



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 361 930** (13) **C1**

(51) МПК
C21D 8/04 (2006.01)
B21B 1/46 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007149107/02, 28.12.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2007

(45) Опубликовано: 20.07.2009 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2202630 C2, 20.04.2003. RU 2212456
C1, 20.09.2003. RU 2258749 C1, 20.08.2005. RU
2307175 C1, 27.09.2007. US 4040873 A,
09.08.1977. EP 0539962 A1, 05.05.1993.

Адрес для переписки:
162600, Вологодская обл., г. Череповец, ул.
Мира, 30, ОАО "Северсталь", зам.
технического директора - главного
инженера - начальнику ЦТРК А.А.
Немтинову

(72) Автор(ы):

Немтинов Александр Анатольевич (RU),
Кузнецов Виктор Валентинович (RU),
Струнина Людмила Михайловна (RU),
Долгих Ольга Вениаминовна (RU),
Торопов Сергей Сергеевич (RU),
Артюшечкин Александр Викторович (RU),
Ефимов Семен Викторович (RU),
Родионова Ирина Гавриловна (RU),
Рыбкин Николай Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество
"Северсталь" (ОАО "Северсталь") (RU)

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПРОКАТА ПОВЫШЕННОЙ
ПРОЧНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, конкретно к технологии производства горячекатаного проката повышенной прочности из низколегированной стали, предназначенного для изготовления деталей автомобиля методом штамповки. Для повышения прочностных характеристик стали при сохранении штампуемости и получения горячекатаного проката требуемого класса прочности производят выплавку стали, содержащей, мас. %: углерод 0,045-0,12,

кремний не более 0,50, марганец 0,35-1,15, алюминий 0,01-0,09, азот не более 0,010, ниобий и/или титан - 0,01-0,08, железо и неизбежные примеси - остальное, разливку, горячую прокатку с температурой конца в диапазоне 830-880°C, охлаждение водой, смотку полос в рулоны в диапазоне 510-640°C. Сталь дополнительно содержит, мас. %: ванадий 0,01-0,08, кальций 0,0005-0,010, при этом суммарное содержание ниобия, титана и ванадия не должно превышать 0,117 мас. %. 6 з.п. ф-лы, 6 табл.

RU 2 361 930 C1

RU 2 361 930 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

C21D 8/04 (2006.01)*B21B 1/46* (2006.01)*C22C 38/06* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007149107/02, 28.12.2007**(24) Effective date for property rights:
28.12.2007(45) Date of publication: **20.07.2009 Bull. 20**

Mail address:

**162600, Vologodskaja obl., g. Cherepovets, ul.
Mira, 30, OAO "Severstal", zam. tekhnicheskogo
direktora - glavnogo inzhenera - nachal'niku
TsTRK A.A. Nemtinovu**

(72) Inventor(s):

**Nemtinov Aleksandr Anatol'evich (RU),
Kuznetsov Viktor Valentinovich (RU),
Strunina Ljudmila Mikhajlovna (RU),
Dolgikh Ol'ga Veniaminovna (RU),
Toropov Sergej Sergeevich (RU),
Artjushchkin Aleksandr Viktorovich (RU),
Efimov Semen Viktorovich (RU),
Rodionova Irina Gavrilovna (RU),
Rybkin Nikolaj Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionerное obshchestvo "Severstal"
(OAO "Severstal") (RU)**

(54) MANUFACTURING METHOD OF HOT-ROLLED MILL PRODUCTS OF HEAVY-DUTY

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: it is implemented steel making, containing, wt %: carbon 0.045-0.12, silicon not more than 0.50, manganese 0.35-1.15, aluminium 0.01-0.09, nitrogen not more than 0.010, niobium and/or titanium - 0.01-0.08, iron and unavoidable admixtures - the rest, pouring, hot rolling with finishing temperature in the range 830-880°C, cooling by water, winding of

strips into coils in the range 510-640°C. Steel additionally contains, wt %: vanadium 0.01-0.08, calcium 0.0005-0.010, herewith total content of niobium, titanium and vanadium mustn't exceed 0.117 wt %.

EFFECT: strength properties increasing of steel at saving of formability and receiving of hot-rolled mill products of required strength grade.

