П. Василюк

ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ ЗАЛІЗОХРОМНИХ СПЛАВІВ

У роботі дається спосіб виплавки залізохромних сплавів, легованих нітридоутворюючими елементами. Вибрані інградієнти сплаву, які враховують оптимальне співвідношення жаростійкості і зносостійкості. Крім того, співвідношення компонентів виключає утворення крихкої σ-фази.

Оптимальне співвідношення легуючих елементів забезпечує дрібнозернисту структуру, що сприяє підвищенню механічних властивостей.

Експлуатаційні властивості залізохромових сплавів у значній мірі залежать від їх складу, технології виробництва, чистоти шихтових матеріалів.

Складність виплавки таких сплавів пов'язана з їх агресивністю по відношенню до футеровки. Різна степінь спорідненості компонентів сплаву до кисню і інших елементів втілення обумовлює складність фізико-хімічних процесів у рідкому стані. Велика спорідненість до кисню у хрому порівняно із залізом приводить до його вигорання. Крім того, сплави з високим вмістом хрому в розплавленому стані схильні до поглинання не тільки кисню, але і азоту, що є однією із причин пониження механічних властивостей сплавів. Елементи втілення, взаємодіючи з хромом, алюмінієм, утворюють тугоплавкі оксиди, нітриди, карбонітриди.

Нітриди і карбіди залягають, в основному, по границях зерен, як у вигляді окремих частин, так і у вигляді скупчень, що понижує пластичність сплаву при обробці тиском.

Тривалість контакту розплавленого металу з атмосферою скорочували до мінімуму за рахунок використання захисного середовища - аргону. Виплавку сплавів проводили в тигельних індукційних печах, які забезпечують мінімальну ліквацію компонентів в об'ємі печі і створюють відповідні умови для наведення шлаків. Це дозволило знизити вміст шкідливих домішок у сплаві.

При виплавці використали індукційні печі з основною футеровкою з об'ємом тигля від 60 до 160 кг. В якості свіжих шихтових матеріалів використали:

1. Хром металічний Х/О, ГОСТ 5985-79.
2. Молібден металічний МШ-І, ТУ 48-19-73.
3. Вольфрам металічний ШВЧ, ТУ 48-19-57-73.
4. Кремній кристалічний, ГОСТ 2169-69.
5. Титан губчатий ТГ-1, ГОСТ 4761-80.
6. Алюміній первинний А- 90. ГОСТ 11069-74.
7. Церій ЦеМ-І, ТУ 48-4-216-72.
8. Залізо армко (електротехнічне).
9. Ітрій ІТМ-І, ТУ 48-4-208-72.

Перед завантаженням шихти на дно тигля засипали суміш такого складу: магнезит - 25 %, вапняк - 60 %, флюорит - 15 %. Відтак у тигель завантажували залізо армко при плавці сплавів на основі заліза. При плавці сплавів на основі хрому на дно тигля загружали хром металічний і армко-залізо. При появі рідкого металу на дзеркало добавляли шлакові суміші і не допускали оголення поверхні рідкого металу. В розплавлений метал присаджували металічний хром в кусках розміром 20-50 мм. Для того, щоб не знизити температуру розплавленого металу при введенні хрому, його попередньо підігрівають до температури 1073-1173°К і вводять у декілька прийомів.

При лабораторних виплавках у тигель одночасно із залізом завантажували частину хрому і по мірі розплавлення присаджували решту.

Після розчинення всієї кількості хрому і доведення температури до 1873-1923°К проводили розкислення шлаку кремнієм кристалічним. Після повного розкислення зкочували шлак і наводили новий.

Потім вводили вольфрам або молібден, а відтак розрахункову кількість кремнію. Через 4-5 хв присаджували алюміній і РЕМ (перед розливкою).

Нітридоутворюючі елементи вводили в 3-6 прийомів, при чому присадка одного прийому складає 0,2-0,9 всієї добавки і кожна наступна присадка рівна або більша попередньої.

Введення нітридоутворюючих елементів у декілька прийомів пояснюється як масштабним фактором, так і степенем засвоюваності. При виплавці відливки до 1 кг нітридоутворюючі елементи вводять у 3 прийоми, а при відливці 10 кг - в 4, 100 кг - в 6 прийомів.

Кількість добавок регламентуються 0,2-0,9 загальної маси, причому, якщо кожна наступна доза рівна попередній, то цей інтервал скорочується до 0,3 - 0,4. Це відноситься до сплавів, що містять елементи з великою спорідненістю до кисню. У цьому випадку насичення розплаву азотом сповільнюється. При малих кількостях цих добавок насичення азотом з часом витримки розплаву збільшується за прямолінійним законом і тому наступна частина буде більша від попередньої.

