

**Берчук Д.М., Бубликов В.Б., Ясинський О.О., Овсянников В.О.**  
*(ФТІМС НАН України, м. Київ)*

**ВПЛИВ ГРАФІТИЗУВАЛЬНОГО МОДИФІКУВАННЯ НА  
СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТОНКОСТІННИХ ВИЛИВКІВ ІЗ  
ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ**

E-mail: ot.del.vch@gmail.com

Вироби з високоміцного чавуну з кулястим графітом у різних галузях сучасного машинобудування набувають все більшого поширення. Частка високоміцного чавуну в загальному випуску чавунного литва в технологічно розвинених країнах досягає 60-80%. В машинобудуванні України цей показник у 15-20 разів менший. Процеси модифікування можуть бути ковшовими та позаковшовими. Найбільш ефективно пізнє модифікування, яке передбачає введення модифікатора в потік розплаву в процесі заливання або всередині порожнини ливарної форми. Методи ковшового модифікування значно поступаються внутрішньоформовому модифікуванню за технологічними, екологічними та економічними показниками. Найбільшою мірою можливості високоміцного чавуну, як конструкційного матеріалу, реалізуються в тонкостінних виливках. Однак, отримання тонкостінних виливків з високоміцного чавуну технологічно ускладнено, тому що в результаті сфероїдизувального модифікування магнієвими лігатурами при кристалізації в умовах інтенсивного тепловідведення може утворитися структурно-вільний цементит.

Одержати тонкостінні виливки без відбілу дозволяє висока графітизувальна здатність внутрішньоформового модифікування, що максимально наближене за часом до початку процесу кристалізації. Високий ступінь графітизації структури при внутрішньоформовому модифікуванні пояснюється, з одного боку, ефектом пізнього наближеного до кристалізації модифікування, а з іншого боку наявністю у складі досліджених модифікаторів хімічно активних лужноземельних елементів. Вказані елементи утворюють стійкі хімічні сполуки з такими шкідливими домішками високоміцного чавуну як сірка, кисень, азот, водень та очищують від них міжфазні границі. Деякі з хімічних сполук, що утворюються (включаючи

оксиди і силікати Ca, Ba, Mg), сприяють утворенню додаткових ефективних центрів кристалізації кулястого графіту.

Сфероїдируюче модифікування чавуну здійснювалось в ковші комплексною магній-кальцієвою лігатурою. Пізніше графітизувальне модифікування проводилось в реакційній камері, розташованій в ливарній формі, куди додавались графітизувальні модифікатори FeSi75, FeSiBa20, FeSiCa30. Масова частка хімічних елементів у чавуні після сфероїдизувального модифікування була наступною: 3,33 C; 1,95 Si; 0,22 Mn; 0,018...0,024 Mg; 0,008 S; 0,025 P. Вплив модифікування на структуроутворення високоміцного чавуну вивчався на шліфах, вирізаних з ступінчастої проби товщиною 2,5; 5 та 10 мм.

Після сфероїдизувального модифікування в зразках товщиною 2,5 мм отримана структура, яка складається з перліту, включень кулястого графіту ШГф 3; 4; 5 і 40% голчастого цементиту. В результаті графітизуючого модифікування FeSi75, FeSiBa20, FeSiCa30 у всіх зразках ступінчастої проби структурно-вільний цементит не утворився і сформувалась ферито-перлітна металева основа. У випадку модифікування FeSi75 та FeSiBa20 у зразках товщиною 2,5 мм кількість перліту становить 20-40%, відповідно, а при модифікуванні SiCa – 84%. В решті зразків кількість перліту в структурі зменшується. Після графітизуючого модифікування в зразках товщиною 2,5 мм утворюються включення кулястого графіту розміром від 4 до 10 мкм, на відміну від 8-12 мкм у базовому високоміцному чавуні. Найменший розмір включень кулястого графіту отримано при модифікуванні FeSiBa20.

Таким чином, для одержання тонкостінних виливків з товщиною стінок 2,5-3 мм рекомендується двостадійне модифікування: в ковші – комплексним модифікатором і в ливарній формі одним з модифікаторів – FeSiBa20, FeSiCa30 або FeSi75. Пізніше внутрішньоформове графітизуюче модифікування ефективно усуває відбїл, а модифікування FeSiBa20 та FeSiCa30 також підвищує ступінь сфероїдизації графітових включень.