

УДК 621.785.5

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ДИФУЗІЙНОГО НІКЕЛЮВАННЯ СТАЛІ 5ХНМ

Н. П. МИХАЙЛІВ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Досліджений вплив залізного порошку, введеного в насичувальну суміш, на дифузійне нікелювання сталі 5ХНМ. Показано, що залізний порошок різко знижує вихід вуглецю із сталі, через що зменшуються її зневуглецювання і кількість включень у дифузійному шарі, рафінує поверхневий шар зразка та інтенсифікує дифузійне нікелювання.

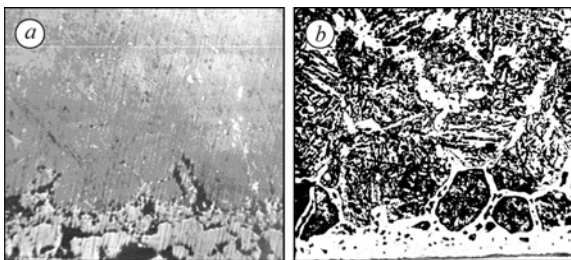
Ключові слова: *дифузія, дифузійний шар, дифузійне нікелювання, міграція, зневуглецювання, інтенсифікація.*

Зі сталі 5ХНМ виготовляють деталі штампів для гарячого штампування та деталі прес-форм для лиття під тиском металевих сплавів. Отже, актуально підвищити їх жаро- і розгаротривкість. Для цього збільшують вміст нікелю в робочій зоні деталі шляхом дифузійного нікелювання. Відомо, що залізний порошок, який входить у насичувальну суміш, інтенсифікує дифузійне хромування, титанування, ванадіювання [1]. Тому досліджували його вплив на дифузійне нікелювання сталі 5ХНМ. Нікелювали в порошкових сумішах, які містили 35 mass.% оксиду магнію і 5 хлористого амонію, порошок нікелю і залізний порошок, кількість якого змінювали від 10 до 40 mass.%, зменшуючи нікелевий. Процес протікав при 900°C, 10 h.

Нікелювання сталі 5ХНМ у суміші, збагаченій нікелем, описано раніше [2]. Якісний покрив отримали, використовуючи як інертний додаток оксид магнію замість оксиду алюмінію. Однак під час насичення в суміші, збагаченій нікелем (60 mass.%) без залізного порошку, вуглець інтенсивно мігрує зі сталі, що призводить до сильного зневуглецювання основи (див. рисунок *a*). Крім того, в дифузійному шарі є велика кількість включень, хімічний склад яких не визначали.

Мікроструктура сталі 5ХНМ, нікелюваної в суміші, збагаченій нікелем (*a*), і оптимального складу (*b*). $\times 200$.

Microstructure of 5ХНМ steel nickel-plated in a mixture enriched with nickel (*a*) and of an optimal composition (*b*). $\times 200$.



Мета дослідження – зменшити зневуглецювання основи, кількість включень у дифузійному шарі та інтенсифікувати нікелювання.

Після введення в суміш 10 mass.% залізного порошку міграція вуглецю зі сталі різко зменшується, внаслідок чого знижується зневуглецювання основи, кількість включень у дифузійному шарі, а також зменшується глибина дифузійного шару. Це явище пов'язане, очевидно, з тим, що під час насичення в суміші без залізного порошку вуглець, мігруючи зі сталі, утворює з нікелем карбоніл нікелю [2], який легко розкладається і стає додатковим постачальником вільних атомів нікелю на поверхні сталі.

Однак з подальшим збільшенням кількості залізного порошку та зменшенням нікелевого зростає глибина проникнення нікелю, зменшується зневуглецювання основи та поліпшується якість дифузійного шару. У цьому випадку співвідношення за-

лізного і нікелевого порошку 1:1. Зі зміною цього співвідношення, збільшенням вмісту залізного порошку та зниженням нікелевого зменшується глибина дифузійного шару та падає концентрація нікелю в ньому.

