

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) ВУ (11) 3494

(13) С1

(51)⁶ С 22С 38/58,
С 22С 38/54

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54)

СПЛАВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

(21) Номер заявки: 970338

(22) 1997.06.23

(46) 2000.09.30

(71) Заявитель: Гомельский государственный
технический университет им. П.О. Сухого
(ВУ)

(72) Авторы: Верещагин М.Н., Карпенко М.И., Целуев
М.Ю. (ВУ)

(73) Патентообладатель: Гомельский государственный
технический университет им.
П.О. Сухого (ВУ)

(57)

Сплав на основе железа, включающий углерод, кремний, марганец, хром, никель, кальций, магний, отличающийся тем, что он дополнительно содержит бор, фосфор и алюминий при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	0,03-1,20
кремний	2,1-7,5
марганец	0,7-2,9
хром	0,05-1,20
никель	0,02-2,50
кальций	0,002-0,020
магний	0,01-0,06
бор	0,30-3,10
фосфор	0,06-0,20
алюминий	0,05-6,00
железо	остальное.

(56)

1. JP 62-48746 В, МПК⁴ С22С 33/02//С22С 38/00, 38/32, 1987.

2. US 2709132 А, НПК 75-128, 1955.

3. SU 889734 А, МПК³ С22С 38/40, 1981 (прототип).

Изобретение относится к области металлургии, а именно к термостойким сплавам на основе железа, применяемым в изделиях, получаемых специальными способами литья.

Известен сплав на основе железа [1], включающий бор, медь и углерод в форме карбидов хрома или молибдена, причем содержание бора в сплаве составляет более 0,03 мас. %, а содержание связанного углерода - 0,1-0,2 мас. %.

Однако данный сплав имеет недостаточно высокие характеристики длительной прочности, пластичности и термической стойкости.

Известен также сплав на основе железа [2], включающий углерод, хром, ванадий, никель, молибден, кремний, марганец, кобальт, титан, тантал, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	0,5-4
хром	11-30
ванадий	3-13
никель	до 15
молибден	до 5
кремний	до 1

ВУ 3494 С1

марганец	до 1
кобальт	до 3
титан	до 0,5
тантал	до 0,5
железо	остальное.

Известный сплав содержит большое количество дефицитных и дорогих легирующих компонентов, повышающих прочностные свойства, при этом недостаточное содержание аморфизирующих элементов в сплаве не позволяет получать микрокристаллическую структуру в изделиях. Это снижает характеристики пластичности и технологические возможности сплава.

По технической сущности и достигаемому эффекту наиболее близким к предлагаемому является сплав на основе железа [3] следующего химического состава, мас. %:

углерод	0,8-1,2
кремний	12-14
марганец	0,3-0,8
хром	0,5-1
никель	1,5-2,5
кальций	0,01-0,06
редкоземельные металлы	0,01-0,10
магний	0,01-0,06
железо	остальное.

Сплав обладает следующими свойствами:

предел прочности при изгибе, МПа	249-352,8
предел прочности при растяжении, МПа	156,8-176,4
ударная вязкость, Дж/см ²	8-9
коррозионная стойкость, мм/год	0,03-0,0916
термическая стойкость циклов	110-320
длительная прочность при 350 °С, МПа	180-235.

Недостатком является низкая термическая стойкость. Отмечаются нестабильность прочностных свойств, особенно длительной прочности сплава в изделиях.

Задачей изобретения является повышение термической стойкости и стабильности механических свойств, расширение технологических возможностей сплава.

Поставленная задача достигается тем, что сплав на основе железа, включающий углерод, кремний, марганец, хром, никель, кальций, магний, дополнительно содержит бор, фосфор и алюминий при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	0,03-1,20
кремний	2,1-7,5
марганец	0,7-2,9
хром	0,05-1,20
никель	0,02-2,50
кальций	0,002-0,020
магний	0,01-0,06
бор	0,30-3,10
фосфор	0,06-0,20
алюминий	0,05-6,00
железо	остальное.

