

Как видно из таблиц, применение модификаторов с барием и стронцием позволяет получать качественную микроструктуру, гарантирующую получение марок синтетического чугуна СЧ20 и СЧ25 ГОСТ1412-85. Таким образом, полученные результаты позволяют считать, что данная технология является более эффективной, чем технология модифицирования чугуна, получаемого на основе традиционных шихтовых материалов. Эта эффективность обусловлена, в первую очередь, тем, что модифицируемый чугун не имеет неконтролируемых примесей, вносимых обычно с шихтой литейными и передельными чугунами.

5. Выводы.

На основе полученных результатов исследования микроструктуры синтетического чугуна индукционной плавки можно рекомендовать следующие технологические режимы. Обработку расплава модификаторами ФС65Ba4, ФС65BaKСт2 проводить в ковше фракцией 1-10 мм в количестве 0.3% от массы жидкого металла (3 кг на 1 т) после заполнения ковша на 100-150 мм или «чипс-технологией».

Поступила в редколлегию 30.04.2008

УДК 621.74

НЕКРАСОВ А.Г., ДЁМИН Д.А., канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ, СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННОГО ЧУГУНА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ОТЛИВОК АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

В статье описаны результаты исследований микроструктуры, химического состава и свойств чугуна промышленных плавов. Результаты данных исследований позволяют выявить фактический химический состав базового чугуна для разработки дальнейших технологических процессов модифицирования чугуна недефицитными эффективными модификаторами.

1. Введение

Исследуемый чугун марок СЧ20, СЧ25 ГОСТ1412-85 предназначен для изготовления отливок автомобилестроения. Для обеспечения заданного комплекса свойств он модифицируется ферросплавами на железо-кремниевой основе: ферросилицием, смесью ферросилиция и сажи, ФС65BaKСт2, ФС65Ba4, лигатурой РЗМ. Применение этих типов модификаторов обусловлено необходимостью снижения склонности чугуна к отбелу при кристаллизации расплава и получения предела прочности на растяжение чугуна 200-300 МПа, твердости HB170-241. Согласно литературным данным, эти типы модификаторов обеспечивают удовлетворительное качество чугуна по отдельным показателям микроструктуры и свойств. Для обеспечения стабильного качества чугуна по комплексу показателей структуры и свойств необходим дифференцированный статистический анализ влияния каждого из этих модификаторов на показатели микроструктуры, с учетом химического состава чугуна, подвергаемого модифицированию, и определение оптимальной комбинации элементов в модификаторах. Эти комбинации элементов позволяют выбрать перспективные и доступные ферросплавы-модификаторы,

снижающие до минимума склонность расплава к образованию отбела при кристаллизации.

2. Постановка задачи

На первом этапе исследований базовым выбран чугун, модифицированный ферросилицием. Такой выбор обусловлен тем, что данный тип модификатора наиболее распространен в практике модифицирования, однако в конкретных производственных условиях далеко не всегда удается установить эффективность его влияния на состав и свойства чугуна. Кроме того, полученные результаты могут служить «эталоном» для сравнения эффективностей модифицирования чугуна другими материалами.

3. Методика исследований и полученные результаты

Для определения эффективности модифицирования рассчитаны значения выборочных статистических функций – оценки математического ожидания и оценки дисперсии. На основании этих результатов построены гистограммы распределения каждого из анализируемых параметров микроструктуры и химического состава чугуна, и определены доверительные интервалы для этих параметров.

Статистический анализ проведен на ЭВМ с помощью редактора электронных таблиц EXCEL, основные статистические характеристики, примененные в исследовании, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические характеристики для оценки эффективности модификаторов, применяемых при изготовлении чугунов марок СЧ20, СЧ25 ГОСТ1412-85.

