

Д.А. Болдырев, АО «АВТОВАЗ»,  
Б.А. Кулаков, ЮУрГУ,  
А.А. Токарев, НПП Технология,  
Л.И. Попова, ТГУ

## Развитие технологии поздней обработки расплава ВЧ литыми вставками и формованными брикетами из графитизирующих модификаторов

Проведен анализ особенностей эффективности применения следующих разновидностей материалов для вторичного (позднего) графитизирующего модифицирования расплава ВЧ: литых внутриформенных вставок, кускового ферросилиция, прессованных и формованных брикетов в чашу литейной формы, внутриформенных минибрикетов и вставок. Показано, что наиболее перспективными из рассмотренного перечня материалов являются формованные брикеты в чашу литейной формы, обладающие в наибольшей степени приближенной к кусковому ферросилицию кинетикой растворения.

**Ключевые слова:** позднее (вторичное) графитизирующее модифицирование, брикет, вставка модифицирующая.

An analysis has been carried out to determine the peculiarities of the efficiency of application of the following varieties of materials used for post/late inoculation of ductile iron melts: in-mold solid cast inserts, ferrosilicon lumps, pressed and molded blocks placed in the pouring basins of casting molds, in-the-mold miniblocks and inserts. It was indicated that the most promising materials in the above list are molded blocks placed in the pouring basins of casting molds. They are mostly similar to ferrosilicon lumps in terms of dissolution kinetics.

**Keywords:** late (secondary) inoculation treatment, block, insert for inoculation treatment of metal.

В настоящее время широкое использование в подавляющем большинстве зарубежных чугунолитейных предприятий получили технологии позднего (вторичного) графитизирующего модифицирования расплава ВЧ на струю (MSI-process), считающаяся наиболее прогрессивной, и, в меньшей степени — внутриформенного модифицирования литой вставкой (с ее размещением на фильтре или без него) (рис. 1).

Однако в отечественной практике чугунолитейных производств данные технологические процессы внедрены еще далеко не повсеместно, что обусловлено в 1-м случае высокой стоимостью оборудования для графитизирующего модифицирования на струю (дозаторов), а во 2-м — высокой стоимостью литой вставки (~1 €/шт.).

Несмотря на всю свою архаичность, тем не менее наиболее технологически удобным,

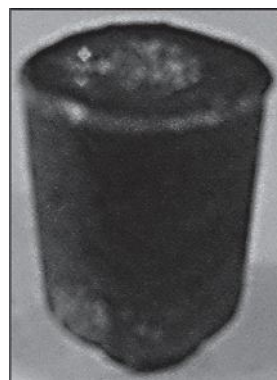


Рис. 1. Внутриформенная литая вставка



Рис. 2. Прессованный брикет для модифицирования в чаше формы



Рис. 3. Кусковой ферросилиций

простым и рациональным является вторичное (позднее) графитизирующее модифицирование ВЧ кусковым ферросилицием, как правило марки ФС75, фиксированной массы (рис. 3), зависящей от металлоемкости литейной формы (~0,2%), укладываемым в заливочную чашу перед разливкой расплава чугуна из ковша. В настоящее время единственным предприятием, используемым данную технологическую схему вторичного (позднего) графитизирующего модифицирования ВЧ, является только ПАО «АВТОВАЗ», в связи с чем отечественные ферросплавные заводы, изготавливающие ферросилиций по ГОСТ 1415—93, отказываются осуществлять поставки своей продукции с весовым нормированием куска, главным образом, из-за низкой рентабельности и экономической неэффективности.

К настоящему времени в производственной практике российских чугунолитейных предприятий, в т.ч. и чугунолитейного производства ПАО «АВТОВАЗ», имеется опыт применения для вторичного графитизирующего модифицирования прессованных брикетов и вставок из отсевов графитизирующих модификаторов на основе ФС65, ФС75 [1—4].

Технология изготовления брикетов из ферросилиция с добавками активных элементов является как ресурсосберегающей, так как при этом используются отходы основного производства слиточных модификаторов, так и энергосберегающей — в результате ухода от переплава отходов (отсевов) слиточных

модификаторов и связанного с этим дополнительного расхода энергоносителей. Получение брикетов осуществляется прессованием порции мелкофракционного ферросилиция, как правило 0—1 мм, в специально подготовленную форму при определенном варьируемом давлении, в результате чего они имеют фиксированную массу и постоянное сечение. В качестве наполнителей, связывающих пылевидный ферросилиций, используются вступающие в экзотермическую реакцию — жидкое стекло и плавиковый шпат ( $\text{CaF}_2$ ). В процессе проведения испытаний был установлен механизм растворения брикета. Он протекает в несколько этапов: начало формирования («намораживания») на поверхности брикета корочки чугуна; ее рост до полного обволакивания брикета; вскипание связующих веществ на поверхности брикета; разделение брикета на фрагменты (фрагментация); автономное растворение фрагментов брикета. Анализ полученных результатов показывает, что возникающая в некоторых случаях недостаточная степень сфероидизации графита в чугуне отливки связана с нестабильностью растворения брикета из-за неправильного дозирования связующих компонентов и назначенного давления прессования. При этом возможны 2 случая:

