

Вторым успешным примером стало применение семейства растворителей на основе эфиров кремневой кислоты. Благодаря этому удалось при изготовлении отливок из легких сплавов литьем в кокиль улучшить разрушаемость стержней, а также снизить склонность к образованию конденсата. Эта новая система связующих позволила значительно снизить эмиссию запахов после заливки.

При модифицировании многоатомный спирт (полиол) на основе фенольной смолы и полиизоцианат, отвечающие за процесс построения полиуретана, остаются почти всегда неизменными. Существуют, однако, возможности посредством модифицирования существенно снизить фенольную составляющую мономера (свободный фенол и свободный формальдегид), следствием чего является снижение выделения вредных веществ после заливки. Преимуществом этой новой концепции является также повышение термостойкости и сведение к минимуму дефектов литья, связанных с расширением частичек песка.

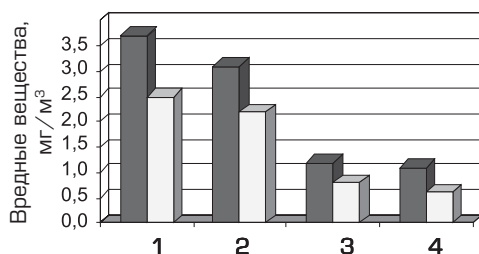


Рис. 27. Эмиссия вредных веществ на участке заливки: 1 – бензол; 2 – толуол; 3 – ксилол; 4 – фенол. Темные столбцы – немодифицированная система; светлые столбцы – модифицированная система

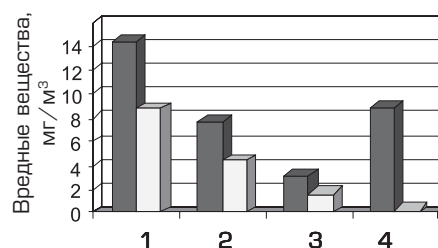


Рис. 28. Эмиссия вредных веществ на участке выбивки: 1 – бензол; 2 – толуол; 3 – ксилол; 4 – фенол. Темные столбцы – немодифицированная система; светлые столбцы – модифицированная система

Все указанные характеристики включает в себя система связующих для Cold-Box процесса серии 8000.

#### Список литературы

1. Dr. rer. nat. M. Torbus, G. Ladegourdie, W. Schuch. Betriebsverfahren mit Cold-Box Systemen der «Neuen Generation»; GIFA – 1999.
2. Dr. rer. nat. U. Pohlman. Grenzen einer möglichen Geruchsminimierung in Vergleich der verschiedenen Kernherstellungsverfahren; Formstofftage. – 2004.
3. Broschüre COGas®-System der Fa. Mk. Industrievertretungen GmbH.

Д. А. Болдырев (Исследовательский центр ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти),  
В. А. Чайкин (филиал МГОУ, г. Сафоново), А. В. Чайкин (МГТУ им. Баумана, г. Москва)

## Применение смесевых комплексных модификаторов с кальций-стронциевым карбонатом при получении отливок деталей легкового автомобиля из высокопрочного и серого чугунов<sup>1</sup>

Принимая во внимание особенности влияния углерода и кремния на процесс графитообразования в чугуне, наиболее удачным решением, объединяющим преимущества этих элементов, является использование смесевых модификаторов (МК) [1].

В настоящее время смесевые модификаторы получили второе рождение. На этапе создания и начала использования смесевых модификаторов их производство было основано большей частью на использовании вторичных продуктов (отходов) ферросплавных предприятий. На современном этапе, характеризующемся новым подходом к теории и практике использования смесевых модификаторов, для их изготовления применяются новейшие материалы. В термин «новые материалы» вкладывается смысл применения новых способов получения известных веществ. Смесевые модификаторы нового поколения это пакетированные смеси, основа которых порошки активированного высокотемпературной обработкой графита и полученного физико-химическим путем кристаллического кремния. В качестве дополнительных составляющих в смесевых модификаторах присутствуют в микродозах кальций, медь, алюминий, РЗМ, соли активных эле-

