

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043504**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.29

(21) Номер заявки
202200039

(22) Дата подачи заявки
2022.02.09

(51) Int. Cl. **C22C 37/04** (2006.01)
C22C 37/08 (2006.01)
C22C 37/10 (2006.01)

(54) ЛЕГИРОВАННЫЙ ЧУГУН С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

(43) **2022.10.31**

(96) **2022/004 (AZ) 2022.02.09**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

**ГАСАНЛИ РАМИЗ КАМАНДАР
ОГЛЫ; МАМЕДОВ АРИФ ТАПДЫГ
ОГЛЫ (AZ)**

(56) AZ-A-20170006
US-A-4702886
WO-A1-1999019525
EP-A1-1344839

(57) Изобретение относится к области литейного производства и в основном может быть использовано для изготовления деталей нефтепромышленного оборудования, а также в других отраслях промышленности (химическая промышленность, сельскохозяйственное машиностроение, приборостроение, трубопроводная арматура и т.д.). Задача изобретения состоит в повышении механических свойств, коррозионностойкости, хладостойкости и ростоустойчивости чугуна с шаровидным графитом (ЧШГ), отливаемого в кокиль. Задача изобретения решается тем, что химический состав легированного чугуна с шаровидным графитом (ЧШГ), включающий железо, углерод, кремний, марганец, никель, хром, фосфор и серу, дополнительно содержит легирующие элементы, такие как никель, медь, молибден и хром, при следующем соотношении, мас. %: углерод - 3,2-3,8; кремний - 2,2-2,8; марганец - 0,2-0,7; фосфор $\leq 0,1$; сера $\leq 0,02$; магний - 0,025-0,08; никель - 0,2-2,2; медь - 0,2-0,9; молибден - 0,1-1,0; хром - 0,07-0,6; железо - остальное, а отношение легирующих элементов следующее: Ni/Cu - 1,0-2,44; Ni/Cr - 2,85-3,67; Ni/Mo - 2,0-2,2; Cu/Cr - 1,50-2,86; Mo/Cr - 1,43-1,67. Отличительная новизна от прототипа состоит в том, что в химический состав дополнительно вводится 0,2-2,2% Ni (никель), 0,2-0,9% Cu (медь), 0,1-1,0% Mo (молибден) и 0,07-0,6% Cr (хром), а отношения легирующих элементов находятся при следующих пределах: Ni/Cu - 1,0-2,44; Ni/Cr - 2,85-3,67; Ni/Mo - 2,0-2,2; Cu/Cr - 1,50-2,86; Mo/Cr - 1,43-1,67.

B1**043504****043504****B1**

Изобретение относится к литейному производству и может быть использовано преимущественно при изготовлении деталей нефтепромыслового оборудования, а также в других отраслях промышленности (химическая промышленность, сельскохозяйственное машиностроение, приборостроение, трубопроводная арматура и т.д.).

В качестве аналога изобретения может быть высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ЧШГ), имеющий следующий химический состав, мас. %: углерод - 3,2-3,8; кремний - 2,2-2,8; марганец - 0,2-0,7; фосфор $\leq 0,1$; сера $\leq 0,02$; магний - 0,025-0,08; железо - остальное [1].

Из этого чугуна изготавливают детали запорного устройства, которые являются одним из основных узлов фонтанной арматуры, трубных уплотнителей. Отказ любой части запорного устройства приводит к выводу из эксплуатации всего оборудования, а это означает большие дополнительные расходы. Поэтому повышение надежности и долговечности деталей запорного устройства является весьма важной и актуальной проблемой.

Кроме того, условия эксплуатации новых нефтегазовых месторождений очень сложные и вредные. Здесь запорные устройства подвергаются коррозионному воздействию потоков нефти и газа, морской и пластовой воды, кислотных растворов, сероводорода и углекислого газа. В такой среде аналог заявленного изобретения ЧШГ неустойчиво. Так как в указанных агрессивных средах материал аналога не обладает функциями эксплуатации, такие как коррозионная стойкость, хладостойкость, ростоустойчивость и т.д., и, следовательно, не отвечает предъявляемым требованиям.

