

МАШИНОЗНАВСТВО. ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.9.025: 621.762

В.С. Антонюк, к.т.н., доц.*Національний технічний університет України "КПІ"***А.В. Рутковський, к.т.н.***Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України*

ВПЛИВ СКЛАДУ ТА ХАРАКТЕРУ ПОКРИТТЯ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ІНСТРУМЕНТА НА ОСНОВІ НІТРИДУ КРЕМНІЮ ПРИ РІЗАННІ

В статті проаналізовано фактори впливу мікротвердості покриття на зносостійкість нітрідної кераміки на основі Si_3N_4 . Зроблено висновок про високу стійкість до зношування кераміки з покриттям. Запропоновано схему розрахунку конструкції функціонально-орієнтованого покриття виходячи з умов його експлуатації, що дозволяє встановити загальну конструкцію покриття з урахуванням фізико-механічних властивостей контактуючих матеріалів. Представлені результати експериментальних досліджень мікротвердості та зносостійкості при терті багатокомпонентних одношарових і двошарових покриттів. Доведена перспективність використання різальної кераміки Si_3N_4 з покриттям $(Al, Cr)N$ при механічній обробці сталі ХВГ.

Актуальність проблеми

Кераміка є одним з перспективних різальних матеріалів, який в максимально енергонавантажених умовах має високу в'язкість руйнування і термомеханічну міцність за низької хімічної активності.

Аналіз факторів, що впливають на характер зношування кераміки довів, що визначальними є явища адгезійної, дифузійної та хімічної взаємодії в зоні контакту, зношування під дією втомних і термічних напружень, а також абразивне зношування. Ці фактори активно виявляють себе при механічній обробці матеріалів різальним інструментом з кераміки на основі Si_3N_4 [1].

Одним з шляхів підвищення ефективності протидії зношуванню керамічних різальних пластин типу "силеніт-Р" при різанні й розширення областей їх використання є формування функціонально-орієнтованих покриттів на робочих поверхнях.

Надійність захисту робочих поверхонь і раціональне використання різних типів покриття, а також способів їх нанесення значною мірою визначається механічними властивостями сформованих поверхневих структур [2].

Можливість широкого використання поверхневих властивостей композиційного покриття дозволяє розглядати таке покриття як унікальне проміжне середовище, здатне не тільки позитивно впливати на властивості інструментального матеріалу, але і управляти процесом різання за рахунок трансформації його основних характеристик [3].

Важливим і перспективним напрямком у вирішенні задач підвищення експлуатаційних характеристик різального інструмента є використання зміцнюючого покриття. З аналізу останніх праць, присвячених цій проблемі, відзначається позитивна роль покриття і впливає, що серед методів, пов'язаних з нанесенням (або формуванням) зміцнюючого покриття, виключаючи хіміко-термічну обробку, є методи газотермічного наплення, осадження з газової фази або вакуумного електронно-променевого випаровування, в основі яких лежать гнучкі технологічні прийоми, що дозволяють створювати покриття різного складу і структури.

Однією з найбільш поширених вимог, які висуваються до зносостійких покриттів, є висока твердість, що повинна значно перевищувати твердість матеріалу основи. Цьому критерію відповідає низка зносостійких покриттів, які широко використовуються для підвищення зносостійкості інструментальних матеріалів.

Однак, як показує практика, жоден з видів покриття не є універсальним повною мірою і розкриває свої потенційні можливості лише в певних, інколи надто вузьких, умовах експлуатації. Причина такого положення пояснюється тим, що поверхнєве руйнування являє собою комплексний процес, який включає багато одночасно функціонуючих механізмів, активність яких залежить від режимів контактної взаємодії. Кожен експлуатаційний режим характеризується своїм набором домінуючих механізмів поверхневого руйнування, відносно яких опір матеріалу реалізується через різні потенційні властивості структури.

Важливою ланкою формування структурних властивостей робочих поверхонь різального інструмента є структурне пристосування, під яким розуміють комплекс явищ, пов'язаних зі структурно-енергетичними змінами поверхні в початковий період експлуатації [4].