Представлены результаты исследования влияния мелкодисперсных смесевых модификаторов МК82 (графит + (Ca, Sr) CO<sub>3</sub>) и МКкк (графит + кремний + (Ca, Sr) CO<sub>3</sub>) на структурообразование СЧ и ВЧ в отливках. Показано, что в смеси с термоактивированным графитом из кальций-стронциевого карбоната за счет слабого углетермического процесса частично восстанавливается стронций. Установлено, что в зависимости от концентрации растворенного стронция в расплаве чугуна он может оказывать как графитизирующее, так и отбеливающее действие.

**Ключевые слова:** модифицирование, смесевой модификатор, кальций-стронциевый карбонат.

\*\*\*

**Boldirev D. A., Chaykin V. A., Chaykin A. V.** Usage of mixed complex inoculators with calcium-strontium carbonate in automobile casting production of nodular and gray cast iron.

It article is presented the investigation results of fine-dispersed mixed inoculators МК82 (graphite + (Ca, Sr) CO<sub>3</sub>) and МКкк (graphite+silicon+(Ca, Sr)CO<sub>3</sub>) influence on nodular and gray cast iron structurization in castings.

It is shown that in the mix with thermoactivated graphite of calcium-strontium carbonate because of weak carbothermic process strontium is partly recover. It is fixed that in dependence from dissolved strontium concentration in liquid cast iron it can force graphitizing or chilling effect.

**Key words:** inoculation, mix inoculators, calcium-strontium carbonate.

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках прикладной НИР №01200904856 ФГНУ ЦИТИС.

ментов. Главная особенность комплексных смесевых модификаторов заключается в том, что их фракционный состав находится в высокодисперсном состоянии (10–30 мкм), что обуславливает резкое повышение модифицирующей способности и «живучести» смеси. Особенность работы смесевого модификатора заключается в создании идеальных условий для зарождения графитной фазы при соизмеримости частиц модификатора с центрами зародышеобразования графита (ЦЗГ) при введении в чугун большого количества дисперсных частиц графита и кремния [2]. Таким образом, для применения смесевого модификатора в производственных условиях необходимо определить соотношения углерода, кремния и других добавок в общем составе, учитывая все параметры технологического процесса: состав шихты, типы плавильных агрегатов и последовательность их работы, температуры чугуна в печи и др. [3–5].

Малая длительность эффекта модифицирования расплава чугуна объясняется как общим ростом (коагуляцией) включений в процессе выдержки расплава, так и их растворением, что снижает общее число эффективных центров зародышеобразования графита (ЦЗГ) в процессе кристаллизации. Потеря способности формирования ЦЗГ связана также с всплыванием и переходом гетерогенных зародышей в шлак. Следовательно, размер ЦЗГ не должен превышать определенного критического значения, свыше которого включение всплывает и переходит в шлак. По закону Стокса главной движущей силой, определяющей скорость всплывания (флотации) частиц, является их размер [6]:

$$v = \frac{d^2(\rho_{\text{ж}} - \rho)g}{18\mu}, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость всплывания (флотации), м/с;  $d$  – диаметр всплывающего ЦЗГ, м;  $\rho_{\text{ж}}$  – удельная плотность жидкого чугуна, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho$  – удельная плотность всплывающего ЦЗГ, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – гравитационная постоянная, 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $\mu$  – вязкость жидкого чугуна, кг/с м.

С другой стороны, удержание ЦЗГ в толще расплава осуществляется за счет энергии сил межфазного натяжения на границе «расплав-включение». Следовательно, не превышая определенный критический размер, ЦЗГ могут оставаться в расплаве, то есть скорость их всплывания (флотации) равна нулю и ЦЗГ находится в объеме расплава чугуна в виде «взвеси». Размер ЦЗГ, остающегося в объеме расплава, не должен превышать значения, определяемого из следующего неравенства [6]:

$$d < \frac{\sigma \cos \theta}{\rho}, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр ЦЗГ, м;  $\sigma$  – поверхностное натяжение на границе «расплав ЦЗГ», кг/м;  $\theta$  – краевого угол смачивания, град;  $\rho$  – внешнее давление, Па.

