



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006131992/02, 05.09.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.09.2006

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2008

(45) Опубликовано: 10.10.2008 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: JP 2005-146395 A, 09.06.2005. RU
2205245 C2, 27.05.2003. RU 2180016 C1,
27.02.2002. RU 2141002 C1, 10.11.1999. RU
2179196 C2, 10.02.2002. SU 990866 A,
23.01.1983. JP 2004-035925 A, 05.02.2004. JP
2003-239036 A, 27.08.2003. JP 2001-131702 A,
15.05.2001.

Адрес для переписки:

162600, Вологодская обл., г. Череповец, ул.
Мира, 30, ОАО "Северсталь", заместителю
технического директора-главного инженера-
начальнику ЦТРК А.А. Немтинову

(72) Автор(ы):

Степанов Александр Александрович (RU),
Немтинов Александр Анатольевич (RU),
Голованов Александр Васильевич (RU),
Мальцев Андрей Борисович (RU),
Меньшикова Галина Алексеевна (RU),
Дьяконова Валентина Сергеевна (RU),
Попов Евгений Сергеевич (RU),
Лятин Андрей Борисович (RU),
Латышева Татьяна Олеговна (RU),
Рослякова Наталья Евгеньевна (RU),
Горелик Павел Борисович (RU),
Трайно Александр Иванович (RU),
Тетюева Тамара Викторовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество "Северсталь"
(RU)

(54) СТАЛЬ НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ СВАРИВАЕМАЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии,
а именно к низколегированным сталям,
используемым для изготовления сварных нефте- и
газопроводов, эксплуатируемых в условиях
Крайнего Севера. Сталь содержит углерод,
кремний, марганец, ванадий, ниобий, алюминий,
титан, азот, хром, никель, медь, серу, фосфор,
кальций и железо, при следующем соотношении
компонентов, мас. %: углерод 0,05-0,15, кремний
0,30-0,90, марганец 0,40-0,90, ванадий 0,04-0,15,
ниобий 0,02-0,08, алюминий 0,02-0,06, титан 0,005-

0,03, азот не более 0,008, хром не более 0,30,
никель не более 0,30, медь не более 0,30, сера не
более 0,005, фосфор не более 0,018, кальций
0,001-0,006, железо - остальное. Сталь имеет в
структуре феррит с номером зерна не менее 9 при
структурной полосчатости не более 2 баллов и
неметаллические включения не крупнее 3 баллов.
Суммарное содержание хрома, никеля и меди
соответствует условию: $Cr+Ni+Cu \leq 0,6$ мас. %.
Повышаются коррозионная стойкость,
хладостойкость и выход годного горячекатаного
полосового проката. 3 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

C22C 38/50 (2006.01)*C22C 38/28* (2006.01)*C22C 38/16* (2006.01)*C22C 38/14* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006131992/02, 05.09.2006**(24) Effective date for property rights: **05.09.2006**(43) Application published: **10.03.2008**(45) Date of publication: **10.10.2008 Bull. 28**

Mail address:

162600, Vologodskaja obl., g. Cherepovets,
ul. Mira, 30, OAO "Severstal", zamestitelju
tekhnicheskogo direktora-glavnogo inzhenera-
nachal'niku TsTRK A.A. Nemtinovu

(72) Inventor(s):

Stepanov Aleksandr Aleksandrovich (RU),
Nemtinov Aleksandr Anatol'evich (RU),
Golovanov Aleksandr Vasil'evich (RU),
Mal'tsev Andrej Borisovich (RU),
Men'shikova Galina Alekseevna (RU),
D'jakonova Valentina Sergeevna (RU),
Popov Evgenij Sergeevich (RU),
Ljatin Andrej Borisovich (RU),
Latysheva Tat'jana Olegovna (RU),
Rosljakova Natal'ja Evgen'evna (RU),
Gorelik Pavel Borisovich (RU),
Trajno Aleksandr Ivanovich (RU),
Tetjueva Tamara Viktorovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Otkrytoe aktsionernoje obshchestvo
"Severstal" (RU)