Процес структурного пристосування при терті можна розглядати як результат дії на поверхню енергетичного потоку, ініційованого режимами контактної взаємодії, в основі якого лежать одні і ті ж структурні механізми “зміцнення–розміцнення”. Опір матеріалу різному руйнівному впливу забезпечується визначеним набором структурних властивостей, змінюючи які, можливо цілеспрямовано управляти зносостійкістю [5].

Однак підвищення окремих характеристик міцності не означає забезпечення високих експлуатаційних властивостей. Так, зростання твердості матеріалу покриття підвищує межу міцності розтягу і стиску, але знижує втомні властивості. Збільшення межі витривалості пов'язане з підвищенням пластичності й зниженням твердості. Забезпечення зносостійкості вимагає додержання відповідних відношень пружно-пластичних властивостей матеріалу покриття.

Питання подальшого підвищення ефективності процесів механічної обробки–стійкості різального інструмента, продуктивності обробки, особливо важкооброблюваних матеріалів, є актуальними. Вони належать до одних з пріоритетів технологічної науки і знаходять відображення в державних науково-технічних програмах України.

В зв'язку з цим дослідження впливу параметрів покриття на основні характеристики і властивості різальних матеріалів є актуальним науково-практичним завданням.

Фізико-механічні властивості багатокомпонентного покриття

Для визначення ефективного покриття для керамічних пластин на основі Si_3N_4 (“силеніт–Р”) були проведені експериментальні дослідження мікротвердості та зносостійкості при терті багатокомпонентних одношарових TiN і $(\text{AlCr})\text{N}$ та двошарових $\text{Cr}+\text{TiN}$ і $\text{CrN}+(\text{CrZr})\text{N}$ покриттів. Покриття на керамічні пластини наносили на установці вакуум-плазмового напилювання ННВ-6,6-И1 типу “Булат”.

Твердість покриття визначали методом Кнупа, який дозволяє одержати достовірні значення твердості тонких і відносно крихких шарів покриттів.

Як видно з рис. 1, найвищу твердість має покриття $(\text{Al}, \text{Cr})\text{N}$, яке значно перевищує твердість інструментального матеріалу. Це пояснюється високою дисперсією зерен покриття і їх щільним пакуванням в процесі конденсації, а також складом осажденої плівки.

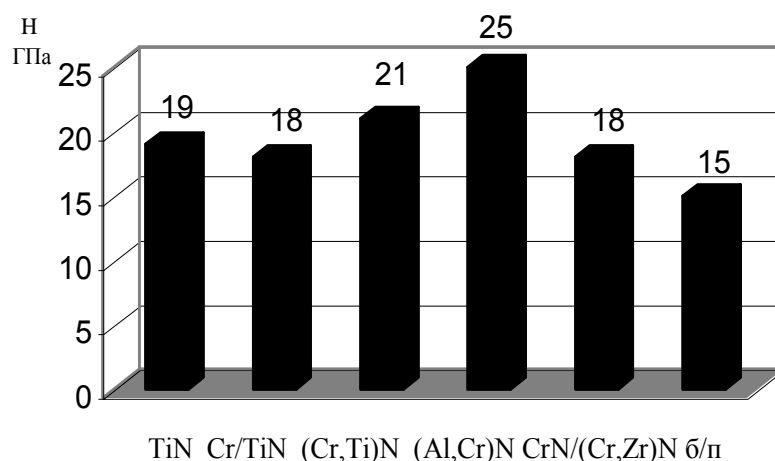


Рис.1. Мікротвердість багатокомпонентних покриттів

Для визначення впливу мікротвердості покриття на зносостійкість нітридної кераміки на основі Si_3N_4 проведені триботехнічні дослідження на модернізованій машині тертя М22-М. Важливим моментом проведення досліджень зносостійкості є правильний вибір схеми тертя контактуючих пар. При проведенні випробувань керамічних зразків з силеніту–Р із зносостійкими покриттями при терті по сталі була обрана схема “вал–площина”. Схема “вал–площина” широко застосовується завдяки простоті й високій чутливості при визначенні зношування. Як контртіла були застосовані ролики діаметром 40 мм масою приблизно 90 г, виготовлені з нормалізованої сталі 45 (HRC 26–29). Ця схема випробувань дозволила уникнути інтенсивного мікрорізання при дослідженні фрикційної взаємодії кераміки з металом.