Таким образом, эффективность модифицирования можно определить через создание в расплаве чугуна «взвеси» ЦЗГ с высокой седиментационной способностью. Диаметр ЦЗГ должен соответствовать выражению (2), при условии, что время всплывания растущих ЦЗГ, оцениваемое по выражению (1), должно заметно превышать технологически требуемую длительность эффекта модифицирования. Следовательно, эффективность модифицирования в практическом плане может выражаться через раннее, позднее или

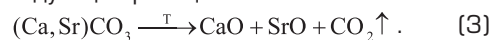
комбинированное модифицирование. Если процесс модифицирования обеспечивает выполнение выражения (2), то модификатор можно вводить на ранней стадии (модифицирование в ковше), то есть в этом случае ЦЗГ не только сохранятся в расплаве, но и до момента начала кристаллизации успеют вырасти до сверхкритического размера, оставаясь в толще расплава. Если в процессе модифицирования образующиеся неметаллические включения интенсивно выводятся из расплава, не вызывая инокулирующего эффекта, то есть  $d$  получаемых ЦЗГ превышает величину  $\sigma \cos \theta / \rho$  в выражении (2) и в этом случае реализуются условия выполнения выражения (1), то более целесообразным является введение модификаторов на поздней стадии обработки расплава (ввод модификатора в литниковую чашу или в форму) [6].

Для проведения испытаний в смесевые комплексные модификаторы на основе порошков графита и кремния для ковшового и внутриформенного модифицирования был дополнительно введен кальций-стронциевый карбонат [7] в количестве 10–20%.

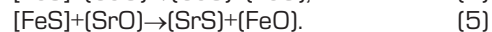
**Состав смесевого комплексного модификатора для ковшового модифицирования МК82: графит малозольный 80%, кальций-стронциевый карбонат 20%.**

**Состав смесевого комплексного модификатора для внутриформенного модифицирования МКкск: графит малозольный 10%, кремнийсодержащий порошок 80%, кальций-стронциевый карбонат 10%.**

Диссоциация кальций-стронциевого карбоната при повышенной температуре (в расплаве чугуна) происходит по следующей реакции:



Из получившихся продуктов реакции оксиды кальция и стронция, связывая серу, образуют скопления сульфидов (4), (5) различной дисперсности, из которых более крупные всплывают в шлак, рафинируя расплав чугуна, а более мелкие в виде взвеси остаются в объеме расплава и служат подложками для формирования графитных включений.



Пузырьки углекислого газа (3), поднимаясь вверх через толщу расплава, вызывают его барботаж и дополнительное перемешивание, что позволяет улучшить усвоение мелкодисперсной основы модификатора.

Таким образом, в ходе выполнения экспериментальной работы необходимо решить практическую задачу по определению предпочтительности той или иной схемы модифицирования с точки зрения наилучшего усвоения расплавом чугуна ЦЗГ для формирования графитных включений.

## ЭКСПЕРИМЕНТ №1

**Деталь 12101-3103015 «Ступица переднего колеса» из высокопрочного чугуна марки ВЧ50**

Из канальной печи был взят для проведения опытной работы ковш высокопрочного чугуна. Химический состав: 3,60% С; 1,97 Si; 0,40 Mn; 0,019 P; 0,010 S; 0,072 Cr; 0,15 Ni; 0,24 Cu; 0,018 Sn. Температура расплава чугуна в печи 1530°C.

