

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИТИЗИРУЮЩИХ И СФЕРОИДИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА

Ярошевич А.И., Крутилин А.Н.  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

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 известные способы получения чугуна с шаровидным графитом, обработка модификаторами в печи, ковше или непосредственно в форме, не обеспечивают длительного сохранения графитизирующего и сфероидизирующего эффекта.

Основная цель графитизирующего модифицирования заключается в стимулировании выделения углеродсодержащих фаз, повышении устойчивости активных центров кристаллизации. Элементы, входящие в состав графитизирующих модификаторов, взаимодействуя с серой и газами, связывают их в химические соединения. Оксиды, сульфиды, нитриды, карбиды и т.д., имеющие структурное и размерное соответствие кристаллических решеток соответствующего металла или выпадающей фазы, могут служить в качестве активных кристаллических зародышей.

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.

Увеличение продолжительности действия модифицирующего эффекта (живучести) – одна из основных задач повышения эффективности графитизирующего модифицирования. Действие модификатора ограничено во времени, поэтому для обеспечения максимального эффекта металл необходимо заливать как можно быстрее после ввода модификатора. Эффективность действия различных модификаторов различна. Модификатор, обеспечивающий высокое число эвтектических ячеек, не обязательно эффективен для снижения отбела.

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. Эффект затухания связывают с растворением зародышей графита, что оказывает соответствующее влияние на

ход кривых охлаждения, число эвтектических зерен, глубину отбела и механические свойства чугуна.

В настоящее время комплексные графитизирующие модификаторы содержат графит, FeSi или SiCa, в состав FeSi входит небольшое количество Al, Ba, Ca, Sr, Ti, Zr, иногда Ce, Bi.

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.

Одним из основных факторов эффективности модификатора является обеспечение им высокой степени сфероидизации графитовых включений (ССГ) в высокопрочном чугуне отливок, особенно при длительной разливке и низкой скорости затвердевания чугуна в отливках. При изотермической выдержке модифицированного чугуна ССГ уменьшается, интенсивность этого процесса зависит от состава модификатора.

Характерным для всех модификаторов является отсутствие пропорциональности между продолжительностью выдержки жидкого чугуна и величиной ССГ в отливках с течением времени выдержки модифицированного чугуна изменение формы графита вначале незначительное, затем увеличивается. За первые 10 минут выдержки значение ССГ уменьшается для всех модификаторов на 5-15%, за последующие 10 мин – на 15-40% по сравнению с первоначальным.

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 остаточного магния в расплаве при 1450°C в первые 15 минут составляет 0,003% в минуту.

Поздний ввод микродобавок РЗМ, имеющих высокую адсорбционную активность, способствует очищению границ зёрен и для массивных отливок из ЧШГ его следует считать необходимым, так как при отсутствии РЗМ в расплаве чугуна интенсивность угара магния всегда возрастает.

При изготовлении массивных отливок из чугуна с шаровидной формой графита (время затвердевания > 0.5...1 ч) остаточное, после модифицирования, содержание сфероидизирующих элементов, имеет превалирующее значение.

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

Для получения заготовок из высокопрочного чугуна, с точки зрения содержания кислорода, поднимать температуру расплава выше 1400-1420°C не рекомендуется. Увеличение температуры расплава ведет к растворению заро-

дышевой фазы, уменьшению степени графитизации, увеличению переохлаждения. С экономической точки зрения, высокий перегрев расплава также нецелесообразен, т.к. связан с большими затратами энергии и времени.

В производственных условиях основное внимание при изготовлении заготовок из высокопрочного чугуна уделяют процессу десульфурации расплава. Контроль над содержанием кислорода в расплаве не производится, так как чугун считают самораскисленным расплавом, кроме того, содержание кислорода легко восстанавливается при переливе расплава из печи в форму.

Вследствие высокой поверхностной активности серы и кислорода концентрация их на поверхности раздела фаз выше, чем в объеме расплава. Эффективность процесса рафинирования во многом зависит от содержания и активности ионов кислорода и серы в расплаве и флюсе. При содержании кислорода в расплаве менее 0,005%, интенсивность десульфурации резко возрастает. Высокая степень рафинирования расплава чугуна, возможна в случае последовательного введения элементов или их соединений, имеющих высокое сродство к кислороду и сере, при достаточно высокой температуре и основности флюса.

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.

Таким образом, 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.