



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006132899/02, 14.09.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.09.2006

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2008

(45) Опубликовано: 10.09.2008 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1567653 A1, 30.05.1990. RU 2052531
C1, 20.01.1996. SU 1740485 A1, 15.06.1992. SU
1025752 A, 30.06.1983. CA 2422753 A,
18.03.2003. JP 2003-328078 A, 19.11.2003.

Адрес для переписки:

119017, Москва, Пыжевский пер., 5, ОАО
"Институт Цветметобработка", Ю.Н.Райкову

(72) Автор(ы):

Райков Юрий Николаевич (RU),
Булыгин Юрий Серафимович (RU),
Дружинина Татьяна Ивановна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Райков Юрий Николаевич (RU),
Булыгин Юрий Серафимович (RU),
Дружинина Татьяна Ивановна (RU)

(54) СТАЛЬ ДЛЯ ПАРЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

(57) Реферат:

Изобретение относится к черной металлургии, а именно к составам сталей, применяемых для изготовления ведущего и ведомого зубчатых колес, работающих в паре. Ведущее колесо выполнено из стали, содержащей элементы при следующем соотношении, мас.-%: углерод 0,26-0,30, кремний 0,17-0,37, марганец 2,3-2,7, бор 0,010-0,018, ванадий 0,35-0,46, медь 0,6-0,8, кобальт 0,05-0,15, молибден 0,6-0,8, хром не более 0,030, никель не более 0,030, сера не более 0,035,

фосфор не более 0,035, железо остальное. Ведомое колесо выполнено из стали, содержащей элементы при следующем соотношении, мас.-%: углерод 0,18-0,23, кремний 0,17-0,37, марганец 2,3-2,7, бор 0,010-0,018, ванадий 0,35-0,46, медь 0,6-0,8, кобальт 0,05-0,15, хром не более 0,030, никель не более 0,030, сера не более 0,035, фосфор не более 0,035, железо остальное. Повышается контактно-усталостная прочность и, как следствие, долговечность пары шестерен. 2 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
F16H 55/17 (2006.01)
C22C 38/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006132899/02, 14.09.2006**
(24) Effective date for property rights: **14.09.2006**
(43) Application published: **20.03.2008**
(45) Date of publication: **10.09.2008 Bull. 25**
Mail address:
119017, Moskva, Pyzhevskij per., 5, OAO
"Institut Tsvetmetobrabotka", Ju.N.Rajkovu

(72) Inventor(s):
Rajkov Jurij Nikolaevich (RU),
Bulygin Jurij Serafimovich (RU),
Druzhinina Tat'jana Ivanovna (RU)
(73) Proprietor(s):
Rajkov Jurij Nikolaevich (RU),
Bulygin Jurij Serafimovich (RU),
Druzhinina Tat'jana Ivanovna (RU)

(54) **STEEL FOR DOUBLE GEAR**

(57) Abstract:
FIELD: chemistry.
SUBSTANCE: invention concerns ferric metallurgy, particularly steel compositions used to manufacture driving and driven cog-wheels in double gear. Driving wheel is made of steel containing the following elements, in mass %: carbon 0.26 - 0.30, silicon 0.17 - 0.37, manganese 2.3 - 2.7, boron 0.010 - 0.018, vanadium 0.35 - 0.46, copper 0.6 - 0.8, cobalt 0.05 - 0.15, molybdenum 0.6 - 0.8, chrome not over 0.030, nickel not over 0.030, sulfur not over 0.035, the rest being iron, phosphor not over 0.035, the rest

being iron. Driven wheel is made of steel containing the following elements, in mass %: carbon 0.18 - 0.23, silicon 0.17 - 0.37, manganese 2.3 - 2.7, boron 0.010 - 0.018, vanadium 0.35 - 0.46, copper 0.6 - 0.8, cobalt 0.05 - 0.15, chrome not over 0.030, nickel not over 0.030, sulfur not over 0.035, phosphor not over 0.035, the rest being iron. Contact fatigue strength and, consequently, durability of double gear, is increased.

