

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СЕРЫ НА ПРОЦЕСС МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНОВ

The special influence of sulphur on the process of eutectic transformation and microstructure of modified cast-iron was investigated. The negative influence of sulphur on the process of modification in cast-iron was shown.

Как известно, на структурную наследственность существенное влияние оказывают различные неконтролируемые примеси химических элементов, вносимых в состав чугунов из различных шихтовых материалов. Литературные данные о влиянии малых добавок элементов довольно-таки обширны. Однако они получены при исследовании чугунов различного состава, выплавленных в различных плавильных агрегатах. Тем более, данные об их влиянии на структуру и свойства отливок противоречивы. Известно также, что одним из эффективных методов исправления структурной наследственности является метод модифицирования чугуна. В данной работе изучены некоторые особенности влияния серы на процесс модифицирования серого чугуна.

Сера является одной из наиболее вредных примесей в чугуне. Содержание серы в чугунах находится в количествах 0,02–0,2%. Чаще всего в обычных серых чугунах – в количествах 0,05–0,12%, в чугунах с шаровидным графитом – менее 0,03%, так как модификаторы действуют как десульфураторы. В тройных сплавах Fe-C-S образуется тройная эвтектика, содержащая C – 0,15%, S – 31,1%, остальное Fe – 68,75%. Температура плавления эвтектики 975°C, т. е. эвтектика легкоплавкая и располагается по границам эвтектических зерен. В состав эвтектики входит FeS, склонный к собиранию вредных примесных включений.

Сера является примесью карбидообразующей, т. е. способствующей отбелу чугуна. Если сульфиды располагаются по границам зерен, то создаются трудности для диффузии углерода, поэтому сера действует как карбидообразующий элемент. Сульфиды являются твердыми и хрупкими составляющими, поэтому понижают механические и ухудшают литейные свойства, значительно увеличиваются при этом усадка, трещины. Сера способна к ликвации, поэтому в отдельных местах отливки могут появляться твердые пятна. В силу этого стараются как можно больше уменьшить содержание серы в чугуне. Литейщики применяют методы для уменьшения содержания серы: обессеривание содой, Mn, используют основную футеровку в вагранках и др.

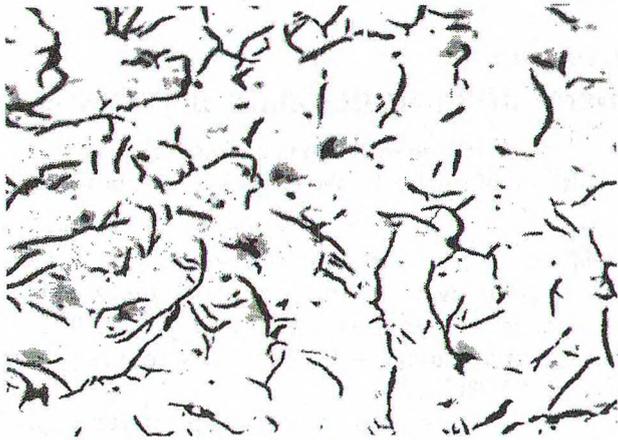
Влияние серы очень заметно в чугунах с шаровидным графитом, в ковких чугунах, т. е. в чугунах, чувствительных к изменению условий графитизации. В тонкостенных отливках

влияние серы более заметно, чем в толстостенных, поэтому стремятся в тонкостенных отливках содержание серы держать на уровне 0,03%, средней толщины – 0,1%, толстостенных – не более 0,12%.

Влияние серы в чугунах парализует марганец по реакции $FeS + Mn = MnS + Fe$ с выделением 39 830 ккал. Если температура чугуна падает, значит, чугун интенсивно обессеривается. Температура плавления MnS – 1620°C, т. е. он более тугоплавкая составляющая, чем чугун, а его удельный вес в 2 раза меньше, чем чугуна. В силу этого MnS всплывает на поверхность. На практике содержание марганца поддерживают в 3–3,5 раза большим, чем содержание серы. Сульфиды марганца наблюдаются в чугуне в виде отдельной структурной составляющей, однако они не представляют чистого химического соединения, т. к. MnS и FeS образуют в широком интервале концентраций твердые растворы.

