



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006132146/02, 06.09.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.09.2006

(45) Опубликовано: 10.05.2008 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2082814 C1, 27.06.1997. RU 2250272  
C1, 20.04.2005. RU 2033465 C1, 20.04.1995. RU  
2176283 C2, 27.11.2001. JP 2002-146484 A,  
22.05.2002. US 2003086809 A1, 08.05.2003. JP  
08-209308 A, 13.08.1996. JP 08-199235 A,  
06.08.1996.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, ГОУ ВПО  
"Уральский государственный технический  
университет-УПИ", Центр интеллектуальной  
собственности, Т.В.Маркс

(72) Автор(ы):

Мальцева Людмила Алексеевна (RU),  
Грачев Сергей Владимирович (RU),  
Мальцева Татьяна Викторовна (RU),  
Озерец Наталья Николаевна (RU),  
Завьялова Ольга Яковлевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ГОУ ВПО "Уральский государственный  
технический университет-УПИ" (RU)

## (54) ВЫСОКОПРОЧНАЯ КОРРОЗИОННО-СТОЙКАЯ ФЕРРИТНАЯ СТАЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии,  
а именно к сталям, применяемым в  
машиностроении для изделий, к которым  
предъявляются требования обеспечения высокой  
твердости и коррозионной стойкости при  
достаточной пластичности. Высокопрочная  
коррозионностойкая ферритная сталь содержит  
углерод, хром, никель, кобальт, молибден, титан,

алюминий, цирконий, гафний и железо при  
следующем соотношении компонентов, мас. %:  
углерод до 0,03, хром 8,0-25,0, никель 5,0-18,0,  
кобальт 1,5-10,0, молибден 0,8-6,0, титан 0,5-  
1,02, алюминий 6,1-9,0, цирконий + гафний до 0,1,  
железо - остальное. Сталь обладает повышенным  
уровнем прочностных и коррозионных свойств. 1  
ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006132146/02, 06.09.2006**(24) Effective date for property rights: **06.09.2006**(45) Date of publication: **10.05.2008 Bull. 13**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, GOU VPO  
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet-UPI", Tsentr intellektual'noj  
sobstvennosti, T.V.Marks**

(72) Inventor(s):

**Mal'tseva Ljudmila Alekseevna (RU),  
Grachev Sergej Vladimirovich (RU),  
Mal'tseva Tat'jana Viktorovna (RU),  
Ozerets Natal'ja Nikolaevna (RU),  
Zav'jalova Ol'ga Jakovlevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet-UPI" (RU)**

(54) **HIGH-STRENGTH CORROSION-RESISTING FERRITE STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention has attribute to steel, used in machinery construction for products, which are made a demand for providing high strength and corrosion-resistance with satisfactory plasticity. High-strength corrosion-resisting ferrite steel, contains carbon, chromium, nickel, cobalt, molybdenum, titanium,

aluminium, zirconium, hafnium and iron, with the following ratio, mass %: contains carbon up to 0.03, chromium 8.0-25.0, nickel 5.0-18.0, cobalt 1.5-10.0, molybdenum 0.8-6.0, titanium 0.5-1.02, aluminium 6.1-9.0, zirconium + hafnium up to 0.1 and iron - the rest.

EFFECT: steel has the heightened level of strength and corrosion qualities.

1 dwg, 1 ex

Изобретение относится к области металлургии, то есть к изысканию сплавов, применяемых в машиностроении для изделий, к которым предъявляются требования обеспечения высокой твердости и коррозионной стойкости при достаточной пластичности.

5 Ферритные стали, легированные хромом, применяются для изготовления изделий, работающих в окислительных средах, для бытовых приборов, в пищевой и легкой промышленности и для теплообменного оборудования в энергомашиностроении. Эти стали имеют высокую коррозионную стойкость в азотной кислоте, водных растворах аммиака, в аммиачной селитре, смеси азотной, фосфорной и фтористо-водородной кислот, а также в других агрессивных средах [1].

10 Известны аналоги изобретения [2-9], позволяющие получить ферритные коррозионно-стойкие стали, обладающие повышенными пластичностью, пределом текучести и производительностью сварки труб [2], устойчивостью к термическому циклическому стрессу и окислению при повышенной температуре [3] и т.д. Однако все эти стали обладают недостаточно высокой прочностью.

15 В настоящее время из числа отечественных ферритных коррозионно-стойких сталей наиболее известны стали 12X17, 08X18Т и 015X18М2Б. При высокотемпературном нагреве в стали 12X17 возможно образование аустенита, что является нежелательным для сталей этого типа, так как при охлаждении происходит мартенситное превращение, что повышает твердость, снижает пластичность, вызывает склонность к межкристаллитной коррозии. Для предотвращения этого явления уменьшают содержание углерода или вводят титан, ниобий, молибден, которые способствуют получению однофазной структуры, а образование карбидов титана и ниобия снижает склонность к росту зерна и улучшает коррозионную стойкость, в частности, сварных швов (08X18Т и 015X18М2Б) [1].