Першу порцію нітридоутворюючих елементів вводили через 15-20 хв роботи печі. Через 7-10 хв по мірі проплавлення шихти разом з хромом вводили другу порцію. Ще через 7 хв разом з вводом молібдену чи вольфраму третій раз добавляли нітридоутворюючі елементи. За 15 хв до розливки або через 6-8 хв після попередньої порції разом з кремнієм і лантаном вводили алюміній, РЗМ.

При вмісті ванадію, титану, цирконію більше 2 % значна кількість нітридів утворюється як по тілі зерна, так і по його границях, що суттєво понижує корозійну стійкість.

Співвідношення між сумарною кількістю нітридоутворюючих і вмістом азоту та вуглецю забезпечує оптимальну кількість дрібнодисперсних нітридів і карбідів стехіометричного складу, що сприяє підвищенню зносостійкості сплавів. Для забезпечення цієї умови важливим є співвідношення між цирконієм і ванадієм.

Так, при розробці сплаву [1] на основі хрому вміст елементів взято за такими співвідношеннями:

$$1<(Ti+V+Zr)/N<20, \quad (1)$$

$$20<(Ti+V+Zr)/C<60, \quad (2)$$

$$0,3<Zr/V<3, \quad (3)$$

а інградієнти (мас/ %): залізо 5 - 25, вольфрам 0,2 - 4, алюміній 0,1 - 4, титан 0,1 - 1, ітрій 0,1 - 1, лантан 0,1 - 1, бор 0,03 - 0,1, берилій 0,05 - 1, ванадій 0,02 - 2, цирконій 0,02 - 2, азот 0,1 - 1, вуглець 0,03 - 0,1, кремній 0,1 - 1, хром - решта.

Підвищення корозійної стійкості сплавів проходить за рахунок введення заліза і кремнію, а зносостійкості - за рахунок оптимального співвідношення титану, цирконію, ванадію.

Граничне значення компонентів пояснюється таким чином: при кількості заліза менше 5 % корозійа стійкість сплаву понижується,а при вмісті заліза більше 25 % в сплаві утворюється крихка σ-фаза. При вмісті ванадію, титану, цирконію більше 2 % утворюється значна кількість нітридів цих елементів як по тілу зерна, так і по його границях, що суттєво знижус його корозійну стійкість. Із зменшенням кількості азату нижче 0,1 % в сплаві порушується стехіометричний склад нітридів неправильної форми, що приводить до пониження зносостійкості. При вмісті азоту більше 1.2 % утворюється велике скупчення нітридів, особливо по границях зерен. Інградієнти по нітридоутворюючих елементах, вуглецю, азоту визначаються із виразів (1,2,3). Пояснення співвідношень таке:

1. При співвідношенні $(Ti+V+Zr)>20$ утворюються нітриди нестіхеометричного складу (з дефіцитом по азоту), які схильні коагулювати, що знижує зносостійкість. Крім того, підвищується рівень неметалічних включень в металі за рахунок утворення оксидів елементів з великою спорідненістю до кисню.

При $(Ti+V+Zr)>1$ значна частина азоту зв'язується в нітриди хрому пластинчастої форми і схильні до коагуляції. Виконання виразу (1) забезпечує повне зв'язування азоту в нітриди при вмісті ванадію і цирконію не більше 2 %, а титану - не більше 3 %. Крім того, вирази (2) і (3) забезпечують утворення певної долі карбонітридів, що сприяє підвищенню зносостійкості.

Із зменшенням кількості азоту нижче 0,1 % суттєво понижується зносостійкість.

2. Верхня границя співвідношення $(Ti+V+Zr)/N>20$ обумовлена тим, що вище цього значення зносостійкість понижується в зв'язку з недостатньою кількістю карбідів у матриці. При значенні $(Ti+V+Zr)/C>20$ також понижується зносостійкість сплаву через утворення карбідів різної дисперсності. При співвідношенні $20<(Ti+V+Zr)/C<60$ в

структурі сплаву утворюється оптимальне співвідношення між кількістю дрібнодисперсних карбідної і нітридної фаз.

3. При Zr/V>0,3 границі зерен збагачені карбонітридами ванадію, що сприяє окрихчуванню сплаву, підвищуванні міжкристалічної корозії. При співвідношенні Zr/V>0,3 утворюється велика кількість нітридів цирконію грубої форми по тілу зерна, що приводить до зниження названих властивостей. Нижнє значення цирконію зв'язано з тим, що виплавка сплавів пов'язана з технологічними труднощами.

Summary. The ratio between the total amount of the elements reacting with nitrogen and the amount of nitrogen and carbon provide the optimum quantity of the fine grain nitride and carbide of the stechiometric composition which provides the high wear resistance.

Література

1. А.С. № 1756371. Сплав на основі хрому. Василюк П.М., Бутенко Л.Й., Гаврилюк В.С.