

УДК 621.74

Титов В.В.¹, Троцан А.И.², Арнаутів А.С.³

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЧУГУННЫХ ИЗЛОЖНИЦ

Приведены результаты использования ультрадисперсных модификаторов для повышения специальных свойств отливок из чугуна. Установлено, что модифицирование чугуна дает реальный прирост эксплуатационной стойкости изложниц на 24÷29 % при пониженной массовой доле Si и Mn. Показано, что комплексная обработка чугуна модификатором с параллельной доводкой по химическому составу отсевом ферросилиция увеличивает модифицирующий эффект и позволяет получить значительный прирост стойкости.

Текущее состояние вопроса в металлургии Украины, отразившееся, и на ОАО «МК «Азовсталь», показывает, что в результате предпринятых мер по оптимизации химического состава чугуна для отливок сменного сталеразливочного оборудования, усовершенствования их конструкции и оптимизации процесса эксплуатации отливок в мартеновском цехе – фактически достигнут максимум возможностей для повышения служебных качеств данного вида литья. Дальнейших резервов для поднятия стойкости литых деталей без дополнительного вмешательства не просматривается. Естественно, что для обеспечения требуемого объема разливаемой стали в создавшихся условиях необходимо предпринимать дополнительные меры по улучшению структуры чугуна и его специальных свойств.

В настоящее время большое внимание уделяется применению ультрадисперсных порошков химических соединений. Стоит отметить, что размерные критерии наноструктурного состояния кристаллических тел окончательно установлены [1]. Верхний размерный предел наноструктуры соответствует 100 нм, нижний – 0,5÷1 нм. Как правило, наилучший эффект дает модифицирование порошками с размером частиц менее 100 нм [2], вследствие чего их часто называют нанопорошками. Особенностью таких частиц является соизмеримость количества атомов, находящихся в поверхностном слое, количеству атомов, содержащихся в их объеме. В результате этого они обладают уникальными физико-химическими и механическими свойствами, существенно отличающимися от свойств материалов того же химического состава в массивном состоянии, которые могут в определенной степени влиять на качество получаемых из них или с их участием изделий.

Если подходить к описанию технологии наномодифицирования с общих классических позиций, то по своему механизму наномодифицирование совмещает оба рода модифицирования. Модифицирование I рода проявляется в том, что образование полимерных структур блокирует растворение углеродных наночастиц, а модифицирование II рода – в том, что полимеризационные процессы [3] способствуют агрегатированию углеродных частиц в полноценные гомогенные центры кристаллизации графита.

Таблица 1 – Соотношение компонентов

Тип УДМ	Соотн. компонентов, масс. %	
	SiC	TiN+TiC (TiCN)
УДМ – 1	65 – 75	25 – 35
УДМ – 2	50 – 65	35 – 50
УДМ – 3	30 – 50	50 – 70

Наномодификаторы состоят из смеси ультрадисперсных порошков карбида кремния (SiC), карбида титана (TiC), и нитрида титана (TiN), которые смешивают в соотношениях, указанных в таблице 1.

¹ПГТУ, магистрант

²ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

³ОАО «МК «Азовсталь», инж.

Введенные в расплав тугоплавкие частицы карбида и нитрида титана являются центрами кристаллизации, на их поверхности происходит зарождение кристаллов первичной фазы, зависящее от размеров и свойств частицы, а также от ее взаимодействия с расплавом. Величина оболочки (пленки) металлической фазы на поверхности частицы зависит от соотношения термодинамических свойств вещества модификатора и расплава. Чем больше термодинамическая устойчивость модификатора, меньше его растворимость в расплаве и чем больше разница температур плавления модификатора и металла расплава, тем выше его эффективность.

При вводе карбида кремния в расплав образуются локальные микрообъемы с термодинамически активными центрами кристаллизации графита. Углеродистые образования, имеющие свои межфазные границы, являются центрами кристаллизации графита. При этом микрообразования кремния повышают активность углерода, препятствуя образованию цементита.

Применение ультрадисперсных модификаторов при ковшевой или внутриформенной обработке резко снижает количество вредных выделений по сравнению с традиционными модификаторами. В первую очередь это относится к выделению спелевидного графита, пыли и газов. Момент их ввода приближен к началу кристаллизации или осуществляется в процессе заливки форм. Следовательно, нет необходимости значительно перегревать металл, в меньшей степени понижается его температура от выпуска до заливки, за счет чего снижается количество выделяемой спели. И, наконец, синтезированные при высоких температурах УДМ мало насыщены газами и влагой [4].

Основной результат наномодифицирования: полная модифицируемость доменных и ваграночных чугунов при температуре жидкого чугуна $1180\div 1280$ °С, повышение прочностных свойств чугуна на 2÷3 марки, ликвидация усадочных явлений любой природы, полная перлитизация матрицы чугуна, стабилизация и повышение твердости на 20÷30 %, что улучшило механическую обработку чугуна [5, 6].

