

Изобретение относится к области металлургии и литейного производства/и может быть использовано для изготовления износостойких мелющих шаров при измельчении материалов в рудо-горнодобывающих отраслях.

На обогатительных фабриках для рад мельчения руд используют как катанные стальные мелющие тела (ГОСТ 7584-83), так и литые чугунные шары по ТУ 14-2-864-89 (бывшего Минчермета СССР), а также различного состава износостойкие сплавы с легирующими присадками (М.Е. Гарбер. "Отливки из белых износостойких чугунов", М. Машиностроение, 1972). Недостатком применяемых составов является недостаточная их износостойкость, ударостойкость при размоле руд.

Известен состав износостойкого чугуна следующего химического состава, мас. %:

<b>Углерод</b>	<b>2,5-4,5</b>
<b>Марганец</b>	<b>до 3,0</b>
<b>Медь</b>	<b>до 2,0</b>
<b>Никель</b>	<b>до 1,0</b>
<b>Хром</b>	<b>до 1,0</b>
<b>Титан</b>	<b>до 1,0</b>
<b>Ванадий</b>	<b>до 3,5</b>
<b>Кобальт</b>	<b>до 1,0</b>
<b>Молибден</b>	<b>до 2,5</b>
<b>Ниобий</b>	<b>до 2,0</b>
<b>Вольфрам</b>	<b>до 2,5</b>
<b>Олово</b>	<b>до 0,5</b>
<b>РЗМ</b>	<b>до 0,5</b>
<b>Магний</b>	<b>до 0,1</b>
<b>Железо</b>	<b>Остальное</b>

(патент ФРГ № 2428822, кл. С 22 С 37/10, опубл. 1977).

Недостаток приведенного состава - наличие в составе дефицитных и дорогостоящих легирующих элементов (Ni, Si, V, Go, Nb, W, Sn), и недостаточная ударостойкость чугуна, а также низкая технологичность сплава.

Наиболее близким по составу и применению является чугун, содержащий, в мас. %:

<b>Углерод</b>	<b>2,8-3,8</b>
<b>Кремний</b>	<b>2,2-3,5</b>
<b>Марганец</b>	<b>0,3-0,9</b>
<b>Медь</b>	<b>0,15-0,75</b>
<b>Никель</b>	<b>0,05-0,25</b>
<b>Хром</b>	<b>0,05-0,25</b>
<b>Титан</b>	<b>0,05-0,12</b>
<b>Ванадий</b>	<b>0,01-0,1</b>
<b>Кобальт</b>	<b>0,001-0,015</b>
<b>Молибден</b>	<b>0,001-0,015</b>
<b>Ниобий</b>	<b>0,001-0,005</b>
<b>Вольфрам</b>	<b>0,001-0,015</b>
<b>Олово</b>	<b>0,001-0,01</b>
<b>Магний</b>	<b>0,02-0,08</b>
<b>Церий</b>	<b>0,01-0,003</b>
<b>Кальций</b>	<b>0,015-0,035</b>
<b>Алюминий</b>	<b>0,01-0,05</b>
<b>Железо</b>	<b>Остальное</b>

(а.с. СССР № 753923, кл. С 22 С 37/04, 1980).

Недостатком этого чугуна является невысокая износостойкость при абразивном изнашивании даже после изотермической закалки он имеет твердость 277-285 НВ.

В основу изобретения положена задача - создать сплав, отличающийся высокой износостойкостью при абразивном изнашивании, что достигается изменением пределов легирования и дополнительным вводом микролегирующих и модифицирующих элементов.

Поставленная задача решается тем, что в сплав, содержащий углерод, кремний, марганец, никель, хром, титан, ванадий, алюминий, магний, кальций, согласно изобретению дополнительно введен бор при следующем соотношении компонентов, в мас. %:

<b>Углерод</b>	<b>3,0-3,8</b>
<b>Кремний</b>	<b>0,05-0,5</b>
<b>Марганец</b>	<b>0,5-1,5</b>
<b>Хром</b>	<b>0,1-0,8</b>
<b>Титан</b>	<b>0,01-0,3</b>

Никель	0,01-0,3
Алюминий	0,01-0,2
Ванадий	0,001-0,1
Кальций	0,005-0,025
Магний	0,005-0,025
РЗМ	0,001-0,025
Бор	0,001-0,01
Железо	Остальное

Примеси: сера – 0,05-0,01, фосфор – 0,05-0,1.

Предлагаемый сплав обеспечивает повышение износостойкости за счет измельчения его микроструктуры вводом бора, технологического сплава, а также его экономичность.

Углерод и кремний в составе чугуна являются неизбежными составляющими. Углерод в количестве 3-3,8% обеспечивает получение совместно с Fe, Mn, Cr, Ti, V износостойких карбидов. При содержании менее 3% углерода количество образующейся карбидной составляющей недостаточно для повышения износостойкости чугуна. Более 3,8% углерода в легированных технических чугунах технологически затруднительно получить. Кремний в составе чугуна в количестве 0,05-0,5% определяется только технологическими условиями выплавки и составом шихты. Кремний понижает износостойкость чугуна, способствует графитизации чугуна, ухудшает технологичность.

Присутствие легирующих элементов марганца (0,5-1,5%), хрома (0,1-0,8%), титана (0,01-0,3%), ванадия (0,001-0,1%) обеспечивает повышение износостойкости чугуна. Соединяясь с углеродом, хром образует карбиды, обеспечивающие рост износостойкости при трении скольжения в присутствии абразива.

