



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014118978/02, 12.05.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.05.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.05.2014

(45) Опубликовано: 10.09.2015 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2180691 C1, 20.03.2002. RU 2397255 C1, 20.08.2010. RU 2420603 C1, 10.06.2011. RU 2180016 C1, 27.02.2002. SU 1676276 A1, 27.03.1996. SU 1786175 A1, 07.01.1993. EP 999288 B1, 07.11.2007. EP 1195447 B1, 04.01.2006

Адрес для переписки:

162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира,
30, ПАО "Северсталь", ЦТРК, Служба по
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Мальцев Андрей Борисович (RU),
Томин Александр Александрович (RU),
Рыбаков Сергей Александрович (RU),
Шеремет Наталия Павловна (RU),
Малышевский Виктор Андреевич (RU),
Орлов Виктор Валерьевич (RU),
Хлусова Елена Игоревна (RU),
Легостаев Юрий Леонидович (RU),
Семичева Тамара Григорьевна (RU),
Малахов Николай Викторович (RU),
Голосиенко Сергей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
"Северсталь" (ПАО "Северсталь") (RU)

(54) ВЫСОКОПРОЧНАЯ ХЛАДОСТОЙКАЯ СТАЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии и может быть использовано при производстве толстолистного проката из стали высокой прочности, хладостойкости и улучшенной свариваемости для применения в судостроении, топливно-энергетическом комплексе, транспортном и тяжелом машиностроении, мостостроении. Сталь содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %: углерод 0,07-0,11, кремний 0,15-0,40, марганец 0,30-0,60, хром 0,30-0,70, никель 1,80-2,20, медь 0,40-0,70, молибден 0,25-0,35, ванадий 0,03-0,06, алюминий

0,01-0,05, кальций 0,001-0,005, сера 0,001-0,005, фосфор 0,001-0,010, мышьяк 0,001-0,006, олово 0,001-0,010, свинец 0,001-0,004, цинк 0,001-0,012, железо - остальное. Суммарное содержание мышьяка, олова, свинца и цинка составляет не более 0,020 мас. %, а величина коэффициента трещиностойкости при сварке R_{cm} не превышает 0,27%. Сталь обладает высокой прочностью с гарантированной величиной предела текучести 590 МПа и имеет высокую хладостойкость при температурах до минус 80°C. 2 табл., 1 пр.

RU 2 562 734 C1

RU 2 562 734 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014118978/02, 12.05.2014**(24) Effective date for property rights:
12.05.2014

Priority:

(22) Date of filing: **12.05.2014**(45) Date of publication: **10.09.2015** Bull. № **25**

Mail address:

**162608, Vologodskaja obl., g. Cherepovets, ul. Mira,
30, PAO "Severstal", TsTRK, Sluzhba po
intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Mal'tsev Andrej Borisovich (RU),
Tomin Aleksandr Aleksandrovich (RU),
Rybakov Sergej Aleksandrovich (RU),
Sheremet Natalija Pavlovna (RU),
Malyshevskij Viktor Andreevich (RU),
Orlov Viktor Valer'evich (RU),
Khlusova Elena Igorevna (RU),
Legostaev Jurij Leonidovich (RU),
Semicheva Tamara Grigor'evna (RU),
Malakhov Nikolaj Viktorovich (RU),
Golosenko Sergej Anatol'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoje obshchestvo "Severstal"
(PAO "Severstal") (RU)**

(54) **HIGH-STRENGTH COLD-RESISTANT STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: proposed steel contains components in the following ratio in wt %: carbon - 0.07-0.11, silicon - 0.15-0.40, manganese - 0.30-0.60, chromium - 0.30-0.70, nickel - 1.80-2.20, copper - 0.40-0.70, molybdenum - 0.25-0.35, vanadium - 0.03-0.06, aluminium - 0.01-0.05, calcium - 0.001-0.005, sulphur - 0.001-0.005, phosphorus - 0.001-0.010, arsenic -

0.001-0.006, tin - 0.001-0.010, lead - 0.001-0.004, zinc - 0.001-0.012, iron making the rest. Total content of arsenic, tin, lead and zinc does not exceed 0.020 wt % while crack growth resistance factor at welding P_{tot} does not exceed 0.27%.

EFFECT: guaranteed yield point, high cold resistance.

2 tbl, 1 ex

RU 2 562 734 C1

RU 2 562 734 C1

Изобретение относится к металлургии и может быть использовано при производстве толстолистового проката из стали высокой прочности улучшенной свариваемости для применения в судостроении, топливно-энергетическом комплексе, транспортном и тяжелом машиностроении, мостостроении и других отраслях промышленности.