(54) **LOW ALLOYED WELD STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention refers to low alloyed steel used for fabrication of weld oil and gas pipelines operated under conditions of the Extreme North. Steel contains carbon, silicon, manganese, vanadium, niobium, aluminium, titanium, nitrogen, chromium, nickel, copper, sulphur, phosphorus, calcium and iron at a following ratio of components, wt %: carbon 0.05-0.15; silicon 0.30-0.90; manganese 0.40-0.90; vanadium 0.04-0.15; niobium 0.02-0.08; aluminium 0.02-0.06; titanium 0.005-0.03; nitrogen not

more, than 0.008; chromium not more, than 0.30; nickel not more, than 0.30; copper not more, than 0.30; sulphur not more, than 0.005; phosphorus not more, than 0.018; calcium 0.001-0.006; iron - the rest. In its structure steel has ferrite with number of grain not less, than 9 at a structure striation not more, than 2 points and nonmetallic inclusions not bigger, than 3 points. Total contents of chromium, nickel and copper meets the condition: $Cr + Ni + Cu \leq 0.6$ wt %.

EFFECT: upgraded corrosion and cold resistance and output of ready for service hot-rolled strip bar.

3 tbl

Изобретение относится к металлургии, конкретно к низколегированным сталям, используемым для изготовления сварных нефте- и газопроводов, пригодных к эксплуатации в условиях Крайнего Севера.

- 5 Горячекатаная листовая сталь, низколегированная, свариваемая для магистральных нефте- и газопроводов, работающих в условиях Крайнего Севера, должна сочетать высокую прочность, пластичность, коррозионную стойкость и хладостойкость (таблица 1).

Таблица 1

Свойства низколегированной стали в горячекатаном состоянии

10	Механические свойства					Коррозионная стойкость				
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	σ_T/σ_B	KCU ⁻⁶⁰ , Дж/см ²	KCU ⁻⁵⁰ , Дж/см ²	Скорость общей кор- розии Q, мм/год	Величина пороговой нагрузки P, %	Коэфф. длины трещин CLR, %	Коэфф. ширины трещин СТР, %
	510- 630	≥360	≥24	≤0,7	≥98	≥88,2	≤0,4	≥70% от σ_T	≤6	≤3

- 15 Известна низколегированная сталь следующего химического состава, мас.% [1]:

	Углерод	0,03-0,11
	Марганец	0,90-1,80
	Кремний	0,06-0,60
	Хром	0,005-0,30
	Никель	0,005-0,30
20	Ванадий	0,02-0,12
	Ниобий	0,03-0,10
	Титан	0,010-0,040
	Алюминий	0,010-0,055
	Кальций	0,001-0,005
	Сера	0,0005-0,008
25	Фосфор	0,0005-0,010
	Азот	0,001-0,012
	Медь	0,005-0,25
	Сурьма	0,0001-0,005
	Олово	0,0001-0,007
	Мышьяк	0,0001-0,008
30	Железо	остальное,

причем суммарное содержание фосфора P, сурьмы Sb, мышьяка As и олова Sn должно удовлетворять соотношению: $2P+Sn+Sb+As<0,035$.

- 35 Недостатки стали известного состава состоят в том, что в горячекатаном состоянии она характеризуется низкими механическими свойствами, коррозионной стойкостью и хладостойкостью. Сталь не технологична в производстве, так как требует проведения специальных мероприятий по удалению фосфора, введению сурьмы, олова и мышьяка в регламентированных количествах. Кроме того, сурьма, олово и мышьяк существенно ухудшают коррозионную стойкость и свариваемость стали, вследствие чего введение их в
- 40 качестве легирующих элементов не представляется целесообразным.

Известна также сталь следующего химического состава, мас. %:

	Углерод	0,05-0,15
	Кремний	0,15-0,60
	Марганец	1,2-2,0
45	Ванадий	0,03-0,15
	Ниобий	0,005-0,10
	Алюминий	0,006-0,06
	Азот	0,002-0,015
	Титан	0,005-0,10
	Хром	0,01-0,30
	Никель	0,01-0,30
	Медь	0,01-0,30
	РЗМ	0,002-0,050
50	Сера	не более 0,01
	Фосфор	не более 0,02

Недостатки данной стали состоят в том, что изготовленные из нее горячекатаные полосы имеют низкую коррозионную стойкость и хладостойкость.

