

Література

1. *Flemings, M.C.* Semi-solid forming- the process and the path forward // *Metallurgical Science and Technology*. – 2000. - No 2. - P. 3-4.
2. *Kirkwood, D.H.* Semisolid metal processing // *International Materials Reviews*. – 1994. - No. 5. - P. 173-189.
3. *Fan, Z.* Semisolid metal processing» // *International Materials Reviews*. – 2002. - No. 2. - P. 49-85.
4. *Browne, D.J. Hussey, M.J. Carr, A.J. Brabazon D.* Direct thermal method: new process for development of globular alloy microstructure // *International Journal of Cast Metals Research*. – 2003. - No. 4.- P. 418-426.
5. *Золотаревский В.С.* Структура и прочность литых алюминиевых сплавов // *МЕТАЛЛУРГИЯ*, Москва. -1981.- С. 192
6. *Смутьский, А.А. Семенченко, А.И. Елов, С.М.* Термический анализ алюминиевых сплавов» // *Процессы литья*. - 2002. - №1. - С. 10-16.

УДК 669.131.7:669.15:546.28

**В. Б. Бубликов, Ю. Д. Бачинський, О. П. Нестерук, В. О. Овсянников,
Н. П. Моїсєєва, С. М. Медвідь**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ
otdel.vch@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ЛЕГОВАНОГО НІКЕЛЕМ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ВЧ700 З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ПЛАСТИЧНОСТІ

Рівень технологій отримання виробів із високоміцного чавуну базується на стабільності металургійної якості розплаву від плавки до плавки. Одним з головних факторів, який багато в чому визначає механічні та експлуатаційні властивості високоміцного чавуну, є шихтові матеріали з вмістом сірки менше 0,015 %, фосфору менше 0,05 %, марганцю менше 0,3 %. При цьому поряд з чушковими чавунами, що мають низькі масові частки сірки, фосфору та марганцю, широко застосовуються рафіновані від домішок та газів чавуни. В Україні створені і виготовляються рафіновані магнієм

доменні ливарні чавуни марки ЛР (ДСТУ 3132-95) з низьким вмістом шкідливих домішок, застосування яких у складі шихти значно підвищує якість виливків з високоміцного чавуну та забезпечує високі механічні властивості. Але по причині високої вартості для підприємств України економічно вигідно повністю або частково виключити зі складу шихти рафіновані чавуни та інші високоякісні первинні матеріали. Замінити їх можна відходами холодного штампування відповідних марок сталей, концентрація шкідливих домішок в яких мінімальна. Така заміна дозволяє створити економні технології виготовлення виливків з високоміцних чавунів з підвищеними пластичними та спеціальними властивостями.

Експлуатаційні властивості високоміцного чавуну значно підвищуються під час легуванням розплаву нікелем та/або міддю, які не утворюють карбідів. Нікель має високу розчинність у фериті, забезпечує значне зміцнення твердого розчину при збереженні досить високої пластичності чавуну в литому стані. Мідь же розчиняється в чавуні обмежено (до 4 %мас.), уповільнює дифузію вуглецю з аустеніту до графітних включень при евтектоїдному перетворенні. В результаті цього інтенсифікується процес утворення перліту в металевій основі та підвищуються міцнісні показники, але при цьому значно знижуються пластичність і в'язкість високоміцного чавуну.

Отримані порівняльні дані щодо рівня механічних властивостей високоміцного чавуну, виплавленого з ряду високоякісних шихтових матеріалів: рафінованого продуванням магнієм чушкового чавуну ЛРЗ, чушкового переробного чавуну вищої якості ПВКЗ, відходів електротехнічної сталі 1212. Чавун з кулястим графітом отримували модифікуванням в ковші нікель-магнієвою лігатурою з 15 % Mg та феросиліцієм з 75 % Si.

Легування розплаву нікелем розширює інтервал між температурами утворення стабільної (аустенітно-графітної) і метастабільної (аустенітно-цементитної) евтектик за рахунок його графітізувального впливу на швидкість кристалізації і сповільнює її при $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворенні. При цьому в металевій основі утворюється перліт, але у значно меншій кількості порівняно з легуванням чавуну міддю. В оптимальних технологічних умовах (якісний вихідний розплав, ефективне модифікування, швидкість охолодження виливків 0,12-0,30 °C/с) легування нікелем у кількості до 1,0 %мас. незначно впливає на утворення перліту у високоміцному чавуні.

Високоміцний чавун отриманий з чушкового чавуну ЛРЗ мав тимчасовий опір під час розтягування $\sigma_B = 710$ МПа, відносне видовження $\delta = 14,8$ %, з чушкового чавуну ПВКЗ – $\sigma_B = 738$ МПа, $\delta = 12,3$ %, з відходів сталі 1212 – $\sigma_B = 760$ МПа, $\delta = 11,8$ %. Показники тимчасового опору під час розтягування отриманих високоміцних чавунів на

18 % перевищують значення для високоміцного чавуну, отриманого зі звичайного переробного чавуну ПЛ2 ($\sigma_B = 600$ МПа, $\delta = 5,5$ %) з масовою часткою $S = 0,03$ % та $P = 0,1$ %, а відносно видовження – у понад 2 рази. Отримані результати відповідають сучасним передовим розробкам широко відомих фірм «Georg Fischer» (Швейцарія), «Meehanite» (Англія), «Zanardi» (Італія) та інших з виготовлення відповідальних деталей різного функціонального призначення.

Таким чином експериментально підтверджено, що кращими шихтовими матеріалами для виробництва легованого нікелем високоміцного чавуну марки ВЧ700-10 з підвищеним рівнем пластичності є рафіновані позапічним обробленням ливарні та переробні доменні чавуни. Показано, що при виплавці базового чавуну додавання в шихту відходів сталей відповідного складу дозволяє частково, а в більшості випадків і повністю, відмовитися від вартісних чушкових чавунів. Розроблені параметри одержання високоякісного вихідного розплаву з використанням в шихті від 30 % до 60 % сталевих відходів і графіту для науглецювання. Найбільш сприятливе поєднання міцності та пластичності високоміцного чавуну забезпечують відходи сталей 11ЮА, 08кп, електротехнічної сталі та інших.

УДК 669.131.7:669-154.9:669-153.62

**В. Б. Бубликов, Ю. Д. Бачинський, О. П. Нестерук, В. О. Овсянников,
Н. П. Моїсєєва**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ
otdel.vch@gmail.com

ВПЛИВ ЗМЕНШЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ КРЕМНІЮ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАС- ТИВОСТІ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ З КУЛЯСТИМ ГРАФІТОМ

Технології отримання високоміцного чавуну, які впроваджувались кілька десятиліть тому, вважаються застарілими і не завжди забезпечують одержання високоміцного чавуну з заданим оптимальним співвідношенням міцності, пластичності та ударної в'язкості для сучасної техніки. Існуючі технологічні процеси потребують використання в шихті дорогих рафінованих доменних чавунів та проведення енергоємного двохстадійного відпалу, що значно збільшує витрати на виробництво. Нині актуальними є дослідження, спрямовані на підвищення пластичних властивостей високоміц-