Сера играет важную роль при обработке чугуна модификаторами. Сера, как постоянная примесь чугуна, взаимодействуя с элементами, входящими в состав модификатора, будет оказывать влияние на эффективность модифицирования. Изучалось влияние различной концентрации серы в исходном чугуне, содержащем C – 3,54%, Mn – 0,84%, Si – 2,06%, S – 0,02%, P – 0,09%, на число эвтектических зерен и склонность чугуна к отбелу. В качестве модификатора использовался ФС30РЗМ30, содержащий Si – 49,7%, РЗМ – 30%, Al – 5,03%, Ca – 2,08%, остальное железо, в количестве 0,05% от веса жидкого металла. Сера вводилась в жидкий чугун перед его обработкой из расчета ее содержания в чугуне от 0,02 до 0,18%. Отливались клиновые пробы на отбел, а также образцы для металлографических анализов.

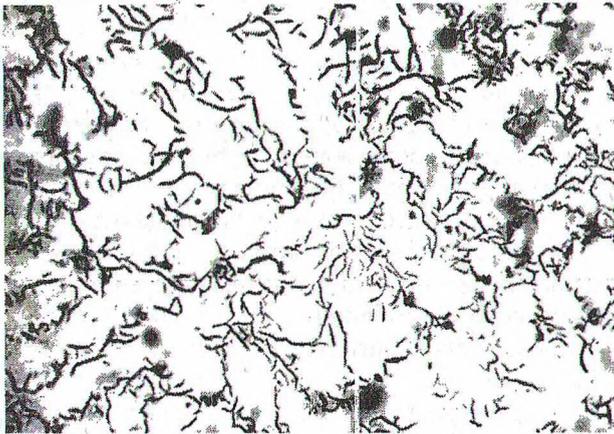
Результаты исследований влияния серы на микроструктуру модифицированного ФС30РЗМ30 серого чугуна представлены на рис. 1. Результаты исследования влияния серы на число эвтектических зерен и глубину отбела немодифицированного и модифицированного ФС30РЗМ30 чугуна показаны на рис. 2. Они свидетельствуют об отрицательном влиянии серы на эффект модифицирования, что подтверждается металлографическим анализом (рис. 1). При этом увеличивается как размер эвтектических ячеек, так и склонность чугуна к отбелу.