За критерій зношування приймали час тертя пари "різець–контртіло" до появи ділянок руйнування покриття. Оскільки максимальна товщина шару покриття сягала 10–12 мкм, то необхідно було обрати такий режим тертя, який забезпечив би контакт "покриття–контртіло" без зношування основи поверхні керамічного зразка. На основі попередніх експериментів обраний такий режим тертя: швидкість сковзання – 3 м/с; навантаження на зразок – 8 Н. Дослідження контактної зони зразка проводилось через кожні 10 с на оптичному мікроскопі МІМ–8. Результати випробувань наведені на рис. 2.

Цей метод оцінки зносостійкості покриттів є модельним, що дає можливість простежити тільки динаміку зміни стійкості покриття починаючи з одношарових нітрідотитанових і закінчуючи композиційними покриттями. Отже можна допустити, що така ж динаміка буде і в умовах різання металів.

Як довели дослідження, найбільше значення твердості й стійкості для стирання має одношарове композиційне покриття систем (Al, Cr)N, час роботи якого в 2,5 рази вищий, ніж одношарових нітрідотитанових і двошарових покриттів.

Виходячи з цього, для подальших досліджень працездатності керамічних різців із силеніту–Р при різанні обрали покриття (Al, Cr)N.

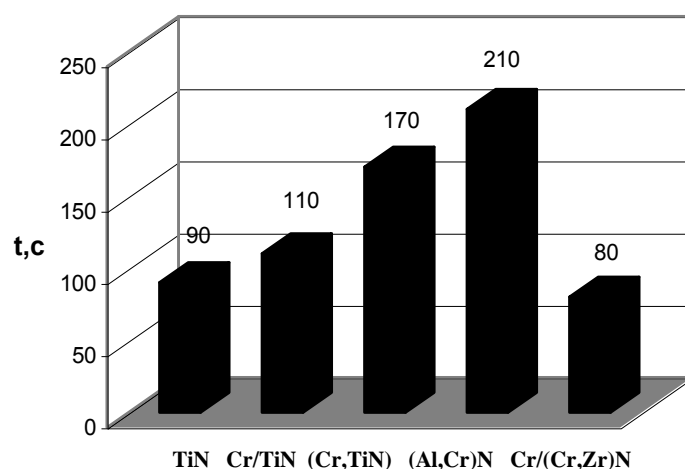


Рис. 2. Стійкість покриттів при терті: контртіло–сталь 45; режими випробувань: швидкість ковзання – 3 м/с; навантаження на зразок – 8 Н

Розрахунки та конструювання покриття

Важливим фактором підвищення працездатності різального інструмента є також конструкція покриття. Серед розмаїття видів покриття особливе місце займають дискретні композиційні покриття (ДКП), особливою відмінністю яких є можливість локальної модифікації основи матеріалу і формування складу, структури та фізико-механічних властивостей приповерхневого шару. Це дозволяє виключити відшарування покриття, різко підвищити його зносостійкість, оскільки дискретна структура покриття обмежує його локальне перенапруження, що є причиною руйнування традиційних покриттів. Відсутність локального перенапруження під зміщеними ділянками виконується при умові: $\sigma_{\max} < \sigma_{0,2}$ [5].

Одним із параметрів конструкції ДКП є щільністю покриття (ψ) – відношення площі, яку займає наповнювач, до загальної площі покриття [6]. Рівномірність розподілу включень за об'ємом (поверхнею) визначає напруження в покритті. Подальший розрахунок конструкції дискретного покриття базується у визначенні форми і розмірів ділянок включення, відстані між ними (крок включень). Зв'язок об'ємного вмісту компонентів композиції і співвідношення їх площ на поверхні підпорядковується принципу Кавальєрі [7].