20 В зарубежной практике разработаны стали с низким суммарным содержанием углерода и азота (0,025-0,035%), содержащие 18-28% Cr и 2-4% Mo, стабилизированные Ti или Nb. Эти стали называют суперферритами; они имеют высокую стойкость во многих агрессивных средах, стойки против коррозии под напряжением, питтинговой и щелевой коррозии [1].

Хромистые ферритные стали имеют крупный недостаток: они могут охрупчиваться в 30 процессах технологических нагревов и длительных выдержек при повышенных температурах во время эксплуатации. В них возможна хрупкость при выдержках при температурах 400-500°C, хрупкость при 600-800°C (в связи с образованием  $\sigma$ -фазы) и хрупкость вследствие образования чрезмерно крупных зерен, например, при сварке. Хрупкость хромистых ферритных сталей трудно, а часто и невозможно устранить 35 последующей обработкой, что сужает возможности их практического использования и накладывает ограничения на технологические операции [1].

Прототипом изобретения является ферритная коррозионно-стойкая сталь [10], содержащая, мас. %: углерод 0,02-0,09, хром 5,0-13,0, кремний 1,0-2,5, алюминий 0,9-1,65, титан 0,2-0,8, молибден 0,07-0,35, ванадий 0,07-0,15, железо - остальное, 40 обладающая повышенной пластичностью, свариваемостью, жаростойкостью в средах продуктов горения и коррозионной стойкостью в солевых и кислых средах, но недостаточной прочностью.

Задача, на решение которой направлено изобретение, заключается в создании высокопрочной коррозионно-стойкой стали, обладающей более высоким комплексом 45 физико-механических свойств (прочность, коррозионная стойкость) в закаленном и состаренном состоянии и в то же время которая была бы не подвержена хрупкости при нагреве.

Поставленная задача достигается тем, что коррозионно-стойкая ферритная сталь, содержащая углерод, хром, молибден, титан, алюминий и железо, дополнительно содержит 50 никель, кобальт, цирконий и гафний при следующем соотношении компонентов, мас. %: углерод до 0,03%, хром 8-25%, никель 5-18%, кобальт 1,5-10%, молибден 0,8-6%, титан 0,5-1,02%, алюминий 6,1-9%, цирконий + гафний  $\leq 0,1\%$ , железо - остальное.

Содержание в стали 0,03% углерода обеспечивает достижение высокой пластичности.

При содержании хрома менее 8% не обеспечиваются коррозионные свойства нержавеющей стали. При большом содержании хрома (более 25%) происходит удорожание стали и возникает опасность образования  $\sigma$ -фазы, которая приводит к понижению пластичности.

5 Содержание никеля в количестве 5-18% увеличивает пластичность, вязкость; никель также входит в состав упрочняющей фазы. Никель повышает коррозионную стойкость в слабоокисляющихся или неокисляющихся растворах химических веществ. Использование никеля как основы позволяет получить сплавы с высокой коррозионной стойкостью в сильных агрессивных кислотах [11].

10 Молибден повышает прочность, релаксационную стойкость, способствует повышению коррозионной стойкости и теплостойкости [12-13].

Положительно влияет на свойства сталей комплексное легирование молибденом и кобальтом. Влияние кобальта обусловлено тем, что он уменьшает растворимость молибдена в  $\alpha$ -железе и тем самым увеличивает объемную долю фаз, содержащих молибден, то есть способствует повышению прочностных свойств [12]. Кобальт также повышает предел текучести [14].

Дополнительное упрочнение получается в результате дисперсионного твердения. Для этого в сталь вводят алюминий и титан. В исследуемой стали из ОЦК-фазы выделяется интерметаллид NiAl, как в мартенситно-старяющихся сталях.

20 Пользуясь структурной диаграммой для нержавеющей литых хромоникелевых сталей А.Шеффлера (см. чертеж), при изменении содержания алюминия исследуемая сталь попадает в 100%-ную ферритную область (заштрихованная). Относительный вклад каждого элемента в установление структуры определяется никелевым и хромовым эквивалентом по следующим формулам [15]:

25  $\%Ni\text{-эквивалента} = \%Ni + \%Co + 30(\%C) + 25(\%N) + 0,5(\%Mn) + 0,3(\%Cu)$

$\%Cr\text{-эквивалента} = \%Cr + 2(\%Si) + 1,5(\%Mo) + 5(\%V) + 5,5(\%Al) + 1,5(\%Nb) + 0,75(\%W)$

