

УДК 621.539.4

М.О. Ковришкін, доц., канд. техн. наук, О.В. Шевченко, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

Методи підвищення працездатності різального інструменту

В статті обґрунтований найбільш перспективний шлях підвищення стійкості різального інструмента – застосування зміцнюючих покриттів. Показано, що напрямками підвищення стійкості різального інструменту є традиційні методи: використання раціональних режимів різання, вибір оптимальної конструкції різальної частини інструмента, застосування високоякісних МОТС і використання нових інструментальних матеріалів та застосування способів зміцнюючої обробки, в тому числі використання зносостійких покриттів.

різальний інструмент, зміцнююча обробка, стійкість, інструментальні матеріали, зносостійкі покриття

Вступ. Різальна кераміка застосовується при більш високих швидкостях різання ніж тверді сплави. Маючи більшу твердість і зносостійкість, які дозволяють працювати з більш високими швидкостями різання, кераміка здатна витримувати високі температури. Різальна кераміка дуже добре працює при малих подачах. При середніх і високих подачах вона не має переваги, тому що дуже чутлива до теплових ударів.

При створенні нових інструментальних матеріалів з метою поліпшення їх різальних властивостей, як правило, спостерігається погіршення інших параметрів. Так підвищення зносостійкості безвольфрамових твердих сплавів пов'язано із зменшенням їхньої міцності, збільшенням крихкості. Ідеальний інструментальний матеріал для високопродуктивної обробки важкооброблюваних матеріалів повинний мати такі властивості, як твердість і зносостійкість алмаза, хімічну стабільність мінералокераміки і питому в'язкість швидкорізальної сталі. Поряд з цим необхідна висока стійкість, теплопровідність і низька чутливість до перепаду температур. Доки такий матеріал ще не створений, найбільш перспективним шляхом підвищення стійкості різального інструмента є застосування зміцнюючих покриттів.

Постановка задачі. Шляхами підвищення стійкості різального інструменту є традиційні методи: використання раціональних режимів різання, вибір оптимальної конструкції різальної частини інструмента, застосування високоякісних МОТС і використання нових інструментальних матеріалів та застосування способів зміцнюючої обробки, в тому числі використання зносостійких покриттів (рис.1).

Аналіз методів покращення різальних властивостей інструменту привів до висновку про необхідність впровадження такого комплексу робіт:

- поліпшення системи забезпечення різальним інструментом за рахунок розробки і впровадження технічно обґрунтованих норм;
- підвищення рівня експлуатації різального інструмента на робочих місцях за рахунок оптимальних режимів обробки, а також застосування конструкційних матеріалів з поліпшеною оброблюваністю;
- поліпшення роботи з переточування і відновлення різального інструмента.

