ФІЗИКА І ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА
Т. 7, № 2 (2006) С. 349-351

PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATE
V. 7, № 2 (2006) P. 349-351

УДК 621.794'4: 546.48'24

ISSN 1729-4428

П.І. Мельник[1], І.І. Дмитрів[2], І.Я. Петрик[1]

Дифузійне хромування плазмонапиленого залізного порошку

[1]Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна
[2]Івано-Франківський інститут права, економіки і будівництва, вул. Коновальця, 35, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна

Досліджено процес формування зміцнюючого шару на сталі шляхом дифузійного насичення хромом плазмонапиленого шару заліза. Показано, що хромування напилення високовуглецевого порошку заліза формує на його поверхні карбідний шар.

Ключові слова: плазмонапилення, дифузія, структуроформування, карбід хрому, зносостійкість.

Стаття поступила до редакції 09.12.2005; прийнята до друку 15.03.2006.

Вступ

Більшість деталей машин і агрегатів виходить з ладу із-за поверхневого руйнування шляхом зношування при терті та корозії. Тому інтерес до створення на поверхні виробу зносо- та корозійностійких покрить надзвичайно великий. Такі покриття формуються різними технологічними прийомами: газополум'яним чи плазмовим напиленям твердих та корозійностійких матеріалів; поверхневим дифузійним насиченням різними елементами, електроіскровою обробкою поверхні, гальванічним і вакуумним осадженням та ін. Кожний із цих методів є ефективним для певних умов експлуатації деталі чи виробу і оцінюється його технологічністю та вартістю затрат нанесення покриття.

У даній роботі проведені дослідження ефективності дифузійного хромування плазмонапиленого залізного порошку з метою підвищення експлуатаційних характеристик покриття, ущільнення та зміцнення зчеплення його з поверхнею матриці.

З літературних даних [1] відомо, що дифузійне хромування сталей є достатньо ефективним для підвищення зносостійкості за рахунок утворення в поверхневій зоні хромокарбідної фази та корозійної стійкості при достатньому вмісті хрому в поверхневих шарах сталі, чим і пояснюється велика кількість проведених досліджень формування захисних покрить з участю хрому.

I. Методика і матеріали дослідження

Порошки заліза різних марок, хімічний склад яких приведений в таблиці 1, наносили на підготовлену поверхню сталей за допомогою плазмонапилюючої установки 15ВБ. Товщина напиленого шару складала 0,2 – 0,8 мм. Перед дифузійним насиченням поверхня напиленого шару порошку заліза піддавалась шліфуванню на плоскошліфувальному верстаті з метою вирівнювання його по товщині. Така операція продиктована, в першу чергу, необхідністю підготовки зразків для випробовування їх на тертя після дифузійного насичення хромом.

Таблиця 1

Хімічний склад залізних порошків*)

Марка порошку	Вміст елементу,%						
	C	S	P	Si	Mn	O_2	N
ПЖ1М3	0,08	0,020	0,019	0,11	0,37	0,3	—
ПЖ2К	0,08	0,025	0,020	0,14	0,39	0,7	—
ПЖ3М1	0,15	0,050	0,050	0,25	0,70	—	—
ПЖ5М	0,40	0,060	0,060	1,20	0,70	—	—
Карбонільне залізо	0,70-0,90	—	—	—	—	—	0.81-0.95

*)Дані за сертифікатом заводу – виготовлювача.

Процес дифузійного хромування проводили методом твердої фази (за класифікацією Г. М. Дубініна [1]) із суміші складу, % (мас): 65-70 ферохрому марки ФХ00; 25-30 Al_2O_3; 0.1-1.5 NH_4Cl при різних температурних режимах на протязі 2-6 годин (ізотермічна витримка при заданій температурі і термоциклуванні в широкому інтервалі температур).

Підкладкою для нанесення плазмонапилених покрить служили зразки сталей Ст. 3, 40 Х, 20 ХІЗ та 12Х18Н10Т, які відносяться до різних класів сталей. Металографічні дослідження проведені з допомогою металомікроскопів МИМ – 7, ММР – 2Р, а мікротвердість вимірювали на приладі ПМТ – 3 з навантаженням на індентор 50 грамів. Вимірювання проводили по глибині дифузійного шару від поверхні до серцевини. Рентгеноструктурний та мікрорентгеноспектральний аналізи проводилися відповідно на установках ДРОН – 3.0 та Camskan – 4 DV фірми Cameka.

