

Дифузійне хромонікелювання сталі 5ХНМ

Н.П. Михайлів, кандидат технічних наук

Національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

В роботі досліджено одночасне насичення сталі 5 ХНМ хромом і нікелем із порошкових сумішей. Показано, що нікелевий порошок в насичуючій суміші інтенсифікує процес дифузійного хромування.

Із сталі 5ХНМ виготовляють деталі штампів для гарячого штампування та деталі прес-форм для лиття під тиском металевих сплавів. Отже, підвищення їх жаро- і розгаростійкості є актуальною задачею. Одним із рішень цієї задачі є підвищення вмісту хрому і нікелю в робочій зоні деталі шляхом дифузійного хромонікелювання.

Хромонікелювання проводили в порошкових сумішах, до складу яких входив оксид алюмінію, хлористий амоній, порошок заліза, порошок хрому і нікелю, вміст якого змінювали від 10 до 30 % (мас. частка) за рахунок зменшення вмісту хрому. Дифузійне насичення проводили в заварених контейнерах із сталі 20, при температурі 1100 °С і тривалості процесу 10 год.

Локальним мікрорентгеноспектральним аналізом встановлено розподілення хімічних елементів по товщині покриття, отриманих при насиченні в різних сумішах (табл. 1 – 3). Аналіз виконано на мікрорентгеноспектральному аналізаторі «Gamskan-4 DV». Кількісний аналіз приведений як усереднений показник за площею 20 x 30 мкм.

Таблиця 1

Розподіл хімічних елементів за товщиною покриття сталі 5ХНМ після насичення в суміші з вмістом 10 % нікелю

Хімічний елемент	Вміст хімічних елементів, % (мас. частка)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Cr	92,541	18,211	8,804	0,779
Ni	0,336	1,523	1,452	1,195
Fe	7,127	79,526	88,586	
Mo	0,000	0,546	0,721	0,073

Примітка: точки T₁, T₂, T₃ ідуть від краю покриття, точка T₄ – в структурі основи

Із даних табл. 1 – 3 видно, що при насиченні сталі хромом і нікелем із одного джерела активно проходить процес хромування. Дифузія нікелю в поверхню незначна. При насиченні в суміші з вмістом 20 % Ni в дифузійному шарі 5,420 % Ni. При насиченні в суміші з вмістом 30 % Ni в дифузійному шарі 7,044 % Ni.

Мікроструктурний аналіз хромонікелюваної сталі 5 ХНМ в різних сумішах показує, що при введенні в насичуючу суміш до 20 % нікелю, збільшується товщина дифузійного шару. Подальше підвищення кількості нікелю в насичуючій суміші і зменшення хрому, призводить до зменшення товщини дифузійного шару.

Оптимальною визнана суміш з вмістом 10 – 20 % Ni. Мікроструктура сталі 5ХНМ, отримана при насиченні в даній суміші, показана на рисунку при насиченні в

Термічна і хіміко-термічна обробка

Таблиця 2

Розподіл хімічних елементів за товщиною покриття сталі 5ХНМ після насичення в суміші з вмістом 20 % нікелю

Хімічний елемент	Вміст хімічних елементів, % (мас. частка)					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Cr	95,404	20,303	18,695	13,696	9,431	0,806
Ni	0,462	5,420	1,025	0,878	0,839	0,733
Fe	4,125	73,683	79,662	84,786	88,765	97,500
Mo	0,000	0,356	0,245	0,122	0,276	0,041

Примітка: точки T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ ідуть від краю покриття, точка T₆ – в структурі основи

Таблиця 3

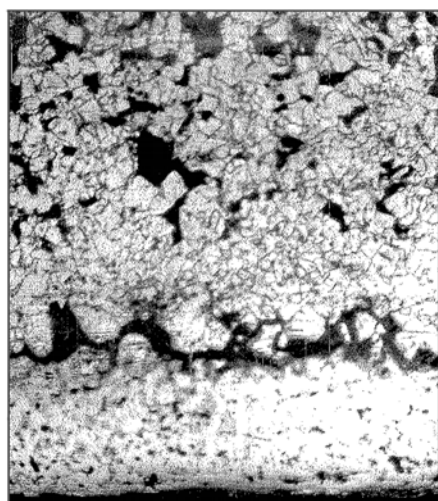
Розподіл хімічних елементів за товщиною покриття сталі 5ХНМ після насичення в суміші з вмістом 30 % нікелю

Хімічний елемент	Вміст хімічних елементів, % (мас. частка)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Cr	94,675	26,272	19,606	2,436
Ni	0,435	7,044	3,168	1,059
Fe	4,810	66,312	76,708	96,169
Mo	0,090	0,372	0,286	0,252