5 Наиболее близкой по своему химическому составу и свойствам к предлагаемой стали является низколегированная свариваемая сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, ванадий, ниобий, титан, азот, хром, никель, медь, серу, фосфор и железо при следующем соотношении, мас. %:

	Углерод	0,02-0,35
	Кремний	0,01-1,0
10	Марганец	0,02-2,5
	Ванадий	≤0,2
	Ниобий	≤0,1
	Алюминий	0,001-0,1
	Титан	0,005-0,2
15	Азот	0,0004-0,01
	Хром	≤1,0
	Никель	≤1,0
	Медь	≤1,0
	Сера	≤0,01
	Фосфор	0,005-0,1
20	Железо	остальное [3].

Недостатки данной стали состоят в том, что изготовленные из нее горячекатаные полосы имеют низкую коррозионную стойкость и хладостойкость. Это снижает выход годного горячекатаного полосового проката.

25 Техническая задача, решаемая изобретением, состоит в повышение коррозионной стойкости, хладостойкости и выхода годного горячекатаного полосового проката.

Для этого низколегированная свариваемая сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, ванадий, ниобий, алюминий, титан, азот, хром, никель, медь, серу, фосфор и железо, дополнительно содержит кальций при следующем соотношении компонентов, мас. %:

30	Углерод	0,05-0,15
	Кремний	0,30-0,90
	Марганец	0,40-0,90
	Ванадий	0,04-0,15
	Ниобий	0,02-0,08
35	Алюминий	0,02-0,06
	Титан	0,005-0,03
	Азот	не более 0,008
	Хром	не более 0,30
	Никель	не более 0,30
	Медь	не более 0,30
40	Сера	не более 0,005
	Фосфор	не более 0,018
	Кальций	0,001-0,006
	Железо	остальное,

при этом она содержит в структуре феррит с номером зерна не менее 9 при структурной 45 полосчатости не более 2 баллов и неметаллические включения не крупнее 3 баллов, а суммарное содержание хрома, никеля и меди соответствует условию:

$$\text{Cr} + \text{Ni} + \text{Cu} \leq 0,6 \text{ мас. \%}.$$

Углерод в стали предложенного состава определяет ее прочностные свойства. Снижение содержания углерода менее 0,05% приводит к падению прочности ниже 50 допустимого уровня. Увеличение содержания углерода сверх 0,15% ухудшает пластичность и вязкость стали.

Кремний раскисляет и упрочняет сталь, повышает ее упругие свойства. При содержании кремния менее 0,30% прочность стали недостаточна. Увеличение содержания кремния

более 0,90% приводит к охрупчиванию стали, ухудшению ее пластичности.

Марганец введен для раскисления и повышения прочности стали, связывания примесной серы в сульфиды. При содержании марганца менее 0,40% снижается прочность стали и вязкость при отрицательных температурах, что приводит к увеличению отбраковки. Повышение концентрации марганца сверх 0,90% ухудшает пластичность стали, снижает хладостойкость и повышает отношение σ_T/σ_B более 0,7.

Ванадий и ниобий образуют с углеродом карбиды VC, NbC, а с азотом - нитриды VN, NbN. Мелкие нитриды и карбонитриды ванадия и ниобия располагаются по границам зерен и субзерен, тормозят движение дислокации и тем самым упрочняют сталь. При содержании ванадия менее 0,04% и ниобия менее 0,02% их влияние недостаточно велико, свойства стали ниже допустимого уровня. Увеличение концентрации ванадия более 0,15% или ниобия более 0,08% вызывает дисперсионное твердение проката и приводит к их выделению на границах зерен в виде интерметаллических соединений. Это ухудшает свойства и снижает выход годных горячекатаных полос.

Алюминий является раскисляющим и модифицирующим элементом. При содержании алюминия менее 0,02% его воздействие проявляется слабо, сталь имеет низкие механические свойства. Увеличение содержания алюминия более 0,06% приводит к графитизации стали, потере прочности, ухудшению хладостойкости, а также ухудшает качество поверхности горячекатаного проката.