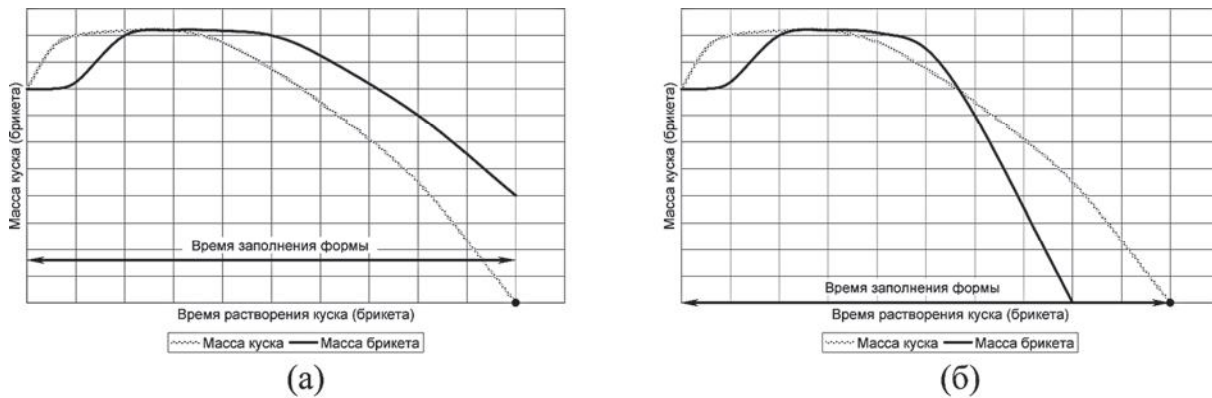
— преждевременное растворение брикета за время наполнения формы из-за недостаточного количества связующих материалов и/или высокой температуры заливаемого чугуна;

— неполное растворение брикета за время наполнения формы из-за избыточного содержания связующих материалов и/или низкой температуры заливаемого чугуна.

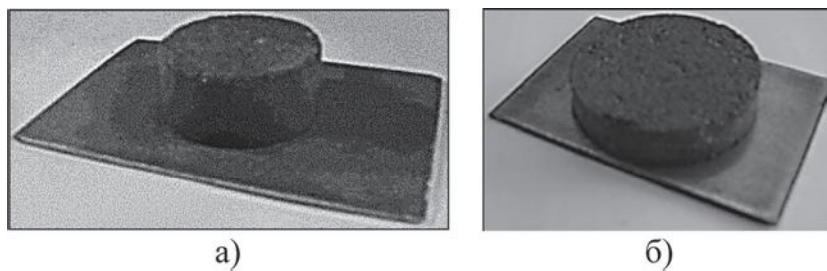
Кинетическая сопоставительная схема растворения кускового ферросилиция и прессованного брикета представлена на рис. 4.

Для исследования качества поздней внутриформенной графитизирующей обработки ВЧ изготавливались также минибрикеты из ФС65Ба4 2-х типоразмеров  $\varnothing 30 \times 15$  мм массой 24 г (рис. 5, а) и  $\varnothing 45 \times 10$  мм массой 48 г (рис. 5, б). Минибрикеты устанавливаются в нижней полуформе под стояком непосредственно перед фильтром.

В этом случае модификатор расходуется только на часть формы, занятую отливками, прибылями и питателями, а часть фор-



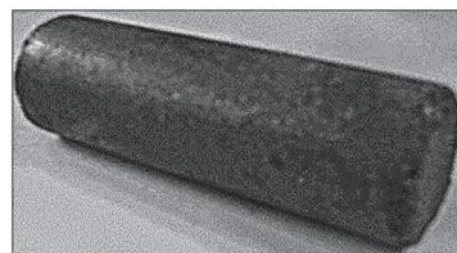
**Рис. 4.** Сравнительные схемы кинетики растворения кускового ферросилиция и прессованного брикета в случае неполного (а) и преждевременного (б) растворения последнего



**Рис. 5.** Внутриформенные прессованные минибрикеты на стальной подложке

мы, состоящая из стояка и литниковой чаши, остается не модифицированной. Появляется возможность снизить расход используемого модификатора в 1,5...2 раза. Это является главным преимуществом графитизирующего модифицирования внутри литейной формы по сравнению с чашей литейной формы. Анализ результатов проведенных испытаний показал нарушение ССГ в отливках. При опробованном в эксперименте способе размещения минибрикет способен полностью раствориться и усвоиться расплавом только при соблюдении тех же требований, что и к брикетам для модифицирования в заливочной чаше формы. Нестабильные результаты связаны также с присутствием в составе брикетов большого количества пылевидного ферросилиция (фракции  $<0,2$  мм). При контакте с жидким металлом ферросилиций образует на своей поверхности пленку тугоплавких шлаковых соединений, блокирующих процесс растворения мелких частиц модификатора [3]. Кроме того, ферросилиций мелких фракций ввиду высокой суммарной поверхности обладает повышенной окисленностью. Для таких материалов негативное влияние окисления возрастает во много раз и представляет

собой серьезную проблему, выражающуюся в снижении эффективности их действия как модификаторов. При этом возрастает расход применяемого материала, что влечет за собой повышение себестоимости производимого литья. Большое содержание связующих веществ, флюсов и оксидов в конечном продукте ведет к увеличению объемов шлака, неизбежно попадающих в тело отливки. Такие дефектные неметаллические включения, отрицательно сказываются на механических свойствах отливки, ее обрабатываемости и микроструктуре. Разновидностью технологии внутриформенного графитизирующего модифицирования является также применение прессованных стержнеобразных модифицирующих элементов (рис. 6). Однако проведенная



**Рис. 6.** Внутриформенный прессованный элемент

1 апробация также показала ее неустойчивость,  
2 обусловленную следующими факторами:

3 1. Нарушением ССГ ввиду недостаточной  
4 массы модифицирующих элементов (55—70 г),  
5 увеличение которой является неприемлемым  
6 из-за потери экономической нецелесообразности  
7 их применения.

