

Н. А. Свидунович, д-р техн. наук, профессор; Д. В. Куис, канд. техн. наук

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ В СОСТАВАХ МОДИФИКАТОРОВ СЕРОГО ЧУГУНА

The modification of cast-iron was invented, which provides the improvement of cast's structure and qualities, has an increasing term of an act, keeps structural inheritance after the melting of modified cast-iron.

Введение. Высокий уровень развития современного машиностроения требует повышения физико-механических свойств материалов. Чугун, обладая большой универсальностью свойств, по-прежнему является одним из основных литьевых конструкционных материалов и, согласно прогнозам, эту роль он сохранит в будущем. В настоящее время неоднократно уменьшилось число работ по чугуну с пластинчатым графитом, ресурс свойств которого однако далеко не исчерпан. Это связано с тем, что принятая оценка уровня литьевого производства производится по соотношению производственного литья из чугуна с пластинчатым графитом и чугуна с шаровидным графитом в сравнении с ведущими мировыми производителями. Это не совсем оправдано, так как оценка делается без учета номенклатуры производимой продукции и реальной потребности в литье. Если учесть, что Республика Беларусь много лет является одним из лидеров среди производителей чугунного литья, то применение модифицирования, легирования, термообработки, относительная простота технологии делают чугун с пластинчатым графитом во многих случаях конкурентоспособным по отношению к чугуну с шаровидным графитом.

Решение вопросов повышения прочностных и эксплуатационных свойств отливок, снижения их металлоемкости на современном этапе возможно с учетом новых достижений в области исследований по строению многокомпонентных расплавов чугуна, использования явлений наследственности и внедрения различных методов воздействия на расплавы.

На уровне современных знаний можно уверенно говорить о наличии в шихте материальных носителей, вызывающих определенные изменения свойств отливок, которые во многом зависят от природы исходных шихтовых материалов, условий плавки и кристаллизации. При этом в одних случаях наследственность можно полезно использовать, в других случаях нежелательные явления наследственности можно нейтрализовать [1]. Таким образом, знание о характере наследственности исходных материалов позволяет учитывать ее при разработке технологических процессов и в практической работе.

Одним из способов активного влияния на исправление отрицательной наследственно-

сти чугуна является модифицирование. Для активизации углерода, растворенного в железе, необходимо ввести достаточно малые добавки графитизатора, чтобы добиться интенсивного выделения зародышей графита, которые становятся центрами кристаллизации. Важным является обеспечение сохранения эффекта модифицирования расплава при переплаве, которое заключается в изменении характера кристаллизации в сторону образования стабильных фаз, воспроизведение первичной структуры. Для решения данной задачи целесообразна разработка модификатора длительного действия.

Как известно, общим недостатком модификаторов типа ферросилиция является их способность «кулетучиваться» из расплава, т. е. действие их ослабевает с течением времени, а спустя 10–20 мин после введения в чугун вообще прекращается. Вероятно, существуют также добавки или их сочетание, которые образуют устойчивые зародыши, обеспечивающие большую продолжительность действия модификаторов. Создание таких модификаторов длительного действия позволит в значительной степени сохранить эффект модифицирования после переплава и тем самым уменьшить или исключить количество добавок модификаторов после повторных переплавов возврата модифицированного чугуна. Подобные технологические процессы существуют [2]. Обработка передельного чугуна проволочным ферросиликобариевым модификатором при выпуске его из доменной печи обеспечила получение чушкового передельного чугуна без отбела, что наследственно обеспечивает получение отливок также без отбела и с более высокими механическими свойствами. В данном процессе в качестве элемента, увеличивающего продолжительность действия модификатора, использован барий в виде ферросиликобариевого модификатора.

В последние годы широкое распространение получили барийсодержащие модификаторы. Согласно данным [3], эти модификаторы имеют более высокую продолжительность действия и с успехом используются в литьевом производстве взамен ферросилиция.