II. Результати дослідження та їх обговорення

Структура напиленого порошку заліза марки ПЖ1М3 на поверхню зразка сталі Ст 3 показана на рис. 1, де чітко видні шари напилення, які складаються з деформованих зерен порошку низької

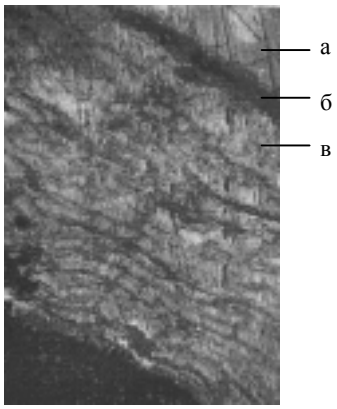

Рис. 1. Структура напиленого шару залізного порошку марки ПЖ13М на сталь Ст 3: а) основа; б) границя поділу; в) напилений порошок. Без травлення х 340.

щільності та різкою, досить широкою, границею розподілу на межі основа – покриття, що не забезпечує достатнього зчеплення. Таку ж будову структури мають напилені шари іншими марками порошку.

На рис. 2 показана мікроструктура зразка після хромування напиленого порошку заліза на ньому в режимі 1100 °С на протязі 6 годин. На границі поділу основа – покриття зі сторони покриття формується, як показали дослідження, шар карбіду хрому. Враховуючи те, що в сталі Ст 3 і порошку заліза марки ПЖ1М3 вміст вуглецю незначний, формування такої зони можна пояснити виходячи з

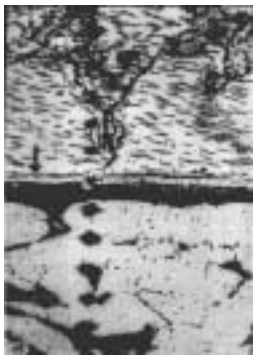

Рис. 2. Структура хромованого шару плазмонапиленого порошку заліза Ст. 3. Стрілкою показана зона шару карбіду хрому, яка формується на границі перехідної зони.

уявлень про переміщення атомів в кристалічній системі при наявності фазових перетворень [2], враховуючи той факт, що швидкість дифузії вуглецю в γ – залізі при температурі насичення значно перевищує швидкість дифузії хрому (при 1100 °С коефіцієнт дифузії вуглецю $D_C = 7.06 \cdot 10^{-7}$ см^2/с, хрому $D_{Cr} = 11.2 \cdot 10^{-10}$ см^2/с [3]). Механізм процесу формування структури дифузійного шару можна уявити наступним чином. В час досягнення температури ізотермічної витримки протікає переважаюча дифузія вуглецю із більш глибинних зон сталі до його поверхні – границі розподілу основа – покриття. Постільки вуглець не встигає дифундувати в приграничний шар напиленого покриття, то в ньому не утворюється високовуглецевого аустеніту, як це відбувається при хромуванні сталі безпосередньо без плазмонапиленого порошку заліза.

Подальша ізотермічна витримка супроводжується дифузією атомів хрому в глибину напиленого порошку заліза, збагачуючи утворений аустеніт хромом. При досягненні певної концентрації хрому, в ньому відбувається фазове перетворення γ – α залізо, що обумовлює велику кількість точкових, лінійних та дислокаційних дефектів кристалічної структури. Наявність дефектів сприяє різкому росту коефіцієнта дифузії в зоні фазового перетворення [2]. Отже, процес дифузії супроводжується дискретним появленням зон фазового перетворення по глибині шару, а відповідно – різким зростанням коефіцієнта дифузії, що приводить до швидкого доставляння атомів хрому до границі покриття – основа, де є вже скупчення атомів вуглецю, і відповідно формуванню карбідної зони, як це видно на рис. 2. Проведений металографічний аналіз та вимірювання мікротвердості показує значне підвищення твердості хромованого плазмонапиленого покриття і звуження границі поділу основа – покриття.