Таблица 1. Контролируемые параметры

Отливка	Микроструктура		HB <sub>5/750/10</sub>	σ <sub>в</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>
	Форма, распределение и размеры графитовых включений	Металлическая основа		
1	Графит шаровидный, ССГ 85%	Перлит пластинчатый – 60%, феррита 40%	207	73
2	Графит шаровидный, ССГ 80%	Перлит пластинчатый – 60%, феррита 40%	197–207	70
3	Образцы для исследования микроструктуры и механических свойств изготовить не удалось по причине сквозного отбела отливки			
4	Графит шаровидный, ССГ 90%	Феррит 80%, перлит пластинчатый – 20%	207–217	71
<b>Требования по И12011.37.101.66</b>	Графит шаровидный, ССГ не менее 80%	Металлическая основа феррито-перлитная, цементит до 5%	170–210	

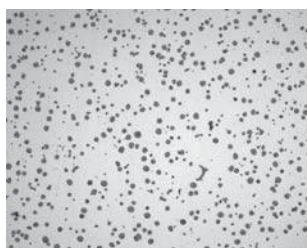


Рис. 1. Отливка №1. Графит шаровидный, ССГ 85% (x100)



Рис. 2. Отливка №2. Графит шаровидный, ССГ 80% (x100)



Рис. 3. Отливка №4. Графит шаровидный, ССГ 90% (x100)

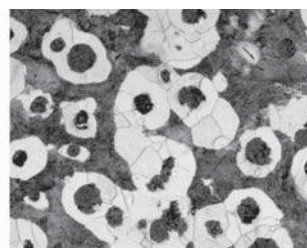


Рис. 4. Отливки №1, 2. Металлическая основа – перлит пластинчатый, феррит (травление нитал, x400)

В ковш вместимостью 1200 кг для проведения графитизирующего модифицирования был введен модификатор МК82 в количестве 4 кг способом «под струю единой порцией». Фактическое наполнение ковша 1222 кг (показания сняты с индикатора весового устройства на погрузчике). После этого ковш был передан на АФЛ СПО-4, была взята ковшовая проба металла на химический анализ, %: 3,66 С; 2,00 Si; 0,40 Ni; 0,035 Mg, содержание остальных элементов см. анализ металла из печи.

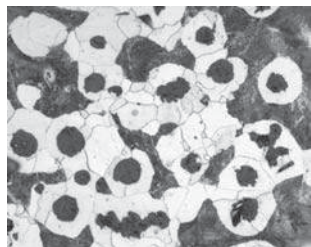


Рис. 5. Отливка №4. Металлическая основа – феррит, перлит пластинчатый (травление нитал, x400)

Температура начала разливки ковша 1490 °С. Из опытного ковша были залиты 4 формы (32 отливки) сразу после замера температуры: 1-я форма без добавок, в зумпф нижней полуформы 2-й формы засыпалось 65 г смесового модификатора МКкск (0,1% от металлоемкости формы), в зумпф нижней полуформы 3-й формы 130 г смесового модификатора МКкск (0,2% от металлоемкости формы), в заливочную чашу 4-й формы помещался кусок ФС75л3.

Анализ микроструктуры и механические свойства чугуна опытных отливок приведены в табл. 1. Микроструктура отливок показана на рис. 1–5. Зависимость

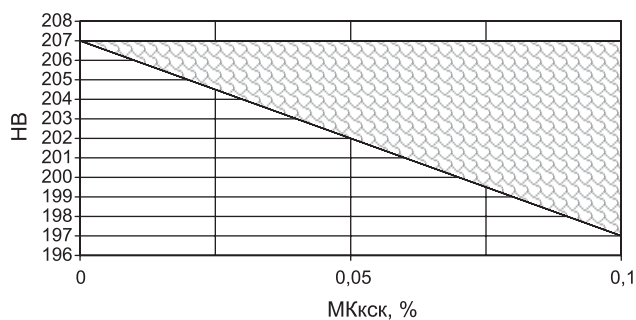


Рис. 6. Зависимость твердости по Бринеллю чугуна в отливках от расхода МКкск, %

твердости по Бринеллю от расхода материала МКкск приведены на рис. 6.