Основная часть. Для изыскания модификаторов, имеющих более высокую продолжительность эффекта модифицирования, использу-

зовали чугун одинакового состава с содержанием: С – 3,3%; Si – 2,0%; Mn – 0,6%; S – 0,03%. Применялись наиболее эффективные модификаторы ФС75, ФС65Ба22. Для сравнения был использован алюминий, который, как показано в работе [4], имеет высокую живучесть. Модифицирование производили непосредственно в индукционной печи. Температура жидкого чугуна выдерживалась постоянной в двух диапазонах – 1360°C и 1430°C в течение проведения эксперимента с каждым видом модификатора. Через определенные промежутки времени в пределах от 1 до 25 мин производили отбор проб для установления числа эвтектических зерен и величины отбела как основных критериев, определяющих эффект модифицирования.

На рис. 1, (а, б) показано изменение числа эвтектических зерен и величины отбела при выдержке чугуна, модифицированного по 0,2% ФС75, ФС60Ба22 и алюминию при температуре 1400 °C. Из приведенных результатов следует, что при температуре модифицирования чугуна 1400 °C и выдержке при этих температурах добавки 0,2% ФС60Ба22 по сравнению с аналогичными добавками ФС75 показали более высокий уровень числа эвтектических зерен и уменьшения величины отбела. В обоих случаях максимальный эффект модифицирования наблюдается через 1–2 мин после ввода добавок, затем резко снижается и примерно через 20–25 мин он полностью исчезает. Однако, как видно из рис. 1, а, ферросиликобарий имеет более высокую продолжительность действия по сравнению с добавками ферросилиция. Своебразным является поведение алюминия, когда воздействие его в течение примерно 6–7 мин на увеличение числа эвтектических зерен резко возрастает, а затем при достижении пика несколько убывает, являясь значительным даже после 25 мин выдержки. Аналогично изменяется и глубина отбела.

Полученные результаты исследований позволяют утверждать, что введение модификаторов в чугун ускоряет протекание металлургических процессов очищения расплава от неметаллических включений. При этом химический состав неметаллических включений изменяется в направлении образования легкоплавких компонентов. Данные частицы, таким образом, будут выполнять роль активных центров графитизации до тех пор пока поверхность их не ошлакуется закисью железа. Это приводит к быстрому снижению эффекта модифицирования, причем этот процесс происходит тем быстрее, чем выше температура чугуна и чем более высокое содержание в нем кислорода.

Более продолжительные выдержки, обеспечивающие сохранение эффекта модифицирования добавок алюминия и силикобария, в отличие от добавок ферросилиция, связаны, вероятно, с природой образующихся неметаллических включений, служащих центрами кристаллизации графита. В частности, при модифицировании чугуна алюминием замечено, что на зеркале металла образуется плотная окисная пленка, которая защищает чугун от проникновения кислорода из атмосферы и, тем самым, тормозит образование легкоплавких соединений с железом и кремнием. С увеличением продолжительности выдержки обработанного алюминием чугуна тугоплавкая окисная пленка медленно растворяется, образуемые мелкодисперсные окислы, а также другие неметаллические соединения алюминия переходят в металл, образуют центры кристаллизации графита и, тем самым, постепенно увеличивают эффект модифицирования чугуна. Замечено, что после полного исчезновения окисной пленки с поверхности металла эффект модифицирования чугуна алюминием постепенно исчезает.