EFFECT: increased durability of cog-wheels.
2 tbl

RU 2 3 3 3 4 0 6 C 2

RU 2 3 3 3 4 0 6 C 2

Изобретение относится к черной металлургии, в частности к сплавам группы сталей, применяемых для пары зубчатых колес, ведомой и ведущей.

Известно выполнение зубчатых колес из сталей 18ХГТ, 25ХГТ, 20ХГР, 20ХНР, 12ХНЗА, 20ХНЗА, 20Х2Н4А, 20ХГНР, 20ХНМ по ГОСТ 4543-71, из сталей 25ХНТЦ, 20ХНМАЮ по
 5 техническим условиям. Сталь 20ХГНР после нормализации 950°С, закалки 830°С в масле и низкого отпуска 200°С имеет следующие свойства (ГОСТ 4543-71, табл.6): предел
 текучести 110 кгс/мм², временное сопротивление 130 кгс/мм², удлинение 10%, сужение
 50%. Это наиболее высокие свойства из применяемых сталей.

Известна также сталь для зубчатых колес по авторскому свидетельству №1567653 от 01
 10 февраля 1990 г., химический состав которой приводится в табл.1, а механические
 свойства - в табл.2. По механическим свойствам она превосходит известные
 перечисленные выше. Однако контактно-усталостная прочность роликов значительно ниже
 предлагаемой пары, хотя твердость поверхности и прокаливаемость имеет большее
 значение. Эта сталь по а.с. 1567653 не нашла практического применения в связи со
 15 сложным химическим составом.

Ведомые и ведущие колеса изготавливаются из одной марки стали или из сталей очень
 близкими по механическим свойствам, что является недостатком в принятой практике и
 приводит к преждевременному разрушению.

Задача - обеспечение необходимой долговечности пары шестерен - ведущей и
 20 ведомой - модулей 4-12.

В изобретении достигается технический результат в повышении контактно-усталостной
 прочности на 25-30%.

Указанный технический результат достигается тем, что зубчатая пара, содержащая
 25 ведущее и ведомое зубчатые колеса, выполненные из стали, содержащей углерод,
 кремний, марганец, ванадий, хром, никель, серу, фосфор, отличающаяся тем, что для
 ведущего колеса сталь дополнительно содержит медь, кобальт, молибден и увеличенное
 содержание бора при следующем соотношении компонентов, мас. %:

	углерод	0,26-0,30
	кремний	0,17-0,37
30	марганец	2,3-2,7
	бор	0,010-0,18
	ванадий	0,35-0,46
	медь	0,6-0,8
	кобальт	0,05-0,15
	молибден	0,6-0,8
35	хром	не более 0,3
	никель	не более 0,3
	сера	не более 0,035
	фосфор	не более 0,035
	железо	остальное,

40 а для ведомого колеса дополнительно содержит медь, кобальт и увеличенное
 содержание бора при следующем соотношении компонентов, мас. %:

	углерод	0,18-0,23
	кремний	0,17-0,37
	марганец	2,3-2,7
45	бор	0,010-0,018
	ванадий	0,35-0,46
	медь	0,6-0,8
	кобальт	0,05-0,15
	хром	не более 0,3
	никель	не более 0,3
50	сера	не более 0,035
	фосфор	не более 0,035
	железо	остальное

Присадка бора к цементуемым сталям улучшает их прокаливаемость и повышает

прочность сердцевины. При значительных присадках бора у легированных сталей с содержанием углерода менее 0,3% наблюдалось увеличение твердости при отпуске 100-300°C. В связи с этим установлены пределы содержания бора 0,010-0,018%. При этом действие бора усиливается при повышении температуры закалки в этом интервале содержания, т.е. при непосредственной закалке с цементационного нагрева, а мартенситную точку бор практически не изменяет. Однако при этом по границам зерен выявляются соединения бора, что приводит к ухудшению вязкости разрушения. Разработка цементуемой стали с возможно меньшей склонностью к образованию свободных карбидов в поверхностном слое и максимальной вязкостью сердцевины привела к необходимости применения в стали меди в количестве 0,6-0,8%. Малая склонность стали, легированной медью, к чрезмерному науглероживанию при длительной цементации и при сильно действующих карбюризаторах устраняет карбидообразование по границам зерен. Легирование медью увеличивает прокаливаемость на 16-20% в принятых количествах. Важным свойством для контактной прочности является устранение локальной коррозии при легировании медью от 0,6% и теплостойкость до температуры 300-400°C. Следует обратить внимание, что максимально достижимая твердость стали при присадке меди до 0,8% практически не изменяется и температура начала мартенситного превращения также не изменяется.

