

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ И МАЛЫХ ДОБАВОК ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЦЕСС ЭВТЕКТИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В СЕРОМ ЧУГУНЕ

The special influence of modifiers, small additives of alloying elements and cooling speed on the process of eutectic transformation in cast-iron was investigated.

Первичная структура чугунов фактически определяется двумя стадиями процесса кристаллизации: формированием дендритной структуры первичного аустенита и структурообразованием эвтектических колоний. Принято считать, что эвтектический распад жидкости на аустенитно-графитную смесь является наиболее важным этапом первичной кристаллизации железоуглеродистых сплавов, а строение и размеры эвтектических зерен во многом определяют механические и эксплуатационные свойства чугуна.

Изучение процесса кристаллизации дает возможность судить об изменении величины переохлаждения, числа эвтектических зерен и центров кристаллизации, формы, размеров и характера распределения дендритов аустенита и графитной фазы и т. п.

Для исследований были получены образцы модифицированных и немодифицированных серых чугунов, выплавленных в индукционной печи ОАО МЗОО.

Для изучения процесса эвтектического превращения были получены термические кривые при охлаждении отливок со скоростью 40, 90, 180 и 300°С/мин, из которых следует, что переохлаждение исходного сплава при скорости охлаждения, превышающей 180°С/мин, переходит в температурную область кристаллизации по метастабильной системе, процессы графитизации полностью подавляются, поэтому чугун затвердевает белым. При образовании структуры серого чугуна в исходном сплаве ускоренное затвердевание снижает температуру изоэвтектического превращения и его продолжительность, измельчает эвтектическое зерно и размеры графитной фазы. В модифицированных чугунах возрастает степень графитизации, поэтому при максимальной скорости охлаждения 300°С/мин сплав кристаллизуется по стабильной системе. Наряду с эффектом измельчения эвтектических зерен в модифицированном чугуне изменяется характер строения графитной эвтектики, распределения, размеров и количества графитных включений в металлической основе чугуна. Модифицирование устраняет участки эвтектики с неблагоприятной точечной и междендритной формой распределения графита и области структурно-свободного феррита, способствует перлитизации чугуна и получению разориентированного и равномерно распределенного пластинчатого графита. Уменьшение скорости охлаждения модифицированного чугуна повышает температуру кристаллизации и способствует выделению более грубых пластинок.

Как видно из рис. 1, кривая модифицированного сплава располагается выше, т. е. его эвтектическая кристаллизация происходит с меньшим переохлаждением.

При исследовании образцов чугуна с добавками марганца процесс эвтектической кристаллизации начался раньше, чем в образце без добавки. В этом случае можно говорить об увеличении переохлаждения чугуна при добавках марганца по отношению к образцу без добавки.

Как показано на рис. 1, после модифицирования явление рекалесценции проявляется слабо и часто на обычных кривых охлаждения не просматривается, а в исходных без модифицирования сплавах начало изоэвтектического распада жидкости протекает в условиях более глубокого первоначального переохлаждения расплава вследствие проявления эффекта рекалесценции.

