



УКРАЇНА

(19) UA (11) 21662 (13) A

(51)6 C 22 C 37/10

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII 1993 рПублікується
в редакції заявника

(54) БІЛИЙ ЧАВУН ДЛЯ МЕЛЮЧИХ ТІЛ

(21) 95052453

(22) 22.05.95

(24) 20.01.98

(46) 30.04.98. Бюл. № 2

(47) 20.01.98

(72) Владимірова Альбіна Олександрівна,
Косогонова Етері Олександрівна, Сольоний
Володимир Костянтинович, Сохацький Лю-
бомир Ярославович, Єфремов Валерій Ва-
сильович, Садовий Андрій Іванович,
Медведчук Леонід Якович, Савченко Ана-
толій Антонович, Заславський Віталій
Ісаакович(73) Український державний науково-
дослідний інститут металів, Ремонтне
підприємство "Миколаївцемремонт", Бахчи-сарайський орендно-виробничий комбінат
"Будіндустрія"(57) Белый чугу́н для мелющих тел, содержа-
щий углерод, кремний, марганец, хром, же-
лезо, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что он
дополнительно содержит фосфор, алюми-
ний и кальций при следующем соотношении
компонентов, мас. %:

Углерод	2,5-3,8
Кремний	0,6-3,0
Марганец	0,1-4,5
Хром	0,1-6,0
Фосфор	0,07-0,80
Алюминий	0,05-0,50
Кальций	0,005-0,250
Железо	Остальное

Изобретение относится к металлургии, в частности к износостойким белым чугунам для мелющих тел, которые подвергаются интенсивным динамическим нагрузкам и гидрозрозионному воздействию в коррозионно-абразивной среде.

Известен чугу́н [Авт.св. № 1222704, кл. С 22 С 37/00, 1986] следующего состава, мас. %:

Углерод	3,2-3,6
Кремний	0,7-1,1
Марганец	0,5-2,5
Хром	10,0-14,0
Вольфрам	0,3-2,5
Никель	0,1-1,5
Магний	0,03-0,05
Железо	Остальное

Общими признаками для аналога и заявляемого объекта является наличие в составе белого чугуна углерода, кремния, марганца и хрома. Получение требуемого технического результата при использовании аналога не представляется возможным, т.к. существенным недостатком данного чугуна является невысокий уровень физико-механических свойств, ударостойкость 6-7 ударов до разрушения, вследствие наличия большого количества железо-хромистого карбида грубого строения, а также значительный расход хрома, вольфрама, никеля, что значительно повышает расход легирующих элементов и стоимость чугуна, тем самым ограничивая его применение.

(19) UA (11) 21662 (13) A

Известен также чугун (см. авторское свидетельство № 945218, кл. С 22 С 37/06, опубл. в Б.И., 1982, № 27), содержащий, мас. %:

Углерод	2,8-3,6
Кремний	3,8-5,2
Марганец	5,0-9,0
Хром	2,7-4,3
Титан	0,2-0,8
Железо	Остальное

Общими признаками для аналога и заявляемого объекта является наличие в химсоставе чугуна углерода, кремния, марганца, хрома.

Однако получение требуемого технического результата при использовании аналога невозможно, т.к. существенным недостатком этого чугуна является низкая ударостойкость — 5 ударов до разрушения, кавитационно-эрозионная стойкость 101 и износостойкость 0,722 мг/м² ч, что объясняется образованием графита в структуре чугуна вследствие повышенного содержания кремния, не сбалансированного соответствующим количеством карбидообразующих элементов, в данном случае хрома, ванадия и марганца.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому объекту является выбранный в качестве прототипа чугун [Авт.св. № 1301863, кл. С 22 С 37/08, 1987] следующего состава, мас. %:

Углерод	2,9-3,4
Кремний	0,8-2,1
Марганец	0,6-1,5
Хром	8,8-9,7
Никель	1,6-2,3
Молибден	0,1-0,25
Ванадий	0,2-0,35
Железо	Остальное

Для прототипа и заявляемого объекта общим является наличие в составе белого чугуна углерода, кремния, марганца, хрома.