5 Для изготовления ответственных сварных конструкций достаточно широко используется сталь следующего химического состава, мас.% [1]:

	Углерод	0,08-0,12
	Кремний	0,2-0,4
	Марганец	0,45-0,75
10	Хром	1,05-1,30
	Медь	0,35-0,65
	Никель	1,05-2,20
	Молибден	0,10-0,18
	Алюминий	0,01-0,06
	Ванадий	0,04-0,06
15	Ниобий	0,02-0,05
	Кальций	0,005-0,050
	Сера	0,001-0,005
	Железо	остальное

причем величина коэффициента трещиностойкости при сварке $P_{см}$, рассчитываемого по формуле

$$P_{см} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B, \%_{масс},$$

не должна быть выше 0,28%.

25 Известная сталь обеспечивает высокие требования по хладостойкости до минус 80°C, улучшенную свариваемость (по величине коэффициента трещиностойкости), высокую трещиностойкость по критерию CTOD в зоне термического влияния сварного шва. Основным недостатком указанной стали является недостаточный уровень прочности - гарантированная величина предела текучести составляет 500 МПа, что ограничивает

30 применение стали для изготовления тяжело нагруженных конструкций.

Для изготовления корпусов кораблей и морских технических сооружений используется низкоуглеродистая хромоникельмолибденовая сталь, принятая за прототип, содержащая компоненты в следующем соотношении, мас.% [2]:

35	Углерод	0,07-0,11
	Кремний	0,17-0,37
	Марганец	0,30-0,60
	Хром	0,30-0,70
	Никель	1,80-2,30
	Медь	0,40-0,70
40	Молибден	0,25-0,35
	Ванадий	0,02-0,05
	Алюминий	0,005-0,04
	Элемент из группы, содержащей кальций, барий	0,005-0,05
	Сера	0,003-0,015
	Фосфор	0,003-0,015
45	Железо	остальное

при условии, что сумма (никель + медь) не менее 2,4 мас.%; сумма (сера + фосфор) не более 0,025 мас.%.

В листовом прокате толщиной до 30 мм сталь обеспечивает высокую прочность при

сохранении высокой пластичности, сопротивляемости хрупким и коррозионно-механическим разрушениям, хорошей свариваемости, изотропности свойств и сопротивления слоистому разрыву, однако высокие показатели ударной вязкости гарантируются при температурах не ниже минус 40°C.

5 Техническим результатом изобретения является разработка конструкционной стали высокой прочности с гарантированной величиной предела текучести не менее 590 МПа, обладающей высокой хладостойкостью при температурах до минус 80°C.

Технический результат достигается тем, что сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, хром, никель, медь, молибден, ванадий, алюминий, кальций, серу, фосфор и
10 железо, дополнительно содержит мышьяк, олово, свинец и цинк при следующем соотношении компонентов, мас. %:

	Углерод	0,07-0,11
	Кремний	0,15-0,40
	Марганец	0,30-0,60
15	Хром	0,30-0,70
	Никель	1,80-2,20
	Медь	0,40-0,70
	Молибден	0,25-0,35
	Ванадий	0,03-0,06
	Алюминий	0,01-0,05
20	Кальций	0,001-0,005
	Сера	0,001-0,005
	Фосфор	0,001-0,010
	Мышьяк	0,001-0,006
	Олово	0,001-0,010
	Свинец	0,001-0,004
25	Цинк	0,001-0,012
	Железо	остальное

при условии, что сумма (мышьяк + олово + свинец + цинк) не более 0,020 мас. %, а величина коэффициента трещиностойкости при сварке $P_{см}$, рассчитываемого по формуле

$$30 P_{см} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B, \%$$

(п.4.2.2 части XII «Правил классификации, постройки и оборудования ПБУ и МСП») не должна быть выше 0,27%.

35 Содержание углерода в указанных пределах способствует обеспечению высокой прочности стали. Превышение указанных пределов нецелесообразно вследствие существенного снижения пластичности, вязкости, хладостойкости, а также повышения закаливаемости и увеличения склонности стали к образованию горячих и холодных трещин при сварке.

40 Пределы содержания марганца, хрома, меди, никеля и молибдена обеспечивают необходимую прочность стали и низкотемпературную вязкость стали посредством твердорастворного упрочнения, а также прокаливаемость за счет повышения стабильности аустенита в ферритной области при γ - α превращении и образования преимущественно бейнитно-мартенситных структур при закалке проката в толщинах до 30 мм.

45 Ванадий способствует достижению необходимого уровня прочности и вязкости вследствие измельчения микроструктуры за счет выделения дисперсных частиц карбидов и карбонитридов в процессе прокатки. Алюминий вводится в сталь в качестве раскислителя, а также с целью измельчения зерна. Кальций в указанных пределах вводится в сталь с целью модифицирования неметаллических включений, что

благоприятно сказывается на изотропности механических свойств и вязкости стали, в том числе при отрицательных температурах.

5 Сера и фосфор являются элементами, отрицательно влияющими на изотропность механических свойств стали, пластичность и вязкость при низких температурах. Фосфор обуславливает повышенную склонность к хрупким разрушениям при понижении температуры испытаний и отпускной хрупкости за счет обогащения межзеренных границ. Ограничение содержания фосфора в указанных пределах способствует обеспечению высокой хладостойкости стали при температурах до минус 80°C, а в сочетании с введением молибдена в указанных пределах позволяет исключить отпускную
10 хрупкость.

