

## ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ВВОДА МАГНИЯ В ЧУГУН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШАРОВИДНОЙ ФОРМЫ ГРАФИТА\*

Наиболее аргументированная теплофизическая модель [1,2] формирования зародышей шаровидного графита объясняет процесс модифицирования исходя из следующих положений. После ввода магния в расплав (1370-1390 °С) происходит его нагрев, расплавление и переход в парообразное состояние при температуре 1103 °С. При интенсивном кипении магния происходит отбор тепла, охлаждение и затвердевание небольшого слоя чугуна, окружающего магнией. За счёт высокого поверхностного натяжения формируется шаровидный зародыш, состоящий из парообразного магния и оболочки быстро затвердевшего чугуна.

Металлографическим методом после модифицирования выявлено образование в чугуне пор шаровидной формы размером от 3 до 5 мкм, которые являются зародышами для последующего образования шаровидного графита [2]. Исследования плотности образцов методом гидростатического взвешивания в четыреххлористом углероде до и после модифицирования подтвердили образование микропористости после модифицирования магнием. Расчеты [2] показали, что толщина затвердевшего слоя чугуна составляет  $\Delta R/R_{Mg\ n} \approx 0,2$  радиуса парообразного включения магния. Тогда расплавлением оболочки  $\Delta R$  можно легко объяснить все основные процессы демодифицирования:

1. Причины отсутствия шаровидного графита при модифицировании чугуна, имеющего повышенную температуру.
2. Уменьшение плотности жидкого чугуна после модифицирования магнием.
3. Увеличение скорости ультразвуковых колебаний в расплаве после модифицирования магнием.
4. Увеличение диаметра шаровидного включения при уменьшении скорости затвердевания и увеличении продолжительности кристаллизации отливки.
5. При модифицировании чугуна в автоклаве с давлением более 6 атм шаровидный графит отсутствует.
6. Общая оценка влияния химических элементов-демодификаторов на образование шаровидного графита.

7. Продувка расплава аргоном и азотом не обеспечивает получение графита шаровидной формы, хотя пузырьки образуются.
8. При повышенном в несколько раз содержании магния шаровидный графит не образуется.
9. Демодифицирование при длительной выдержке между моментом модифицирования и заливкой.
10. Причины понижения температуры солидус и отсутствия при этом уменьшения температуры ликвидус.
11. Обоснование эффективности вторичного модифицирования ферросилицием марки ФС-75, но не ферросилицием с меньшим содержанием кремния.

Выведены расчётные формулы для определения температуры охлаждения чугуна при вторичном модифицировании порошкообразным ферросилицием марки ФС75 прокатных валков с шаровидной формой графита. Так как на первом этапе при модифицировании магнием содержание кислорода в чугуне резко уменьшается по реакции  $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$ , то при вторичном вводе ФС75 экзотермической реакции соединения кремния с кислородом не происходит. Поэтому ферросилиций обеспечивает дополнительное охлаждение зародышей, из которых будет формироваться шаровидные включения графита. Это позволит уменьшить скорость расплавления оболочки  $\text{Fe}_3\text{C}$ , образовавшейся ранее при кипении магния, и повысить степень глобулярности формы графита.

### Список литературы

1. Хрычиков В.Е. К вопросу образования шаровидного графита при модифицировании чугуна магнием. *Литейное производство* №2, 1997, с. 5-7.
2. Хрычиков В.Е., Меняйло Е.В., Дейнеко Л.Н. Теплофизические процессы образования шаровидного графита в высокопрочном чугуне. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2008. - №2. - С. 36-40.

\* Автор признателен проф. Хрычикову В.Е. за оказанную помощь при выполнении работы.