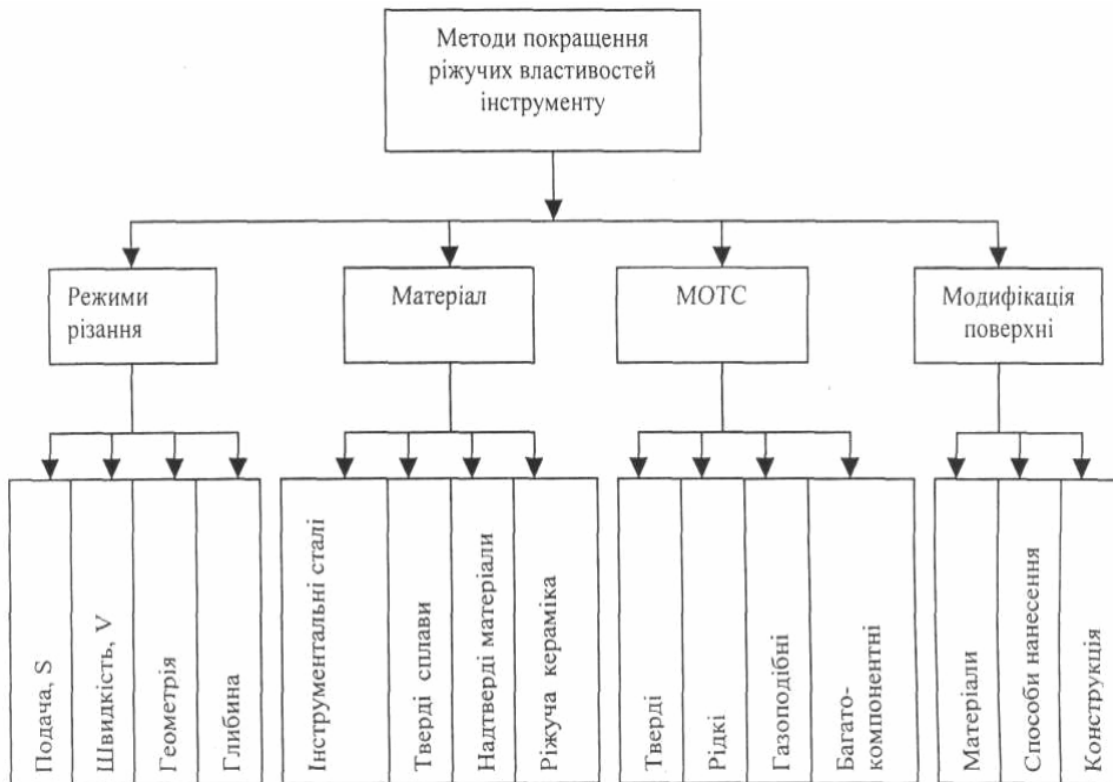


Рисунок 1 – Методи покращення різальних властивостей інструменту

Однак дотримання всіх зазначених заходів для поліпшення використання різального інструмента не забезпечить істотного зниження його витрат, оскільки цей шлях за існуючої технології може скоротити витрати різального інструмента всього лише на 25–30%.

Тому більш перспективними шляхами підвищення стійкості різального інструменту є розробки нових інструментальних матеріалів [1,2], його конструкції, формування на робочих поверхнях зносостійкого покриття [1-3].

Матеріали для зміцнюючих покриттів. У промисловості більше застосування знаходять матеріали з покриттям, які є типовим композиційним матеріалом, що мають високу зносостійкість в поєднанні з досить задовільною міцністю при вигині, ударною в'язкістю, витривалістю, тріщиностійкістю.

Використання покриттів дає можливість найбільш раціонально, економічно, рентабельно використовувати фізико-механічні властивості інструментальних матеріалів, замінити дорогі сталі та сплави і, в більш випадків, підвищити працездатність і надійність різального інструменту.

Загальні експлуатаційні вимоги стосовно до покриттів: покриття повинно бути стійким проти корозії та окислювання; зберігати свої властивості при високих температурах; не мати дефектів (пор, включень); мати високу межу витривалості.

У зв'язку з технологічним призначенням покриття повинні мати: твердість, що в 1,5-2 рази перевищує твердість матеріалу основи; низьку схильність до адгезії з оброблюваним матеріалом; мінімальну здатність до дифузійного розчинення у оброблюваному матеріалі та мінімальну відмінність кристалічних структур покриття і матеріалу основи.

Властивості покриття і матеріалу основи повинні бути досить близькими та погодженими. У зв'язку з цим бажано мати: максимальну подібність кристалохімічних параметрів; мінімальну відмінність фізико-механічних теплофізичних властивостей; мінімальну ймовірність виникнення твердої фази дифузійних реакцій при температурі тертя.

Найбільш придатними, як матеріали покриттів, на інструментальних матеріалах є карбіди, нітриди, карбонітриди титана та оксид алюмінію [4,5]. Властивості покриття суттєво залежать від вибору методу і параметрів нанесення покриття. Найбільш істотну роль грає температура на межі роз'єднання конденсату та матеріалу основи. Від температури формування покриття залежать структура покриття, міцність її адгезії з твердим сплавом, причому останнє визначається також можливістю дифузійної взаємодії пари «покриття – інструментальний матеріал». При цьому матеріал покриття і інструменту не повинні створювати крихких інтерметалідів при термомеханічному навантаженні яке виникає при різанні. Взаємна дифузія підвищує міцність зчеплення покриття і твердого сплаву і, у свою чергу, залежить від кристалохімічної спорідненості покриття, що осаджується, і твердого сплаву. У формуванні міцного адгезійного зв'язку домінуючу роль мають дифузійні процеси. Висока адгезійна міцність покриттів, визначається як молекулярними силами, так і проходженням дифузійних процесів з утворенням зон взаємної дифузії, незважаючи на чіткі поверхні розподілу основа – покриття.

