

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ІНСТРУМЕНТІВ ОСНАЩЕНИХ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Високі твердість, теплостійкість і теплопровідність, хімічна інертність з чорними металами на повітрі і при високій температурі, обумовлює ефективне застосування інструментів з надтвердих матеріалів (НТМ). Основними питаннями щодо дослідження застосування й виготовлення інструментів оснащених надтвердими матеріалами займалися такі вчені як М.В. Новіков, С.А. Кліменко, М.Ю. Копейкіна, А.А. Віноградов, Ю.Г. Кабалдін, Е.А. Кудряшов, А.І. Горбов та інші.

Надтверді матеріали є сучасним наукомістким високотехнологічним продуктом, що є важливою ланкою у вирішенні питань ефективної металообробки важкооброблюваних матеріалів в ХХІ сторіччі. Завдяки унікальним властивостям НТМ широко застосовуються в сучасному машинобудуванні, як ефективний інструментальний матеріал. Діляться надтверді матеріали на дві групи: композиційні матеріали, виготовлені на основі нітриду бору (композити), і полікристалічні і монокристалічні синтетичні алмази.

Полікристалічні алмази випускають наступних марок: АСБ - типу балас; АСПК - типу карбонадо; СВ, СВАБ, СВС - тип СВ алмазне спікання, композиція нітриду бору і алмазних порошків. Полікристалічне будова алмазів дозволяє їм володіти високою динамічною міцністю і ізотропно механічних властивостей, що дозволяє використовувати лезовий інструмент, оснащений вставками з алмазу, при обробці важкооброблюваних і особливо міцних матеріалів.

Монокристалічні алмази виробляють двох марок: АСТ і САМ. З марки САМ виготовляють ріжучий інструмент для обробки радіотехнічної кераміки, напівпровідникових матеріалів, високотемпературних кольорових сплавів, марка алмаза АСТ використовується для виготовлення наконечників вимірювальних приладів.

Композиційні матеріали поділяються на дві групи за змістом кубічного нітриду бору (КНБ): 1) з масовою часткою КНБ від 95% і вище, 2) з часткою КНБ 75% і застосуванням різних добавок. Застосування композиційних інструментальних матеріалів, які володіють унікальними фізико-механічними властивостями, дозволяє використовувати лезову обробку. Лезова обробка супроводжується більш низькими енергозатратами і більш продуктивні, ніж шліфування. Точіння в багатьох випадках забезпечує вимоги за якістю, яке висувається до робочих поверхонь деталей. Тому дослідження процесу лезової обробки деталей з покриттям являє собою значний науковий й практичний інтерес. В порівнянні із застосуванням з твердих сплавів продуктивність обробки збільшується в 1,3-6 разів з одночасним підвищенням стійкості ріжучого інструменту в 2-10 разів. В порівнянні з процесами алмазно – абразивного шліфування продуктивність лезової обробки збільшується в 2-4 рази.

Актуальною є задача підвищення ефективності лезової обробки і забезпечення потрібного стану поверхневого шару деталей з покриттями високої твердості з урахуванням особливостей структури й властивостей матеріалів покриттів і застосування ріжучого інструменту з НТМ. Ріжучий інструмент, оснащений алмазними вставками, можна виготовляти з мінімальним радіусом заокруглення; гострота різальної крайки зберігається досить довго, що дозволяє проводити обробку з малим припуском і отримувати якісну шорсткість поверхні.

Для виготовлення лезового інструмента використовують природні і синтетичні матеріали. В якості природної сировини використовують високо якісні алмази. Крім високої твердості алмаз має високу зносостійкість, добру теплопровідність і малий коефіцієнт тертя. Тонке точіння алмазними різцями може забезпечити шорсткість поверхні до $Ra = 0,025$ мкм. Разом з цим він дуже крихкий і дорогий.

Створені полікристалічні надтверді матеріали на основі алмазу (карбонад, балас, дісміт, АРС) і кубічного нітриду бору (ельборо-Р, белбор, ісміт, ПТНБ, гексаніт-Р). Великі розміри баласи і карбонадо дозволяють виробляти не тільки надтонке точіння, але й напівчистове і навіть чорнову обробку. Глибина різання досягає 2 мм. Крім того, полікристалічні зерна, на відміну від монокристалів, мають ізотропні фізико-механічні властивості. Твердість полікристалічних алмазів близька до монокристалічних, а міцність їх на згин в 2-3 рази вище. Різцями з цих матеріалів можна знімати поверхневий шар покриттів із значними макровідхиленнями профілю, що разом з неоднорідністю структури і властивостей покриттів наводить до великих динамічних навантажень на ріжуче лезо.

