

УДК 669.01:621.762:621.89:621.9.048

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ТЕХНІКИ

© Т. А. Роїк, д.т.н., с.н.с.; А. П. Гавриш, д.т.н., професор,
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Исследованы особенности формирования структуры, фазового состава и свойств хромовых покрытий, полученных методом электроискровой обработки. Показана перспективность применения электроискровых хромовых покрытий для деталей полиграфического режущего инструмента.

The features of structural formation, phase composition and properties of chromium coatings produced by electric spark treatment method have been researched. A prospect of application the electric spark chromium coatings for parts of polygraphic cutting tools has been shown.

Постановка проблеми

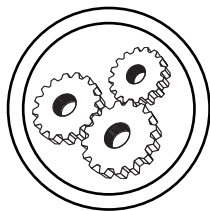
Питання підвищення надійності і довговічності деталей, вузлів, виробів з розвитком сучасної техніки стають все більш актуальними. Це висуває перед ученими завдання пошуку нових шляхів досягнення тривалої і стабільної роботи виробів.

Довговічність і надійність роботи у багатьох випадках забезпечується здатністю деталей і вузлів чинити опір зносу при будь-яких видах контактної взаємодії. Це повною мірою відноситься як до деталей складного багатофункціонального устаткування, приладової техніки, так і до більш простих деталей і виробів, що піддаються фрикційному впливу. До такого типу деталей відносяться різноманітні поліграфічні інструменти — паперорізальні і текстильні різальні ножі, висічні лінійки тощо, котрі працюють в режимах сухого тертя та ударно-абразивного зношування. Зазначені деталі внаслідок багатоциклової дії навантажень піддаються різкому зношуванню різальних кромок.

Вказані інструменти за таких умов роботи повинні мати високу зносостійкість різальних кромок в процесі різання паперу, картону, шкіри, тканини тощо. Крім цього необхідно підкреслити, що забезпечення низької собівартості вихідного матеріалу та технології зміцнення такого роду деталей сприятиме суттєвому спрощенню впровадження нових методів підвищення зносостійкості.

Особливістю роботи поліграфічних інструментів є ударний характер прикладених навантажень, які зростають і знижуються за дуже короткий проміжок часу і по суті носять імпульсний характер.

В теперішній час перелічені поліграфічні інструменти, насамперед, ножі виготовляються із нержавіючих або термічно оброблених вуглецевих і легованих інструментальних сталей, у багатьох випадках імпортного виробництва. Вуглецеві інструментальні сталі після відповідної зміцнюючої термічної обробки мають високу (58—60 HRC_e) твердість [1], що дозволяє



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

забезпечити достатню зносостійкість інструменту. Проте вказані сталі схильні до інтенсивного окислення у вологій повітряній атмосфері, особливо при використанні поліграфічного інструменту в цехових умовах.

Неіржавіючі леговані сталі для такого інструменту позбавлені подібного недоліку — вони мають високу корозійну стійкість у вказаних умовах, але зносостійкість їх значно поступається вуглецевим інструментальним сталям [2]. Тому завдання продовжити термін служби подібних виробів, захистити їх від зносу і водночас забезпечити можливість використання вітчизняних матеріалів як альтернативу імпортним є актуальним і вимагає проведення додаткових досліджень.

Аналіз попередніх досліджень

Шляхи підвищення поверхневої міцності, зносостійкості деталей досить широко досліджені [3, 4] і знайшли своє застосування в практиці.

До ефективних методів підвищення зносостійкості деталей машин належать поширені технології нанесення захисних покриттів — це електролітичні покриття, наплавлення, лазерна обробка, різні види поверхневого легування, хіміко-термічна обробка, плазмове напилення і ряд інших [5—9].

Вказані методи забезпечують значне підвищення зносостійкості деталей в різних умовах роботи, що істотно продовжує термін служби виробів (у ряді випадків від 3 до 8 разів) [4]. Проте, разом з безперечними позитивними сторонами, згадані способи підвищення поверхневої міцності і зносостійкості мають ряд істотних недоліків. Наприклад, покриття, отримані термомеханічними методами, є пори-

стими (цей недолік притаманний також електролітичним покриттям), мають не достатньо міцне зчеплення з основою.