Проведені дослідження по зміцненню різального інструменту нітридами, карбідами, боридами та оксидами перехідних металів показали, що вони мають високу твердість, жаростійкість, зносостійкість, хімічну стійкість. Покриття на основі оксиду алюмінію мають дифузійний бар'єр і високі зносостійкі властивості. При впровадженні в кристалічні ґратки металів сторонніх атомів (С, N, В, О та ін.) відбувається збільшення міжатомних відстаней, що призводить до зниження пластичності і значного зростання твердості, модуля пружності, температурної і хімічної стійкості [4,5].

Для інструментальних матеріалів широко використовуються покриття на основі титану серед яких найбільше поширення одержали покриття з ТiС, що утворюється в результаті реакції галоїдних з'єднань Тi с N_2 чи NH_3 , а також – ТiС.

Шведська фірма «Sandvik Coromant AG» вперше почала випуск твердосплавних пластин з покриттям з ТiС, а пізніше з ТiС- Al_2O_3 , також широко використовує різні композиції ТiС, ТiN, ZrC, ZrN, HfC, HfN і Al_2O_3 для покриття різального інструменту. Фірма «Metallwerke Plansee AG» для покриттів, використовує матеріали ТiN, ТiС, Тi(N,C) у різних сполученнях. Покриття з матеріалу ТiС-ТiN, ТiN і HfN, розроблені фірмою «Teledyne Firth Sterling» нанесені на твердосплавні пластини, перешкоджають утворенню крихкої η-фази (Co_3W_3C) на поверхні твердого сплаву. Відомі покриття з ТiN, ТiС, Mo_2N , Cr_2O_3 і т.д., які широко використовуються для нанесення як на тверді сплави, так і на інструмент зі швидкорізальних сталей. Ефективність застосування покриттів залежить від оброблюваного матеріалу, Так, при різанні інструментальної сталі найбільший зміцнюючий ефект забезпечують покриття з TN та (Nb, Zr)N, при різанні нікелевих сплавів – покриття з MoN, (Ti,Cr) N, при різанні титанових сплавів – покриття з MoN.

Істотне підвищення стійкості в порівнянні з покриттями з ТiС і ТiN забезпечують покриття з твердого розчину ТiС і ТiN, ТiCN за рахунок більш дрібнозернистої і рівновісної структури.

Використання композиційного покриття (Ti-Zr)-(Ti-Zr)N дозволяє збільшити зносостійкість, мікротвердість, опір пластичному деформуванню зміцненої поверхні, збільшити теплостійкість інструменту з швидкорізальної сталі, і зменшити зношування при різанні інструментом з твердого сплаву.

Найбільш поширеними композиціями для зміцнюючих покриттів є карбіди та нітриди титану, цирконію, гафнію, а також оксиди алюмінію та хрому.

Багатошарові покриття робочої поверхні різального інструменту. Зносостійкі покриття на різальному інструменті складаються, як правило, із сполук, що у загальному виді дуже тверді і крихкі, тобто мають дуже низьку крихку міцність [6,7]. Одним зі шляхів зниження крихкості таких покриттів є зниження їхньої товщини. Високі питомі міцнісні властивості тонких покриттів пов'язані з тим, що крихкі властивості, які притаманні твердим матеріалам та проявляються при малих товщинах. Але покриття малої товщини має малу

довговічність в умовах абразивного зношування. Тому принцип багатошаровості дозволяє досягати необхідних товщин покриттів без збільшення їхньої крихкості.

