

Технология обработки чугуна парами восстановленного из оксидов магния

Определена эффективность процессов модифицирования и десульфурации чугуна парами магния, который восстанавливали из магнезита в плазмотроне, заглубленном в жидкий металл.

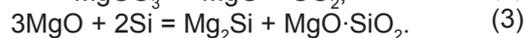
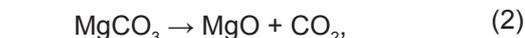
Ключевые слова: чугун, плазмотрон, восстановление, пары магния, модифицирование.

Магний и его сплавы в виде лигатур или модификаторов используют для обессеривания расплава, а также для получения чугуна с вермикулярной или шаровидной формами графита. Однако малая плотность магния и наличие пироэффекта при введении в расплав ограничивает его широкое применение в производстве чугунного литья. Учитывая это, а также дефицит магния и сложность его хранения в измельченном виде, разработали технологию обработки чугуна парами магния, который восстанавливали из его оксидов. Для реализации такой технологии применяют недефицитные магниесодержащие 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 %. В работе для получения паров магния использовали магнезит.

В металлотермических процессах магний из оксидов восстанавливают кремнием. Для этого просушенный 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 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 ними. Кроме этого, расплав, образующийся при плавлении стружки, является жидкой подложкой. На таких активных подложках увеличиваются интенсивность межфазного взаимодействия и эффективность восстановительных про-

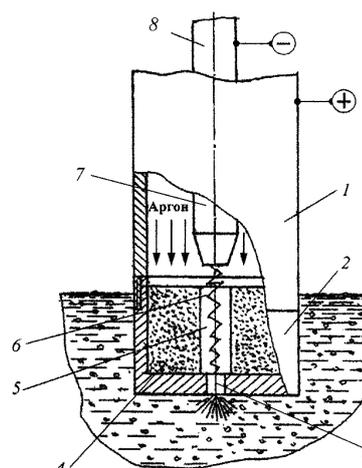


Рис. 1. Схема процесса обработки чугуна парами магния [2]: 1 – корпус; 2 – анод съемный; 3 – сопло плазмотрона; 4 – брикет из смеси оксидов с восстановителем; 5 – канал для контакта дуги с расплавом; 6 – электрическая дуга; 7 – катод; 8 – подвижный электрод

цессов. Массу брикета рассчитывали по соотношению магнезита с восстановителем (кремнием) [1].

Брикет размещали в прикатодной зоне плазмотрона (рис. 1). После расплавления и перегрева чугуна до температуры ~ 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 10 до 18 кВт при постоянном расходе аргона ~ 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 чугуна и определения содержания в нем серы.

Результаты исследования (таблица) свидетельствуют о том, что процессы рафинирования и модифицирования чугуна парами восстановленного магния протекают достаточно интенсивно. Продол-

Эффективность процесса обработки чугуна восстановленным магнием

Параметры процесса	Показатели				
Расход смеси, % от массы чугуна	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Расход магnezита	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
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
Массовая доля серы в чугуне, %	0,038	0,025	0,013	0,012	0,011

жительность такой обработки расплава зависит от массы брикетов и не превышает 2 мин.

С повышением концентрации магния в расплаве интенсифицируется процесс модифицирования чугуна, изменяется структура в отливках. Структура исходного чугуна приведена на рис. 2, а. После обработки жидкого металла парообразным магнием, который получали при нагреве плазмой брикетов массой до 0,1 % от веса чугуна, структура в отливках практически не изменяется. Видимые превращения в структуре чугуна начинаются при увеличении на его обработку количества восстановленной смеси до 0,18 % от массы металла и более (рис. 2, б).

Так, в чугуне, обработанном брикетами массой 0,2–0,25 %, остаточная концентрация магния увеличивается до 0,031–0,043 %. При таком содержании магния графит в закристаллизованном чугуне приобретает шаровидную форму (рис. 2, в).

Предложенная технология обработки расплава парами магния позволяет также эффективно рафинировать чугун от серы. 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 %. В процессе выдержки в печи рафинированного чугуна содержание серы в нем продолжает уменьшаться. После 10-минутной выдержки массовая доля серы в чугуне снижается 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 концентрация серы в чугуне при выстаивании уменьшается за счет удаления из расплава сульфидов, путем флотации их на поверхность ванны.

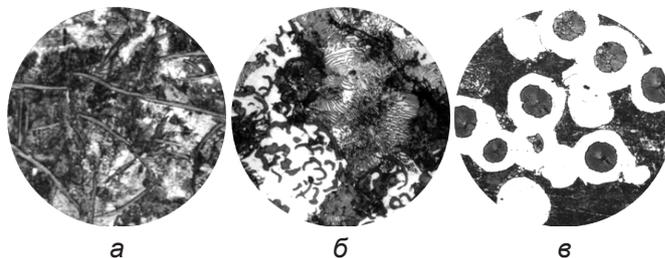
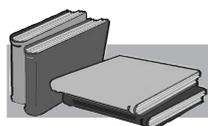


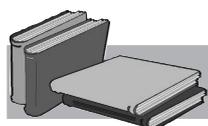
Рис. 2. Микроструктура ($\times 200$) отливок при разной концентрации магния в чугуне, массовая доля, %: а – исходный; б – 0,015; в – 0,035

Технология обработки жидкого металла восстановленным из оксидов магнием позволяет управлять интенсивностью протекания процессов рафинирования и модифицирования чугуна. Это достигается путем оптимизации массы брикетов из восстановительной смеси и их контролируемого нагрева в плазмотроне. При обработке расплава необходимо регулировать электрическую мощность плазмотрона 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.



ЛИТЕРАТУРА

1. Ващенко К. И., Шумихин В. С. Плавка и внепечная обработка чугуна для отливок. – Киев: 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.



REFERENCES

1. Vashchenko K. I., Shumikhin V. S. (1992). Plavka i vnepechnaia obrabotka chuguna dlia otlivok [Melting and extra oven processing of cast iron for castings]. Kiev: Vyshcha shkola, 227 p. [in Russian].
2. Narivskiy A. V., Naydek V. L., Verkhovliuk A. M. et al. Patent of Ukraine no. 113664. Sposob obrabotki splyavov magniєм [Method of processing alloys with magnesium]. 2017, Bul. no. 4 [in Russian].

Анотація

Нарівський А. В., Туник В. О., Раздобарін І. Г., Перехода О. В.

Технологія обробки чавуну парами магнію, що відновлений з оксидів

Визначено ефективність процесів модифікування і десульфурзації чавуну парами магнію, який відновлювали з магнезиту в плазмотроні, що занурений у рідкий метал.

Ключові слова

Чавун, плазмотрон, відновлення, пари магнію, модифікування.

Summary

Narivskiy A., Tunik V., Razdobarin I., Perekhoda A.

The technology of treatment the cast iron by vapours of magnesium reduced from its oxides

It was determined the efficiency of the processes of modifying and desulphurizing of cast iron by vapours of magnesium which was reduced from magnesite in the plasmatron submerged into a liquid metal.

Keywords

Cast iron, plasmatron, reduction, vapours of magnesium, modifying.

Поступила 04.07.17