

УДК 621.891

Є. В. КОРБУТ¹, О. В. РАДЬКО², О. В. АНДРЕЄВ³, Г. Г. ГОЛЕМБІЄВСЬКИЙ²,
В. Ф. ЛАБУНЕЦЬ²

¹Національний технічний університет України «КПІ», Україна

²Національний авіаційний університет, Україна

³Державне підприємство «Антонов», Україна

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ КОМБІНОВАНИМИ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ

Наведені результати досліджень впливу комбінованих методів поверхневого зміцнення різального інструменту, а саме - хіміко-термічної і лазерної обробки та електроіскрового легування з наступним нанесенням біопокриття на зносостійкість сталі Р6М5.

Ключові слова: *поверхнєве зміцнення, зносостійкість, композиційна структура, знос.*

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з практичними завданнями. Розвиток сучасної техніки і технології пов'язаний з успіхами у дослідженнях і розробці методів отримання та переробки композиційних матеріалів, без використання яких неможливо було б вирішення багатьох технологічних і технічних задач.

Композиційні матеріали успішно замінюють чорні і кольорові метали в конструкціях і не поступаються їм за фізико-механічними властивостями. Особливо це помітно в авіа- та автомобілебудуванні, енергетиці та інших галузях [1]. Унікальність властивостей композитів дозволяє у багатьох випадках значно підвищити експлуатаційні характеристики машин і механізмів, а також знизити трудоемність і матеріалоемність їх виготовлення, що забезпечить конкурентоздатність товарів на світовому ринку. Реалізація можливостей конструкційних властивостей, що закладені у композиційних матеріалах, залежить від ступеню гарантованого забезпечення якості виробів на етапі їх механічної обробки.

Найбільш розповсюдженою операцією механічної обробки композиційних матеріалів є свердлення, яке спряжено зі значними труднощами, що обумовлено багатокомпонентністю матеріалу, який обробляється. Суттєві проблеми пов'язані з забезпеченням якості і точності обробленої поверхні. Зниження якості і точності отворів у полімерних композиційних матеріалах спричинено наявністю таких дефектів, як витягування волокон, розпушування, незрізання волокон через затуплення свердла, тому підвищення зносостійкості свердел є актуальним.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. Експлуатація різального інструменту (РІ) та аналіз зниження його стійкості, дефектів, які виникають на робочих поверхнях показує, що радикальним методом забезпечення його працездатності є формування на його робочих поверхнях структур із спеціальними властивостями [2]. Натеper для створення таких властивостей знаходять застосування різні методи поверхневого зміцнення, серед яких особливе місце займають наступні:

- електроіскрове легування (ЕІЛ) робочих поверхонь РІ;
- лазерне зміцнення (ЛЗ), яке дозволяє суттєво змінити експлуатаційні властивості за рахунок модифікації матеріалу РІ на глибину до одного міліметра;

– іонно-плазмова обробка (ІПО), яка змінює в широкому діапазоні зносостійкість поверхонь;

– гальванічні і комбіновані електролітичні покриття з наступною термічною обробкою. Використання цих методів не завжди задовольняє вимоги виробництва.

Більш ефективними методами поверхневого зміцнення РІ є комбіновані технологічні методи, дослідженню яких присвячена дана стаття.

Комбіновані технології можуть суттєво підвищити стійкість РІ. Так, у роботі [3] показано, що складні покриття з нітриду титану з іонним азотуванням, а також з нітридом титану з імплантованими металами (W, Mo, Nb та ін) на пластинах з твердого сплаву ВК6 і швидкоріжучих сталей підвищує стійкість в 2,5 – 4 рази порівняно з покриттями з нітриду титану.

У [4] запропонована технологія комбінованого нанесення покриттів, що складається з: 1 – хімічна обробка в плазмі газового розряду, де здійснюється дифузійне насичення азотом і вуглецем; 2 – нанесення комбінованого зносостійкого покриття. У результаті такої обробки стійкість РІ підвищується в 4-8 раз порівняно з моношаровим покриттям.