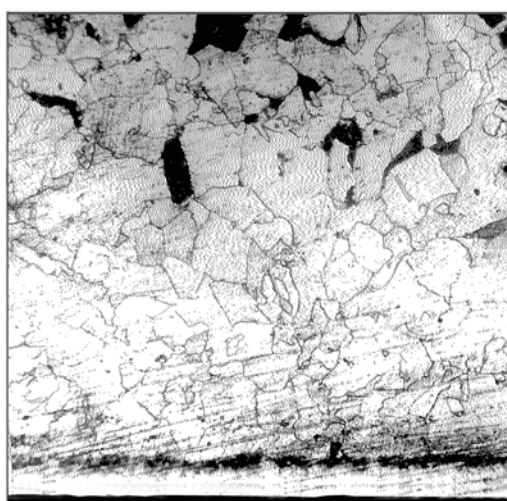
Примітка: точки T₁, T₂, T₃ – ідуть від краю покриття, точка T₄ – в структурі основи

суміші без нікелю (рис. 1 б), при тих же параметрах процесу: температура 1100 °С і тривалість 10 год.

Дифузійний шар хромованої сталі в суміші без нікелевого порошку після травлення 3 %-ним розчином азотної кислоти в спирті виявляється у вигляді світлої смуги розміщеної паралельно фронту дифузії (рис. 1 б), а дифузійний шар хромонікельованої сталі (рис. 1 а) – у вигляді світлої смуги, розміщеної паралельно



а



б

Мікроструктура сталі 5ХНМ. а – хромонікельованої, б – хромованої. x100.

Термічна і хіміко-термічна обробка

фронту дифузії, з дрібними темними включеннями. Відмежовує дифузійний шар від структури основи темна зона мікротвердістю 1600 МПа, що відповідає мікротвердості перліту. В хромованій сталі така зона відсутня.

Рентгеноструктурним аналізом зафіксована наявність в дифузійному шарі хромонікельованої сталі 5ХНМ карбідів хрому $Cr_{23}C_6$ і Cr_7C_3 та твердого розчину хрому і нікелю в залізі.

Таблиця 4

Розподіл хімічних елементів у включеннях в покритті сталі 5ХНМ

Хімічний елемент	Вміст хімічних елементів, % (мас. частка)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Fe	75,323	57,934	78,237	66,079
Cr	22,757	41,626	17,772	31,457
Ni	0,097	0,487	3,618	1,473
Mo	0,135	0,226	0,003	0,137

Саме покриття складається з двох шарів. Від поверхні йде темніший шар, без дрібних включень, в якому зафіксовано 95,404 % хрому, за ним слідує світліший шар з концентрацією хрому від 20,303 до 9,431 (табл. 2), в якому є дрібні включення. Розподіл хімічних елементів у включеннях наведено в табл. 4.

Таким чином, на основі мікроструктурного, рентгеноструктурного та мікрорентгеноспектрального аналізу зроблено висновок, що дифузійне хромонікелеве покриття на сталі 5ХНМ складається із двох шарів: карбідного, з мікротвердістю 16500 МПа, утвореного карбідами хрому Cr_7C_3 та $Cr_{23}C_6$, легованими нікелем, та твердого розчину хрому і нікелю в залізі з дрібними включеннями карбідів хрому та заліза, легованих нікелем. Твердість твердого розчину залежить від вмісту хрому і дорівнює в середньому 5750 МПа. Відмежовує покриття від основи перлітна зона.

Відомо, що недоліком хромування є утворення за дифузійним шаром значної знеуглецьованої зони (рис. 16). В хромонікельованій сталі в суміші оптимального складу знеуглецьована зона у 2 – 3 рази менша.

При насиченні сталі 5ХНМ хромом і нікелем із одного джерела інтенсивно проходить процес хромування, проникнення нікелю в сталь незначне. Нікель в насичуючій суміші сприяє процесу хромування. Оптимальною визнана суміш з вмістом 10 – 20 % нікелю. При насиченні в даній суміші при температурі 1100 °С протягом 10 годин формується дифузійний шар товщиною 0,08 мм, а при насиченні в суміші без добавки нікелю дифузійний шар складає всього 0,025 мм.

При однакових режимах товщина хромонікелевого покриття у три рази більша від хромового. Утворена перлітна зона на межі покриття стабілізує дифузійний шар в процесі експлуатації.

Одержано 10.02.09

Н.П. Михайлів

Диффузионное хромоникелирование стали 5ХНМ

Резюме

В работе исследовано одновременное насыщение стали 5 ХНМ хромом и никелем из порошковых смесей. Показано, что никелевый порошок в насыщающей смеси интенсифицирует процесс диффузионного хромирования.

N.P. Mykhayliv

Diffusive chrome-nickel treatment of 5XHM steel

Summary

Saturation of steel 5 XHM by chrome and nickel at the same time from powder mixtures was investigated. It was demonstrated that nickel powder injected into saturated mixture intensifies the process of diffusive chrome plating.