8 2. Несбалансированным содержанием Mg  
9 0,2—1,3% и Ва 1,7—5,2% в химическом со-  
10 ставе, что приводит к широкому колебанию  
11 структуры (соотношения перлит/феррит в ме-  
12 таллической основе) и свойств получаемых  
13 отливок.

14 3. Большим количеством мелкой фракции  
15 (<0,2 мм), присутствующей изначально и до-  
16 полнительно получаемой в результате дробле-  
17 ния более крупной фракции при приложении  
18 давления прессования.

19 Таким образом, успешное применение  
20 брикетированных отсеков модификаторов  
21 для вторичного модифицирования в зали-  
22 вочной чаше формы в общем случае возмож-  
23 но только при строгом контроле количества  
24 связующих веществ, давления прессования,  
25 а также определения для каждой отливки  
26 оптимальной температуры заливки чугуна с  
27 точки зрения пролонгированного и, в то же  
28 время, полного растворения брикета за вре-  
29 мя заполнения формы. При достижении та-  
30 ких условий кинетика растворения брикета  
31 будет сопоставима с кинетикой растворения  
32 куска ферросилиция.



33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
**Рис. 7.** Внутриформенные формованные вставки



**Рис. 8.** Формованные брикеты для модифицирования в чаше формы

Проанализировав недостатки всех выше-  
рассмотренных брикетированных материалов  
для графитизирующего модифицирования с  
целью получения равнозначного по графити-  
зирующей способности кусковому ферроси-  
лицию брикета является необходимым:

1. Использовать такое связующее вещество  
в правильно подобранном количестве, кото-  
рое позволит обеспечить идентичную кинети-  
ку растворения с возможностью ее регулиро-  
вания.

2. Применить для придания определенной  
формы не прессование, а формование без  
приложения давления.

3. Использовать более крупную, чем  
0—1 мм, фракцию графитизирующего моди-  
фикатора.

В соответствии с данными требованиями  
были изготовлены без использования пресс-  
ования формованные брикеты в чашу ли-  
тейной формы (рис. 7) и внутриформенные  
вставки (рис. 8). Растворимость данного вида  
материалов имеет лучшую по сравнению с  
прессованными управляемость, т.к. в данном  
случае она зависит не от 3-х параметров —  
давления прессования, типа и количества свя-  
зующего, а только от 2-х последних. Поэто-  
му, подобрав тип связующего и варьируя его  
количеством при постоянной массе и форме  
брикета можно добиться максимально схожей  
с кусковым ферросилицием кинетики раство-  
рения. Дополнительным преимуществом из-  
готовленных брикетов является использование  
в качестве их основы не мелкодисперсной

фракции слиточного модификатора, а более крупной фракции чипс-модификатора — продукта более прогрессивной и инновационной технологии непрерывной разливки с намораживанием на водоохлаждаемый барабан по

сравнению с классической технологией разливки в слиток (рис. 9).

На 1-м этапе работ изготавливались отливки 21213-3501154 «Направляющая колодок переднего тормоза» из ВЧ марки Gh56-40-05