Зовсім інша картина формування дифузійного шару при хромуванні плазмонапиленого порошку карбонільного заліза, який містить приблизно 1% вуглецю. На рис. 3 видно, що в поверхневій зоні покриття сформувалась практично евтектична структура. Під нею розташована суцільна лінія

Рис. 3. Мікроструктура поверхневого шару плазмонапиленого карбонільного порошку заліза після хромування при 1250 °С на протязі 6 годин. х 340.

карбідів хрому, яка служить у даному випадку перехідною зоною від евтектичної структури до високовуглецевого заліза. На рис. 4 показаний якісний розподіл хрому по глибині покриття. Велика кількість хрому зосереджена у приповерхневій зоні, що відповідає розташуванню в ній зерен карбіду хрому.

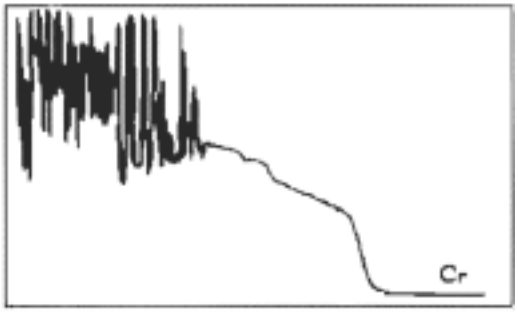

Рис. 4. Розподіл хрому в плазмонапиленому покритті після дифузійного хромування при 1250 °С на протязі 6 годин.

Утворення евтектики у приповерхневій зоні при заданому режимі хромування добре узгоджується з діаграмою стану залізо – вуглець і не потребує окремого пояснення.

Зразки із плазмонапиленим порошком заліза після хромування піддавались випробуванню на тертя без змащування, яке проводилось на машині СМЦ – 2. Результати випробувань показали підвищення зносостійкості покриття при сухому терті в 3 – 5 разів в залежності від марки напиленого залізного порошку та режиму дифузійного хромування. На рис. 5, за результатами випробувань, показаний характер зношування зразків до і після дифузійного хромування.

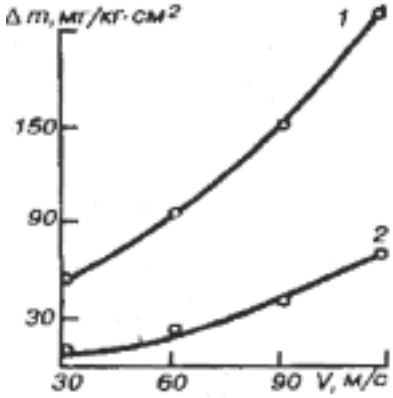

Рис. 5. Кінетика зносу плазмонапиленого покриття до (1) і після (2) дифузійного хромування.

Висновки

Дифузійне хромування плазмонапиленого лише високовуглецевого порошку заліза при певних режимах процесу забезпечує формування карбідної фази і формує евтектичну структуру покриття, що суттєво підвищує зносостійкість зразків при сухому терті. Така технологія поверхневого зміцнення сталей може бути рекомендована також для відновлення номінальних розмірів зношених деталей.

Мельник П.І. – доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій;
Дмитрів І.І. – старший викладач кафедри архітектури і будівництва;
Петрик І.Я. – аспірант кафедри матеріалознавства і новітніх технологій.

[1] Г.Н. Дубинин. *Диффузионное хромирование металлов и сплавов*. М.: Машиностроение, 625 с. (1964).
[2] П.И. Мельник. *Диффузионное насыщение железа и твердофазные превращения в сплавах*. М.: Металлургия, 229 с. (1993).
[3] *Свойства элементов. Справочник*. М.: Металлургия, Ч. I. 599 с. (1976).

P.I. Melnyk[1], I.I. Dmytriv[2], I.Ya. Petryk[1]

Diffusive Chrome-Plating of Plasmasprayed Iron Powder

[1] 'Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University, Shevchenko, 57 St. Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine
[2] Ivano-Frankivsk Institute of Low, Economy and Building, Konoval'tsya, 35 St. Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine

The process of forming of strengthening layer on steel by chrome diffusive saturation of plasmasprayed iron layer is investigated. It is showed that the chrome-plating of evaporation of high-carbon powder of iron forms a carbide layer on .