

УДК 621.891

Л. А. ПОНОМАРЕНКО, А. І. ДЕГУЛА, О. В. ТИСЯЧНИК

Сумський державний університет, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ ЦЕМЕНТАЦІЇ НА КАРБОХРОМУВАННЯ

Проведено експеримент з додавання порошку хрому до складу реакційної суміші при цементації. Температурно-часові характеристики процесу карбохромування відповідають стандартним параметрам цементації. Проведені дослідження показали, що при карбохромуванні спостерігається підвищення твердості та зносостійкості поверхневих шарів у порівнянні з цементованими.

Ключові слова: карбохромування, цементація, зносостійкість, дифузійна металізація, експлуатаційні властивості, покриття, хіміко-термічна обробка.

Постановка завдання. Розвиток техніки потребує пошуку нових, та покращення властивостей існуючих матеріалів. Особливо це стосується довговічності служби деталей машин та інструменту. Тому, одним з головних завдань сучасного матеріалознавства є дослідження методів покращення властивостей поверхневих шарів металів та сплавів [1]. Одним з найбільш ефективних методів поверхневого зміцнення металів і сплавів є хіміко-термічна обробка (ХТО). Однак традиційні процеси ХТО (цементація, нітроцементація та азотування) не завжди задовольняють сучасним вимогам, що пред'являються до деталей машин та інструменту [2; 3].

Одним із перспективних методів є карбохромування. Карбохромування – це метод хіміко-термічної обробки, при якому відбувається послідовне або одночасне насичення деталі вуглецем та хромом. Результатами даного виду поверхневого зміцнення є підвищення твердості, зносостійкості, жароміцності та корозійної стійкості сталі. Крім того карбохромування дає змогу отримати більш товсті карбідні шари без знеуглецювання підшару. Процес послідовного карбохромування передбачає послідовне насичення поверхні виробу спочатку одним елементом, а потім іншим. Проте цей спосіб є технологічно складним, тривалим та енергозатратним. Одночасне карбохромування дозволяє отримати дифузійний шар в один цикл, що в свою чергу скорочує тривалість процесу та енерговитрати [4].

Одночасне карбохромування здійснюється в порошкових сумішах. Для цього деталь або зразок розміщують в жароміцному тигелі разом з порошковою сумішшю визначеного складу та запаюють плавким затвором, після чого ставляють в піч, нагрівають до певної температури та витримують визначений проміжок часу. Дифузійні шари, що утворюються в результаті одночасного насичення в порошкових сумішах поділяються на три типи [4]:

- суцільні карбідні шари $(Cr, Fe)_{23}C_6$ і $(Cr, Fe)_7C_3$ з підшаром хромистого мартенситу,
- карбохромовані шари, що відрізняються від цементованих підвищеним вмістом хрому в поверхневому шарі;
- цементовані шари з пористим крихким карбідним шаром на поверхні.

Метою даного дослідження є з'ясування впливу кількісного співвідношення порошку хрому та деревного вугілля на властивості цементованого шару, зміну експлуатаційних характеристик виробів та збільшення глибини і мікротвердості дифузійного шару.

Методика експерименту. В роботі було проведено порівняльний аналіз властивостей поверхневих дифузійних шарів отриманих при цементації та карбохромованні за аналогічних температурно-часових режимів (час витримки 5 год, температура 950°C). Зразки для експерименту виготовлялися із сталі 25 розміром 15×1×15 мм.

Технологічний процес термічної обробки складався з наступних етапів:

- відпал;
- карбохромовання (цементація);
- нормалізація;
- гартування (неповне для поверхні);
- низькотемпературний відпуск.

З метою отримання рівноважної структури (рис. 1), перед проведенням процесу науглецювання, для всіх зразків проводили повний відпал.

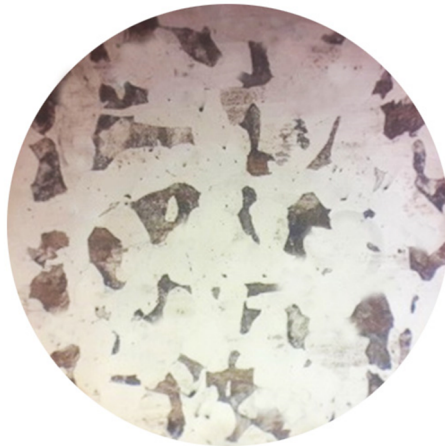


Рис. 1. Ферито-перлітна структура сталі 25 після відпалу (×200)

Відповідно рекомендацій, температуру відпалу обирали виходячи з температури критичних точок для сталі 25.

$$T = A_{c3} + 30 \dots 50^{\circ}\text{C} = 865\text{--}885^{\circ}\text{C}$$

Час витримки при заданій температурі 20 хв. Охолодження з піччю проводилося до 200°C з подальшим охолодженням на повітрі.

