

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 217 519** ⁽¹³⁾ **C2**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

[C22C 38/46 \(2000.01\)](#)[C22C 38/24 \(2000.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 19.09.2011)
Пошлина: учтена за 4 год с 07.06.2004 по 06.06.2005

(21)(22) Заявка: [2001115618/02](#), 06.06.2001(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.06.2001

(45) Опубликовано: 27.11.2003 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Марочник. Стали и сплавы./ Под
ред. В.Г. Сорокина и др. - М.: Интермет
Инжиниринг, 28.05.2001, с.164. RU 2167944
C1, 27.05.2001. SU 263162, 04.02.1970. FR
2774098, 30.07.1999.

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,
УГТУ-УПИ, отдел интеллектуальной
собственности, Т.В.Маркс**

(72) Автор(ы):

**Лисенко В.Г.,
Файншмидт Е.М.,
Дружинина О.Г.**

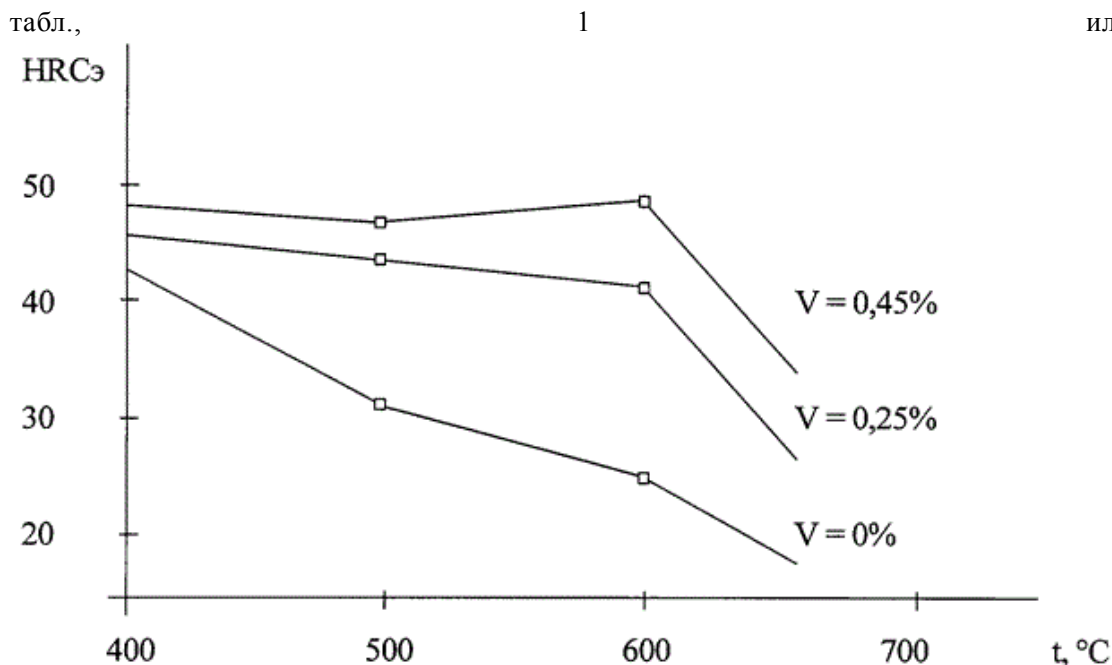
(73) Патентообладатель(и):

**Уральский государственный технический
университет**

(54) КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к конструкционным легированным сталям для изготовления деталей машин и механизмов и может быть использовано в машиностроении транспортном, автотракторном, дорожных машин и других его областях, а также в оборонной технике для изготовления боеприпасов. Техническим результатом изобретения является улучшение эксплуатационных свойств стали: прочности, сквозной прокаливаемости и твердости после закалки и высокотемпературного отпуска, увеличение температуры эксплуатации деталей до 500°C. Конструкционная сталь содержит, мас. %: ванадий - 0,4-0,6; углерод - 0,37-0,44; хром - 0,8-1,1; кремний - 0,17-0,37; марганец - 0,50-0,80; медь - менее 0,3; никель - менее 0,3; фосфор - менее 0,025; сера - менее 0,025; железо - остальное. 1



Изобретение относится к области конструкционных легированных сталей для изготовления деталей машин и механизмов и может быть использовано в большинстве отраслей машиностроения, например, в транспортном, автотракторном, дорожных машин, оборонной техники (боеприпасы и др.).

Известны марки конструкционных сталей, применяемых в машиностроении, содержащих ванадий в качестве легирующей добавки. Это сталь 40ХФА с содержанием ванадия $V=0,10-0,18\%$ [ГОСТ 4543-71. Сталь легированная конструкционная. Марки и технические требования. М.: Госстандарт, 1979, 58 с.] и сталь марки 50 Cr V 4 с содержанием ванадия $V=0,10\%$ (стандарт Германии DYN 17200 [Международный транслятор современных сталей и сплавов (Россия, США, страны Европы, Япония) под редакцией проф. В.С. Кершенбаума, М., Международная инженерная энциклопедия, т. 1, 448 с.]).

