

1 Д.А. Болдырев¹, Л.И. Попова¹, С.Г. Прасолов¹, С.В. Давыдов², А.А. Токарев³

2 ¹ Тольяттинский Государственный Университет

3 ² Брянский государственный технический университет

4 ³ ООО «НПП «Технология»

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

Высокопрочный чугун с шаровидным и вермикулярным графитом — рациональная альтернатива ковкому чугуну

Установлено, что высокопрочный чугун с шаровидным и вермикулярным графитом по своим механическим свойствам является рациональной альтернативой ковкому чугуну, а именно марке КЧ45-6 (ГОСТ 1215—79), а также определено соотношение шаровидный/вермикулярный графит (70...95/5...30%), обеспечивающее получение данных механических характеристик. Показаны отличия в соотношении перлит/феррит и твердости для высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом и ковкого чугуна, обеспечивающие марку 45-6.

Ключевые слова: ковкий чугун, чугун с шаровидным и вермикулярным графитом.

It has been established that high-strength cast iron with spherical and vermicular graphite in its mechanical properties is a rational alternative to forged cast iron, namely ductile cast iron 45-6 (GOST 1215—79), as well as the ratio spherical/vermicular graphite (70...95/5...30%), which provides for the acquisition of these mechanical characteristics. Differences in the ratio of pearlite/ferrite and hardness for high-strength cast iron with spherical and vermicular graphite and ductile cast iron are shown, providing a brand of 45-6.

Keywords: ductile cast iron, cast iron with spherical and vermicular graphite.

Ковкий чугун (КЧ) долгое время с успехом использовавшийся для средне- и тяжелонагруженных деталей машино- и автомобилестроения, в производстве железнодорожной продукции и сельхозоборудования [1] в последствии был практически полностью вытеснен высокопрочным чугуном с шаровидным графитом (ВЧШГ). Исключение составили мелкие и/или тонкостенные отливки с толщиной стенки до 3 мм, тогда как отливки из ВЧ изготавливаются с минимальной толщиной стенки 6 мм.

При сравнении линейки марок КЧ (ГОСТ 1215) и ВЧШГ (ГОСТ 7293) очевидно, что хлопьевидный графит является несколь-

ко более сильным концентратором напряжений по сравнению с глобулярным графитом, в результате прочностные и пластические свойства КЧ ниже, чем у ВЧШГ. При этом технологически получение заготовок из КЧ является более дорогим процессом, чем получение отливок из ВЧШГ. Здесь энерго- и трудоемкость технологии получения КЧ существенно превалирует над материалоемкостью технологии получения ВЧ.

Долгое время в чугунолитейном производстве стереотипно считалось, что высокопрочный чугун при содержании в его структуре вермикулярного графита более 20% является однозначным браком. Не рассматривалось и не изучалось влияние изменение содержания вермикулярного графита в диапазоне от 20 до 60% на прочностные и пластические характеристики чугуна. Однако в современных условиях, когда на практике реализуется более рациональный подход к закладыванию свойств сплава для конкретной детали или группы деталей на основе применения математического моделирования, возникает необходимость в сплавах с комбинированным сочетанием свойств. Его может обеспечить так называемый высокопрочный чугун с шаровидным и вермикулярным графитом (ВЧШВГ), который по своей сути в части микроструктуры является гибридным чугуном. По соотношению шаровидного и вермикулярного графита он не может быть строго отнесен к ВЧШГ ввиду содержания вермикулярного графита более 20%, но и не является чугуном с вермикулярным графитом (ЧВГ), так как содержание в нем вермикулярного графита менее 60%.

Новый рациональный подход к использованию данного типа чугуна реализуется не только в нашей стране. Например, по инфор-

мации из доклада и презентации (слайд 19) специалистов японской компании Toyo Denka Kogyo, специализирующейся на производстве модифицирующих материалов для чугуна, именно такой тип чугуна без пластинчатого графита и с содержанием вермикулярного графита 20—60% называется «ВЧ/ЧВГ» [2] и имеет определенное распространение в Японии. Из отечественных предприятий отливки из данного типа чугуна изготавливает УРАЛаз. Наименование материала в технической документации предприятия — ВЧ40-50. В отечественной практике данный тип чугуна нашел свое применение, в частности, в чугунолитейном производстве АО «АВТОВАЗ» для средненагруженных (в том числе и термонагруженных) деталей шасси и двигателя автомобиля, таких как: коллектор выпускной; картер редуктора заднего моста; крышка подшипника дифференциала заднего моста; кронштейн правой опоры подвески двигателя (как 8-ми, так и 16-ти клапанного); крон-

штейн опоры подвески двигателя; кронштейн крепления заднего тормоза.