Пример. Образцы из исследуемой стали 03X13H8K5M2Ю<sub>6,5</sub>T были выплавлены в индукционных печах типа Таммана весом 1-1,5 кг. Затем подвергались нагреву под закалку в интервале температур 900-1200°C в течение 15 мин с последующим

30 охлаждением в воде. Твердость образцов по Виккерсу после закалки изменялась от 450 до 480 HV<sub>5/12,5</sub>. Рентгеноструктурное исследование показало, что структура исследуемой

стали состоит практически из 100% феррита и незначительного количества упрочняющей упорядоченной интерметаллидной фазы NiAl. Закаленные от 1000°C в воде образцы

35 подвергались старению на 500°C в течение 1 ч. Твердость закаленных образцов после старения повышалась от 480 до 540 HV<sub>5/12,5</sub> и микротвердость - от 620 до 800 HV. В

исследуемой стали не наблюдалась хрупкость при 400-500°C, так как по результатам рентгеноструктурного анализа упрочнение, получаемое при старении, происходит за счет дополнительного выделения из ОЦК-фазы (феррита) той же интерметаллидной фазы NiAl.

40 Выделение  $\sigma$ -фазы в исследуемой стали при нагреве не наблюдалось, так как алюминий приводит к подавлению выделения  $\sigma$ -фазы [16]. Таким образом, в состоянии закалка +

старение на образцах из исследуемой стали удалось получить высокие значения прочностных свойств и сохранение достаточного запаса пластичности. Используя формулу для оценки примерных значений прочности для стали [17]:  $\sigma_B = 0,34 \text{ НВ}$ , получаем значение

45 прочности для исследуемой стали в состоянии закалка+старение примерно 2108 МПа.

Охрупчивания, свойственного ферритным сталям в интервале температур 400-500°C, в исследуемой стали не наблюдалось. Для оценки поведения при деформации образцы

исследуемой закаленной стали 03X13H8K5M2Ю<sub>6,5</sub>T были подвергнуты горячей ковке и последующей холодной пластической деформации (прокатке) до деформации ~50% без

50 разрушения целостности пластины. Последующее старение деформированной пластины при 500°C привело к увеличению микротвердости до 900 HV. Проведенные исследования

на коррозионную стойкость показали, что исследуемая сталь по коррозионной стойкости превышает коррозионную стойкость нержавеющей стали 12X18H10T.

Таким образом, высокий уровень прочностных и коррозионных свойств создает возможность использования исследуемой стали в качестве материала для высокопрочных, коррозионностойких и теплостойких деталей для приборостроения и точного машиностроения в закаленном и состаренном состоянии и не накладывает жестких ограничений на технологические операции (400-500°C).

Список литературы

1. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1985, 408 с.

2. Патент №2250272. Россия. Публикация 20.04.2005, кл. C22C 38/54. Ферритная нержавеющая сталь.

3. Патент №6773660. США. Публикация 02.10.2002, кл. C22C 38/22. Ферритная нержавеющая сталь для использования при высоких температурах и способ получения фольги из этой стали.

4. Патент №2033465. Россия. Публикация 20.04.1995, кл. C22C 38/54. Ферритная сталь.

5. Патент №3480061. Япония. Публикация 20.09.1994, кл. C22C 38/00. Высокохромистая ферритная жаропрочная сталь.

6. Патент №3468156. Япония. Публикация 13.04.1999, кл. C22C 38/00. Ферритная нержавеющая сталь для деталей выхлопной системы автомобиля.

7. Патент №3367216. Япония. Публикация 20.09.1994, кл. C22C 38/00. Высокохромистая ферритная жаропрочная сталь.

8. Патент №3427502. Япония. Публикация 22.08.1994, кл. C22C 38/00. Ферритная нержавеющая сталь для детали автомобильной выхлопной системы.

9. Патент №3567603. Япония. Публикация 22.04.1996, кл. C22C 38/00. Высокохромистая ферритная сталь, обеспечивающая высокие характеристики ползучести сварного соединения.

10. Патент №2082814. Россия. Публикация 27.06.1997, кл. C22C 38/28. Ферритная коррозионно-стойкая сталь.

11. Бабаков А.А., Приданцев М.В. Коррозионно-стойкие стали и сплавы. М.: Металлургия, 1971, 200 с.

12. Грачев С.В., Бараз В.Р. Теплостойкие и коррозионно-стойкие пружинные стали. М.: Металлургия, 1989, 144 с.

13. Рахштадт А.Г. Пружинные стали и сплавы. М.: Металлургия, 1982, 400 с.

14. Патент №2035524. Россия. Публикация 20.05.1995, кл. C22C 38/58. Коррозионно-стойкая сталь

15. МИТОМ №10, 1997 г. Вороненко Б.И. Современные коррозионно-стойкие аустенитно-ферритные стали.