Целью проводимой работы является определение влияния внепечной обработки расплава ультрадисперсными модификаторами на стойкостные показатели чугунных изложниц во время их эксплуатации в мартеновском цехе.

Технология обработки расплава разработанная специалистами НПК «Интерметалл» основана на вдувании в поток металла ультрадисперсного ($1\div 5$ мкм) модификатора «Sitimag» (ТУ У 24.6–33383126–001:2005) при помощи реактивной установки модели TD–10M. Модификатор вносится в струю расплава при сливе из чугуновозного ковша в разливочный. Под сливным желобом прикрепляется стальная труба диаметром $20\div 30$ мм и длиной $60\div 70$ мм. На выходе трубы прикрепляется наконечник диаметром $6\div 15$ мм. Посредством напорного рукава установка соединяется с трубой и газопроводом или баллоном с газом. Длина струи газовой смеси, вдуваемой в поток расплава, должна быть $250\div 300$ мм. Введение реагента в расплав обеспечивается воздействием газового потока (воздух, аргон, азот), поступающего из смесительной камеры, в которую предварительно загружается мелкодисперсный порошкообразный модификатор.

Учитывая незначительную (3 м) протяженность сливного желоба на эстакаде приема жидкого доменного чугуна в литейном цехе особенно актуально внедрение методики обработки, не требующей значительного пространства для размещения порции модификаторов, и исключающей применение ручного труда рабочих участка.

На основании «Программы внедрения технологии модифицирования для продления срока службы изложниц, поддонов и стального литья» в литейном цехе ОАО «МК «Азовсталь» была проведена работа по модифицированию жидкого доменного чугуна для отливок изложниц и поддонов. Обработка расплава производилась на эстакаде приема жидкого доменного чугуна в литейном цехе на реактивной установке серии TD. Обслуживание установки производилось сотрудниками НПК «Интерметалл» под контролем специалистов литейной группы ИТЦ технического управления комбината.

По обозначенным параметрам был обработан чугун (C:4,35÷4,65; Si:0,44÷0,78; Mn:0,51÷0,61; S:0,022÷0,034; P:0,032÷0,045) для 42 разливочных стопорных ковшей. При заливке литейных форм производился постоянный контроль температуры, продолжительности заливки и допущенных нарушений. Сведения, полученные в результате отливки опытной партии изложниц, а также показатели, достигнутые в ходе их эксплуатации, отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Опытные изложницы*, модифицированные «Sitimag»

Тип изложниц	№ излож.	Температура чугуна, град.	Химический состав чугуна, %		Количество наливов при отбраковке, шт.	Дата отбраковки	Примечание по коррекции при обработке
			Si	Mn			
К 13	601	1350	0,60	0,58	83	24.06.2008	—
К 13	602	то же	то же	то же	82	5.06.2008	—
К 13	603	то же	то же	то же	104	6.08.2008	—
К 13	604	то же	то же	то же	115	15.07.2008	+ FeSi
К 13	605	то же	то же	то же	108	6.08.2008	—
К 13	610	1390	0,64	0,69	51	14.05.2008	—
К 13	611	1410	0,73	0,61	136	20.07.2008	+ FeSi
К 13	612	то же	то же	то же	134	20.07.2008	+ FeSi
К 13	613	то же	то же	то же	94	6.07.2008	—
К 13	614	то же	то же	то же	98	6.07.2008	—
К 13	615	то же	то же	то же	144	30.07.2008	+ FeSi
К 13	616	1360	0,72	0,65	99	6.07.2008	—
К 13	617	то же	то же	то же	103	15.07.2008	—
К 13	618	то же	то же	то же	43	14.05.2008	—
К 13	619	то же	то же	то же	102	20.07.2008	—
К 13	621	1370	0,73	0,51	118	30.07.2008	+ FeSi
К 13	622	то же	то же	то же	103	24.06.2008	—
К 13	623	то же	то же	то же	116	6.08.2008	—
К 13	625	то же	то же	то же	118	6.08.2008	+ FeSi
К 13	626	1380	0,78	0,61	104	15.06.2008	—
К 13	627	то же	то же	то же	97	20.07.2008	—
К 13	628	то же	то же	то же	111	24.06.2008	—
К 13	629	то же	то же	то же	99	6.08.2008	—
К 13	630	1350	0,44	0,55	89	30.06.2008	—
К 13	631	то же	то же	то же	82	6.07.2008	—
К 13	633	то же	то же	то же	116	20.07.2008	—
К 13	634	то же	то же	то же	101	6.08.2008	—
К 13	635	то же	то же	то же	84	30.06.2008	—
К 13	636	то же	то же	то же	95	24.06.2008	—
К 13	637	то же	то же	то же	96	15.07.2008	—
К 13	638	то же	то же	то же	97	20.07.2008	—
К 13	639	то же	то же	то же	49	14.05.2008	—
С 8	14	1350	0,60	0,58	102	23.07.2008	—
С 8	17	то же	то же	то же	93	6.08.2008	—
С 8	18	то же	то же	то же	101	6.08.2008	—
С 8	19	1410	0,73	0,61	81	20.07.2008	—
С 8	20	1370	0,73	0,51	48	30.6.2008	—
С 8	21	1380	0,78	0,61	79	6.07.2008	—
С 8	22	то же	то же	то же	106	23.07.2008	—