При содержании менее 0,1% хрома существенно снижается износостойкость за счет образования менее износостойких карбидов цементитного типа. При содержании более 0,8% хрома ухудшается технологичность чугуна за счет снижения его ударостойкости.

Пределы легирования чугуна марганцем 0,5-1,5% обусловлены его влиянием на устойчивость аустенитной, ледебуритной составляющей к деформационным превращениям в более износостойкие структурные составляющие, например, мартенсит деформации. При содержании более 1,5% марганца в составе чугуна снижается его ударостойкость, появляется растрескивание чугуна. Нижний предел определяется условиями выплавки и составом шихты. Титан в составе чугуна в количестве 0,01-0,3% способствует измельчению ледебуритной составляющей, повышает износостойкость чугуна. Пределы его в чугуне определяются условиями выплавки и составом шихты.

Микролегирующие присадки ванадия в чугун в количестве 0,001-0,1% способствуют получению мелкозернистой ледебуритной структуры чугуна, образованию отдельных износостойких карбидов ванадия.

При содержании более 0,1% ванадия в чугуне ударостойкость шаров снижается за счет увеличения их растрескивания. При содержании менее 0,001 % ванадия его эффективность на повышение износостойкости не проявляется.

Никель в составе чугуна в количестве 0,01-0,5% способствует получению более ударостойкого чугуна, он снижает хрупкость чугуна, повышает пластичность. Ввод более 0,5% никеля экономически не выгоден, при содержании менее 0,01% его действие на повышение сопротивления к растрескиванию не проявляется. Алюминий в составе чугуна в количестве 0,01-0,2% является раскислителем чугуна. При содержании более 0,2% алюминия в чугуне отмечается значительное количество неметаллических включений (в частности окислов алюминия), существенно снижающих, его ударостойкость.

Модифицирующие приемы в чугуне - магний (0,005-0,025%), кальций (0,005-0,025%), РЗМ (0,001-0,025%) способствуют глубокому рафинированию чугуна, его модифицированию, измельчению микроструктуры, что существенно сказывается на повышении его износостойкости, и повышению сопротивления к растрескиванию.

При наличии в чугуне более 0,025% магния, кальция и РЗМ увеличивается склонность чугуна к растрескиванию, снижается его ударостойкость. При содержании менее 0,001% РЗМ их действие на измельчение ледебуритной структуры чугуна не производится.

Бор в составе чугуна в количестве 0,001-0,01 % способствует микролегированию и модифицированию структуры, что значительно влияет на повышение износостойкости чугуна. Ввод более 0,01 % бора вызывает охрупчивание чугуна, что снижает его ударостойкость. При содержании в чугуне менее 0,001% бора его действие на измельчение микроструктуры чугуна не проявляется.

Для экспериментальной проверки заменяемого состава были выплавлены сплавы, три из которых обеспечивают оптимальные результаты испытаний (см. таблицу).

Выплавку опытных сплавов проводили в индукционной печи ИСТ, емкостью 150 кг. Опытными промышленными партиями чугуна - в дуговой печи, емкостью 5 т. В качестве шихты использовали одни и те же материалы: чугун передельный, лом стальной, ферросплавы. Никель, алюминий, Са, Mg, РЗМ вводили в виде модификаторов ФСМг5, ФСЗОРЗМЗО, ванадий в виде модификатора АКЦе, феррованадий, бор в виде ферро-бора, буры. Износостойкость чугуна испытывали как в опытно-лабораторных, так и в промышленных условиях обогатительных фабрик Криворожского ЦГОКа.

Состав испытываемых чугунов и результаты исследований на износостойкость шаров приведены в таблице.

Как видно из таблицы, удельный расход чугунных шаров составляет 0,390 кг на 1 т размолы руды, тогда как для стальных шаров он составляет 0,337 кг на 1 т размолы руды, а для известного состава чугуна (по а.с. 753323) он составляет 0,399 кг на 1 т размолы руды.

Соответственно, удельный расход предлагаемого состава чугунных шаров на 1,8% ниже, чем стальных, и на 2,3% ниже, чем известного состава по авт. свидетельству 753923.

С учетом, что только на 1 секции в одной стадии измельчения за 1 месяц перемалывается 250 тыс.т руды при загрузке 95 т шаров, при снижении расхода их только на 1,8% получим экологический эффект (около 1,7 т металла).

№ состава чугуна										
	C	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	Al	V	Ca	Mg
1	3,0	0,5	1,5	0,1	0,3	0,01	0,2	0,1	0,025	0,005
2	3,4	0,25	1,0	0,4	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01
3	3,8	0,05	0,5	0,8	0,01	0,5	0,01	0,001	0,005	0,025
4	2,8	0,01	1,6	0,08	0,005	0,005	0,3	0,2	0,035	0,003
5	3,9	0,6	0,4	0,9	0,4	0,6	0,005	менее 0,001	0,004	0,035
6 <sup>*)</sup>	3,0	3,0	0,5	0,2	0,1	0,2	0,02	(сл) 0,1	0,02	0,02
7	стальные катанные шары									

<sup>\*)</sup> Состав соответствует а.с. № 753923, кл. C22C 37/4, в нем дополнительно содержится 0,5 % С. Составы № 4, 5 – соответствуют отклонениям по верхнему и нижнему пределам заявляемого состава.