

В. Б. Бубликов, Д. М. Берчук, О. О. Ясинський, В. О. Овсянников

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

otdel.vch@gmail.com

ВПЛИВ МАГНІЙ-КАЛЬЦІЄВОЇ ЛІГАТУРИ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

У виробництві високоміцного чавуну головну роль відіграє модифікування, яке змінює хімічний склад, структуру, фізико-хімічні властивості чавуну та створює умови для формування в структурі кулястого графіту. Стабільність сучасних процесів внутрішньоформового модифікування визначається кінетикою тепло- та масообмінних процесів між рідким чавуном і магнієвмісним модифікатором, які протікають в ливарній формі. Найбільш ефективними, екологічними та економічними вважаються пізні методи модифікування, в результаті яких забезпечується перехід з лігатури в рідкий метал від 70 до 85 % Mg при скороченні до мінімуму інтервалу часу від початку модифікування до кристалізації розплаву.

При одержанні високоміцного чавуну вважається перспективним використання магній-кальцієвої лігатури. Кальцій є значно активнішим десульфуратором і розкислювачем, ніж магній, через що покращується модифікувальна та рафінувальна здатність лігатури. Завдяки кальцію зменшуються переохолодження розплаву, зумовлене введенням магнію, та вплив зернограничної крихкості, що підвищує механічні та пластичні властивості високоміцного чавуну у виливках.

Проведено дослідження впливу FeSiMg7Ca7 лігатури на структуру і механічні властивості високоміцного чавуну при ковшовому та внутрішньоформовому модифікуванні. Швидкість розчинення магній-кальцієвої лігатури залежить від в'язкості і температури шлаку, що утворюється при її плавленні та перешкоджає проникненню рідкого металу в засипку лігатури і уповільнює процеси тепломасообміну між нею та розплавом. Для покращення умов міжфазної взаємодії між розплавом чавуну і лігатурою застосовували присадку, яка ефективно знижує в'язкість шлаку, який утворюється.

Після сфероїдизувального модифікування в ковші чавун мав наступну масову частку хімічних елементів, у %: 3,3-3,6 C; 2,32-2,50 Si; 0,26-0,30 Mn; до 0,1 Cr; 0,028-0,034 Mg; 0,016-0,020 S; до 0,05 P.

Після ковшового модифікування FeSiMg7Ca7 лігатурою ступінь сфероїдизації графіту в структурі зразків проби товщиною 5-25 мм склав 80-85 %, кількість цементиту

становила 12-40 %, а фериту – до 8 %. Інокуююча здатність ковшового модифікування, на відміну від модифікування у ливарній формі, в 2,5-3 рази нижча. Через наявність цементиту в структурі проб з високоміцного чавуну, отриманого ковшовим модифікуванням, механічні властивості не визначали.

В процесі внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування відносно рівномірна швидкість розчинення лігатури FeSiMg7Ca7 є характерною для міжфазної взаємодії в зоні розподілу розплаву та лігатури, де максимальна кількість магнію переходить в чавун в кінці заливки. В пробах, які заливаються останніми, спостерігається підвищення вмісту Mg до 0,071 %, а Si до 2,72 %. Середні масові частки Mg та Si в проведених дослідженнях після внутрішньоформового модифікування FeSiMg7Ca7 лігатурою становили 0,05 і 2,43 %, відповідно.

При внутрішньоформовому сфероїдизувальному модифікуванні лігатурою FeSiMg7Ca7 в структурі зразків товщиною від 5 до 25 мм структурно-вільного цементиту не було і кількість включень кулястого графіту зменшується з 870 до 420 шт/мм², а кількість фериту збільшується з 45 до 73 %. Зі збільшенням товщини проби тимчасовий опір під час розтягування зменшується від 720 до 640 МПа, а відносне видовження збільшується від 7 до 12 %.

Модифікування ефективно запобігає утворенню відбілу, підвищує ступінь сфероїдизації включень графіту, сприяє феритизації та диспергуванню структури. Таким чином, одержано високе значення тимчасового опору під час розтягування при модифікуванні FeSiMg7Ca7 лігатурою у 640 МПа при відносному видовженні 12 %. Також, процес модифікування у ливарній формі, на відміну від ковшового, забезпечує зниження витрат модифікатора в 1,5-2 рази, менш чутливий до коливань технологічних параметрів і дозволяє на 30-50 % збільшити перехід магнію та кремнію з кремній-магнієвої лігатури у високоміцний чавун вилівка.

Наявність від 55 до 27 % перлітної складової в структурі, відповідно, зразків товщиною від 5 до 25 мм дозволяє ефективно застосовувати термічну обробку для збільшення механічних властивостей високоміцного чавуну без додаткового легування перлітизуючими елементами міддю чи нікелем. Застосування модифікування у ливарній формі при отриманні високоміцного чавуну дозволяє відмовитися від традиційної для тонкостінного лиття операції енергоємного відпалу, що проводиться для розкладання структурно-вільних карбідів, і відкриває перспективу подальшого зниження ваги деталей в машинобудуванні.

УДК 669.131.7

В. Б. Бубликов, О. О. Ясинський, Ю. Д. Бачинський, О. О. Ясинська,