

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ ДЛЯ ОТЛИВОК СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ

И.В. Марширов, Г.А. Мустафин, В.Г. Москалев, В.И. Волков*, М.В. Бедарев*

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*ОАО «АНИТИМ», г. Барнаул, Россия

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ЧШГ), характеризующийся сочетанием высоких технологических, физико-механических и эксплуатационных характеристик, широко применяется взамен стального литья, поковок, штамповок, ковкого и серого чугунов, обеспечивая надежность и долговечность изделий в различных режимах эксплуатации. Отличительные особенности ЧШГ в сравнении со сталью – более высокое отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении, равное 0,7–0,8 (против 0,50–0,55 для стали), достаточно высокий модуль упругости, низкая чувствительность к концентраторам напряжений, повышенная (в 1,5–3,5 раза) циклическая вязкость – позволяют считать этот конструкционный материал весьма перспективным. Высокая жидкотекучесть этого сплава открывает возможности расширить номенклатуру изделий из него, снизить сечение и массу отливок, повысив тем самым их жесткость.

Широкое использование ЧШГ в деталях машин, наряду с их надежностью, является мощным резервом снижения расхода материалов, энергозатрат, себестоимости изделий и улучшения показателей их работы

Основными факторами регулирования литой структуры и уровня физико-механических и эксплуатационных характеристик высокопрочного чугуна являются: качество исходного расплава, режимы модифицирования, (включающие состав, количество, способ и очередность ввода присадок), химический состав и скорость затвердевания металла.

Чугуны марок ВЧ 50, ВЧ 60 с преобладанием перлита в структуре металлической основы можно получать как в литом состоянии, так и в результате термической обработки. Цель термической обработки – разложение структурно свободного цементита в относительно тонких сечениях отливки (графитизирующий отжиг) или упрочнение перлитной матрицы (нормализация). Может быть использована комбинированная термическая обработка, преследующая целью разложение

структурно свободного цементита с последующей нормализацией.

Чугуны ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45 с преобладанием феррита в структуре металлической основы получают графитизирующим отжигом для разложения структурно свободного и эвтектоидного цементита.

В отличие от чугуна с пластинчатым графитом, механические свойства чугуна с шаровидным графитом в большей степени определяются металлической основой и в меньшей – количеством, размерами и распределением графитовых включений. Поэтому ряд режимов термической обработки, используемых для повышения механических свойств стали, оказывается эффективным также и для высокопрочного чугуна.

Литейные свойства чугунов с шаровидным графитом отличаются от соответствующих параметров с пластинчатым графитом. Как правило, жидкотекучесть ВЧШГ составляет 70–80 % жидкотекучести ЧПГ, а усадка (как объемная, так и линейная) больше, чем у чугунов с пластинчатым графитом, на 30–50 %.

Жидкотекучесть и усадка чугунов с шаровидным графитом зависят от многих факторов и в первую очередь от химического состава, температуры перегрева и способа сфероидизирующей обработки.

Целью данной работы являлась разработка технологического процесса получения чугуна с шаровидным графитом для отливок сельхозмашиностроения применительно к условиям литейного участка ОАО «АНИТИМ».

При проведении работы выплавку исходного расплава чугуна проводили в индукционной тигельной печи емкостью тигля 120 кг с кислой футеровкой.

В качестве шихтовых материалов использовали: переделный чугун, ферросилиций марки ФС75, возврат собственного производства, отходы углеродистой стали. Сфероидизирующее модифицирование проводили в разливочном ковше железо-никель-магний-цериевой лигатурой ЖНМгЦ.

Измерение температуры в тигле печи и разливочном ковше осуществляли с помощью термопары погружения (преобразователь термоэлектрический ТПП-91-80) и электронного регистратора температуры «Параграф».

Температура перегрева расплава перед выпуском в разливочный ковш составляла 1430-1480 °С.

Экспресс - контроль исходного и модифицированного чугуна осуществляли по виду излома технологической пробы, заливаемой, соответственно, из печи после расплавления шихты и из разливочного ковша после обработки расплава модифицирующее - рафинирующей смесью.

На основе проведенного анализа по влиянию химического состава (C, Si, Mn) на структуру и свойства чугуна с шаровидным графитом рекомендован следующий состав чугуна перед модифицированием: углерод – 3,3-3,6%; кремний – 2,3-2,7%; марганец – 0,3-0,5%; содержание фосфора и серы – менее, соответственно 0,1 и 0,02%.

При этом для получения шаровидной формы графита остаточное содержание магния в чугуне должно быть в пределах 0,03-0,07. Учитывая, что коэффициент усвоения магния при использовании выше указанной лигатуры неизвестен, на начальном этапе исследований количество магнийсодержащей лигатуры варьировалось в пределах (0,6-1,0%) от массы заливаемого в ковш расплава чугуна. При этом также на дно ковша совместно с лигатурой помещали ФС75 в качестве графитизирующего модификатора и фтористый кальций – как рафинирующую добавку.

Анализ данных по опытным плавкам показывает, что при обработке расплава чугуна сфероидизирующим модификатором в количестве 0,8% в структуре чугуна содержится лишь 20% шаровидного графита, а 80% – вермикулярного графита. Увеличение количества вводимой в расплав лигатуры ЖНМГЦ до 1,0% позволяет стабильно обеспечивать 100% шаровидной формы графита.

В литом состоянии структура металлической основы, определяемая в соответствии ГОСТ 3443-87, на образцах после механических испытаний, состояла из 80% феррита и 20% перлита, после термической обработки (нормализации) – из 95 % перлита и 5 % феррита.

При этом полученный высокопрочный чугун с шаровидным графитом имел следующие показатели механических свойств: в литом состоянии – предел прочности $\sigma_B = 585$ МПа, условный предел текучести $\sigma_{0.2} = 420$ МПа, относительное удлинение $\delta = 7,0$ %, твердость по Бринеллю = 2070 МПа. После термической обработки – $\sigma_B = 865$ МПа, $\sigma_{0.2} = 670$ МПа, $\delta = 3,4$ %, HB = 2850 МПа.

Таким образом, использование в качестве сфероидизирующего модификатора железо-никель-магний-цериевой лигатуры позволяет обеспечить в соответствии с требованиями ГОСТ 7293-85 получение в литом состоянии высокопрочного чугуна с шаровидным графитом марки ВЧ 50, а после термической обработки – ВЧ 80.

При разработке технологического процесса производства отливок из чугуна с шаровидным графитом большое внимание уделяется проектированию литниково-питающих систем (ЛПС). Питание отливок из ЧШГ в форме производится с учетом объемных изменений, имеющих место при кристаллизации чугуна. Характерной особенностью чугунов по сравнению со сталью является тот факт, что процесс затвердевания в форме сопровождается увеличением объема и для ЧШГ эта величина в 3-4 раза больше, чем для ЧПГ. Для стали присуща послойная кристаллизация, ЧШГ склонен к объемной кристаллизации, ЧПГ имеет комбинированный тип кристаллизации.

В связи с этим расчет элементов литниковой системы, определение места подвода металла к отливке, определение количества и размеров прибылей для отливок из чугуна с шаровидным графитом имеют специфические особенности.

Данные особенности литейных свойств ЧШГ были учтены при разработке технологических процессов изготовления ряда отливок сельхозмашиностроения.

При этом при проведении работы, наряду с применением известных методик расчета литниково-питающих систем, для прогнозирования качества достаточно сложных по конфигурации отливок была использована система компьютерного моделирования «Полигон».