

СЕКЦІЯ 4

Прогресивна техніка та технологія машинобудування

УДК 621.9.02

Знос твердосплавних інструментів з покриттям при точінні сталей

Манохін¹ А. С., Клименко¹ С. А., Береснев² В. М.¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, Київ, Україна²Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Харків, Україна

Анотація Досліджено знос різальних інструментів з твердого сплаву T15K6 з різними нітридними покриттями при точінні конструкційних сталей твердістю 220 HB і 40 HRC. Проаналізований зовнішній вигляд контактних ділянок різальних інструментів в залежності від терміну різання. Встановлено режими, за якими формуються покриття з найліпшими експлуатаційними можливостями. Показано висока кореляція між величиною мікротвердості покриття і зносом інструменту в умовах, коли знос інструменту обумовлений механічним стиранням контактних поверхонь. Доведено, що для підвищення стійкості інструментів при зношування переважно абразивного типу, найбільш перспективними є покриття, до складу яких входять як окремі сполуки або як структурні складові компоненти (AlTi)N, ZrN, MoN, CrN, а також покриття (TiZrHfVN)N.

Ключові слова: твердосплавний різальний інструмент, захисні покриття, точіння, абразивний знос.

Нанесення захисних покриттів на різальні інструменти дозволяє істотно збільшити їх стійкість [1]. Внаслідок великого обсягу проведених досліджень [2, 3], можна відзначити, що для випадку оброблення конструкційних сталей рекомендуються інструменти з покриттями на основі багат шарових композицій (TiN-TiCN-Al₂O₃), основним робочим шаром в яких виступає TiCN. Для важкооброблюваних матеріалів (нержавіючі, термооброблені сталі, жароміцні сплави) в якості стандартного рішення вказується покриття TiAlN [3, 4] на твердосплавних інструментах, яке володіє підвищеною стійкістю до окислення. З метою подальшого вдосконалення корозійної і термічної стійкості інструментів створено його численні модифікації з добавками Si, Cr, Zr [5, 6].

У зв'язку з цим становить інтерес експериментальне апробування різних типів покриттів з метою пошуку найбільш вдалих і перспективних складів з точки зору підвищення стійкості інструменту. З цією метою було проведено серію дослідів по обробці сталі 45 (220 HB) і сталі ХВГ (40 HRC) інструментом, оснащеним твердосплавними пластинами марки T15K6 з широкою гамою досліджуваних покриттів. Режими різання, час різання і геометричні параметри інструменту: – сталь 45 (220 HB): $S = 0,06$ мм/об; $t = 0,4$ мм; $v = 120$ м/хв.; $\tau = 20$ хв. (типорозмір різальної пластини – SNMG-120408, $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$); – сталь ХВГ (40 HRC): $S = 0,1$ мм/об; $t = 0,3$ мм; $v = 120$ м/хв.; $\tau = 2$ хв. (типорозмір різальної пластини – SNMG-160408, $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$).

Режими різання були підібрані таким чином, щоб основним фактором, що визначає зношування різальних інструментів, була абразивна дія.

Зовнішній аналіз контактних ділянок різальних інструментів після точіння сталі 45 (рис. 1) демонструє, що покриття на задній поверхні зберігають свою цілісність, відколів,

когезійного руйнування і відшаровування покриття не спостерігається. Покриття складу TiN-MoN виявляє тенденцію до наростуотворення, про що свідчить частки оброблюваного матеріалу, які міцно утримуються на різальній кромці інструменту внаслідок адгезійних зв'язків. Нанощарове покриття (AlTi)N-ZrN і нітридне покриття на основі високоентропійного сплаву TiZrHfVbN носять сліди рівномірного стирання.

У той же час, на різальному інструменті без покриття після 20 хв. роботи спостерігається широка фаска зносу (350 мкм), інтенсивність утворення якого значно вище в порівнянні зі зносом на інших зразках (рис. 2, а). Знос інструменту із покриттями MoN-CrN і (Al₅₀Ti₅₀)N-ZrN становить 70 і 75 мкм і ці інструменти в умовах даного експерименту показали максимальну стійкість.