Статистическая характеристика	Математическое описание	Обозначения
Математическое ожидание \bar{X}	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$	X_i -текущее значение содержания элемента химического состава или характеристики микроструктуры N – общее количество значений в выборке производственных данных
Дисперсия S^2	$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$	-
Среднеквадратичное отклонение	$S = \sqrt{S^2}$	-
Доверительный интервал*	$I = \left(\bar{X} - \frac{eS}{\sqrt{N}}; \bar{X} + \frac{eS}{\sqrt{N}} \right)$	I - граница доверительного интервала e - квантиль нормального распределения
* - Доверительный интервал – это интервал, в котором с наибольшей вероятностью находится действительное значение характеристики микроструктуры или содержания элемента химического состава чугуна.		

Химический состав чугуна, модифицированного ферросилицием, и рассчитанные статистические характеристики приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав чугуна, модифицированного ферросилицием

Номер образца	Содержание элементов химсостава, %									
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Cu	V
1	3,44	2,29	0,75	0,11	0,083	0,14	0,14	0,024	0,18	0,01
2	3,51	2,4	0,77	0,121	0,076	0,26	0,1	0,024	0,16	0,01
3	3,43	2,1	0,7	0,108	0,083	0,34	0,14	0,037	0,38	0,02
4	3,36	2,28	0,71	0,11	0,086	0,32	0,14	0,038	0,37	0,02
5	3,35	2,33	0,63	0,101	0,086	0,22	0,14	0,027	0,28	0,025
6	3,37	2,51	0,74	0,098	0,086	0,25	0,13	0,028	0,27	0,023
7	3,58	2,32	0,54	0,12	0,072	0,35	0,15	0,025	0,25	0,02
8	3,6	2,38	0,86	0,119	0,066	0,29	0,13	0,025	0,18	0,024
9	3,58	2,39	0,74	0,12	0,075	0,14	0,11	0,031	0,14	0,037
10	3,64	2,36	0,74	0,105	0,066	0,14	0,11	0,028	0,12	0,036
Среднее	3,486	2,336	0,718	0,1112	0,0779	0,245	0,129	0,0287	0,233	0,0225
СКО	0,109	0,1059	0,085	0,0084	0,0080	0,082	0,016	0,0051	0,092	0,0090

На рис.1-2 представлены гистограммы распределения содержания элементов химсостава чугуна.



Рис. 1. Гистограмма распределения содержания углерода, марганца, кремния и серы в базовом чугуне, обработанном ферросилицием ФС-75

