

УДК 621.891

В. В. ЗАГРЕБЕЛЬНИЙ, В. Ф. ЛАБУНЕЦЬ, Я. В. БОГАЧ

Національний авіаційний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ Р6М5 З КОМБІНОВАНИМ ПОКРИТТЯМ

Встановлено вплив комплексної обробки лазером та іонно-плазмовим покриттям на триботехнічні характеристики швидкорізальної сталі Р6М5 в умовах тертя ковзання без змащування та абразивного зношування. Показано, що зносостійкість даної сталі після комплексної обробки підвищується у 1,5-2 рази.

Ключові слова: швидкорізальна сталь, лазерна обробка, іонно-плазмове напилення, зносостійкість

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними завданнями. У промисловому виробництві знаходять використання багато технологічних методів формоутворення, серед яких знаходиться механічна обробка різанням, що є найбільш важливим процесом машинобудівного виробництва і використовується при виготовленні майже будь-якої продукції.

В галузі металообробки де основною технологією залишається різання, необхідно забезпечити безперервне удосконалення різальних інструментів (РІ) [1], що в умовах інтенсифікації технологічних процесів, використання нових конструкційних матеріалів [2], часто важкообробляємих, і дефіциту ряду металів, насамперед вольфраму та кобальту [3], являється однією з ключових народногосподарських задач.

На сьогодні для забезпечення працездатності РІ на його робочі поверхні наносять різні захисні покриття, а саме: дифузійні, іонно-плазмові, електроіскрові, плазмові, лазерні та інші [3–5], але вони не завжди задовольняють вимогам виробництва. Перспективним є розробка комбінованих покриттів для підвищення зносостійкості інструментальних матеріалів [6; 7]. У зв'язку з цим роботи, направлені на дослідження впливу комплексних покриттів на триботехнічні характеристики інструментальних матеріалів, є актуальними.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. У процесі різання в результаті взаємодії матеріалу, що обробляється та інструментального на контактних поверхнях розвиваються процеси зношування. Згідно досліджень [8] до основних видів зношування РІ відносяться наступні: втомний, абразивний, окислювальний, дифузійний. У визначених умовах може переважати один із цих видів, а у інших – діяти одночасно декілька видів.

Різноманітність видів зношування РІ обумовлене тим, що він працює в умовах взаємодії складного комплексу чинників, серед яких особливе місце займають високі контактні напруження і температури, а також активного протікання різних фізико-механічно-хімічних процесів. Необхідно зазначити, що контактні напруження, які діють на передню і задню поверхні РІ при механічній обробці не дуже міцної низьколегованої сталі змінюються у межах 700-1000 МПа, а при обробленні складнолегованих сталей і сплавів вони можуть досягати 4000 МПа і вище [9]. Що стосується температур, які виникають у зоні різання і на межі контакту інструмент-деталь, то значення їх змінюються від 200 до 1200 градусів Цельсія [10].

З розвитком науки інструментальні матеріали весь час удосконалюються, що дуже помітно на прикладі швидкорізальної сталі Р6М5, як найбільш використаного матеріалу, який використовується для виготовлення різців, свердел, зубонарізного та інших інструментів, працюючих при порівняно невисоких швидкостях механічної обробки. Однак будь-яка спроба поліпшити слабку властивість матеріала, не погіршивши при цьому кращу, завершується невдачею. Наприклад, при підвищенні твердості посилюється схильність матеріалу до крихкого руйнування, у чому проявляється фундаментальний фізичний взаємозв'язок між міцністю та пластичністю твердого тіла.

Створення сталей з підвищеною тепломісткістю стримується дефіцитом вольфраму і кобальту [3]. Дефіцит вольфраму привів до різкого скорочення виробництва сталі Р18, на зміну якій прийшли сталі, які мають у своєму складі молібден. Не дивлячись на високу міцність її теплоємність в декілька нижче сталі Р18, а малий вміст вольфраму компенсується більш високим вмістом вуглецю. Для здрібнення карбідів швидкорізальні сталі додатково легують церієм, цирконієм, титаном, що впливає на підвищення їх зносостійкості і в даному випадку підвищення різальних властивостей інструментальних матеріалів за рахунок складного легування також у великій мірі обмежено через дефіцит ряду елементів, про що відмічається у роботі [11]. Таким чином найбільш перспективним напрямом наукових досліджень є розробка нових методів поверхневого зміцнення інструментальних матеріалів.

Структура, хімічний склад таких покриттів повинні розроблятися на основі вивчених процесів тертя і зношування, які розвиваються на робочих поверхнях інструменту при взаємодії його з обробляємим матеріалом.

