

ТЕХНОЛОГІЯ АЛІТУВАННЯ СТАЛЕЙ АУСТЕНИТНОГО КЛАСУ

Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д.

НТУУ «Київський політехнічний інститут»

Досліджено вплив параметрів процесу алітування на якість формування дифузійного шару і на основі цього запропоновано технологію алітування сталей аустенітного класу.

Исследовано влияние параметров процесса алитирования на качество формирования диффузионного слоя и на основании этого предложено технологию алитирования сталей аустенитного класса.

Influence of factors aluminize process is propped on quality of forming of diffusive layer and basis on it proposed technology aluminize process of steels austenitic class.

Вступ

Відомий досить широкий спектр алітування сталевих виробів, де поверхневе дифузійне насичення сталі алюмінієм відбувається з порошкоподібних сумішей, до складу яких входить порошкоподібний алюміній (25-30 %) або фероалюміній (50-75 %), оксид алюмінію (~ 1,0 %), з газової фази, що містить летючі хлористі сполуки алюмінію і інших елементів, та нанесенням тонкого шару алюмінію на поверхню деталі. Для алітування виливниць розроблений досить простий спосіб, сутність якого полягає в нанесенні на робочі стінки ємності пасти, що містить дифузійно-активні елементи, з подальшим покриттям шару пасти вогнетривкою фарбою і розігріванням стінки виливниці до температури дифузійного насичення алюмінієм шляхом заливки в неї розплавленого металу [1]. Однак застосування цих способів для дифузійного насичення алюмінієм внутрішньої важкодоступної поверхні ємностей (балонів) зберігання газоподібного водню не дозволяє створити якісний суцільний дифузійний шар на металевій поверхні без наявності залишків спеченої маси. Нанести на внутрішню поверхню витягнутої циліндричної ємності з вузькою горловиною шар пасти, що вміщує порошкоподібний алюміній, оксид алюмінію з домішкою хлористого амонію, практично не можливо. Створення дифузійного шару способом нанесення пиловидних дисперсних часток на поверхню внутрішніх стінок ємностей, з технологічної точки зору, також малоімовірно.

Використання способу алітування сталевих виробів, що базується на зануренні їх у розплавлений алюміній з вмістом заліза 6-8 % при температурі 973-1073 К з витримкою 45-90 хвилин [2], для дифузійного насичення

внутрішньої поверхні сталевих ємностей для зберігання газоподібного водню, на нашу думку, є найбільш прийнятним, оскільки заповнення порожнини ємності рідким алюмінієм і його видалення не викликає особливих ускладнень. Однак, як показали результати досліджень, алітування пластин сталей аустенітного класу (наприкладі сталі 08X18H10T) у розплаві алюмінію з вмістом заліза 6-8 % при температурі 1073 К з витримкою 45 хвилин і більше призводить до інтенсивного розчинення пластин з утворенням на поверхні «корозійних канавок»; а сама поверхня в результаті налипання рідкого металу характеризується значною шорсткістю з наявністю приливів. Витримка пластин у розплаві алюмінію менше вказаного терміну також не дає бажаних результатів, оскільки на їх поверхні не відбувається формування якісного суцільного дифузійного шару товщиною 700-800 мкм.

Усунути вищеперераховані дефекти поверхні сталевих виробів з сталей аустенітного класу можна за рахунок удосконалення існуючого технологічного процесу алітування або створення принципово нової технології дифузійної металізації.

Постановка завдання

В статті ставилось завдання розробити раціональну технологію алітування поверхні виробів з сталей аустенітного класу, яка б забезпечила створення стабільного дифузійного шару товщиною 700-800 мкм, як підкладки для нанесення захисної бар'єрної оболонки при створенні біметалевих балонів зберігання газоподібного водню.