Багатошарові покриття в цілому багатофункціональні. Вони поєднують високу твердість, зносостійкість, опір окислюванню і адгезійної взаємодії з оброблюваним матеріалом, мають низький коефіцієнт тертя, підвищують стійкість до абразивного зношування і до окислювання при підвищених температурах. Кожний із шарів у багатошаровому покритті може виконувати різні функції. Проміжні шари можуть монотонно змінювати коефіцієнт термічного розширення і модулі пружності від основи до поверхневого шару.

Поєднання різних способів поверхневого зміцнення різального інструменту дозволило наносити дво- і багатошарові покриття. Практика показала ефективність різального інструменту з багатошаровими покриттями, розробка яких є однією з тенденцій розвитку поверхневого зміцнення.

Поширені на твердих сплавах двошарові покриття $\text{TiC-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiN}$, TiN-TiC , TiC-TiN . Двошарове покриття з зовнішнім шаром TiN істотно підвищує стійкість різального інструменту в порівнянні з одношаровим TiN -покриттям. Зовнішнім шаром у двошарових покриттях служить ZrO_2 . Використання композиційного покриття $(\text{Ti-Zr})\text{-}(\text{Ti-Zr})\text{N}$ дозволяє збільшити тріщиностійкість і виключити виникнення мікротріщин, які є основною причиною низької тріщиностійкості нітридотитанового покриття при експлуатації різального інструменту [8].

Найбільшу стійкість за інших рівних умов різання твердосплавним інструментом мають покриття TiC-TiCN-TiN і $\text{TiC-Al}_2\text{O}_3$ [9,10]. Слід відзначити, що двошаровими покриттями в основному зміцнюють тверді сплави, а для інструментальних та швидкорізальних сталей їх застосування обмежено. Ефект застосування покриттів як тепловий захист дає проміжний шар Al_2O_3 через його низьку теплопровідність. Підшари Ni і Co перешкоджають дифузійним процесам між покриттям і основою, забезпечуючи цим термостабільність поверхні адгезійного контакту і можливості одержання необхідної товщини зовнішнього шару. Тришарова структура покриття в різних сполученнях тих же металів забезпечує більш широкий діапазон властивостей різального інструменту. Як правило, тришаровими покриттями зміцнюють тверді сплави. Для зовнішнього (третього) шару застосовують TiC , тоді як перший і другий шари формують з TiC-TiCN , TiC-TiN , $\text{Ti-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiCO}$, TiN-TiCN і інших сполук. Зовнішній шар з Al_2O_3 застосовують із проміжними шарами TiN-Ti , TiC-TiN , TiC-TiBN , а також з різними сполуками оксидів, карбідів, нітридів, карбонітридів і оксикарбонітридів Ti , Zr , Hf . Як зовнішній шар у тришарових покриттях застосовують нітриди, карбонітриди та оксикарбонітриди титану у різному сполученні проміжних шарів, а також застосовують кубічний нітрид бору BN .

В чотирьохшарових покриттях на твердих сплавах застосовують ті ж матеріали шарів, що і в одно-трьохшарових. У багатошарових покриттях застосовують шари з TiC , TiCN , Al_2O_3 , чергування шарів аморфного Al_2O_3 з TiC або TiCN [11]. Як зовнішній шар застосовують BN . У складі багатошарових покриттів застосовують проміжні шари з різною відносною твердістю, в яких чергуються шари твердої і м'якої фази.

Висновок. На підставі аналізу матеріалів покриттів для зміцнення різального інструмента можна зробити висновок, що в даний час у розробці матеріалів для покриттів спостерігаються два підходи. Перший полягає в створенні багатошарових покриттів. Кожен шар у багатошаровому покритті виконує власну функцію і забезпечує поступовий перехід фізико-механічних властивостей покриття від поверхні до основи. Другий підхід полягає в створенні багатокомпонентних шарів перемінного складу по товщині покриття. Обидва методи значно підвищують вартість технології одержання зносостійкого покриття і знижують надійність покриття, тому, що брак в одному із шарів приводить до зниження якості всього покриття. Численні матеріали і способи нанесення покриттів мають свої переваги і недоліки. Тому, закономірно прагнення до розробки не «універсальних» покриттів і

способів їхнього нанесення, а покриттів, призначених для конкретних матеріалів основи і визначених умов експлуатації.