Згідно з цим принципом напруження, які виникають в поверхневому шарі покриття від фізико-механічних властивостей компонентів включень і їх складу, визначаємо як:

– для максимальних нормальних напружень від поздовжнього розтягу (стиску):

$$k_{\sigma} = \frac{\sigma_{\tau}}{\langle \sigma_1 \rangle} = \frac{4G_m(v_m - v_g)/E_1}{2 - V_g + V_g \chi_m + V_m \alpha (\chi_g - 1)} \cdot \left\{ 1 - V_g + 3 \frac{\chi_m + 1}{\chi_m + \alpha} \left[3 + 10 \left(\frac{V_g}{\pi} \right)^2 \right] \left(\frac{V_g}{\pi} \right)^2 \right\};$$

– для максимальних дотичних напружень від зсуву:

$$k_{\tau} = \frac{\sigma_{1\tau}}{\langle \sigma_{12} \rangle} = \frac{2G_e/G_m}{V_m + (1+V_e)G_e/G_m} \left\{ 1 + 4 \frac{G_e/G_m - 1}{G_e/G_m + 1} \left(\frac{V_e}{\pi} \right)^2 \cdot \left[3 + 7 \left(\frac{V_e}{\pi} \right)^2 \right] \right\},$$

де $\langle \sigma_{12} \rangle$ – сумарне напруження від поздовжнього стиску по міжфазових границях включення–матриця; $\langle \sigma_{12} \rangle$ – сумарне напруження від зсуву по міжфазових границях включення–матриця; V_m, V_e – відносний об'ємний вміст матриці й включення відповідно; E_e, E_m – модуль Юнга; G_e, G_m – модуль зсуву; $v_m; v_e$ – коефіцієнти Пуасона; e, m – індекси, які визначають включення і матрицю відповідно; $E_1 = V_e E_e + V_m E_m$; $\alpha = G_m/G_e$; $\chi_m = 4 - 3 v_m$ і $\chi_e = 4 - 3 v_e$ – коефіцієнти.

Визначивши компоненти покриття і щільність, при якій концентрація напружень найменша, визначаємо конструктивні параметри покриття, які визначаються як способом нанесення, так і умовами експлуатації.

Так, для покриття (Al, Cr)N на різальних пластинах – селеніту–Р щільність покриття на робочих поверхнях різальної пластини визначали з умови [8]:

$$\Psi = \frac{H_o}{H_d} \times 100[\%],$$

де H_o – мікротвердість основного матеріалу; H_d мікротвердість дискретних ділянок покриття.

При мікротвердостях основного матеріалу керамічної пластини селеніту–Р $H_{200} = 15$ ГПа і дискретних ділянок покриття з (Al, Cr)N $H_{200} = 25$ ГПа, щільності покриття становила $\psi = 60$ %.

При цьому максимально допустимий наведений розмір – L_{max} включення визначають виходячи з умови кроку тріщини в покритті [9]:

$$L_{max} \leq C_n = -\frac{1}{k} \ln \left(0,1 + \frac{\sigma_n^{zall}}{\varepsilon_k E_n} \right),$$

де C_n – величина кроку тріщини в покритті; k – коефіцієнт, який залежить від модулів Юнга і зсуву основи і покриття; σ_n^{zall} – залишкові напруження в покритті; ε_k – критична деформація під дією зовнішніх навантажень; E_n – модуль пружності покриття.

Для різальних керамічних пластин селеніту–Р вибирали конструкцію фрагмента ДКП прямокутної форми. Тоді його параметри визначаємо із залежності $a = b \sqrt{\Psi_{onm}}$, за умови що

$$L_{max} \geq \sqrt{a^2 + b^2};$$

де a – довжина і b – ширина ділянки включення [10].

Крок між включеннями визначаємо з умови:

$$t = k_{\tau} \sqrt{\frac{\Psi \cdot a \cdot b}{\pi}},$$

де $k_{\tau} = \frac{\tau_{mz}}{\tau_{max}}$ – коефіцієнт адгезійної міцності, τ_{mz} – міцність адгезійного зчеплення, τ_{max} – максимальні

дотичні напруження в площині адгезійного контакту.

Так, виходячи з оптимальної щільності ($\Psi = 60$ %), для покриття (Al, Cr)N визначені розміри включення, які для фрагмента ДКП прямокутної форми складала $0,18 \times 0,18$ мм, а крок між ними – $0,205$ мм.

