

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202290785** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2023.06.29**

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

(22) Дата подачи заявки  
**2022.02.25**

---

(54) **ВЫСОКОПРОЧНЫЙ И ПЛАСТИЧНЫЙ ЧУГУН С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ**

---

(96) **2022/EA/0010 (BY) 2022.02.25**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:  
**БЕЛОРУССКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (БГУ) (BY)**

**Сосновский Леонид Адамович,  
Богданович Александр  
Вальдемарович, Щербаков Сергей  
Сергеевич, Комиссаров Виктор  
Владимирович (BY)**

(57) Изобретение относится к металлургии, в частности к разработке составов высокопрочных чугунов, которые могут быть использованы для изготовления высоконагруженных трибофатических систем (например, тяжело нагруженных элементов машин и оборудования, деталей подвижного состава, локомотивных и вагонных колес, рельсов, зубчатых колес, режущих ножей, элементов верхнего строения железнодорожного пути и т.д.), работающих в условиях комплексного износоусталостного повреждения. Предлагаемое изобретение направлено на решение задачи, заключающейся в разработке состава чугуна с шаровидной формой графита, позволяющего получать высокие значения механических свойств (прочность и пластичность, твердость), необходимые для трибофатических систем, работающих в тяжелых условиях эксплуатации при повторно-переменных нагрузках, трении и изнашивании. Поставленная задача решается тем, что высокопрочный и пластичный чугун с шаровидным графитом, содержащий углерод, кремний, марганец, медь, никель, молибден, хром, титан, магний и железо, содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %: углерод 2,6-3,2; кремний 1,5-3,0; марганец 0,1-0,45; никель 0,3-0,8; молибден 0,3-1,0; медь 0,9-1,4; хром 0,04-0,07; титан 0,01-0,02; магний 0,02-0,08; железо - остальное. В качестве примесей в чугуне могут присутствовать сера и фосфор.

**A1**

**202290785**

**202290785**

**A1**

## ВЫСОКОПРОЧНЫЙ И ПЛАСТИЧНЫЙ ЧУГУН С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

Изобретение относится к металлургии, в частности, к разработке составов высокопрочных чугунов, которые могут быть использованы для изготовления высоконагруженных трибофатических систем (например, тяжело нагруженных элементов машин и оборудования, деталей подвижного состава, локомотивных и вагонных колес, рельсов, зубчатых колес, режущих ножей, элементов верхнего строения железнодорожного пути и т.д.), работающих в условиях комплексного износоусталостного повреждения.

Известен высокопрочный чугун с шаровидным графитом [1], предназначенный для получения отливок, обладающих в исходном состоянии высокой пластичностью (относительное удлинение до 22 %), содержащий масс. % 2,7-3,8 С; 2,1-2,9 Si; 0,15-0,45 Mn; 0,1-0,35 Cu; 0,4-1,0 Ni; 0,03-0,08 Mg; Fe-ост.

Недостатком данного чугуна являются низкие значения предела прочности (до 550 МПа).

Известен также высокопрочный чугун, который рекомендуется использовать при изготовлении чугунных деталей, работающих в условиях повторно-переменных нагрузок [2], содержащий масс. % 3,2-3,6 С; 1,8-2,5 Si; 0,1-0,4 Mn; 0,5-0,8 Cu; 0,6-0,8 Ni; 0,01-0,015 Mg; 0,06-0,1 Ca; 0,03-0,06 PЗМ; 0,02-0,10 Zr; 0,02-0,1 Ва; Fe-ост.

Предел выносливости при изгибе для данного чугуна составляет 260 МПа. Однако отсутствует информация о его прочностных свойствах и сопротивлении контактной усталости (при трении качения).

Наиболее близким к предлагаемому чугуну по технической сущности и достигаемому техническому эффекту является чугун с шаровидным графитом и высоким сопротивлением усталости [3], содержащий масс. %: 3,5-3,7 С; 2,5-2,8 Si; 0,2-0,3 Mn; 1,1-1,3 Cu; 0,5-0,6 Ni; 0,4-0,6 Mo; 0,01-0,02 Ti; 0,03-0,07 Mg; Fe-ост.; в качестве примесей допускаются хром, сера и фосфор. Достоинство и особенность чугуна с шаровидным графитом и высоким сопротивлением усталости (прототипа) состоит в том, что в области высокопрочных состояний (предел прочности  $\sigma_b > 950$  МПа) при увеличении прочности пластичность этого чугуна также растет, т. е., его хрупкость уменьшается. Характерная для известных чугунов [4] зависимость рост прочности – падение пластичности для него не соблюдается. Однако диапазон изменения пластических свойств и их рост с увеличением прочности у прототипа является недостаточным для

ряда трибофатических систем, особенно тех, работоспособность которых оценивается по критерию трещиностойкости.