Одновременно, легирование стали таким сильным карбидообразующим элементом, как ванадий 0,35%, уменьшает зерно и склонность бора к выделению карбидной сетки по границам зерен. Чем выше содержание ванадия по сравнению с содержанием углерода, тем больше количество нерастворившихся карбидов и, следовательно, тем меньше доля углерода, переходящего в твердый раствор и повышающего твердость. Верхний предел 0,46% установлен с целью решения этой задачи и уменьшения феррита в сердцевине зуба. Кроме того, ванадий образует нитриды, как деазотирующий элемент, а нитриды ванадия увеличивают логарифмический декремент затухания колебаний. При введении ванадия температура начала мартенситного превращения практически не изменяется. Это существенно важно для получения повышенных прочностных свойств с минимальными остаточными напряжениями.

Для уменьшения количества остаточного аустенита в цементованной и закаленной стали в комплекс легирующих входит кобальт в количестве 0,05-0,15%. В количестве 0,05% Co уже заметно уменьшение остаточного аустенита. Более 0,15% Co не изучалось его влияние. В принятых пределах под влиянием кобальта не изменяется температура начала мартенситного превращения. В цементуемых сталях с кобальтом сохраняется мелкозернистая структура при повышенной температуре и продолжительной выдержке.

Длительная цементация при 900°C приводит к постепенному снижению содержания углерода от поверхности к сердцевине. Кобальт не участвует в процессах выделения карбидов, не образует специальных карбидов и не входит к карбид железа, повышает твердость феррита. Повышая прочность феррита, соответственно увеличивается усталостная прочность.

Для ведущего колеса такое повышение усталостной прочности недостаточно. В связи с этим дополнительно для стали применен молибден в количестве 0,6-0,8%. Так как молибден почти не влияет на начало мартенситного превращения, можно полагать, что при охлаждении от температуры M_n до комнатной мартенситное превращение происходит тем полнее, чем больше в стали молибдена. Нижний предел 0,6% обусловлен тем, что такое количество заметно (на 20-30%) уменьшает количество остаточного аустенита. В основном, особенно при температурах цементации до 980°C, наблюдается уменьшение глубины цементации при содержании молибдена более 0,9%. В связи с этим верхнее значение содержания молибдена ограничено 0,8%. Кроме того, молибден применяют для повышения прокаливаемости и контактно-усталостной прочности, вследствие образования сложной карбидной фазы. После закалки в масле при температуре 180-200°C цементованный слой молибдено-кобальтовой стали приобретает на 3 единицы HRC твердость большую, чем хромоникелевая.

Положительное влияние марганца при термической обработке, в основном, связано с увеличением прокаливаемости. С повышением количества марганца в стали до 2,7% увеличивается степень дисперсности малоуглеродистого мартенсита. Минимальное количество марганца 2,3% установлено, чтобы превращение в центре зуба начиналось с предварительного образования сложного карбида, а аустенит обеднялся углеродом, чтобы температура начала мартенситного превращения не понижалась.

Чувствительность к перегреву устраняется легированием ванадием в объеме 0,35% и кобальтом 0,05-0,15%. Содержание углерода в поверхностном слое цементованной марганцевой стали не отличается от содержания его в нелегированной стали.

Содержание кремния 0,17-0,37% установлено для достаточной раскисленности металла.

Углерод ограничен пределами 0,18-0,23% для ведомого колеса и 0,26-0,30% для ведущего колеса. Содержание углерода установлено для обеспечения необходимой твердости слоя после химико-термической обработки и вязкости сердцевины зуба.