#### Анализ и обсуждение результатов эксперимента.

1. Введение в ковш материала МК82 в количестве 4 кг совместно с 4,8 кг «тяжелой» лигатуры Ni-Mg-Se способом «под струю единой порцией» без проведения вторичного графитизирующего модифицирования фактически позволило получить марку ВЧ70 (σ<sub>в</sub> = 73 кгс/мм<sup>2</sup>) с требуемой ССГ (85%), перлитно-ферритной металлической матрицей и требуемой твердостью по Бринеллю (HB 207). Таким обра-

зом, получение отливок из высокопрочного чугуна высоких марок возможно только за счет ковшового модифицирования комплексным смесевым модификатором МК82 в количестве 0,33% (4 кг) без использования вторичного модифицирования.

2. Дополнительное введение в форму 0,1% (65 г) материала МКкск позволило несколько снизить твердость чугуна (до 197 НВ) при сохранении прочности и показателей микроструктуры (ССГ и соотношения перлит/феррит).

3. Увеличение расхода материала МКкск в форму до 0,2% (130 г) вызвало затвердевание полностью отбеленной отливки. Данный факт, видимо, явился следствием перемодифицирования чугуна и отбеливающего влияния свободного стронция, не связанного в сульфиды. По определению, перемодифицирование проявляется при введении в расплав большего количества модификаторов, чем требуется для получения тонкой равномерной структуры эвтектики. В результате перемодифицирования на границах зерен (колоний эвтектики) происходит резкое огрубление структуры, в нашем случае появление свободного цементита. Возникновение цементита также может быть обусловлено следующим. При введении в расплав кальций-стронциевого карбоната в нем начинает протекать слабый углеродистый процесс, в результате которого оксид стронция, вступая в реакцию с углеродом чугуна и графитом модификатора, восстанавливается до чистого стронция. Ввиду того, что модифицируется низкосернистый чугун с максимальным содержанием серы до 0,025%, процесс нейтрализа-

ции отбеливающего действия стронция путем его связывания в сульфид, для протекания которого необходима концентрация серы не менее 0,05%, не происходит.

4. Использование для вторичного модифицирования куска ФС75лЗ позволило получить структуру чугуна в отливке с существенно более высоким содержанием феррита (до 80%) по сравнению со структурой чугуна в отливках, залитых с 0,1% МКкск и без него (до 40%). Таким образом, вторичное модифицирование расплава чугуна кусковым ФС75лЗ после первичного (ковшового) модифицирования материалом МК82 в количестве 0,33% (4 кг) вызывает повышенную ферритизацию структуры чугуна при сохранении уровня прочности и некотором повышении его твердости (до 217 НВ).

Также следует отметить достаточно хорошее усвоение материала МК82 в ковше при его введении способом «под струю единой порцией».

#### ЭКСПЕРИМЕНТ №2

#### Деталь 2101-1601093 «Диск сцепления нажимной» из серого чугуна перлитного класса марки Gh190

Из канальной печи был взят для проведения опытной работы ковш серого чугуна. Химический состав, %: 3,31% С; 1,96 Si; 0,57 Mn; 0,021 P; 0,020 S; 0,22 Cr; 0,18 Ni; 0,15 Cu; 0,032 Sn. Температура расплава чугуна в печи 1460°C.

Таблица 2. Контролируемые параметры

Отливка	Микроструктура		НВ <sub>5/750/10</sub>	σ <sub>в</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>
	Форма, распределение и размеры графитовых включений	Металлическая основа		
1	Тип А, D № 4, 5	Перлит пластинчатый, феррита до 10%, цементит в виде сетки и в углу сечения на глубину до 5 мм (20%)	224-229	24,5
2	Тип А, В, D № 4, 5	Перлит пластинчатый, феррита до 5%, цементит в углу сечения на глубину до 1 мм (10%)	197-207	26,6
3		Перлит пластинчатый, феррита 1-2%	197-207	26,3
4		Перлит пластинчатый, феррита до 1-2%, цементит в углу сечения на глубину до 1,5 мм (10%)	207	26,6
<b>Требования по нормам FIAT-BA3 52205</b>	Тип А – преобладает, типы В и D – допускаются	Перлит пластинчатый, допускаются следы цементита (<1%)	190-240	26

