

Изобретение относится к области металлургии и литейного производства и может быть использовано для изготовления износостойких мелющих шаров диаметром 100мм при измельчении материалов в рудо-горнодобывающей промышленности.

На обогатительных фабриках для размельчения руд используют как катанные стальные мелющие тела (ГОСТ 7584 - 83), так и чугунные литые шары по ТУ 14 - 2 - 864 - 89 (бывшего МИНчермета СССР), а также различного состава износостойкие сплавы с легирующими присадками (Гарбер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов. - М.: Машиностроение, 1972.; Цыгшн И.И. Белые износостойкие чугуны. - М.: Металлургия, 1983). Недостатком применяемых составов является недостаточная их износостойкость при размоле ударостойких руд, особенно крупными шарами диаметром 100мм и выше. Наиболее близким по составу и прямому назначению является чугун [1], содержащий, в мас. %:

углерод	3-3,8
кремний	0.05-0,5
марганец	0,5-1,5
хром	0,1-0,8
титан	0,01-0,3
никель	0,01-0,5
алюминий	0,01-0,2
ванадий	0,005-0,025
кальций	0,001-0,1
магний	0,005-0,025
P3M	0,001-0,025
бор	0,001-0,01
железо	остальное.

Данный состав чугуна пригоден для отливки средних шаров для помола руд диаметром 60, 80мм. Недостатком этого чугуна является непригодность для отливки крупных шаров диаметром 100мм. При отливке из этого сплава шаров диаметром 100мм они получают со структурой серого чугуна и при испытании имеют низкую износостойкость и ударостойкость.

Причиной этого является недостаточная теплопроводность (мало **Mn, Si**), прокаливаемость.

В основу изобретения поставлена задача создать состав чугуна, отличающийся высокой износостойкостью при абразивном изнашивании, высокой ударостойкостью, что достигается изменением пределов легирования состава и дополнительным вводом микролегирующих элементов.

Поставленная задача решается тем, что сплав, содержащий углерод, кремний, марганец, хром, титан, никель, алюминий, ванадий, кальций, магний, P3M, бор, железо, дополнительно содержит медь, фосфор при повышенном содержании кремния, марганца, при следующем соотношении компонентов, в мас. %:

углерод	3-3,8
кремний	1,2-2,0
марганец	1,55-3,5
хром	0,1-1,0
титан	0,1-1,0
никель	0,01-0,5
медь	0,01-0,5
алюминий	0,01-0,5
ванадий	0,001-0,1
кальций	0,005-0,025
магний	0,005-0,025
P3M	0,001-0,025
бор	0,001-0,1
фосфор	0,07-0,3
железо	остальное.

Предлагаемый сплав обеспечивает повышение износостойкости и ударостойкости за счет получения структуры белого чугуна, измельчение микроструктуры путем повышения содержания в его составе марганца, кремния, дополнительного ввода меди и фосфора при отливке в кокильную форму.

Углерод в составе чугуна в количестве 3 - 3,8% обеспечивает получение совместно с **Fe, Cr, Mn, V** износостойких карбидов.

При содержании углерода в составе менее 3%, его недостаточно для образования карбидной износостойкой составляющей. Более 3,8% углерода в легированных технических чугунах

затруднительно технологически получать.

Кремний в составе чугуна в количестве 1,2 - 2% совместно с легирующими элементами - медью, никелем, способствует упрочнению металлической матрицы чугуна, что сказывается на повышении его ударостойкости. При содержании более 2% кремния при нижнем содержании марганца в составе чугуна появляется графитная составляющая структуры, что сказывается на снижении износостойкости чугуна. Ввод менее 1,2% кремния при нижних пределах никеля, меди сказывается на снижении ударостойкости чугуна.

Присутствие в составе карбидообразующих элементов марганца (1,55 - 3,5%), хрома (0,1 - 1%), титана (0,1 - 1%), 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 1% хрома снижается технологичность чугуна за счет снижения его ударостойкости.

Пределы легирования чугуна марганцем (1,55 - 3,5%) обусловлены его влиянием как карбидообразующей составляющей, способствует получению отливки шаров диаметром 100мм отбеленными. При содержании менее 1,55% в структуре получается отсер, снижающий износостойкость отливки. При содержании более 3,5% марганца в структуре чугуна снижается его ударостойкость, появляются трещины на отливке шаров.

Титан в составе чугуна (0,1 - 1%) способствует измельчению ледебуритной составляющей, что способствует повышению износостойкости чугуна и его ударостойкости. Кроме того, он относится к элементам, как и цирконий, который связывает фосфор в отдельные крабоподобные прочные износостойкие фосфиды, которые как бы вкраплены в матрице чугуна, что способствует повышению износостойкости чугуна. Поэтому повышенное содержание фосфора в чугуне (0,07 - 0,3%) как раз служит значительному повышению его износостойкости и, благодаря содержанию титана в чугуне, не вызывает снижение его ударостойкости.

