

модифікуванні розширює діапазон регулювання властивостей металу виливків за рахунок зниження масової частки кремнію у розплаві. Встановлено, що, порівняно з ковшовим, внутрішньоформове модифікування дозволяє знизити мінімальну масову частку кремнію у сплаві з 2,3 % до 1,3 %, тобто на 1 %, без утворення відбілу.

Результати механічних випробувань зразків металу ВЧ після внутрішньоформового модифікування свідчать, що навіть при зменшенні масової частки кремнію до 1,3 % вже у литому стані досягається досить сприятливе поєднання міцнісних і пластичних властивостей (тимчасовий опір під час розтягування $\sigma_v \geq 480$ МПа, відносне видовження $\delta \geq 15,0$ %). Застосування графітизувального відпалу дозволяє отримати поєднання міцності $\sigma_v \geq 400$ МПа, характерної для феритного чавуну, зі значно вищим відносним видовженням ($\delta \geq 24$ %). Низьокремнієвий високоміцний чавун відрізняється також покращеною оброблюваністю різанням.

В результаті проведених досліджень виявлено можливість суттєвого збільшення пластичності модифікованого у ливарній формі високоміцного чавуну з кулястим графітом за рахунок зменшення масової частки кремнію.

УДК 669.131.7:669.046.516.4:669.15-198

В. Б. Бубликов, Д. М. Берчук, О. О. Ясинський, С. М. Медвідь

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

otdel.vch@gmail.com

ВНУТРІШНЬОФОРМОВЕ МОДИФІКУВАННЯ НІКЕЛЬ-МАГНІЄВОЮ ЛІГАТУРОЮ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Для отримання деяких стандартних марок високоміцного чавуну (ДСТУ 3925-99) і для підвищення спеціальних властивостей (ударо-, холодно-, зносостійкості та інших) рекомендується легування нікелем, незважаючи на його високу вартість. Зміцнення твердого розчину легуванням нікелем дозволяє підвищити показники міцності високоміцних чавунів з усіма типами металевої основи. Для цього застосовують сфероїдизувальне модифікування розплаву нікель-магнієвими лігатурами, щільність яких наближається до щільності рідкого чавуну. При модифікуванні у відкритих ковшах вони забезпечують кращий перехід магнію в чавун, порівняно з кремній-магнієвими лігатурами, щільність яких у два рази менша за щільність рідкого чавуну. Як правило, одночасно з нікель-магнієвою лігатурою в ковш вводять графітизувальний модифікатор

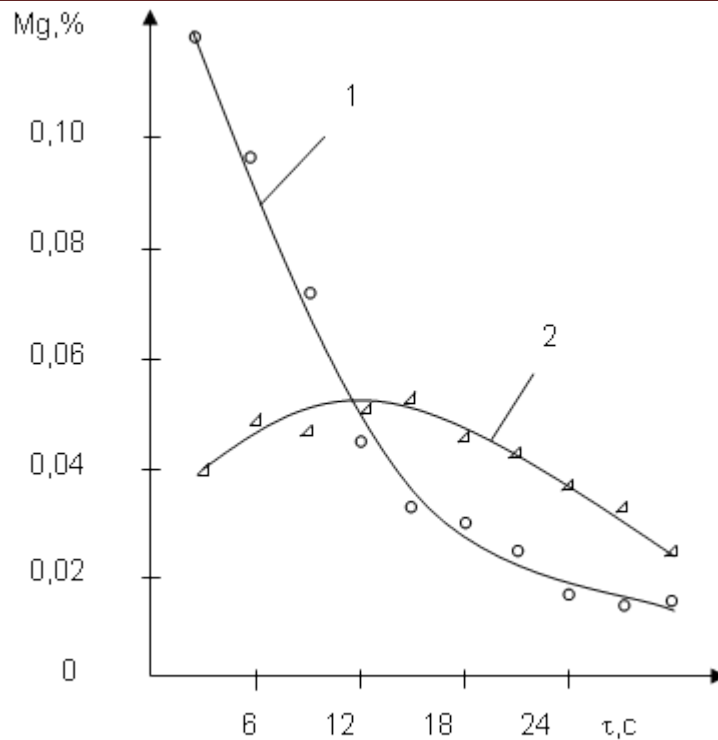
(феросиліцій) з метою запобігання утворенню евтектичного цементиту при кристалізації високоміцного чавуну. Модифікування нікель-магнієвою лігатурою застосовується для підвищення рівня механічних і службових властивостей високоміцного чавуну у деталях для автомобільної промисловості, суднобудування та ряду інших галузей машинобудування.

Сфероїдизувальне модифікування проводилось нікель-магнієвою лігатурою, яка містить 15 % Mg, а графітизувальне – феросиліцієм з 75 % Si. Розплав чавуну, модифікований у ливарній формі, розділяли на дискретні проби, які послідовно відливали у окремій сирій піщано-глиняній ливарній формі. Хімічний склад чавуну перед модифікуванням перебував у таких межах: 3,5-3,8 C; 1,8-2,2 Si; 0,32-0,36 Mn; 0,1 Cr; 0,021-0,023 S; 0,075-0,085 P (% за масою).