Електрофізичні, термомеханічні, плазмові, детонаційні покриття, лазерна обробка є вельми дорогими і, у ряді випадків, неекономічними способами зміцнення. Істотне забруднення навколишнього середовища відбувається в результаті застосування електролітичних, хімічних, електрохімічних методів нанесення покриттів. Крім того, вказані методи завдають серйозної шкоди здоров'ю людини.

Перераховані обставини послужили підставою для проведення досліджень, спрямованих на пошук ефективних, економічних і безпечних шляхів підвищення зносостійкості поліграфічного різального інструменту.

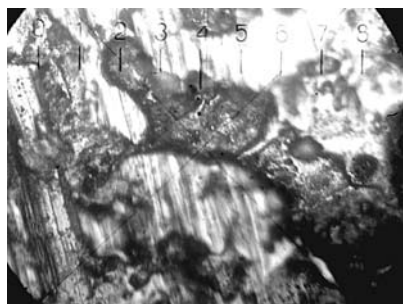
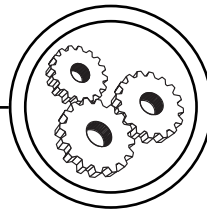
Мета роботи

Метою роботи є дослідження технології одержання, металографічної структури і властивостей функціональних покриттів на основі хрому для деталей поліграфічної техніки.

Результати проведених досліджень

Широко відомий [10, 11] спосіб електроіскрового зміцнення ріжучого інструменту нанесенням твердосплавних матеріалів (типа Т15 К6, Т30К4, ВК6, ВК8, ВК16 і ін.) на ріжучу кромку. З цією метою розроблені і випускаються промислово ряд установок як з ручним, так і з автоматичним нанесенням покриття. Даний метод обробки відрізняється простотою, надійністю і ефективністю, і, окрім цього, є екологічно чистим для людини і навколишнього середовища.

МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



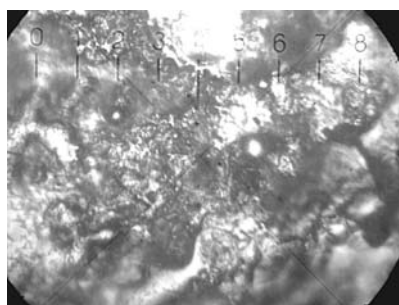
а



б



в



г

Рис. 1. Загальний вигляд (зверху) електроіскрових хромових покриттів, $\times 450$:
а — режим 1; б — режим 2; в — режим 3 (автоматичний);
г — режим 4 (автоматичний)

Тому можливість застосувати метод електроіскрової обробки деталей поліграфічного обладнання для підвищення їх зносостійкості виявилася вельми привабливою.

Як матеріал зносостійкого покриття був вибраний хром, що широко і ефективно застосовується для здійснення хромування (як дифузійного, так і гальванічного) і позитивно зарекомендував себе з точки зору опору зносу [1, 12].

В процесі проведення експериментів використовувалися промислові установки для електроіскрової обробки «Елітрон-24А» і «Елфа-541».

Зразки для нанесення покриття виготовлялися із сталі У8 розмірами $10 \times 10 \times 10$ мм.

Електроди з литого хрому вирізалися на електроерозійній установці розмірами $2 \times 3 \times 40$ мм.

При проведенні досліджень були вибрані наступні режими електроіскрового нанесення хромових покриттів:

1 режим: — електрична ємкість — 40 мкф;

— сила струму — 60 А;

— вібрація електроду — 390 Гц.

2 режим: — електрична ємкість — 80 мкф;

— сила струму — 60 А;

— вібрація електроду — 390 Гц.

3 режим: — електрична ємкість — 150 мкф;

— сила струму — 60 А;

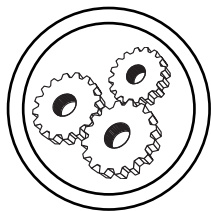
— вібрація електроду — 200 Гц;

4 режим: — електрична ємкість — 300 мкф;

— сила струму — 60 А;

— вібрація електроду — 95 Гц.

Час обробки поверхні зразка у всіх випадках був однаковим і складав 4—5 хв.



