

2. *Матвеева М.О., Шаповалова О.М.* Влияние хрома на плотность белого и половинчатого чугуна/ Ж. «Металлургическая и горнорудная промышленность». – 2006. – № 4. – С.37-41.

3. *Матвеева М.О., Шаповалова О.М.* Влияние содержания хрома на структуру и свойства чугуна/ Ж. «Системные технологии». – 2005. – № 5 (40). – С.3-13.

4. *Шаповалова О.М., Матвеева М.О.* Влияние хрома на формирование графита в чугунах/ Ж. «Металловедение и термическая обработка металлов». – 2004. – № 4. – С.24-30.

УДК 669.162.275:669.721.5

**А. В. Наривский, В. А. Туник, И. Г. Раздобарин, А. В. Перехода**

Физико-технологический институт металлов и сплавов

НАН Украины, г. Киев

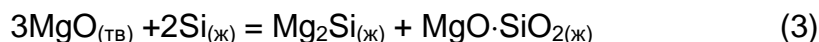
## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ЧУГУНА ПАРАМИ ВОССТАНОВЛЕННОГО ИЗ ОКСИДОВ МАГНИЯ**

Магний и его сплавы в виде лигатур или модификаторов используют для обессеривания расплава, а также для получения чугуна с вермикулярной или шарообразной формами графита. Однако малая плотность магния и наличие пироэффекта при введении в расплав ограничивает широкое применение его в производстве чугуна. Учитывая это, а также дефицит магния и сложность его хранения в измельченном виде, разработали технологию обработки чугуна парами магния, который восстанавливали из оксидов. Для реализации такой технологии применяют не дефицитные магнийсодержащие материалы – магнезит и доломит, или отходы их производства, концентрация магния в которых разная. Так, в доломите массовая доля магния составляет 21÷23 %, а в магнезите 54÷55 %. Поэтому для обработки чугуна парами восстановленного магния использовали магнезит.

В металлотермических процессах магний из оксидов восстанавливают кремнием. Для этого прокаленный магнезит  $MgCO_3$  или доломит  $CaO \cdot MgO$  смешивают с ферросилицием ФС75 и нагревают в электропечах до температуры 1200-1300 °С. При этих температурах магний восстанавливается из доломита по реакции:



Восстановление магния из магнезита кремнием происходит в две стадии:



Восстановление и испарение магния проводили путем нагрева компонентов

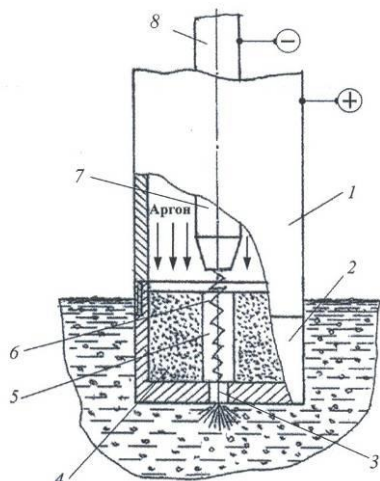


Рисунок 1 – Схема процесса обработки чугуна парами магния, восстановленного из оксидов [2]:

1 – корпус; 2 – анод съемный; 3 – сопло плазмотрона; 4 – брикет из смеси оксидов с восстановителем; 5 – канал для контакта дуги с расплавом; 6 – электрическая дуга; 7 – катод; 8 – подвижный электрод.

плазменной струей. Для этого изготавливали брикеты из смеси дробленых (фракция 2-4 мм) магнезита и ферросилиция марки Ф75, в которую добавляли чугунную стружку. При нагреве брикета стружка плавится и жидкий металл заполняет пустоты между частицами магнезита и ферросилиция, что повышает скорость процесса взаимодействия между компонентами. Кроме этого расплав, образующийся при плавлении стружки, является жидкой подложкой. На таких активных подложках увеличиваются интенсивность межфазного взаимодействия и эффективность восстановительных процессов. Массу брикета рассчитывали по массе магнезита и восстановителя (кремния) [1]. Брикет размещали в прикатодной зоне плазмотрона (рис. 1). По-

сле расплавления и перегрева чугуна до температуры  $\sim 1360$  °С индукционную печь выключали и открывали доступ аргона к плазмотрону. В жидкий металл погружали плазмотрон и подавали напряжение на него от источника постоянного тока ВПР-602. Затем возбуждали электрическую дугу между расплавом и катодом в плазмотроне. В процессе обработки чугуна магнием мощность плазмотрона изменяли от 15 до 23 кВт при постоянном расходе аргона  $\sim 7,5$  л/мин. Продувку чугуна высокотемпературной газопаровой смесью проводили до прекращения бурления поверхности расплава и исчезновения светящихся точек на ней. После этого плазмотрон поднимали вверх, выключали напряжение и прекращали подачу аргона на него. Из обработанного металла получали в песчаных формах цилиндрические образцы ( $\varnothing = 30$  мм,  $L = 250$  мм) для исследования структуры и определения химического состава чугуна.