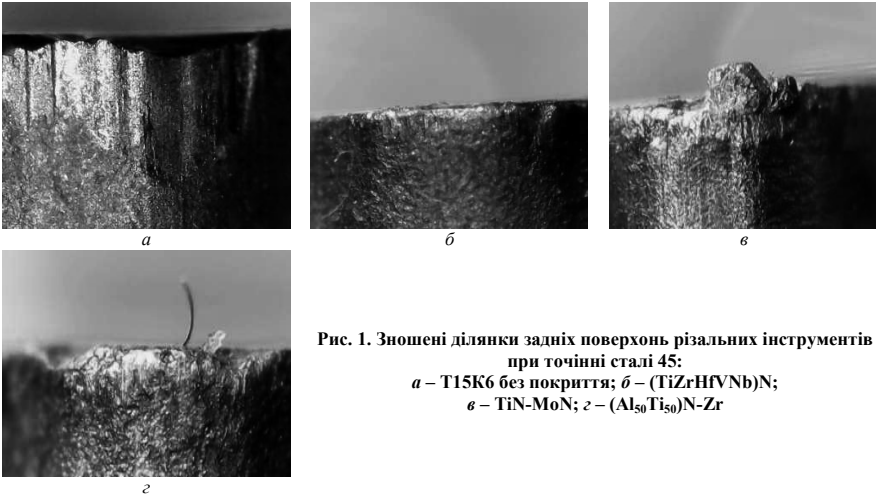


Рис. 1. Зношені ділянки задніх поверхонь різальних інструментів при точінні сталі 45:
а – T15K6 без покриття; б – (TiZrHfVb)N;
в – TiN-MoN; з – (Al₅₀Ti₅₀)N-Zr

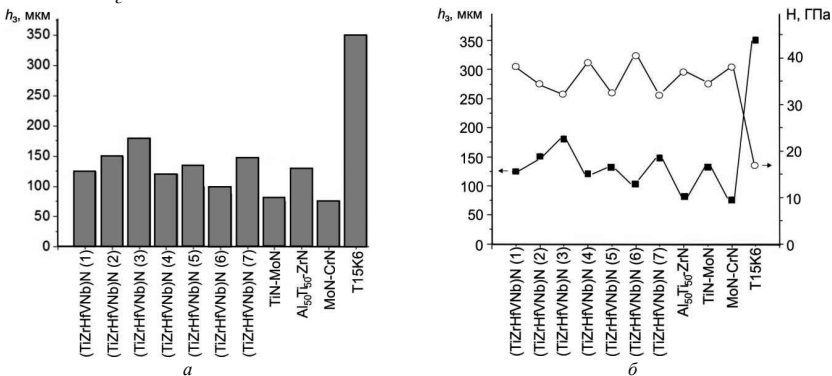


Рис. 2. Знос різальних інструментів з покриттями (а), кореляція зносу інструменту з величиною мікротвердості покриття HV_{0,05} (б) при точінні сталі 45

Найменшим зносом серед інструментів із покриттям (TiZrHfVb)N характеризується отриманий з режимами осадження: тиск азоту в камері $P_N = 4 \times 10^{-3}$ Торр, напруга зсуву на підкладці $U_{CM} = -200$ В, додаткова імпульсна напруга $U_{IM} = -2000$ В з частотою 7 кГц,

тривалість імпульсів – 10 мкс. Ширина фаски зносу для такого інструменту $h_z = 110$ мкм.

Максимальною інтенсивністю зношування (знос за 10 хв. $h_z = 180$ мкм) в серії інструментів з високоентропійним покриттям характеризується інструмент, отриманий осадженням покриття при напрузі зсуву $U_{см} = -45$ В. Спостерігається висока кореляція ($r = -0,62$) між величиною мікротвердості покриття і зносом інструменту в умовах, коли знос інструменту обумовлений механічним стиранням контактних поверхонь (рис. 2, б).