Многолетние наблюдения и исследования шестерен после эксплуатации показывают, что у ведущего колеса твердость становится меньше на 2-3 единицы Rc, а у ведомого твердость увеличивалась. Как следствие, контактная прочность у ведущего колеса уменьшалась, и на поверхности образовывались оспины. Для исключения этого явления повышен углерод до 0,26-0,30% и введен молибден в объеме 0,6-0,8%. В связи с этим образуется повышенное количество двойных и тройных карбидов и увеличивается поверхностная твердость.

В табл.1 приведен химический состав сталей, в табл.2 - результаты испытаний.

25

30

35

40

45

50

Таблица 1

Сталь	№ плавки	Содержание компонентов, %										
		C	Mn	Cu	B	V	Co	Mo	Si	P	S	Fe
Предлагаемые												
для ведомого колеса	1.	0,18	2,3	0,6	0,010	0,35	0,05	—	0,20	0,030	0,030	остальное
	3.	0,23	2,7	0,8	0,018	0,46	0,15	—	0,37	0,035	0,035	остальное
для ведущего колеса	5.	0,26	2,3	0,6	0,010	0,35	0,05	0,6	0,17	0,030	0,025	остальное
	7.	0,30	2,7	0,8	0,018	0,46	0,15	0,8	0,37	0,035	0,035	остальное

Известная*												
C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Ti	B	V	Zr	Ca	Al	N
0,20	0,5	0,15	0,8	0,9	0,2	0,02	0,001	0,08	0,02	0,001	0,02	0,015
0,28	0,8	0,37	1,1	1,4	0,3	0,08	0,003	0,12	0,08	0,003	0,04	0,025

Примесь/S	Fe	V+Nb+Ti+Zr+Al/C+N	Ti+Al+Nb/N
0,015	остальное	0,7 1,2	4,0 6,4

* авторское свидетельство № 1567651 зарегистрировано 01 февраля 1990 г.

Таблица 2

5
10
15
20
25
30
35

Сталь	Предел прочности, σ_b , МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа	Удлинение, δ , %	Сужение, ψ , %	Предел выносливости, σ_{-1} , МПа	Предел контактно-усталостной прочности, $\sigma_{кз}$, МПа	Ударная вязкость КСУ, МДж/м ²	Восприимчивость к закалке			
								по Гроссману HR _{с3}		по Джомини HR _{с3}	
								сердцевинные	поверхности	HR _{с40}	поверхности
Предлагаемые: для ведомого колеса	1950	1600	16,8	63,5	1200	3500*	1,25	45	62,5	45	62,0
	2300	1970	14,7	60	1400		1,18	50	66	50	67
Известная	1750	1400	15	60	1100	2700	1,4			57	65
	1870	1600	18	65	1100	2700	1,6			57	67

* для испытания на контактно-усталостную прочность один ролик изготовлялся из стали, предлагаемой для ведомого колеса, а другой ролик из стали, предлагаемой для ведущего колеса

Формула изобретения

40 Зубчатая пара колес, содержащая ведущее и ведомое колеса, выполненные из стали, содержащей углерод, кремний, марганец, ванадий, хром, никель, бор, серу, фосфор и железо, отличающаяся тем, что ведущее колесо выполнено из стали, дополнительно содержащей медь, кобальт и молибден при следующем соотношении компонентов, мас. %:

45	углерод	0,26-0,30
	кремний	0,17-0,37
	марганец	2,3-2,7
	бор	0,010-0,018
	ванадий	0,35-0,46
	медь	0,6-0,8
	кобальт	0,05-0,15
	молибден	0,6-0,8
50	хром	не более 0,030
	никель	не более 0,030
	сера	не более 0,035
	фосфор	не более 0,035
	железо	остальное

а ведомое колесо выполнено из стали, дополнительно содержащей медь и кобальт при следующем соотношении компонентов, мас. %:

5	углерод	0,18-0,23
	кремний	0,17-0,37
	марганец	2,3-2,7
	бор	0,010-0,018
	ванадий	0,35-0,46
	медь	0,6-0,8
	кобальт	0,05-0,15
10	хром	не более 0,030
	никель	не более 0,030
	сера	не более 0,035
	фосфор	не более 0,035
	железо	остальное

15

20

25

30

35

40

45

50