

Таблиця 3 – Мікроструктура та механічні властивості виливків

№ виливка	Мікроструктура				Механічні властивості	
	форма графіту	ступінь сфероїдизування графіту, %	діаметр вкраплень графіту, мкм	кількість вкраплень графіту, шт/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
1	ШГф5, ШГф4	95	25	576	533	21,2
2	ШГф5, ШГф4	90	25	546	547	22,5
3	ШГф5, ШГф4	90	26	434	546	20,7
4	ШГф5, ШГф4, місцями ВГф2	85	23	532	548	15,5

Таким чином, визначено, що розроблена технологія (навіть за умов несприятливого для модифікування режиму плавлення та розливання чавуну) забезпечує отримання виливків з необхідними високими механічними властивостями, які, зокрема, у 2-3 рази перевищують мінімальні вимоги стандарту до марки ВЧ500 за рівнем відносного видовження ( $\delta \geq 7\%$ ).

**Бубликов В.Б., Бачинський Ю.Д., Нестерук О.П., Овсянников В.О.**  
*(ФТІМС НАН України, Київ)*  
**ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ З ПІДВИЩЕНИМИ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**  
E-mail: [otdel.vch@gmail.com](mailto:otdel.vch@gmail.com)

Метою роботи було дослідження, визначення і оптимізування параметрів процесу одержання високоміцного чавуну з підвищеними технологічними властивостями.

Базовий чавун для досліджень виплавляли в індукційній печі ІСТ-016 з переробного чавуну ПЛ2 звичайної якості (група ІІ, клас А, категорія 3 за ДСТУ 3133-96, масова частка Si = 0,5-0,7 %, Mn = 0,3-0,5 %, P ≤ 0,08 %, S ≤ 0,03 %). Модифікувально-рафінувальне оброблення розплаву чавуну проводили у ковші феросиліцій-магній-кальцієвою лігатурою ФСМг7К4 спільно з

флюсувальною добавкою флюориту кальцію марки ФК-92, яка знижує температуру і в'язкість шлаку, що утворюється під час реакційної взаємодії лігатури з розплавом. Для порівняння використовували також традиційний для технологій одержання високоміцного чавуну процес модифікування нікель-магнієвою лігатурою NiMg15 спільно з феросиліцієм ФС75. У кожному досліді в сирій піщаній формі відливали комплект пластин товщиною 5; 10; 15; 20 мм, шириною 40 мм і висотою 200 мм. Макроструктуру оцінювали за зламами площини поперечного перерізу пластин на середині їхньої висоти.

Встановлено, що злами пластин товщиною 5 мм, які були отримані у високоміцному чавуні після модифікування 1,5 % NiMg15 лігатури спільно з 1 % ФС75, мали структуру білого чавуну, а товщиною 10 мм – вибілені зони. У пластинах аналогічної товщини, відлитих з високоміцного чавуну після модифікування 2 % лігатури ФСМг7К4, структурно-вільний цементит був відсутній. Встановлене значне зниження схильності високоміцного чавуну до відбілу в результаті введення в розплав кальцію пояснюється його комплексним впливом, який забезпечує нейтралізування дії шкідливих домішок (сірки, кисню та ін.), зменшення ступеню переохолодження при кристалізації, утворення додаткових центрів графітування, що прискорює процес евтектичної кристалізації [1].

У зв'язку з тим, що питомий об'єм графіту в 3 рази більший за питомий об'єм рідкого чавуну, збільшення кількості графітної фази в процесі кристалізації компенсує усадку високоміцного чавуну в рідко-твердому стані. Для визначення об'ємної усадки чавуну, обробленого порівнюваними лігатурами, застосовували загальноприйнятую конічну технологічну пробу; обчислення проводили за відомою методикою [2]. Отримані результати (табл. 1) свідчать, що у високоміцного чавуну, модифікованого NiMg15 лігатурою і феросиліцієм, загальна величина об'ємної усадки складає 14,6 %, а у модифікованого ФСМг7К4 лігатурою – 9,6 %, що на 34 % менше і пояснюється різною графітувальною здатністю порівнюваних процесів модифікування. Збільшення масової частки кальцію у складі лігатури сприяє зменшенню загальної величини об'ємної усадки. В результаті цього евтектична кристалізація чавуну, модифікованого лігатурою ФСМг7К4,

відбувається при підвищеній в середньому на 20 °С температурі та у більш вузькому температурному інтервалі [1].

Таблиця 1 – Вплив способу модифікування на усадку високоміцного чавуну

№ з/п	Лігатура	Об'ємна усадка чавуну, %		Загальна об'ємна усадка, %
		у рідкому стані та при кристалізуванні	у твердому стані	
1	NiMg15 + FC75	9,2	5,4	14,6
2	FCMg7K4	7,2	2,4	9,6

Встановлене зниження усадки високоміцного чавуну, модифікованого лігатурою ФСМг7К4, дозволяє зменшити мікропоруватість виливків, підвищити їх механічні властивості, знизити в 1,3-1,5 рази масу живильних бобишок і, відповідно, підвищити вихід придатного литва.

Важливим технологічним показником процесів виробництва високоміцного чавуну є тривалість сфероїдизувальної дії модифікатора, яка обмежує час витримки розплаву у ковші після модифікування. Встановлено, що ФСМг-лігатури з кальцієм мають триваліший ефект сфероїдизування розплаву, порівняно з NiMg-лігатурами. Це підтверджено у виробничих умовах. Так, у технологіях, заснованих на застосуванні лігатури NiMg15, тривалість розливання у форми чавуну з ковша ємністю 1 т не повинна перевищувати 10 хв, після чого залишок чавуну зливається назад в плавильну (роздавальну) піч або заливаються чушки. Експериментально встановлено, що при використанні ФСМг7К4-лігатури тривалість розливання модифікованого металу досягає 15 хв при збереженні у структурі виливків показника ССГ понад 85 % без суттєвої зміни рівня механічних властивостей виробів із високоміцного чавуну.

#### Література:

1. Бубликов В. Б. Кальций в высокопрочном чугуна. *Процессы литья*. 2007. № 5. с. 4–10.
2. Клочнев Н. И. Литейные свойства чугуна. – М.: Машиностроение, 1968.