Титан является сильным карбидообразующим элементом, упрочняющим сталь. Снижение концентрации титана менее 0,005% не оказывает благоприятного влияния на механические свойства горячекатаных полос. Однако повышение содержания титана до 0,030% оказывает положительное влияние на формирование структуры сварного соединения и околошовной зоны. Повышение содержания титана более 0,030% делает сталь не технологичной при разливке, вследствие чего ухудшается выход годного по качеству поверхности.

Азот является карбонитридообразующим элементом, упрочняющим сталь. Однако повышение концентрации азота сверх 0,008% приводит к снижению вязкостных свойств при отрицательных температурах, что недопустимо.

Хром, никель и медь способствуют повышению прочностных свойств и стойкости против питтинговой коррозии, но при содержании каждого из этих элементов более 0,30% имеет место снижение хладостойкости стали при отрицательных температурах. Причем лучшие свойства по коррозионной стойкости и свариваемости стали достигаются при суммарном содержании этих элементов не более 0,6%.

Фосфор в количестве не более 0,018% целиком растворяется в α -железе, что ведет к упрочнению металлической матрицы. Однако увеличение содержания фосфора более 0,018% вызывает охрупчивание стали и снижение хладостойкости.

Сера является вредной примесью, снижающей пластические и вязкостные свойства. При концентрации серы не более 0,005% ее вредное действие проявляется слабо и не приводит к заметному снижению механических свойств стали. В то же время более глубокое удаление серы удорожает сталь, делает ее производство нерентабельным.

Кальций обеспечивает рафинирование границ зерен микроструктуры стали. Действуя как поверхностно-активное вещество, он очищает межзеренные границы от нежелательных примесей, благодаря чему достигается одновременное повышение ударной вязкости при отрицательных температурах и коррозионной стойкости стали. При снижении содержания кальция менее 0,001% его положительное влияние проявляется слабо. Увеличение содержания кальция сверх 0,006% ведет к увеличению количества неметаллических включений, что отрицательно сказывается на механических свойствах горячекатаного проката.

При содержании в структуре стали мелкозернистого структурно свободного феррита с номером зерна не менее 9 баллов при структурной полосчатости не более 2 баллов имеет место дополнительное повышение стойкости стали против локальной коррозии и хладостойкости. Снижение номера зерна феррита менее 9 баллов, как и повышение

структурной полосчатости более 2 баллов ухудшает коррозионную стойкость и хладостойкость стали.

Экспериментально установлено, что скопления алюмокальциевых, сульфидных, алюмокальциевосиликатных включений крупнее 3 баллов приводят к разрушению образцов при коррозионных испытаниях, что недопустимо. Кроме того, неметаллические включения крупнее 3 баллов снижают хладостойкость стали, снижают выход годных горячекатаных полос.

Сталь выплавляли в кислородном конвертере, раскисляли ферромарганцем, феррокремнием, ферросилицием, легировали феррованадием, феррониобием, вводили металлический алюминий, ферротитан, силикокальций. Проводили десульфурацию и дефосфорацию расплава, продувку аргоном. Сталь подвергали непрерывной разливке в слэбы и горячей прокатке на непрерывном широкополосном стане 2000 в полосы толщиной 9,0 мм с температурой конца прокатки $T_{\text{кп}}=880^{\circ}\text{C}$, после чего охлаждали водой до температуры $T_{\text{см}}=590^{\circ}\text{C}$ и сматывали в рулоны.

В таблице 2 приведены химические составы сталей с различным содержанием легирующих элементов и примесей, а в таблице 3 - свойства этих же сталей и выход годных горячекатаных полос.

Как следует из таблиц 2 и 3, горячекатаные полосы из сталей предложенного состава (составы №2-5) имеют повышенную коррозионную стойкость, хладостойкость (ударную вязкость при отрицательных температурах). Благодаря этому достигается максимальный выход годного горячекатаного полосового проката.

В случаях запределных значений концентрации легирующих элементов и примесей (составы №1 и 6), а также при использовании стали известного химического состава (состав №7), принятой в качестве прототипа, коррозионная стойкость и хладостойкость стали в горячекатаном состоянии ухудшаются.