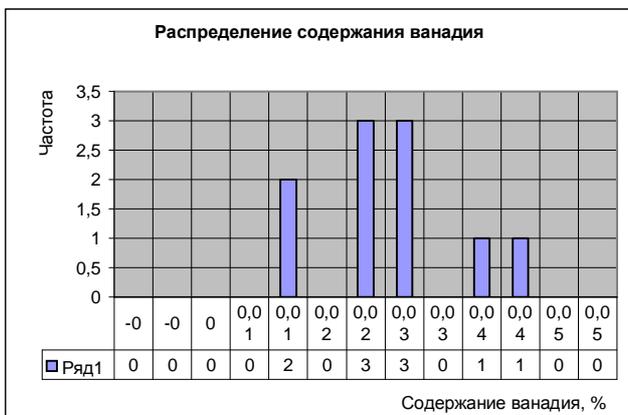
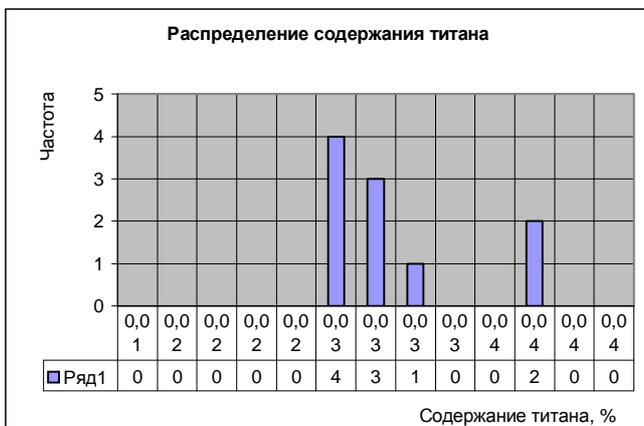
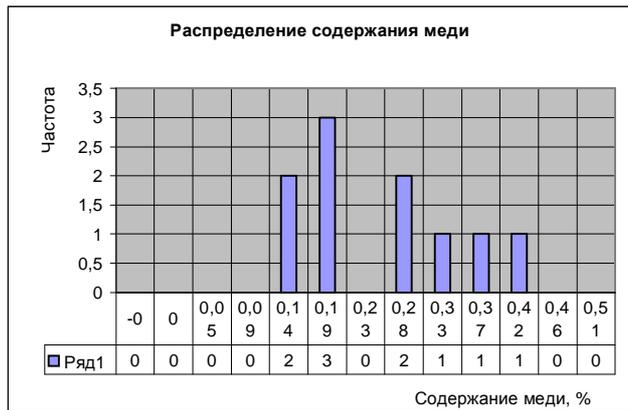
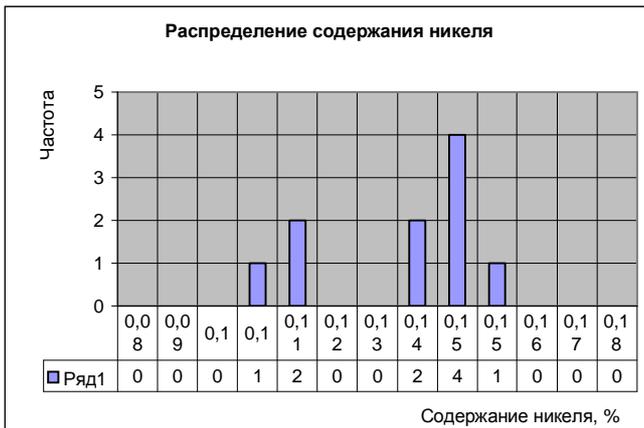
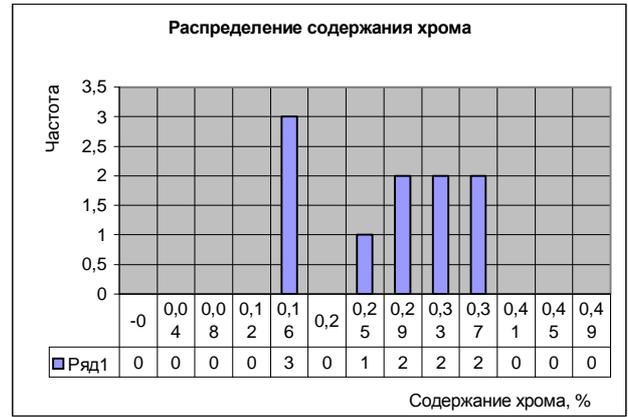
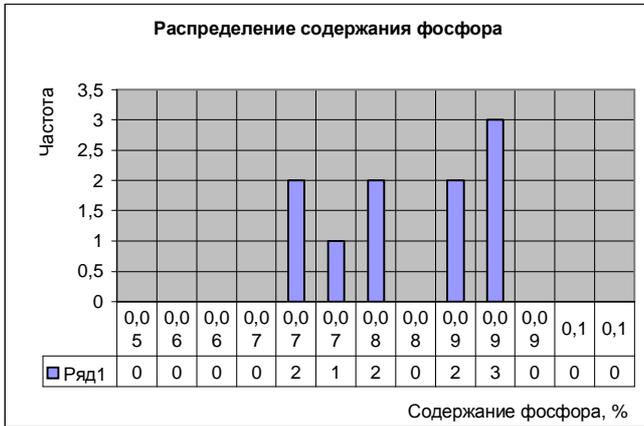


Рис. 2. Гистограмма распределения содержания фосфора, хрома, никеля, титана, меди и ванадия в базовом чугуна, обработанном ферросилицием ФС-75

В таблице 2 представлены характеристики микроструктуры чугуна.

