

фицирования, модифицирующие сплавы определенного химического и фазового состава, скорость затвердевания и охлаждения. Одним из методов влияния на расплав есть предмодифицирующая обработка, которая оказывает положительное влияние на количество и дисперсность включений шаровидного графита, структурообразование и формирование высоких физико-механических свойств высокопрочного чугуна. Применение экологичных методов модифицирования Fe-C-Si расплава в предкристаллизационном периоде позволяет в несколько раз увеличить количество центров кристаллизации шаровидного графита, предотвратить образование структурно-свободного цементита, интенсифицировать ферритизацию металлической основы при эвтектоидном превращении. Усовершенствование и применение данных методов расширяет возможности управления кристаллизационным процессом и структурообразованием, обеспечивая стабильное получение отливок из высокопрочного чугуна без дефектов с оптимальными микроструктурой и свойствами при наименьших затратах.

УДК 621.745:669.162.275

В. Б. Бубликов, Е. П. Нестерук, Ю. Д. Бачинский, Н. П. Моисеева

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

О ВЛИЯНИИ ПРИРОДЫ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом – это материал, который обладает высокими литейными, эксплуатационными и физико-механическими свойствами, но более экономичен в производстве, в сравнении с другими материалами. Объемы его производства непрерывно увеличиваются за счет сокращения производства отливок из СЧ, КЧ и стали. Выпуск отливок за 2016 г. составил ~104,13 млн. т., из которых на высокопрочный чугун приходится – 25,58 млн. т., на сталь – 10,89 млн. т. [1]. Объем отливок из ВЧ в 2,5 раза превышает объем стального литья и составляет четверть всего выпуска отливок. Качество отливок из высокопрочного чугуна определяется химическим составом и природой применяемых шихтовых материалов и модификаторов, от которых расплав наследует структурно-химическую информа-

цию, связанную рудносырьевой базой и особенностями металлургических технологий заводов-изготовителей, устойчивостью результатов модифицирования. Точность и стабильность металлургического качества расплава от плавки к плавке и условий проведения модифицирующей обработки являются основополагающими факторами стабильного получения высококачественных отливок из высокопрочного чугуна. Низкое содержание серы (менее 0,015 %) в расплаве является непреложным условием высокоэффективного модифицирования. Если содержание серы выше указанного уровня, часть магния расходуется на образование MgS , что требует дополнительного расхода магниевой лигатуры и крайне негативно влияет на уровень пластичности высокопрочного чугуна.

Изучено влияние серы на структуру и свойства отливок из высокопрочного чугуна. Определен уровень максимального критического содержания серы (0,030-0,035 %) в чугуне при модифицировании комплексной магнийсодержащей лигатурой ФСМг7 для получения степени сфероидизации графита выше 85 %. Установлено, что уменьшение критического содержания серы в расплаве на каждые 0,01 % обеспечивает повышение σ_B на 30-40 МПа и относительного удлинения на 5-7 %. Показано, что применение низкосернистого расплава повышает эффект модифицирующего воздействия на структурообразование и свойства высокопрочного чугуна, способствуя повышению степени сфероидизации графита, снижению склонности тонкостенных отливок к отбелу, уменьшению усадки, увеличению доли феррита в металлической основе, уменьшению твердости, повышению пластичности.

С целью получения сравнительных данных по уровню механических свойств высокопрочного чугуна, выплавленного из ряда шихтовых материалов (в том числе металлоотходов) и модифицированного лигатурой ФСМг7, использовали армкожелезо, рафинированный чушковый чугун, чушковые чугуны обычного качества, отходы низкосернистых сталей (Э12, 11ЮА, 08кп). Анализ полученных данных показал, что лучшими шихтовыми материалами для производства высокопрочного чугуна с высоким уровнем пластичности являются рафинированные внепечной обработкой литейные и передельные доменные чугуны, а также отходы электротехнических и других сталей с пониженным содержанием серы (0,008-0,012%). Для сравнения, в плавках на шихте из чушковых чугунов обычного качества с содержанием серы 0,030-0,035 % относительное удлинение высокопрочного чугуна снижается в 2-3 раза.

Дешевым шихтовым материалом являются стальные отходы подходящего химического состава, главным образом обрезь холодной штамповки. Их применение в

шихте при плавке высокопрочного чугуна позволяет полностью отказаться от дорогостоящих чушковых чугунов. Наиболее благоприятное сочетание прочностных и пластических свойств высокопрочного чугуна обеспечивается при применении в шихте отходов сталей 11ЮА, 08кп, электротехнической стали и некоторых других.

Список литературы

1. 50th census of world casting production// Modern casting. – 2016. – № 12. – pp. 25-29.

УДК 669.162.275:539.52

В. Б. Бубликов, Д. Н. Берчук, С. Н. Медведь

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

ПОВЫШЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ

Внутриформенное модифицирование обеспечивает наиболее оптимальное для свойств высокопрочного чугуна структурообразование, позволяет получать отливки без цементита и, соответственно, термической обработки с повышенными пластическими свойствами в литом состоянии.

Исследование особенностей процессов получения высокопрочного чугуна внутрiformенным и ковшовым модифицированием расплава магниевой лигатурой ФСМг-7 показало, что с увеличением скорости охлаждения от 0,17 до 1,25 °С/с (толщина клиновидных проб от 25 до 5 мм) инокулирующая способность внутриформенного модифицирования более чем в три раза выше, чем ковшового модифицирования, а количество феррита уменьшается от 95 до 65 % при внутриформенном модифицировании и от 45 до 10 % при ковшовом.

Из-за наличия цементита в структуре быстроохлаждающейся пробы толщиной 5 мм из высокопрочного чугуна, полученного ковшовым модифицированием, механические свойства не определяли. С повышением скорости охлаждения прочность возрастает и при ковшовом модифицировании, по сравнению с внутриформенным, предел прочности в среднем на 100 МПа выше, так как меньше феррита в металлической основе. Изменение относительного удлинения при ковшовом модифицировании характеризуется значительным рассеиванием результатов испытаний, а при