Графіки переходу магнію в чавун при внутрішньоформовому модифікуванні зображено на рисунку. Побудовані за даними спектрального аналізу кінетичні графіки свідчать про радикальні відмінності у характері міжфазової взаємодії модифікаторів із розплавом. За інших рівних умов найшвидше розчиняється легка кремній-магнієва лігатура, а нікель-магнієва повільніше на початку, але більш рівномірно на протязі всього циклу заливання. При внутрішньоформовому модифікуванні в чавун з NiMg-лігатури переходить 80 % магнію.

Так, в проведених дослідях спостерігається закономірність зменшення темпу переходу Mg, Ni та Si в чавун протягом процесу внутрішньоформового модифікування. Порівняно з першими, в останніх порціях модифікованого розплаву вміст Mg і Ni менший майже вдвічі – масова частка Ni знижується, відповідно, з 1,4 до 0,8 %, а Si з 3,0 до 2,2 %.

Виявлені закономірності переходу у розплав Mg, Ni, Si та відповідні зміни параметрів структури взаємопов'язані з рівнем механічних властивостей чавуну. Отриманий масив експериментальних даних дозволяє проаналізувати взаємозв'язок змінної в процесі внутрішньоформового модифікування масової частки нікелю з рівнем механічних властивостей високоміцного чавуну. В проведених дослідях у діапазоні збільшення вмісту Ni від 0,8 % до 1,4 % спостерігається значне підвищення властивостей міцності (тимчасовий опір під час розривання σ_b збільшується з 650 МПа до 900 МПа, умовна межа плинності $\sigma_{0,2}$ – з 450 МПа до 640 МПа) при середньому значенні відносного видовження δ у межах 7-8 %.



1 – FeSiMg-лігатура; 2 – NiMg-лігатура

Рисунок 1 – Кінетичні графіки переходу магнію в чавун при внутрішньоформовому модифікуванні

Експериментально встановлені кінетичні закономірності переходу Mg, Ni, Si у чавун протягом процесу внутрішньоформового модифікування. Застосування внутрішньоформового модифікування у поєднанні зі зміцнювальним легуванням твердого розчину нікелем забезпечує отримання виливків із високоміцного чавуну з підвищеними механічними властивостями.

В. Б. Бубликов, О. П. Нестерук, Ю. Д. Бачинський

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

otdel.vch@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТТЯ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ В УКРАЇНІ

Високоміцний чавун за темпами збільшення обсягу виробництва і різноманітністю сфер застосування займає лідируючі позиції серед інших литих конструкційних матеріалів. У технологічно розвинених країнах зменшується випуск виливків зі сталі та сірого чавуну, а виготовлення виливків з ВЧ, навіть в періоди криз, щорічно збільшується. Загальний обсяг випуску високоміцного чавуну на сьогодні перевищує випуск сталевих виробів більш ніж у 2,3 рази, а у більшості розвинених країн випуск перевищує випуск сірого чавуну. Високоміцний чавун з кулястим графітом широко застосовується у сучасних конструкціях або в обладнанні для підвищення їх техніко-економічних показників при значно нижчих витратах ресурсів та вартості, в порівнянні зі сталлю. Застосування високоміцного чавуну дозволяє знизити масу литих виробів, збільшити продуктивність, надійність і довговічність машин при економних витратах матеріалів і енергоресурсів.

На даний момент на території України діють два стандарти для високоміцного чавуну – ДСТУ 3925-99 та ДСТУ EN 1563:2019. Існуючі марки високоміцного чавуну з підвищеною пластичністю в стандартах США, Великобританії, Німеччини, України та інших країн мають недостатній рівень показників міцності ($\sigma_B = 350-450$ МПа, $\sigma_{0,2} = 230-320$ МПа). Це значно звужує область застосування високоміцних високопластичних чавунів на залізничному транспорті, в автомобільній, тракторній і інших галузях машинобудування. В зв'язку з цим багатьма провідними фірмами («FIAT», «KSB Pumpen», «British Lyland», «Georg Fischer», «Meehanite») розроблені та застосовуються феритні високоміцні чавуни з комбінацією передбаченого стандартами тимчасового опору під час розтягування $\sigma_B = 500-600$ МПа з відносним видовженням $\delta = 14-10$ %, відповідно.

Широкого застосування набули високоміцні чавуни на залізничному транспорті іноземних країн. Так, фірмою ACO GUSS при загальному випуску чавунного литва 80000 т/рік виготовляються литі деталі для залізничного транспорту, в тому числі корпуси букс із високоміцного чавуну. З цього матеріалу виготовляють також фрикційні