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

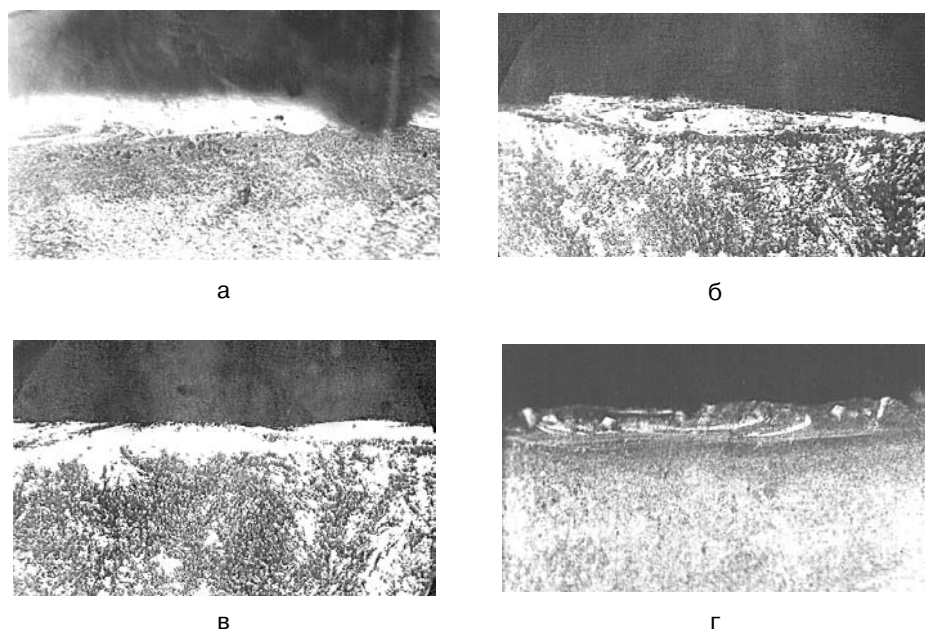


Рис. 2. Електроіскрові хромові покриття на сталі У8, отримані за режимами, $\times 300$: а — режим 1; б — режим 2; в — режим 3; г — режим 4

Після нанесення хрому на зразки були проведені металографічні дослідження отриманих за вказаними режимами покриттів. Загальний вигляд покриттів (зверху), рівномірність їх накладення показані на рис. 1.

З рис. 1 видно, що більш рівномірне покриття на зразках спостерігається при збільшенні електричної ємності, навіть у випадках зниження величини вібрації хромового електроду, яка характеризує частоту його зіткнень з поверхнею зразка (рис. 1 в, г). Крім того, нанесення покриття в автоматичному режимі (рис. 1 в, г) забезпечує отримання рівномірного шару вздовж всієї поверхні зразка. Це виразно спостерігалось і на поперечних шліфах (рис. 2), виготовлених для дослідження товщини і мікротвердості покриттів.

Товщина шару складала (залежно від режиму нанесення) 10—15

мкм, мікротвердість покриттів знаходилася в діапазоні 10—11 ГПа.

Враховуючи, що для хрому характерним є його достатньо висока спорідненість до кисню [13] і ця властивість може негативно позначитися на якості шару, представляло інтерес вивчення фазового складу отриманих покриттів.

Рентгенофазовий аналіз здійснювали з використанням дифрактометра ДРОН-4С-01 в хромовому випромінюванні з довжиною хвилі $\lambda_{Cr} = 2,29092 \text{ \AA}$, кутові відстані знаходилися в діапазоні від 30 до 100 град. Загальний вигляд типової рентгенограми електроіскрового хромового покриття зображений на рис. 3.