Оптимальною визнана суміш з рівним вмістом залізного і нікелевого порошку – 30 mass.%. У ній за 10 h на сталі 5XHM при 900°C формується дифузійний шар товщиною 50 μm , який є твердим розчином нікелю в залізі. Він має блискучий світло-сірий колір без налипань суміші на поверхню зразків. Від поверхні зразка утворюється рівномірна зона твердого розчину нікелю в залізі, а на межі покрив–основа нікель межами зерен проникає в глибину сталі (див. рисунок *b*). Як показав кількісний аналіз, виконаний на мікрорентгеноспектральному аналізаторі “Gamskan 4DV”, покрив містить від 59,324 до 36,611 mass.% нікелю (див. таблицю).

Розподіл хімічних елементів по товщині покриву нікельованої сталі 5XHM у суміші оптимального складу

Хімічний елемент	Вміст, mass.%					
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
Fe	40,624	56,124	56,620	60,406	62,806	96,662
Ni	59,324	43,663	43,239	38,921	36,613	1,361
Cr	0,040	0,170	0,030	0,079	0,068	0,623
Mo	0,000	0,000	0,120	0,042	0,031	0,364
Mn	0,000	0,000	0,001	0,185	0,175	0,716
Si	0,022	0,043	0,000	0,367	0,307	0,274

Примітка. T_1 – T_6 – точки аналізу (вміст усереднено за площею 20×30 μm). Точки T_1 – T_5 розміщені послідовно від краю покриву через 10 μm , T_6 – за покривом.

У дифузійному шарі виявлено дрібні включення. Рентгеноструктурним аналізом вказані фази, неідентифіковані через недостатню їх кількість. Під дифузійним шаром відсутня зона підвищеного травлення, що свідчить про те, що нікелювання в сумішах з залізним порошком, супроводжується рафінуванням поверхневого шару зразків. Позитивний вплив порошку на швидкість дифузійного нікелювання можна пояснити так. Атоми заліза з достатньо високим коефіцієнтом самодифузії і відносно малою енергією активації, що дифундують в залізну основу, інтенсифікують елементарні акти переміщення атомів у кристалічній ґратці, сприяючи проникненню в глибину атомів насичувального елемента (нікелю). Порошок заліза в реакційній суміші, маючи достатньо велику розгорнуту поверхню, бере участь у хімічних реакціях, сприяючи виділенню на поверхні зразка атомів нікелю. Доречно зауважити, що позитивний вплив заліза в насичувальній суміші зафіксувало багато дослідників, але механізм дії не вивчали. Таким чином, залізний порошок в насичувальній суміші рафінує поверхневий шар зразків і інтенсифікує дифузійне нікелювання, зменшує міграцію вуглецю зі сталі, внаслідок чого зменшуються знеуглецювання основи та кількість включень у дифузійному шарі.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние железного порошка на диффузионное никелирование стали 5XHM. Показано, что этот порошок в насыщающей смеси резко понижает выход углерода из стали, в результате чего уменьшаются ее обезуглероживание и количество включений в диффузионном слое, рафинирует поверхностный слой образца и интенсифицирует диффузионное никелирование.

SUMMARY. The iron powder effect on the diffusive nickel plating of 5XHM steel is investigated. It is demonstrated that iron powder in the saturated mixture sharply decreases the carbon output from steel. As a result the steel decarbonating and a number of inclusions in the saturated mixture decrease. The specimen surface layer is also refined and the process of nickel plating becomes more intensive.

1. Мельник П. И., Решетняк Ю. С., Микитюк Р. Ю. Влияние добавок железного порошка, вводимого в насыщающую смесь, на скорость диффузионных процессов // Порошковая металлургия. – 1976. – № 4. – С. 44–46.
2. Михайлів Н. П. Дифузійне нікелювання сталі 5XHM // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 1998. – 34, № 6. – С. 115–116.

Одержано 02.03.2009