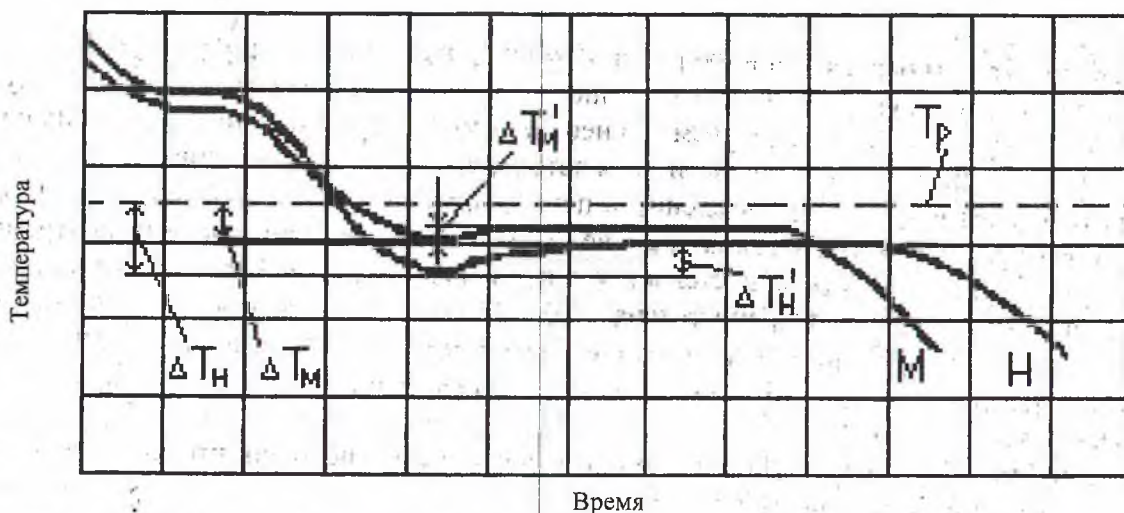


Рис. 1. Схема термических кривых охлаждения немодифицированного (н) и модифицированного (м) чугуна: ΔT_H и ΔT_M – величина максимального переохлаждения; ΔT_H и ΔT_M – величина рекоалесценции; T_p – температура стабильного эвтектического равновесия

Как показали опыты, число эвтектических зерен в модифицированном ферросилицием сплаве зависит от величины уменьшения переохлаждения при эвтектической кристаллизации модифицированного чугуна по сравнению с немодифицированным. При обычных добавках ферросилиция 0,4–0,6% от веса жидкого металла число эвтектических зерен в чугуне тем больше, чем больше переохлаждается эвтектическая жидкость в немодифицированном сплаве и чем больше уменьшается переохлаждение под действием ферросилиция.

Полученные экспериментальные данные термического анализа в условиях воздействия модифицирующих, отдельных и комплексных добавок, изменения скорости охлаждения и углеродного эквивалента (степени эвтектичности) чугуна подтверждается металлографическим анализом. На рис. 2 представлены структуры, характеризующие эффект измельчения эвтектических зерен при добавке к исходному чугуну 0,1% ФС30РЗМ30, а также комплексной добавки в виде 0,1% ФС30РЗМ30 и 0,6% марганца.

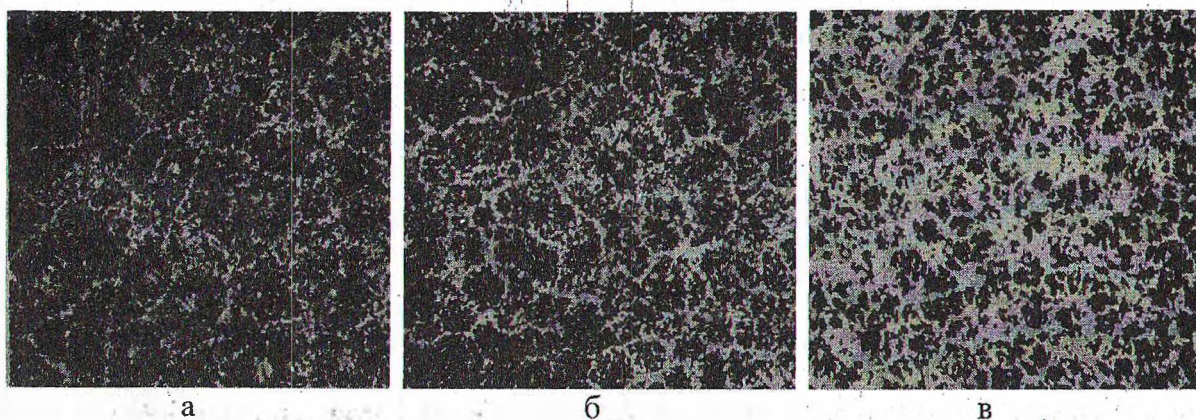


Рис. 2. Эвтектические ячейки в чугуне, полученном при скорости охлаждения 180 град/мин (диаметр 20 мм): а – исходный чугун; б – 0,1% ФС30РЗМ30; в – 0,1%ФС30РЗМ30 + 0,6%Mn

Рассмотрим влияние химически активных элементов на число эвтектических зерен чугуна.

