

Проте цю ситуацію можна змінити. Згідно з [3] кремній не розчиняється у алюмініді цирконію при кристалізації, а отже не може змінювати кількість первинних кристалів Al_3Zr , що утворились при технологічному способі отримання Al-Si сплавів, який включає в себе, насамперед, насичення алюмінію цирконієм, з наступним введенням до нього за допомогою лігатури необхідної кількості кремнію.

Отже застосовуючи спосіб, який міститься у роздільному плавленні та насиченні алюмінію марки А6 або А7 цирконієм із лігатури, або із комплексного флюсу, з наступним введенням до розплаву кремнію, за допомогою сплавів марок АК12п, АК12пч є можливим уникнути утворення силіцидів кремнію, та запобігти зниженню механічних властивостей отримуваних сплавів.

Література:

1. Гасик М. И. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Металлургия черных металлов и сплавов» / Гасик М.И., Лякишев Н.П. – М.: СП Интернет Инжиниринг, 1999. – 764 с.
2. Petzow G. "Aluminium – silicon – zirconium" Ternary alloys. / Petzow G., Effenberg G. – VCH, Weinheim, Germany. – 1993. – Vol. 7 – P. 2-12.
3. Litynska L. TEM and HREM study of Al_3Zr precipitates in an Al-Mg-Si-Zr alloy / Litynska L., Abou-RasD., KostorzG., DutkiewiczJ. // Journal of Microscopy. – 2006. – Vol. 223 – P. 182–184.

Івашин А.В., Ямшинський М.М.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

СПЕЦІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛИВАРНИХ ХРОМОАЛЮМІНІЄВИХ СТАЛЕЙ

Ливарні середньовуглецеві хромоалюмінієві сталі відносять до нових матеріалів, з яких виготовляють литі деталі, що працюють в умовах високих температур і агресивних середовищ. Технологічні властивості цих сталей (ливарні

і механічні властивості, оброблюваність, зварюваність, прокатуваність) вивчені досить досконало, а спеціальні, тобто такі, що проявляють себе під час експлуатації виробів (окалиностійкість, термостійкість, електроопір та ін.) практично не вивчені. Знання цих характеристик дозволить обґрунтовано вибрати відповідні галузі використання цього матеріалу як з урахуванням умов експлуатації так і з урахуванням ливарних властивостей на підставі визначення співвідношення основних компонентів, що входить до складу сталей.

Хром і алюміній є основними легувальними елементами, які забезпечують високу окалиностійкість сталей, тобто надають металу властивості протистояти при високих температурах хімічній дії – окисленню в різних газових середовищах. Роль цих елементів полягає насамперед у тому, що вони змінюють склад, структуру і властивості окалини, яка утворюється на поверхні виробу, а, отже, і швидкість окислення. Проте до цих пір не встановлене оптимальне співвідношення цих елементів, при якому утворюється стабільна, міцна і щільна захисна плівка, яка забезпечувала б максимальну окалиностійкість виробів.

Для визначення оптимальних концентрацій хрому і алюмінію вивчена окалиностійкість сталей з середнім вмістом вуглецю (0,25...0,35%), хрому – від 17 до 37% та алюмінію – від 1 до 7%. Випробування зразків діаметром 10 мм та довжиною 20 мм здійснювали у трубчастій печі при температурі 1200 °С протягом 100 год. Окалиностійкість визначали в атмосфері повітря та інших газових середовищах, в яких працюють жаростійкі вироби.

Для забезпечення достатньо високої окалиностійкості (збільшення маси на 4...6 мг/см² за 100 год) сталь має вмістити 25...27% хрому і 2...4% алюмінію. Подальше підвищення алюмінію не сприяє помітному покращанню окалиностійкості в наведених умовах, знижує ливарні та механічні властивості сталей. Збільшення концентрації алюмінію можна рекомендувати тільки для підвищення робочої температури та при виготовленні виливків простої конфігурації.

Мінімальна кількість хрому в сталі для утворення захисної оксидної плівки Cr₂O₃ на поверхні виробу, повинна бути не менше 18...20%.