Експериментальні дослідження покриття

Для визначення працездатності й ефективності використання покриття на керамічних пластинах селеніту–Р проведені порівняльні дослідження суцільного і дискретного покриття, які наносили на модернізованій установці ННВ–6,6–І1.

Покриття формували в середовищі азоту з двох катодів, розміщених один навпроти одного, де в результаті плазово-хімічної реакції проходить синтез сполуки (Al, Cr)N. Оскільки температура плавлення алюмінієвого катоду значно нижча, ніж температура плавлення катоду з хрому, то струм дуги алюмінієвого джерела обирали в три рази меншим, ніж струм для катоду з хрому. Для захисту від потрапляння крапель на поверхню і використання тільки іонного компонента молекулярного потоку був використаний вузол сепарації важких (за масою) часток.

Формування дискретного шару покриття відрізнялось тим, що для нанесення дискретних ділянок використовувалась маска з квадратними чарунками. Фрагмент сформованого дискретного покриття (Al, Cr)N на різальній пластині селеніту–Р показано на рис. 3.

Різальні властивості селеніту–Р визначали за зносостійкістю пластин покриттями (Al, Cr)N товщиною 2, 8, і 10 мкм для суцільних і 8 мкм для дискретних ділянок порівнюючи їх з пластинами без покриття при точінні заготовок із загартованої сталі ХВГ (HRC 58–62) на токарно-гвинторізному верстаті 1К62.

Критерієм стійкості пластин при різанні є час до появи величини зношування (h_3 , мм) на головній задній грані різця, максимально допустиме значення якого було прийнято рівним 0,4 мм (рис. 4). Режими різання сталі ХВГ керамічними пластинами: швидкість різання (V) – 1,0 м/хв; подача (S) – 0,1 мм/об; глибина різання (t) – 0,25 мм.

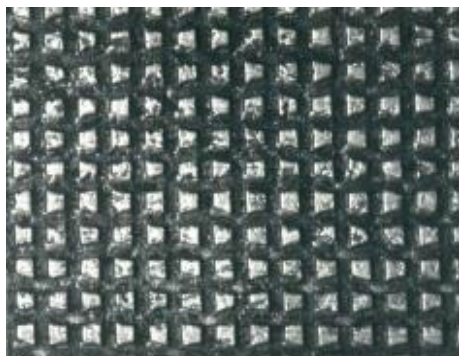


Рис. 3. Фрагмент дискретного покриття (Al, Cr)N на різальній пластині силеніту–Р



Рис. 4. Різальна пластинка силеніту–Р. Знос по задній поверхні при обробці сталі ХВГ. Режими різання: швидкість різання (V) – 1,0 м/хв; подача (S) – 0,1 мм/об; глибина різання (t) – 0,25 мм.

Внаслідок випробувань з'ясовано, що суцільне захисне покриття забезпечує збільшення зносостійкості різального інструмента в 1,7 раза, а дискретне – в 2,2 рази порівняно з інструментом без покриття (рис. 5).

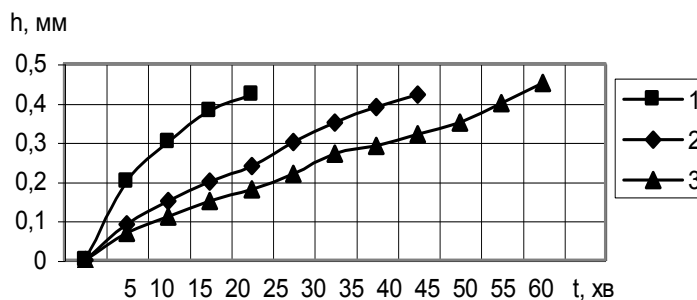


Рис. 5. Залежність зношування різальними пластинами з силеніту–Р при обробці сталі ХВГ: 1 – різець без покриття; 2 – суцільне, а 3 – дискретне покриття з (Al, Cr)N товщиною 8 мкм відповідно. Режими різання: швидкість різання $V = 1,25$ м/с; подача $s = 0,07$ мм/об; глибина $t = 0,25$ мм

При цьому особливий інтерес являє собою різець з дискретним покриттям, зношування якого незначно збільшується з досить довгим терміном точіння. Так, наприклад, різець без покриття величиною зносу 0,4 мм досягає за 25 хв. безперервного точіння, в той час як інструмент з дискретним покриттям – за 55 хв.

