УДК 669.162.275:669-154

Ю. Д. Бачинський, В. Б. Бубликов, С. Н. Медведь

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ

ВЗАЄМОДІЯ МОДИФІКУЮЧИХ СПЛАВІВ З ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИМИ РОЗПЛАВАМИ СИСТЕМИ Fe-C-Si

Останнім часом високоміцний чавун знаходить все більше застосування в якості замінника сталі, ковкого чавуну і кольорових сплавів при виробництві тонкостінних деталей, оскільки його отримання на 30-35 % дешевше, ніж сталі, в 3-4 рази дешевше, ніж кольорових сплавів, і лише на 20-30 % дорожче, ніж звичайного сірого чавуну. При використанні замість сірого чавуну конструкція виливка легша при значно вищому рівні механічних і експлуатаційних властивостей. Високоміцний чавун застосовують для виготовлення блоків циліндрів, осей, зубчастих коліс, деяких поршнів для двигунів внутрішнього згоряння, деталей сільськогосподарських машин, підшипників, а також деталей прес-камер машин лиття під тиском та інш. Високоміцний чавун має гарні ливарні властивості та оброблюваність різанням, що підвищує ефективність виробництва і знижує собівартість продукції, в той час як сталь і ковкий чавун мають погані ливарні властивості.

Великі зусилля спрямовуються на отримання деталей з оптимальною мікроструктурою без дефектів в литому стані. Така задача може бути вирішена шляхом застосування модифікування в перекристалізацйному періоді модифікуючими сплавами регламентованого хімічного та визначеного фазового складу, які впливають на ефективність переходу активних хімічних елементів в розплав чавуну на початковій стадії заливання ливарних форм. У виробництві високоміцного чавуну найбільш широко використовуваними є феросилицій-магнієва лігатура ФСМг7 для сфероїдизуючого модифікування і феросиліцій ФС75 для графітизуючого. Тому важливим є дослідження структури і взаємодії цих модифікуючих сплавів з високовуглецевими розплавами системи Fe-C-Si.

Досліджена на скануючому електронному мікроскопі JSM6490LV початкова мікроструктура зразка феросиліцію ФС75 складалася з 45,74 % кремнію і 54,26 % лебоїту ($FeSi_2$), а лігатури ФСМг7 – з лебоїту (68,49 %), кремнію (22,48 %) і силіциду Mg_2Si (9,03 %).

Витримка протягом ~5 с зразків модифікуючих сплавів в розплаві чавуну з температурою 1400 ºС (найбільш вживана температура в технологіях модифікування)

показала, що при взаємодії інтенсивно протікають зустрічні фізико-хімічні процеси переносу – заліза в досліджуваний сплав, а кремнію та магнію (при наявності) в чавун. Найбільш швидко обмінні процеси протікають поблизу зовнішньої поверхні плавкого шару. Збагачуючись залізом, фаза кремнію переходить в лебоїт, який переходить в FeSi, далі в міру підвищення концентрації заліза утворюються з'єднання Fe_5Si_3, Fe_2Si і Fe_3Si. При плавленні магнійвмісної лігатури ще на стадії її нагріву до температури плавлення спостерігається трансформація Mg_2Si в з'єднання з більш низьким вмістом магнію, а при досягненні температури ~1085 ºС починається плавлення силіциду магнію. При досягненні температури кипіння (1102 ºС) пароподібний магній взаємодіє з компонентами чавуну, створюючи умови для формування кулястого графіту при кристалізації розплаву. Температура і швидкість плавлення модифікуючих сплавів визначаються кількісним співвідношенням силіцидів заліза, температура плавлення яких змінюється від 1200 до 1410 ºС.

Внаслідок зміни хімічного складу, мікроструктура затверділого плавившегося шару лігатури ФСМг7 на 80 % складається з тугоплавкої фази FeSi з температурою плавлення ~1410 ºС. По межах зерен FeSi розташовується фаза Fe_2Si (~15 %) і невелика кількість магнійвмісних фаз з високим вмістом заліза. Це свідчить про те, що в кінці стадії переходу магнію в чавун досягається високий ступінь насичення залізом плавкого шару лігатури. Внаслідок цього значно зростає температура ліквідус і різко знижується швидкість плавлення лігатури.

Наявність магнію в FeSiMg лігатурі і його перехід з рідкого в пароподібний стан сприяє інтенсивному перемішуванню розплаву чавуну. Це явище ускладнює утворення на поверхні лігатури затверділого шару розплаву, інтенсифікує тепломасообмінні процеси, сприяючи підвищенню швидкості плавлення FeSiMg лігатур в 1,8-2,0 рази, порівняно з феросиліцієм ФС75.

Системне вивчення особливостей фізико-хімічних та тепломасообмінних процесів взаємодії модифікуючих сплавів з високовуглецевими розплавами системи Fe-C-Si дає змогу вдосконалити технологію одержання у виливках бажаної мікроструктури і підвищених властивостей високоміцного чавуну з кулястим графітом, що сприятиме розвитку сучасного машинобудування та зростанню експортного потенціалу країни.