Результаты исследования (табл.) свидетельствуют о том, что процессы рафинирования чугуна парами восстановленного магния протекают достаточно интенсивно.

но. Продолжительность такой обработки расплава зависит от массы брикетов и не превышает 2 мин. В процессе обработки расплава парами магния наряду с модифицированием происходит десульфурация чугуна. Так, после обработки чугуна брикетами массой 0,2-0,25 % от его веса в течение 1,5-2 мин концентрация серы в расплаве уменьшается от 0,043 % до 0,011-0,013 %. Степень десульфурации чугуна при этом составляет 70-74 %.

Экспериментально установили, что в процессе выдержки обработанного парами магния расплава в печи уменьшается содержание серы в чугуне.

Таблица 1– Эффективность процесса обработки чугуна восстановленным магнием

Параметры процесса	Показатели				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Расход смеси от массы чугуна, %	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Расход магнезита	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
Количество испаренного магния в расплаве	0,022	0,044	0,066	0,088	0,11
Массовая доля магния в чугуне, %	Следы	0,008	0,018	0,031	0,043
Продолжительность реакции, мин	0,3	0,7	1,0	1,5	2
Степень усвоения магния чугуном, %	–	75	73	75	71
Массовая доля серы в чугуне, %	0,038	0,025	0,013	0,012	0,011

После 10-минутной выдержки в печи массовая доля серы в чугуне уменьшается от 0,018 до 0,011 %. Увеличение времени выстаивания чугуна после его обработки магнием до 20 мин приводит к снижению массовой доли серы в литом металле до 0,006 %. Можно предположить, что уменьшение концентрации серы в чугуне при его выстаивании происходит за счет удаления из расплава сульфидов путем флотации их на поверхность ванны. Поэтому перед разливкой в формы модифицированный чугун целесообразно выдерживать в печи не менее 10 мин.

С повышением концентрации магния в расплаве интенсифицируются процессы модифицирования и десульфурации чугуна, изменяется структура в отливках. Структура исходного чугуна приведена на рисунке 2, а. После обработки жидкого металла парообразным магнием, который получали при нагреве плазмой брикетов из оксидовосстановительной смеси массой до 0,1 % от веса чугуна, структура в отливках практически не изменяется. Видимые превращения в структуре чугуна начи-

наются после обработки его брикетами массой 0,15-0,25 % от веса металла (рис. 2, б, в).

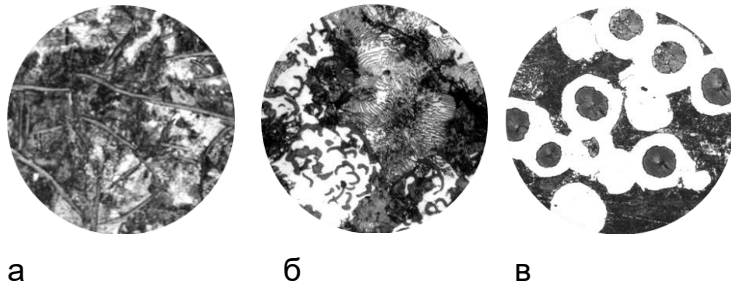


Рисунок 2 – Микроструктура ( $\times 200$ ) отливок при разной концентрации магния в чугуна, %: а – исходный; б – 0,015; в – 0,035-0,043.

Предложенная технология позволяет изменять структуру в литых изделиях из чугуна путем оптимизации массы брикетов и интенсивности нагрева их в плазмотроне. Мощность плазмотрона необходимо регулировать так, чтобы количество испаренного магния соответствовало его расходу, который усваивается расплавом. При таком режиме обработки процессы модифицирования и десульфурации чугуна будут протекать спокойно с минимальными потерями магния.

### Список литературы

1. Плавка и внепечная обработка чугуна для отливок / К. И. Ващенко, В. С. Шумихин. – К.: Вища школа, 1992. – 227 с.
2. Патент № 113664 (Україна). Способ обработки сплавов магнием / А. В. Наривский, В. Л. Найдек, А. М. Верховлюк и др. 2017. Бюл. № 4