Для суцільного покриття спостерігається неоднозначна картина зношування. Найбільш стійким виявився різець з товщиною покриття 2 мкм. Збільшення зносу в цьому випадку було поступовим. Різці з покриттями товщиною 8 і 10 мкм менш стійкі до зношування внаслідок появи мікротріщин і відшарування покриття.

Відомо [11], що з підвищенням швидкості різання зростає температура в зоні контакту кераміка–метал, а відповідно стають більш значними термоактивні процеси механо-хімічного і дифузійного зношування. Використання покриття зменшує активність цих процесів, але наявність адгезійної взаємодії і абразивного зношування призводить до швидкого руйнування суцільного покриття. Так, при точінні сталі ХВГ пластиною без покриття площа її зони зносу приблизно у два рази більше площі зносу пластини з покриттям. Але зі зростанням ділянок зносу все більше нівелюється різниця між інструментом з покриттям і без нього.

Використання дискретного покриття дозволило створити такі поверхневі структури, які активно протидіють цим процесам стримуючи розвиток фронту руйнування на контактних ділянках впливаючи на механізм і динаміку зношування. Дискретність контактної зони виключає когезійне розшарування і адгезійне відшарування за рахунок високої адгезійної і когезійної стійкості кожної дискретної ділянки через обмеження нормальних навантажень в покритті й дотичних в площині адгезійного контакту

покриття з основою. Крім того, різна мікротвердість ділянок покриття і основи створює сприятливі умови виникнення фрагментованого зносостійкого шару, пов'язаного з самоорганізацією дисипативних структур, які мінімізують тертя і зношення [4].

Розглядаючи кінетику зношування інструмента з дискретними і суцільними покриттями залежно від зміни режимів різання, від швидкості різання спостерігаємо, що зі збільшенням швидкості різання інтенсивність зношування зростає для різців як з суцільним покриттям, так і з дискретним. Однак значення зносу у випадку з дискретним покриттям нижча, ніж для інструмента із суцільним покриттям (в 1,3 раза – при швидкості різання 1,0 м/с і в 1,6 раза – при швидкості різання 1,3 м/с).

Зі збільшенням подачі від 0,15 до 0,3 мм/об. при постійній швидкості й глибині різання (1,0 м/с і 0,25 мм відповідно) спостерігається така ж тенденція. Причому для різців із суцільним покриттям при подачах 0,26 і 0,3 мм/об. за 20 хв. різання настає критичне зношування по задній поверхні (0,4 мм), в той час як для різця з дискретним покриттям ці значення склали 0,1 і 0,35 мм відповідно.

Таким чином, як зі збільшенням швидкості різання, так і зі збільшенням подачі різців з селеніту-Р, що має дискретне покриття при обробці сталі ХВГ, проявляє більш високі експлуатаційні якості. Слід підкреслити більш високу працездатність інструмента з дискретними покриттями. Незважаючи на те, що значення зносу дискретних і суцільних покриттів близькі, можна передбачити, що зі збільшенням часу різання зношування інструментів із суцільними покриттями буде відбуватися більш інтенсивно. Це доводиться порівняльними експериментами зношування різальних пластин із суцільними і дискретними покриттями з (Al, Cr)N від швидкості різання і величини подачі. При порівнянні залежностей зношування пластин від швидкості видно, що кінетика зношування різальної кераміки селеніту-Р із суцільним покриттям співпадає з зношуванням дискретного покриття, однак зношування останнього в діапазоні швидкостей 1,0÷1,6 м/с приблизно на 30 % менше, що і обумовлює більшу працездатність інструмента. Така ж тенденція спостерігається і в залежності зношування різців від величини подачі. Так, дискретне покриття (Al, Cr)N забезпечує повну відсутність зношування різця перші 10–13 хв. точіння. Можна передбачити, що в цьому випадку оптимально співпадають склад і властивості покриття, силова і теплова дія при застосовуваних режимах різання.