Существенным отличием предложенного сплава является повышение концентрации аморфизирующих компонентов, в частности дополнительное введение бора 0,30-3,1 мас. %, фосфора 0,06-0,2 мас. % и алюминия 0,05-6,0 мас. %.

Это способствует существенному повышению термической стойкости и механических свойств, особенно длительной прочности и износостойкости.

Бор и фосфор являются в сплаве основными компонентами, которые позволяют расширить технологические возможности сплава благодаря получению широкого диапазона структур: от крупнокристаллической до микрокристаллической (0,01-15 мкм) и аморфной.

При низких концентрациях бора и фосфора преобладает крупнокристаллическая структура. При повышенных концентрациях этих компонентов в изделиях можно получить микрокристаллическую или аморфную структуру.

Бор измельчает структуру и способствует повышению пластических свойств, термической стойкости и длительной прочности. При концентрации бора до 0,30 мас. % его микролегирующий эффект и повышение пластических свойств и длительной прочности недостаточны, а при увеличении концентрации бора более 3,1

ВУ 3494 С1

мас. % повышаются ликвационные процессы, уменьшается термостойкость, снижаются однородность структуры и стабильность механических свойств.

Фосфор измельчает структуру металла и также является аморфизирующим компонентом, но менее дефицитным и дорогостоящим, чем бор. Его верхний предел 0,2 мас. % принят по максимуму, не снижающему пластические свойства. При концентрации его до 0,06 мас. % термическая стойкость и длительная прочность имеют низкое значение.

Редкоземельные металлы являются дорогими и дефицитными металлами, с низкой степенью усвоения, снижающими удароустойчивость, стабильность длительной прочности, термическую стойкость, поэтому они исключены из состава сплава. Содержание легирующих добавок (марганец 0,7-2,9 мас. %, хром 0,05-1,20 мас. %, никель 0,02-2,5 мас. %, алюминий 0,05-6,0 мас. %) обеспечивает существенное повышение длительной прочности и термической стойкости металла. Их концентрация ограничена пределами, выше которых укрупняется структура, увеличиваются термические напряжения в литом металле и снижаются упругопластические свойства. При их концентрациях менее нижних пределов термическая стойкость низкая, а длительная прочность и другие механические свойства нестабильны.

Граничные параметры содержания углерода (0,03-1,2 мас. %) и кремния (2,1-7,5 мас. %) определены исходя из практики производства высокопрочных сплавов с повышенными упруго-пластическими свойствами и высокой термической стойкостью. При концентрации углерода более 1,2 мас. % и кремния более 7,5 мас. % снижаются ударная вязкость, длительная прочность и другие механические свойства, а при концентрации углерода до 0,03 мас. % и кремния до 2,1 мас. % возрастают термические напряжения в литом металле, снижаются характеристики термической стойкости, длительной прочности, ударной вязкости и стабильность механических свойств сплава в отливках.

Магний является основным модифицирующим компонентом, сфероидизирующим и измельчающим структурные составляющие сплавов, и способствующим повышению термической стойкости и стабильности, длительной прочности и механических свойств. Его модифицирующий эффект начинает сказываться с концентрации 0,01 мас. %, а при содержании его более 0,06 мас. % в металле возрастают термические напряжения, снижающие упругопластические свойства и термическую стойкость.

Введение кальция 0,002-0,02 мас. % обусловлено его высокой раскисляющей способностью и поверхностной активностью, которые в этих количествах обеспечивают очистку границ зерен, повышение пластических свойств, трещиностойчивости, технологической пластичности и длительной прочности. Его содержание обусловлено пределами, обеспечивающими получение дисперсной и однородной структуры и стабильных механических свойств, а также стабильной структуры после термической обработки и в процессе эксплуатации. При увеличении его содержания выше верхних пределов повышается угар, снижается однородность структуры, стабильность механических свойств. При концентрации менее 0,002 мас. % термостойкость ухудшается, а стабильность механических свойств снижается.