На рис.3 представлены гистограммы распределения характеристик микроструктуры чугуна, рассчитанные статистические характеристики приведены в таблице 2.

Из таблицы 3 видно, что для всех рассчитанных характеристик микроструктуры характерно большое значение среднеквадратичного отклонения (СКО), что может свидетельствовать о сильно «размазанной» кривой нормального распределения. Учитывая, что распределение каждой из характеристик микроструктуры должно описываться кривой нормального распределения, указанный факт свидетельствует о наличии для каждой характеристики двух (или более) кривых, смещенных друг

относительно друга. Следовательно, на гистограммах должно наблюдаться два (или более) пика. Следовательно, исходная выборка, представленная в таблице 2, распадается на две (или более) выборки, на основании которых можно будет судить об эффективности модифицирования ферросилицием.

Таблица 2 – Микроструктура чугуна, модифицированного ферросилицием

Номер образца	Металлическая основа		Графит			
	Содержание перлита, %	Дисперсность перлита	Форма включений	Распределение включений	Размер включений, мкм	Количество включений, %
1	П70, П92	С+ПД1,4	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-25-45	ПГ6
2	П80, П	С+ПД1,0	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд 25-45-90	ПГ6
3	П	С+ПД1,4	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-25-45	ПГ6
4	П	С+ПД1,0	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-25-45	ПГ6
5	П85, П98	С+ПД1,4	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-25-45	ПГ6
6	П70, П	С+ПД1,4	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-25-45	ПГ6
7	П85, П	С+ПД1,4	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-25-45-90	ПГ10
8	П	С+ПД1,0	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд15-45-90	ПГ6
9	П70, П96	С+ПД1,0	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд 25-45-90	ПГ6
10	П70, П96	С+ПД1,4	ПГф2	ПГр9, ПГр1	ПГд 25-45-90	ПГ10

Таблица 3 - Статистические характеристики микроструктуры.

Характеристика микроструктуры	Количество перлита, %	Дисперсность перлита	Размер включений графита, мкм	Количество включений графита, %
Среднее	87,1	1,24	35,9	6,8
СКО	12,40076	0,20105	12,11306	1,641565

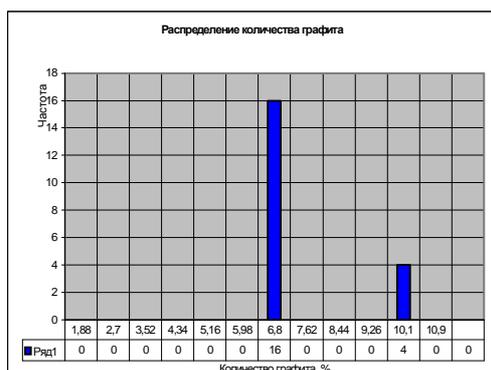
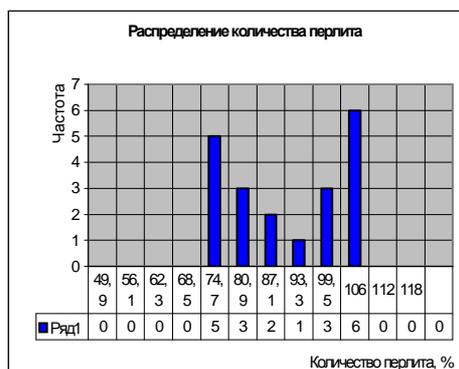


Рисунок 3. Характеристики микроструктуры чугуна, модифицированного ФС75

Выводы.

Учитывая, что ферросилиций является классическим модификатором, результаты анализа составов и структур чугунов, обработанных другими ферросплавами, могут «приводиться» к результатам, полученным для ферросилиция.

Адекватность полученные результатов исследований подтверждается тем, что все расчеты и выводы строились на выборке реальных производственных данных, полученных в условиях работы литейного цеха.

Поступила в редколлегию 30.04.2008