В качестве примера приведем для 2-х последних отливок фактические данные по механическим свойствам ВЧШВГ (табл. 1), полученные при его паспортизации (рис. 1, 2). Анализ фактических химического состава, структуры и свойств чугуна в отливках кронштейнов крепления заднего тормоза показывает, что при химическом составе (%) С 3,50—3,78; Si 2,26—2,53, Mn 0,27—0,34; P 0,020—0,025%; S 0,005—0,010%; Cr 0,043—0,084; Cu 0,15—0,34; Mg 0,02—0,04 соотношении перлит/феррит 8...35/65...92% и твердости 177—207 НВ позволяет идентифицировать его марку как КЧ45-6 (ГОСТ 1215—79).

Проведем сопоставительный анализ фактических характеристик чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом с их нормативными диапазонами для КЧ45-6 в ГОСТе 1215—79. Марка КЧ45-6 имеет перлитно-ферритную металлическую основу, т.е.

Таблица 1

Химический состав отливок кронштейнов крепления заднего тормоза

№ п/п	Отливка (рис. 1—2)	С	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mg
1	1	3,59	2,30	0,32	0,022	0,007	0,054	0,25	0,022
2	1	3,55	2,36	0,32	0,021	0,007	0,084	0,21	0,020
3	1	3,58	2,37	0,31	0,021	0,005	0,046	0,23	0,025
4	1	3,50	2,30	0,34	0,025	0,008	0,061	0,20	0,031
5	2	3,59	2,40	0,30	0,020	0,005	0,049	0,23	0,023
6	1	3,70	2,53	0,32	0,022	0,008	0,069	0,24	0,030
7	1	3,62	2,26	0,34	0,020	0,006	0,053	0,34	0,022
8	1	3,57	2,40	0,31	0,022	0,008	0,052	0,21	0,037
9	1	3,56	2,33	0,35	0,021	0,008	0,070	0,25	0,034
10	2	3,78	2,34	0,28	0,020	0,010	0,044	0,27	0,040
11	1	3,62	2,27	0,27	0,020	0,010	0,043	0,26	0,023
12	2	3,57	2,28	0,31	0,022	0,007	0,053	0,19	0,020
13	1	3,60	2,42	0,31	0,025	0,008	0,049	0,20	0,038
14	1	3,58	2,40	0,33	0,023	0,009	0,045	0,15	0,030
15	1	3,60	2,36	0,31	0,022	0,008	0,046	0,15	0,027
16	1	3,55	2,40	0,29	0,022	0,006	0,040	0,18	0,027
17	1	3,55	2,40	0,29	0,022	0,007	0,040	0,18	0,037
Диапазон		3,50—3,78	2,26—2,53	0,27—0,35	0,020—0,025	0,005—0,010	0,043—0,084	0,15—0,34	0,02—0,04

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

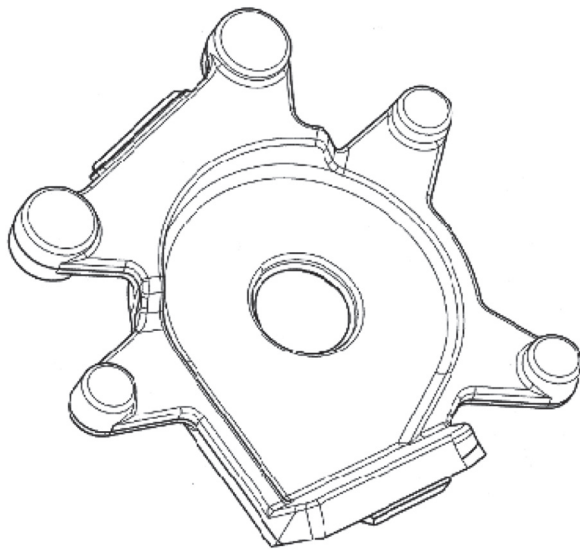


Рис. 1. Кронштейн крепления заднего тормоза авт. Vesta SW (1)

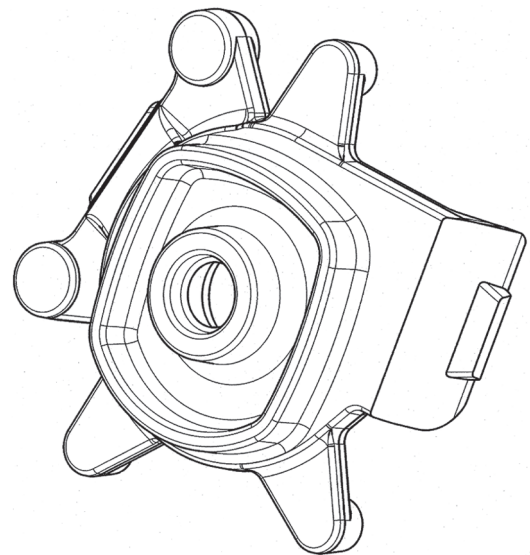


Рис. 2. Кронштейн крепления заднего тормоза авт. X-Ray SW (2)