Поэтому запорное устройство и в первую очередь его ответственные детали, например корпус, гайка ходовая, шибер и седло, должны быть изготовлены из материалов с более высокими свойствами и качеством. Помимо высоких механических свойств, такой материал должен обладать особыми эксплуатационными свойствами, такими как коррозионная стойкость, хладостойкость, ростоустойчивость и т.д.

В качестве прототипа предлагаемого изобретения может быть "Легируемый высокопрочный чугун" [2], из которого также изготавливают детали нефтепромыслового оборудования и узлов трения. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом имеет следующий химический состав, мас. %: углерод - 3,2-3,8; кремний - 2,2-2,8; марганец - 0,2-0,7; фосфор $\leq 0,1$; сера $\leq 0,02$; магний - 0,025-0,08; никель - 1,0-2,0; хром - 0,2-0,4; железо - остальное.

Несмотря на достаточную износостойкость, эти детали не обладают важными эксплуатационными свойствами, такими как высокая коррозионная стойкость в сероводородной и углекислой среде, хладостойкость при -60°C и ростоустойчивость при температуре 500°C . Это связано с тем, что введенные в состав чугуна легирующие элементы, такие как Ni, Cr, в тех количествах не обеспечивают указанные свойства.

Задачей изобретения является повышение механических свойств, коррозионной стойкости, хладостойкости и ростоустойчивости чугуна с шаровидным графитом путем экономного легирования и отливки в кокилях.

Задача изобретения решается тем, что легируемый чугун с шаровидным графитом (ЧШГ) состоит из железа, углерода, кремния, марганца, фосфора, серы, магния, никеля и хрома, дополнительно содержит медь и молибден в следующем соотношении, мас. %: углерод - 3,2-3,8; кремний - 2,2-2,8; марганец - 0,2-0,7; фосфор $\leq 0,1$; сера $\leq 0,02$; магний - 0,025-0,08; никель - 0,2-2,2; медь - 0,2-0,9; молибден - 0,1-1,0; хром - 0,07-0,6; железо - остальное.

Отношение легирующих элементов в чугуне соответствует следующим пределам: Ni/Cu - 1,0-2,44; Ni/Cr - 2,85-3,67; Ni/Mo - 2,0-2,2; Cu/Cr - 1,50-2,86; Mo/Cr - 1,43-1,67.

Новизна заявки, отличающаяся от аналога и прототипа, состоит в том, что заявляемый химический состав чугуна дополнительно содержит 0,2-2,2% Ni (никель), 0,2-0,9% Cu (медь), 0,1-1,0% Mo (молибден) и 0,07-0,6% Cr (хром) при следующем отношении этих элементов: Ni/Cu - 1,0-2,44; Ni/Cr - 2,85-3,67; Ni/Mo - 2,0-2,2; Cu/Cr - 1,50-2,86; Mo/Cr - 1,43-1,67.

Добавка в состав ЧШГ указанных легирующих элементов в предлагаемых количествах способствует повышению эксплуатационных свойств чугуна, в том числе коррозионностойкости, хладостойкости и ростоустойчивости в агрессивных средах.

В отличие от прототипа, для получения легируемого чугуна с шаровидным графитом в печь вместе с шихтовым материалом дополнительно вводили гранулированный никель марки Н-3 (ГОСТ 849-97), катодную медь марки М1К (ГОСТ 859-78), ферромолибден ФМо60 (ГОСТ 4759-79) и феррохром марки ФХ005А (ГОСТ 4757-91).

Химический состав шихтовых материалов приведен в табл. 1.

Для получения необходимого химического состава чугуна проведен расчет шихты. Расчет проводился для 100 кг шихты. Расчетные данные шихты приведены в табл. 2.

После выплавки чугуна при температуре $1440 \pm 20^{\circ}\text{C}$ из печи выпускают в ковш, нагретый до $650-750^{\circ}\text{C}$, дно которой заполняет модифицирующий лигатур в количестве 1% от массы жидкого металла. После завершения процесса модификации в ковше жидкий чугун при температуре $1350-1400^{\circ}\text{C}$ разливают в кокиль. При заливке чугуна температура кокиля должна составлять $200-250^{\circ}\text{C}$.