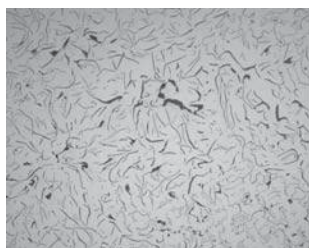


Рис. 7. Отливка №1. Графит пластинчатый, тип D – преобладает, А №4, 5 (x100)

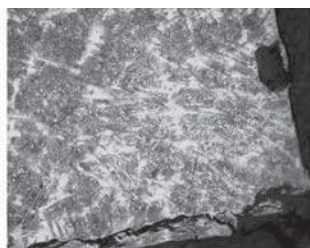


Рис. 8. Отливки №2, 3, 4. Графит пластинчатый, тип А – преобладает, В, D № 4, 5 (x100)

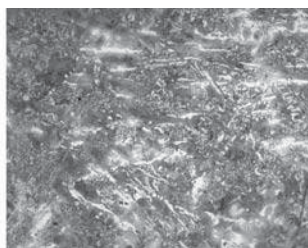


Рис. 9. Отливка №1. Цементит в виде сетки и в углу сечения (травление – нитал) (x100)

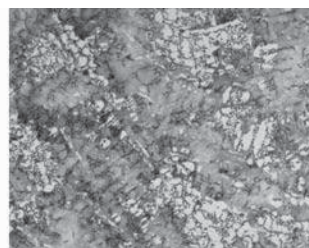


Рис. 10. Отливки №1, 2, 4. Цементит в углу сечения (травление – нитал) (x400)

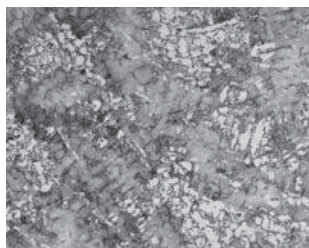


Рис. 11. Отливки №1, 2. Металлическая основа – перлит пластинчатый, феррит (травление – нитал) (x400)

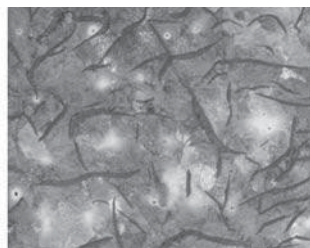


Рис. 12. Отливки №3, 4. Металлическая основа – перлит пластинчатый, следы феррита (травление – нитал) (x400)

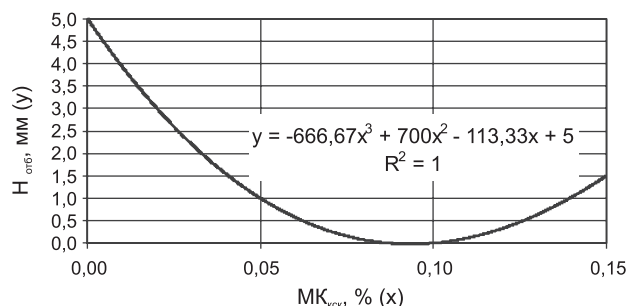


Рис. 13. Зависимость глубины отбеленного слоя в отливке (мм) от расхода МКкск, %

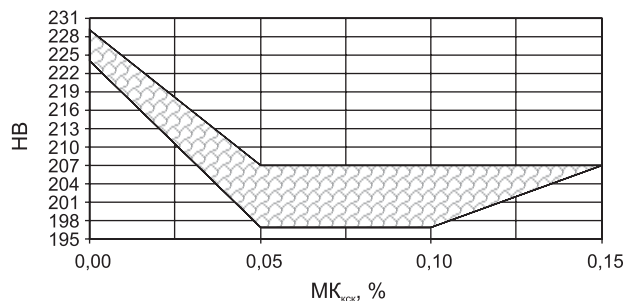


Рис. 14. Зависимость твердости по Бринеллю чугуна в отливках от расхода МКкск, %

В ковш вместимостью 1200 кг для проведения графитизирующего модифицирования был введен модификатор МК82 в количестве 4 кг способом «под струю единой порцией». Фактическое наполнение ковша 1196 кг (показания сняты с индикатора весового устройства на погрузчике). После этого ковш был передан на АФЛ СПО-4, была взята ковшовая проба металла на химический анализ, %: 3,39 С; 1,92 Si, содержание остальных элементов см. анализ металла из печи.