Для титана характерным является то, что при введении его в чугун степень усвоения не превышает 20–30%. Это объясняется тем, что титан, обладая высокой химической активностью, образует в чугуне окислы, нитриды, карбонитриды и сульфиды. Все сказанное

выше в равной мере относится к цирконию, ниобию и бору.

Ферротитан вводился в чугун до остаточного содержания титана 0,18%. В этом случае, если добавки титана были выше, чем это необходимо для образования химических соединений, он увеличивает переохлаждение при эвтектической кристаллизации.

Образующиеся в чугуне при введении в него небольших добавок титана, циркония, ниобия и бора включения химических соединений являются дополнительными центрами кристаллизации графита, о чем свидетельствует некоторый рост числа эвтектических зерен. Так, при остаточном содержании титана до 0,12% число эвтектических зерен, приходящихся на единицу площади шлифа, увеличивается примерно в 3 раза. Дальнейшее повышение содержания титана в чугуне не оказывает существенного влияния на рост числа эвтектических зерен.

Ниобий при добавках в количестве до 0,3% увеличивает число эвтектических зерен в 2,5 раза по сравнению с исходным чугуном.

Максимальный рост числа эвтектических зерен (в 1,8 раза) наблюдается при введении в чугун добавки циркония в количестве до 0,2%. При дальнейшем увеличении добавки циркония число эвтектических зерен снижается, так как в структуре чугуна появляются свободные карбиды. Число эвтектических зерен при введении добавки карбида бора до 0,2% увеличивается примерно в 2 раза, а затем снижается.

Добавки в чугун олова, меди, никеля и кобальта заметного влияния на величину эвтектического зерна не оказывают, как показано в таблице.

Таблица

Влияние легирующих элементов на число эвтектических зерен в чугуне

| Величина добавки, % | Число эвтектических зерен, 1/см ² | | | | | | | | | |
|---------------------|--|-----|-----|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|
| | Cu | Ni | Co | Cr | Mn | V | W | Mo | Sn | Sb |
| 0,0 | 127 | 138 | 150 | 140 | 145 | 129 | 137 | 142 | 150 | 135 |
| 0,02 | | | | | | | | | | 135 |
| 0,05 | | | | | | 129 | | | 165 | 135 |
| 0,10 | | 130 | 147 | 140 | 150 | 115 | 130 | 150 | 158 | 128 |
| 0,15 | | | | | | 110 | | | | |
| 0,20 | 130 | 137 | 142 | 136 | 135 | 96 | 122 | 138 | 150 | 120 |
| 0,25 | | | | | | отбел | | | | |
| 0,30 | 140 | 138 | 146 | 125 | 130 | | 105 | 125 | | |
| 0,40 | 152 | 140 | 146 | 106 | 118 | | 98 | 115 | 150 | |
| 0,50 | 160 | 148 | 148 | отбел | 108 | | отбел | 100 | 145 | |
| 0,60 | | | | | | | | | | |
| 0,70 | | 140 | | | | | | | | |

При небольших добавках хром, ванадий, молибден, вольфрам, марганец и сурьма не оказывают существенного влияния на величину эвтектического зерна. Заметное уменьшение их числа наблюдается при больших добавках, когда чугун становится склонен к значительному переохлаждению и в его структуре появляются свободные карбиды, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице.

Таким образом, легирование, модифицирование и скорость охлаждения вносят значительное изменение в процесс первичной кристаллизации чугунов, о чем свидетельствуют кривые охлаждения и структуры опытных сплавов.