

Таблица 1 – Микроструктура образцов из высокопрочного чугуна после ковшового и внутриформенного модифицирования

Толщина образца, мм	Ковшовое модифицирование		Внутриформенное модифицирование	
	Количество цементита, %	Количество феррита, %	Количество цементита, %	Количество феррита, %
2,5	40	0	27	0
5	35	6	20	30
10	15	10	8	48
15	13	12	-	54

Применение дополнительного внутриформенного графитизирующего модифицирования позволяет получать тонкостенные отливки из высокопрочного чугуна с ферритно-перлитной металлической основой без структурно-свободных карбидов.

Из полученных данных видно, что, несмотря на плохие условия растворения магний-кальциевой лигатуры и образование шлака, который тормозит тепломассообменные процессы между расплавом и лигатурой, использование лигатуры ЖКМК-4Р при внутриформенном модифицировании способствует образованию меньшего количества цементита и большего количества феррита, по сравнению с ковшовым модифицированием, при снижении ее расхода в 2 раза. Подготовка более качественного базового расплава снижает затраты для последующей его обработки.

УДК 669.131.7:621.74

**Д. Н. Берчук, Л. А. Зеленая, В. А. Овсянников**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

Тел.: (+38044) 424-00-50, e-mail: [otdel.vch@gmail.com](mailto:otdel.vch@gmail.com)

## **КОМПЛЕКСНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА**

Фактором стабильности современных процессов внутриформенного модифицирования является низкосернистый расплав, для получения которого необходимо применение в шихте дорогостоящих рафинированных доменных чушковых чугунов, которые в настоящее время практически отсутствуют на украинском рынке металла.

Магний-кальциевые лигатуры обладают высокой рафинирующей способностью. Благодаря высокому содержанию кальция активно проходит десульфурация,

раскисление, деазотация, дегидритизация расплава и вводимый магний выполняет только функцию образования шаровидного графита в процессе кристаллизации чугуна. Полученные с применением модифицирования магний-кальциевой лигатурой отливки характеризуются повышенными пластическими свойствами, высокой гидрорплотностью и открывается перспектива использования шихты с повышенным содержанием серы. Однако, магний-кальциевые лигатуры из-за их плохой растворимости практически не применяются для внутриформенного модифицирования.

Изучали эффективность двойного модифицирования: в ковше лигатурой ЖКМК-4Р и в литейной форме лигатурами FeSi75, FeSiBa20, FeSiCa30. После сфероидизирующего модифицирования в ковше лигатурой ЖКМК-4Р, расплав заливали в форму, где находился один из графитизирующих модификаторов, для получения ступенчатой пробы с толщиной ступеней 2,5; 5; 10 и 15 мм.

Данные о микроструктуре и твердости образцов из высокопрочного чугуна после ковшового модифицирования ЖКМК-4Р приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Микроструктура и твердость образцов из базового высокопрочного чугуна после ковшового сфероидизирующего модифицирования лигатурой ЖКМК-4Р

Толщина образца, мм	Микроструктура			Твердость, НВ
	Количество цементита, %	Количество включений графита, шт/мм <sup>2</sup>	Количество феррита, %	
2,5	40	175	0	415
5	35	164	6	364
10	15	155	10	341
15	13	152	12	335

Экспериментальные данные по влиянию внутриформенного графитизирующего модифицирования лигатурами на структуру и твердость высокопрочного чугуна представлены в таблице 2.

Анализ полученных данных показывает, что преимущество модифицирования магний-кальциевой лигатурой, в совокупности с высоко-эффективным внутриформенным графитизирующим модифицированием, предотвращает образование отбела в тонкостенных отливках, повышает степень сфероидизации графита, в несколько раз увеличивает плотность распределения в структуре включений шаровидного графита.

Таблиця 2 – Влияние лигатур и толщины образцов на структуру и твердость высокопрочного чугуна

Лигатуры	Толщина образца, мм	Микроструктура		Твердость, НВ
		Количество включений графита, шт/мм <sup>2</sup>	Количество феррита, %	
FeSi75	2,5	749	80	214
	5	645	80	207
	10	341	70	204
	15	278	75	197
FeSiCa30	2,5	1176	15	250
	5	601	40	214
	10	498	75	200
	15	489	75	197
FeSiBa20	2,5	1078	75	225
	5	559	75	202
	10	368	85	200
	15	341	87	189

Это способствует уменьшению межкристаллитной ликвации, обеспечивает оптимальное соотношение показателей прочности и пластичности высокопрочного чугуна, улучшает обрабатываемость резанием и позволяет производить отливки с минимальной толщиной стенок 2,5-5,0 мм и требуемым уровнем свойств без проведения общепринятого в технологиях ковшового модифицирования энергоемкого высокотемпературного графитизирующего отжига для разложения структурно-свободных карбидов.

УДК 621

**Г.С.Бойко, К.О. Костик**

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», Харків

### **ЛАЗЕРНЕ ПОВЕРХНЕВЕ ЛЕГУВАННЯ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ**

Можливості підвищення продуктивності праці, економії матеріалів і енергоресурсів, забезпечення гнучкості виробництв при випуску широкої номенклатури продукції малими серіями або навіть в одиничних екземплярах, розвитку ремонтно-відновлювальних потужностей на транспорті, в сільськогосподарському машинобу-