*Опытные изложницы поступили в эксплуатацию в мартеновский цех в обычном порядке, без вылеживания, как и серийные.

Комиссионный осмотр отливок изложниц и поддонов производился на стенде до погрузки в вагоны. Исходя из результатов анализа качества и наличия внешних дефектов, можно сделать вывод, что в отливках опытных изложниц и поддонов не отмечено дефектов, которые могли быть следствием внепечной обработки чугуна реагентами при модифицировании (газовая пористость и т.д.).

В период проведения внепечной обработки жидкого доменного чугуна в литейном цехе, величина удельного расхода модификатора не превышала 0,250 кг/т чугуна. Было обращено внимание, что весь объем доменного чугуна, поступавшего в литейный цех в период проведения работ не только имел отклонения от требований 1 сорта СТП 232–4–2006 по химическому составу, но являлся браком по массовой доле Si или Mn.

Проведено сравнение степени влияния модификатора на чугун с удовлетворительными исходными показателями по химическому составу. Для этого в рабочем порядке в реакционную камеру установки кроме модификатора было загружено равное по массе (0,250 кг) количество мелкодисперсного отсева помола ферросилиция марки ФС65. Таким образом был обработан чугун при сливе из 1 чугуновозного ковша и отлито 6 изложниц.

При отливке изложниц, модифицированных реагентом «Sitimag», были отобраны пробы чугуна на определение специальных свойств чугуна, в том числе твердости и прочности. При испытании опытных образцов в лаборатории Нижнеднепровского трубопрокатного завода пределы по прочности МРа для серийных изложниц были значительно занижены и составили не более 109 единиц, при твердости более 145 единиц. Такое значительное отклонение от нормы для доменного чугуна при оптимальной твердости составе – (95÷110 единиц твердости) обусловлено низким (0,42÷0,46 %) против оптимального (0,80÷1,20 %) содержанием Si и Mn в исходном чугуне, что, очевидно, является причиной затрудненной механической обработки торцов серийных изложниц и не позволяет снять литейные напряжения в отливках.

Выводы

1. Модифицирование чугуна с пониженной массовой долей Si и Mn ультрадисперсными порошками карбидов Si, Ti и нитридов Ti обеспечивает прирост эксплуатационной стойкости изложниц на 24÷29 % в зависимости от типа отливок.
2. Комплексная обработка чугуна ультрадисперсным модификатором с параллельной доводкой чугуна по химическому составу мелкодисперсным отсевом помола ферросилиция марки ФС65 обеспечивает повышение стойкости изложниц на 66,7 %.

Перечень ссылок

1. Глезер А.М. Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы / А.М. Глезер // Рос. хим. журнал. – 2002. – Т. XLVI. – № 5. – С. 57 – 63.
2. Повышение качества чугунных отливок с помощью нанопорошков / Г.Г. Крушенко, И.С. Ямских, А.А. Бонченков, А.С. Мишин // Металлургия машиностроения. – 2002. – № 2(9). – С. 20 – 21.
3. Давыдов С.В. Расчет критического радиуса гомогенного зародыша графита в расплаве чугуна / С.В. Давыдов // Металлургия машиностроения. – 2002. – № 6(9). – С. 5 – 8.
4. Пути уменьшения вредных выделений в литейных цехах при внепечной обработке литейных расплавов / И.Е. Лев, В.А. Кривошеев, В.Т. Калинин, И.Н. Зигало и др. // Тр. междунар. конф. "Экология и теплотехника". – Днепропетровск. – НметАУ. – 1996. – С. 197.
5. Давыдов С.В. Производство автомобильных отливок из ваграночного чугуна / С.В. Давыдов, Е.И. Гирцев // Литейное производство. – 2003. – № 4. – С. 4 – 5.
6. Давыдов С.В. Технология наномодифицирования доменных и ваграночных чугунов / С.В. Давыдов // Заготовительное производство. – 2005. – № 2. – С. 3 – 9.

Рецензент: А.М. Скребцов
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 26.02.2009