Висновок

Запропоновано новий підхід до вирішення проблеми підвищення довговічності інструментальних матеріалів шляхом формування дискретного композиційного покриття з метою створення активного середовища для активізації явища самоорганізації. Проявом самоорганізації є зниження та стабілізація майже всіх енергетичних, силових і триботехнічних параметрів процесу зношування.

Проаналізовано методи формування поверхневого шару інструментальних матеріалів з метою одержання в них регульованих за величиною залишкових напружень в елементах різального інструмента, який працює в умовах високих контактних навантажень і температур.

Розроблено методику розрахунку геометричних параметрів поверхневого шару, що дозволяє визначити щільність або дискретність композиційного покриття, що наноситься на робочу поверхню різального інструмента і забезпечує заданий рівень залишкових напружень в системі основа–покриття.

Проведені експериментальні дослідження показали, що для того, щоб підвищити ресурс роботи різального інструмента необхідно створити умови активізації процесу самоорганізації за рахунок конструювання робочої поверхні формуючи дискретний поверхневий шар з властивостями, які забезпечують структурно-енергетичні зміни поверхні.

Аналізуючи кінетику зношування інструментального матеріалу селеніту-Р з дискретними і суцільними покриттями (Al, Cr)N залежно від зміни режимів різання при обробці сталі ХВГ, спостерігаємо, що зі збільшенням швидкості різання інтенсивність зношування у випадку з дискретним покриттям нижча, ніж для інструмента із суцільним покриттям.

Дискретність контактної зони виключає когезійне розшарування і адгезійне відшарування за рахунок високої адгезійної і когезійної стійкості кожної дискретної ділянки через обмеження навантажень в покритті. Крім того, різна мікротвердість ділянок покриття і основи створює сприятливі умови виникнення фрагментованого зносостійкого шару, пов'язаного з самоорганізацією дисипативних структур.

Створені поверхневі структури дискретного покриття активно протидіють процесам руйнування на контактних ділянках виконуючи бар'єрні функції для адгезійної взаємодії інструментального і оброблюваного матеріалу і активно впливають на механізм і динаміку протікання зношування.

Використання покриття (Al, Cr)N на різальній нітридній кераміці Si_3N_4 дозволило підвищити зносостійкість інструмента в 2–3,5 разів при точінні легованої термообробленої сталі ХВГ, при чому спостерігається більш висока працездатність різальних пластин селеніту-Р з дискретними покриттями порівняно зі суцільними.

Подальшою метою досліджень є експериментальне дослідження підтвердження математичних розрахунків та обґрунтування конструкції дискретного композиційного покриття, виявлення оптимального складу і умов експлуатації покриття і його вплив на показники зносостійкості різального інструмента.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Керамические инструментальные материалы / Под ред. Г.Г. Гнесина. – Киев: Техника, 1991. – 390 с.
2. Ляшенко Б.А., Кузема Ю.А., Дигам М.С., и др. Упрочнение поверхности металлов покрытиями дискретной структуры с повышенной адгезионной и когезионной стойкостью. – Киев: ИПП АН УССР, 1984. – 57 с.
3. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. – М: изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2001. – 448 с.
4. Ким В.А., Якубов Ф.Я., Тимофеев С.М. К термодинамике упрочнения и изнашивания режущего инструмента // Резание и инструмент в технологических системах – Вып. 50. – Харьков: ХПГУ, 1996. – С. 211–216.
5. Поверхностная прочность при трении / Под общей ред. Б.И. Костецкого. – К: Техника, 1976. – 296 с.
6. Ляшенко Б.А., Антонюк В.С. Исследование поверхностных структур покрытий в условиях трибофатического нагружения // Вісник Національного технічного університету України “КПІ” / Машинобудування. – К.: НТУУ «КПІ». – 2001. – Вип. 40. – С. 85–91.
7. Лучка М.В. Покриття градієнтного типу поверхні трибоконтакту ковзанням. – К., 1998. – 53 с.
8. Волкогон В.М., Карюк Г.Г., Антонюк В.С. Эффективность и перспективы применения функциональных покрытий в технике // Вісті Академії інженерних наук України / Машинобудування та прогресивні технології – 2000. – № 4. – 2000. – С. 4–10.
9. Ляшенко Б.А., Сорока Б.Е., Рутковский А.В., Литинская Н.В. Определение структуры покрытий с учетом остаточных напряжений // Пробл. прочности. – 2002. – № 4. – С. 119–125.
10. Антонюк В.С. Оптимальное конструирование износостойких инструментальных покрытий // Збірник наукових праць НТУ “ХПІ”. – Харків., – 2002. – Вип. 1(5). – С. 25–31.
11. Гнесин Г.Г. Износостойкость керамических материалов на основе карбида и нитрида кремния // Порошковая металлургия. – 1903. – № 5. – С. 3–8.