Перспективність комбінованих покриттів для поверхневого зміцнення РІ підтверджується дослідженнями [3 – 5 та ін].

Мета роботи. Визначити вплив комбінованих методів нанесення покриттів на зносостійкість різального інструменту в умовах свердлення композиційних матеріалів.

Матеріали і методи дослідження. Електроіскрове легування проводили на установці ЕЛІТРОН-22. На покриття, що формувалось на сталі в результаті ЕІЛ наносили сірковмістну біоплівку для підвищення її зносостійкості.

Після ЕІЛ зразків із швидкорізальної сталі на її поверхні утворювалась дискретна структура з виступами і впадинами, а після біомінералізації цих покриттів впадини заповнювались сірковмістними речовинами.

Композиційні боромісткі покриття на сталі Р6М5 отримували перетворенням суцільного боридного покриття в композиційне при його обробці лазерним променем. Суцільний боридний шар отримували при боруванні сталі Р6М5 в порошках карбіду бору при температурі 950 °С з наступною стандартною термічною обробкою.

Для проведення досліджень була використана комплексна методика, яка включає вивчення складу, структури і властивостей поверхневих шарів покриттів на сталі Р6М5 з використанням сучасних фізичних і хімічних методів аналізу, а також визначення триботехнічних характеристик покриттів в умовах тертя ковзання на машині СМТ-1 без мастильного матеріалу в діапазоні швидкостей ковзання 0,01...1 м/с при навантаженні 1 МПа. Як матеріал контртіла використовували сталь 30ХГСА, загартовану при температурі 900 °С з наступним охолодженням в індустріальному мастилі.

Мікроструктурні дослідження комплексних покриттів до і після триботехнічних випробувань проводили на оптичному мікроскопі Neophot-32, а хімічний аналіз поверхонь визначали за допомогою растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕМ-106І (мікрорентгеноспектральний аналіз).

Результати дослідження та їх обговорення. Одним з недоліків боридного покриття, поряд з його високою твердістю і зносостійкістю, особливо в умовах абразивного зношування, є підвищена крихкість дифузійного шару. Для зниження крихкості боридного покриття, отриманого при насиченні

швидкорізальної сталі Р6М5 в порошках карбіду бору, його обробляли лазерним променем до оплавлення і отримання композиційної боровмістної структури.

Вміст бору в композиції залежить від глибини оплавлення дифузійного боридного шару і його структури, яка може бути доевтектичною, евтектичною і заевтектичною.

Для евтектичної структури характерно утворення бороцементиту $\text{Fe}_3(\text{B}, \text{C})$ з мікротвердістю 9 – 13 ГПа. Евтектика складається із твердого розчину бору в α -залізі, боридів Fe_2B та бороцементиту.

Вплив потужності лазерного випромінювання на мікротвердість композиційної структури показано на рис.1. Глибина композиційного шару, який утворюється в процесі оплавлення суцільного боридного покриття, визначається режимами лазерного опромінювання, товщиною дифузійного шару і оброблюваністю сталі.

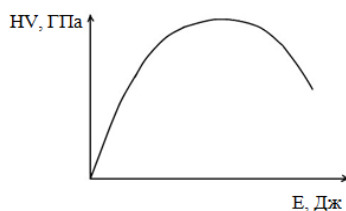


Рис.1. Залежність мікротвердості боридної композиції від потужності лазерного випромінювання

Збільшення мікротвердості при імпульсній лазерній обробці порівняно з мікротвердістю суцільного боридного шару обумовлено утворенням бороцементиту.

Зносостійкість композиційного боровмістного поверхневого шару, отриманого в результаті комплексної поверхневої обробки швидкорізальної сталі представлена в таблиці, у якій для порівняння наведені дані термообробленої сталі.

