

Оптимальное сочетание физико-механических и технологических свойств чугуна достигается при вермикулярной форме графита. Такой чугун обладает достаточно высокой прочностью, хорошими пластическими свойствами, а значения теплопроводности весьма близки к теплопроводности серого чугуна [1], что важно для кокилей и другой технологической оснастки, работающей в сложных условиях термоциклирования.

### Л и т е р а т у р а

1. Александров Н.Н., Мильман Б.С. Совершенствование модификаторов и свойств высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. - Литейное производство, 1980, № 1, с. 12-13.
2. Stefanescu D.M., Loper C.R. Neue Fortschritte aut dem Gebeit des Gußeisensmit Vermiculargraphit. - Giesser. - Prax., 1981, № 5, 73-96.

УДК 669.131.622:536.42

П.И.Попов, инженер, Э.Б.Синякович,  
инженер, Гарсия Асдрубаль, инженер (БПИ)

### ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ЧУГУНОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ И ГРАФИТА

Исходный серый чугун модифицировался лигатурой СЦЕМИШ-2 (ΣРЗМ = 36,1%, 40,3% Si; 5,5% Al; остальное - Fe) и ферросилицием ФС75, а также легировался хромом, медью, алюминием, сурьмой. При получении вермикулярной и шаровидной формы графита использовалась лигатура ЖКМК-1РА (45,4% Si; 1,14% Al; 14,3% Ca; 9,76%Mg). Для сравнения полученных результатов наряду с чугуном индукционной плавки исследовался также серый ваграночный чугун. Химический состав исследуемых чугунов представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав чугунов и виды модифицирующих добавок

Номер плавки	Химический состав, %							Добавки модификатора, %		
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Al	Sb	СцеМИШ2	ЖКМК-1РА	ФС75
1	3,66	2,38	0,5	-	-	-	-	-	-	-
2	3,61	2,29	0,83	-	-	-	-	-	-	-
3	3,89	1,89	0,93	0,48	0,52	0,29	0,062	-	-	-
4	3,56	1,98	0,83	0,49	0,65	0,31	0,04	0,2	-	-
5	3,30	2,71	0,7	-	-	-	-	-	0,9	0,4
6	3,29	2,97	0,65	-	-	-	-	-	1,5	0,4

Исследуемые чугуны были разделены на три группы: серые чугуны ваграночной (№ 1) и индукционной (№ 2) плавки; серый чугун легированный немодифицированный (№ 3) и модифицированный (№ 4); чугуны с вермикулярной (№ 5) и шаровидной (№ 6) формой графита. Металлическая основа серых чугунов была перлитной, различной степени дисперсности, а в структуре сплавов третьей группы наряду с перлитом содержалось до 30–40% феррита, расположенного у выделений вермикулярного или шаровидного графита. Характер распределения и размеры включений графита в структуре серых чугунов были следующими: мелкие, средней завихренности, с участками розеточного типа (№ 1); крупные, пластинчатые выделения прямолинейной формы и большой степени изолированности (№ 2). В легированном чугуне – пластинчатый графит малой степени изолированности (№ 3), который заметно измельчается, увеличивается его завихренность и уменьшается количество выделений прямолинейной формы после модифицирования.

Испытания на термическую стойкость проводились по методике, разработанной на кафедре "Материаловедение и литейное производство", на кольцевых образцах диаметром 25 мм и высотой 5 мм. Результаты термостойкости приведены в табл. 2.

Лучшими показателями сопротивления образованию трещин и их развитию среди первой группы чугунов обладает чугун индукционной плавки. Ухудшение характера распределения и уменьшение размеров пластинчатого графита в ваграночном чугуне снижают показатели термостойкости. Пониженную термическую стойкость легированных серых чугунов следует объяснить как измельчением графита, так и воздействием микродобавок сурьмы, которая ликвирует по границам эвтектических зерен и понижает пластичность матрицы чугуна, делает ее хрупкой.

**Таблица 2. Количество трещин и их средняя суммарная длина в зависимости от количества термоциклов**

Номер плавки	Количество термоциклов					
	100	200	300	500	1000	1500
1	4/1,0	22/10,8	47/22,8	64/37,6	65/47,4	
2		1/0,5	5/3,6	13/7,9	39/21,2	49/28,3
3	16/8,3	21/16,9	СвТр	–	–	–
4	СвТр					
5	2/0,7	4/1,7	6/3,3	31/15,7	35/21,3	36/22,1
6					2/0,7	25/8,8

**Примечание.** Числитель – количество трещин; знаменатель – средняя суммарная длина трещин, мм; СвТр – сквозная трещина.

Степень воздействия вермикулярной формы графита как концентратора напряжений значительно снижается, что и сказывается на увеличении показателей термической стойкости чугуна. Микроструктурный анализ образцов в процессе термоциклирования свидетельствует о том, что трещины термической усталости зарождаются на графитовых включениях и распространяются по кратчайшим расстояниям между ними через менее прочный феррит. Анализ опытных данных свидетельствует о резком увеличении количества трещин в чугуне с шаровидным графитом после 1000 циклов, а в чугуне с вермикулярным графитом показатели термостойкости при подобных количествах циклов стабилизируются.

Таким образом, чугун с вермикулярным графитом можно использовать для изделий, работающих в условиях термоциклирования. Рекомендуется следующий химический состав для получения чугуна с вермикулярным графитом: 3,6–3,8% С; 2,2–2,6% Si; 0,6% Mn; 0,02% S; 0,05% P. Добавка сфероидизирующего модификатора ЖКМК-1РА в пределах от 0,6 до 0,9%. Для повышения прочности металлической основы, ее окислительной стойкости такой чугун рекомендуется легировать добавками 0,3–0,5% Cu; 0,2–0,3% Al; 0,2–0,4% Cr.

УДК 621.746.6

В.Ф.Соболев, канд. техн. наук,  
В.Б.Матюкевич, мл.науч.сотр.,  
А.Н.Чичко, инженер,  
А.И.Куликов, студент (БПИ)

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОЛИКВАЦИИ В СПЛАВАХ Al-Zn-Cu

Формирование микроликвации в тройных алюминиевых сплавах в основном подчиняется тем же закономерностям, что в двойных сплавах на основе алюминия. Исключение составляет система Al-Zn-Cu. Распределение элементов в сплавах изучалось на рентгеновском микроанализаторе "Камека" с последующей обработкой данных на ЭВМ. Исследовались сплавы с различным содержанием меди и цинка. Характер микроликвации цинка зависит от содержания меди в сплаве. При содержании меди до 3% микроликвация как меди, так и цинка – прямая (рис. 1, а).

В центре зерна наблюдается минимальное содержание обоих элементов, плавное возрастание их содержания к периферии зер-