Используемые легирующие элементы должны обеспечивать однородную структуру отливки и

уменьшать отбеливание, не должны образовывать высокопрочные карбиды и должны улучшать характеристики отливок. Легирующие элементы, отвечающие этим требованиям, - это Cr, Si, Ni, Cu и Mo. Однако необходимо выбрать из них такие элементы, которые являются экономически выгодными и не влияют отрицательно на другие свойства отливок.

Поэтому, для получения требуемых свойств и качеств в чугуны экономно легированы Ni, Cu, Mo и Cr, которые являются элементами, упрочняющими феррит.

Исследованиями установлено, что для легирования ЧШГ, производимого в кокилях, количество легирующих элементов должно быть следующим, мас. %: никель - 0,2-2,2, медь - 0,2-0,9, молибден - 0,1-1,0, хром - 0,07-0,6. При отклонении количества указанных легирующих элементов от заявленных пределов поставленная задача изобретения не достигается.

Так как, поскольку элементы Ni, Cu, Mo и Cr в количествах нижеуказанных пределов не оказывают существенного влияния на упрочнение феррита, повышение свойств чугуна от прототипа не наблюдается.

При содержании никеля более 2,2% нарушается процесс образования шаровидного графита, при использовании меди более 0,9% из-за эффективного растворения ее в металлической основе снижается механические свойства чугуна, а при содержании молибдена и хрома, соответственно, более 1,0 и 0,6%, образуются прочные карбиды типа Mo_7C_3 и Cr_7C_3 , которые требуют длительную термическую обработку. В результате нарушения процесса структурообразования чугуна в нем формируется грубогетерогенная структура, которая снижает его коррозионной стойкости, хладостойкости и ростоустойчивости. Вместе тем, увеличение количества легирующих элементов Ni, Cu, Mo и Cr приводит к удорожанию чугуна.

Исследованиями установлено, что для легирования ЧШГ, отношение легирующих элементов должно быть в нижеуказанных пределах: Ni/Cu - 1,0-2,44; Ni/Cr - 2,85-3,67; Ni/Mo - 2,0-2,2; Cu/Cr - 1,50-2,86; Mo/Cr - 1,43-1,67.

Так как при отношении легирующих элементов меньше нижеуказанных пределов - Ni/Cu-1,0; Ni/Cr-2,85; Ni/Mo-2,0; Cu/Cr-1,50; Mo/Cr-1,43 - поставленная задача не достигается. Это связано с тем, что отношение легирующих элементов - Ni/Cu, Ni/Cr, Ni/Mo, Cu/Cr, Mo/Cr в количествах ниже указанных пределов не оказывает существенного влияния на ферритное упрочнение, а следовательно, на формирование однородной структуры. Вследствие этого эксплуатационные свойства, в том числе коррозионная стойкость, хладостойкость и ростоустойчивость чугуна оказываются недостаточными.

При отношении элементов выше заявленных пределов - Ni/Cu-2,44; Ni/Cr-3,67; Ni/Mo-2,2; Cu/Cr-2,86; Mo/Cr-1,67 - нарушается процесс формирования сферической формы графита, ухудшаются эксплуатационные и механические свойства чугуна, особенно пластичность, за счет растворения элементов на металлической основе, образуются прочные карбиды. Все это приводит к снижению коррозионной стойкости, хладостойкости и ростоустойчивости чугунных отливок.

Химический состав, механические и эксплуатационные свойства заявляемого объекта в сравнении с прототипом приведены в табл. 3.

Вышеупомянутые особенности заявляемого изобретения объясняются причинно-следственной взаимосвязью достигаемых эффектов с составом нового чугуна, а также отношением легирующих элементов в нем.

Таким образом, в отливках из ЧШГ, легированного 0,2-2,2% Ni, 0,2-0,9% Cu, 0,1-1,0% Mo и 0,07-0,6% Cr, при отношении Ni/Cu - 1,0-2,44; Ni/Cr - 2,85-3,67; Ni/Mo - 2,0-2,2; Cu/Cr - 1,50-2,86; Mo/Cr - 1,43-1,67, изготовленных в кокилях, получают достаточно высокие механические и эксплуатационные свойства.

