

УДК 621.74

**Е. В. Фесенко, В. А. Косячков, М. А. Фесенко**

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

## КАРБИДОСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ЗАРЯДЫ РЕАКЦИОННЫХ КАМЕР ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ ЧУГУНА В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ

*Исследован процесс внутриформенного карбидостабилизирующего модифицирования исходного высокоуглеродистого серого чугуна дроблеными добавками феррохрома марки ФХ900, сплава никеля с магнием марки NiMg19 и цериевого мишметалла Ce48La28Mg3 с целью обеспечения кристаллизации чугуна со сквозным отбелом в толстых сечениях отливок. Установлено, что, несмотря на повышенную температуру заливки, добавку в состав заряда реакционной камеры активного флюса, а также парообразующих присадок для механического перемешивания расплава в реакционной камере во всех экспериментах после заливки форм, значительная часть феррохрома оставалась в сыпучем или частично спекшемся состоянии, не растворяясь в потоке чугуна. Положительные результаты получения сквозного отбела стенок ступенчатой пробы даже в толстом сечении 50 мм достигнуты использованием в качестве заряда реакционной камеры дробленого сплава никеля с магнием марки NiMg19, а также цериевого мишметалла Ce48La28Mg3.*

**Ключевые слова:** внутриформенное карбидостабилизирующее модифицирование, дробленая добавка, высокоуглеродистый серый чугун, отбел, феррохром, сплав никеля с магнием, мишметалл, заряд реакционной камеры.

*Досліджено процес внутрішньоформового карбідостабілізуючого модифікування вихідного високовуглецевого сірого чавуну дробленими домішками ферохрому марки ФХ900, сплаву нікеля з магнієм марки NiMg19 та церієвого мішметалу Ce48La28Mg3 з метою забезпечення кристалізації чавуну з крізним вибілюванням в товстих перетинах виливків. Встановлено, що, не дивлячись на підвищену температуру заливання, додавання до складу заряду реакційної камери активного флюсу, а також пароутворюючих присадок для механічного перемішування розплаву в реакційній камері во всіх експериментах після заливання форм значна кількість ферохрому залишала в сипучому або частково спеченому стані, не розчинялась в потоці чавуну. Позитивні результати отримання скрізного вибілювання стінок ступінчастої проби навіть в товстому перетині 50 мм досягнуто з використанням в якості заряду реакційної камери дробленого сплаву нікеля з магнієм NiMg19, а також церієвого мішметалу Ce48La28Mg3.*

**Ключові слова:** внутрішньоформове карбідостабілізуюче модифікування, дроблена добавка, високовуглецевий сірий чавун, вибілювання, ферохром, сплав нікеля з магнієм, мішметал, заряд реакційної камери.

*The inquires into the task of in-mold carbide-stabilizing modification of initial high-carbon gray iron by brand FeCr900 ferrochromium crushed supplements, brand NiMg19 nickel and magnesium*

*alloy, as well as Ce48La28Mg3 cerium misch metal to ensure cast iron solidification with through chill of thick cast sections. It is established, that despite the increased pouring temperature, as well as addition of the active flux charge to the reaction chamber and the vaporescent supplements for mechanical agitation of the melt, during all experiments, after the molds poured, a significant portion of ferrochromium remained in the bulk or partially sintered state without dissolving in iron stream. Positive results of obtaining through chill of wall step-tests even in thick sections of 50 mm is achieved using crushed nickel and magnesium alloy of NMg 19 brand and cerium misch metal Ce48La28Mg3 as a reaction chamber charge.*

**Keywords:** *in-mold carbide-stabilizing modification, crushed supplement, high-carbon gray cast iron, chill, ferrochromium, nickel and magnesium alloy, misch metal, reaction chamber charge.*

Известный технологический процесс сфероидизирующего модифицирования чугуна в реакционной камере литниковой системы (Inmold-process) не ограничивается только получением монолитных отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Отрабатывается оригинальный способ внутриформенного модифицирования, позволяющий получать двухсторонние отливки с отдельными частями из твердого износостойкого белого чугуна и мягкого ударостойкого высокопрочного чугуна ферритного класса [1, 2].

