

**Дьяченко Ю.Г., Федоров М.М.**

*(ДДМА, м. Краматорськ)*

## **ОДЕРЖАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ НА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІЙ СТАЛІ ПРИ ДИФУЗІЙНІЙ МЕТАЛІЗАЦІЇ**

**E-mail:** dyachenko.yurij.1978@gmail.com, fyodorov@ukr.net

Відомо, що одним з найпоширеніших методів хіміко-термічної обробки щодо зміцнення деталей машин у промисловості є борування. При боруванні в поверхневому шарі сталі утворюються бориди заліза  $FeB$  та  $Fe_2B$ , що мають високу твердість і зносостійкість, що дозволяє застосовувати борування для зміцнення деталей машин, технологічного оснащення та штампового інструменту [1]. Однак таке покриття має ряд недоліків, що обмежують поширення процесу – висока крихкість, низька жаро- і корозійна стійкість у природних та промислових середовищах. Для усунення недоліків, властивих однокомпонентним покриттям, застосовують насичення двома та більше елементами. Так борохромування (одночасне або послідовне насичення бором і хромом) застосовують для зниження крихкості та підвищення корозійної стійкості боридних покриттів. В результаті борохромування на поверхні сталі утворюються зносостійкі шари або на основі боридів заліза або на основі боридів хрому  $(Cr, Fe)_2B$  і  $(Cr, Fe)B$  [1], які мають підвищену пластичність та корозійну стійкість у порівнянні з боридними.

Проте насичення сталей із сумішей, що містять порошки бору і хрому, не забезпечує одночасної відчутної дифузії в сталь обох елементів. У роботі [2] автори досліджували можливість отримання дифузійних шарів, що містять борид хрому, при одночасному насиченні бором і хромом шляхом введення фероалюмінію в насичувальну суміш, що складається з порошоків хрому, аморфного бору, окислу алюмінію і хлористого амонію. При цьому, на думку авторів вказаної роботи, була отримана гетерофазна структура борохромоалітованих шарів, коли в твердому розчині на основі заліза спостерігаються дисперсні тверді вкраплення боридів і карбідів, внаслідок чого така будова шару є оптимальною з точки зору опору зносу. Було запропоновано в якості насичувальних сумішей використати суміші, що містять 20...25% хрому і 10...15% фероалюмінію, які забезпечують

отримання в сталі дрібнодисперсної суміші карбідів і боридів в м'якій основі. При цьому за результатами рентгеноструктурного аналізу фазовий склад шару складається з  $(\text{Fe}, \text{Cr})_2\text{B}$  на поверхні, глибше з  $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$ ,  $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ , в  $\text{Fe}_\alpha$  і ланцюжки боридів  $\text{Fe}_2\text{B}$  на межі з основним металом. Вуглецева сталь з дифузійним покриттям, отриманим з суміші оптимального складу, після випробування на знос показала в 1,5 рази вище зносостійкість борохромоалітованого шару в порівнянні з шаром після борування [2].

Перспективнішим є збільшення абразивної зносостійкості борохромоалітованого шару шляхом зменшення в насичувальній суміші  $\text{FeAl}$  і використання замість  $\text{NH}_4\text{Cl}$  інших активаторів [3]. Проте цей процес вивчений недостатньо. Крім того, для розробки промислових технологій цього процесу з урахуванням достатньої глибини шару, потрібні знання по структуроутворенню в поверхневих шарах залежно від типу активатора як складової в порошкових сумішах, що ефективно впливає на глибину шару. Системні дані з цього питання в літературі відсутні.

Метою роботи є дослідження впливу типу активатора на структуроутворення при борохромоалітуванні низьковуглецевої сталі в порошкових сумішах. Насичення проводили в контейнерах з плавким затвором, температура процесу складала  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , витримка – 5 годин, охолодження контейнера – з піччю. Структуру шару досліджували за допомогою металографічного мікроскопа МІМ-8М і ПМТ-3. Застосовували теплове травлення і хімічне травлення мікрошліфів в 4% розчині азотної кислоти в етиловому спирті.

Після насичення в суміші (41%  $\text{B}_4\text{C}$ , 3%  $\text{FeAl}$ , 6%  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , 43%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 7%  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) утворюється шар глибиною 0,15 мм. Теплове травлення дає можливість розглянути характерну будову усього шару. З поверхні розташовуються бориди типу  $\text{FeB}$  ( $H_{100}$  16300 МПа) голчастої форми, які знаходяться в твердому розчині змінної мікротвердості від  $H_{100}$  2770 МПа на поверхні до  $H_{100}$  1970 МПа на межі з основним металом ( $H_{100}$  1180 МПа). Твердий розчин має змінне забарвлення від світло-коричневого у поверхні до темно-коричневого на межі з основним металом. До зони твердого розчину примикає ланцюжок боридів  $\text{Fe}_2\text{B}$  ( $H_{100}$  16300 МПа). Звертає увагу той факт, що борид  $\text{FeB}$  має світліше забарвлення, особливо у поверхні, ніж борид  $\text{Fe}_2\text{B}$ . Це може вказувати на те, що поверхневі бориди збагачені хромом, який зменшує їх окислюваність при тепловому травленні.

Після хімічного травлення шліфів в мікроструктурі твердих розчинів спостерігаються зерна стовпчастої форми, межі яких практично паралельні в напрямі від поверхні до центру зразків. У роботі [3] показано, що поява твердого розчину сприяє утворенню боридів  $Fe_2B$  на межі між твердим розчином і основним металом. Дослідження цієї роботи показують, що ця залежність пов'язана не лише з твердим розчином, але і типом активатора. У присутності активатора  $NaCl$  з'являється мала кількість боридів  $Fe_2B$ . Це, безумовно, повинно бути пов'язано зі взаємодією активатора із складом суміші. Крім того, дослідження показує, що у присутності активатора  $Na_3AlF_6$ , з'являється можливість отримання двох типів боридів  $FeB$  і  $Fe_2B$ . Оскільки бориди голчастої форми  $FeB$  розташовуються в межах зерен твердого розчину, можна припустити, що вони є наслідком внутрішньої дифузії, а бориди  $Fe_2B$  утворюються внаслідок міжзеренної дифузії.

Отримані дані характеризують вплив різних активаторів на формування структури поверхневих шарів при борохромоалітуванні. Використання  $NaCl$  в якості активатора при борохромоалітуванні менш ефективно, оскільки він знижує активність бору. Активатори  $NH_4Cl$  і  $CaF_2$  зручно використати в тих випадках, коли властивості виробів формуються за рахунок внутрішньої зони боридів  $Fe_2B$ . Активатор  $Na_3AlF_6$  найприйнятніше використати при формуванні комбінованих поверхневих шарів.

#### Література:

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 422 с.
2. Косс Е.В. Борохромоалитирование стали 45 / Е. В. Косс И.М. Шевченко, И. И. Артющенко // Одесский политех-нический институт. – Одеса, 1988. – 11 с. – Рус. – Деп. в УкрНИИТИ 12.09.88, № 2314 – Ук 88. – Реф. в: р. ж. Металлургия. – 1989. – № 1.
3. Заблоцкий В.К. Особенности абразивного износа комплексных  $B - Cr - Al$  покрытий на углеродистых сталях / В.К. Заблоцкий, Ю.Г. Дьяченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2006. – 4. – С. 59–62.
4. Заблоцкий В.К. Влияние активатора на формирование износостойких борохромированных покрытий на инструментальных углеродистых сталях / В.К. Заблоцкий, Ю.Г. Дьяченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. Краматорськ, №19, 2006. – С.191–196.