



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015112516/02, 07.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.04.2015

(45) Опубликовано: 10.03.2016 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: EP 1715073 A1, 25.10.2006. RU 2270269  
C1, 20.02.2006. RU 2270268 C1, 20.02.2006. RU  
76647 U1, 27.09.2008. EP 2562285 A1, 27.02.2013.  
US 20050158201 A1, 21.07.2005.

Адрес для переписки:

119991, Москва, Ленинский пр., 49, Федеральное  
государственное бюджетное учреждение науки  
Институт металлургии и материаловедения им.  
А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ  
РАН)

(72) Автор(ы):

Баннх Олег Александрович (RU),  
Блинов Виктор Михайлович (RU),  
Лукин Евгений Игоревич (RU),  
Глезер Александр Маркович (RU),  
Бецофен Сергей Яковлевич (RU),  
Блинов Евгений Викторович (RU),  
Мушников Светлана Юрьевна (RU),  
Парменова Ольга Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт металлургии и  
материаловедения им. А.А. Байкова  
Российской академии наук (ИМЕТ РАН)  
(RU)(54) **ВЫСОКОПРОЧНАЯ КОРРОЗИОННОСТОЙКАЯ СТАЛЬ ПЕРЕХОДНОГО КЛАССА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области  
металлургии, а именно к высокопрочным  
коррозионностойким сталям переходного класса,  
используемым для изготовления  
высоконагруженных деталей и конструкций в  
машиностроении и судостроении, работающих в  
условиях воздействия коррозионной среды. Сталь  
содержит в мас. %: углерод 0,12-0,35, азот 0,11-0,21, хром 14,0-15,0, никель 2,5-3,5, марганец 0,5-  
1,5, молибден 1,2-1,7, кремний 0,2-0,6, медь 1,5-  
2,0, ванадий 0,05-0,10, кальций 0,005-0,050, церий  
0,005-0,030, иттрий 0,005-0,030, лантан 0,005-0,030,  
барий 0,005-0,020, железо - остальное.  
Обеспечивается высокий уровень механических  
и коррозионных свойств. 3 з.п. ф-лы, 2 табл.C 1  
2 5 7 6 7 7 3  
R UR U  
2 5 7 6 7 7 3  
C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C22C 38/58* (2006.01)  
*C22C 38/46* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015112516/02, 07.04.2015**(24) Effective date for property rights:  
**07.04.2015**

Priority:

(22) Date of filing: **07.04.2015**(45) Date of publication: **10.03.2016** Bull. № 7

Mail address:

119991, Moskva, Leninskij pr., 49, Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i materialovedenija im. A.A. Bajkova Rossijskoj akademii nauk (IMET RAN)

(72) Inventor(s):

**Bannykh Oleg Aleksandrovich (RU),  
Blinov Viktor Mikhajlovich (RU),  
Lukin Evgenij Igorevich (RU),  
Glezer Aleksandr Markovich (RU),  
Betsofen Sergej Jakovlevich (RU),  
Blinov Evgenij Viktorovich (RU),  
Mushnikova Svetlana Jurevna (RU),  
Parmenova Olga Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i materialovedenija im. A.A. Bajkova Rossijskoj akademii nauk (IMET RAN) (RU)**

(54) **HIGH-CORROSION-RESISTANT STEELS OF THE TRANSITION CLASS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to a high strength corrosion resistant steels of the transition class used for the manufacture of highly loaded parts and structures in mechanical engineering and shipbuilding, working in conditions of corrosive environment. Steel contains wt. %: 0.12-0.35 carbon, nitrogen 0.11-0.21, 14.0-15.0 chromium, nickel 2.5-3.5, manganese 0.5-1.5,

molybdenum 1.2-1.7, Si 0.2-0.6, 1.5-2.0 copper, vanadium 0.05-0.10, calcium 0.005-0.050, 0.005-0.030 cerium, yttrium 0.005-0.030, lanthanum 0.005-0.030, 0.005-0.020 barium, iron - the rest.

EFFECT: it ensures a high level of mechanical and corrosion properties.

4 cl, 2 tbl

Изобретение относится к металлургии стали, в частности к области легированных коррозионностойких высокопрочных сталей, используемых для высоконагруженных деталей и конструкций в машиностроении и судостроении.

5 Известна коррозионностойкая сталь мартенситного класса (Патент РФ №2291912) следующего химического состава (масс. %):

	углерод	0,08-0,12
	хром	12,5-14,0
	никель	4,0-5,0
10	молибден	2,3-2,8
	марганец	0,3-0,7
	азот	0,05-0,10
	кремний	1,7-2,5
	ниобий	0,2-0,4
	кобальт	4,0-5,0
15	лантан	0,001-0,05
	иттрий	0,001-0,05
	железо	остальное

Основными недостатками этой стали являются недостаточно высокая прочность ( $\sigma_B=1650$  МПа) и высокое содержание дорогостоящих никеля и кобальта.