Перед процесом хіміко-термічної обробки зразки були зачищені та обезжирені. Підготовані зразки розміщувалися у вогнетривкій тиглі з порошковою сумішшю різного складу.

Склади порошкової суміші:

- 1 – 95% деревного вугілля та 5% соди;
- 2 – 70% деревного вугілля, 25% хрому та 5% соди;
- 3 – 50% деревного вугілля, 45% хрому та 5% соди.

Процес насичення здійснювали при температурі 950°C, час витримки з метою зниження енергозатрат було скорочено до 5 год. Охолодження з піччю проводили до кімнатної температури.

Візуально, отримані дифузійні поверхневі шари дуже схожі за структурою (рис. 2) і мають приблизно однакову товщину.

Для виправлення грубозернистої структури серцевини, що утворилася після ХТО проводили нормалізацію. Температура нормалізації 870-880°C, витримка в печі за заданої температури – 15-20 хв., охолодження на спокійному повітрі.

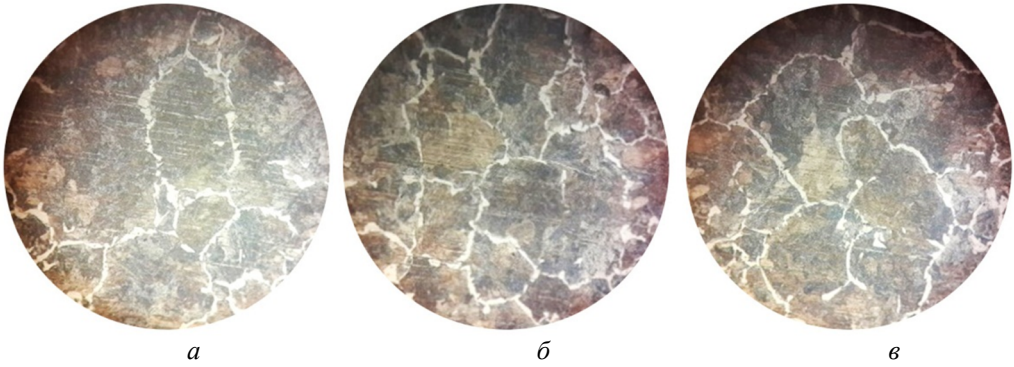


Рис. 2. Мікроструктура поверхневого шару отриманого у порошковій суміші:
a – склад 1; *б* – склад 2; *в* – склад 3; $\times 200$

В результаті у серцевині отримали дрібнозернисту ферито-перлітну структуру (рис. 3) яка забезпечує необхідні експлуатаційні властивості

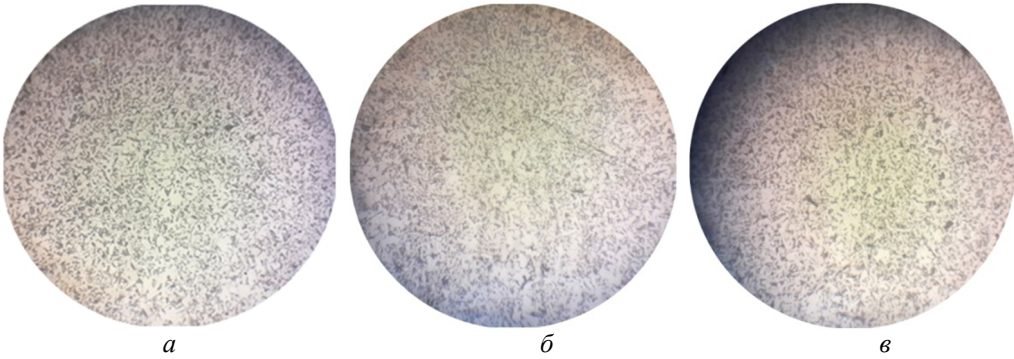


Рис. 3. Структура серцевини після нормалізації:
a – зразок 1; *б* – зразок 2; *в* – зразок 3; $\times 200$

В якості зміцнювальної обробки для поверхні проводили неповне гартування.