Идея метода заключается (рис. 1) в заливке формы серым чугуном эвтектического

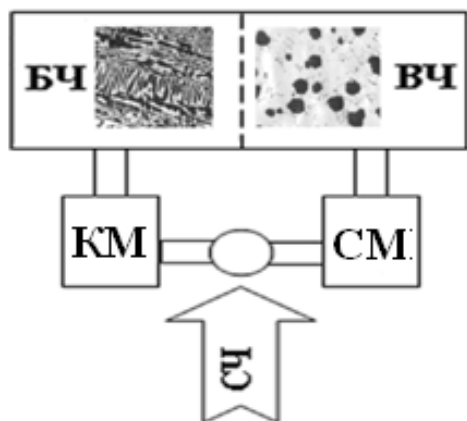


Рис. 1. Схема технологического варианта получения двухсторонних отливок: СЧ – серый чугун; БЧ – белый чугун; ВЧ – высокопрочный чугун; КМ – карбидостабилизирующий модификатор; СМ – сфероидизирующий модификатор

процесса внутриформенного карбидостабилизирующего модифицирования серого чугуна эвтектического состава возникли определенные проблемы. Из всех карбидостабилизирующих элементов наибольшее распространение в литейном производстве получил хром. При содержании в чугуне более 2,5 % Cr карбиды  $(FeCr)_3C$  в белом чугуне сохраняют устойчивость даже после графитизирующего высокотемпературного отжига.

Учитывая это, для внутриформенного карбидостабилизирующего модифицирования чугуна первоначально выбрали феррохром марки ФХ900.

Объектом исследования служила ступенчатая проба массой  $5,0 \pm 0,2$  кг с сечениями стенок 5, 10, 20, 30, 40, 50 мм и литниковой системой, которая включала кубическую реакционную камеру с длиной ребра 40 мм. Параметрами оптимизации процесса служили цвет излома, структура и твердость чугуна в различных сечениях пробы.

Исходный серый чугун выплавляли в индукционной тигельной электропечи марки

ИЧТ-006 с кислой футеровкой на шихте, состоящей из доменного чугуна. Химический состав исходного чугуна следующий, в %: 3,8-4,0 С; 2,4-2,6 Si; 0,2-0,3 Mn; < 0,03 S; < 0,05 P; остальное – Fe.

Сухие песчано-глинистые формы заливали открытым ручным ковшем в течение 14-16 с. Температуру заливки расплава варьировали от 1420 до 1560 °С.

Установили, что за время заливки литейных форм зернистые добавки феррохрома в исследуемом интервале температур не успевают раствориться и усвоиться металлом отливок. Основная масса присадок остается в реакционной камере в исходном состоянии или частично спекшемся.

Очевидно, что тугоплавкая поверхностная защитная окисная пленка  $Cr_2O_3$  препятствует эффективному растворению зерен модификатора в потоке чугуна. Даже в тонких сечениях проб чугуна кристаллизовался без отбела, с серым цветом излома.

Для снижения температуры плавления и вязкости шлака на основе окисных пленок обычно применяют активный флюс типа плавикового шпата или криолита. В серии дополнительных плавов к 6 % (от массы отливки) феррохрома добавили 1,2 % плавикового шпата. Однако и в этом случае после заливки и выбивки форм на дне реакционных камер оставалась большая часть непрореагировавших частиц модифицирующих смесей. Цвет излома во всех ступенях пробы оставался серым.

Не имела успеха и попытка стимулировать механическое перемешивание чугуна с феррохромом путем введения в состав заряда реакционной камеры легкоиспаряющихся газотворных добавок: порошкового магнезия или пенополистирола.

Следует отметить, что задачу стабилизации отбела высокоуглеродистого чугуна в массивных сечениях отливок многие исследователи пытались решить еще в середине прошлого века. В частности, английские ученые Марроу и Вильямс застabilизировали карбиды железа ледебурита в толстостенных отливках из заэвтектического чугуна с помощью трудноразделимого сплава редких и редкоземельных металлов – так называемого мишметалла. Американским исследователям Гагнебину, Миллису и Пиллингу с той же целью удалось заменить никель-хромовую лигатуру никель-магниевой в процессе производства износостойких чугунов типа «Нихард». При этом в обоих случаях после графитизирующего отжига вместо ожидаемого ковкого чугуна с хлопьевидным графитом впервые в мире были получены образцы нового литейного сплава – высокопрочного чугуна с шаровидным графитом [3].

Основываясь на этом историческом факте, в качестве карбидостабилизирующих присадок для внутриформенного модифицирования решили применять никель-магниевый сплав NiMg19 или цериевый мишметалл Ce48La28Mg3. Расход модификаторов составлял 2,0 %.