При содержании в чугуне более 1% титана и более 0,3% фосфора ударостойкость чугуна снижается. При содержании в чугуне менее 0,1% титана и менее 0,07% фосфора их действие на повышение износостойкости незначительно.

Микролегирующая присадка ванадия (0,001 - 0,1%) в чугуне способствует получению мелкозернистой ледебуритной структуры, образованию отдельных износостойких карбидов ванадия.

Верхний и нижний пределы ванадия в чугуне определяются технологическими особенностями выплавки.

Алюминий в составе чугуна в количестве 0,01 - 0,5% является раскислителем чугуна. Его содержание в чугуне определяется технологическими особенностями выплавки. При содержании в чугуне 0,5% алюминия в чугуне появляются неметаллические включения, плены, снижающие ударостойкость чугуна.

Медь в составе чугуна (0,01 - 0,5%) и никель (0,01 - 0,5%) способствует получению более ударостойкого чугуна, они снижают его хрупкость, повышают пластичность. Ввод более 0,5% никеля и меди экономически не выгоден. При содержании в чугуне менее 0,01% никеля и меди их действие на повышение сопротивления растрескиванию не проявляется.

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

Модифицирующие присадки 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 повышении сопротивления растворению. При наличии в чугуне более 0,025% магния, кальция, РЗМ появляется склонность чугуна к растрескиванию, снижается его ударостойкость. При содержании в чугуне менее 0,005% магния, кальция и менее 0,001% РЗМ их действие на измельчение микроструктуры чугуна не проявляется.

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

Выплавку опытных сплавов проводили в индукционной печи ИСТ емкостью 150кг. Опытные промышленные партии чугунов выплавливали в дуговой печи ДСП-5 емкостью 5т. В качестве шихты использовали одни и те же материалы: чугун переделный, лом стальной, ферросплавы, никель, алюминий. Кальций, магний, РЗМ вводили в виде модификаторов ФСМг5, ФС30РЗМ30, ванадий - в виде модификатора АКЦе, феррованадия, бор - в виде ферробора, буры.

Износостойкость чугуна как на образцах, так и в виде шаров, испытывали как в опытно-лабораторных, так и в промышленных условиях обогатительных фабрик Криворожского ЦГОКА.

Составы испытываемых чугунов и результаты исследований на износ шаров приведены в таблице.

Как видно из таблицы, удельный расход чугунных шаров составляет 0,393кг на 1т размола руды, тогда как для остальных шаров он составляет 0,397кг на 1т руды, а для известного состава

он составляет 0,399кг на 1т размола руды.

Соответственно, удельный расход предлагаемого состава чугунных шаров на 1,01% ниже, чем стальных, и на 1,5% ниже, чем известного состава по прототипу.

С учетом того, что только на 1 секции в одной стадии измельчения за 1 месяц перемалывается приблизительно 250тыс. т руды при загрузке 95т шаров, при снижении расхода их только на 1,5% получим значительный экономический эффект (около 1,4т металла).

Таблица

№ состава чугуна	Химический состав чугуна, мас. %															Удельный расход шаров на 1 т руды, кг	Относительная износостойкость, %
	C	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	Cu	Al	V	Ca	Mg	PЗМ	B	P	Ee		
1	3.0	1.2	3.5	0.1	0.1	0.01	0.5	0.01	0.1	0.005	0.025	0.025	0.001	0.07	91,355	0.392	1.032
2	3.4	1.6	2.5	0.5	0.6	0.2	0.2	0.2	0.05	0.01	0.01	0.01	0.005	0.14	91,265	0.394	1.065
3	3.8	2.0	1.55	1.0	1.0	0.5	0.01	0.5	0.001	0.025	0.005	0.001	0.01	0.3	89,431	0.394	1.020
4	2.7	1.0	1.45	0.05	1.1	0.6	0.005	0.6	0.2	0.03	0.03	сл.	0.02	0.4	92,845	0.398	0.996
5	3.9	2.1	3.6	1.15	0.05	0.005	0.6	0.005	сл.	0.003	0.003	0.03	сл.	0.06	88,444	0.396	0.996
6*	3.4	0.25	1.0	0.4	0.1	0.1	-	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	-	94,255	0.399	0.993
7	Стальные катанные шары															0.397	1.0

* Состав соответствует прототипу.

Составы № 4, № 5 соответствуют отклонениям по верхнему и нижнему пределам заявляемого состава.