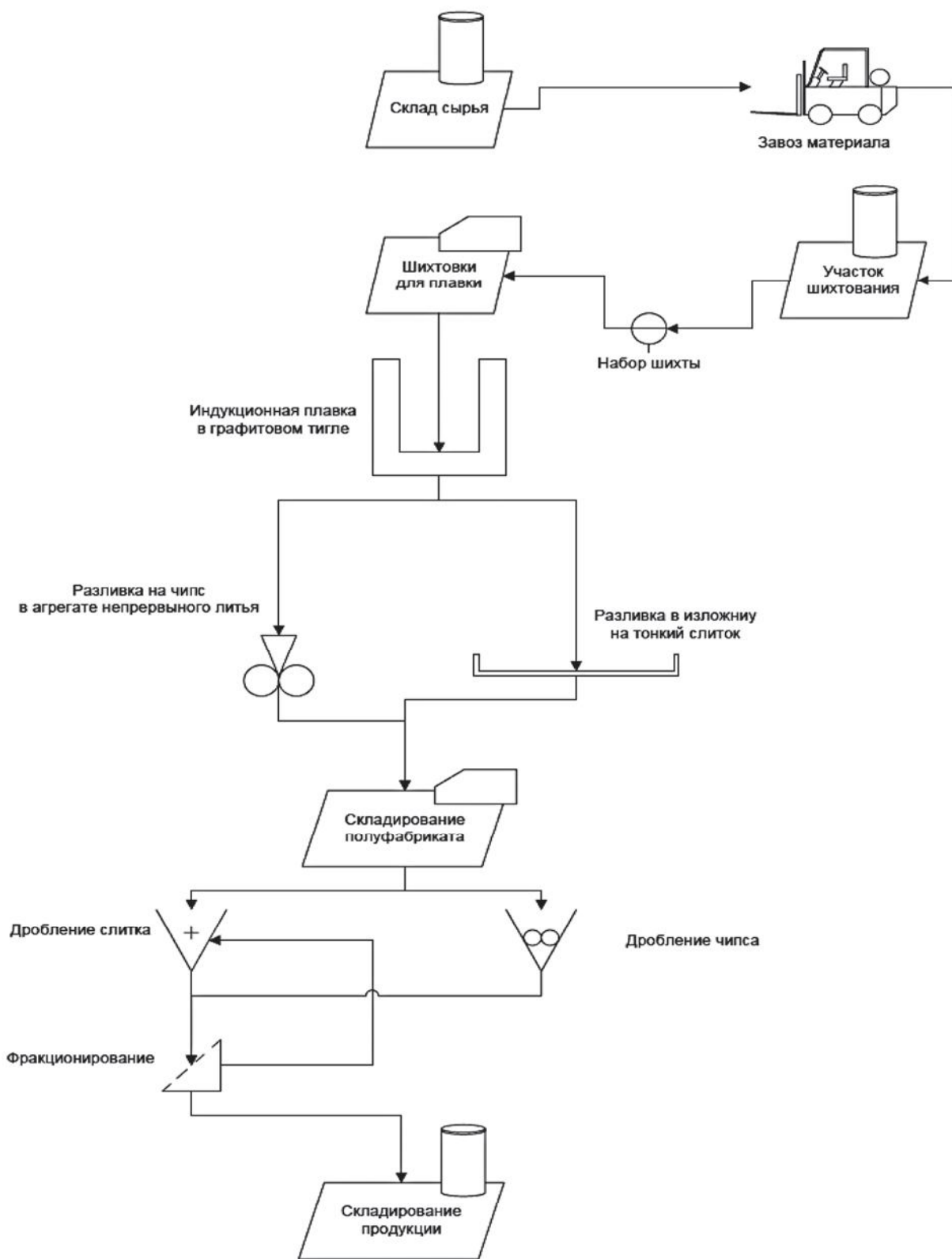
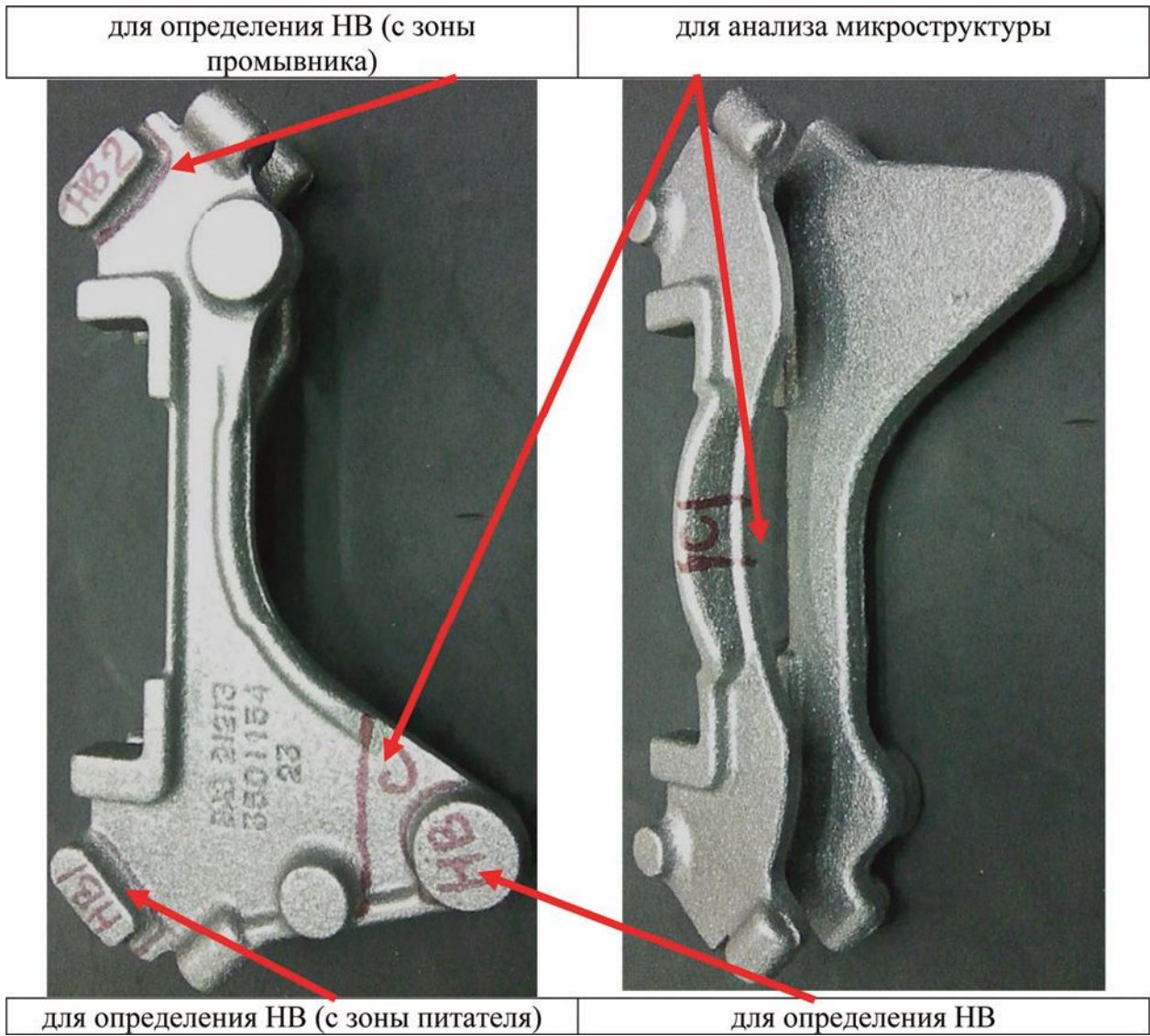


