостійких покриттів на робочі поверхні деталей.
- 5 Операція нанесення покриттів є фінішною, не впливає на попередній процес виготовлення деталей. Мала товщина покриттів не вимагає зміни величини допусків на їх розміри. Надвисока твердість покриттів і виключно висока міцність зчеплення покриттів із всілякими підкладками забезпечують підвищення зносостійкості різального, формотворного інструмента і деталей машин в 3-30 разів, штампів в 5-100 разів, деталей, що труться об абразивні матеріали, в 10-100 разів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Зносостійке іонно-плазмове покриття для ріжучого і формотворного інструмента, що містить Ti-Al-N, яке **відрізняється** тим, що воно додатково містить молібден, хром, ванадій і кремній, утворюючи багатокомпонентне покриття виду (Ti-Al-Mo-Cr-V-Si)N при наступному вмісті компонентів, у мас. %: Al - 4,4-7,5, Mo - 4,4-4,7, Cr - 1,4-1,6, V - 4,4-4,7, Si - 1,5-2,3, N - 13,6-18,0 та Ti - решта.
- 15 2. Спосіб формування зносостійкого іонно-плазмового покриття за п. 1 для ріжучого і формотворного інструмента, що містить Ti-Al-N, який включає обробку виробу пучком іонів титану і алюмінію в середовищі азоту, який **відрізняється** тим, що багатокомпонентне покриття (Ti-Al-Mo-Cr-V-Si)N утворюють шляхом введення в плазмову фазу іонів молібдену, хрому, ванадію зі сплавного титанового катода, а іони кремнію вводять зі сплавного алюмінієвого катода.
- 20 3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що введення легуючих іонів виконують при струмі розряду $I_p(\text{Al})=100-120$ А, $I_p(\text{Ti})=90-100$ А, напрузі зміщення $U_c=50-150$ В і тиску азоту $P_{N_2}=(1,33-4,0) \cdot 10^{-1}$ Па.
- 25

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601