



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ  
(ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)

# АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№

1546510

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:  
"Чугун"

Автор (авторы): Скобло Тамара Семеновна, Малашенко Людмила Анатольевна, Белоглазова Ирина Алексеевна, Борисов Юрий Николаевич, Алехин Вячеслав Григорьевич, Левый Леонид Николаевич, Лепешкин Валерий Иванович, Савьюк Александр Николаевич, Будагьянц Николай Абрамович, Кондратенко Виктор Иванович, Сирота Александр Алексеевич и Дьяченко Юрий Васильевич

Заявитель: УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛОВ

Заявка №

4398963

Приоритет изобретения

29 марта 1988г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

1 ноября 1989г.  
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела





ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- 1
- (21) 4398963/23-02  
(22) 29.03.88  
(46) 28.02.90. Бюл. № 8  
(71) Украинский научно-исследовательский институт металлов  
(72) Т.С.Скобло, Л.А.Малашенко, И.А.Белоглазова, Ю.Н.Борисов, В.Г.Алехин, Л.Н.Левый, В.И.Лепешкин, А.Н.Савьюк, Н.А.Будагьянц, В.И.Кондратенко, А.А.Сирота и Ю.В.Дьяченко  
(53) 669.15-196(088.8)  
(56) Авторское свидетельство СССР № 1028734, кл. С 22 С 37/00, 1980.  
Авторское свидетельство СССР № 1164302, кл. С 22 С 37/08, 1983.  
(54) ЧУГУН

- 2
- (57) Изобретение относится к металлургии и может быть использовано при производстве прокатных валков и валковой арматуры. Цель изобретения - повышение пределов прочности при растяжении и изгибе ударной вязкости и термической выносливости. Новый чугун содержит, мас. %: С 2-2,6; Si 0,15-0,3; Mn 0,4-0,6; Cr 1,0-4,0; Ni 0,3-0,5; Mo 0,2-0,5; Ce 0,1-0,25; Ca 0,05-0,10 и Fe - остальное. Дополнительный ввод в состав чугуна Ca позволил повысить  $\sigma_B$  в 1,4-1,58 раза;  $\sigma_u$  в 1,10-1,19 раза; КС в 1,25-1,33 раза и термической выносливости в 3,4-4,7 раза. 2 табл.

Изобретение относится к металлургии, в частности к разработке составов чугуна для изготовления валков горячей прокатки и валковой арматуры.

Цель изобретения - повышение пределов прочности чугуна при растяжении и изгибе, его ударной вязкости и термической выносливости.

Выбор граничных пределов содержания компонентов в чугуне предложенного состава обусловлен следующим.

Кальций в присутствии церия способствует улучшению деформируемости чугуна и повышению термической выносливости. Повышение качества достигается за счет совместного влияния данных элементов на состав и распределение неметаллических включений и на строение карбидной фазы.

Кальций совместно с церием устраняет отрицательное влияние фосфора на пластичность при деформации, а также таких вредных примесей, как олово, свинец, висмут, остаточное содержание последних обусловлено их наличием в шихтовых материалах и особенно недопустимых в материалах, подвергающихся горячей пластической обработке. При этом для устранения отрицательного влияния примесей - фосфора, висмута, олова конкурирующую способность проявляет кальций, а свинца - церий. Одновременно кальций, защищая церий от окисления из-за большего сродства к кислороду, способствует более равномерному распределению церия, а также изменению состава и характера распределения сульфидной фазы.

Кроме того, церий в присутствии кальция способствует значительному увеличению количества пластинчатого ледебурита и утонению карбидной сетки. Это связано с тем, что вследствие 5 низкой растворимости в эвтектических фазах кальций и церий, накапливаясь перед фронтом зародившейся колонии аустенитно-карбидной эвтектики, препятствуют разветвлению растущих кристаллов аустенита и карбида, что приводит к переходу от сотового ледебурита к пластинчатому.

Кальций в присутствии данного количества церия не оказывает графитизирующего влияния на чугун. При более низком содержании церий практически не оказывает влияния на строение эвтектики, а при более высоком (> 0,25 мас.%) увеличивается доля скоплений неметаллических включений и интенсивность графитизации, что приводит к ухудшению свойств чугуна, снижению пластичности. Нижний предел 25 содержания кальция (0,05 мас.%) обусловлен тем, что, начиная с этого количества, сказывается модифицирующее влияние, а увеличение содержания кальция > 0,1 мас.% приводит к усилению графитизации и снижению термостойкости чугуна. 30

При содержании углерода менее 2,0 мас.% снижается износостойкость и твердость материала. При превышении 35 содержания углерода > 2,6 мас.% уменьшается доля пластинчатого ледебурита, затрудняется пластическая деформация.

Пределы содержания кремния выбраны с учетом устранения графитизации при горячей пластической деформации и предотвращения его ликвиации в ветвях первичного аустенита. Содержание кремния менее 0,15 мас.% недостаточно для выполнения роли раскислителя. При увеличении содержания кремния > 0,3 мас.% увеличивается интенсивность графитизации, что приводит к ухудшению пластичности, термостойкости, механических свойств и износостойкости. 40

Марганец, хром и молибден являются карбидообразующими элементами, снижающими термодинамическую активность углерода в жидком чугуне.