Установили, что после внутриформенного модифицирования исходного серого чугуна с пластинчатым графитом дроблеными зернами сплавов NiMg19 и Ce48La28Mg3 во всех сечениях ступенчатой пробы чугун кристаллизуется по метастабильной системе со сквозным отбелом. Карбидостабилизирующим внутриформенным модифицированием сплавами NiMg19 и Ce48La28Mg3 твердость исходного чугуна удалось повысить с 150-180 (рис. 2, кривая 1) до 400-440 HB (рис. 2, кривые 2, 3).

Положительные результаты внутриформенного карбидостабилизирующего модифицирования чугуна позволили в лабораторных условиях апробировать новый метод производства двухсторонних отливок из разнородных чугунов (см. рис. 1). В литниковой системе формы для получения плоской плиты толщиной 25 мм, массой 10 кг поток исходного серого чугуна при заливке форм разделяли на две части: одна часть потока проходила через реакционную камеру с дробленым сплавом NiMg19, а другая – через камеру с дробленым сплавом FeSiMg7. Для предотвращения взаимного перемешивания разнородно-модифицированных

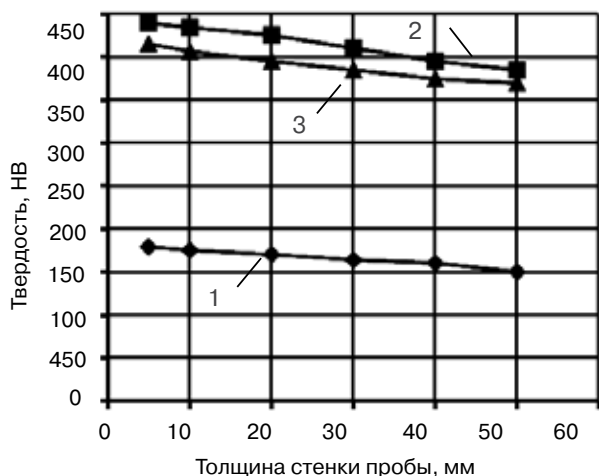


Рис. 2. Твердость исходного (1) и модифицированного сплавами NiMg19 (2) и Ce48La28Mg3 (3) чугуна в сечениях ступенчатой пробы 5-50 мм

чугунов в общей литейной форме вдоль оси симметрии ее рабочей полости установили разделительную перегородку из листового оцинкованного железа. При контакте с жидким металлом перегородка уменьшилась по толщине на 10-20 % и надежно сварилась с разнородными чугунами. Левая боковина плиты закристаллизовалась по метастабильной системе из износостойкого белого чугуна твердостью 436 НВ (рис. 3), правая боковина – по стабильной системе со светло-серым изломом из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом твердостью 268 НВ (рис. 3).

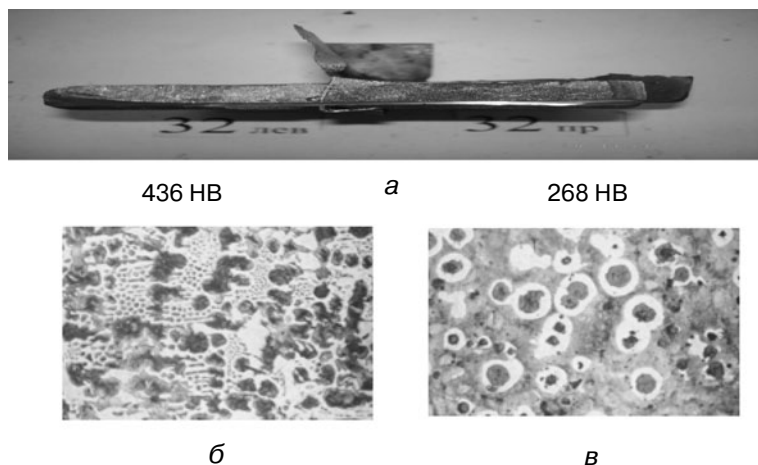


Рис. 3. Цвет излома (а), твердость НВ и микроструктура левой (б) и правой (в) боковин отливки из разнородных чугунов, модифицированных в литейной форме

### Выводы

Разработчики надеются, что новый способ дифференциации структуры и свойств чугуна в локальных элементах или слоях отливки, не требующих выплавки разнородных сплавов в двух печах или ковшового сфероидизирующего модифицирования металла в одном из двух разливочных ковшех, найдет применение в промышленности.



### Список литературы

1. Косячков В. А., Фесенко М. А., Денисенко Д. В. Перспективы производства биметаллических отливок модифицированием чугуна в литейной форме // Процессы литья. – 2004. – № 4. – С. 80-84.