

Как следует из табл. 3, использование металлизированных окатышей снижает в 2 раза содержание в чугуна Cr, Ti, Cu, Co, Zn, Ca и В. Концентрация Sb, Pb, Sn, Ni изменяется незначительно. При постоянном применении в шихте металлизированного сырья степень чистоты чугуна будет повышаться за счет более высокого качества собственного возврата.

Наряду с металлическими микропримесями на свойства чугуновых отливок существенное влияние оказывают также неметаллические включения и газы. Замена части ваграночной шихты металлизированным сырьем позволяет снизить суммарное содержание окислов в чугуна с 0,035% на исходной шихте до 0,029% в основном за счет сокращения количества соединений титана и алюминия. Применение первородной шихты существенного влияния на газонасыщенность сплава не оказывает.

Таким образом, использование в шихте взамен стального лома и частично доменного чугуна металлизированных окатышей, имеющих низкое содержание вредных примесей, однородный химический состав и стабильные свойства, является важным резервом повышения качества чугунового литья.

#### Л и т е р а т у р а

1. Барби А. "Плавка металлизированных окатышей" - "Iron and Steel Inst", 1976, 49 № 4. 2. Князев В.Ф. и др. Бескоксая металлургия железа. М., 1972. 3. Slöke Laszlo. Применение металлизированных окатышей при производстве стали в настоящем и будущем. "Konaszar", 1971, № 10.

УДК 621.745.57-776

Е.И.Шитов, М.Н.Мартынюк, канд.техн. наук,  
М.М.Бондарев

#### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СИМПЛЕКС-ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ СЕРЫ И МАРГАНЦА В ЧУГУНЕ ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Исследования структуры и износостойкости чистых сплавов Fe-C-Si, результаты которых представлены в работе [1], дают возможность перейти к изучению износостойкости синте-

тического чугуна, полученного на основе перспективной промышленной шихты – металлизированных железорудных окатышей.

В работе исследовано влияние соотношения S и Mn – элементов, традиционно присутствующих в серых чугунах, на износостойкость синтетического чугуна с углеродным эквивалентом 4,1%. Исходный сплав был выплавлен в индукционной печи. Плавку образцов с добавкой легирующих присадок серы и марганца вели в силитовой печи. Структура исходного чугуна твердостью 170 ед. по Бринеллю состояла из перлита и 30% феррита.

Литые чугунные изделия, работающие в условиях трения скольжения, должны обладать при минимальном износе твердостью, не превышающей 280 ед. Ограничение твердости чугуна связано с тем, что более высокие значения требуют в процессе механической обработки применения специального инструмента или значительного снижения скорости резания.

Поскольку для чугуна каждой плавки приходилось определять твердость и износостойкость, то в качестве параметра оптимизации использовали обобщенный показатель качества, так называемую "Функцию желательности" D (рис. 1).

$$D = \sqrt[2]{d_1 \cdot d_2} ,$$

где  $d_1, d_2$  – желательность отдельных свойств.

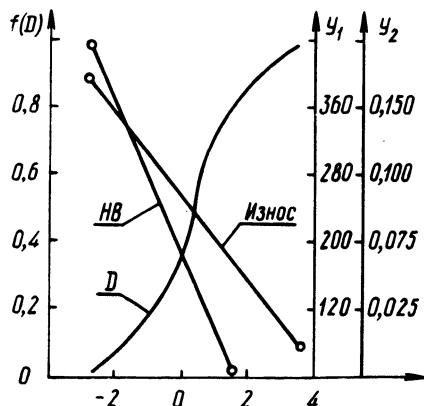


Рис. 1. Функция желательности  $f(D)$  для определения оптимального соотношения серы и марганца в износоустойчивом сплаве:  $Y_1$  – твердость НВ кг/мм<sup>2</sup>;  $Y_2$  – износ, г.

В общем случае D меняется от 0 (максимально нежелательный уровень) до 1 (максимально возможный уровень качества). Допустимым уровнем качества выбрали величину  $D = 0,45$ , являющейся достаточной для технического эксперимента, [2].

Таблица 1.

№ опыта	$X_1$	$X_2$	$y_1$	$y_2$	D
	S, %	Mn, %	HB	износ, г	
1	0,00	0,4	175	0,162	0,219
2	0,2	0,4	185	0,158	0,24
3	0,10	0,6	180	0,172	0,18
4	0,10	0,2	210	1,25	2,89
5	0,3	0,2	230	0,090	3,34
6	0,2	0,00	250	0,057	4,8
7	0,4	0,00	310	0,043	3,7
8	0,25	0,00	290	0,037	4,6

Варьируемыми факторами в данном случае являлись содержание в чугуне серы ( $x_1$ ) и марганца ( $x_2$ ). За базовый сплав был выбран чугун с концентрацией 0,5% марганца и 0,1% серы. Установив интервал варьирования по 0,1% и используя матрицу исходного симплекса для двух переменных, получили состав первых трех сплавов (табл. 1).

На основании анализа результатов испытания на износостойкость и твердость определено, что в первых трех опытах худший результат получился в последнем. Сплав № 4 представляет собой отражение точки сплава № 3. Его химический состав вычислялся по формуле

$$X^{k+1} = 1 \frac{\left( \sum_{n=1}^k X_{in} \right)}{k} - X_1^*,$$

где  $X^{k+1}$  - координаты новой вершины симплекса;  $X_1^*$  - координаты вершины исходного симплекса с наихудшим значением функции желательности;  $\frac{\sum_{n=1}^k X_{in}}{k}$  - среднее из координат

остальных вершин симплекса, без плохой.

В табл. 1 приведены результаты испытаний на износостойкость синтетического чугуна с химическим составом, выбранным методом симплекс-планирования.

В опыте 6 функция желательности оказалась равной 4,8, которая по сравнению с другими опытами является более вы-

сокой. Однако сплав не достиг необходимой твердости. Для нахождения экстремума данной функции поставлен опыт 8 с шагом 0,05.

Таким образом, применение метода симплекс—планирования позволило установить, что наивысшей износостойкостью обладают синтетические безмарганцовистые чугуны, содержащие 0,2–0,25% S.

### Л и т е р а т у р а

1. Худокормов Д.Н. и др. Исследование механизма износа чистых железоуглеродистых сплавов. – В сб.: Металлургия, вып. 11. Минск, 1977. 2. Новик Ф.С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. Раздел III. М., 1971.

УДК 669.131.7.001.5

В.М.Королев, канд.техн.наук,  
М.М.Бондарев, В.М.Дуйнов

### МОДИФИКАТОР ДЛЯ СФЕРОИДИЗАЦИИ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО СОСТАВА

В настоящее время в литейном производстве для сфероидизации графита в чугуне широко используются комплексные модификаторы, содержащие магний. Эффект обработки расплава этими модификаторами в значительной степени зависит от предварительной десульфурации чугуна. Введение Mg в сплав с повышенной концентрацией S приводит к образованию в отливках специфического дефекта – черных пятен, в состав которых входят преимущественно сульфиды и окислы магния.

Значительный теоретический и практический интерес представляет разработка модификатора, позволяющего получать качественные отливки из высокопрочного чугуна без черных пятен на базе чугунов промышленного состава.

В данной работе ставилась задача определить оптимальный состав комплексного модификатора на основе силикокальция для получения отливок из высокопрочного чугуна при применении промышленных высокоуглеродистых сплавов железа. Использование метода математического планирования эксперимента позволило при минимальном количестве опытов и одновременном варьировании всеми переменными построить математическую модель состава комплексного модификатора. Матрица планирования приведена в табл. 1.