

УДК 669.131.7

В. Б. Бубликов, А. А. Ясинский, Е. А. Ясинская

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

Тел.: (+38044) 424-00-50, e-mail: alexyasinskyi@gmail.com

**ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА**

В условиях опытно-промышленного производства было определено влияние легирования медью и никелем и термической обработки на структуру и механические свойства высокопрочного чугуна, полученного внутриформенным модифицированием. Микроструктура отливок из нелегированного высокопрочного чугуна состояла из включений шаровидного графита диаметром 40...45 мкм с плотностью распределения 370 шт/мм² и ферритной металлической основы (95 % феррита). Образцы из нелегированного высокопрочного чугуна в литом состоянии имели следующие механические свойства: временное сопротивление разрыву $\sigma_B = 520$ МПа; условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 360$ МПа; твердость НВ = 1700 МПа; относительное удлинение $\delta = 14$ %; ударную вязкость КС = 90 Дж/см².

В результате легирования 1,5 % меди микроструктура клиновидных проб 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 %. В литом состоянии высокопрочный чугун, легированный 1,5 % меди, имел следующие показатели механических свойств: временное сопротивление разрыву $\sigma_B = 640$ МПа; условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 480$ МПа; твердость НВ = 1900 МПа; относительное удлинение $\delta = 4$ %; ударная вязкость КС = 15 Дж/см². При легировании 1,5 % никеля количество перлита в металлической основе увеличилось до 15 %. Это обеспечило получение ферритно-перлитного высокопрочного чугуна с временным сопротивлением разрыву $\sigma_B > 550$ МПа, условным пределом текучести $\sigma_{0,2} > 450$ МПа, относительным удлинением $\delta > 17$ %, твердостью НВ = 2070 МПа.

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 ре-

зультате 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 % меди, после графитизирующего отжига наблюдается уменьшение временного сопротивления разрыву ($\sigma_B > 550$ МПа), снижается твердость и многократно повышаются относительное удлинение ($\delta = 22$ %) и ударная вязкость ($KC = 105$ Дж/см²). В результате отжига количество феррита в легированном никелем высокопрочном чугуна увеличилось с 85 до 100 %. По сравнению с литым состоянием высокопрочного чугуна, содержащего 1,5 % никеля, после графитизирующего отжига наблюдается незначительное уменьшение прочностных показателей ($\sigma_B > 530$ МПа, $\sigma_{0,2} > 430$ МПа), снижается твердость ($HV > 1900$ МПа) и повышается относительное удлинение ($\delta > 17$ %).

Также изучено влияние нормализации на механические свойства легированного медью или никелем высокопрочного чугуна, полученного модифицированием в литейной форме. Нормализацию проводили по режиму: нагрев в печи до 880 °С, выдержка два часа, охлаждение на воздухе. В результате нормализации легированного медью высокопрочного чугуна количество перлита в металлической основе повысилось до 96 %, что обеспечило получение следующих механических свойств: $\sigma_B > 800$ МПа, $\sigma_{0,2} > 600$ МПа при $\delta > 2,6$ %, $HV = 2550$ МПа. У легированного никелем высокопрочного чугуна количество перлита в металлической основе повысилось до 45 %, что обеспечило получение следующих механических свойств: $\sigma_B > 700$ МПа, $\sigma_{0,2} > 550$ МПа, $\delta > 3$ %, твердости $HV = 2530$ МПа.

Таким образом, установлены особенности влияния легирования никелем и медью на структурообразование отливок из высокопрочного чугуна, полученного внутриформенным модифицированием. Показано, что эффективным средством повышения прочностных свойств легированного высокопрочного чугуна является нормализация.