Предлагаемое изобретение направлено на решение задачи, заключающейся в разработке состава чугуна с шаровидной формой графита, позволяющего получать высокие значения механических свойств (прочность и пластичность, твердость), необходимые для трибофатических систем, работающих в тяжелых условиях эксплуатации при повторно-переменных нагрузках, трении и изнашивании.

Поставленная задача решается тем, что высокопрочный и пластичный чугун с шаровидным графитом, содержащий углерод, кремний, марганец, медь, никель, молибден, хром, титан, магний и железо, содержит компоненты в следующем соотношении, масс. %:

Углерод	2,6 – 3,2
Кремний	1,5 – 3,0
Марганец	0,1 – 0,45
Никель	0,3 – 0,8
Молибден	0,3 – 1,0
Медь	0,9 – 1,4
Хром	0,04 – 0,07
Титан	0,01 – 0,02
Магний	0,02 – 0,08
Железо	– остальное.

В качестве примесей в чугуне могут присутствовать сера и фосфор.

Принятые интервалы содержания компонентов и выбор такого их сочетания обеспечивают возможность стабильного получения указанного технического результата.

В составе чугуна компоненты проявляют себя следующим образом. Концентрации основных компонентов: углерода (2,6-3,2%) и кремния (1,5-3,0%) – способствуют повышению сопротивления усталости при изгибе и контактном нагружении, при обеспечении высоких прочностных свойств чугуна. Марганец (0,1-0,45%) повышает количество перлита и обеспечивает необходимое соотношение временного сопротивления при растяжении и относительного удлинения. Введение никеля (0,3-0,8%) и меди (0,9-1,4%) способствует стабилизации аустенита, что приводит к повышению количества остаточного аустенита в конечной структуре. Никель неограниченно растворяется в железе и снижает растворимость углерода в чугуне, т.е. способствует графитизации. Медь также уменьшает или предотвращает

образование феррита и препятствует появлению структурно-свободного цементита в тонких сечениях отливок. Хром (0,04-0,07%) способствует значительному уменьшению количества графитовых включений и их измельчению, предотвращению отбела. Молибден способствует улучшению механических свойств чугуна, при этом повышается его износостойкость без проявления отбела. Одновременное легирование молибденом (0,3-1,0%) в указанных соотношениях с никелем и медью обеспечивает повышение пластичности (относительное удлинение до 6 %) с ростом прочности (до 1600 МПа), а также повышению сопротивления материала развитию трещин. С целью улучшения эксплуатационных свойств отливок и пластических свойств чугуна в литом состоянии он дополнительно легируется титаном (0,01-0,02%) (при этом происходит измельчение феррита).

В чугуне присутствуют технологические примеси серы и фосфора (они могут находиться в исходном сырье, используемом в качестве шихты). В принятых диапазонах эти примеси не оказывают решающего влияния на механические свойства чугуна.

Химический состав чугуна подобран таким образом, что необходимая структура может быть получена уже в литом состоянии, но его основные механические свойства и микроструктура обеспечиваются путем аустенизации при температуре в пределах 850...900 °С и изотермической выдержки при температурах 200...550 °С.

Химические составы прототипа и предлагаемого чугуна представлены в таблице 1.

Таблица 1

Чугун	Химический состав, масс. %											
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Mo	Ti	Cr	Mg	S	P	Fe
предлагаемый	2,6-3,2	1,5-3,0	0,1-0,45	0,9-1,4	0,3-0,8	0,3-1,0	0,01-0,02	0,04-0,07	0,02-0,08	0,01-0,02	0,004-0,08	ост.
прототип	3,5-3,7	2,5-2,8	0,2-0,3	1,1-1,3	0,5-0,6	0,4-0,6	0,01-0,02	0,02-0,06	0,03-0,07	0,01-0,015	0,004-0,08	ост.

Предлагаемый чугун получают одним из известных способов литья (отливка в песчаные формы, центробежное литье и др.), температура нагрева до 1500 °С.

