

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201900431** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2020.10.30

(51) Int. Cl. **C22C 38/14 (2006.01)**

(22) Дата подачи заявки
2019.08.29

(54) **ИЗНОСОСТОЙКАЯ СТАЛЬ**

(31) **2019111697**

(32) **2019.04.18**

(33) **RU**

(96) **2019000094 (RU) 2019.08.29**

(71) Заявитель:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "ОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Еремин Евгений Николаевич, Лосев
Александр Сергеевич, Бородихин
Сергей Александрович, Пономарев
Иван Андреевич (RU)**

(57) Изобретение относится к металлургии, в частности к материалам высокой износостойкости, используемым для изготовления деталей, работающих в условиях контактно-динамического нагружения с воздействием абразива. Износостойкая сталь содержит элементы в следующем соотношении, мас. %: углерод - 0,20-0,60; кремний - 0,8-1,2; марганец - 6,0-10,0; титан - 0,5-1,2; азот - 0,10-0,20; бор - 0,5-1,0; молибден - 2,0-4,0; ванадий - 0,5-1,0; алюминий - 0,2-0,8; железо - остальное. В качестве примесей сталь может содержать серу и фосфор. Суммарное содержание серы и фосфора не превышает 0,035%. Износостойкая сталь может быть использована для изготовления деталей ходовой части гусеничных машин, крановых колес, сцепок выгонов.

A1

201900431

201900431

A1

ИЗНОСОСТОЙКАЯ СТАЛЬ

Изобретение относится к металлургии, в частности к материалам высокой износостойкости, используемых для изготовления деталей работающих в условиях контактно-динамического нагружения с воздействием абразива, например ходовой части гусеничных машин.

Известна сталь для изготовления деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа с незначительными ударными нагрузками (авторское свидетельство СССР SU № 1070203, C22C 38/50, опубл. Б.И. № 4, 1984), содержащая компоненты в следующем соотношении, мас. %:

углерод	– 2,0 ÷ 3,5
марганец	– 15,0 ÷ 24,0
титан	– 2,5 ÷ 6,0
железо	– остальное.

Сталь известного состава имеет структуру нестабильного аустенита с карбидным упрочнением. Недостатком сплава является его низкая исходная твердость (290–350 НВ), что не обеспечивает его высокую износостойкость в начальный период работы.

Известна сталь для изготовления деталей криогенной техники (патент Англии GB № 1159098 C22c 39/30, опубл. 1969), содержащая компоненты в следующем соотношении, %:

марганец	– 3,0 ÷ 11,0
кремний	– 1,5 ÷ 2,0
титан	– 0,6 ÷ 1,2
молибден	– 0,4 ÷ 3,4.

Структура стали представляет собой безуглеродистый мартенсит. Специфика легирования этой стали заключается в использовании лишь незначительного эффекта дисперсионного твердения. После закалки такая

сталь имеет твердость около 25 HRC, а после старения всего лишь 39 HRC, что не позволяет использовать её в качестве износостойкого материала.

Наиболее близкой по химическому составу и назначению является марганцовистая сталь для изготовления прокатных валков, деталей песковых и грязевых насосов (патент РФ RU № 2327806, C22C 38/60, опубл. Б.И. № 18, 2008), содержащая, мас. %:

углерод	– 0,8 ÷ 1,2
кремний	– 0,8 ÷ 1,2
марганец	– 10,0 ÷ 12,0
титан	– 0,1 ÷ 0,2
азот	– 0,1 ÷ 0,2
бор	– 0,5 ÷ 1,0
сурьма	– 0,03 ÷ 0,05
кальций	– 0,005 ÷ 0,01
железо	– остальное.

Сталь известного состава имеет структуру нестабильного аустенита с карбидно-боридно-нитридным упрочнением. Недостатком сплава является низкая износостойкость при работе в условиях контактно-ударного нагружения с интенсивным абразивным воздействием. Кроме того, известная сталь склонна к образованию трещин. Поэтому получить отливки из стали подобного состава без трещин сложно.

Технической задачей предлагаемого изобретения является повышение сопротивляемости ударным нагрузкам при высокой её стойкости против абразивного изнашивания и трещинообразования.

Технический результат достигается за счет того, что сталь включающая углерод, кремний, марганец, титан, азот, бор и железо дополнительно содержит молибден, ванадий и алюминий при следующем соотношении элементов, мас. %:

углерод	– 0,2 ÷ 0,6
кремний	– 0,8 ÷ 1,2

марганец	– 6,0 ÷ 10,0
титан	– 0,5 ÷ 1,2
азот	– 0,1 ÷ 0,2
бор	– 0,5 ÷ 1,0
молибден	– 2,0 ÷ 4,0
ванадий	– 0,5 ÷ 1,0
алюминий	– 0,2 ÷ 0,8
железо	– остальное.

В предлагаемой стали концентрация углерода установлена в пределах 0,2–0,6 %. Снижение её более, чем в два раза по сравнению с прототипом повышает стойкость стали к ударным нагрузкам и снижает склонность к трещинообразованию, а в сочетании с предложенным процентном соотношении других компонентов позволяет получить сталь с достаточно высокой твердостью и износостойкостью.