Методика проведення експерименту

Для дослідження був вибраний алюмінієвий сплав, виплавлений на основі алюмінію марки А7, хімічний склад якого змінювався в таких межах (%): 4-6 кремнію, 5-9 заліза, 1-3 хрому, 1-3 нікелю і 1,0- 1,5 інших домішок. Сплав для алітування виплавлявся в печі опору СШОЛ 1,6.2,5.1/9-И5 в графітовому тиглі ємністю близько 1 кг. Залізо вводилось у розплав алюмінію шляхом розчинення тонких пластин армко-заліза, хром і нікель вводились у рідкий метал у вигляді подвійних лігатур (Al-Cr, Al-Ni), отриманих безпосереднім сплавленням. Кремній вводився у розплав алюмінію шляхом добавки силуміна СИЛЮ. Після введення легуючих добавок і доведення температури розплаву до 1073 К знежирені пластини товщиною 2 мм із сталі аустенітного класу (08X18H10T) занурювались у рідкий метал і витримувались в ньому протягом 35-60 хвилин. Потім пластини видалялись з розплаву, охолоджувались на повітрі і підлягали візуальному огляду на наявність «корозійних канавок» і приливів на поверхні дифузійного шару, а також фізико-хімічному аналізу дифузійного шару з метою визначення його товщини, концентрації в ньому алюмінію, заліза, хрому, нікелю і кремнію.

Визначення концентрації легуючих елементів в дифузійному шарі проводилось за допомогою системи якісного спектрального аналізу МФС-8 відповідно ГОСТ 7727-81. Товщина металізованого дифузійного шару

визначалась за допомогою оптичного мікроскопа «Неофот-21» на торці пластини після зняття на ньому дифузійного шару.

З метою скорочення кількості експериментальних плавок і економії шихтових матеріалів дослідні плавки проводились з використанням повного факторного експерименту (ПФЕ) типу 2^3 , де змінними факторами були концентрація алюмінію (C_0) на поверхні сталюї пластини, температура розплаву (T) і час витримки пластин у розплаві (τ).

Результати досліджень

В процесі дифузійної металізації швидкість дифузії атомів алюмінію і товщина дифузійного шару на сталюї пластині буде визначатись трьома основними факторами, а саме: температурою розплаву алюмінію, витримкою деталі у розплаві і концентрацією алюмінію в сплаві, що використовується в якості середовища для алітування нержавіючих сталей. Основні фактори, вплив яких на якість формування дифузійного шару досліджувався з використанням матриці планування експерименту типу 2^3 , позначались наступним чином: час алітування τ (X_1), концентрація алюмінію в зоні контакту пластини з розплавом алюмінію C_0 (X_2) а температура розплаву T (X_3). Температура розплаву змінювалась в межах 973-1073 К, час алітування дослідного зразка – 0,5-1,0 година і концентрація алюмінію в зоні контакту розплаву з пластиною – 80-90 %.

З урахуванням цих граничних значень і матриці планування експерименту вираховуємо коефіцієнти регресії і отримуємо рівняння в такому вигляді:

$$Y(C, \%) = 17,86 + 1,64X_1 + 1,61X_2 + 2,6X_3 + 0,74X_1X_2 + 0,66X_1X_3 + 0,94X_2X_3 + 0,56X_1X_2X_3.$$

Як слідує з рівняння регресії, всі перераховані фактори позитивно впливають на формування (товщину) дифузійного шару. Визначальним фактором процесу алітування, звичайно, є температура (при X_3 коефіцієнт регресії складає 2,6), але не менш важливими факторами процесу є також час алітування (при X_1 коефіцієнт регресії складає 1,64) і концентрація алюмінію в зоні контакту рідкого металу і пластини (при X_2 коефіцієнт регресії складає 1,61).

Відомо [1,2], що збільшення концентрації алюмінію в зоні контакту з пластиною із нержавіючої сталі призводить до інтенсивного розчинення сталюї матриці і не сприяє формуванню якісного дифузійного шару визначеної товщини. Для зменшення інтенсивного розчинення сталюї матриці у розплаві алюмінію в дослідний сплав для алітування вводяться добавки заліза, хрому, нікелю і кремнію. Це дозволяє в деякій мірі знизити концентрацію алюмінію в зоні контакту рідкого металу і сталюї матриці і змінювати її в межах від 90 до 80 %. Подальше підвищення вмісту легуючих елементів у сплаві для алітування є небажаним, оскільки це призводить до підвищення в'язкості сплаву, температури плавлення і зниження розчинення легуючих добавок у розплаві алюмінію в результаті утворення великої кількості інтерметалідів [3]. Крім того, це ускладнює процес алітування при

більш низьких температурах (973 К) розплаву і не забезпечує отримання потрібного дифузійного шару, внаслідок наявності приливів на поверхні дослідних зразків.