Рис. 9. Технологическая схема процесса изготовления модификаторов

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44



**Рис. 10.** Схема вырезки образцов из отливки 21213-3501154 «Направляющая колодок переднего тормоза» для анализа микроструктуры и определения твердости по Бринеллю

с использованием формованных брикетов, а также формованных и литых внутриформенных вставок. На исследование отливки отбирались с 6-ти подряд залитых форм в середине разливки ковша, в количестве 6 шт. (по 1 шт. с каждой формы). Сфероидизирующее модифицирование 1—5 литейных форм производилось модификатором типа ФСМг6 с ковшевым расходом 1,36% при вторичном графитизирующем модифицировании формованными брикетами Sibar®4F150, Sibar®4F170, формованными вставками Inocsil®FG60 (Si 65%), Inocsil®FG60 (Si 72%) и литой вставкой Inocsil®SG60. В заливочную чашу 6-й литейной формы помещался кусок ФС75 150—200 г. Схема вырезки образцов из отливки для анализа микроструктуры, опре-

деления химического состава и твердости по Бринеллю осуществлялась с зон, приведена на фото (рис. 10). С каждой отливки вырезались по 6 следующих образцов: по 3 для определения твердости по Бринеллю, по 2 для анализа микроструктуры и по 1 для определения химического состава. Результаты исследований приведены в табл. 1—3.

Повышенные твердость по Бринеллю и содержание перлита в металлической основе при пониженной степени графитизации (размер и количество графитных включений) чугуна в отливках, залитых с использованием формованных брикетов, внутриформенных и литых вставок по сравнению с кусковым ФС75 объясняются следующими принципиальными отличиями в их химическом составе: более

низким содержанием кремния (65—72%), а также дополнительным присутствием в материале литых и формованных внутриформенных вставок 3,5—5,5% марганца.

Для более тщательной отработки технологии вторичного графитизирующего модифицирования формованными брикетами в чашу литейной формы проведена заливка 3-х раз-

Таблица 1

Результаты химического анализа в печи и в отливках

№ образца	Содержание элементов, %								
	Mg	S	P	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu
печь	—	0,011	0,021	3,66	1,97	0,36	0,025	0,05	0,14
1	0,03	0,007	0,019	3,43	2,67	0,30	0,030	0,06	0,14
2	0,03	0,007	0,020	3,46	2,71	0,31	0,030	0,06	0,14
3	0,03	0,007	0,020	3,46	2,46	0,32	0,030	0,06	0,14
4	0,03	0,006	0,021	3,45	2,76	0,33	0,030	0,06	0,14
5	0,03	0,008	0,019	3,40	2,54	0,31	0,030	0,06	0,14
6	0,03	0,006	0,020	3,44	2,88	0,30	0,030	0,06	0,14
По нормам Fiat-BAZ 52215	Обязательный состав			Ориентировочный состав				—	
	0,03—0,05	≤0,015	≤0,05	3,70	2,65	0,40	≤1,50		

Таблица 2

Результаты определения твердости по Бринеллю

№	HB, МПа		
1	HB 219, 222, 217 HB1 192, 197, 193, 196 HB2 197, 198, 197, 194	HB <sub>среднее</sub> 219 HB1 <sub>среднее</sub> 195 HB2 <sub>среднее</sub> 197	Среднее 202
2	HB 214, 216, 215 HB1 184, 198, 190, 194 HB2 203, 203, 208, 207	HB <sub>среднее</sub> 215 HB1 <sub>среднее</sub> 192 HB2 <sub>среднее</sub> 205	Среднее 203
3	HB 220, 222, 229 HB1 199, 211, 204, 209 HB2 187, 189, 189, 189	HB <sub>среднее</sub> 224 HB1 <sub>среднее</sub> 206 HB2 <sub>среднее</sub> 189	Среднее 204
4	HB 225, 229, 225 HB1 199, 202, 203, 203 HB2 186, 196, 198, 197	HB <sub>среднее</sub> 226 HB1 <sub>среднее</sub> 202 HB2 <sub>среднее</sub> 194	Среднее 206
5	HB 221, 217, 218 HB1 200, 197, 205, 197 HB2 194, 189, 197, 193	HB <sub>среднее</sub> 219 HB1 <sub>среднее</sub> 200 HB2 <sub>среднее</sub> 193	Среднее 203
6	HB 201, 209, 203 HB1 185, 185, 185, 184 HB2 189, 185, 184, 191	HB <sub>среднее</sub> 204 HB1 <sub>среднее</sub> 185 HB2 <sub>среднее</sub> 187	Среднее 191
По нормам Fiat-BAZ 52215	180—250		