с преобладанием перлитной составляющей над ферритной, а чугун с шаровидным и вермикулярным графитом наоборот — феррито-перлитную. Особенность диапазона твердости чугуна с шаровидным и вермикулярным гра-

фитом (177—207 НВ) в том, что он приходится преимущественно на верхней границе для марки КЧ45-6 (150—207 НВ). Учитывая, что идентичные прочность и пластичность чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом

Таблица 2

Структура и свойства отливок кронштейнов крепления заднего тормоза

№ п/п	Отливка (рис. 1—2)	Структура		Свойства		
		П/Ф	ШГ/ВГ	НВ _{ср}	σ _в , МПа	δ, %
1	1	20/80	75/25	207	451	6,0
2	1	20/80	80/20	207	461	6,0
3	1	15/85	90/10	190	461	6,5
4	1	20/80	80/20	199	451	6,0
5	2	15/85	80/20	196	461	6,5
6	1	20/80	90/10	199	466	7,0
7	1	20/80	80/20	200	486	12,0
8	1	30/70	70/30	207	491	8,5
9	1	30/70	90/10	192	491	12,0
10	2	8/92	95/5	182	491	8,5
11	1	15/85	90/10	191	500	7,5
12	2	10/90	80/20	177	476	9,5
13	1	15/85	90/10	198	481	9,0
14	1	25/75	80/20	178	491	12,0
15	1	15/85	75/25	180	471	9,5
16	1	35/65	95/5	202	456	12,0
17	1	60/40	95/5	193	471	13,5
Диапазон		(8—35)/(65—92)	(70—95)/(5—30)	177—207	451—500	6,0—13,5

обеспечивается феррито-перлитной металлической основой с высокой твердостью, а ковкого чугуна — перлитно-ферритной металлической основой с более низкой твердостью, следовательно соотношение шаровидного/вермикулярного графита (70...95/5...30%) оказывает большее надрезающее, разупрочняющее влияние, чем хлопьевидный графит.

Таким образом, рассматриваемый тип чугуна — ВЧШВГ имеет рациональное применение для определенной ниши деталей машиностроения и в будущем должен быть внесен

либо в переработанный ГОСТ 28394—89 на ЧВГ, либо на него должен быть разработан собственный автономный стандарт.

Литература

1. Кузьмин Б.А. и др. *Металлургия. Металловедение и конструкционные материалы*. М.: «Высшая школа», 1977, с. 190.
2. *Детали машиностроения из чугуна с вермикулярным графитом: свойства, технология, контроль: тезисы докладов МНТК (Набережные Челны, 17—18 октября 2017 г.) / под ред. А.Г. Панова*. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. — 97 с.

В.Ю. Куликов, Св.С. Квон, А.М. Достаева, Е.П. Щербакова, С.К. Аринова, А.А. Алина

Влияние высокодисперсного наполнителя в составе холодно-твердеющих смесей на ее технологические свойства

В работе рассмотрено влияние высокодисперсного наполнителя в составе ХТС на технологические свойства готовой литейной формы. В качестве высокодисперсного наполнителя предлагается вводить пироуглерод в количестве 3% по массе. В результате проведенных исследований установлено, что при введении пироуглерода в состав ХТС в качестве высокодисперсного наполнителя улучшаются прочность на сжатие и на разрыв, а также газопроницаемость. Кроме того сокращается удельная работа на выбивку, что значительно сокращает энергозатраты в целом.

Ключевые слова: холоднотвердеющие смеси, высокодисперсные наполнители, литейная форма, пироуглерод, свойства.

Применение формовочных холоднотвердеющих смесей (ХТС) позволяет достичь высокого качества как литейной формы, так и отливки. Данные смеси обладают экологической чистотой, относительно низкой стоимостью, доступностью и универсальностью применения, т.е. могут применяться как для изготовления форм, так и для изготовления стержней.

Сдерживающими факторами широкого применения холоднотвердеющих формовочных смесей являются плохая выбиваемость, высокий пригар и низкая регенерируемость.

В настоящее время существует большое количество различных добавок и отвердителей для улучшения технологических свойств холоднотвердеющих смесей [1—5]. Эти добавки разделяются на два класса: органические и неорганические.

Однако используемые добавки как органического, так и неорганического происхождения не полностью удовлетворяют требованиям по улучшению технологических свойств холоднотвердеющих смесей, предъявляемым в настоящее время, так как, улучшая одни свойства, они одновременно ухудшают другие.

Надо отметить, что достижение технологической прочности ХТС представляет собой сложный процесс, в котором можно выделить два основных элемента — физический и физико-химический. Первый состоит в распределении связующего по зернам при перемешивании компонентов и последующем образовании определенного числа контактов (мостов) между зернами при принудительном уплотнении или простой засыпке смеси. Очевидно, что здесь играют роль преимущественно физические характеристики наполнителя — гранулометрия и удельная поверхность.