

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 323 998** ⁽¹³⁾ **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(51) МПК
[C22C 38/52 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 07.09.2011)

| | |
|---|--|
| <p>(21)(22) Заявка: 2006132146/02, 06.09.2006</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 06.09.2006</p> <p>(45) Опубликовано: 10.05.2008 Бюл. № 13</p> <p>(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.</p> <p>Адрес для переписки: 620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, ГОУ ВПО "Уральский государственный технический университет-УПИ", Центр интеллектуальной собственности, Т.В.Маркс</p> | <p>(72) Автор(ы): Мальцева Людмила Алексеевна (RU), Грачев Сергей Владимирович (RU), Мальцева Татьяна Викторовна (RU), Озерец Наталья Николаевна (RU), Завьялова Ольга Яковлевна (RU)</p> <p>(73) Патентообладатель(и): ГОУ ВПО "Уральский государственный технический университет-УПИ" (RU)</p> |
|---|--|

(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.

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.

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].

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.

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].

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 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 σ -фазы) и хрупкость вследствие образования чрезмерно крупных зерен, например, при сварке. Хрупкость хромистых ферритных сталей трудно, а часто и невозможно устранить 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, 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 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 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 σ -фазы, которая приводит к понижению пластичности.

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].

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 α -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-старееющих сталях.

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]:

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

$$\%Cr\text{-}$$

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

Пример. Образцы из исследуемой стали 03X13H8K5M2Ю_{6,5}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 охлаждением в воде. Твердость образцов по Виккерсу после закалки изменялась от 450 до 480 HV_{5/12,5}. 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 подвергались старению на 500°C в течение 1 ч. Твердость закаленных образцов после старения повышалась от 480 до 540 HV_{5/12,5} 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. Выделение σ-фазы в исследуемой стали при нагреве не наблюдалось, так как алюминий приводит к подавлению выделения σ-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 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_{6,5}T были подвергнуты горячей ковке и последующей холодной пластической деформации (прокатке) до деформации ~50% без 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. С22С 38/54. Ферритная нержавеющая сталь.

3. Патент №6773660. США. Публикация 02.10.2002, кл. С22С 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. С22С 38/54. Ферритная сталь.

5. Патент №3480061. Япония. Публикация 20.09.1994, кл. С22С 38/00. Высокохромистая ферритная жаропрочная сталь.

6. Патент №3468156. Япония. Публикация 13.04.1999, кл. С22С 38/00. Ферритная нержавеющая сталь для деталей выхлопной системы автомобиля.

7. Патент №3367216. Япония. Публикация 20.09.1994, кл. С22С 38/00. Высокохромистая ферритная жаропрочная сталь.

8. Патент №3427502. Япония. Публикация 22.08.1994, кл. С22С 38/00. Ферритная нержавеющая сталь для детали автомобильной выхлопной системы.

9. Патент №3567603. Япония. Публикация 22.04.1996, кл. С22С 38/00.

Высокохромистая ферритная сталь, обеспечивающая высокие характеристики ползучести сварного соединения.

10. Патент №2082814. Россия. Публикация 27.06.1997, кл. С22С 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. С22С 38/58.

Коррозионно-стойкая сталь

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

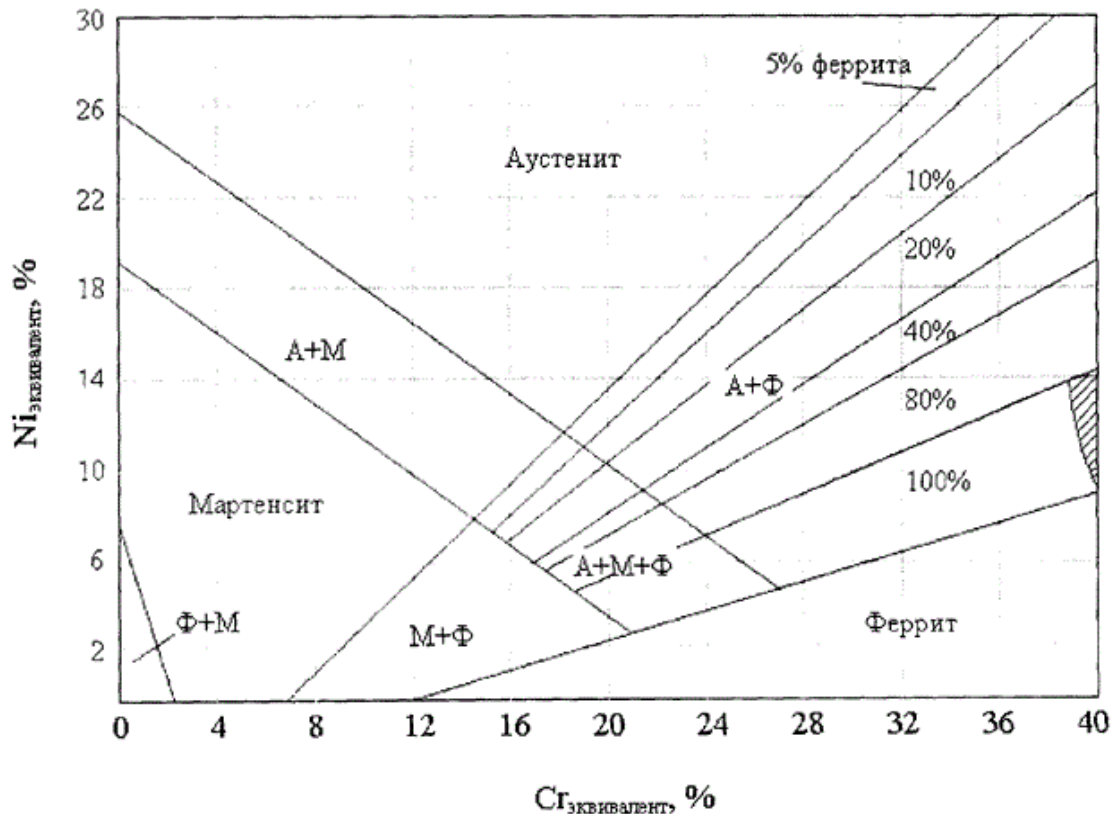
16. Сокол И.Я. Двухфазные стали. М.: Металлургия, 1964, 215 с.

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 |



ИЗВЕЩЕНИЯ

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