Температура витримки становила $760-770^{\circ}\text{C}$, час витримки 15 хв. з наступним охолодження в оліві.

Після гартування, структура поверхневого шару складається з мартенситу, невеликої кількості аустеніту залишкового та цементиту який при карбохромуванні додатково легований хромом (рис. 4).

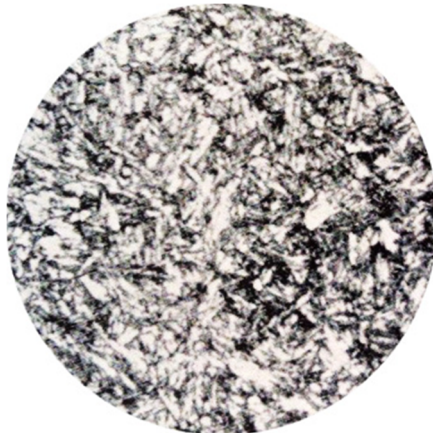


Рис. 4. Структура поверхневого шару після неповного гартування. $\times 200$

Для зняття гартівних напружень проводили низькотемпературний відпуск при температурі 200-220°C. Час витримки за заданої температури склав 30 хв. з охолодженням на повітрі. Одержана структура складається з мартенситу відпуску та карбідів (рис. 5).

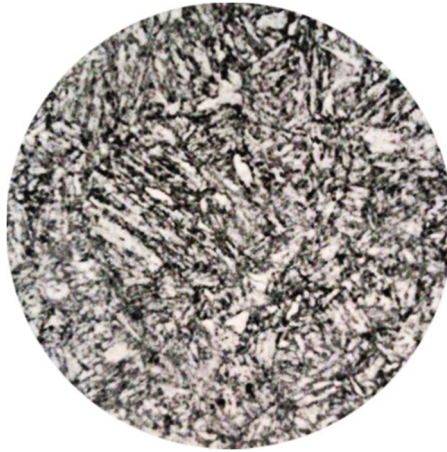


Рис. 5. Структура поверхневого шару після низькотемпературного відпуску. $\times 200$

Дослідження мікроструктури на всіх етапах термічної обробки проводилися на металографічному мікроскопі МИМ-7, вимірювання твердості на твердомірах типу ТШ та ТК.

Результати досліджень. Мікротвердість по товщині дифузійних шарів вимірювали на твердомірі ПМТ-3 з навантаженням 0,1 кг і кроком 0,1 мм. За трьома вимірами розраховували середнє значення мікротвердості на кожній відстані від поверхні. За товщину дифузійного шару брали відстань від поверхні зразка до глибини на якій середня твердість становила 550 HV.

Таблиця

Результати вимірювання мікротвердості

Глибина вимірювання, мм	Зразок 1, H_{100}	Зразок 2, H_{100}	Зразок 3, H_{100}
0,05	760	800	920
0,1	750	770	800
0,2	730	760	780
0,3	730	755	760
0,4	600	630	630
0,5	550	570	560
0,6	360	360	350
0,7	320	310	320
0,8	300	300	310
0,9	280	280	290
1,0	280	290	280

Результати досліджень показали, що додавання до складу реакційної суміші порошку хрому не впливає на товщину дифузійного шару, яка становить 0,5-0,55 мм при часі насичення 5 год. В той же час мікротвердість на поверхні під-

вищується від 760МПа при цементації до 920МПа при карбохромуванні (у реакційній суміші з вмістом порошку хрому 45%).

Випробування на зносостійкість проводили гравіметричним методом. У якості контр тіла використовували загартовану швидкорізальну сталь Р6М5, час випробувань для кожного зразка складав 1 год. Середнє значення втрати ваги при цементації прирівнювали до одиниці. Результати випробувань наведені на рис. 6.