Найбільш широкого поширення набули інструментальні матеріали на основі нітриду бору. Композити є якісно новим інструментальним матеріалом. Чим вище твердість оброблюваного матеріалу, тим більш ефективно застосування різців і фрез, оснащених композитами. При точінні заготованих

сталей твердістю HRC 62 і вище стійкість різців з ельбору-Р в 30 ... 40 разів вище стійкості твердосплавних і в 6 ... 10 разів вище мінералокерамічних. Причому зі збільшенням швидкості обробки переваги цих різців проявляються ще більшою мірою. Інструменти, оснащені композитом, можуть працювати з високими швидкостями різання, що дає можливість значно підвищити продуктивність праці. При цьому різці з композитів забезпечують шорсткість обробленої поверхні $R_a < 0,63 \dots 1,25 \text{ мкм}$ і 7...8 квалітети точності. Перевага в стійкості різців з ельбору-Р і гексаніта-Р перед твердосплавними при точінні чавунів особливо проявляються при високих швидкостях різання. Так, при швидкості 400 м / хв їх стійкість в 20 ... 30 разів вище, ніж твердосплавних.

Одним з ефективних шляхів підвищення працездатності різального інструменту являється нанесення на його робочі поверхні зносостійких покриттів. До загальних вимог, що ставляться до зносостійких покриттів, належать: висока щільність і суцільність покриття, що забезпечують захист матеріалу інструменту від взаємодії з оброблюваним матеріалом і навколишнім середовищем; стабільність властивостей покриття в часі; малі коливання товщини покриття в межах робочих поверхонь, що дозволяють зберегти високу геометричну точність інструменту, можливість отримання покриттів гранично простим і економічним способом.

В якості матеріалів для покриття на різальних інструментах використовують карбіди, нітриди, карбонітриди, бориди і силіциди тугоплавких металів (титан, цирконій, ванадій, хром, вольфрам), а також алмазоподібні матеріали на основі вуглецю, які завдяки високій твердості і температурі плавлення зменшують адгезійну взаємодію з оброблюваним матеріалом, оксид алюмінію Al_2O_3 – для зменшення окислювальних процесів на робочих поверхнях інструментів.

Вибір покриття здійснюється в залежності від типу оброблюваного матеріалу і області його застосування. На теперішній час все більше застосування знаходять композиційні і багатошарові покриття, які в максимальній мірі здатні задовольнити складному комплексу вимог, що пред'являється до покриттів на різальному інструменті. В цьому випадку з'являється можливість використання систем матеріалів здатних зберігати високу твердість при високих температурах і при цьому мати підвищену пасивність по відношенню до оброблюваного матеріалу. До таких систем можна віднести деякі оксиди (особливо Al_2O_3), бориди та нітриди (Si_3N_4). Найбільш доцільно їх використання як бар'єрний шар, так як це дозволяє ефективно стримувати дифузійні процеси, знижує схильність матеріалу інструмента до окислення при високих температурах.

Розроблено методи підвищення зносостійкості, які ґрунтуються на створенні на робочих поверхнях інструменту тонких поверхневих шарів з заданими властивостями. Найбільш розповсюджені хіміко-термічні методи (ціанування, азотування, нітроцементация, борування...). Тут зміна хімічного складу поверхневого шару досягається за рахунок дифузії різних елементів з зовнішнього середовища в матеріал інструменту. Найбільше розповсюдження одержало ціанування, після якого на поверхні сталевого інструменту утворюється шар товщиною 20-30 мкм твердістю $H_{KC} 70$ високої тепло і зносостійкості. За рахунок цього стійкість інструменту підвищується в 1,5-2 рази.

Нанесення покриттів на інструментальні матеріали дозволяє створити новий комплекс властивостей з збереженням необхідної властивості основи. Ці способи одержали широкий розвиток і розділяються на 2 методи:

1. Хімічне осадження покриттів з газової фази (CVD метод) ґрунтується на конденсації твердих осадків з газоподібних з'єднань. При цьому температура підложки дуже висока (1000-1100 °С) і цей метод можна використовувати тільки для нанесення покриттів на тверді сплави. Матеріал покриття: TiC; TiN; TiNC; ZrN; HfC; MoC; MoN; CrN; TaN.

2. Фізичні методи (PVD): КІБ – конденсація з іонним бомбардуванням інструменту, РЕП-реактивно іонно променеве осадження покриттів у вакуумі. Тут температура відносно не висока (420-620 °С) і ці методи можна використовувати для нанесення покриттів на швидкорізальні сталі і тверді сплави. На основі КІБ методу працюють установки "Булат" і установки іонного азотування. Із збільшенням температури в зоні різання PVD покриття значно менше втрачають у твердості ніж CVD покриття.

Аналіз літературних досліджень дозволяє визначити найбільш раціональні технологічні області застосування НТМ на основі КНБ. Однак, як зауважують самі ж автори, кожному оброблюваному матеріалу відповідає оптимальний інструментальний матеріал із КНБ, який відрізняється від інших характеристиками зерен, матеріалом та характеристиками зв'язки, режимами отримання. Наявність в складі матеріалу покриття титану Ti і хрому Cr значно підвищують інтенсивність зношування інструменту за рахунок хімічної взаємодії в місцях контакту інструменту і покриття.