Мета дослідження. Підвищення теплостійкості і триботехнічних характеристик сталі Р6М5 шляхом комплексної обробки лазером та наступним суміщенням відпуску з технологією нанесення іонно-плазмового покриття.

Матеріали і методи досліджень. У якості зміцнюючого матеріалу використовували інструментальну швидкорізальну сталь Р6М5. Лазерну обробку проводили на обладнанні ЛАТУС – 31, з потужністю випромінювання 10^3 – 10^5 Вт/см². Дослідження на тертя та зношування проводили на машині тертя СМЦ-2 в умовах тертя ковзання при швидкості $V = 1$ м/с і навантаження $P = 1$ – 4 МПа, в якості контртіла використовували загартовану сталь Р6М5. Поверхні тертя досліджували на металографічному мікроскопі МИМ-8 і електронному мікроскопі РЕМ-106И.

Результати дослідження та їх обговорення. Дослідження поверхонь тертя зразків зі сталі Р6М5 свідчать про те, що характер і величина зносу залежать від зовнішніх чинників. При невеликих швидкостях ковзання і питомого тиску величина зносу незначна, що обумовлено протіканням окислювального процесу зношування. Вторинні структури, що виникають на поверхні сталі розташовуються по всій робочій поверхні, що контактує з контртілом. При терті сталі Р6М5 без покриття на її поверхні розвивається механо-хімічний вид зношування і супутній йому абразивний, який підтверджується металографічним аналізом. Характерними абразивними «борознами» характеризується поверхня тертя сталі Р6М5 без покриття (рис. 1, а), а з комбінованим покриттям (рис. 1, б) спостерігається більш рівна поверхня – розвивається окислювальний знос, поверхня більш гладка, шорсткість зменшується.

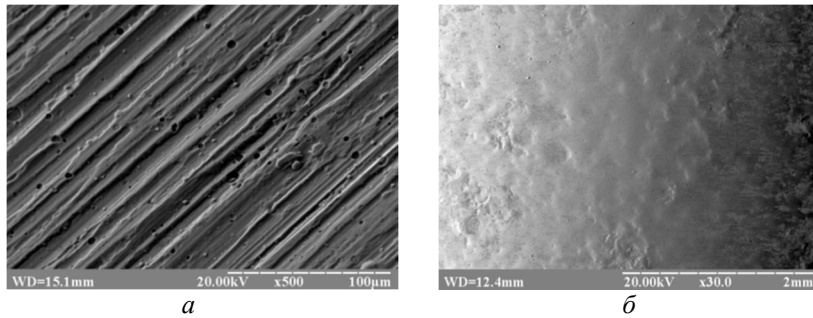


Рис. 1. Зовнішній вигляд поверхонь тертя сталі Р6М5 без покриття (а) та з комбінованим покриттям (б)

Триботехнічні випробування в умовах тертя ковзання без змащування показали (рис. 2) збільшення зносостійкості сталі Р6М5 із іонно-плазмовим покриттям TiN нанесеним за запропонованою технологією [12] в 1,5 рази більша ніж сталі Р6М5 з іонно-плазмовим покриттям TiN нанесеним за типовою технологією та у 2,2 рази більша ніж сталі Р6М5 без обробки. Коефіцієнт тертя зменшується у 1,4–2,0 рази порівняно зі покриттям нанесеним за стандартною технологією та у 1,8–2,2 рази в порівнянні зі сталлю в вихідному стані. Дискретно оброблена поверхня інструменту, що поєднує ділянки з різною твердістю дає можливість релаксувати напруження, викликані силами тертя в покритті.

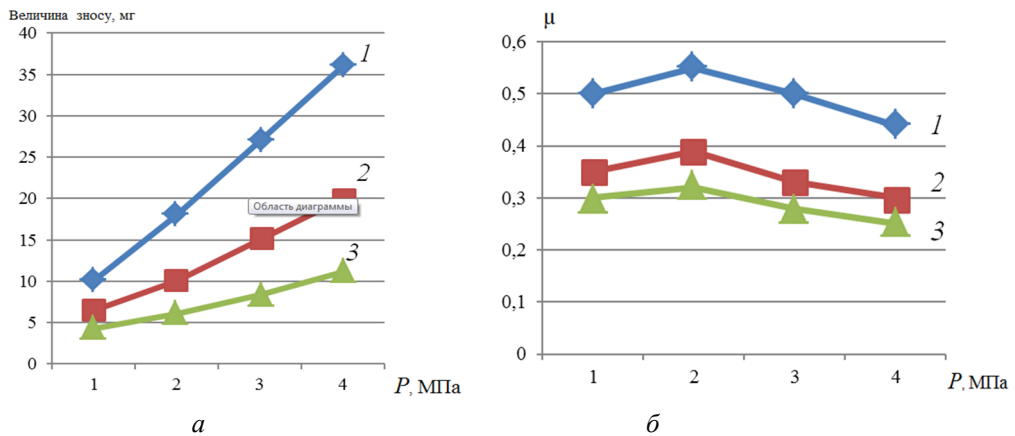


Рис. 2. Величина зносу (а) і коефіцієнта тертя (б) сталі Р6М5 в залежності від виду обробки і навантаження: 1 – в вихідному стані; 2 – з покриттям TiN нанесеним за стандартною технологією; 3 – з покриттям TiN нанесеним за запропонованою технологією

