

Эффективность модифицирования чугуна

Студенты гр. 10404114 Дегтяренко И.Д., Кадынцев С.А., Клинецов К.С.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

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), скорость затвердевания металла. Существующие способы получения чугуна с шаровидным графитом не обеспечивают длительного сохранения графитизирующего и сфероидизирующего эффекта. Совершенствование технологических процессов обработки жидкого чугуна модифицирующими присадками с целью получения требуемого качества высокопрочного чугуна в отливках различной массы и назначения, сокращения расхода присадок и стабилизации получаемых результатов, является в настоящее время весьма актуальной задачей.

Основная цель графитизирующего модифицирования заключается в стимулировании выделения углеродсодержащих фаз, повышении устойчивости активных центров кристаллизации. При использовании графитизирующих модификаторов на основе кремния в расплаве образуются микрогруппировки с высокой концентрацией кремния, растворимость углерода в этих зонах уменьшается, в результате выделяется избыточный углерод. Микрогруппировки в течение определенного времени становятся термодинамически неустойчивыми, происходит их дезактивация, что и определяет термовременной характер модифицирующего эффекта.

Анализ известных теоретических и практических данных показывает, чем интенсивнее влияние модификатора в начальный момент после модифицирования, тем быстрее оно затухает во времени. С понижением температуры расплава продолжительность модифицирующего эффекта возрастает, а эффективность модифицирования, вследствие ухудшения усвоения модификаторов, падает.

В настоящее время комплексные графитизирующие модификаторы на основе FeSi для того чтобы продлить эффективность действия модификаторов включают в себя такие элементы как Ba, Ca, Sr, Ti, Zr.

С точки зрения формирования включений шаровидного графита, модифицирующие элементы рассматривают либо как поверхностно-активные, избирательно адсорбирующиеся на гранях кристаллитов графита или их действие связывают с удалением из расплава вредных примесных элементов и газов, прежде всего, серы и кислорода, которые находятся на поверхности частиц графита. Кроме того, значительную роль в формировании включений шаровидного графита играет переохлаждение.

Продолжительность сфероидизирующего эффекта зависит от остаточного содержания магния в расплаве и при обычном его содержании 0,07 – 0,05% не превышает 10 – 15 минут, после чего эффект ослабевает. Скорость снижения содержания остаточного магния в расплаве при 1450°C в первые 15 минут составляет 0,003% в минуту.

Отрицательное влияние на сфероидизацию графита оказывает «наследственность» чушковых чугунов, связанная с остаточным содержанием примесных элементов цветных металлов. При наличии в расплаве демодифицирующих элементов (Bi, Pb, Sb, Sn, As, Ti) сфероидизирующее действие магния понижается или полностью исчезает. На число включений шаровидного графита и увеличение продолжительности действия модификаторов положительное действие оказывает церий, который активно очищает расплав от элементов деглобуляризаторов.

Положительное влияние на эффект сфероидизирующего модифицирования оказывает увеличение концентрации РЗМ в модификаторах, которое вызывает значительное замедление скорости затухания эффекта модифицирования. Однако, обработка относительно чистых по вредным примесям расплавов, модификаторами с высоким содержанием РЗМ, по данным фирмы Elkem (Норвегия), приводит к чрезмерно быстрой демодификации расплава. Основным недостатком церия состоит в том, что даже незначительный его избыток, вследствие карбидо-стабилизирующего воздействия, сильно повышает вероятность образования отбела в чугунах. Оптимальное остаточное содержание церия после модифицирования составляет 0,004 – 0,008 %.

При вводе церия совместно с магнием ситуация зависит от соотношения вводимых присадок и содержания примесей в расплаве. Небольшие добавки церия преимущественно реагируют с серой, а присутствующий магний – с кислородом. Преимущественное взаимодействие магния с кислородом имеет место при всех присадках церия вплоть до тех, когда он полностью связывает серу. Аналогично кальцию добавки церия приводят к росту остаточной концентрации магния при постоянном его расходе. Микродобавки ферроцерия эффективны только при использовании основной или нейтральной футеровки.

Для сохранения эффекта обработки сфероидизирующими элементами, необходимо снизить содержание серы в чугунах, исключить возможность прохождения процесса десульфурации, уменьшить площадь поверхности, контактирующей с воздухом, а также ограничить количество шлака, образующегося в результате реакции окисления железа и кремния.

В качестве шихтовых материалов лучше использовать передельные рафинированные чугуны с низким содержанием серы. При использовании шихтовых материалов с содержанием серы более 0,02% желательна десульфурация. Футеровку печи для выдержки высокопрочного чугуна рекомендуется выполнять из высокоглиноземистых огнеупоров, для того чтобы снизить влияние основного источника химических реакций, снижающих содержание магния в чугунах. Образующийся в результате обработки магнием шлак содержит в основном сульфиды и оксиды.