Получение требуемого технического результата при использовании прототипа невозможно, потому что данный чугун имеет недостаточно высокую стойкость при трении в коррозионной среде в условиях значительных ударных нагрузок:

16 ударов до разрушения, кавитационно-эрозионная стойкость — 94 мг/м² ч, износостойкость — 0,675 г/м² ч в связи с наличием в структуре грубого конгломерата карбидов типа (Fe, Cr)₃C и (Cr, Fe)₇C₃. Кроме того, значительный расход хрома, никеля, молибдена, ванадия повышает стоимость указанного чугуна и этим ограничивает его применение.

В основу изобретения поставлена задача разработать такой состав белого чугуна

для мелющих тел, в котором наличие новых компонентов при заданном их соотношении и новое соотношение известных компонентов позволило бы обеспечить повышение показателей кавитационно-эрозионной стойкости, ударостойкости, износостойкости и за счет этого обеспечить снижение удельного расхода мелющих тел.

Поставленная задача решается за счет того, что в чугун, содержащий углерод, кремний, марганец, хром и железо, дополнительно вводится фосфор, алюминий, кальций при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод	2,5-3,8
Кремний	0,6-3,0
Марганец	0,1-4,5
Хром	0,1-6,0
Фосфор	0,07-0,80
Алюминий	0,05-0,50
Кальций	0,005-0,250
Железо	Остальное

В результате использования заявляемого изобретения достигается технический результат, который заключается в том, что у белого чугуна для мелющих тел появляется новое свойство — повышается кавитационно-эрозионная стойкость, ударостойкость и износостойкость, за счет этого обеспечивается снижение удельного расхода мелющих тел.

Между существенными признаками заявляемого изобретения и достигаемым техническим результатом имеется причинно-следственная связь осуществляемая благодаря взаимному влиянию фосфора, алюминия, кальция на формирование структуры чугуна в процессе отливки. Фосфор образует фосфидную эвтектику, механические свойства которой аналогичны свойствам высокохромистых карбидов. Алюминий при этом измельчает фосфидную эвтектику, уменьшает размер располагающегося вокруг эвтектики переходного слоя твердого раствора, охрупчивающего сплав, а также формирует плотный защитный слой, предохраняющий чугун от окисления. Образующиеся при вводе алюминия грубые угловатые включения окислов глобуляризируются под влиянием кальция, который также повышает концентрацию алюминия в твердом растворе и образует высокодисперсные собственные карбиды.

Фосфор в составе чугуна образует фосфидную эвтектику, которая повышает кавитационно-эрозионную стойкость, износостойкость, сопротивление деформированию. Механические свойства фосфидной эвтектики в основном соответствуют свойствам износостойких карбидов (Cr, Fe)₇C₃.

Однако введение в чугун феррофосфора взамен дорогостоящего феррохрома значительно снижает себестоимость чугуна.

Введение совместно с фосфором алюминия в указанных пределах способствует дроблению фосфидной эвтектики и равномерному ее распределению в литой структуре чугуна, что положительно влияет на ударостойкость и кавитационно-эрозионную стойкость чугуна. Кроме того, алюминий повышает прочностные свойства чугуна вследствие уменьшения охрупчивающего чугуна переходного слоя, состоящего из твердого раствора, насыщенного фосфором и располагающегося вокруг фосфидной эвтектики. Алюминий также увеличивает кавитационно-эрозионную стойкость за счет образования на поверхности мелющих тел в процессе эксплуатации плотного защитного окисла, предохраняющего чугун от окисления. Одновременно алюминий уменьшает количество углерода в металлической основе в результате замещения его атомов, способствуя тем самым увеличению количества карбидов, а следовательно, и росту износостойкости чугуна.

Кальций, введенный в чугун совместно с алюминием, переводит грубые угловатые включения окислов алюминия в шарообразные, что увеличивает кавитационно-эрозионную стойкость и ударостойкость. Кальций, вследствие частичной замены алюминия в образовании окислов, позволяет повысить степень легированности твердого раствора алюминием и тем самым увеличивает эрозионную устойчивость и прочностные свойства чугуна. Следует отметить также низкую стоимость кальция по сравнению с другими элементами-раскислителями, способными заменить алюминий. Кроме того, кальций в составе чугуна оказывает упрочняющее действие на чугун вследствие образования собственного карбида, который армирует хрупкую цементитную составляющую.