В качестве базового объекта при оценке технико-экономической эффективности предложенной стали выбрана сталь-прототип. Использование стали предложенного состава позволит повысить рентабельность производства магистральных труб для нефте- и газопроводов на 20-30%.

Источники, использованные при составлении описания изобретения

1. Патент Российской Федерации №2141002, МПК C22C 38/60, 1999 г.
2. Авторское свидетельство СССР №863707, МПК C22C 38/58, 1981 г.
3. Заявка JP 2005-146395 A, МПК C22C 38/58, 09.06.2005 г. - прототип.

Химический состав низколегированных сталей																				Таблица 2		
№ состава	Содержание химических элементов, масс. %																Параметры микроструктуры					
	C	Si	Mn	V	Nb	Al	Ti	N	Cr	Ni	Cu	S	P	Ca	Fe	Cr+Ni+Cu	№ зерна феррита	Балл полосчатости	Балл неметалл. включен.			
1.	0,04	0,2	0,3	0,03	0,01	0,01	0,004	0,005	0,1	0,3	0,3	0,003	0,013	-	Основа	0,7	7-8	3	3			
2.	0,05	0,3	0,4	0,04	0,02	0,02	0,005	0,006	0,1	0,1	0,2	0,003	0,014	0,001	-:-	0,4	9	1	1			
3.	0,10	0,6	0,6	0,09	0,05	0,04	0,017	0,007	0,2	0,2	0,1	0,004	0,016	0,003	-:-	0,5	10	1	1			
4.	0,11	0,7	0,5	0,10	0,06	0,05	0,018	0,007	0,3	0,1	0,1	0,005	0,017	-	-:-	0,5	9	2	2			
5.	0,15	0,9	0,9	0,15	0,08	0,06	0,030	0,008	0,3	0,1	0,2	0,005	0,018	0,006	-:-	0,6	10	2	3			
6.	0,16	1,0	1,0	0,16	0,09	0,07	0,032	0,009	0,4	0,4	0,4	0,006	0,019	0,007	-:-	1,2	11	3	4			
7.	0,07	0,5	1,9	0,08	0,09	0,01	0,086	0,013	0,2	0,3	0,2	0,008	0,018	-	-:-	0,7	8-9	4	4			

Таблица 3

Механические свойства горячекатаных полос из низколегированных сталей и выход годного

№ сос- тава	Механические свойства						Коррозионная стойкость				Выход годного, %
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	σ_T/σ_B	KCU ⁵⁰ Дж/см ²	KCV ⁵⁰ Дж/см ²	Скорость общей кор- розии Q, мм/год	Величина пороговой нагрузки P, %	Коэфф. длины трещины CLR, %	Коэфф. ширины трещины СТР, %	
1.	450	370	27	0,82	185	74	0,565	54	5	7	-
2.	510	360	32	0,70	240	110	0,382	78	0	0	99,5
3.	570	387	34	0,68	250	123	0,370	83	0	0	99,8
4.	580	393	33	0,69	230	108	0,394	76	0	0	99,2
5.	630	420	32	0,67	240	117	0,372	85	0	0	99,9
6.	720	560	22	0,78	170	86	0,554	67	6	8	-
7.	850	765	16	0,90	150	82	0,639	62	13	17	-

Формула изобретения

Низколегированная свариваемая сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, ванадий, ниобий, алюминий, титан, азот, хром, никель, медь, серу, фосфор, кальций и железо, отличающаяся тем, что она содержит компоненты при следующем соотношении, мас. %:

углерод	0,05-0,15
кремний	0,30-0,90
марганец	0,40-0,90
ванадий	0,04-0,15
ниобий	0,02-0,08
алюминий	0,02-0,06
титан	0,005-0,03
азот	не более 0,008
хром	не более 0,30
никель	не более 0,30
медь	не более 0,30
сера	не более 0,005
фосфор	не более 0,018
кальций	0,001-0,006
железо	остальное,

при этом имеет в структуре феррит с номером зерна не менее 9, при структурной полосчатости не более 2 баллов и неметаллические включения не крупнее 3 баллов, а суммарное содержание хрома, никеля и меди соответствует условию $Cr+Ni+Cu \leq 0,6$ мас. %.