Таблиця

Зносостійкість сталі Р6М5 (мкм/км) залежно від методу зміцнення і швидкості ковзання

Метод зміцнення	Швидкість ковзання, м/с		
	0,01	0,05	1
Борування	7	3	2
Борування і термообробка	4	2	1,4
Борування з наступною лазерною обробкою	2	1,2	1

У діапазоні малих швидкостей ковзання дифузійні шари бориду, отримані методом хіміко-термічної обробки, в результаті відсутності зносостійких вторинних структур, а також внаслідок високої мікрокрихкості бориду заліза, наявності мікротріщин і пор в дифузійному шарі інтенсивно руйнуються. Боридні частки, маючи високу мікротвердість, ініціюють розвиток абразивного зносу.

Для композиційних структур, пластичність яких у багато разів вища, ніж суцільного шару бориду, процеси абразивного зношування не поширюються, сколів на поверхні тертя не спостерігається в усьому даному діапазоні швидкостей ковзання (рис. 2).

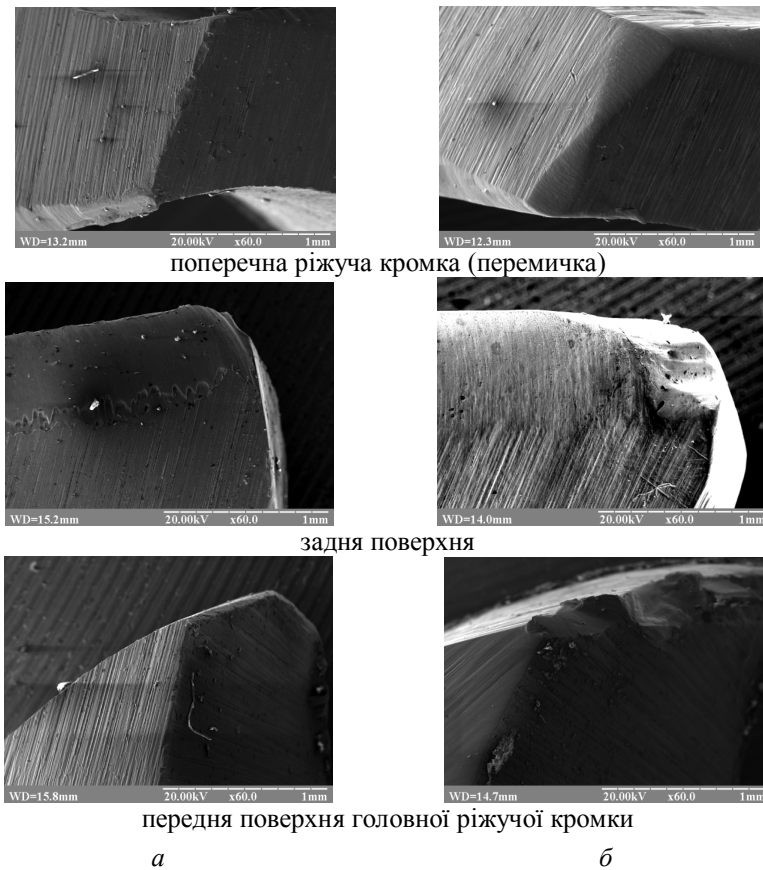


Рис.2. Фотографії робочих поверхонь свердел зі сталі Р6М5 після свердління композиційних матеріалів на основі поліетилену: *a* – робочі поверхні свердел зміцнені боруванням з наступною лазерною обробкою; *б* – робочі поверхні без обробки

У композиційних структурах в результаті пластичної деформації при терті і зношуванні прикладене навантаження діятиме переважно на крихку складову. Енергія руйнування дрібнодисперсних часток значно більша енергії руйнування бориду, які мають розміри, що обчислюються в десятках сотих мікрометрів. Утворення композиційних структур із наночастинками збільшить зносостійкість в порівнянні з даною композицією.