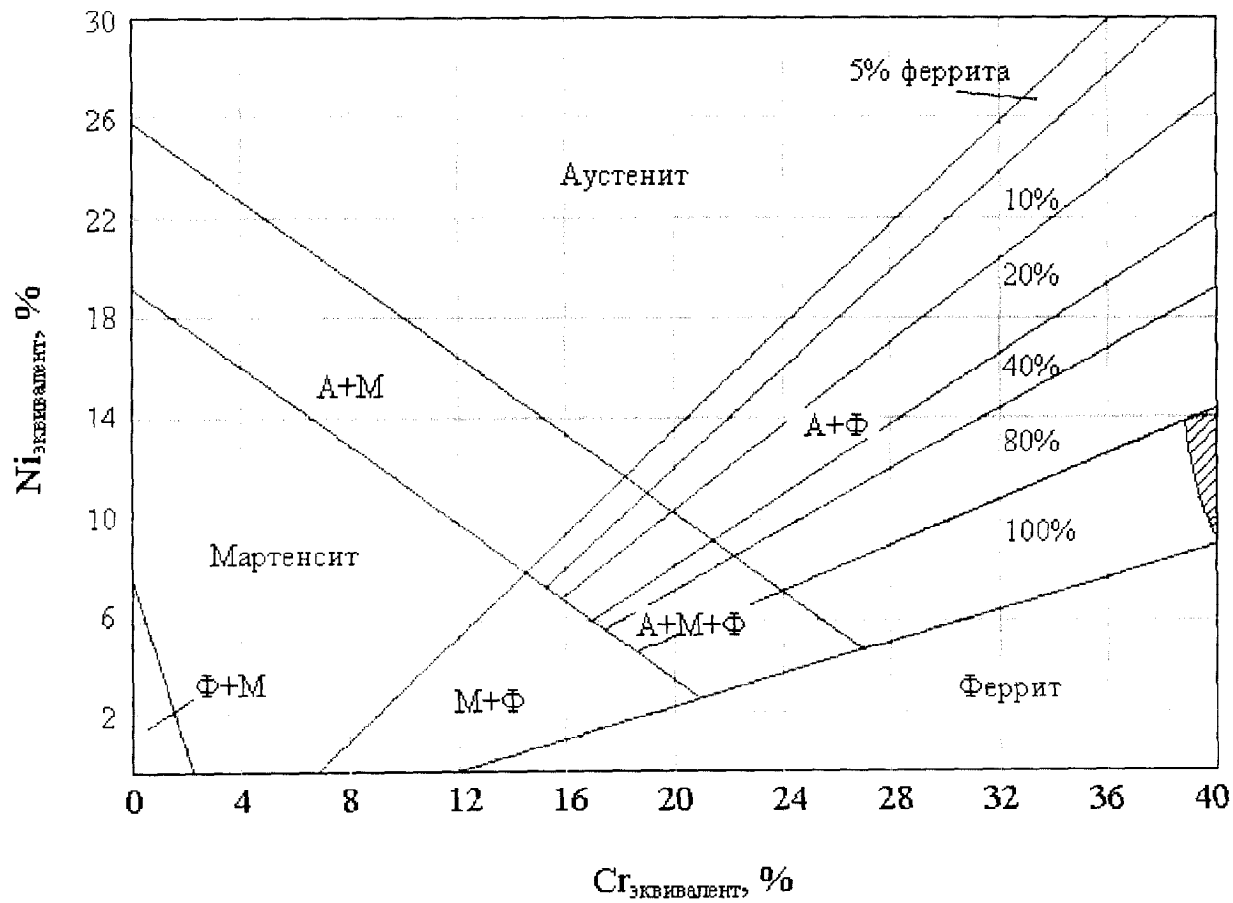
16. Сокол И.Я. Двухфазные стали. М.: Металлургия, 1964, 215 с.

17. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: Учебник для вузов. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004, 736 с.

Формула изобретения

Высокопрочная коррозионно-стойкая ферритная сталь, содержащая углерод, хром, молибден, титан, алюминий и железо, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит никель, кобальт, цирконий и гафний при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	до 0,03
хром	8,0-25,0
никель	5,0-18,0
кобальт	1,5-10,0
молибден	0,8-6,0
титан	0,5-1,02
алюминий	6,1-9,0
цирконий + гафний	до 0,1
железо	остальное







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: **2006132146**

Дата прекращения действия патента: **07.09.2008**

Извещение опубликовано: **20.04.2010**      БИ: **11/2010**

---

RU 2 3 2 3 9 9 8 C 1

RU 2 3 2 3 9 9 8 C 1