Зношування твёрдосплавного інструменту при точінні термообробленої сталі супроводжується руйнуванням вершини різальної кромки, інтенсивним лункуотворенням з боку передньої поверхні і утворенням фаски зношування на задній поверхні різця (рис. 3).

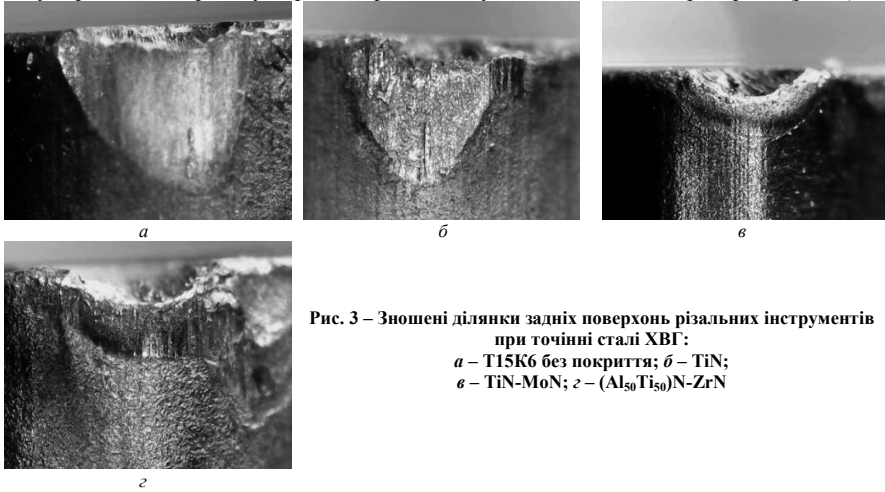


Рис. 3 – Зношені ділянки задніх поверхонь різальних інструментів при точінні сталі ХВГ:

a – T15K6 без покриття; *б* – TiN;
в – TiN-MoN; *г* – (Al₅₀Ti₅₀)N-ZrN

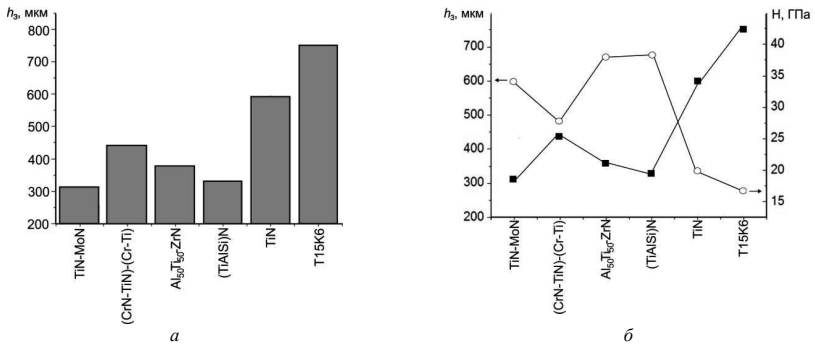


Рис. 4 – Знос різальних інструментів з покриттями (*a*), кореляція зносу інструменту з величиною мікротвердості покриття $HV_{0,05}$ (*б*) при точінні сталі ХВГ

При цьому всі експериментальні склади покриттів показали більш високу ефективність в порівнянні з інструментом без покриття і стандартним покриттям складу TiN. Найменшим зношуванням характеризується різальні інструменти, на поверхні яких були нанесені покриття TiN-MoN і (AlTi)N-ZrN. Ширина фаски зносу у цих інструментів менше, ніж у T15K6 з покриттям TiN до 2,5 і 2,0 разів відповідно (рис. 4, *a*). Як і в попередньому випадку спостерігається висока зворотна кореляція ($r = -0,92$) між зносом інструменту і мікротвердістю покриття (рис. 4, *б*).