7 cl, 6 tbl

Изобретение относится к области металлургии, конкретно к технологии производства горячекатаного проката повышенной прочности из низколегированной стали, предназначенного для изготовления деталей автомобиля методом штамповки.

Одним из определяющих качеств автолиста является его способность к вытяжке при штамповке деталей автомобиля. Горячекатаные полосы с повышенной прочностью и высокой способностью к вытяжке в зависимости от класса прочности должны соответствовать определенному комплексу механических свойств, например, согласно требованиям европейского стандарта EN 10149 (таблица 1):

Таблица 1					
Класс прочности*	Марка	Минимальный предел текучести (R_{eH}), Н/мм ²	Временное сопротивление (R_m), Н/мм ²	Минимальное относительное удлинение A, %	
				<3 мм $L_c=80$ мм	>3 мм $L_c=5,65\sqrt{S_0}$
315	S315MC	315	390-510	20	24
355	S355MC	355	430-550	19	23
420	S420MC	420	480-620	16	19
460	S460MC	460	520-670	14	17
500	S500MC	500	550-700	12	14

Примечание: *Класс прочности заложен в наименование марки по EN 10292-04. Числовое значение соответствует минимальному пределу текучести.

Известен способ производства горячекатаных полос из стали с содержанием углерода до 0,1 вес.%, в котором при горячей прокатке температуру конца прокатки принимают равной 860-890°C, душирование полос начинают через 7-9 с после конца прокатки, а температуру смотки принимают равной 640-700°C, при этом дрессировку полос для получения их матовой поверхности осуществляют в валках с высотой микронеровностей бочек $R_a=2,2-2,7$ мкм и для получения шероховатостей поверхности - с $R_a=2,9-4,0$ мкм [Патент РФ №2255990, МПК C21D 8/04, 10.07.2005 г.].

Недостаток известного способа состоит в том, что он не обеспечивает требуемого уровня механических свойств проката классов прочности от 315 до 500.

Известен способ производства горячекатаных полос из стали с содержанием углерода в пределах 0,01-0,1%, в котором при горячей прокатке температуру конца прокатки принимают равной 780-800°C, охлаждение до температуры смотки ведут со скоростью 9-13 град/с, травление ведут при 60-80°C, а дрессировку проводят с относительным обжатием 0,5-1,0% [Патент РФ №2164248, МПК C21D 8/04, C21D 9/46, 20.03.2001 г.].

Недостаток известного способа состоит в том, что он не обеспечивает требуемого уровня механических свойств классов прочности от 315 до 500.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ производства горячекатаных полос, включающий выплавку сверхнизкоуглеродистой стали с примесями серы и азота, легированной титаном с содержанием элементов, удовлетворяющим соотношению $Ti/(4\cdot C+3,43\cdot N+1,5\cdot S)=1\div 1,5$, при котором горячую прокатку завершают при температуре 885-915°C, охлаждение ведут до температуры 685-715°C, затем полосы подвергают дрессировке с обжатием 0,8-1,2% [Патент РФ №2202630, МПК C21D 8/04, 20.04.2003 г.] - прототип.

Недостаток известного способа состоит в том, что он не обеспечивает требуемого уровня механических свойств проката классов прочности от 315 до 500.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение прочностных характеристик стали при сохранении штампуемости, а также получение горячекатаного проката требуемого класса прочности.

Технический результат достигается тем, что в способе производства горячекатаного проката повышенной прочности, включающем выплавку низколегированной стали, разливку, горячую прокатку, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, согласно изобретению выплавляют сталь, содержащую углерод 0,045-0,12%, кремний - не более 0,50%, марганец - 0,35-1,15%, алюминий - 0,01-0,09%, азот -

не более 0,010%; ниобий и/или титан - 0,01-0,08% каждого, железо и неизбежные примеси - остальное, при этом температуру конца прокатки поддерживают в диапазоне 830-880°C, а температуру скотки - в диапазоне 510-640°C. Сталь может дополнительно содержать ванадий в количестве 0,01-0,08%, а также кальций в количестве 0,0005-0,010%, при этом суммарное содержание ниобия, титана и ванадия не должно превышать 0,117 мас.%.
5