Для получения пробной плавки в индукционную печь загружают ферромolibден (FeMo), ферросилиций (FeSi), ферромарганец (FeMn), графит гранулированный, сталь, чугун в чушках в соответствующих пропорциях. Производят нагрев печи до полного расплавления компонентов и измерение

температуры в ней. При этом максимальная температура составляет 1450 °С. Полученный высокопрочный чугун из печи переливают в разливной ковш, а затем возвращают обратно в печь, при этом добавляют возврат, подогревают и измеряют температуру в печи. Из печи берут пробу чугуна в кокиль. С помощью спектрометра определяют ее химический состав. Затем в индукционную печь загружают следующие легирующие элементы: FeMo, Ni, Cu.

Установлено, что основные механические свойства предлагаемого чугуна могут варьироваться в следующих интервалах: предел прочности  $\sigma_b$  от ~ 900 до ~ 1600 МПа, относительное удлинение  $\delta$  от 1,5 до 6,0 %, твердость от 37 до 58 HRC. Механические свойства определяли по стандартным методикам. Сравнение известного и предлагаемого чугунов по механическим свойствам приведено в таблице 2.

Таблица 2

Чугун	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Твердость HRC
предлагаемый	900...1600	1,5...6,0	37...58
прототип	800...1400	2,0...4,5	35...52

Техническим результатом, как видно из данных таблицы 2, является увеличение диапазона изменения механических свойств, особенно прочности и пластичности, у предлагаемого чугуна по сравнению с прототипом, что позволит использовать новый чугун для трибофатических систем, работающих в тяжелых условиях эксплуатации при повторно-переменных нагрузках, трении и изнашивании.

#### *Источники информации*

1. Патент Российской Федерации № RU 2 112 073, МПК C22 C37/10, опубл. 27.05.1998 г.
2. Авторское свидетельство СССР № 1458416, МПК C22 C37/10, опубл. 15.02.1989 г.
3. Патент Республики Беларусь № BY 15617, МПК C22 C37/04, опубл. 04.10.2010 г.
4. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом и высоким сопротивлением усталости. Марки и механические свойства (Стандарт Беларуси). СТБ 2544-2019. – Минск : Госстандарт, 2019. – 21 с.

### *Формула изобретения*

1. Высокопрочный и пластичный чугун с шаровидным графитом, содержащий углерод, кремний, марганец, медь, никель, молибден, хром, титан, магний и железо, отличающийся тем, что он содержит компоненты в следующем соотношении, масс. %:

Углерод	2,6 – 3,2
Кремний	1,5 – 3,0
Марганец	0,1 – 0,45
Никель	0,3 – 0,8
Молибден	0,3 – 1,0
Медь	0,9 – 1,4
Хром	0,04 – 0,07
Титан	0,01 – 0,02
Магний	0,02 – 0,08
Железо	– остальное.

2. Чугун по п.1, отличающийся тем, что в качестве примесей содержит серу и фосфор.

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202290785****А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

C22C 37/04 (2006.01)

C22C 37/10 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

C22C 33/00, C22C 37/00, C21C 1/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) EAPATIS, ESPACENET, поисковые системы национальных ведомств, открытые интернет-источники

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
Y	BY15617C1 (РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГОМЕЛЬСКИЙ ЗАВОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ «ГОМСЕЛЬМАШ»; ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ТРИБОФАТИКА»), 30.04.2012 стр. 2, 3 описания изобретения	1, 2
Y	WO2006072663A2 (METSO PAPER INC; URV UUDENKAUPUNGIN RAUTAVALIMO et al.), 13.07.2006 стр. 4 строки 5-12, стр. 5 строка 15 - стр. 9 строка 3, стр. 12 строки 9-24, стр. 17-23 описания изобретения	1, 2
A	JPS60121253A (NISSAN MOTOR), 28.06.1985 стр. 313-316 описания изобретения	1, 2
A	RU2112073C1 (МОЦЫГИН СЕРГЕЙ ВЕНЕДИКТОВИЧ), 27.05.1998 стр. 3 правая колонка строки 44-66, стр. 4 левая и правая колонки описания изобретения	1, 2

 последующие документы указаны в продолжении

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

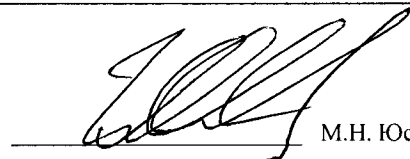
«У» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&amp;» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **19/08/2022**

Уполномоченное лицо:

Заместитель начальника отдела механики,  
физики и электротехники

  
М.Н. Юсупов