

фидной фазы, так как содержание серы в обычных серых чугунах составляет около 0,1%, что существенно выше равновесного.

Как следует из термодинамического анализа, введение малых добавок РЗМ в жидкий чугун приводит к образованию оксидов и сульфидов, а реальные концентрации примесей обуславливают малые равновесные концентрации церия в расплаве. Следовательно, можно сказать, что механизм модифицирования чугуна определяется не только адсорбцией атомов церия на поверхности растущей твердой фазы и понижением скорости ее роста, сколько образованием взвеси неметаллических включений, являющихся центрами кристаллизации и обеспечивающих благоприятное изменение структуры чугуна. Это подтверждается результатами определения остаточных концентраций церия в чугуне.

Сопоставляя результаты расчета и экспериментальные данные, полученные методом эмиссионного спектрального анализа, установили, что РЗМ в свободном состоянии в растворе практически отсутствуют, а находятся в виде неметаллических соединений с кислородом, азотом и серой.

Неметаллические включения способствуют более тонкому измельчению графита. Площадь, занятая графитом, уменьшается с 12 до 5%, а длина его включений снижается с 7 до 4 балла.

Повышение механических характеристик РЗМ-чугуна (σ , НВ) и возрастание их однородности по сечению изделий определяется, главным образом, влиянием поверхностно-активных свойств церия на процессы кристаллизации, графитовыделения и формирования неметаллических фаз.

К.Н. Вдовин, И.В. Понурко, В.Е. Хребто
Магнитогорская государственная
горно-металлургическая академия,
г. Магнитогорск

МЕХАНИЗМ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ СЕРОГО ЧУГУНА

Повышение качества серого чугуна является актуальной проблемой. Чем выше требования промышленников к изделиям из чугуна, тем сложнее и менее стабильна технология его получения. На практике преимущественно применяют отливки из серых чугунов низких марок

(СЧ10 - СЧ25), но и в этом случае свойства отливок в толстостенных сечениях часто не выдерживаются.

Доступным методом получения высококачественного серого чугуна является его модифицирование. Графитизирующая способность известных модификаторов часто бывает недостаточной для устранения отбеда в тонких сечениях отливок, особенно при выплавке чугуна в вагранках, с одной стороны, из-за небольшого перегрева расплава, с другой - из-за структурных недостатков исходной шихты, понижающих механические свойства отливок.

Получать качественные отливки целесообразно путем экзотермического модифицирования, используя в качестве составляющих модификаторов отходы алюминиевого и прокатного (кузнечного) производств.

На кафедре электрометаллургии и литейного производства Магнитогорской государственной горно-металлургической академии разработали технологию изготовления и применения экзотермических брикетов (ЭТБ) из алюминиевой стружки и железной окалины для модифицирования серого чугуна. С целью исследования механизма модифицирующего действия ЭТБ в расплав чугуна состава (в %): 3,5 С; 1,5 Si; 0,4 Mn; 0,02 S; 0,06 P при температуре 1350 °С вводили алюминиевую стружку в количестве 0,6% от массы расплава, 1% ЭТБ, 0,3% ФС65. Приняв за основу теорию гетерогенного зарождения графита на твердых частицах - неметаллических включениях (НВ), присутствующих в жидком чугуне, оценили их стабильность с помощью числовых значений энергии Гиббса. Установили, что в этих условиях не исключено образование как простых веществ типа оксидов алюминия и кремния, так и более сложных веществ типа алюминатов железа ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), тем более, что прочность их химической связи достаточно высока.

Образцы полученного чугуна исследовали с помощью оптического и растрового микроскопов. Качественное определение НВ по форме, расположению и цвету показало, что частицы, расположенные в центре графита, независимо от него и примыкающие к графиту относятся к оксидам алюминия и алюминатам железа.

Качественный рентгеноспектральный анализ образцов этого чугуна с применением компьютерной идентификации рентгеновских спектров позволил получить спектрограммы химического состава НВ и металлической матрицы чугуна, а также картину распределения алюминия в поле шлифа в характеристическом излучении $\text{K}\alpha_1$. В результате пришли к заключению, что алюминий и его соединения находятся в составе НВ, ме-

таллической матрицы чугуна и относительно равномерно распределены по поверхности шлифа.

Металлографические исследования образцов чугуна показали, что структура исходного чугуна состоит из ледебурита и небольших участков перлита; структура чугуна, модифицированного ФС65, является феррито-перлитной (Ф20 П80) с включениями пластинчатого графита (ПГф1, ПГд180, ПГр1, ПГ4); структура чугуна, модифицированного алюминиевой стружкой, - феррито-перлитная (Ф30 П70, ПГф1,2, ПГд90, ПГр2, ПГ10); модифицирование чугуна ЭТВ приводит к резкому измельчению графита, улучшению его формы и перлитизации матрицы (Ф5 П95, ПГф4, ПГд25,45, ПГр3+ПГр7, ПГ12).

Отбел в образцах исходного чугуна составил 7-10 мм, а в образцах модифицированного чугуна наблюдали излом клиновых проб без отбела. Предел прочности на растяжение составил: в исходном чугуне - 180 МПа, модифицированном: ЭТВ - 230 МПа, алюминиевой стружкой - 200 МПа, ФС65 - 140 МПа.

Предложенный механизм заключается в следующем:

- кислород окалины интенсифицирует процесс образования мелкодисперсных неметаллических включений в чугуне, служащих подложкой для образования зародышей графита;
- равномерное распределение алюминия в объеме расплава при высоких температурах экзотермической реакции способствует выделению дополнительных мелких графитовых включений.

Применение ЭТВ в качестве модификатора для серых чугунов позволяет проводить модифицирование при небольшом перегреве расплава и несколько повышать его температуру в ковше.

Р.А. Сидоренко
УГТУ-УПИ

АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СЕРНИСТОГО КОВКОГО ЧУГУНА

Сернистый ковкий чугун (СКЧ), защищенный авторским свидетельством №437426, отличается тем, что в его структуре присутствуют легкоплавкие сульфиды железа, а не сульфиды марганца, как это имеет место в обычных ковких и серых чугунах. Во время отжига сера, не связанная марганцем, растворяется в аустените и, благодаря своим