ЕІЛ суттєво підвищує зносостійкість сплавів, але через велику шорсткість у перший період його роботи спостерігається значне зношування спряженої поверхні. У зв'язку з цим для поліпшення припрацювання поверхонь тертя покриття, отримані в результаті ЕІЛ на РІ, підлягали біомінералізації. У результаті припрацювання комплексних покриттів з біоплівками шорсткість поверхневого шару зменшується, його структура і властивості змінюються, що в кінцевому рахунку, впливає на зносостійкість РІ та продуктивність механічної обробки.

Висновки. 1. Встановлено, що комбіноване покриття, отримане лазерною обробкою суцільного боридного шару, нанесеного на сталь Р6М5, підвищує її зносостійкість у 2...3,5 рази.

2. Для підвищення стійкості різального інструменту при обробці композиційних матеріалів, рекомендується після зміцнення робочих поверхонь нанесення біоплівки.

3. У подальших дослідженнях планується розширити номенклатуру матеріалів та різальних інструментів, на які будуть наноситися комбіновані покриття.

Список літератури

1. Авіаційно-космічні матеріали та технології: підручник / [авт. кол.: В. О. Богуслав, О. Я. Качан, Н. Є. Калініна, В. Ф. Мозговий та ін.]. – Запоріжжя : Мотор Січ, 2009. – 351 с.
2. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навч. посіб. / В. О. Залога, В. Д. Гончаров, О. О. Залога. – Суми: СумДУ, 2013. – 371 с.
3. Табаков В. П. Повышения работоспособности инструмента с покрытием на основе нитрида титана / В. П. Табаков, В. О. Уварова, Ю. Н. Николаев // Материалы семинара “Ионно-плазменная технология упрочнения изделий инструментального производства”. – М, 1987. – С. 67 – 68;
4. Григорьев С. Н. Разработка принципов комплексной обработки РИ / С. Н. Григорьев // 2 Всес. научно-технический симпозиум “Современное электротермическое оборудование для поверхностного упрочнения деталей машин и инструментов” – Саратов, 4-6 сентября, 1990. – М.: Информэлектро. – С. 31 – 32;
5. Костюк Г. И. Комбинированные технологии с применением ионных, электронных, световых и плазменных потоков / Г. И. Костюк, В. В. Сторчак // Материалы всес. конф. “Новые технологии роботехнические комплексы при производстве авиационной техники”. – Харьков, 1990. – С. 3 – 4/

Стаття надійшла до редакції 08.10.2014

*Ye. V. KORBUT, O. V. RADKO, O. V. ANDRIEIEV, G. G. GOLEMBIIEVSKIY,
V. F. LABUNETS*

IMPROVE THE STABILITY OF CUTTING TOOLS COMBINED METHOD OF SURFACE HARDENING

The research results of effects of combined surface hardening methods – namely, chemical and thermal and laser treatments and electric-doping with biocoating drawing on the modified cutting tool surface of the steel R6M5 durability are shown. Established that the combined coverage received laser treatment of solid boron layer deposited on steel R6M5, increases its durability in 2 – 3,5 times. To improve the stability of the cutting tool in the processing of composite materials, it is recommended to strengthen work surfaces after application of biofilms.

Keywords: surface hardening, wear resistance, composition structure, wear.

Корбут Євген Валентинович – канд. техн. наук, доцент кафедри, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», вул. Борщагівська, 115, Київ-56, Україна, 03056, тел.: +38 044 454 95 28, E-mail: korbut1@online.ua.

Радько Олег Віталійович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 74 14, E-mail: radlviv@ukr.net.

Андрєєв Олексій Вікторович – канд.техн.наук, заступник головного спеціаліста із композиційних матеріалів ДП «Антонов», вул. Академіка Туполева, 1, м. Київ, Україна, 03062.

Голембієвський Григорій Григорійович – доцент кафедри механіки, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058.

Лабунець Василь Федорович – канд. техн. наук., професор кафедри машинознавства Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 74 19.