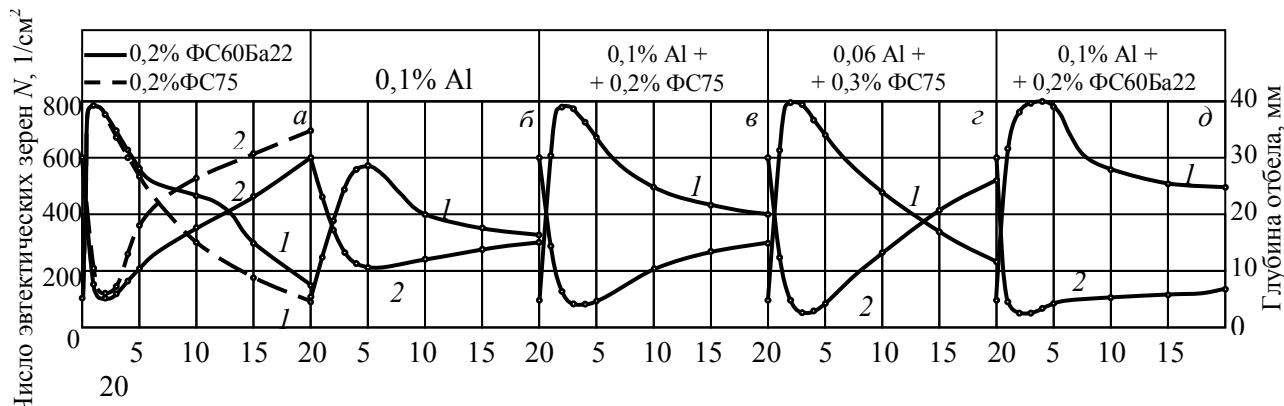


Рис. 1. Влияние продолжительности выдержки расплава при температуре 1400 °C на число эвтектических зерен (1) и глубину отбела (2) чугуна, модифицированного 0,2% ФС75, 0,2% ФС60Ба22 (а), 0,1% Al (б), 0,1% Al + 0,2% ФС75 (в), 0,06% Al + 0,3% ФС75 (г), 0,1% Al + 0,2% ФС60Ба22 (д)

Полученные результаты исследований по установлению факта более продолжительного, чем другие модификаторы, действия алюминия позволяют установить причину более продолжительного действия ферросиликобария по сравнению с ферросилицием. Это можно объяснить наличием в составе ферросиликобария ФС60Ба22 значительного количества алюминия (3–6%), который обеспечивает несколько большую продолжительность и эффективность его действия по сравнению с добавками ферросилиция ФС75, имеющего в своем составе примеси алюминия в меньших количествах (1,5–2%).

Полученные результаты исследований дают предпосылку использовать алюминий, ферросиликобарий и другие добавки для создания смесевого модификатора длительного действия.

На рис. 1, в–д показаны результаты сравнительных исследований влияния продолжительности выдержки чугуна при температуре 1400°C на число эвтектических зерен и величину отбела чугуна, модифицированного 0,1% Al + 0,2% ФС75, 0,06% Al + 0,3% ФС75 и 0,1% Al + 0,2% ФС60Ба22.

Во всех случаях эффект модифицирования имеет тенденцию непрерывного уменьшения по мере увеличения продолжительности выдержки чугуна. Достаточно высокая эффективность отмечается в первые 5 мин после ввода модификаторов. Воздействие алюминия в течение первых 5–7 мин резко возрастает, а затем несколько убывает, являемая значительным даже после 20 мин выдержки. В этом же направлении, но более эффективно, действуют добавки 0,1% Al + 0,2% ФС75 (рис. 1, в). Добавки 0,06% Al + 0,3% ФС75 (рис. 1, г) обеспечивают значительное, по сравнению с единичными добавками Al и ФС75, увеличение числа эвтектических зерен и уменьшение величины отбела. При этом обеспечивается достаточно высокая «живучесть» смесевых модификаторов. Но наиболее высокую «живучесть» обеспечили совместные добавки 0,1% Al и 0,2% ФС60Ба22 (рис. 1, д), которые имеют практически одинаковую величину отбела и сохранения числа эвтектических зерен на протяжении 20 мин выдержки модифицированного чугуна. Глубина отбела с 3 мм на 5-й мин выдержки увеличилась на 20-й мин выдержки примерно на 2–3 мм, а число эвтектических зерен с 800 шт/см² на 5–6-й мин уменьшилось лишь до 500 шт/см² на 20-й мин, что значительно больше, по сравнению с другими исследованными добавками. В связи с вышеизложенными результатами исследований для разработки смесевого модификатора длительного действия были приняты добавки ферросиликобария и алюминия. Учитывая то,

что в процессе длительной выдержки, а также переплава модифицированного чугуна может иметь место угар углерода, в состав ингредиента в был введен графит в виде графитированного коксика.