Легирование этих сталей ванадием осуществляется путем введения расплавов ферросплава феррованадия. При этом обеспечивается мелкозернистая микроструктура стали как в процессе кристаллизации слитка, так и после термообработки в процессе производства деталей. Этим обеспечивается значительное улучшение эксплуатационных свойств сталей.

Однако недостатком известных конструкционных сталей, легированных ванадием, является малое содержание ванадия в стали - до $0,2\%$. Это не обеспечивает достаточной прочности, прокаливаемости стали и увеличения твердости стали за счет вторичного (дискретного) упрочнения закаленной стали после высокотемпературного отпуска (дисперсионное твердение), особенно это проявляется для сталей, работающих в условиях повышенных температур.

Таким образом, в качестве прототипа выбрана легированная ванадием конструкционная сталь 40ХФА с содержанием ванадия $V=0,10-0,18\%$ [ГОСТ 4543-71. Сталь легированная конструкционная. Марки и технические требования. М.: Госстандарт, 1979, 58 с.]. Эта сталь кроме ванадия содержит (%) $C=0,37-0,44$; $Cr=0,8-1,1$; $Si=0,17-0,37$; $Mn=0,50-0,80$. Легирование этой стали ванадием осуществляется за счет добавки в сталь феррованадия. Однако недостатком этой стали является низкое содержание ванадия в стали, что не обеспечивает достаточную прочность, сквозную прокаливаемость стали и увеличение ее твердости после закалки и высокотемпературного отпуска. Поэтому данная сталь применяется лишь при температурах деталей до 400°C .

Целью предлагаемого изобретения является улучшение эксплуатационных свойств конструкционной стали, в частности, обеспечение достаточной прочности, сквозной прокаливаемости и увеличение твердости стали после закалки и высокотемпературного отпуска, что увеличивает температуру эксплуатации деталей до 500°C .

Указанная цель достигается тем, что содержание ванадия в конструкционной стали увеличивается до $0,40-0,60\%$.

Известно [Гудремон Э. Специальные стали. М.: Металлургия, 1962, т.2, 1153 с. ; Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали, М.: Металлургия,

1985, 116 с.], что уже 0,4-0,6% ванадия в стали вызывает ощутимый эффект дисперсионного твердения.

На чертеже представлена зависимость твердости стали по Роквеллу HRC_Э от температуры t при различном содержании ванадия V в стали [Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали, М.: Металлургия, 1985, 116 с.]. Увеличение содержания ванадия в стали с 0,25 до 0,45% увеличивает твердость стали на 10% и более во всем диапазоне исследованных температур. После отпуска закаленной стали при $t_{отп}=600^{\circ}\text{C}$, сталь с 0,25% V имеет твердость HRC_Э= 40-42, а сталь с 0,45% V - HRC_Э=46-48. При этом, если при $V=0,25\%$ обеспечивается лишь отсутствие снижения твердости при $t_{отп}=600^{\circ}\text{C}$, то в стали с 0,45% V обеспечивается рост твердости за счет дисперсионного твердения. Отсюда появление нового качества стали - возможности эксплуатировать детали в условиях повышенных температур до 500°C (в то время как сталь 40ХФА гарантирует работу лишь до 400°C [Марочник сталей и сплавов. Под ред. В.Г. Сорокина, М.: Машиностроение, 1989, 190 с.]).

В таблице приведены результаты сравнительных испытаний образцов сталей - известной - 40ХФА и предлагаемой 40ХФА0,5А.

В таблице приведены следующие параметры: σ_B - предел прочности при растяжении; σ_T - предел текучести; δ - относительное удлинение; ϕ - относительное сужение; KCU - ударная вязкость; $t_{зак}$ - температура закалки, $t_{от}$ - температура отпуска.

Данные таблицы свидетельствуют об увеличении механических свойств, в частности, предела прочности стали 40ХФА0,5А примерно на 10%, по сравнению с прототипом.

Реализация указанной технической задачи ранее была невозможна, так как увеличение содержания ванадия в сталях, выпускаемых по ГОСТ 4543-71, требовало соответствующего увеличения феррованадия в шихте при выплавке стали. Однако при этом резко увеличивается энергоёмкость и себестоимость стали, что делает процесс получения стали экономически нецелесообразным [Лисиенко В.Г., Пареньков А. Е. , Дружинина О.Г., Морозова В.А. Сравнительная энергоёмкость альтернативных бескоксовых технологий переработки ванадийсодержащего рудного сырья. Теплофизика и информатика в металлургии: достижения и проблемы: Материалы Международной конференции, посвященной 300-летию металлургии Урала, 80-летию металлургического факультета и кафедры "Теплофизика и информатика в металлургии". Екатеринбург: УГТУ, 2000, с. 12-17].

