

ферросилиция ФС75 по увеличению числа центров кристаллизации шаровидного графита повышается более чем в 2 раза, а FeSiBa в 2,8 раза.

Применение модификаторов со щелочноземельными элементами для графитизирующего внутриформенного модифицирования позволяет значительно увеличить количество включений шаровидного графита в структуре и повысить степень их сфероидизации с 85-87% до 90-95%. Малорастворимые в железе щелочноземельные элементы эффективно очищают границы зёрен, что способствует интенсификации диффузионных процессов при распаде аустенита и повышению пластических свойств высокопрочного чугуна. Более чем трехкратное увеличение числа центров кристаллизации шаровидного графита способствует предотвращению образования структурно-свободного цементита, диспергирует структуру, уменьшает межкристаллитную ликвацию, сокращает пути диффузии углерода из аустенита к графитным включениям, что увеличивает степень ферритизации металлической основы и повышает показатели пластичности и ударной вязкости.

Результаты исследований позволяют рекомендовать после ковшового сфероидизирующего модифицирования магниевой лигатурой обязательно проводить графитизирующее внутриформенное модифицирование, обеспечивающее повышение большинства технико-экономических показателей качества отливок из высокопрочного чугуна.

УДК 669.131.7

**В. Б. Бубликов, А. А. Ясинский, С. Н. Медведь, Н. П. Моисеева,
Т. В. Зеленская**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ МЕДЬЮ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Влияние легирования медью на структуру и механические свойства высокопрочного чугуна исследовали в условиях внутриформенного и ковшового методов модифицирования на образцах, изготовленных из стандартных клиновидных проб толщиной у основания 25 мм. Химический состав клиновидных проб из нелегированного высокопрочного чугуна находился в следующих пре-

делах (масс. %): 3,35...3,65 C; 2,65...2,95 Si; 0,25...0,28 Mn; 0,038...0,049 Mg; 0,015...0,018 S; 0,04...0,045 P. Содержание меди в легированном высокопрочном чугуна находилось в пределах от 1,38 до 1,55 % (расчетное 1,5 %).

Микроструктура отливок из нелегированного высокопрочного чугуна, модифицированного в литейной форме, состояла из шаровидного графита диаметром 40-45 мкм с плотностью распределения в структуре 370 шт/мм² и преимущественно ферритной металлической основы (90-96 % феррита, остальное перлит). В литом состоянии базовый нелегированный высокопрочный чугун имел следующие показатели механических свойств: временное сопротивление разрыву (σ_B) – 520 МПа; условный предел текучести ($\sigma_{0,2}$) – 360 МПа; твердость (НВ) – 1700 МПа; относительное удлинение (δ) – 14 %; ударная вязкость (КС) – 90 Дж/см².

В результате легирования 1,5 % Си микроструктура изменилась следующим образом: диаметр включений шаровидного графита уменьшился до 30-35 мкм, плотность распределения шаровидного графита снизилась до 340 шт/мм², количество перлита в металлической основе увеличилось до 45-50 %, количество феррита уменьшилось до 50-55 %. Таким образом, установлено, что влияние 1,5 % меди на перлитизацию металлической основы стандартных клиновидных проб из модифицированного в литейной форме высокопрочного чугуна проявляется в два раза слабее, чем в высокопрочном чугуна, модифицированном в ковше. Вследствие этого легированный 1,5 % Си высокопрочный чугун, полученный модифицированием в литейной форме, характеризуется значительно меньшим временным сопротивлением разрыву ($\sigma_B = 640$ МПа) по сравнению с модифицированным в ковше ($\sigma_B = 900$ МПа) при практически одинаковой величине относительного удлинения ($\delta = 4$ %) и ударной вязкости (КС = 15 Дж/см²).

Для получения ферритной металлической основы проводили ступенчатый графитизирующий отжиг клиновидной пробы по следующему режиму: нагрев в печи до 880 °С, выдержка два часа, охлаждение с печью до 750 °С, выдержка один час, охлаждение с печью до 650 °С, выдержка один час, охлаждение на воздухе. В результате отжига количество феррита в легированном медью высокопрочном чугуна увеличилось до 95 %, то есть до уровня, характерного для базового нелегированного высокопрочного чугуна в литом состоянии. По сравнению с литым состоянием высокопрочного чугуна содержащего 1,5 % Си, после графитизирующего отжига наблюдается уменьшение временного сопро-

тивлення разрыву ($\sigma_{\text{в}} = 550$ МПа), снижается твердость и многократно повышаются относительное удлинение ($\delta = 22$ %) и ударная вязкость ($KC = 105$ Дж/см²). В целом, легированный медью ферритный высокопрочный чугун, полученный модифицированием в литейной форме, отличается от ферритного высокопрочного чугуна, полученного ковшовым модифицированием меньшей прочностью и более высокими показателями относительного удлинения и ударной вязкости.

Также изучено влияние нормализации и изотермической закалки на механические свойства легированного 1,5 % Си высокопрочного чугуна, полученного модифицированием в литейной форме. Нормализацию проводили по режиму: нагрев в печи до 880 °С, выдержка два часа, охлаждение на воздухе. Условия изотермической закалки были следующими: нагрев в печи до 840 °С, выдержка два часа, закалка в селитровой ванне с температурой 370 °С, выдержка один час, охлаждение в воде.

В результате нормализации количество перлита в металлической основе повысилось до 96 %, что обеспечило получение высоких прочностных свойств: $\sigma_{\text{в}} = 800$ МПа, $\sigma_{0,2} = 600$ МПа при $\delta = 2,6$ % и $KC = 11$ Дж/см². В результате изотермической закалки получена бейнито-ферритная металлическая основа с 20 % феррита и, по сравнению с нормализацией, более высокие показатели механических свойств $\sigma_{\text{в}} = 880$ МПа, $\delta = 7,5$ %, $KC = 24$ Дж/см².

УДК 621.75

О. І. Галіахметова, Б. П. Таран

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТВА ЧАВУННИХ ПОРШНІВ

В даний час як джерело механічної енергії в різних галузях народного господарства і в техніці використовуються двигуни самих різних типів і схем. Серед всього різноманіття двигунів незамінних не існує. Але найбільше і, можна сказати, пануючого поширення набули поршневі двигуни внутрішнього згорання (ДВС). Перевага до поршневих двигунів визначається їх високою економічністю. По цій якості вони відносяться до кращих серед всіх відомих. Хороша економічність обумовлена високими мірами стискування і високими температу-