

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

П. П. ПЕТРОСЯН и С. Э. ШОУ-ШАХБУДАГЯН

**ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ
ГЛОБУЛЯРНОГО ГРАФИТА В СЕРОМ ЧУГУНЕ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 15 XII 1949)

Физико-механические свойства железо-углеродистых сплавов, содержащих структурно-свободный графит, в значительной мере определяются величиной и формой выделений последнего. В промышленных сплавах встречаются, главным образом, два вида графита: пластинчатый в обычных серых чугунах и глобулярный графит, являющийся специфической особенностью ковкого чугуна.

В то время как пластинчатая форма графита получается непосредственно в деталях после литья, глобулярный графит (углерод отжига) выделяется в деталях из белого чугуна после продолжительной термической обработки.

Улучшение механических свойств серого чугуна было достигнуто в последнее двадцатилетие повышением дисперсности структурных составляющих и, главным образом, графита (например, модифицированный чугун), но форма выделений последнего в серых чугунах оставалась пластинчатой, и получаемый продукт, обладая значительной механической прочностью, не имел той вязкости, которая присуща ковкому чугуну (1). Естественно было ожидать, что получение глобулярного графита в литом сером чугуне должно было бы иметь следствием повышение не только прочности, но и вязкости металла (2).

Хотя влияние различных элементов на процесс графитизации изучалось многими исследователями на протяжении десятилетий, но только в последнее время было отмечено, что такие элементы, как магний и церий, будучи добавлены в серый чугун соответствующего состава, обуславливают выделение графита в нем в сфероидизированной форме (3).

В настоящей работе нами изучалось влияние основных сопутствующих элементов, а также скорости охлаждения на характер и форму выделений графита при добавках в жидкий серый чугун металлического магния и магниевых лигатур.

Исследование проводилось на двух марках чушкового чугуна состава, указанного в табл. 1

Таблица 1

Марка	С о с т а в в %				
	C	Si	Mn	S	P
ЛК-00	3,59	3,78	0,62	0,028	0,151
ЛК-3	3,54	1,85	0,66	0,030	0,156

Изменение содержания Mn, S и P производилось путем добавки в указанные чугуны, соответственно, ферромарганца, сернистого железа и

фосфористой меди. Плавка велась в графитовых тиглях емкостью 20 кг с перегревом до 1390—1400°. Добавка магния производилась в жидкий металл перед разливкой.

Добавка металлического магния сопровождается очень бурной реакцией, и поэтому оказалось более целесообразным прибавление магния в виде лигатуры, изготовленной нами и состоящей из Al—Cu—Mg (3:2:1). Лигатура давалась в количестве 1% (около 0,15% Mg) и одновременно вводился ферросилиций или силикокальций в количестве 0,3%. Этим металлом отливались образцы в виде палочек диаметром 10—15 мм.

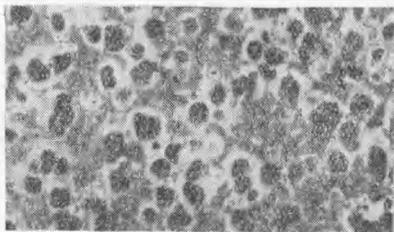


Рис. 1. Чугун ЛК-00 после обработки магнием. $\times 100$. Уменьш. при репрод. 2:3

При изучении влияния скорости охлаждения металл заливался в специальный прибор (4), позволяющий на одном образце получать меняющиеся в большом диапазоне скорости охлаждения.

На отлитых образцах изучались излом, микроструктура и обрабатываемость.

Во всех образцах, залитых металлом, обработанным магнием, графит выделялся в сфероидизированной форме, в то время как контрольные образцы, залитые металлом без обработки, имели в структуре типичный крупнопластинчатый графит.

Изучение шлифов из образцов различных серий опытов под микроскопом показало:

1. Изменение содержания кремния в широком диапазоне не вызывает принципиальных изменений в получаемой форме графитовых выделений; во всех образцах графит имеет сфероидизированную форму с оторочкой феррита различной величины. Структура на рис. 1 типична для этой серии опытов.

2. Изменение содержания марганца в литом чугуне в пределах от 0,6 до 7% не изменяет формы графита, который неизменно получается в виде сфероидов. При содержании марганца свыше 3—4% в структуре наблюдается структурно-свободный цементит в глобулярной форме (рис. 2). Твердость чугуна с содержанием 5% марганца была 302 единицы по Бринелю и допускала механическую обработку.