20 Известна коррозионностойкая сталь мартенситного класса (Патент РФ №2077602) следующего химического состава (масс. %):

	углерод	0,04-0,09
	хром	12,5-15,0
	никель	4,0-6,5
25	молибден	2,5-3,5
	марганец	0,1-1,0
	азот	0,02-0,1
	кремний	0,3-1,6
	ниобий	0,02-0,42
	кобальт	3,5-6,0
30	церий	0,001-0,050
	кальций	0,001-0,050
	железо	остальное

Основными недостатками этой стали являются недостаточно высокая прочность ( $\sigma_B=1600$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1300$  МПа) и высокое содержание дорогостоящих никеля, кобальта и молибдена.

35 Наиболее близкой к изобретению, взятой за прототип, является высокопрочная коррозионностойкая сталь мартенситного класса (Патент РФ №2318068) следующего химического состава (мас. %):

	углерод	0,04-0,07
40	кремний	не более 0,6
	хром	15,5-16,5
	никель	4,8-5,8
	азот	0,11-0,18
	ниобий	0,03-0,08
	ванадий	0,03-0,08
45	марганец	0,5-1,0
	кальций	0,02-0,03
	железо и неизбежные примеси	остальное

Основными недостатками этой стали являются относительно низкая прочность

( $\sigma_{0,2}=1450$  МПа) и высокое содержание дорогостоящего никеля.

Задача, на решение которой направлено настоящее изобретение, заключается в создании экономнолегированной коррозионностойкой высокопрочной стали.

Техническим результатом является повышение прочности ( $\sigma_B=1800-1850$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1600-1650$  МПа) стали при сохранении, удовлетворительной для практического применения, пластичности ( $\delta=10-12\%$ ;  $\Psi=40-50\%$ ), что обеспечивает повышение надежности и увеличение долговечности конструкций из этой стали при их эксплуатации.

Технический результат достигается тем, что по сравнению со сталью-прототипом, предлагаемая сталь, содержащая углерод, азот, хром, никель, марганец, кремний, ванадий, кальций и железо, согласно изобретению дополнительно содержит молибден, медь, церий, иттрий, лантан и барий при следующем соотношении компонентов (в мас. %):

15	углерод	0,12-0,35
	азот	0,11-0,21
	хром	14,0-15,0
	никель	2,5-3,5
	марганец	0,5-1,5
	молибден	1,2-1,7
20	кремний	0,2-0,6
	медь	1,5-2,0
	ванадий	0,05-0,10
	кальций	0,005-0,050
	церий	0,005-0,030
	иттрий	0,005-0,030
	лантан	0,005-0,030
25	барий	0,005-0,020
	железо	остальное

Соотношение элементов, определяющих фазовый состав в стали, должно определяться следующими равенствами:

$$C+N=0,25\div 0,45;$$

$$C/N=1,1\div 2,3;$$

$$K_M=Cr+Mo+1,5Ni+30(C+N)+0,7(Mn+Si)=30\div 33,$$

$$K_\Phi=Cr+Mo+2Si-\{1,5Ni+30(C+N)+0,7Mn\}=2,5\div 6,2;$$

где  $K_M$  - эквивалент мартенситообразования, а  $K_\Phi$  - эквивалент ферритообразования;

Наличие в стали указанных концентраций углерода и азота необходимо для обеспечения высокой прочности. При содержании углерода и азота более 0,35 и 0,21% соответственно трудно получить удовлетворительные показатели пластичности и ударной вязкости, а также получить качественный металл без пористости из-за ограниченной растворимости азота в стали.

Введение в сталь 14,0-15,0% хрома обусловлено обеспечением требуемой коррозионной стойкости и повышенной растворимости азота. При концентрации хрома более 15,0% и никеля менее 2,5% сталь будет иметь пониженную вязкость, особенно при отрицательных температурах, из-за появления в структуре  $\delta$ -феррита, а также из-за повышения температуры вязкохрупкого перехода. С увеличением содержания никеля более 3,5% снижается растворимость азота в стали.

Марганец в количестве 0,5-1,5% вводится в сталь для повышения растворимости азота и раскисления стали. Увеличение содержания марганца более 1,5% приводит к повышению количества остаточного аустенита и тем самым к снижению прочностных

характеристик.

Добавки ванадия в количестве до 0,1% обеспечивают получение мелкозернистой структуры. Увеличение содержания ванадия более 0,1% приводит к снижению прочности из-за обеднения твердого раствора азотом в результате образования нитридов ванадия VN.

Легирование молибденом в количестве 1,2-1,7% повышает коррозионную стойкость, растворимость азота и тормозит образование карбонитридов по границам зерен и тем самым повышает ударную вязкость стали.

Дополнительное легирование барием позволяет изменить форму сульфидов на глобулярную и тем самым улучшает деформируемость слитков.