Також дані покриття досліджували на зносостійкість в умовах абразивного зношування. Така форма зношування. Така форма зношування реалізується в процесі механічної обробки [13], а також при попаданні в зону різання твердих часток забруднень або продуктів руйнування, які відокремившись від основного матеріалу виконують роль абразиву. Результати на абразивну зносостійкість також показують збільшення зносостійкості даної технології за рахунок більшої твердості сталі і покриття (рис. 3).

Висновки. Таким чином, результати дослідження показують ефективність комбінованого зміцнення інструментальної швидкорізальної сталі Р6М5, яке сприяє підвищенню її зносостійкості в умовах тертя ковзання без змащення.

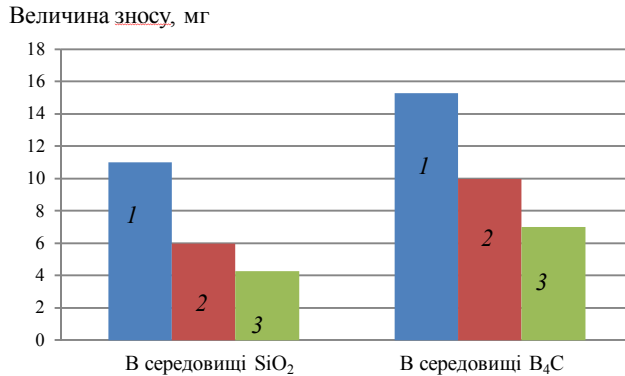


Рис. 3. Абразивна зносостійкість сталі Р6М5 в залежності від твердості абразиву: 1 – сталь Р6М5 у вихідному стані; 2 – іонно плазмове покриття TiN нанесене за стандартною технологією; 3 – іонно плазмове покриття TiN нанесене за запропонованою технологією

Список літератури

1. Армарего И.Дж.А. Обработка материалов резанием. Пер. с англ. В.А. Пастухова / И.Дж. А. Армарего, Р.Х. Браун. – М.: Машиностроение. – 1977. – 325 с.;
2. Zelinski P. Инструмент для обработки титана / P. Zelinski. – Modern Machine Shop. – 2009.-N9. – С.67-70;
3. Мацевитый В.М. Покрyтия для режyщих инструментов / В.М. Мацевитый. – Харьков: Вища школа. – 1987. – 128 с.;
4. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режyщего инструмента/ Т.Н. Лоладзе.-М.:Машиностроение,1982-320с.;
5. Верещака А.С. Режyщие инструменты с износостойкими покpытиями // А.С. Верещака, И.П. Третьяков. – М.: Машиностроение. – 1986. – 182 с.;
6. Нові комбiновані методи оброблення робочих поверхонь деталей машинобудування (із застосуванням нейросiттового аналізу): монографія / [С.В. Ковалевський, С.Г. Онищук, В.І. Тулупов, І.М. Стародубов]. – Краматорськ: ДДМА. – 2013. – 196 с.;
7. Сaмoтyгин С.С. Комбинированное индукционно-плазменное упрочнение инструментальной стали / С.С. Сaмoтyгин // Технология машиностроения. – 2000. – №5. – С.11-14;
8. Внуков, Ю.М. Зношyвання і стійкість рiзальних лезових iнструментiв [Текст]: навч. посiб. / Ю.М. Внуков, В.О. Залога. - Суми: СумДУ, 2010. - 243 с.;
9. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режyщих поверхностях инструмента / А.М. Полетика. – М.: Машиностроение. – 1969. – 150 с.;
10. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработке материалов / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение. – 1981. – С. 210-212;
11. Залога, В.О. Сучасні iнструментальні матерiали y машинобудуваннi [Текст]: навч. посiб. / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. - Суми: СумДУ, 2013. - 371 с.;
12. Пат. 99744 України. Спiсiб змiцнення металорiзального iнструменту з швидкорiзальних сталей / Кiндрачук М.В., Корбут Є.В., Лабунець В.Ф., Радько О.В., Загребельний В.В., Гуменюк І.А; № u 201412996; Заявл.04.12.2014; опубл. 25.06.2015, Бюл. № 12. – 4 с.
13. Korbut E.V. Procesy zuzycia wedlug schematu "narzedzie tnace – stopy tytanu"/ E.V. Korbut, E. Wajs, O.V. Radko, V.F. Labunec, W.W. Zagrebelny // Obrobka metalu. – 2015. – №1. – С. 36-39.