Дослідженнями кінетики окислення встановлено, що підвищення вмісту алюмінію в сталях до 3% призводить до різкого зниження швидкості окислення металу, при цьому суттєво змінюється час „інкубаційного” періоду окислення: 2,5 год – для сталі без алюмінію; 1,5 год – для сталі з 1% алюмінію і 0,4 год – для сталі з 3% алюмінію. Змінюється і закономірність окислення. Якщо для сталі 30X25Л окислення здійснюється за законом, що наближається до параболічного, то для сталі 30X25Ю3Л більш справедливим є логарифмічний закон.

Вивчення кінетики окислення сталі, структури і властивостей оксидних плівок показали, що у сплавів системи Fe-Cr-Al на початку окислення (перші 10...15 хв.) на поверхні виробу утворюється шар оксидів, вміст металів в яких приблизно відповідає хімічному складу сталі. Під час „інкубаційного” періоду (20...10 хв.) із металу в окалину дифундують алюміній, який має високу дифузійну здатність і термодинамічну активність, і меншою мірою хром. Відносна кількість фаз, яка утворилася на початку окислення, починає змінюватися у бік збільшення кількості оксидів Al_2O_3 і Cr_2O_3 . Остаточне співвідношення цих оксидів в окалині після завершення „інкубаційного” періоду залежить від вмісту хрому і алюмінію в сталі та температури середовища.

Найкраще захищає поверхню виробу від окислення при високих температурах плівка, яка складається:

- з Cr_2O_3 з внутрішніми оксидними часточками Al_2O_3 – при високому вмісті хрому ($> 24\%$) і низькому – алюмінію (не більше 1,5%);
- з шпінелі $(Al,Cr)_3O_4$ з часточками оксидів заліза і хрому та їх розчинів – при високому вмісті в сталі хрому ($> 25\%$) і алюмінію – від 1,5 до 3,0%;
- з $\alpha-Al_2O_3$ – при високому вмісті хрому ($> 27\%$) та алюмінію ($> 3\%$).

Сталі, які утворюють на поверхні виробу захисний оксидний шар $\alpha-Al_2O_3$, мають найвищу окалиностійкість, їх можна використовувати для виготовлення литих деталей, які працюють при температурах до 1300...1350 °С.

Під час спалювання палива (наприклад, на теплових електростанціях) утворюється суміш газів CO_2 , CO , H_2O (пара) і N_2 . На металеві матеріали кожний із цих газів (або їх суміші) діє більш агресивно, ніж перегріте повітря.

З метою вивчення окалиностійкості в атмосфері CO_2 і H_2O (пари) випробувані зразки хромистої середньовуглецевої сталі легованої алюмінієм до 5%. Із збільшенням вмісту алюмінію окалиностійкість хромистої сталі зростає в усіх досліджених середовищах.

Незважаючи на те, що процеси взаємодії елементів сталі з окислювальними середовищами різні, склад і структура оксидних плівок практично однакові. Вміст оксидів заліза в окалині збільшується тільки на 1,0...1,5%. Окалина складається на 90...95% з $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Отже хромоалюмінієві сталі з вмістом 1,5...3,5% алюмінію мають високотемпературну корозійну стійкість в середовищах, які вмістять вуглекислий газ і водяну пару. Вироби, виготовлені із таких сталей, можуть працювати в наведених умовах при температурах до 1250 °С.

Калюжний П.Б., Дорошенко В.С., Нейма О.В.
(ФТІМС НАН України, м. Київ)

ЛИТТЯ ЗА ПОЛІМЕРНИМИ МОДЕЛЯМИ, ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ
E-mail: doro55v@gmail.com

Метою даної роботи було експериментальне дослідження способу лиття металу за моделями з пінополістиролу (як основне несуче тіло), які мають друковані пластикові елементи, для здешевлення процесу лиття складнопрофільних виробів за моделями, що газифікуються (ЛГМ).

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено моделі з пінополістиролу (густина 30 кг/м³) у вигляді порожнистих циліндрів з розмірами, мм: зовнішній діаметр $D = 50$, внутрішній діаметр $d = 30$, довжина $l = 75$. Із застосуванням 3D-принтера KLEMA 250 методом пошарового наплавлення FDM було надруковано кільця з внутрішнім діаметром 50 мм і довжиною $l_k = 30$ мм із пластику PLA, масою 11,4 г. Зовнішня поверхня друкованого кільця має обриси шестерні.

Друковані пластикові кільця було насаджено на пінополістирольні циліндри в двох варіантах так, щоб кільця розташовувалися на середині висоти моделі, а