

Б. Г. Зеленый, В. Б. Бубликов, А. А. Ясинский

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕГИРОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА ПЕРЛИТНОГО КЛАССА

Легирование в сочетании с модифицированием является одним из основных методов воздействия на изменение параметров структуры и свойств высокопрочного чугуна (ВЧ). Исследовано влияние Cu, Ni, Mn, Mo, V, Sn при отдельном и комплексном легировании ВЧ (3,32-3,74 % C; 2,41-2,82 % Si; $\leq 0,1$ % P; $\leq 0,02$ % S; 0,041-0,06 % Mg) на процессы формирования перлитной структуры металлической основы чугуна в отливках с толщиной стенки до 45 мм в литом состоянии. Легирующие элементы вводили в расплав чугуна при его перегреве в печи, в ковш или реакционную камеру при сфероидизирующем модифицировании.

Процессы, происходящие при перлитизации матрицы, основываются на превращении аустенита по стабильной системе. При этом перлитизация означает, что процесс ферритизации тормозится или прекращается, а эвтектоидное превращение в чугуне с образованием перлита происходит с высокой скоростью при сильном переохлаждении. Элементы, которые замедляют диффузию углерода в чугуне или влияют на распределение графита в эвтектике существенно влияют на ход этого процесса. Такие элементы как Cu, Sn, Mn и др. позволяют получать полностью перлитную матрицу, однако их влияние на механические свойства ВЧ различно.

Повышая степень перлитизации металлической основы чугуна и дисперсность перлита, медь существенно влияет на повышение прочностных свойств ВЧ. С точки зрения повышения прочности ВЧ легирование Cu является наиболее эффективным. При 1,2 % Cu σ_b достигает 920 МПа, однако его пластичность (δ) и ударная вязкость (КС) уменьшается почти в 2 раза из-за резкого увеличения количества перлита и его упрочнения в сравнении с низколегированным (0,3 % Cu) чугуном. Легирование Cu (0,4-0,6 %) способствует уменьшению в структуре ВЧ количества феррита с 40-75 % до 10-25% в зависимости от толщины стенки отливки. При 1,0 % Cu структура ВЧ в тонкостенных отливках перлитная без включений структурно-свободных карбидов.

В отличие от Cu легирование Ni (до 1,0 %) способствует повышению ферритной составляющей металлической основы ВЧ с увеличением толщины стен-

ки отливки, а изменение характеристик прочности коррелируются с изменением соотношения структурных составляющих. При легировании Ni большую роль, чем упрочнение феррита, в повышении прочности ВЧ играет увеличение перлитной составляющей. Рекомендуется добавка Ni в ВЧ – 0,5-1,0 %.

Добавка Sn в количестве 0,1 % способствует получению полностью перлитной структуры ВЧ, повышению его прочности и твердости. Обладая низкой температурой плавления Sn равномерно растворяется в расплаве, а из-за высокой температуры кипения его потери (угар) незначительны. Легирование ВЧ Sn свыше 0,1 % приводит к повышению твердости, появлению хрупкости из-за возможного образования карбидов по границам зерен. Легирование Mn ($\geq 0,8$ %) и Mo ($\geq 0,3$ %) способствует перлитизации структуры ВЧ, но приводит к появлению хрупких фаз по границам зерен. Влияние Cu на перлитизацию ВЧ почти в 10 раз сильнее Ni (при 0,5 % Cu металлическая основа в отливках с толщиной стенки до 30 мм становится практически полностью перлитной), но приблизительно в 10 раз слабее Sn.

Выявлено влияние способа легирования на структуру и свойства ВЧ. Установлено более эффективное действие легирующих на изменение параметров структуры металлической основы при вводе их в составе модифицирующей смеси в сравнении с традиционными методами легирования. Особенно это сказывается в отливках с толщиной стенки до 25 мм. Увеличение перлитной составляющей (85-92 %) в структуре достигается при содержании Cu в чугуне 0,30-0,35 %. При традиционных методах легирования (в печи) аналогичная структура образуется при содержании Cu не менее 0,50 %. Влияние Ni на перлитобразование при вводе его в составе модифицирующей смеси менее заметно. При добавке Ni до 0,60 % количество перлита в структуре образцов с толщиной стенки 30 мм не превышало 45 %. Более эффективно влияет на изменение параметров структуры легирование чугуна Mo. При вводе 0,30 % Mo (в составе модификатора) количество перлита увеличилось до 75 % в образцах сечением 30 мм. Карбидной составляющей не обнаружено. Увеличилась в 1,5-2 раза дисперсность перлита.

Комплексное легирование при всех методах их ввода в расплав наиболее эффективно способствует получению высоких показателей прочности и пластичности ВЧ в литом состоянии. Таким образом, легирование чугуна в процессе модифицирования является более экономичным и эффективным методом регулирования структуры и свойств высокопрочного чугуна.