Согласно изобретению содержание углерода, марганца и суммарное содержание ниобия, титана и ванадия связаны с требуемым классом прочности соотношениями:

$$[C] = (0,0002 \cdot K_{\text{пр}} + 0,002) \pm 0,02, \% \quad (1)$$

$$10 \quad [Mn] = (0,0022 \cdot K_{\text{пр}} - 0,15) \pm 0,20, \% \quad (2)$$

$$[Nb + Ti + V] = (0,0002 \cdot K_{\text{пр}} - 0,013) \pm 0,03, \% \quad (3)$$

где [C] - содержание углерода в стали, %;

[Mn] - содержание марганца в стали, %;

15 [Nb+Ti+V] - суммарное содержание ниобия, титана, ванадия, %;
0,0002, 0,002, 0,0022, 0,15, 0,013 - эмпирические коэффициенты, %;

$K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести.

20 Сущность изобретения состоит в следующем. На механические свойства холоднокатаной листовой стали влияют как химический состав стали, так и режимы деформационно-термической обработки.

Углерод - один из упрочняющих элементов. При содержании углерода менее 0,045% прочностные свойства стали ниже допустимого уровня. Увеличение содержания углерода более 0,12% приводит к снижению пластичности стали, что недопустимо.

25 Кремний в стали применен как раскислитель и легирующий элемент. При содержании кремния в стали более 0,50% резко снижается пластичность, имеет место охрупчивание стали.

Марганец обеспечивает получение заданных механических свойств. При содержании марганца менее 0,35% прочность стали ниже допустимой. Увеличение содержания марганца более 1,15% чрезмерно упрочняет сталь, ухудшает ее пластичность.

35 Алюминий введен в сталь как раскислитель. При содержании алюминия менее 0,01% снижается пластичность стали, сталь становится склонной к старению. Увеличение содержания алюминия более 0,09% приводит к ухудшению комплекса механических свойств.

Азот упрочняет сталь. При содержании азота более 0,010% сталь становится склонной к старению.

40 Ниобий, титан и ванадий применены как легирующие элементы и обеспечивают получение необходимых прочностных свойств. При содержании ниобия, титана, ванадия менее 0,01% не удастся получить требуемый уровень прочности. Увеличение содержания ниобия, титана или ванадия более 0,08% нецелесообразно вследствие чрезмерного упрочнения стали и ухудшения пластичности.

45 Кальций применен в пределах 0,0005-0,010% как высокоактивный элемент для усиливающего раскисляющего действия алюминия и удаления из расплава в шлак фосфора, серы, кислорода, что приводит к изменению фазового состава и улучшения формы (глобулязации) оксидных включений, а также уменьшению их количества.

50 Горячая прокатка с температурами конца прокатки 830-880°C и скотки 510-640°C обеспечивает формирование оптимальной текстуры металла с преобладающей кристаллографической ориентировкой <111>, а также микроструктуры с высокой стабильностью и равномерностью. Ниже и выше заявленных температурных пределов технический результат не достигался, а именно сталь приобретала структуру с неблагоприятной для холодной штамповки текстурой и неравномерную микроструктуру ферритной матрицы.

Экспериментально установлено, что верхний предел суммарного содержания ниобия, титана и ванадия ограничен значением 0,117%. При увеличении суммарного содержания [Nb+Ti+V] более 0,117% ухудшается пластичность проката из-за чрезмерного упрочнения стали.

5 Экспериментально установлено, что для получения требуемого класса прочности содержание углерода, марганца, а также суммарного содержания ниобия, титана и ванадия должно быть регламентировано в соответствии с зависимостями:

$$[C]=(0,0002 \cdot K_{\text{пр}} + 0,002) \pm 0,02, \%; [Mn]=(0,0022 \cdot K_{\text{пр}} - 0,15) \pm 0,20, \%;$$

$$[Nb+Ti+V]=(0,0002 \cdot K_{\text{пр}} - 0,013) \pm 0,03, \%. \quad 10$$

Примеры реализации способа

В кислородном конвертере выплавляли низколегированные стали, химический состав которых приведен в таблице 2.