Проблемні завдання підвищення точності, якості та продуктивності обробки поверхонь деталей інструментами з композитів вирішуються шляхом керування положенням ріжучої частини інструмента щодо оброблюваної переривчастою поверхні заготовки, за рахунок оптимізації конструктивних параметрів і режимів різання. Останні тісно пов'язані з розмірною стійкістю інструменту, точністю, собівартістю і продуктивністю процесу.

Процес різання лезовим інструментом на основі надтвердих модифікацій нітриду бору визначається його особливими фізико-механічними властивостями. Серед технологічних властивостей інтенсивність зносу різців із ПНТМ визначається, насамперед, швидкістю різання. Оптимальні швидкості різання знаходяться в порівняно вузькому діапазоні значень. При низьких швидкостях температура в зоні різання відносно невисока, а рівень коефіцієнта тертя й усадки стружки значно більший. Сили різання великі та нестабільні, тому що мають місце коливання через динамічну невірноваженість процесу. Все це робить процес при низьких швидкостях різання нестабільним. Спостерігається інтенсивний абразивний знос інструмента з боку задніх поверхонь. Із зростанням швидкості, а значить, і температури процес різання стабілізується. Знижується коефіцієнт тертя, усадка стружки і сили різання. Стружка сколювання переходить у зливну, більш стійку. При цьому коливання сил, мікровібрації різко знижуються. Температура в зоні різання сприяє розм'якшенню прошарків металу. На поверхні інструмента утворюється тонкий прошарок оброблюваного металу - налипання, загальмований прошарок, що міцно утримується на різці, оберігаючи його від інтенсивного зносу. Таким чином, оптимальна працездатність інструмента із нітриду бору при точінні загартованих сталей реалізується в порівняно вузькому діапазоні швидкостей різання і, отже, температур.

Завдяки високій якості поверхні процес лезової обробки нітридоборним інструментом є конкурентоспроможним абразивній обробці. На формування мікронерівностей обробленої поверхні найбільше впливають режими різання і знос інструмента, а також твердість оброблюваного металу.

Вплив швидкості різання на шорсткість пояснюється тим, що при малих швидкостях процес різання нестабільний - динамічно нестійкий, тому що температура в зоні різання ще невисока. Звідси великі сили, велика усадка і несприятливі умови стружкоутворення. Із зростанням швидкості процес різання стабілізується і шорсткість зменшується. Збільшення шорсткості зі зменшенням твердості оброблюваного матеріалу можна пояснити застійними явищами (наростом) на передній поверхні інструмента, що інтенсифікуються зі зниженням твердості.

При лезовій обробці загартованих сталей різцями з НТМ у поверхневому прошарку формуються стискуючі залишкові напруження, що підвищують зносостійкість деталей машин. Величина і знак залишкових напружень залежать від швидкості різання, подачі, геометрії різця та інших умов, вплив яких виявляється в зміні ролі силового і температурного факторів. Збільшення швидкості різання призводить до зниження стискуючих залишкових напружень, тому що воно супроводжується підвищенням температури в поверхневому прошарку.

Збільшення подачі призводить до підвищення стискуючих напружень, одночасно збільшується глибина їхнього залягання. Це знаходиться у повній відповідності до того факту, що зі збільшенням подачі зростають сили різання, відповідальні за виникнення стискуючих залишкових напружень.

Вивчення особливостей формування шорсткості обробленої поверхні при лезовій обробці інструментами із нітриду бору показало, що форма нерівностей відрізняється від нерівностей, отриманих традиційним інструментом. Зміна форми нерівностей пояснюється великою їхньою деформацією в процесі різання, викликаній температурним та силовим факторами. При значних питомих навантаженнях в умовах сильного нагрівання форма нерівностей змінюється. Профіль нерівностей стає опуклим, що і призводить до зростання відносної опорної довжини профілю. Таким чином, несуча спроможність поверхні при обробці різцями з нітриду бору збільшується, підвищуючи працездатність деталей машин. Мікротвердість обробленої поверхні, як правило, збільшується.

Основні переваги обробки загартованих матеріалів інструментом з НТМ: висока продуктивність за рахунок високих швидкостей різання і зниження допоміжного часу; висока гнучкість застосування; процес простіше, ніж шліфування; немає припикань; мінімальні жолоблення заготовки; можливість уніфікації устаткування для повної обробки деталі; безпечний та екологічно чистий процес обробки. Разом з тим, можна сказати, що різучі інструмент з композиційних матеріалів виводить обробку матеріалів на нові рівні продуктивності. Різко збільшується швидкість обробки за інших рівних умов, забезпечує відповідне збільшення хвилинної подачі інструменту, тобто продуктивності процесу, а також зменшення сили різання, наклепу і шорсткості обробленої поверхні, а значить, точності і якості обробки.

Аналіз літературних даних показав, що досліджень в напрямку впливу якості поверхневого шару недостатньо й необхідно розширювати використання різних покриттів в тому числі й пошук нових інструментальних покриттів, вивчення геометрії інструментів й діапазон використання різних режимів різання які в комплексі дають якість обробки. В подальших дослідженнях потрібно звернути увагу на забезпечення підвищення працездатності та зменшення зносостійкості інструменту при використанні відомих та нових покриттів для цих цілей.