Таке обґрунтування технологічного процесу алітування, що враховувалось при виплавці сплавів різних варіантів, підтверджується аналізом чотирьох плавок при постійній температурі алітування (1073 К) і змінних факторах (концентрації алюмінію в зоні контакту і часу витримки), який приведений нижче а таблиці.

Аналіз даних таблиці показує, що по мірі збільшення легуючих елементів у розплаві для алітування спостерігається покращення якості поверхні дифузійного шару в результаті уповільнення процесу дифузії атомів із сталльної пластини і навпаки атомів алюмінію у сталну пластину під час її витримки у розплаві. Це підтверджується зміненням концентрації легуючих елементів на поверхні дифузійного шару в бік її зменшення. Можна бачити (сплави 3 і 4), що витримка дослідних зразків з нержавіючої аустенітної сталі (08X18H10T) у розплаві алюмінію протягом 40 – 45 хвилин при температурі 1073 К дозволяє отримати якісний дифузійний шар товщиною близько 800 мкм без наявності «корозійних канавок» і значних приливів на поверхні пластини.

З метою видалення залишків алюмінієвого сплаву з поверхні пластин, що піддавались алітуванню протягом 40 - 45 хвилин, їх піддавали круговому обертанню зі швидкістю 300-350 об/хв. протягом 10-15 с після видалення із розплаву. Застосування такого технологічного засобу сприяє формуванню рівномірного дифузійного шару без приливів і з мінімальною шорсткістю поверхні, що підтверджується результатами досліджень при використанні сплаву № 4 в якості середовища для алітування нержавіючих сталей аустенітного класу (див. табл. 4).

Висновки

1 Установлено, що легування сплаву для алітування елементами, які входять до складу нержавіючих сталей аустенітного класу, та вибір оптимальної витримки і температури алітування суттєво зменшує розчинення сталльної матриці у розплаві, і забезпечує отримання якісного суцільного дифузійного шару товщиною 750-800 мкм.

2 Застосування кругового обертання деталей, які попередньо піддавались алітуванню, зі швидкістю 300-350 об/хв. протягом 10-15 с після їх видалення із розплаву призводить до подальшого покращення поверхні цих деталей, що проявляється у формуванні дифузійного шару без приливів і нерівностей.

3 Запропонована технологія алітування нержавіючих сталей аустенітного класу дозволяє сформувати надійний дифузійний шар товщиною 750-800 мкм на поверхні виробів, покращити їх характеристики, що, особливо важливо при створенні біметалевих балонів для зберігання водню та інших газоподібних продуктів.

Таблиця – Вплив хімічного складу і параметрів алітування на концентрацію алюмінію і легуючих елементів в дифузійному шарі, його товщину і стан поверхні сталльної пластини

№ п/п	Хімічний склад сплаву для алітування, %	Температура алітування, К	Час витримки деталей у розплаві, хв.	Концентрація алюмінію в дифузійному шарі, %	Концентрація Fe, Cr, Ni, Si на поверхні дифузійного шару, %	Товщина дифузійного шару, мкм	Стан поверхні сталльної пластини
1	Al + 6 % Fe	1083	50	29	2,2 % Fe, 10 % Cr, 6,5 % Ni, 1,5 % Si, ост. Al	1000	Наявність «корозійних канавок» по периметру зразка.
2	6 % Fe, 2 % Si, 1 % Cr, 1 % Ni, ост. Al	1073	45	27	-	900	Наявність «корозійних канавок» по торцю зразка.
3	8,2 % Fe, 2,1 % Si, 2,4 % Cr, 2,5 % Ni, ост. Al	1073	45	24	10 % Fe, 6 % Cr, 4 % Ni, 1,8 % Si, ост. Al	800	«Корозійних канавок» немає. Приливи внизу зразка.
4	9,0 % Fe, 4 % Si, 2,8 % Cr, 2,9 % Ni, ост. Al	1073	40	22	9,2 % Fe, 3,9 % Cr, 3,2 % Ni, 3,8 % Si, ост. Al	800	Поверхневі дефекти відсутні.

Література

- 1 Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1978. – 225 с.
- 2 Попов А.Л. Теоретические основы химико-термической обработки стали. – М.: Metallurgy, 1962. – 210 с.
- 3 Диаграммы состояния систем на основе алюминия и магния: Справочник / М.Е. Дриц, и.Р. Бочвар, Э.С. Каданер и др. // под ред. М.Е. Дрица. – М.: Изд-во «Наука», 1977. – 228 с.