Таблица 1

Химический состав шихтовых материалов

Компоненты шихты	Марка	ГОСТ или ТУ	Содержание элементов, %								
			C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	Cu	Mg
Чугун литейный	Л-3	4832-95	3,90	0,4	2,4	0,08	0,02	-	-	-	-
Никел гранулированный	Н-3	849-97	0,10	-	-	-	-	98,6	-	-	-
Медь катодная	МК	859-78	-	-	-	-	-	-	-	99,9	-
Ферромолибден	ФМо60	4759-91	0,05	-	0,8	0,06	-	-	60,0	-	-
Феррохром	ФХ005А	4757-91	0,05	-	1,5	0,03	0,03	-	65,0	-	-
Ферросилиций	ФС25	1415-93	0,80	0,9	25,0	0,05	0,02	-	-	-	-
Лигатура	ФСМг-5	14-5-134-86	-	--	55,0	-	-	-	-	-	6,5

Таблица 2

Расчет шихты

Компоненты шихты и марка	ГОСТ или ТУ	В 100 кг шихте
Чугун литейный Л-3	4832-95	95,05
Ферросилиций ФС25	1415-93	1,00
Никел гранулированный Н-3	849-97	1,57
Медь катодная М1К	859-78	0,63
Ферромолибден ФМо60	4759-91	0,91
Феррохром ФХ005	4757-91	0,84
Всего		100
Лигатура ФСМг-5	14-5-134-86	1,00 (выше 100%)

Таблица 3

Состав и свойства чугуна с шаровидным графитом*

№ п/п	Количество легирующих элементов, масс. %				Отношение легирующих элементов					Свойства				
	Ni	Cu	Cr	Mo	Ni/Cu	Ni/Cr	Ni/Mo	Cu/Cr	Mo/Cr	σв, МПа	НВ, МПа	Коррозионная стойкость, мм/год	Хладостойкость, КС, Дж/см ²	Ростостойчивость, %
1	0,15	0,15	0,06	0,09	0,80	2,80	1,90	1,40	1,40	428	165	1,64	47	131,82
2	0,20	0,20	0,07	0,10	1,00	2,85	2,00	1,50	1,43	650	172	1,10	62	130,65
3	1,0	0,45	0,50	0,30	1,90	3,40	2,10	2,00	1,50	680	173	1,00	69	131,00
4	2,2	0,90	0,60	1,00	2,44	3,67	2,20	2,86	1,67	670	175	0,96	64	130,69
5	2,3	0,95	0,65	1,10	2,50	3,70	2,30	2,91	1,70	430	170	1,65	46	132,00
Прототип	1,0 ± 2,0	-	0,2 ± 0,4	-	-	-	-	-	-	430	170	1,65	48	131,90

* Примечание: коррозионная стойкость заявляемого объекта и прототипа была изучена в сероводородной среде в течение 720 ч, хладостойкость при температуре -60°C, а ростостойчивость при 500°C в течение 250 ч.

Содержание постоянных элементов в чугуне не изменялось и соответствовало, мас. %: C=3,47; Si=2,78; Mn=0,42; P=0,068; S=0,017; Mg=0,05.

Литература.

1. РД 26 - 16 - 39 - 89. Отливки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, получаемые в металлических формах. Баку, 1989, 29 с.

2. Гасанли Р.К. Легированный высокопрочный чугун. Патент Азербайджана. I 2016 0054, 29.06.2016.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Легированный чугун с шаровидным графитом, содержащий железо, углерод, кремний, марганец, никель, хром, медь, молибден, фосфор, серу и магний, отличающийся тем, что содержит легирующие элементы при следующем содержании, мас. %:

углерод - 3,2-3,8;

кремний - 2,2-2,8;

марганец - 0,2-0,7;

фосфор ≤ 0,1;

сера ≤ 0,02;

магний - 0,025-0,08;

никель - 0,2-2,2;

медь - 0,2-0,9;

молибден - 0,1-1,0;

хром - 0,07-0,6;

железо - остальное,

и при следующем соотношении легирующих элементов:

Ni/Cu - 1,0-2,44;

Ni/Cr - 2,85-3,67;

Ni/Mo - 2,0-2,2;

Cu/Cr - 1,50-2,86;

Mo/Cr - 1,43-1,67.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2