Влияние мышьяка на свойства стали аналогично влиянию фосфора, и при массовой доли в стали не более 0,008 мышьяк не оказывает отрицательного влияния на свойства стали [3]. Олово, свинец и цинк оказывают отрицательное влияние на горячую и холодную пластичность стали при прокатке и гибке листового проката. При суммарном
15 содержании мышьяка, олова, свинца и цинка в металле более 0,020% происходит снижение значений ударной вязкости и сдвиг температуры вязко-хрупкого перехода в область более высоких температур. Такое влияние известно и связано со склонностью примесей цветных металлов образовывать при кристаллизации легкоплавкие эвтектики в межосных участках дендритов [4].

20 Пример

Сталь была выплавлена в электропечи и после внепечного рафинирования и вакуумирования разлита в непрерывнолитые слябы. Химический состав приведен в таблице 1.

25 Слябы прокатывали на листы толщиной 8-30 мм, которые подвергали термическому улучшению (закалка в воду от температуры 920±20°C с отпуском в интервале температур 610÷680°C).

Механические свойства определяли на образцах, вырезанных поперек направления прокатки. Испытание на растяжение выполняли по ГОСТ 1497 на плоских образцах типа I №18 (для листов толщиной 8 мм), цилиндрических образцах типа III №6 (для
30 листов толщиной 20 мм), цилиндрических образцах типа III №3 (для листов толщиной 30 мм). Испытания на ударный изгиб выполняли по ГОСТ 9454 на образцах с V-образным надрезом тип 11 при температурах плюс 20, минус 40, минус 60°C и минус 80°C.

35 Результаты механических испытаний (средние значения по результатам двух испытаний на растяжение и трех на ударный изгиб) приведены в таблице 2.

40

45

Таблица 1 – Химический состав стали, масс. %

№ состава	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Al	Ca	S	P	As	Sn	Pb	Zn	As + Sn + Pb + Zn	Fe	P _{см} , % масс.
1	0,07	0,40	0,30	0,70	2,20	0,50	0,30	0,06	0,01	0,001	0,005	0,001	0,001	0,010	0,001	0,007	0,019	остальное	0,221
2	0,11	0,15	0,60	0,30	1,90	0,40	0,25	0,03	0,03	0,003	0,003	0,010	0,002	0,001	0,004	0,012	0,019	остальное	0,231
3	0,09	0,30	0,50	0,55	1,80	0,70	0,35	0,04	0,05	0,005	0,001	0,007	0,006	0,007	0,002	0,001	0,016	остальное	0,245
Прототип																			
4	0,09	0,2	0,41	0,30	1,80	0,64	0,25	0,02	0,02	0,03	0,005	0,006	-	-	-	-	-	остальное	0,213

Таблица 2 – Механические свойства стали

№ состава	Толщина листа, мм	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² , при температуре, °С			
						+20	-40	-60	-80
1	8	660	720	21,0	70,0	258	233	177	138
2		680	740	20,5	69,0	268	238	185	132
3		690	750	20,0	72,0	268	244	183	132
1	20	630	710	23,5	74,0	319	295	215	181
2		660	740	23,0	75,0	328	290	220	156
3		650	720	22,0	73,0	322	285	214	182
1	30	620	680	26,0	72,0	295	264	203	148
2		630	710	24,0	71,0	309	279	237	166
3		650	720	23,5	73,0	341	299	236	201
Прототип									
4	30	611	693	20,2	68,8	243	208	132	67

Источники информации

1. Патент Российской Федерации №2269588, МПК С22С 38/48, 2004 г.
2. Патент Российской Федерации №1676276, МПК С22С 38/46, 1994 г.
3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев В.П. и др. *Металлургия стали*. - М.: *Металлургия*, 1983. - 584 с.
4. Бернштейн М.Л., Добаткин С.В., Капуткина Л.М., Прокошкин С.Д. *Диаграммы горячей деформации, структура и свойства сталей*. - М.: *Металлургия*, 1989. - 544 с.

Формула изобретения

Хладостойкая высокопрочная сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, хром, никель, медь, молибден, ванадий, алюминий, кальций, серу, фосфор и железо, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит мышьяк, олово, свинец и цинк при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	0,07-0,11
кремний	0,15-0,40
марганец	0,30-0,60
хром	0,30-0,70
никель	1,80-2,20
медь	0,40-0,70
молибден	0,25-0,35
ванадий	0,03 -0,06
алюминий	0,01-0,05
кальций	0,001-0,005
сера	0,001-0,005
фосфор	0,001-0,010
мышьяк	0,001-0,006
олово	0,001-0,010
свинец	0,001-0,004
цинк	0,001-0,012
железо	остальное

при этом суммарное содержание (мышьяк + олово + свинец + цинк) составляет не более 0,020 мас.%, а величина коэффициента трещиностойкости при сварке R_{CM} не превышает 0,27%.

5

10

15

20

25

30

35

40

45