Введение 2,0–4,0 % молибдена обеспечивает образование боридной эвтектики и однородное выделение карбидов, повышение их дисперсности при старении, а также позволяет применить более высокую температуру старения для повышения пластичности и вязкости при сохранении равной твердости с составом стали без молибдена. Боридная эвтектика, располагаясь в виде каркаса по границам зерен в процессе кристаллизации, воспринимает часть энергии ударов и рассредоточивает её на большую площадь поверхности, что увеличивает стойкость металла, как к ударным нагрузкам, так и к трещинообразованию. Содержание молибдена в предлагаемой стали менее нижнего предела ведет к образованию недостаточного количества боридной эвтектики и карбидов, что не обеспечивает достаточно высокую пластичность и трещиностойкость такой стали. При содержании более 4% молибден, связывая значительное количество углерода в специальные карбиды, обедняет твердый раствор этим компонентом, ухудшает пластические свойства и снижает стойкость к трещинообразованию.

Введение 0,5-1,0% ванадия являющегося сильным карбидо и нитридообразователем, повышает твердость и износостойкость, что важно для изделий, работающих в условиях больших контактных нагрузок. Ванадий является хорошим модификатором, позволяющим значительно измельчить зерно, предупреждает рост крупных столбчатых кристаллов, в результате чего устраняется возможность образования трещин. Вместе с тем при введении ванадия в сталь образуются комплексные титанованадиевые карбиды $(TiV)C$ твердость, которых превышает твердость монокарбидов титана и ванадия. Повышение твердости карбидной фазы способствует повышению износостойкости стали при абразивном изнашивании. При содержании ванадия в стали до 0,5% не достигается необходимый уровень трещиностойкости из-за недостаточного измельчения структуры стали. При увеличении содержания ванадия более 1,0% в стали вместо специальных титанованадиевых карбидов появляются менее износостойкие карбиды цементитного типа охрупчивающие сталь.

Введение алюминия в пределах 0,2-0,8 % способствует раскислению, предлагаемой стали, обеспечивает модифицирование и усиливает эффективность дисперсионного твердения. Алюминий приводит к образованию мелкозернистой структуры за счет образования нитридов, служащих дополнительными центрами кристаллизации. В свою очередь мелкозернистая структура повышает износостойкость, так как при абразивном воздействии сопротивление частиц отрыву значительно выше, чем при крупнозернистом строении металла. Образование дополнительных центров кристаллизации приводит также к устранению столбчатости структуры, а следовательно к выравниванию свойств отливки во всех сечениях, и кроме того снижает склонность металла к образованию трещин. При концентрации алюминия менее 0,2% заметного эффекта не наблюдается. При повышении концентрации алюминия свыше 0,8% в структуре появляется ферритная составляющая, снижающая прочностные характеристики и износостойкость.

Совместное введение молибдена, ванадия и алюминия обеспечивает более эффективное дисперсионное упрочнение стали в процессе отпуска (старения) при температурах выше 500 °С, максимальная степень которого достигает 11 HRC.

Предложенная композиция элементов обеспечивает комплексное дисперсное упрочнение стали за счет образования карбидных, боридных, нитридных и интерметаллидных фаз при вторичном твердении.

Обычные примеси в предлагаемой стали – это сера и фосфор. Суммарное содержание серы и фосфора при выплавке обычно понижают до уровня меньше 0,035 %.

Пример конкретного выполнения. Сталь выплавлялась в вакуумной индукционной установке У-177-7М. Были выплавлены три состава предлагаемой стали на нижнем, среднем и верхнем пределах содержания компонентов, а так же два состава стали при содержании элементов ниже нижнего и выше верхнего пределов. Для сравнительной оценки была получена сталь известного состава (прототип) на среднем пределе содержания компонентов (табл. 1).

Таблица 1

Состав		Компонентный состав стали, %													
		C	Si	Mn	Ti	N	B	Sb	Ca	Mo	V	Al	S	P	Fe
Предлагаемый	1	0,127	0,42	4,34	0,28	0,0710	0,33	-	-	1,06	0,27	0,08	0,012	0,009	остальное
	2	0,239	0,83	5,91	0,48	0,1147	0,52	-	-	2,14	0,51	0,23	0,018	0,013	остальное
	3	0,441	0,97	7,69	0,75	0,1459	0,77	-	-	3,05	0,73	0,49	0,015	0,010	остальное
	4	0,622	1,14	9,83	1,16	0,1912	0,94	-	-	3,92	0,96	0,77	0,014	0,009	остальное
	5	0,853	1,38	12,35	1,43	0,2413	1,17	-	-	5,01	1,22	0,91	0,016	0,011	остальное
Прототип	6	1,062	1,03	11,07	0,17	0,1477	0,71	0,04	0,006	-	-	-	0,018	0,010	остальное

Химический состав плавов по основным легирующим элементам контролировали с помощью оптического эмиссионного спектрометра ДФС-500. Содержание углерода в плавках определяли методом инфракрасной спектроскопии путем сжигания пробы при температуре 1350 °С в атмосфере кислорода с использованием анализатора МЕТАВАК-CS30. Содержание

азота в плавках определяли методом плавления пробы при температуре 2500 °С в атмосфере гелия с использованием анализатора МЕТАВАК-АК.