АНТОНЮК Віктор Степанович – кандидат технічних наук, доцент Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- сучасні процеси механічної обробки;
- інженерія поверхні.

РУТКОВСЬКИЙ Анатолій Віталійович – кандидат технічних наук, науковий співробітник Інституту проблем міцності ім Г.С. Писаренка Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

- зносостійкі покриття.

Подано 22.03.2004

Антонюк В.С., Рутковский А.В. Вплив складу та характеру покриття на працездатність інструмента на основі нітриду кремнію при різанні

Антонюк В.С., Рутковский А.В. Влияние состава и характера покрытия на работоспособность инструмента на основе нитрида кремния при резании /

Антонюк В.С., Рутковский А.В. Force composition and character coating on earning capacity instrument on base nitrite of silicon in cutting.

УДК 621.9.025: 621.762

Вплив складу та характеру покриття на працездатність інструмента на основі нітриду кремнію при різанні / В.С. Антонюк, А.В. Рутковский

В статті проаналізовано фактори, впливу мікротвердості покриття на зносостійкість нітрідної кераміки на основі Si_3N_4 . Зроблено висновок про високу стійкість зношуванню кераміки з покриттям. Запропоновано схему розрахунку конструкції функціонально - орієнтованого покриття виходячи з умов його експлуатації, що дозволяє встановити загальну конструкцію покриття з урахуванням фізико-механічних властивостей контактуючих матеріалів. Проведені результати експериментальних дослідження мікротвердості та зносостійкості при терті багатокomпонентних одношарових і двошарових покриттів. Доведена перспективність використання різальної кераміки Si_3N_4 з покриттям (Al,Cr)N при механічній обробці сталі ХВГ.

УДК 621.9.025: 621.762

Влияние состава и характера покрытия на работоспособность инструмента на основе нитрида кремния при резании / В.С. Антонюк, А.В. Рутковский

В статье проанализированы различные факторы, влияния микротвердости покрытия на износостойкость нитридной керамики на основе Si_3N_4 . Сделаны выводы о высоком сопротивлению изнашиванию керамики с покрытием. Предложена схема расчета конструкции функционально - ориентированного покрытия исходя из условий его эксплуатации, что позволяет установить общую конструкцию покрытия с учетом физико-механических свойств контактирующих материалов. Приведены результаты экспериментальных исследований микротвердости и износостойкости при трении многокомпонентных однослойных и двухслойных покрытий. Показана перспективность использования режущей керамики Si_3N_4 с покрытиями (Al,Cr)N при механической обработке стали ХВГ.

УДК 621.9.025: 621.762

Force composition and character coating on earning capacity instrument on base nitrite of silicon in cutting. / В.С. Антонюк, А.В. Рутковский

In Article analyse different factors of force microhardness coating on wearlessness of nitrid ceramic on base Si_3N_4 . Its been done about hight resisting wearlessness with coating. Offer scheme accounting construction of functional – oriental coating aut of the circumstances it explore, that let to install common construction of coating with accounting physic – mechanic features of connecting materials. Bring resultants of experiments researchers of microhardness and wearlessness by adhesion of multicomponen onecoat and twocoat coating. Its show perspective using of cutting ceramic Si_3N_4 with coating (Al,Cr)N at mechanic using of cutting ceramic Si_3N_4 with coating (Al,Cr)N by mechanic cutting of still ХВГ.