Большое количество применяемых для рафинирования реагентов и многообразие способов осуществления процесса не позволяет отдать предпочтение какому-либо одному из них, все зависит от характера решаемых задач и от конкретных условий его реализации.

При сливе металла в ковш и заливке литейных форм в результате контакта жидкого металла с воздухом и эжекции его потоком расплава происходит повторное окисление, жидкий чугун на 10 – 25% насыщается кислородом, при этом его активность повышается. Окисление потока, образование вторичных шлаков происходит также в процессе заполнения полости формы расплавом. Поэтому литниковая система должна обеспечивать спокойное заполнение формы, предотвращая окисление поверхности металла и попадание уже образовавшихся оксидных плен в отливку.

Изучение существующих способов модифицирования позволяет заключить, что наиболее перспективным способом продления сфероидизирующего эффекта при модифицировании является внутриформенное модифицирование, предельно уменьшающее время между модифицированием и кристаллизацией расплава.

При обработке расплава ЧШГ в реакционной камере, расположенной непосредственно в форме, модификатор контактирует с кислородом воздуха непродолжительное время лишь при заполнении свободного пространства камеры, которое составляет всего 2...3 % от объема расплава, после чего плавление и растворение происходит в практически безкислородной жидкометаллической среде. Наиболее полное усвоение Mg, стабильность процесса, минимальный расход модификаторов в период взаимодействия его с расплавом возможны при создании восстановительной атмосферы в реакционной камере. У чугуна, модифицированного в литейной форме, наблюдается повышенное количество центров графитизации и отсутствие или незначительное количество структурно-свободного цементита в микроструктуре, даже при низком содержании кремния. Наибольший эффект модифицирования проявля-

ется в первые 15 – 30 с после ввода модификатора в расплав. Модифицирование чугуна в форме, к сожалению, может применяться лишь как вспомогательное, вследствие неравномерного растворения модификатора в процессе заливки формы, приводящего к анизотропии свойств чугуна в отливке.

УДК 621.745.551

Применение ультрадисперсных материалов в качестве модификаторов для железоуглеродистых сплавов

Соискатель Куликов С.А.

Научный руководитель – Рудницкий Ф.И.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В последнее время в различных отраслях, в том числе и в литейном производстве, стали широко применять термины «наноматериалы» и «нанотехнологии». Использование терминов является жесткой необходимостью внедрения перспективных технологий модифицирования и доводки расплавов. Очевидно, что существующие технологии исчерпали ресурс эффективности. Подтверждением тому является предложение ряда новых модификаторов для чугуна от различных компаний. Основой новых модифицирующих комплексов, как и предлагаемых ранее является ферросилиций с добавками Al, Ba, Ca, PЗМ и пр.

Причина тому – отсутствие прорывной, фундаментально новой технологии доводки расплавов. Уже недостаточно просто выдать качественный расплав и отливку без дефектов. Сейчас необходимо гарантировать равномерность свойств, невзирая на среднюю толщину стенки, необходимо обеспечить гарантированное получение высокопрочного чугуна с шаровидным графитом с полностью ферритной матрицей, без термообработки, разумеется. И это с минимальными изменениями технологии.

Решение таких сложных задач требует применения не только зарекомендовавших себя технологических приемов, но и поиска новых материалов. Их использование – один из перспективных путей внедрения новой технологии внепечной обработки. Ультрадисперсные материалы (УДМ) – это наноразмерные порошки оксидов, боридов и др, с размером частиц 10-100 нм. Морфология частиц может быть различной: зерна, гранулы, волокна и т. п., форма шаровидной или близкой к ней.

В производстве используют несколько путей получения подобных материалов. Механический – непосредственное измельчение более крупной фракции до частиц требуемого размера. Данный способ пригоден для приготовления модификаторов, «замутняющих» расплав, увеличивая количество центров кристаллизации. Достоинством такого метода можно считать простоту исполнения и невысокую стоимость конечного продукта. Однако такой метод не позволяет получить частицы заданной структуры и свойств. Для обеспечения заданной структуры и морфологии частиц применяют химические способы получения УДМ.

С каждым годом таких методик все больше, но основные способы это: осаждение из растворов, формирование порошков из гелей, синтез в водных растворах и микроэмульсиях, скоростная солидификация из перемешанных растворов. Так же к этому можно добавить термолиз, плазмохимический способ и др.

УДМ уже занимают определенную нишу в области приготовления противопригарных красок, однако применение во вторичном модифицировании сдерживается. Причиной тому является тот факт, что кинетически термодеструкция столь малых частиц в расплаве гораздо более вероятно, чем их усвоение. Этим обусловлено применение УДМ в виде тугоплавких соединений, к примеру, карбида титана. Однако попытки применения таких материалов есть и в твердосплавном спекании и непосредственно при доводке расплава. Очевидно, что введение УДМ в расплав является перспективной технологией, вопрос лишь в нахождении при-