Чугун, содержащий, мас. %: углерод – 3,4; кремний – 1,8; марганец – 0,6; сера – 0,03, выплавляли в индукционной печи ИСТ-1.0. После расплавления чугун перегревали до 1500°C, охлаждали до температуры 1400°C, при которой модифицировали в печи известным модификатором по а. с. 1098970, со держащим, мас. %: ферросиликобария – 0,19; алюминия – 0,015; графита – 0,1 в количестве 0,3% от массы жидкого чугуна и разрабатываемым модификатором, содержащим, мас. %: ферросиликобария – 0,15; алюминия – 0,82 и графита – 0,068 также в количестве 0,3% от массы жидкого чугуна. Использовали средние составы как известного, так и разрабатываемого модификатора. Производили разливку металла в формы с одновременным отбором проб для определения микр- и макроструктуры и механических свойств.

После 10-й мин выдержки отбирали чугун из печи для последующего переплава чугуна, обработанного известным и разрабатываемым модификаторами.

Результаты исследования эффекта модификации и его сохранение после переплава модифицированных чугунов приведены на рис. 2.

Наблюдается также закономерность, полученная в предыдущих исследованиях. В чугуне, обработанном известным модификатором, содержащим минимальное количество алюминия, величина отбела и число эвтектических зерен изменяется по закономерности, подобной при единичных добавках ферросиликобария. Добавка же разрабатываемого модификатора сохраняет достаточно высокий эффект модификации даже после часовой выдержки модифицированного чугуна. Так, если число эвтектических зерен и величина отбела чугуна, обработанного известным модификатором, достигает своего первоначального значения по числу эвтектических зерен и величине отбела примерно на 20–25 мин, то число эвтектических зерен и величина отбела чугуна, обработанного разрабатываемым модификатором, исходных значений по этим показателям не достигли даже после часовой выдержки.

При вторичном переплаве чугуна, модифицированного разрабатываемым модификатором, сохраняется структурная наследственность чугуна – достаточно высокое число эвтектических зерен (1000 шт.) и низкое значение величины отбела (4–5 мм).