Изучение свойств литого металла производили на образцах, вырезанных из полученных заготовок в литом состоянии и после старения (500 °С - 2 час). Твердость по Роквеллу измеряли на приборе ТК-2 (за величину твердости бралось среднее значение твердости - 5 замеров).

Испытания на износ проводили на лабораторной установке в условиях мокрого абразивного трения металла о металл (диск-кулачок) при удельном давлении на изнашиваемых поверхностях 1 МПа. Полученные результаты выражались в виде коэффициента относительной износостойкости ϵ , численно равного отношению весовых потерь эталона (сталь 30Х13) и испытуемого металла за одинаковое время.

Испытания на стойкость состаренного литого металла к хрупкому разрушению проводили на молоте МА4129 при энергии удара 0,1 кДж. При этом количество ударов до появления первой трещины являлось критерием определения стойкости металла к хрупкому разрушению.

Результаты испытаний приведены в таблице № 2.

Таблица 2

Свойства литого металла	Результаты испытаний					
	Варианты составов стали					
	1	2	3	4	5	6-прототип
Механические характеристики						
Твердость в литом состоянии, HRC	36	40	42	45	48	54
Трещины в литом состоянии	нет	нет	нет	нет	1-2 на 10 см ²	1-2 на 10 см ²
Твердость после старения при 500 °С – 2 часа, HRC	42	48	51	54	56	57
Коэффициент ϵ	2,1	2,4	2,8	3,1	3,2	2,2
Количество ударов	43	34	28	23	12	8

Приведенные в таблице 2 результаты испытаний показывают, что составы сталей NN 2-4 являются оптимальными и обеспечивают получение

состаренного металла повышенной твердости и высокой износостойкости не склонного к хрупкому разрушению и трещинообразованию.

Анализ результатов испытаний показал, что, по сравнению со сталью – прототипом, предлагаемые составы новой стали позволяют увеличить коэффициент относительной износостойкости литого металла ϵ с 2,2 до 2,4-3,1 при этом стойкость к хрупкому разрушению повышается в 2,8-4,2 раза.

Такие свойства металла заявленных составов можно объяснить тем, что вследствие введения молибдена, ванадия и алюминия удастся получить новый композиционный дисперсионно-твердеющий металл с боридной эвтектикой и большим количеством высокопрочных дисперсных фаз, дополнительно упрочняющийся в результате старения, и приобретающий вследствие этого повышенную стойкость в условиях ударно-абразивного износа.

Металл отливок в зависимости от концентрации легирующих элементов имеет твердость 40÷45 HRC, после старения при 500 °С в течение 2 часов 48÷54 HRC.

Использование предложенной стали для изготовления деталей ходовой части гусеничных машин позволяет значительно повысить их износостойкость и срок службы.

Данное техническое решение создано в рамках выполнения научно-исследовательских работ по гранту РНФ №17-19-01224 от 05.05.2017г.

Формула изобретения

Износостойкая сталь преимущественно для изготовления деталей работающих в условиях контактно-динамического нагружения с воздействием абразива, содержащая углерод, кремний, марганец, титан, азот, бор и железо дополнительно содержит молибден, ванадий и алюминий при следующем соотношении элементов, мас. %:

углерод	– 0,2 ÷ 0,6
кремний	– 0,8 ÷ 1,2
марганец	– 6,0 ÷ 10,0
титан	– 0,5 ÷ 1,2
азот	– 0,1 ÷ 0,2
бор	– 0,5 ÷ 1,0
молибден	– 2,0 ÷ 4,0
ванадий	– 0,5 ÷ 1,0
алюминий	– 0,2 ÷ 0,8
железо	– остальное.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201900431

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:
C22C 38/14 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
C22C 38/00-38/60

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	WO 2017/109233 A1 (ROVALMA, S.A) 29.06.2017, пп. 6, 12 формулы, с. 1 строки 2-7, с. 20 строки 9-13, с. 23 строки 3-15, с. 30 абзац 1, 3, с. 62 строка 35-с. 63 строка 1, с. 68 последний абзац, с. 70 последний абзац-с. 71 абзац 1	1
X	US 2016/0348222 A1 (ROVALMA, S.A) 01.12.2016, абзацы [0073], [0096], [0108], [0111], [0112]	1
X	DE 102015117956 A1 (SALZGITTER FLACHSTAHL GMBH) 27.04.2017, абзацы [0003], [0015], [0057], реферат, п. 1 формулы	1
X	GB 741053 A (HADFIELDS LIMITED) 23.11.1955, с. 1 строки 12-17, с. 2 строки 35-42, реферат	1

☐ последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:
«А» - документ, определяющий общий уровень техники
«D» - документ, приведенный в евразийской заявке
«Е» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
«О» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
"Р" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
«У» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом
«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **03/04/2020**

Уполномоченное лицо:
Начальник Управления экспертизы



Д.Ю. Рогожин