В последнее время вопрос экономической целесообразности применения конструкционных улучшаемых сталей с содержанием $V>0,4\%$ решается в случае выплавки их по способу [Решение о выдаче патента на изобретение от 09.02.2000 г. по заявке 98115858/02 (01196). Авторы: Лисиенко В.Г., Роменец В.А., Пареньков А.Е. и др.; Лисиенко В.Г., Пареньков А.Е., Роменец В.А. и др. Выплавка легированной ванадием стали в процессе ЛП (легирование прямое). На передовых рубежах науки и инженерного творчества. Вторая международная научно-техническая конференция РУО АИН РФ / Под ред. В.Г. Лисиенко, Екатеринбург: УГТУ, 2000, с. 58-61] , путем бескоксовой переработки ванадийсодержащего рудного сырья с прямым легированием стали ванадием - ЛП-процесс (легирование прямое). При этом за счет резкого снижения потерь ванадия и организации безотходной технологии увеличение содержания ванадия в стали до 0,4-0,6% происходит при значительно меньшей энергоёмкости и себестоимости стали, чем при легировании стали ванадием.

Таким образом, предлагается конструкционная сталь, отличающаяся от стали 40ХФА увеличенным содержанием ванадия - до 0,4-0,6% и имеющая в целом следующий химический состав, мас. %:

Ванадий - 0,40-0,60

Углерод - 0,37-0,44

Хром - 0,8-1,1

Кремний - 0,17-0,37

Марганец - 0,50-0,80

Фосфор - $<0,025$

Сера - $<0,025$

Медь - $<0,30$

Никель - $<0,30$

Железо - Остальное

В предлагаемой стали более чем в 2 раза в сравнении с прототипом повышается содержание ванадия, обеспечивающее повышение предела прочности более чем на 10% и в то же время - возможность эксплуатации при более высокой (до 500°C против

400°C) температуре. При этом отсутствуют дополнительные затраты на легатуру, что обеспечивается спецификой ЛП-процесса. Предлагаемую марку стали можно классифицировать как 40ХФ0,5А; границы содержания всех остальных, кроме ванадия, элементов, входящих в состав стали, определяются требованиями ГОСТа 4543-71.

Нижняя граница содержания ванадия - 0,4% - является достаточной для гарантированного обеспечения эффекта дисперсионного твердения.

Верхняя граница содержания ванадия - 0,6% - определяется достаточностью поля допуска для содержания ванадия (например, в стали 40ХФА допуск - 0,10-0,18% V).

Предлагаемую сталь рекомендуется применять для изготовления деталей типа шлицевых валов, штоков, втулок, валов экскаваторов, работающих при температурах до 500°C (сталь в улучшенном состоянии, т.е. после закалки с высокотемпературным отпуском), а также для червячных валов, торсионов и других деталей повышенной упругости и износостойкости (после закалки со среднетемпературным, либо низким отпуском) [ГОСТ 4543-71. Сталь легированная конструкционная. Марки и технические требования. М.: Госстандарт, 1979, 58 с.].

При этом обеспечивается увеличение износостойкости и сроки службы деталей машиностроения, работающих в условиях повышенных температур.

Формула изобретения

Конструкционная сталь, содержащая ванадий, углерод, хром, кремний, марганец, медь, никель, фосфор, серу и железо, отличающаяся тем, что она содержит компоненты при следующем соотношении, мас. %:

Ванадий 0,4-0,6
Углерод 0,37-0,44
Хром 0,8-1,1
Кремний 0,17-0,37
Марганец 0,50-0,80
Медь Менее 0,3
Никель Менее 0,3
Фосфор Менее 0,025
Сера Менее 0,025
Железо Остальное

Данные сравнительных испытаний образцов сталей 40ХФА и 40ХФ0,5А

№ п/ п	Марка стали	Содер- жание V, %	Мех. свойства		δ %	ϕ %	KCU Н/см ²	Режим термо- обра- ботки, °C
			σ_b МПа	σ_T МПа				
1.	40ХФА ГОСТ4543-71	0,18	960	880	19	63	98	$t_{зак}=850$ $t_{от}=600$
2.	40ХФ0,5А предполагаемая	0,45	1120	980	16	56	90	$t_{зак}=900$ $t_{от}=600$

Примечание: Анализ применения в машиностроении стали 40ХФА ГОСТ 4543-71 свидетельствует о следующих требованиях : $\sigma_T \geq 900$ МПа, $\phi \geq 35$ %, $\delta \geq 8$ %, KCU ≥ 80 Н/см².

ИЗВЕЩЕНИЯ

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

(21) Регистрационный номер заявки: [2001115618](#)

Дата прекращения действия патента: 07.06.2005

Извещение опубликовано: [27.05.2006](#)

БИ: 15/2006