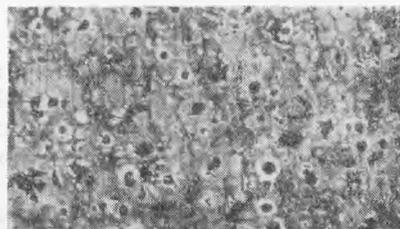


Рис. 2. Чугун ЛК-00 с добавкой 5,4% марганца. $\times 100$. Уменьш. при репрод. 2:3

Следует отметить, что добавка такого карбидообразующего элемента, как хром, в количестве 1% также не изменяет глобулярной формы графита: при этом в металлической основе наблюдается нераспавшийся ледобурит (рис. 3).

3. Анализ металла до и после обработки магнием показал понижение содержания серы с 0,13 до 0,04%, причем степень десульфуризации менялась в зависимости от количества вводимого магния, давая во всех случаях неизменно графит сфероидизированной формы и структурно-свободный цементит, количество которого изменяется со степенью десульфуризации. На рис. 4 дана структура чугуна, содержащего после обработки магнием 0,04% серы. Твердость была 255 при вполне удовлетворительной обрабатываемости.

4. Фосфор в изученном диапазоне содержания от 0,15 до 0,5% не оказывает влияния на выделение глобулярного графита, однако при высоком его содержании увеличивается твердость и хрупкость и ухудшается обрабатываемость.

Все образцы в вышеуказанных опытах после обработки магнием имели мелкозернистый излом с беловато-серым оттенком, резко отличным от черно-серого излома необработанного чугуна.

Изучение влияния скорости охлаждения показало, что графит, оставаясь глобулярным при всех полученных скоростях охлаждения, незначительно изменяется от структуры белого чугуна к перлитовой.

На основании полученных результатов нами была отлита ваграночным чугуном на центробежной машине золотниковая втулка паровоза серии З. Состав чугуна был: С 3,14%; Si 1,98%; Mn 0,57; S 0,14%; P 0,157%. После

обработки магниевой лигатурой в количестве 1,30% и ферросилицием содержание серы снизилось до 0,04%, каковое является средним по сечению, достигая на внутренней поверхности максимального значения в результате сегрегации под влиянием центробежной силы. Сравнительные данные механических свойств металла втулок, обработанных и не обработанных магнием, даны в табл. 2.

Таким образом, механические свойства и обрабатываемость втулки со сфероидизированным графитом в литом состоянии значительно выше таковых втулки без добавки магния, даже после термической обработки.

Полученные сравнительно высокие механические свойства металла в литом состоянии после обработки магнием могут быть, по данным предварительных опытов, еще более повышены как в смысле прочности, так и в смысле вязкости путем применения различных вариантов термической обработки.

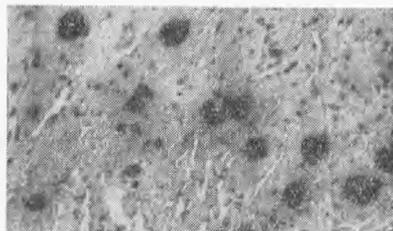


Рис. 3. Чугун ЛК-1 с добавкой 1,2% хрома. $\times 100$. Уменьш. при репрод. 2:3

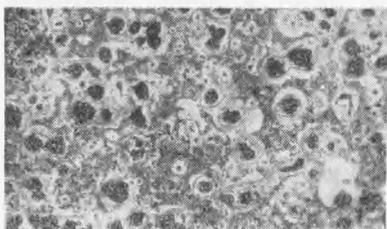


Рис. 4. Чугун ЛК-1 с доведением серы до 0,13%; содержание серы после обработки магнием 0,04%. $\times 100$. Уменьш. при репрод. 2:3

Таблица 2

Характер обработки	Усилие на разрыв σ_b Г/мм ²	Относит. удлинение δ % на длине 50 мм	Твердость по Бринеллю
Литое состояние; магний не давался	19,6	0	170
Термообработка после литья; закалка с 850° в воду; отпуск 600°	28,1	0	270
Обработка магнием; литое состояние	47,8	3,2	255

Тбилисский паровозо-вагоноремонтный завод
им. И. В. Сталина

Поступило
16 VIII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Ланда, Чугун повышенного качества, М., 1945, стр. 129. ² К. Кerpели, Металлургические и металлографические основы чугуна, 1933, стр. 61.
³ З. Н. Гиршович, Чугунное литье, 1949, стр. 385. ⁴ П. П. Петросян и С. Э. Шоу-Шахбудаган, Зав. лаб., № 2, 248 (1949).