Пример. Опытные плавки сплавов проводят в индукционных печах с использованием в качестве шихтовых материалов (мас. %):

окатыши металлизированные по ТУ 14-1-4765-89	36-62
ферробор ФБЗ	5,6-5,8
ферромарганец ФМн75	1,3-3,8
силикокальций КСi30	0,05-1,1
алюминий вторичный	0,05-4,5
феррохром ФХ800	0,2-3,4
никель НПЗ	0,2-2,8
феррофосфор ФФЗ	0,05-0,2.

После расплавления металлизированных окатышей и перегрева расплава до 1450 °С в последний вводят легирующие добавки: феррохром, никель, феррофосфор, ферромарганец, ферробор, а выдерживают полученный расплав в печи в течение 20-30 мин. После перемешивания и присадки магниевой лигатуры и силикокальция расплав выдают в ковш на разливку. При разливке отливают образцы для механических испытаний, технологические пробы и тонкие профильные заготовки методами непрерывного литья.

В табл. 1 приведены химические составы исследованных сплавов.

Предел прочности при растяжении определяют на литых образцах диаметром 10 мм, а ударную вязкость - на образцах 10x10x55 мм без надреза. В качестве лабораторного оборудования при испытании на ударную вязкость использовали маятниковый копер МК-30. Термическую стойкость определяют при термоциклировании по режиму 20-900 °С.

Сравнительные данные механических и технологических испытаний приведены в табл. 2.

Износостойкость сплавов определяют на образцах-пластинках размерами 30x40 мм по методике, соответствующей ГОСТ 23.208-79. В качестве эталона использовали образцы из стали 110Г13Л.

ВУ 3494 С1

Для определения термических напряжений в литом металле используют стандартные решетчатые технологические пробы с диаметром стержней 12 и 20 мм.

Остаточные термические напряжения в литом металле сплавов по решетчатой технологической пробе составляют 12-28 МПа, а жидкотекучесть по спиральной пробе 350-480 мм. Эти характеристики у известного сплава соответственно составляют 26-32 МПа и 290-460 мм.

Как видно из табл. 2, предложенный сплав на основе железа обладает более высокими характеристиками механических свойств и термической стойкости, чем известный сплав.

Таблица 1

Сплав	Содержание компонентов в сплаве, мас. %											
	углерод	кремний	марганец	хром	никель	кальций	фосфор	бор	РЗМ	алюминий	магний	железо
1 (известный)	1,0	13	0,7	0,5	1,6	0,05	-	-	0,08	-	0,05	ост.
Предлагаемый												
2	0,03	2,1	0,7	0,05	0,02	0,002	0,06	0,30	-	0,05	0,01	ост.
3	1,1	5,7	1,6	0,2	0,85	0,03	0,10	2,5	-	3,1	0,03	ост.
4	1,2	7,5	2,9	1,0	2,5	0,06	0,20	3,1	-	6,0	0,05	ост.
5	0,5	0,8	0,4	0,02	0,02	0,001	0,03	0,07	-	0,2	0,005	ост.
6	1,6	13	3,1	1,7	3,0	0,07	0,33	6,7	-	7,1	0,07	ост.

Таблица 2

Наименование показателей	Свойства сплавов на основе железа					
	1 (известный)	Предлагаемый 2	3	4	5	6
Длительная прочность, МПа:						
при 350 °С	235	261	321	355	247	280
при 450 °С	182	235	305	340	205	243
Термическая стойкость циклов	300	460	670	512	285	325
Относительная износостойкость, %	118	126	132	140	138	212
Относительное удлинение, %	7,5	11,4	16,2	15	10,2	9,7
Склонность к закалке из жидкого состояния	низкая	удовлетворительная	хорошая	хорошая	низкая	удовлетворительная
Ударная вязкость, Дж/см	8,5	16,6	24,1	18,2	12,4	16