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44

личных отливок 2101-2402019 «Крышка подшипника дифференциала заднего моста», 2101-2403018 «Коробка дифференциала» и 2123-1802163 «Корпус дифференциала раздаточной коробки». Отливки для исследования отбирались с форм, залитых в середине ковша, с вторичным графитизирующим модифицированием формованными брикетами Sibar®4F150, Sibar®4F170 и кусковым ФС75 массой 150—200 г. Схема вырезки образцов из отливки для анализа микроструктуры, определения химического состава и механических свойств приведена на фото (рис. 11). С каждой отливки 2101-2402019 «Крышка подшипника дифференциала заднего моста» вырезался об-

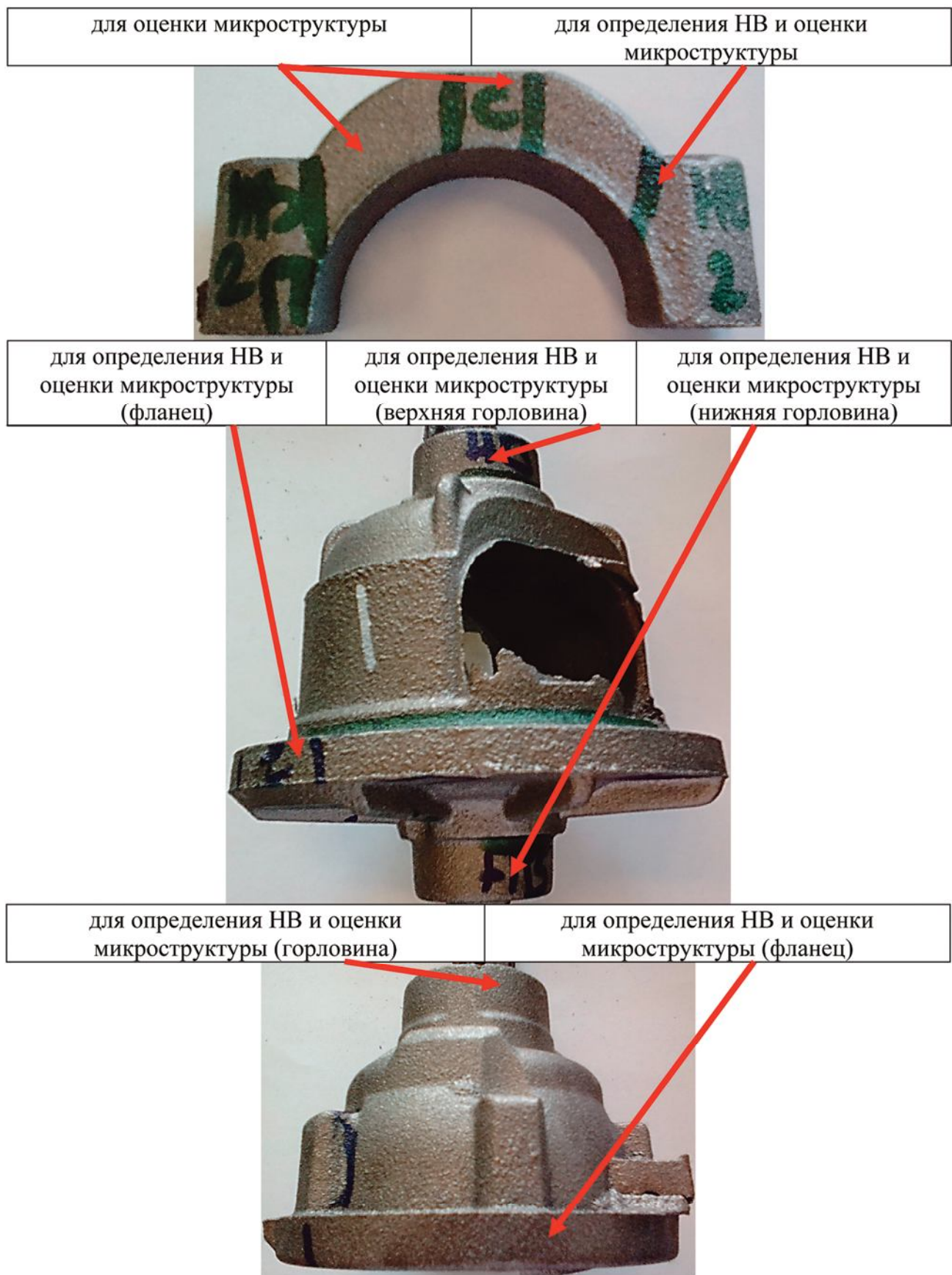
разец для определения твердости по Бринеллю (напротив зоны питателя), 3 образца для анализа микроструктуры (с зоны питателя, с противоположной стороны и с перемычки) и 1 образец для определения химического состава. С каждой отливки 2101-2403018 «Коробка дифференциала» вырезались 3 образца для определения твердости по Бринеллю (с фланца, верхней и нижней горловины), 4 образца для анализа микроструктуры (с зоны питателя и противоположной стороны на фланце, с верхней и нижней горловины) и 1 образец для определения химического состава. С каждой отливки 2123-1802163 «Корпус дифференциала раздаточной коробки» вырезались 2 образ-