В заявляемый чугун фосфор введен для повышения кавитационно-эрозионной стойкости, износостойкости, ударостойкости чугуна за счет образования фосфидной эвтектики, механические свойства которой соответствуют свойствам хромистого карбида.

В заявляемом чугуне введение алюминия совместно с фосфором измельчает фосфидную эвтектику, уменьшает размер охрупчивающего чугуна переходного слоя твердого раствора вокруг фосфидной эвтектики, а также образует защитный окисел, предотвращающий окисление чугуна, что оказывает благоприятное влияние на кавитационно-эрозионную стойкость и ударостойкость чугуна.

В предложенном чугуне под влиянием кальция грубые угловатые включения окислов алюминия приобретают глобуляризованную форму, повышается концентрация алюминия в твердом растворе, а также образуются высокодисперсные собственные карбиды кальция. В результате улучшаются характеристики ударостойкости и износостойкости чугуна.

Нижние пределы содержания фосфора, алюминия, кальция выбраны исходя из экспериментально установленного факта начала проявления их влияния на ударостойкость, кавитационно-эрозионную стойкость и износостойкость.

При содержании фосфора выше верхнего предела фосфидная эвтектика образует сплошную сетку, которая охрупчивает чугун и снижает его кавитационно-эрозионную стойкость.

Введение алюминия выше верхнего предела способствует графитизации чугуна, образованию плен из окислов алюминия и снижению литейных свойств (увеличивается объем усадочных раковин, литейной усадки), что приводит к повышению уровня напряжений в отливках, а следовательно, к трещинам.

Повышение в сплаве кальция выше приведенных концентраций нецелесообразно, т.к. карбиды располагаются не только равномерно в структуре, но и образуют скопления, снижающие ударостойкость и износостойкость. Кроме того при содержании кальция более 0,25% начинается процесс обезуглероживания сплава, т.к. образующиеся карбиды кальция всплывают в шлак, а это снижает количество высокотвердой составляющей и уменьшает износостойкость и кавитационно-эрозионную стойкость.

В отличие от прототипа в заявляемом чугуне увеличено содержание кремния, что позволяет повысить кавитационно-эрозионную стойкость и износостойкость за счет повышения степени эвтектичности сплава.

Увеличение концентрации марганца в предложенном чугуне способствует повышению дисперсности перлита, что приводит к увеличению твердости и износостойкости чугуна без снижения прочностных свойств.

Снижение количества хрома обусловлено компенсирующим влиянием на эксплуатационную стойкость предложенного чугуна фосфора, как более экономичного элемента.

Никель и молибден из предложенного чугуна исключены ввиду того, что они снижают износостойкость и твердость вследствие стабилизации аустенитной структуры при температурах эвтектического превращения,

а также как дефицитные дорогостоящие элементы.

Ванадий исключен как элемент, не обеспечивающий в указанных концентрациях существенного повышения кавитационно-эрозионной стойкости, ударо- и износостойкости мелющих тел.

Изобретение реализуется, например, путем определения служебных показателей заявляемого чугуна в сравнении с прототипом.

Для определения служебных показателей заявляемого чугуна были изготовлены 10 сплавов с граничными, выходящими за граничные и оптимальными соотношениями всех ингредиентов, а также с выходящими за граничные и оптимальными соотношениями новых ингредиентов при фиксированных значениях остальных. Для обеспечения сопоставительного анализа с прототипом был также приготовлен сплав с известным соотношением ингредиентов (см. таблица 1).

Каждый сплав был выплавлен в лабораторных условиях в индукционной печи ИСТ-016 с основной футеровкой. Завалку производили из расчета 200 кг чугуна в печи. В качестве шихтовых материалов использовались, кг:

Чугун литейный марки Л2, Л3	39
Лом стальной	152
Электродный бой	1,86

что обеспечило получение заданных пределов содержания углерода, кремния, марганца.