Розрахунки міжплощинних відстаней при розшифровці рентгенограм дозволили виявити, що незалежно від режимів нанесення у всіх випадках електроіскрові покриття однофазні і складаються тільки з

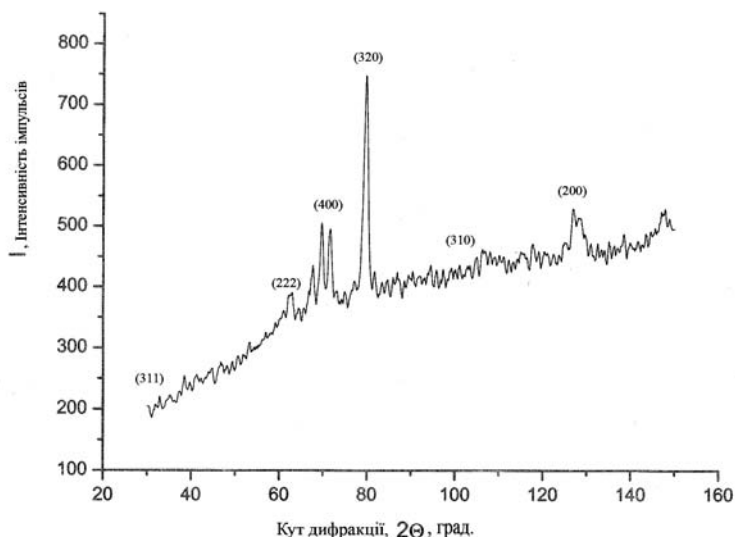
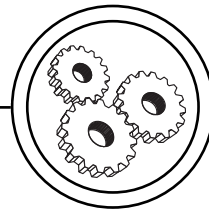


Рис. 3. Рентгенограма електроіскрового хромового покриття

хрому з ГЦК-граткою ($a = 4,5880 \text{ \AA}$). Оксиди хрому ні при одному з режимів обробки не були виявлені, що, ймовірно, пов'язано з короткочасністю процесу і малим часом взаємодії шару покриття з киснем повітря навіть при інтенсивних режимах нанесення.

В результаті цього отриманий шар хрому не окрихчується, залишаючись достатньо пластичним, про що побічно свідчить відсутність тріщин навколо відбитків піраміди при вимірюванні мікротвердості (рис. 2, г).

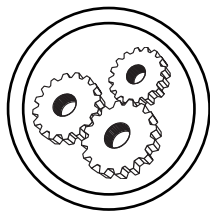
Для оцінки зносостійкості отриманих електроіскрових покриттів проводили випробування на зношування з використанням машини тертя Х4-Б при навантаженні до 1,0 МПа, швидкості тертя 0,5 м/с. Для порівняння за аналогічних умов здійснювали випробування зразків із сталі У8 (58—60 HRC_e) без покриття.

Результати випробувань на зношування, а також параметри відносного збільшення зносостійкості

зразків з хромовим електроіскровим покриттям, отриманим за різними режимами, наведені в таблиці.

Аналізуючи дані таблиці, видно, що найбільший приріст зносостійкості спостерігається у зразків з хромовим електроіскровим покриттям, нанесеним за режимом 4, що пов'язано з отриманням найкращої якості шару за даних умов обробки. Але навіть при менш жорстких режимах нанесення покриття, а також в умовах отримання шару при ручному режимі обробки спостерігається вельми значне збільшення зносостійкості зразків в порівнянні із зразками без покриття (див. табл.).

Слід зазначити, що при проведенні випробувань хромованих зразків на стирання випадків відшаровування покриттів не зафіксовано, що, ймовірно, пов'язано з протіканням мікродифузійних процесів на межі шар-підкладка при достатньо інтенсивних електричних режимах обробки.



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

Результати порівняльних триботехнічних випробувань хромових електроіскрових покриттів і підкладки із сталі У8

Режим нанесення	№№ зразків	Величина зносу, М, мг	Середня величина зносу, $M_{\text{сер.}}$, мг	Відносне збільшення зносостійкості, ω , %
1	1-1	0,00180	0,00169	19,14
	1-2	0,00160		
	1-3	0,00160		
	1-4	0,00190		
	1-5	0,00155		
2	2-1	0,00135	0,00151	27,75
	2-2	0,00130		
	2-3	0,00160		
	2-4	0,00155		
	2-5	0,00175		
3	3-1	0,00154	0,00138	33,97
	3-2	0,00132		
	3-3	0,00135		
	3-4	0,00130		
	3-5	0,00140		
4	4-1	0,00137	0,00125	40,20
	4-2	0,00115		
	4-3	0,00135		
	4-4	0,00125		
	4-5	0,00115		
Зразки із сталі У8 без покриття (підкладка)	1	0,00210	0,00209	—
	2	0,00200		
	3	0,00200		
	4	0,00215		
	5	0,00220		

Примітка: збільшення зносостійкості (ω) зразків з покриттям розраховували із співвідношення: $\omega = (1 - M_{\text{сер.зр.}}/M_{\text{сер.підл.}}) \times 100 \%$.