Легирование медью 1,5-2,0% позволяет исключить в микроструктуре стали дельта-феррит, а также повысить коррозионную стойкость и прочность при старении за счет выделения дисперсных частиц фазы, богатой медью.

Наличие церия 0,005-0,030% и кальция 0,005-0,030% уменьшает содержание примесей на границах зерен, тем самым меняя кинетику старения по границам зерен и уменьшая степень охрупчивания.

Легирование лантаном и иттрием способствует раскислению стали и измельчению зерна.

Подобранное соотношение компонентов позволяет получить стабильную структуру стали с заданным соотношением мартенсита и аустенита.

Выплавка стали производилась в открытой индукционной печи. Составы стали опытных плавок приведены в таблице 1.

Предлагаемая сталь после горячей пластической деформации (температура окончания деформации должна быть ниже температуры начала собирательной рекристаллизации) с последующим охлаждением в воде, в сочетании с обработкой холодом и последующим отпуском при 400°C, обладает мартенситно-аустенитной мелкозернистой (15-20 мкм) структурой, с заданным количеством мартенсита (75-85%) и аустенита (25-15%), не содержащей δ-феррита и σ-фазы, что позволяет обеспечить высокий уровень механических и коррозионных свойств стали и изделия, выполненного из нее.

Техническим результатом является повышение прочности ( $\sigma_B=1800-1850$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1650-1700$  МПа) при сохранении, удовлетворительной для практического применения, пластичности ( $\delta=10-12\%$ ;  $\Psi=40-50\%$ ), что обеспечивает повышение эксплуатационной надежности и увеличение срока службы конструкций из этой стали при их эксплуатации. Результаты механических испытаний металла приведены в таблице 2.

Таблица 1

Сталь	№ плавки	Содержание компонентов, масс.%													
		C	N	Cr	Ni	Mn	Mo	Si	Cu	V	Ca	Ce	Y	La	Ba
Известная	1	0,04	0,11	15,5	4,8	0,51	-	0,2	-	0,03	0,02	-	-	-	-
Предлагаемая	2	0,13	0,12	14,1	2,7	0,80	1,30	0,3	1,57	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	3	0,27	0,16	14,5	2,9	1,03	1,51	0,4	1,72	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	4	0,33	0,18	14,9	3,4	1,41	1,65	0,5	1,88	0,09	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Таблица 2

Сталь	№ плавки	Обработка	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
Известная	1	Закалка 1050°C + обработка холодом при -70°C 3 ч + отпуск 500°C 2 ч	1650	1468	18,0	60
Предлагаемая	2	Горячая пластическая деформация + обработка холодом + отпуск 400°C	1820	1680	12	40
	3		1850	1700	10	44
	4		1800	1650	10	50

### Формула изобретения

1. Высокопрочная коррозионностойкая сталь переходного класса, содержащая углерод, азот, хром, никель, марганец, кремний, ванадий, кальций и железо, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит молибден, медь, церий, иттрий, лантан и барий при следующем соотношении компонентов, в мас. %:

углерод	0,12-0,35
азот	0,11-0,21
хром	14,0-15,0
никель	2,5-3,5
марганец	0,5-1,5
молибден	1,2-1,7
кремний	0,2-0,6
медь	1,5-2,0
ванадий	0,05-0,10
кальций	0,005-0,050
церий	0,005-0,030
иттрий	0,005-0,030
лантан	0,005-0,030
барий	0,005-0,020
железо	остальное

2. Высокопрочная коррозионностойкая сталь переходного класса по п. 1, отличающаяся тем, что для содержания углерода и азота выполняются следующие условия:  $C+N=0,25\div 0,45$ ,  $C/N=1,1\div 2,3$ .

3. Высокопрочная коррозионностойкая сталь переходного класса по п. 1, отличающаяся тем, что соотношение аустенито- и ферритообразующих элементов, определяющих фазовый состав в стали, определяется следующими равенствами:

$$K_M = Cr + Mo + 1,5Ni + 30(C+N) + 0,7(Mn+Si) = 30 \div 33,$$

$$K_F = Cr + Mo + 2Si - \{1,5Ni + 30(C+N) + 0,7Mn\} = 2,5 \div 6,2,$$

где  $K_M$  - эквивалент мартенситообразования, а  $K_F$  - эквивалент ферритообразования.

4. Высокопрочная коррозионностойкая сталь переходного класса по п. 1, отличающаяся тем, что после горячей пластической деформации, температура окончания которой составляет ниже температуры начала собирательной рекристаллизации, с последующим охлаждением в воде, обработки холодом и последующего отпуска при 400°C она обладает мартенситно-аустенитной мелкозернистой структурой с зерном 15-20 мкм, с количеством мартенсита 75-85% и аустенита 25-15% без  $\delta$ -феррита и  $\sigma$ -фазы.