



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4773465/02  
(22) 25.12.89  
(46) 15.06.92. Бюл. №22  
(71) Белорусский политехнический институт

(72) С.Н.Леках, С.П.Королев, В.М.Михайловский, Н.И.Бестужев, Е.М.Арсанов и В.М.Королев  
(53) 621.785 (088.8)  
(56) Заявка Японии  
№57-210910, кл. С 21 С 1/10, 1982.

Кузнецов Б.Л. Применение чугуна с шаровидными и вермикулярным графитом в автомобилестроении. М., 1984, с.68 - 70.  
(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУНА С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ

Изобретение относится к литейному производству, а именно к способам получения чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ), и может быть использовано для получения ответственных машиностроительных отливок.

Цель изобретения - сокращение количества шлаковых дефектов в отливках, теплотеря на обработку, а также стабилизация механических свойств чугуна ваграночной плавки с исходным содержанием серы 0,05 - 0,1%.

Сущность предложенного способа получения чугуна с вермикулярным графитом обусловлена следующим. Проведение строго согласованной с составом исходного жидкого чугуна последовательной двухстадийной обработки расплава редкоземельными элементами, количество которых

2

(57) Использование: при производстве отливок из чугуна с вермикулярным графитом. Сущность изобретения: получение чугуна осуществляют при двух стадиях обработки путем ввода в расплав РЗМ, количество которого определяют из выражения  $G = (5 - 6) \times [S_{исх} - (0,02 - 0,03)]$ , где  $S$  - содержание серы в исходном чугуне, причем на первой стадии вводят 40 - 80% от общего количества в виде лигатуры ФС30РЗМ30 путем ее присадки на желоб вагранки, усвоения лигатуры, осуществляемого в котловане в течение 2 - 5 мин, а затем после скачивания шлака на второй стадии в расплав присаживают оставшуюся часть РЗМ в виде модификатора ФСМгЗ при соотношении в нем РЗМ:Мg:Тi, равном 1:(0,4 - 0,5):(0,3 - 0,5). 3 табл.

определяется из выражения  $G = (5 - 6) \times [S_{исх} - (0,02 - 0,03)]$ , где  $G$  - расход РЗМ;  $S_{исх}$  - содержание серы в исходном чугуне. Разделение ввода РЗМ позволяет избежать ряда нежелательных эффектов. Если весь РЗМ ввести на конечной стадии, то ввиду больших расходов присадки, вводимой в ковш, требуется высокий перегрев металла, также по ходу заливки постоянно выделяются в ковше продукты реакции, которые могут попасть в полость литейной формы. При вводе РЗМ на ранней стадии теряется стабильность получения ЧВГ.

Поэтому в предлагаемом способе на первой стадии уровень исходной серы снижается до 0,02 - 0,03% в жидком чугуне при вводе 40 - 60% РЗМ от общего количества в виде лигатуры ФС30РЗМ30 путем ее присадки на желоб вагранки. Затем металл по-

ступает в подогреваемый копильник, где большая часть продуктов реакции при выдержке 2 – 5 мин успевает агрегатироваться и удалиться в шлак. При последующей обработке комплексным РЗМ – Mg – Ti, содержащим модификатор с определенным соотношением ингредиентов, достигается дополнительное глубокое рафинирование от растворенных кислорода и серы, кроме того, за счет перелива и дополнительного барботажа расплава парами идет активная флотация остающихся неметаллических включений в шлак, при этом вермикулярная форма включений графита стабилизируется в основном за счет повышенного соотношения остаточных содержаний РЗМ и магния в присутствии титана.

Именно такая последовательность обработки позволяет реализовать эффект рафинирования и получения ЧВГ из чугуна ваграночной плавки с высоким исходным содержанием серы при требуемых минимальных перегревах расплава.

Основание значений предельных параметров (получено экспериментально). При исходной сере менее 0,05% сокращается общее количество образующегося шлака и решение поставленной цели можно достичь за счет одностадийной обработки. При сере более 0,1% существенно возрастает стоимость обработки и необходимо в дополнение к РЗМ использовать другие более дешевые реагенты (сода, карбид кальция и т.д.). Ввод РЗМ в количестве 40 – 60% от общего количества на первой стадии обработки обусловлен: нижний предел 40% – содержанием серы в исходном чугуне на нижнем уровне (0,05%), верхний предел 60% – содержанием серы на верхнем уровне (0,1%). Коэффициенты (5 – 6) в формуле получения исходя из стехиометрического соотношения атомных весов РЗМ и серы, вступающих во взаимодействие и образующих сульфиды РЗМ с учетом коэффициента усвоения РЗМ (70 – 75%).