Таблица 3

Результаты анализа микроструктуры

№ отливки		Микроструктура	
		Графит	Металлическая основа
1	тело	Графит сфероидальной формы ОА (преобладает), ОВ № 5-7, отдельные включения взрывного графита	Феррито-перлитная 60×40
	перемычка	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5—7, отдельные включения взрывного графита	Феррито-перлитная 75×25
2	тело	Графит сфероидальной формы ОА (преобладает), ОВ № 5—7, отдельные включения взрывного графита	Феррито-перлитная 55×45
	перемычка	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5—7, отдельные включения взрывного графита	Феррито-перлитная 75×25
3	тело	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5, 6	Перлитно-ферритная 60×40
	перемычка	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5, 6	Феррито-перлитная 55×45, в центре сечения единичная сплошная цементитная зона
4	тело	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5, 6	Перлитно-ферритная 55×45
	перемычка	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5, 6	Феррито-перлитная 65×35
5	тело	Графит сфероидальной формы ОА (преобладает), ОВ № 5, 6	Перлитно-ферритная 55×45
	перемычка	Графит сфероидальной формы ОВ (преобладает), ОА № 5—7	Феррито-перлитная 65×35
6	тело	Графит сфероидальной формы ОА (преобладает), ОВ № 5—8	Феррито-перлитная 85×15
	перемычка	Графит сфероидальной формы ОА (преобладает), ОВ № 5—8	Феррито-перлитная 85×15
<b>По нормам Fiat-BA3 52215</b>		<b>Графит сфероидальной формы. Допускается присутствие несфероидального графита менее 10%</b>	<b>Перлитно-ферритная, цементита ≤5%</b>





**Рис. 11.** Схема вырезки образцов из отливок 2101-2402019 «Крышка подшипника дифференциала заднего моста», 2101-2403018 «Коробка дифференциала» и 2123-1802163 «Корпус дифференциала раздаточной коробки» для анализа микроструктуры и определения твердости по Бринеллю

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44

ца для определения твердости по Бринеллю (с фланца и горловины), 4 образца для анализа микроструктуры (с зоны питателя и противоположной стороны на фланце, с горловины) и 1 образец для определения химического со-

става. Результаты химического анализа чугуна приведены в табл. 4, результаты определения твердости по Бринеллю чугуна в отливках — в табл. 5, результаты анализа микроструктуры чугуна — в табл. 6—8.

Таблица 4

Результаты химического анализа чугуна в отливках

Отливка	Об-разец	Содержание элементов, %							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
2101-2402019 «Крышка подшипника дифференциала заднего моста»	1	3,46	2,28	0,30	0,012	0,009	0,06	0,03	0,21
	2	3,46	2,43	0,30	0,010	0,008	0,06	0,02	0,21
	3	3,52	2,73	0,30	0,013	0,010	0,06	0,02	0,21
<b>По ГОСТ 7293—85 для ВЧ40</b>		<b>3,3—3,8</b>	<b>1,9—2,9</b>	<b>0,2—0,6</b>	<b>≤0,1</b>	<b>≤0,02</b>	<b>≤0,1</b>	—	—
2101-2403018 «Коробка дифференциала»	4	3,29	2,80	0,29	0,013	0,003	0,06	0,02	0,21
	5	3,27	2,85	0,30	0,015	0,004	0,06	0,02	0,21
	6	3,37	2,92	0,29	0,011	0,005	0,06	0,02	0,21
2123-1802163 «Корпус дифференциала раздаточной коробки»	7	3,23	2,78	0,29	0,016	0,006	0,05	0,02	0,21
	8	3,32	2,86	0,28	0,014	0,004	0,05	0,02	0,21
	9	3,31	3,03	0,29	0,013	0,005	0,06	0,02	0,21
<b>По ГОСТ 7293—85 для ВЧ50</b>		<b>3,2—3,7</b>	<b>1,9—2,9</b>	<b>0,3—0,7</b>	<b>≤0,1</b>	<b>≤0,02</b>	<b>≤0,15</b>	—	—

Таблица 5

Результаты определения твердости по Бринеллю

Отливка	Образец	НВ, МПа		
		1-я отливка	2-я отливка	3-я отливка
2101-2402019 «Крышка подшипника дифференциала заднего моста»	напротив питателя	193, 192 <b>Среднее 193</b>	189, 191 <b>Среднее 190</b>	181, 181 <b>Среднее 181</b>
2101-2403018 «Коробка дифференциала»	верхняя горловина	199, 194, 196, 195 <b>Среднее 196</b>	198, 197, 195, 198 <b>Среднее 197</b>	197, 197, 198, 195 <b>Среднее 197</b>
	фланец	197, 207, 203, 194 <b>Среднее 200</b>	195, 203, 203, 195 <b>Среднее 199</b>	190, 194, 192, 188 <b>Среднее 191</b>
	нижняя горловина	182, 182, 180, 180 <b>Среднее 181</b>	181, 179, 180, 183 <b>Среднее 181</b>	180, 180, 183, 182 <b>Среднее 181</b>
2123-1802163 «Корпус дифференциала раздаточной коробки»	горловина	188, 192, 190, 187 <b>Среднее 189</b>	181, 179, 178, 180 <b>Среднее 180</b>	183, 181, 179, 180 <b>Среднее 181</b>
	фланец	179, 191, 192, 181 <b>Среднее 186</b>	184, 192, 190, 184 <b>Среднее 188</b>	181, 190, 189, 180 <b>Среднее 185</b>
<b>По И 12000.37.101.0066—2017 для ВЧ40, ВЧ50</b>		<b>170—220</b>		