Температура начала разливки ковша 1410°С. Величина отбела по клиновой пробе 2,0 мм при нормативе 1,6–2,0 мм. Клиновая проба чугуна из печи 4,3 мм (нормируемый диапазон 4–6 мм). Следовательно, эффективность ковшового модифицирования серого чугуна модификатором МК82 в количестве 0,33% вполне удовлетворительная.

Из опытного ковша были залиты 4 формы (16 отливок) сразу после замера температуры: в 1-ю форму ничего не засыпалось, в зумпф нижней полуформы 2-й формы засыпалось 15 г смесового модификатора МКкск (0,05% от металлоемкости формы), в зумпф нижней полуформы 3-й формы 30 г смесового модификатора МКкск (0,1% от металлоемкости формы), в зумпф нижней полуформы 4-й формы 45 г смесового модификатора МКкск (0,15% от металлоемкости формы).

Анализ микроструктуры и результаты определения механических свойств чугуна в отливках приведены в табл. 2. Микроструктура отливок показана на рис. 7–12. Зависимости глубины отбеленного слоя и твердости по Бринеллю от расхода материала МКкск приведены на рис. 13, 14.

#### Анализ и обсуждение результатов эксперимента

1. Ковшовое модифицирование расплава чугуна материалом МК82 в количестве 0,33% (4 кг), несмотря

на удовлетворительную величину клиновой пробы 2,0 мм при регламентируемом диапазоне 1,6–2,0 мм, не обеспечило необходимого качества чугуна в отливке. В микроструктуре чугуна присутствует свободный цементит в виде сетки и в углу сечения на глубину 5 мм в количестве 10%, феррит в количестве ~10% и междендритный графит типа D. Низкое значение предела прочности чугуна на растяжение (24,5 кгс/мм<sup>2</sup>, фактическая марка СЧ24 вместо СЧ26) связано с выделением свободного цементита в виде охрупчивающей сетки по границам перлитного зерна. Междендритный ненаправленный графит типа D практически всегда присутствует в структуре чугуна, начиная с некоторой степени переохлаждения, возникающей из-за конструктивных особенностей отливки, условий охлаждения и др. В микроструктуре отливки графит типа D количественно преобладает над графитом типа А, что является показателем неполноценно модифицированного чугуна. Одновременное присутствие в структуре чугуна феррита, перлита и цементита также указывает на его недостаточное модифицирование, так как требуемая структура должна быть представлена только перлитом, в которой допускаются небольшие

следы феррита.

2. При введении в форму 0,05% (15 г) материала МКкск качество структуры чугуна улучшилось: отсутствует цементит в виде сетки, глубина отбела в углу сечения уменьшилась с 5 до 1 мм, при снижении его распределения по площади с 20 до 10%; содержание свободного феррита уменьшилось с 10 до 5%. Также было уменьшено количество междендритного ненаправленного графита типа D, преобладающей формой графита стал тип А. Это можно объяснить сохраняющейся небольшой степенью переохлаждения чугуна из-за его недомодифицирования.

3. Увеличение расхода материала МКкск в форму до 0,1% (30 г) позволило полностью устранить свободный цементит и уменьшить содержание свободного феррита до небольших следов, следовательно, количества модификатора оказалось достаточным для полноценной обработки расплава, в результате чего переохлаждение чугуна было устранено.