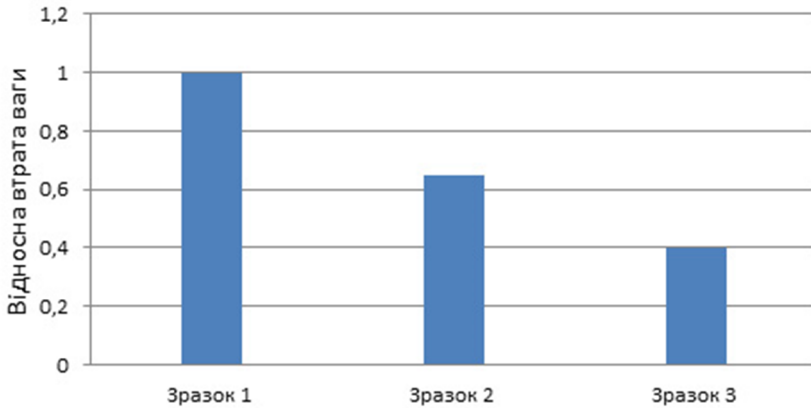


Рис. 6. Результати випробування на зносостійкість

Висновки. Додавання порошку хрому до складу реакційної суміші при цементації призводить до формування легованого дифузійного шару який за своїми експлуатаційними характеристиками переважає цементований. За однакових температурно-часових параметрів, при карбохромуванні можна отримати дифузійний шар ідентичної товщини з мікротвердістю у 1,2 рази вищою ніж при цементації та у 2 рази вищою зносостійкістю. Відповідно, комплексне насичення є перспективним шляхом підвищення експлуатаційних властивостей, при цьому актуальною задачею є встановлення оптимуму у співвідношенні «властивості – вартість процесу».

Список літератури

1. Дослідження фазового та хемічного складу комплексних карбідних покриттів / А. І. Дегула, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко, В. Г. Хижняк, М. В. Карпець, О. М. Мисливченко, Р. С. Сметанін // *Металлофізика и новейшие технологии*. — 2015. — Т. 37, № 11. — С. 1461-1476.
2. Филоненко Б.А. Комплексные диффузионные покрытия.- М.: Машиностроение, 1981. - 136 с.
3. Фізико-хімічні умови процесу модифікування поверхні сталей ванадієм, вуглецем та азотом / Н. А. Харченко, В. Г. Хижняк, Т. П. Говорун, А. І. Дегула // *Журнал нано- та електронної фізики*. - 2014. - Т. 6, № 4. - С. 04021-1-04021-6.
4. Патент на изобретение 94014730/02. Способ карбохромирования деталей / Саблина Л.П., Унжаков П.Е., Качаев А.А., Ермолов А.И., Новиков А.Е.; №: 2057201; Заявл. 20.04.1994; Опубл. 27.01.1996.

Стаття надійшла до редакції 03.11.2017

Пономаренко Лілія Анатоліївна – студент кафедри «Прикладного матеріалознавства і ТКМ», Сумський державний університет, Liliya_ua97@ukr.net.

Дегула Андрій Іванович – канд. техн. наук., доцент кафедри «Прикладного матеріалознавства і ТКМ», Сумський державний університет, Degula_ai@ukr.net.

Тисячник Олександр Володимирович – студент кафедри «Прикладного матеріалознавства і ТКМ», Сумський державний університет.

L. A. PONOMARENKO, A. I. DEHULA, O. V. TYSYACHNIK

INCREASE WEAR-RESISTANCE OF MACHINE PARTS BY REPLACING CARBURIZATION WITH CARBO CROME PLATING

An experiment was conducted to add chromium powder to the composition of the reaction mixture during cementation. The temperature-time characteristics of the carbo chrome plating process correspond to the standard parameters of cementation. The conducted studies have shown that during carbo chrome plating, increased hardness and wear resistance of the surface layers compared to cemented.

Key words: carbo chrome plating, cementation, wear resistance, diffusion metallization, operational properties, coating, chemical and thermal treatment.

References

1. Doslidzhennya fazovoho ta khemichnoho skladu kompleksnykh karbidnykh pokryttiv / A. I. Dehula, T. P. Hovorun, N. A. Kharchenko, V. H. Khyzhnyak, M. V. Karpets', O. M. Myslyvchenko, R. S. Smetanin // *Metallofyzyka y noveyshye tekhnolohyy*. — 2015. — T. 37, # 11. — S. 1461-1476.
2. Filonenko B.A. Kompleksnye diffuzionnye pokritija.- M.: Mashinostroenie, 1981. - 136 s.
3. Fyzyko-khimichni umovy protsesu modyfikuvannya poverkhni staley vanadiyem, vuhletsem ta azotom / N. A. Kharchenko, V. H. Khyzhnyak, T. P. Hovorun, A. I. Dehula // *Zhurnal nano- ta elektronnoyi fizyky*. - 2014. - T. 6, # 4. - S. 04021-1-04021-6.
4. Patent na izobretenie 94014730/02. Spособ karbohromirovaniya detalej / Sablina L.P., Unzhakov P.E., Kachaev A.A., Ermolov A.I., Novikov A.E.; №: 2057201; Zajavl. 20.04.1994; Opubl. 27.01.1996.