Результаты анализа микроструктуры образцов из отливки 2101-2402019  
«Крышка подшипника дифференциала заднего моста»

№ отливки	Место отбора образца	Микроструктура	
		Графит	Металлическая основа (по ГОСТ 3443—87)
1	питатель	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П20(Ф80)
	середина	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П20(Ф80)
	напротив питателя	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П45(Ф55)
2	питатель	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П20(Ф80)
	середина	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П20(Ф80)
	напротив питателя	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П20(Ф80)
3	питатель	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П6(Ф94)
	середина	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П6(Ф94)
	напротив питателя	ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3	П6(Ф94)
<b>По И 12000.37.101.0066—2017 для ВЧ40</b>		<b>ШГф4, ШГф5, ВГф2, ВГф3 (соотношение не оговаривается), ПГ — не допускается</b>	<b>Феррит, перлит (соотношение не оговаривается), цементита ≤5%</b>

Результаты анализа микроструктуры образцов из отливки 2101-2403018 «Коробка дифференциала»

№ отливки	Место отбора образца	Микроструктура	
		Графит	Металлическая основа (по ГОСТ 3443—87)
4	верхняя горловина	ШГф4, ШГф5; ШГд15-90	П20(Ф80)
	фланец — питатель	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	фланец — напротив питателя	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	нижняя горловина	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П45(Ф55)
5	верхняя горловина	ШГф4, ШГф5; ШГд15-90	П20(Ф80)
	фланец — питатель	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	фланец — напротив питателя	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	нижняя горловина	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
6	верхняя горловина	ШГф4, ШГф5; ШГд15-90	П20(Ф80)
	фланец — питатель	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	фланец — напротив питателя	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	нижняя горловина	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
<b>По И 12000.37.101.0066—2017 для ВЧ50</b>		<b>ШГф4, ШГф5 1 80%, ПГ — не допускается</b>	<b>Феррит, перлит (соотношение не оговаривается), цементита ≤5%</b>

Результаты анализа микроструктуры образцов из отливки 2123-1802163  
«Корпус дифференциала раздаточной коробки»

№ отливки	Место отбора образца	Микроструктура(по ГОСТ 3443—87)	
		Графит	Металлическая основа
7	верхняя горловина	ШГф5, ШГф4; ШГд25-90	П20(Ф80)
	фланец — питатель	ШГф5, ШГф4; ШГд25-90	П20(Ф80)
	фланец — напротив питателя	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
8	верхняя горловина	ШГф5, ШГф4; ШГд25-90	П20(Ф80)
	фланец — питатель	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	фланец — напротив питателя	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
9	верхняя горловина	ШГф5, ШГф4; ШГд25-90	П20(Ф80)
	фланец — питатель	ШГф5, ШГф4; ШГд25-180	П20(Ф80)
	фланец — напротив питателя	ШГф5, ШГф4; ШГд25-90	П20(Ф80)
<b>По И 12000.37.101.0066—2017 для ВЧ50</b>		<b>ШГф4, ШГф5 1 80%, ПГ — не допускается</b>	<b>Феррит, перлит (соотношение не оговаривается), цементита ≤5%</b>

Таким образом, химический состав, твердость по Бринеллю и микроструктура материала отливок 2101-2402019 «Крышка подшипника дифференциала заднего моста», 2101-2403018 «Коробка дифференциала» и 2123-1802163 «Корпус дифференциала раздаточной коробки», отличающихся массой, габаритами и толщиной стенки, полученных применением вторичного графитизирующего модифицирования формованными брикетами Sibar®4F150, Sibar®4F170 и кусковым ФС75 массой 150—200 г соответствует требованиям ГОСТ 7293—85 и И 12000.37.101.0066—2017 к высокопрочному чугуна марок ВЧ40 и ВЧ50.

Результаты проведенных исследований подтвердили качественное преимущество формованных брикетов по сравнению с прессованными по:

- улучшенной растворяемости;
- отсутствию нарушения ССГ в структуре отливок;
- колебанию соотношения перлит/феррит в структуре отливок в пределах установленных диапазонов по ГОСТ 3443—87.

### Список литературы

1. Болдырев Д.А. Новые эффективные модификаторы и технологии модифицирования чугунов // Литейное производство. 2006. № 12. С. 9—13.
2. Болдырев Д.А. Освоение новых модификаторов и технологий модифицирования для получения литых заготовок в чугунолитейном производстве ОАО «АВТОВАЗ» // 2-й Литейный консилиум «Теория и практика металлургических процессов при производстве отливок из черных сплавов»: Сборник трудов. — Челябинск: ООО «ИЦМ», 2007. С. 109—119.
3. Бестужев Н.И., Бестужев А.Н., Трибушевский В.Л., Зарудко А.В., Зайцев С.А., Шапов М.Ю. Физико-химическая модель графитизирующего эффекта от кремниевых лигатур и ее реализация на Клиновском заводе поршневых колец // Литейное производство. 2007. № 6.
4. Болдырев Д.А., Этманов И.А., Давыдов С.В., Шапов М.Ю. Получение стабильной литой структуры ВЧШГ при вторичном графитизирующем модифицировании брикетированными отсевами модификаторов // Литейщик России. 2009. № 6. С. 12—17.