4. Добавка материала МКкск в форму в количестве 0,15% (45 г) оказалась избыточной и вызвала частичное перемодифицирование чугуна, проявляющееся в появлении свободного цементита (до 10%) в углу сечения на глубину до 1,5 мм. Возникновение цементита, видимо, может быть обусловлено следующим. При введении в расплав кальций-стронциевого карбоната в нем начинает протекать слабый углетермический процесс, в результате которого оксид стронция, вступающая в реакцию с углеродом чугуна и графитом модификатора, восстанавливается до чистого стронция. Ввиду того, что модифицируется низкосернистый чугун с максимальным содержанием серы до 0,025%, нейтрализация отбеливающего действия стронция путем его связывания в сульфид, для протекания которой необходима концентрация серы не менее 0,05%, не происходит.

5. При введении в стояк формы от 0,05 до 0,15% модификатора МКкск полученные значения предела прочности на растяжение чугуна в отливках соответствуют марке Gh190. Твердость по Бринеллю чугуна как дополнительно модифицированного в форме материалом МКкск, так и немодифицированного соответ-

ствует марке Gh190, однако ее заметное снижение (с 224–229 до 197–207 НВ) отмечается только при проведении операции дополнительного внутриформенного модифицирования.

Таким образом, введение 0,1% смесового модификатора МКкск в форму после предварительной ковшевой обработки расплава чугуна в ковше 4 кг модификатора МК82, вводимого под струю единой порцией, позволяет получить необходимое качество чугуна в отливке. Дополнительной рекомендацией для полноценного усвоения модификатора в ковше является его подача дозировано на струю в процессе заполнения ковша из печи ожидания при небольшом увеличении навески до 5,0–5,5 кг.

#### Список литературы.

1. Болдырев Д. А., Чайкин А. В. Новые смесевые модификаторы для инкулирующей обработки чугунов // Литейщик России. 2007. №3. С. 32–36.
2. Гаврилин И. В. Строение жидкой и твердой фаз в литейных сплавах в твердожидком состоянии // Металлургия машиностроения. 2003. №6. С. 9–11.
3. Чайкин В. А., Болдырев Д. А., Чайкина Н. В. Особенности графитизирующего модифицирования высокопрочного чугуна смесевыми модификаторами в условиях ОАО «АВТОВАЗ» // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Магнитогорск: МГТУ. 2007. Вып. 4. С. 53–54.
4. Болдырев Д. А., Чайкин А. В. Особенности графитизирующего модифицирования серого чугуна смесевыми модификаторами // Литейное производство. 2007. №10. С. 40–43.
5. Болдырев Д. А., Чайкина Н. В. Особенности графитизирующего модифицирования высокопрочного чугуна смесевыми модификаторами // Литейщик России. 2007. №10. С. 16–18.
6. Болдырев Д. А., Давыдов С. В., Рябчиков И. В., Усманов Р. Г. Исследование эффективности высокобаристого ферросилиция на ранней и поздней стадии графитизирующей обработки высокопрочного чугуна // Литейщик России. 2008. №2. С. 15–23.
7. Чайкин В. А., Чайкин А. В., Кузнецов П. В., Салтыков П. В. Рафинирование и модифицирование стали 20ГЛ кальций-стронциевым карбонатом // Труды IX Съезда литейщиков России. Уфа: ОАО «УМПО». 2009. С. 81–83.

## Подписка на журнал «Литейщик России» на 2010 г.

Стоимость подписки на I полугодие 2010 г. (6 номеров) – 2400 руб.

(в том числе НДС 10%).

#### Наши банковские реквизиты:

Получатель – Общероссийская общественная организация «Российская ассоциация литейщиков»,  
ИНН 7703075210, КПП 770 301 001  
р/с 40703810038170100235 в Краснопресненском ОСБ №1569/01664,  
Сбербанк России, ОАО, г. Москва  
корр.счет 30101810400000000225, БИК 044525225, КПП 770301001

Подписку на журнал Вы также можете оформить во всех отделениях связи:

#### Подписные индексы:

**81628** – в каталоге Агентства «Роспечать»;

**44156** – в объединенном каталоге «Пресса России» Агентства подписки и розницы (зеленый).