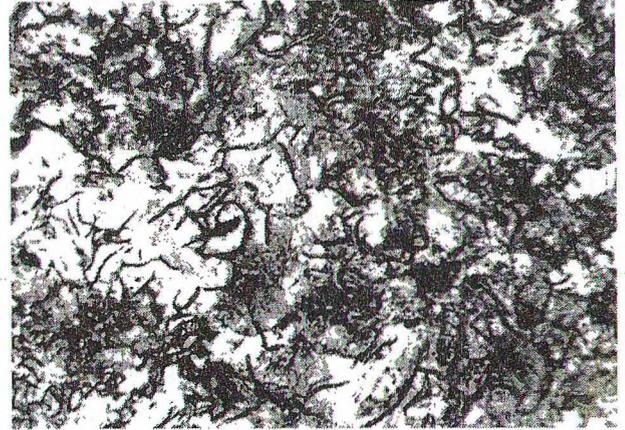
а



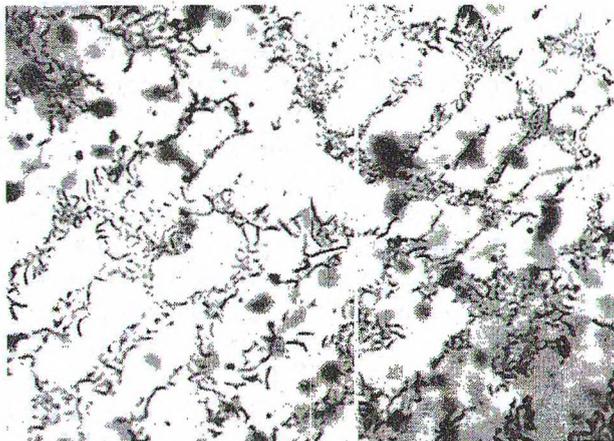
б



в



г



д



е

Рис. 1. Микроструктура модифицированного FC30P3M30 чугуна с добавками серы до травления (а, в, д) и после травления (б, г, е): а, б – исходный модифицированный чугун; в, г – добавка 0,06% серы; д, е – добавка 0,12% серы

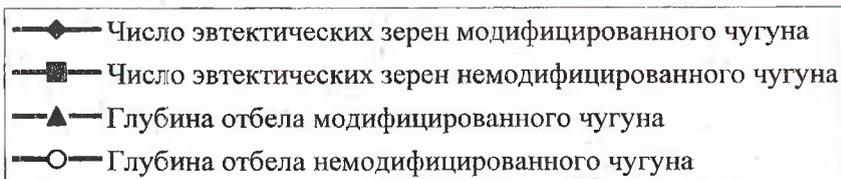
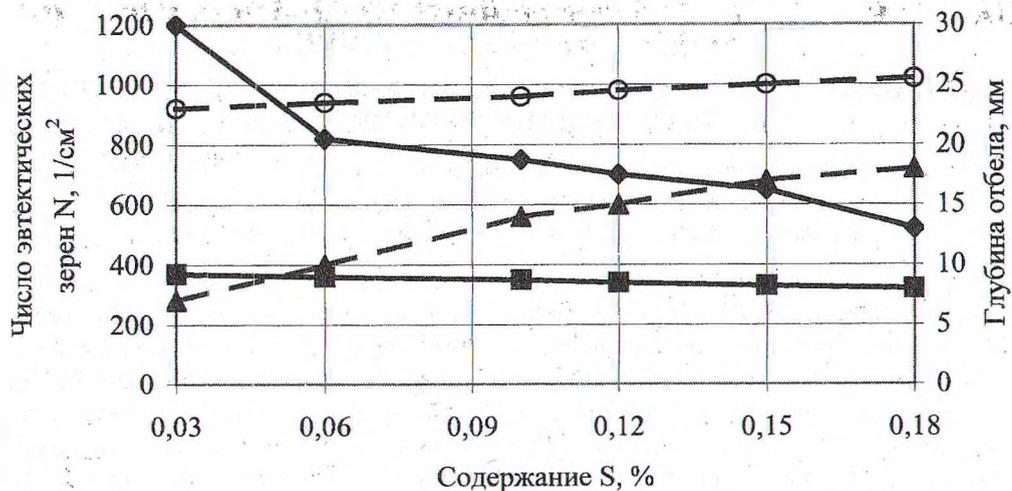


Рис. 2. Влияние серы на число эвтектических зерен и глубину отбела немодифицированного и модифицированного чугуна

Сера практически нерастворима в железе, поэтому любое ее количество идет на образование сульфидов. Добавленная сверх оптимальных содержаний сера активно взаимодействует с элементами, парализуя их влияние как модификаторов. При этом окислы, нитриды и др. неметаллические включения, играющие существенную роль в образовании потенциальных и активных зародышей, не образуются. Следует предположить, что неметаллические включения в виде сульфидов соответствующих металлов (Se, Ca, Al, Fe и др.), входящих в состав

ФС30РЗМ30, не представляют собой активных центров кристаллизации и не интенсифицируют процесс графитизации при эвтектическом превращении чугуна. Кроме того, сера известна как элемент, способствующий отбелу и ухудшающий одновременно жидкотекучесть чугуна, поэтому она повышает его хрупкость и ухудшает механические свойства. Это и определяет в целом ее отрицательное воздействие на эффект модифицирования чугуна ФС30РЗМ30. В связи с этим необходимо вводить повышенные количества модификатора для связывания серы.