V. V. ZAHREBELNYI, V. F. LABUNETS, I. V. BOGACH

RESEARCH OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF HIGH-SPEED STEEL P6M5 WITH THE COMBINED COATING

The influence of integrated laser treatment and ion-plasma coating on the tribotechnical characteristics of high-speed steel R6M5 under conditions of slip friction without lubrication and abrasive wear has been established. It is shown that wear resistance of this steel after complex processing rises in 1,5-2 times.

Key words: high-speed steel, laser treatment, ion-plasma pressure, wear resistance

References

1. Armarego I.Dzh.A. Obrabotka materialov rezaniem. Per. s angl. V.A. Pastuhova / I.Dzh. A. Armarego, R.H. Braun. – M.: Mashinostroenie. – 1977. – 325 s.;
2. Zelinski P. Instrument dlja obrabotki titana / P. Zelinski. – Modern Machine Shop. – 2009.-N9. – C.67-70;
3. Macevityj V.M. Pokrytija dlja rezhushhijh instrumentov / V.M. Macvityj. – Har'kov: Vishha shkola. – 1987. – 128 s.;
4. Loladze T.N. Prochnost' i iznosostojkost' rezhushhego instrumenta/ T.N. Lola-dze.- M.:Mashinostroenie,1982-320s.;
5. Vereshhaka A.S. Rezhushhie instrumenty s iznosostojkimi pokrytijami // A.S. Vereshhaka, I.P. Tret'jakov. – M.: Mashinostroenie. – 1986. – 182 s.;
6. Novi kombinovani metody` obroblyennya robochy`x poverxon` detalej mashy`nobuduvannya (iz zastosuvannyam nejrosit`ovogo analizu): monografiya / [S.V. Kovalevs`ky`j, S.G. Ony`shhuk, V.I. Tulupov, I.M. Starodubov]. – Kramators`k: DDMA. – 2013. – 196 s.;
7. Samotugin S.S. Kombinirovannoe indukcionno-plazmennoe uprochnenie instrumental'noj stali / S.S. Samotugin // Tehnologija mashinostroenija. – 2000. – №5. – S.11-14;
8. Vnukov, Ju.M. Znosuvannja i stijkist' rizar'nih lezovih instrumentiv [Tekst]: navch. posib. / Ju.M. Vnukov, V.O. Zaloga. - Sumi: SumDU, 2010. - 243 s.;
9. Poletika M.F. Kontaktnye nagruzki na rezhushhijh poverhnostjah instrumenta / A.M. Poletika. – M.: Mashinostroenie. – 1969. – 150 s.;
10. Reznikov A.N. Teplofizika processov mehanicheskoy obrobotke materialov / A.N. Reznikov. – M.: Mashinostroenie. – 1981. – S. 210-212;
11. Zaloga, V.O. Suchasni instrumental`ni materialy` u mashy`nobuduvanni [Tekst]: navch. posib. / V.O. Zaloga, V.D. Goncharov, O.O. Zaloga. - Sumy`: SumDU, 2013. - 371 s.;
12. Pat. 99744 Ukrayiny`. Sposib zmichnennja metalorizal'nogo instrumentu z shvy`dkorizal'ny`x stalej / Kindrachuk M.V., Korbut Ye.V., Labunecz` V.F., Rad`ko O.V., Zagrebel'ny`j.V.V., Gumenyuk I.A; # u 201412996; Zayavl.04.12.2014; opubl. 25.06.2015, Byul. # 12. – 4 s.
13. Korbut E.V. Procesy zuzycia wedlug schematu “narzedzie tnace – stopy tytanu”/ E.V. Korbut, E. Wajs, O.V. Radko, V.F. Labunec, W.W. Zagrebelny // Obrobka metalu. – 2015. – #1. – S. 36-39;

Загребельний Володимир Вікторович – молодший науковий співробітник за темою №1060-ДБ16 в науково-дослідній частині Національного авіаційного університету.

Лабунець Василь Федорович – канд. техн. наук, професор кафедри машинознавства Навчально-наукового Аерокосмічного інституту Національного авіаційного університету.

Богач Яна В'ячеславівна – студентка 5 курсу Навчально-наукового Аерокосмічного інституту Національного авіаційного університету.