15 Выплавленную сталь разливали на машине непрерывного литья в слябы сечением 250×1280 мм. Слябы нагревали в нагревательной печи с шагающими балками до температуры 1250°C в течение 2,5-3,5 часов и прокатывали на непрерывном широкополосном стане 2000 в полосы толщиной 2,5-3,5 мм. Температура полос на выходе из последней клетки стана регламентирована. Горячекатаные полосы на отводящем рольганге охлаждали водой до определенных температур и сматывали в рулоны. Охлажденные рулоны подвергали
20 солянокислотному травлению в непрерывном травильном агрегате.

Таблица 2
Химический состав низколегированных сталей

№ состава	Содержание элементов, мас.%									
	C	Si	Mn	Al	N	Nb	Ti	V	Ca	Fe и неизбежные примеси
1	0,03	0,03	0,30	0,05	0,006	0,004	0,003	0,003	0,0002	Ост.
2	0,045	0,003	0,35	0,05	0,005	0,010	0,005	0,005	0,0005	Ост.
3	0,07	0,20	0,70	0,01	0,005	0,030	0,010	0,005	0,005	Ост.
4	0,08	0,42	0,82	0,04	0,010	0,002	0,002	0,080	0,010	Ост.
5	0,09	0,45	0,93	0,05	0,006	0,003	0,080	0,013	0,0004	Ост.
6	0,12	0,50	1,15	0,09	0,005	0,080	0,025	0,010	0,0007	Ост.
7	0,13	0,55	1,20	0,05	0,011	0,085	0,015	0,025	0,011	Ост.
8 (прототип)	0,003	-	-	-	0,005	-	0,051	-	-	Ост.

Примечание: состав №8 содержит серу в количестве 0,008 мас.%

35 В таблице 3 приведены варианты реализации способа производства горячекатаного проката, а также показатели механических свойств.

Таблица 3
Технологические параметры производства горячекатаного проката и показатели механических свойств

№ состава	Температура конца прокатки $T_{\text{кп}}, ^\circ\text{C}$	Температура смотки $T_{\text{см}}, ^\circ\text{C}$	Предел текучести $\sigma_T (R_{eH}), \text{Н/мм}^2$	Предел прочности $\sigma_B (R_m), \text{Н/мм}^2$	Относительное удлинение $\delta_8^0, (\text{A}), \%$
1	885	665	280	350	29
2	880	640	345	405	26
3	855	620	380	455	23
4	845	580	435	505	21
5	840	550	475	530	17
6	830	510	515	560	14
7	827	505	530	580	10
8 (прототип)	900	700	230-235	340-345	δ_{10}^{38}

50 В таблицах 4-6 указано необходимое содержание углерода, марганца и [Nb+Ti+V] согласно зависимостям (1), (2), (3).

Таблица 4
Минимальное и максимальное содержание углерода, рассчитанное согласно зависимости $[C]=(0,0002 \cdot K_{\text{пр}} + 0,002) \pm 0,02, \%$

№ состава	Содержание С, мас.%	Требуемый класс прочности K_{pp}	Содержание С, мас.% согласно зависимости $[C]=(0,0002 \cdot K_{pp} + 0,002) \pm 0,02, \%$	
			C_{min}	C_{max}
1	0,03	315	0,045	0,085
2	0,045	315	0,045	0,085
3	0,07	355	0,053	0,093
4	0,08	420	0,066	0,106
5	0,09	460	0,074	0,114
6	0,12	500	0,082	0,122
7	0,13	500	0,082	0,122
8 (прототип)	0,03	315	0,045	0,085

Таблица 5

Минимальное и максимальное содержание марганца, рассчитанное согласно зависимости $[Mn]=(0,0022 \cdot K_{pp} - 0,15) \pm 0,20, \%$

№ состава	Содержание Mn, мас.%	Требуемый класс прочности K_{pp}	Содержание Mn, мас.% согласно зависимости $[Mn]=(0,0022 \cdot K_{pp} - 0,15) \pm 0,20, \%$	
			Mn_{min}	Mn_{max}
1	0,30	315	0,343	0,743
2	0,35	315	0,343	0,75
3	0,70	355	0,431	0,831
4	0,82	420	0,574	0,974
5	0,93	460	0,662	1,062
6	1,15	500	0,75	1,15
7	1,20	500	0,75	1,15
8 (прототип)	-	315	0,343	0,743