Висновки

За результатами проведених досліджень можна зробити ряд висновків:

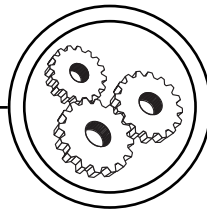
1. Електроіскрова обробка може бути ефективно використана для нанесення хромового покриття на різальні кромки деталей поліграфічного інструменту, що забезпечує значне збільшення зносостійкості деталей.

2. Технологія електроіскрового нанесення хрому відрізняється

простотою, короткочасністю, а також економічністю унаслідок використання серійного промислового устаткування, що не вимагає додаткових капіталовкладень. Крім цього, використання даної технології дозволяє виключити операції термічної обробки інструменту і скоротити пов'язані з нею витрати.

3. Змінюючи режими електроіскрової обробки, можна керувати якістю хромового покриття на деталях — товщиною, рівномірністю

МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



нанесення шару, і, як наслідок, зносостійкістю. Так, при нетривалому часі обробки (4–5 хв.), варіюючи параметрами електричної ємності і вібрації електроду, можна отримувати щільні, завтовшки до 15 мкм хромові шари, що забезпечують високу міцність зчеплення з підкладкою і зносостійкістю.

4. Нанесення хромового покриття на деталі різального поліграфічного інструменту методом електроіскрової обробки забезпе-

чує проведення екологічно чистого (в порівнянні з гальванічним методом) і дешевого (в порівнянні з дифузійним хромуванням) процесу.

5. Отримані електроіскровим методом хромові покриття відрізняються високою твердістю і зносостійкістю, що дозволяє їх рекомендувати для промислового використання, як ефективний спосіб підвищення довговічності поліграфічного різального інструменту.

1. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. — М.: Metallurgiya, 1983. — 527 с. 2. Химушин Ф. Ф. Нержавеющие стали. — М.: Metallurgiya, 1967. — 798 с. 3. Федорченко И. М., Пугина Л. И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. — К.: Наукова думка, 1980. — 403 с. 4. Кіндрачук М. В., Дудка О. І., Сушенко Ю. Г., Черненко В. С. Формування зносостійких евтектичних покриттів концентрованими джерелами енергії. — К.: ІЗМН, 1997. — 119 с. 5. Лабунец В. Ф., Ворошина Л. Г., Кіндрачук М. В. Износостойкие боридные покрытия. — К.: Техніка, 1989. — 158 с. 6. Похмурский В. И., Далисов В. В., Голубец В. М. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий. — К.: Наукова думка, 1980. — 188 с. 7. Старосельский А. А., Гаркунов Д. Н. Долговечность трущихся деталей машин. — М.: Машиностроение, 1967. — 395 с. 8. Борисов Ю. С., Борисова А. Л. Плазменные порошковые покрытия. — К.: Техніка, 1986. — 223 с. 9. Федорченко И. М., Гуслиенко Ю. А., Лучка М. В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов с электролитическими покрытиями (Обзор) // Защитные покрытия на металлах. — 1981. — Вып. 15. — С. 24–28. 10. Астафьев С. С. Электроискровое упрочнение деталей машин // Повышение износостойкости и срока службы машин. — Киев: Изд-во АН УССР, 1960. — С. 28–40. 11. Самсонов Г. В., Верхотуров А. Д., Бовкун Г. А., Сычев В. С. Электроискровое легирование металлических поверхностей. — К.: Наукова думка, 1976. — 219 с. 12. Пономаренко Е. П., Супрунчук В. К., Фоменко В. Д. Поверхностное упрочнение и защита стальных изделий. — Днепропетровск: Промінь, 1970. — С. 3–17. 13. Свойства оксидов. Физико-химические свойства: Справочник / Г. В. Самсонов, А. Л. Борисова, Г. Г. Жидкова и др. — М.: Metallurgiya, 1978. — 472 с.

Надійшла до редакції 28.12.05