Для достижения нижних пределов хрома и фосфора в печь вводится

70%-ный феррохром (ГОСТ 4757-79) 3,00 кг

17%-ный феррофосфор (ТУ 14-5-72-80) 3,92 кг

с учетом коэффициента Р для хрома 0,95; для фосфора 0,90.

30%-ный силикокальций (ГОСТ 4762-79) в кусках вводится в печь совместно со всеми шихтовыми материалами в количестве 0,208 кг с учетом угара 16%.

5 Нам дно ковша подают алюминий (ГОСТ 295-73) – 108 кг в кусках. Коэффициент усвоения алюминия 0,93.

10 Заливка металла производилась в металлические формы при температуре 1350°C. Отливалось по 28 мелющих тел для испытаний на ударостойкость и кавитационно-эрозионную стойкость и 5 – для определения износостойкости.

15 Испытания на ударостойкость проводили на вертикальном копре и определяли ее как количество ударов до разрушения мелющего тела при падении на него с высоты 1 м груза массой 75 кгс.

20 Кавитационно-эрозионная стойкость мелющих тел была определена в среде водопроводной воды с помощью диффузора при давлении воды на выходном конце $1,10 \cdot 10^5$ Н/м², напорном давлении $31,7 \cdot 10^5$ Н/м² и скорости потока 22 м/с. Использовались образцы в виде пластинки размерами 20x40 мм и толщиной 3-5 мм.

30 Для определения износостойкости из мелющих тел были выточены образцы диаметром 10 мм и длиной 25 мм. Испытания проводили на машине МИ-1м сухим трением скольжения образца по абразивному кругу при давлении 20 дин/см² и скорости вращения $Y - 1,05$ м/с.

35 Проведенные испытания показали (табл.2), что по сравнению с прототипом предлагаемый чугун имеет более высокие ударостойкость на 9-12 ударов до разрушения, кавитационно-эрозионную стойкость на 18-23%, износостойкость на 20-30% при высоких показателях твердости и предела прочности при растяжении.

40

Таблица 1

Характеристика химического состава полученных чугунов

Номер чугуна	C	Si	Mn	Cr	P	Al	Ca	Ni	Mo	V	Fe
1	2.5	0.6	0.1	0.1	0.07	0.05	0.005	-	-	-	ост
2	3.8	3.0	4.5	6.0	0.80	0.50	0.250	-	-	-	..
3	2.4	0.5	0.09	0.09	0.06	0.04	0.004	-	-	-	..
4	3.9	3.1	4.6	6.1	0.90	0.60	0.260	-	-	-	..
5	3.2	1.8	2.3	3.0	0.435	0.32	0.128	-	-	-	..
6	3.1	1.7	2.4	3.1	0.06	0.04	0.004	-	-	-	..
7	3.1	1.7	2.4	3.1	0.07	0.05	0.005	-	-	-	..
8	3.1	1.7	2.4	3.1	0.435	0.32	0.128	-	-	-	..
9	3.1	1.7	2.4	3.1	0.80	0.50	0.250	-	-	-	..
10	3.1	1.7	2.4	3.1	0.90	0.60	0.260	-	-	-	..
Прототип (авт. св. № 1301863)	3.2	1.9	1.0	9.3	-	-	-	1.9	0.17	0.27	..

Таблица 2

Показатели служебных свойств выплавленных чугунов

Номер чугуна	Кавитационно-эрозионная стойкость мг/м ² ч	Ударостойкость количество ударов до разрушения	Износ г/м ² ч	Оносительная износостойкость %	Твердость		Предел прочности при растяжении, кгс/мм ²
					HB	HRC ₃	
1	81	22	0.540	120	470	50	90
2	80	23	0.608	110	490	51	88
3	93	15	0.665	102	450	48	87
4	90	22	0.682	99	460	49	86
5	78	26	0.506	125	510	53	95
6	83	17	0.683	99	470	50	93
7	74	25	0.540	120	500	52	94
8	72	28	0.473	130	530	55	96
9	77	27	0.506	125	520	54	92
10	83	20	0.635	108	490	51	91
Прототип (авт. св. № 1301863)	94	16	0.675	100	440	47	86
Базовый объект (авт. св. № 945218)	101	5	0.722	93	295	34	80

Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор М. Керецман

Замовлення 4448

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