Таблица 6

Минимальное и максимальное содержание $[Nb+Ti+V]$, рассчитанное согласно зависимости $[Nb+Ti+V]=(0,0002 \cdot K_{pp} - 0,013) \pm 0,03, \%$

№ состава	Содержание $[Nb+Ti+V]$, мас.%	Требуемый класс прочности K_{pp}	Содержание $(Nb+Ti+V)$, мас.% согласно зависимости $[Nb+Ti+V]=(0,0002 \cdot K_{pp} - 0,013) \pm 0,03, \%$	
			$[Nb+Ti+V]_{min}$	$[Nb+Ti+V]_{max}$
1	0,01	315	0,02	0,08
2	0,02	315	0,02	0,08
3	0,045	355	0,028	0,088
4	0,084	420	0,041	0,101
5	0,096	460	0,049	0,109
6	0,015	500	0,057	0,117
7	0,125	500	0,057	0,117
8 (прототип)	0,051	315	0,02	0,08

Из таблиц 2-6 видно, что в случае реализации предложенного способа (составы №2-6) и выполнении зависимостей (1)-(3) достигаются механические свойства с классами прочности от 315 до 500. При запредельных значениях заявленных параметров (составы №1 и 7) и использовании способа-прототипа (состав №8) классы прочности от 315 до 500 не достигаются: для состава №1 классу прочности 315 не соответствует предел текучести и предел прочности; для состава №7 классу прочности 500 не соответствует относительное удлинение; для способа-прототипа (состав №8) классу прочности 315 не соответствует предел текучести и предел прочности.

Из проката изготавливали штамповкой высоконагруженные детали автомобиля, замечаний к штамповке у потребителя не было.

Формула изобретения

1. Способ производства горячекатаного проката повышенной прочности, включающий выплавку низколегированной стали, разливку, горячую прокатку, охлаждение водой, смотку полос в рулоны, отличающийся тем, что выплавляют сталь, содержащую компоненты в следующем соотношении, мас. %:

5	углерод	0,045-0,12
	кремний	не более 0,50
	марганец	0,35-1,15
	алюминий	0,01-0,09
	азот	не более 0,010
	ниобий и/или титан	0,01-0,08 каждого
	железо и неизбежные примеси	остальное

при этом температуру конца прокатки поддерживают в диапазоне 830-880°C, а температуру смотки - в диапазоне 510-640°C.

10 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что сталь дополнительно содержит ванадий в количестве 0,01-0,08 мас. %.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что суммарное содержание ниобия, титана и ванадия не превышает 0,117 мас. %.

15 4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что сталь дополнительно содержит кальций в количестве 0,0005-0,010 мас. %.

5. Способ по любому из пп.1 и 2, отличающийся тем, что содержание углерода связано с требуемым классом прочности зависимостью:

$$[C]=(0,0002 \cdot K_{\text{пр}} + 0,002) \pm 0,02, \text{ мас. \%},$$

20 где 0,0002 - эмпирический коэффициент, %;

$K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести;

0,002 - эмпирический коэффициент, %.

25 6. Способ по любому из пп.1 и 2, отличающийся тем, что содержание марганца связано с требуемым классом прочности зависимостью:

$$[Mn]=(0,0022 \cdot K_{\text{пр}} - 0,15) \pm 0,20, \text{ мас. \%},$$

где 0,0022 - эмпирический коэффициент, %;

$K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести;

0,15 - эмпирический коэффициент, %.

7. Способ по любому из пп.1 и 2, отличающийся тем, что суммарное содержание ниобия, титана и ванадия связано с требуемым классом прочности зависимостью:

$$[Nb+Ti+V]=(0,0002 \cdot K_{\text{пр}} - 0,013) \pm 0,03, \text{ мас. \%},$$

35 где 0,0002 - эмпирический коэффициент, %;

$K_{\text{пр}}$ - безразмерный показатель, численно равный требуемому минимальному пределу текучести;

0,013 - эмпирический коэффициент, %.

40

45

50