(0,02 – 0,03) – остаточное содержание серы (1%), растворенной или частично связанной в чугуне после первой стадии обработки. Если остается в расплаве в первый период более 0,03% серы, то теряется стабильность технологии получения ЧВГ, при остаточном содержании серы менее 0,02% растет количество шлака и угар РЗЭ. Остаточное содержание серы 0,02% достигается вводом 40% РЗМ в составе комплексного модификатора от его общего количества. При этом обеспечиваются минимальные теплотери и минимальное количество вносимого в состав чугуна кремния. Остаточное содержание серы 0,03% достигается

соответственно присадкой 60% РЗМ от его общего количества.

Данное процентное содержание вводимого РЗМ ограничено как увеличением теплотери на первой стадии обработки, так и повышенным содержанием кремния в отливках в связи с увеличивающимся общим количеством вводимого ФСЗОРЗМЗО.

Время выдержки расплава в копильнике после первой стадии обработки обусловлено необходимостью образования сульфидов РЗМ, их укрупнением и флотацией последних, имеющих относительно крупные размеры. Нижний предел (2 мин) – минимальное время образования и удаления продуктов реакции. Верхний предел (5 мин) связан с ростом теплотери, а также отсутствием прироста удаления шлаковых продуктов реакции.

Количество магния (2,5 – 3,5%) в составе модификатора ФСМгЗ на второй стадии обработки обеспечивает хорошее усвоение магния, отсутствие пирозффекта и дымовыделения. При содержании магния менее 2,5% сильно растет добавка модификатора, увеличиваются теплотери и содержание кремния в отливках. Превышение содержания магния более 3,5% ограничено с появлением пирозффекта, снижением степени усвоения магния, а также уменьшением стабильности получения чугуна с вермикулярным графитом.

Установлено соотношение РЗМ:Mg:Ti = 1:(0,4 – 0,5):(0,3 – 0,5), исходя из устойчивого получения ЧВГ. При отклонении ниже нижнего предела Ti происходит недостаточное десфероидизирующее влияние. Отклонение выше верхнего предела не позволяет возрасти вермикуляризирующим действиям комплексного модификатора, однако возможным становится появление плен в отливках и загрязнение титаном литья из возврата.

Расчет технологии.

$S_{исх} = 0,1\%$ , ввод РЗМ на первой стадии 60% от его общего количества.

$6 \times (0,1 - 0,03) = 6 \times 0,07 = 0,42\%$  РЗМ – общее количество.

$0,42 - 100\%$

$X - 60\%$

$X = \frac{0,42 \times 60}{100} = 0,252\%$  РЗМ на первой

стадии.

Тогда на первой стадии необходимо ввести ФСЗОРЗМЗО (учитывая, что РЗМ в составе ФСЗОРЗМЗО – 30%) в количестве  $0,252:0,3 = 0,84\%$  ФСЗОРЗМЗО.

На второй стадии при РЗМ = 6,6% в составе ФСМгЗ его количество составит:

$0,42 - 0,252 = 0,168\%$ ;  $0,168 : 0,066 = 2,5\%$   
ФСМгЗ.

$S_{исх} = 0,07$ , ввод РЗМ на первой стадии  
50% от его общего количества.

$6 \times (0,07 - 0,025) = 6 \times 0,045 = 0,27\%$  РЗМ –  
общее количество.

$0,27 - 100\%$

$X - 50\%$

$X = \frac{0,27 \times 50}{100} = 0,135\%$  РЗМ на первой

стадии.

Тогда на первой стадии необходимо  
вести ФСЗОРЗМЗО в количестве  $0,135 : 0,3 =$   
 $= 0,45\%$  ФСЗОРЗМЗО.