На підставі результатів досліджень можна зробити висновок про те, з метою підвищення стійкості інструментів з твердого сплаву в умовах зношування переважно абразивного типу, найбільш перспективними є покриття, до складу яких входять як окремі сполуки або структурно-фазові складові компоненти (AlTi)N, ZrN, MoN, CrN, а також покриття (TiZrHfVNb)N.

Coated tungsten Carbides Cutting tools wear in turning of steels

Manokhin A. S., Klymenko C. A., Beresnev V. M.

Annotation: The wear of the T15K6 tungsten carbide cutting tools with different nitride coatings has been studied while finishing structural steels with hardness 220 HB and 40 HRC. The appearance of the contact areas of the cutting tools was analyzed depending on the cutting time. Conditions were estimated to form the coatings with the best performance. A high correlation between microhardness of the coating and tool's wear was shown in conditions where the wear of the tool is determined by mechanical abrasion of contact surfaces. It was proved that in order to improve tools' life in mainly abrasive wear type, the most promising would be the coatings, which include both individual compounds or structural components (AlTi)N, ZrN, MoN, CrN, as well coating (TiZrHfVNb)N.

Keyword: tungsten carbide cutting tools, protective coatings, turning, abrasive wear

Износ твердосплавных инструментов з покрытиями при точении сталей

Манохин А. С., Клименко С. А., Береснев В. М.

Аннотация: Исследован износ режущих инструментов из твердого сплава T15K6 с различными нитридными покрытиями при точении конструкционных сталей твердостью 220 HB и 40 HRC. Проанализирован внешний вид контактных участков режущих инструментов в зависимости от времени резания. Установлены режимы, при которых формируются покрытия с лучшими эксплуатационными возможностями. Показана высокая корреляция между величиной микротвердости покрытия и износом инструмента в условиях, когда износ инструмента обусловлен механическим истиранием контактных поверхностей. Показано, что для повышения стойкости инструментов при изнашивании преимущественно абразивного типа, наиболее перспективными являются покрытия, в состав которых входят как отдельные соединения или как структурные составляющие компоненты (AlTi)N, ZrN, MoN, CrN, а также покрытие (TiZrHfVNb)N.

Ключевые слова: твердосплавный режущий инструмент, защитные покрытия, точение, абразивный износ.

Список літератури

1. Клименко, С. А. Высокопроизводительное чистовое точение деталей из сталей высокой твердости / С. А. Клименко, А. С. Манохин, М. Ю. Копейкина и др.; под ред. С. А. Клименко. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2018. – 304 с.
2. Park, Kyung-Hee. Flank wear of multi-layer coated tool / Kyung-Hee Park, Patrick Y. Kwon // Wear. – 2011. – 270. – P. 771–780.
3. Auricha, Jan C. Effect of the coating system on the tool performance when turning heat treated AISI 4140 / Jan C. Auricha, Tina Eyrtscha, Marco Zimmermann // 5th CIRP Conference on High Performance Cutting: Proc. CIRP. – 2012. – Vol. 1. – P. 214–219.
4. Biermann, Dirk. Investigation of Different Hard Coatings for Micromilling of Austenitic Stainless Steel / Dirk Biermann, Markus Steiner, Eugen Krebs // Proc. CIRP. – 2013. – Vol. 7. – P. 246–251.
5. Fox-Rabinovich, G.S. Design and performance of AlTiN and TiAlCrN PVD coatings for machining of hard to cut materials / G.S. Fox-Rabinovich, A.I. Kovalev, M.H. Aguirre, B.D. Beake // Surface & Coat. Technol. – 2009. – 204. – P. 489–496.
6. Veprek, S. Concept for the design of superhard nanocomposites with high thermal stability: their preparation, properties, and industrial applications // S. Veprek, G. Maritz, J. Veprek-Heijman // Chap. Nanostruct. Coat. Part of the series Nanostruct. Sci. and Technol. – P. 347–406.