Установлено, что оптимальным содержанием марганца является 0,4 - 0,6 мас.%, так как способствует по-

вышению дисперсности продуктов распада аустенита. Содержание марганца < 0,4 мас.% может привести к появлению ферритной составляющей, приводящей к формированию неоднородной структуры, снижающей твердость чугуна, что способствует интенсивному износу. При содержании марганца > 0,6 мас.% его влияние на дисперсность продуктов превращения аустенита сказывается незначительно, что приводит к увеличению количества карбидной фазы, что ведет к снижению прочности и вязкости.

Указанные пределы концентрации хрома (1,0 - 4,0 мас.%) обусловлены тем, что при наличии остальных компонентов сплава, он способствует образованию в структуре чугуна легированных карбидов цементитного типа, обеспечивающих стабильность карбидной фазы при термоциклическом воздействии и высокую износостойкость сплава и предотвращает образование свободного графита.

Содержание хрома < 1,0 мас.% может привести к формированию нестабильных карбидов, склонных к графитизации, и уменьшению твердости.

Введение хрома > 4,0 мас.% приводит к увеличению количества карбидной фазы и огрублению ледебуритной сетки, что значительно снижает пластичность чугуна. Кроме того, увеличение содержания хрома может привести к появлению остаточного аустенита, что при последующем термоциклировании приводит к ухудшению свойств вследствие превращения остаточного аустенита.

Молибден в заданном количестве (0,2 - 0,5 мас.%) способствует повышению прочностных свойств, твердости, стабильности карбидной фазы, термической выносливости, а также измельчению продуктов распада аустенита, что является результатом перераспределения сплавов в процессе кристаллизации по сравнению с равновесными температурами. 45

Молибден в заданном количестве (0,2 - 0,5 мас.%) находится в спецкарбидах, легированных карбидах цементного типа и металлической основе, что повышает стабильность карбидной фазы и износостойкость чугуна.

Введение молибдена < 0,2 мас.% малоэффективно с точки зрения из-

мельчения металлической матрицы и увеличения стабильности карбидной фазы. С повышением содержания молибдена  $> 0,5$  мас. % нарушается оптимальное соотношение графито- и карбидообразующих элементов, что способствует снижению прочностных свойств чугуна. Кроме того, повышение содержания молибдена  $> 0,5$  мас. % удорожает стоимость чугуна и экономически нецелесообразно.

Никель в заданном количестве (0,3 - 0,5 мас. %) хорошо растворяется в аустените, определяет характер структурных изменений аустенита при охлаждении в твердом состоянии. Введение никеля совместно с хромом нейтрализует его графитизирующее влияние. Введение никеля  $< 0,3$  мас. % не оказывает практически влияния на характер структурных изменений при охлаждении в твердом состоянии. С повышением содержания никеля  $> 0,5$  мас. % усиливается графитизирующее влияние, что приводит к снижению уровня механических свойств и термостойкости.

Чугун выплавляли в 200 кг индукционной печи с кислой футеровкой. Шихта состояла из стального лома (95%), электродного боя (2%).

Для легирования чугуна использовали никель (Н), феррохром (ФХ), ферромарганец (ФМ-45), ферромolibден (ФМ-1), ферросилиций (ФС-45). Модифицирование осуществляли ферроцерием и силикокальцием в ковше.

Механические свойства чугуна определяли по стандартным методикам. Испытания на термическую выносливость проводили на установке путем термциклирования образцов с использованием индукционного нагрева до  $600^{\circ}\text{C}$  и спрейерного охлаждения водой до  $20^{\circ}\text{C}$ . Дополнительный ввод в состав предложенного чугуна кальция позволил повысить  $\sigma_b$  в 1,4-1,58 раза,  $\sigma_{0.2}$  в 1,10-1,19 раза, КС в 1,25-1,33 раза и термостойкость в 3,4-4,7.

В табл. 1 приведены химические составы известного и предложенного чугунов, в табл. 2 - их свойства.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Чугун, содержащий углерод, кремний, марганец, хром, никель, молибден, церий и железо, отличающийся тем, что, с целью повышения пределов прочности при растяжении и изгибе, ударной вязкости и термической выносливости, он дополнительно содержит кальций при следующем соотношении компонентов, мас. %:

30	Углерод	2,0-2,6
	Кремний	0,15-0,30
	Марганец	0,4-0,6
	Хром	1,0-4,0
	Никель	0,3-0,5
35	Молибден	0,2-0,5
	Церий	0,10-0,25
	Кальций	0,05-0,10
	Железо	Остальное

Т а б л и ц а 1

Чугун	Содержание компонентов, мас. %										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ce	Ca	V	Cu	Fe
Предложенный											
1	2,0	0,15	0,4	1,0	0,3	0,2	0,1	0,05	-	-	Остальное
2	2,4	0,2	0,5	2,5	0,4	0,4	0,2	0,07	-	-	"-
3	2,6	0,3	0,6	4,0	0,5	0,5	0,25	0,1	-	-	"-
Известный											
	3,2	1,0	0,4	0,3	1,5	0,3	0,20	-	0,25	1,2	"-

Т а б л и ц а 2

Чугун	Механические свойства				Термическая выносливость, количество циклов до разрушения
	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0.2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	КС, Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
Предложеный					
1	530	666	5,2	383	893
2	520	647	4,9	404	1000
3	471	617	4,9	416	731
Известный	334	559	3,9	477	212

Редактор Т. Лазоренко

Составитель Н. Косторной

Техред А. Кравчук

Корректор С. Черни

Заказ 57

Тираж 490

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101