На второй стадии (РЗМ = 6,6%) необхо-  
димо ввести модификатор ФСМгЗ в количе-  
стве  $0,27 - 0,135 = 0,135\%$ ;  $0,135 : 0,066 =$   
 $2,0\%$  ФСМгЗ.

$S_{исх} = 0,05\%$ , ввод РЗМ на первой ста-  
дии 40% от его общего количества.

$6 \times (0,05 - 0,02) = 6 \times 0,03 = 0,18\%$  РЗМ –  
общее количество.

$0,18 - 100\%$

$X - 40\%$

$X = \frac{0,18 \times 40}{100} = 0,072\%$  РЗМ на первой

стадии.

Тогда необходимо ввести ФСЗОРЗМЗО  
в количестве  $0,072 : 0,3 = 0,24\%$   
ФСЗОРЗМЗО.

На второй стадии (РЗМ = 6,6%) необхо-  
димо ввести модификатор ФСМгЗ в количе-  
стве  $0,18 - 0,072 = 0,108\%$  РЗМ или  
 $0,108 : 0,066 = 1,6\%$  ФСМгЗ.

Данные расчетов сведены в табл. 1.

Способ осуществляют следующим об-  
разом.

Плавку осуществляют в вагранке с кис-  
лой футеровкой производительностью 3 т/ч.  
Химический состав чугуна ваграночной  
плавки следующий, мас. %:

Углерод 3,5 – 3,7  
Кремний 2,0 – 2,4

Марганец

0,4 – 0,7

Хром

0,03 – 0,04

Сера

0,05 – 0,1

После перегрева расплава до  $1410^{\circ}\text{C}$   
5 производят обработку по известному и  
предлагаемому способам получения ЧВГ.  
Для получения сравнительных результатов  
используют модельную оснастку, позволяю-  
щую получать клиновидные пробы, из кото-  
рых изготавливают образцы для  
10 механических испытаний и оценки степени  
загрязненности сплава.

Полученные результаты приведены в  
табл. 2 и 3.

Предлагаемый способ стабилизирует  
15 механические свойства чугуна с вермику-  
лярным графитом, при этом существенно  
снижается степень загрязненности сплава  
неметаллическими включениями.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ получения чугуна с вермикуля-  
рным графитом, включающий двухстадийную  
20 обработку расплава и последующую подачу  
расплава в ковш на разливку, отличаю-  
ющийся тем, что, с целью снижения тепло-  
потерь и уменьшения количества неметал-  
лических включений в структуре чугуна, при  
двух стадиях обработки чугуна в расплав  
30 вводят РЗМ, количество которого определя-  
ется из выражения  $G = (5 - 6) \cdot [S_{исх} - (0,02 -$   
 $0,03)]$ , где  $G$  – расход РЗМ,  $S$  – содержание  
серы в исходном чугуне, причем на первой  
стадии вводят 40 – 60% от общего количе-  
ства в виде лигатуры ФСЗОРЗМЗО путем ее  
35 присадки на желоб вагранки и последую-  
щим ее усвоением расплавом в подогревае-  
мом копильнике в течение 2 – 5 мин,  
скачивают шлак, а на второй стадии в рас-  
плав присаживают оставшуюся часть РЗМ в  
40 виде модификатора ФСМгЗ при соотноше-  
нии в последнем РЗМ:Мg:Тi, равном 1:(0,4 –  
0,5):(0,3 – 0,5).

$S_{исх}, \%$	ФСЗОРЗМЗО, %	ФСМгЗ, %
0,1	0,84	2,5
0,07	0,45	2,0
0,05	0,24	1,6

Т а б л и ц а 2.

