

УДК 621.74.

Разработка технологии получения массивных заготовок из высокопрочного чугуна

Студент гр.104326 Сергеев В.Н.

Научный руководитель – Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Несмотря на большие потребности в массивных заготовках из высокопрочного чугуна, как в РФ, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья, в настоящее время нет технологии их стабильного получения, в связи с этим данная задача является весьма актуальной.

Совершенствование технологического процесса изготовления чугунных заготовок затрагивает все стадии производственного процесса. Одним из наиболее эффективных методов воздействия на кристаллизацию, с целью получения оптимальной структуры графита и матрицы, а, следовательно, и на физико-механические свойства заготовок, является модифицирование.

Практикой литейного производства найдены общие закономерности, определяющие наиболее универсальные составы комплексных модификаторов. Высокая эффективность действия модификаторов на основе кремния, обусловлена возникновением локальных химических и тепловых неоднородностей при растворении модификатора в расплаве. В зонах с высокой концентрацией кремния растворимость углерода уменьшается, в результате выделяется избыточный углерод, образующий микрогруппировки, которые могут являться потенциальными зародышами графита при кристаллизации.

С течением времени группировки становятся термодинамически неустойчивыми, происходит дезактивация потенциальных зародышей кристаллизации графитовых включений, что определяет термовременной характер модифицирующего эффекта. Анализ известных теоретических и практических данных показывает, чем интенсивнее влияние модификатора в начальный момент после модифицирования, тем быстрее эффект затухает во времени. С понижением температуры расплава продолжительность модифицирующего эффекта возрастает, а эффективность модифицирования, вследствие ухудшения усвоения модификаторов, падает.

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

Характерным для всех модификаторов является отсутствие пропорциональности между продолжительностью выдержки жидкого чугуна и величиной ССГ в отливках. 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.

Окислительные потери магния возрастают на 87% с повышением температуры от нижнего предела 1400-1350°C до верхнего 1450-1400°C.

На число включений шаровидного графита и увеличение продолжительности действия модификаторов положительное действие оказывает церий. Однако, обработка относительно чистых по вредным примесям расплавов, модификаторами с высоким содержанием РЗМ, по данным фирмы Elkem (Норвегия), приводит к чрезмерно быстрой демодификации расплава.

Основной недостаток церия состоит в том, что даже незначительный избыток его сильно повышает склонность чугуна к отбелу. Оптимальное остаточное содержание церия после модифицирования составляет 0,004-0,008%.

Положительное влияние на эффект сфероидизирующего модифицирования оказывает увеличение концентрации Bi и РЗМ в модификаторах, помимо повышения начального количества глобулей, комплексная присадка вызывает также значительное замедление скорости затухания эффекта модифицирования.

При вводе церия совместно с магнием ситуация существенно зависит от соотношения вводимых присадок и содержания примесей в расплаве. Небольшие добавки церия преимущественно реагируют с серой, а присутствующий магний – с кислородом. Такая последовательность взаимодействия, отличающаяся от обработки индивидуальными элементами, определяется исходя из минимизации свободной энергии системы. 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, но при этом следует отметить повышенные расходы церия по сравнению с кальцием. Микродобавки ферроцерия эффективны только при использовании основной или нейтральной футеровки. 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.

Одним из наиболее сильных раскислителей и десульфураторов является кальций. Ввод силикокальция вместо ферросилиция, в количестве 1%-1,5%, увеличивает “живучесть” эффекта сфероидизации, обработанного магнием расплава с 7 до 20-25 минут. В отличие от ферросилиция при модифицировании силикокальцием не отмечено повышения твердости и увеличения содержания цементита с увеличением времени выдержки расплава до кристаллизации, т.е. и графитизирующий эффект при наличии кальция проявляется более длительное время.

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.

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

В производственных условиях основное внимание при изготовлении заготовок из высокопрочного чугуна уделяют процессу десульфурации расплава. Контроль за 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.

Для получения заготовок из высокопрочного чугуна, с точки зрения содержания кислорода, поднимать температуру расплава выше 1400-1420°C не рекомендуется. Кроме того, дальнейшее увеличение температуры расплава ведет к растворению зародышевой фазы, уменьшению степени графитизации, увеличению переохлаждения. С экономической точки зрения, высокий перегрев расплава также нецелесообразен, т.к. связан с большими затратами энергии и времени.

Увеличение продолжительности сохранения сфероидизирующего эффекта при длительной изотермической выдержке расплава до кристаллизации можно достигнуть повышением расхода сфероидизирующих элементов.

Однако, при повышении расхода сфероидизирующего модификатора сверх необходимого для образования шаровидного графита уменьшается количество графитовых включений, повышается склонность к образованию структурно-свободных карбидов.

На скорость удаления Mg из жидкого модифицированного чугуна заметно влияет также емкость и соотношение размеров ковша. Чем больше масса чугуна, тем дольше, при прочих равных условиях, можно выдерживать его перед разливкой по формам. Установлено, что чем меньше отношение диаметра ковша к его высоте, тем меньше скорость удаления магния из чугуна.

При сливе металла в ковш и заливке литейных форм в результате контакта жидкого металла с воздухом и инъекции его потоком расплава происходит повторное окисление. При переливе в ковш и заливке в формы жидкий чугун на 10-25% насыщается кислородом, при этом его активность повышается. Окисление потока, образование вторичных шлаков и пены происходит также в процессе заполнения полости формы расплавом.

Конструкция литниковой системы должна обеспечивать спокойное заполнение формы, предотвращая окисление поверхности металла и попадание уже образовавшихся оксидных плен в отливку. Пленобразование жидкого чугуна резко увеличивается с понижением температуры заливки ниже 1300 °С и при содержании остаточного магния свыше 0,07%.

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 бескислородной 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 проявляется в первые 15-30 с после ввода модификатора в расплав. При прочих равных условиях внутриформенное модифицирование по сравнению с модифицированием в ковше, требует для сфероидизации графита в чугуне в 3-4 раза меньше модификатора.