Список літератури

1. Шляхи підвищення ефективності механічної обробки високоміцних і композиційних матеріалів / В.Я.Лебедєв // Вісн.Житомир.інж.-технол.ін-ту.Техн.науки. –2003. –№2. –С.96. –104.
2. Остафьев В.А. Современные методы интенсификации процесса резания материалов / В.А. Остафьев, В.С. Антонюк. – К.: "Знання", 1988. – 28 с.
3. Клименко С.А. Точение износостойких защитных покрытий / С.А Клименко, Ю.А.Муковоз, Л.Г. Полонский, П.П. Мельничук. – К.: Техника, 1997. – 146 с.
4. Аникеев А.М. Современные твердые сплавы с износостойким покрытием / А.М.Аникеев, И.Ю.Коняшин, Е.Ю.Леонов, В.С.Горопченков // Пути повышения эффективности использования режущих инструментов. Всес. науч.-техн. совещ. Москва, 15-17 окт., 1991: Тез. докл. – М., 1991. –С. 63–64.
5. Коняшин И.Ю. Нанесение износостойких покрытий на безвольфрамовые твердые сплавы // Свойства и применение спеченных твердых сплавов / И.Ю. Коняшин, А.И. Аникеев. Всес. н.-и. и проект., ин-т тугоплав. мат. и тверд. сплавов (ВНИИТС). – М., 1991. – С. 98–102.
6. Верещака А.С. Работоспособность инструмента с износостойким покрытием / А.С. Верещака. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
7. Верещака А.С. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями / А.С. Верещака, Н.П. Третьяков. – М., Машиностроение, 1986. – 192 с.
8. Белов А.Ф. Износостойкие покрытия для технологического и режущего инструмента. / А.Ф. Белов, Э.М. Волин, И.С. Польшин. – Сб. «Перспективные методы получения покрытий и модифицированных поверхностей», Киев, ИЭС им. Патона, 1984. С. 9–10.
9. Исследование и применение покрытий из карбида ниобия на режущем инструменте / А.К. Минкевич, Г.Д. Кузнецов, В.С. Серебринникова и др. – В. Кн.: Диффузионное насыщение и покрытия на металлах. – К.: Наукова думка, 1977. – С. 128–130.
10. Особенности формирования покрытий системы Ti [N,C] на твердосплавных пластинах / Ю.И. Карпов, М.Б. Чижмаков // Вестник машиностроения. – 1992. – №3. – С.62–64.
11. Гордиенко А. Анализ влияния фазового состава покрытий из нитрида титана на эксплуатационные характеристики режущих инструментов / А. Гордиенко. // Zesz. nauk. Prasz. Mach. – 1991. – №36. –Р. 101–109. – Рус.

Н. Ковришкин, А. Шевченко

Методы повышения работоспособности режущего инструмента

В статье обосновано наиболее перспективное направление повышения стойкости режущего инструмента – применение упрочняющих покрытий. Показано, что путями повышения стойкости режущего инструмента являются традиционные методы: использование рациональных режимов резания, выбор оптимальной конструкции режущей части инструмента, применения высококачественных СОЖ, использование новых инструментальных материалов и применение способов укрепляющей обработки, в том числе использование износостойких покрытий.

M. Kovryshkin, A. Shevchenko

Methods of increase of serviceability of the cutting tool

In article the most perspective direction of increase of resistance of the cutting tool – application of strengthening coverings is proved. It is shown, that ways of increase of resistance of the cutting tool are traditional methods: use of rational modes of cutting, a choice of an optimum design of a cutting part of the tool, application high-quality greasing cooling liquids, use of new tool materials and application of ways of strengthening processing, including use of wear proof coverings.

Одержано 23.05.10