Способ полу- чения ЧВГ	Уровень содержа- ния ин- гредиентов	Содержа- ние се- ры в ис- ходном чугуне, мас. %	Расход ли- гатуры на I стадии обработ- ки, мас. %	Расход ли- гатуры на 2 стадии обработки, мас. %	Расход ли- гатуры на 3 стадии обработки, мас. %	Время выдерж- ки после 1 стадии обра- ботки, мин	Время выдерж- ки после 2 стадии обра- ботки, мин	Соотноше- ние РЗМ: Mg: Ti	Тепловые потери металла с момента обработ- ки до заливки в формы, °C	Площадь, занима- емая не- металли- ческими включениями в об- разцах, $\frac{S_{\text{вкл}}}{S_{\text{обр}}} \times 100\%$	$\sigma_{\text{в}}$ <sup>*</sup> МПа	Всего количе- ство отливок, шт.	Количе- ство от- ливок из ЧВГ, шт.	
Извест- ный	1	Средний	0,07	СКК 1,35	ЖМК-3Р 1,3	ФС75 0,5	-	4,5	-	90	4,1	$\frac{230-420}{325}$	100	55
Пред- лагае- мый	2	Нижний	0,05	ФС30РЗМ30 0,24	ФСМГ3 1,6	-	3,5	-	6,6:3,0:2,6	35	1,3	$\frac{375-400}{380}$	100	95
	3	Средний	0,07	ФС30РЗМ30 0,45	ФСМГ3 2,0	-	3,5	-	6,6:3,0:2,6	45	1,0	$\frac{390-435}{410}$	100	100
	4	Верхний	0,1	ФС30РЗМ30 0,84	ФСМГ3 2,5	-	3,5	-	6,6:3,0:2,6	50	1,1	$\frac{400-445}{425}$	100	100
	5	Ниже нижнего	0,05	ФС30РЗМ30 0,15	ФСМГ3 1,4	-	3,5	-	6,5:3,0:2,6	35	1,6	$\frac{320-385}{355}$	100	80
	6	Выше верхнего	0,1	ФС30РЗМ30 1,1	ФСМГ3 2,7	-	3,5	-	6,6:3,0:2,6	70	1,1	$\frac{450-500}{430}$	100	100 <sup>**</sup>

\* В числителе разброс данных по пределу прочности на растяжение, знаменатель - среднее значение.

\*\* В структуре находится 50-60% шаровидных и 40-50% вермикулярных включений графита.

Т а б л и ц а 3

Способ получения ЧБГ	Содержание серы в иск. чугуна, мас. %	Расход лигатуры на 1 стадии обработки, мас. %	Расход лигатуры на 2 стадии обработки, мас. %	Время выдержки после 1 стадии обработки, мин	Соотношение РЭМ: Mg: Ti	Тепловые потери металла с момента обработки до заливки в формы, °С	Площадь, занимаемая неметаллическими включениями в образцах, $\frac{S_{вкл}}{S_{вкл} + 100\% \text{ Совр}}$	У, МПА	Всего кол-во отливок, шт	Кол-во отливок из ЧБГ, шт
Предлагаемый		ФСЗОРЭМ30	ФСМг3							
Оптимизация времени выдержки после 1 стадии обработки при уровне содержания ингредиентов										
нижнем	0,07	0,45	2,0	2,0	6,6:3,0:2,6	40	1,2	$\frac{390-425}{405}$	100	100
среднем	0,07	0,45	2,0	3,5	6,6:3,0:2,6	45	1,0	$\frac{390-435}{410}$	100	100
верхнем	0,07	0,45	2,0	5,0	6,6:3,0:2,6	55	0,9	$\frac{395-445}{420}$	100	100
ниже нижнего	0,07	0,45	2,0	1,0	6,6:3,0:2,6	37	1,5	$\frac{375-400}{390}$	100	95
выше верхнего	0,07	0,45	2,0	7,0	6,6:3,0:2,6	65	0,9	$\frac{395-460}{430}$	100	100
Оптимизация соотношения РЭМ: Mg: Ti в лигатуре ФСМг3 при уровне										
нижнем	0,07	0,45	2,18	3,5	6,2:2,5:3,1	47	1,25	$\frac{370-420}{400}$	100	100
среднем	0,07	0,45	2,0	3,5	6,6:3,0:2,6	45	1,0	$\frac{390-435}{410}$	100	100
верхнем	0,07	0,45	1,92	3,5	7:3,5:2,1	42	0,9	$\frac{395-440}{410}$	100	100
ниже нижнего	0,07	0,45	2,25	3,5	6,0:2,3:3,1	48	1,6	$\frac{350-410}{375}$	100	90
выше верхнего	0,07	0,45	1,87	3,5	7,2:3,7:2,1	38	0,95	$\frac{390-450}{420}$	100	95

Редактор Т.Лазоренко

Составитель С.Королев  
Техред М.Моргентал

Корректор О.Кравцова

Заказ 2051

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101