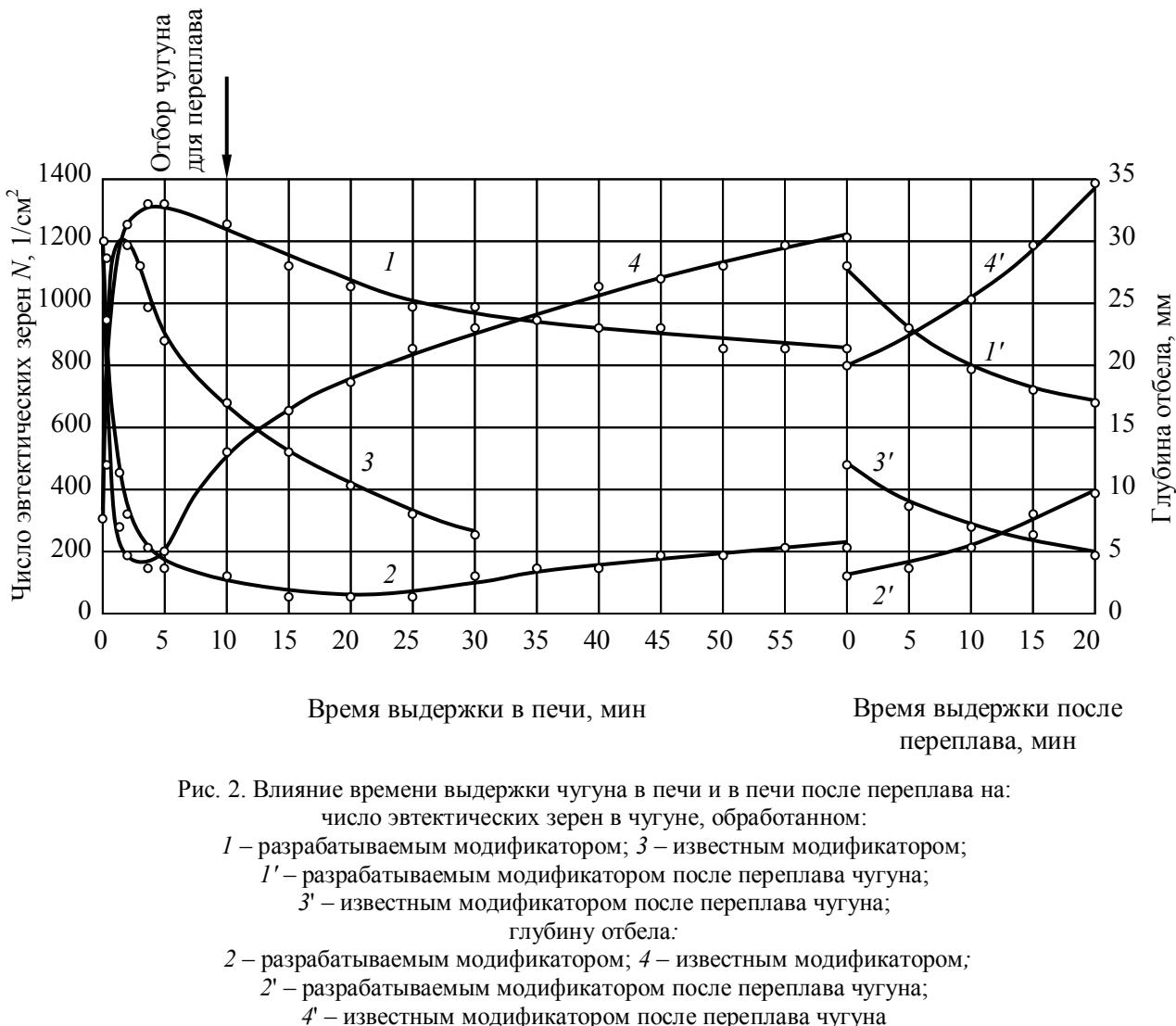


Рис. 2. Влияние времени выдержки чугуна в печи и в печи после переплава на:

число эвтектических зерен в чугуне, обработанном:

1 – разрабатываемым модификатором; 3 – известным модификатором;

1' – разрабатываемым модификатором после переплава чугуна;

3' – известным модификатором после переплава чугуна;

глубину отбела:

2 – разрабатываемым модификатором; 4 – известным модификатором;

2' – разрабатываемым модификатором после переплава чугуна;

4' – известным модификатором после переплава чугуна

В то же время чугун, обработанный для сравнения известным модификатором, практически не обеспечил сохранения эффекта модификации и передачу наследственных свойств после переплава.

Заключение. На основании полученных результатов исследованием установлен состав модификатора, содержащий ферросиликобарий, алюминий и графит. При следующем соотношении компонентов, мас. %: ферросиликобарий – 45–55, алюминий – 30–25, графит – 25–20, который обеспечивает улучшение структуры и свойств отливок, имеет увеличенную продолжительность действия, сохраняет структурную наследственность после переплава модифицированного чугуна. На разработанный модификатор получен патент Республики Беларусь.

Литература

1. Никитин, В. И. Наследственность в литых сплавах / В. И. Никитин. – Самара: СамГТУ, 1995. – 248 с.
2. Курганов, В. А. О перспективах применения доменных чугунов с новыми наследственными свойствами // Металлург: информ. бюл. ИТЦМ. – 2005. – № 7, 8 (148, 149). – С. 1–4.
2. Повышение эффективности модифицирования серого чугуна: тез. докл. Четвертого съезда литьевщиков России, Москва, 20–24 сентября 1999 г. – М., 1999. – С. 75.
3. Писаренко, Л. З. Новые модифицирующие смеси для улучшения структуры и свойств чугуна в отливках / Л. З. Писаренко. – Минск: Институт прикладных исследований, 1992. – 70 с.