



(51) МПК  
*C21D 8/04* (2006.01)  
*C21D 9/46* (2006.01)  
*C22C 38/38* (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: **2012118967/02, 10.05.2012**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**10.05.2012**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **10.05.2012**

(45) Опубликовано: **27.08.2013** Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2255988 C1, 10.07.2005. RU 2341566 C2, 20.12.2008. RU 2443787 C2, 27.02.2012. SU 1446176 A, 23.12.1988. SU 926043 A, 10.05.1982. US 4336080 A, 22.06.1982.**

Адрес для переписки:

**119049, Москва, ГСП-1, В-49, Ленинский пр-кт, 4, МИСиС, отдел защиты интеллектуальной собственности**

(72) Автор(ы):

**Вольшонов Игорь Зиновьевич (RU),  
 Трайно Александр Иванович (RU),  
 Русаков Андрей Дмитриевич (RU),  
 Рыжик Мария Петровна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС" (RU)**

**(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОЙ СТАЛИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, конкретно к листопрокатному производству, и может быть использовано при получении высокопрочных холоднокатаных листов для глубокой вытяжки. Для повышения прочностных и пластических свойств листовой стали получают горячекатаную полосу, подвергают ее травлению, холодной прокатке, а затем термической обработке путем нагрева

до температуры 710-850°C с последующим охлаждением со скоростью 60-80°C/с, повторного нагрева до температуры 260-350°C и выдержкой не менее 20 с. Горячекатаную полосу изготавливают из стали следующего химического состава, мас. %: 0,06-0,11 C, 0,4-3,5 Mn, 0,001-0,03 Si, 0,01-0,49 Cr, 0,01-0,05 Al, 0,001-0,012 N, не более 0,1 Ni, не более 0,1 Cu, остальное Fe. 1 з.п. ф-лы, 3 табл., 2 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*C21D 8/04* (2006.01)*C21D 9/46* (2006.01)*C22C 38/38* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012118967/02, 10.05.2012**(24) Effective date for property rights:  
**10.05.2012**

Priority:

(22) Date of filing: **10.05.2012**(45) Date of publication: **27.08.2013 Bull. 24**

Mail address:

**119049, Moskva, GSP-1, V-49, Leninskij pr-kt, 4,  
MISiS, otdel zashchity intellektual'noj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Vol'shonok Igor' Zinov'evich (RU),  
Trajno Aleksandr Ivanovich (RU),  
Rusakov Andrej Dmitrievich (RU),  
Ryzhik Marija Petrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Natsional'nyj  
issledovatel'skij tekhnologicheskij universitet  
"MISiS" (RU)**

**(54) METHOD TO PRODUCE SHEET STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: hot rolled strip is produced, exposed it to etching, cold rolling, and then thermal treatment by means of heating to 710-850°C with further cooling with speed of 60-80°C/s, repeated heating to 260-350°C and soaking for at least 20 s. The hot rolled strip is made of steel of the

following chemical composition, wt %: 0.06-0.11 C, 0.4-3.5 Mn, 0.001-0.03 Si, 0.01-0.49 Cr, 0.01-0.05 Al, 0.001-0.012 N, not more than 0.1 Ni, not more than 0.1 Cu, balance - Fe.

EFFECT: improved strength and plastic properties of sheet steel.

2 cl, 3 tbl, 2 ex

Изобретение относится к области металлургии, конкретно к листопрокатному производству, и может быть использовано при получении высокопрочных холоднокатаных листов для глубокой вытяжки.

Известен способ производства листовой стали, используемой для изготовления деталей кузова автомобиля методом глубокой вытяжки. Способ включает изготовление горячекатаной полосы из стали марки 08Ю по ГОСТ 9045-93 следующего химического состава, мас. %:

10	Углерод не более	0,07
	Марганец	0,20-0,35
	Алюминий	0,02-0,07
	Кремний не более	0,04
	Медь не более	0,06
15	Сера не более	0,025
	Фосфор не более	0,020
	Железо	Остальное.

Горячекатаную полосу подвергают травлению, холодной прокатке до конечной толщины и термической обработке - рекристаллизационному отжигу при температуре 720°C в колпаковой садочной печи [1].

Недостаток известного способа состоит в том, что отожженная листовая сталь имеет низкие прочностные свойства, что требует увеличения толщины изделий, получаемых из листа глубокой вытяжкой.

Известен также способ производства листовой стали, включающий получение горячекатаной полосы из стали следующего состава, мас. %:

30	Углерод	не более 0,02
	Кремний	не более 0,5
	Марганец	не более 2,5
	Алюминий	1-5
	Фосфор не более	0,10
	Сера не более	0,05
	Азот не более	0,03
35	Цирконий	0,01-0,040
	Железо	Остальное.

Горячекатаную полосу подвергают травлению, холодной прокатке и рекристаллизационному отжигу [2].

Недостатки известного способа состоят в том, что листовая сталь имеет низкие пластические и прочностные свойства.

Ближайшим аналогом к предлагаемому изобретению является способ производства высокопрочных стальных листов, способных к глубокой вытяжке. Способ включает изготовление горячекатаной полосы из стали следующего химического состава, мас. %:

45	Углерод не более	0,10
	Кремний не более	0,06
	Марганец не более	0,5
	Фосфор менее	0,08
	Сера менее	0,03
50	Алюминий менее	0,15
	Железо	Остальное.

Горячекатаные полосы подвергают травлению, холодной прокатке с суммарным

относительным обжатием 80-95%, термической обработке - рекристаллизационному отжигу [3].

Недостаток известного способа состоит в том, что листовая сталь в отожженном состоянии не обладает одновременно высокими прочностными и пластическими свойствами.

Техническая задача, решаемая изобретением, состоит в одновременном повышении прочностных и пластических свойств.

Для решения технической задачи в известном способе производства листовой стали, включающем изготовление горячекатаной полосы, травление, холодную прокатку и термическую обработку, согласно изобретению термическую обработку проводят путем нагрева до температуры 710-850°C с последующим охлаждением со скоростью 60-80°C/с, повторного нагрева до температуры 260-350°C и выдержкой не менее 20 с. Кроме того, что горячекатаная полоса может быть изготовлена из стали следующего химического состава, мас. %:

Углерод	0,06-0,11
Марганец	0,4-3,5
Кремний	0,001-0,03
Хром	0,01-0,49
Алюминий	0,01-0,05
Азот	0,001-0,012
Никель	не более 0,01
Медь	не более 0,
Железо	Остальное.

Сущность изобретения состоит в следующем. Для одновременного обеспечения высоких прочностных и пластических свойств в листовой стали необходимо сформировать ферритную матрицу, способную к глубокой вытяжке без образования разрывов, и равномерно распределенные по ее объему мелкодисперсные частицы мартенсита, которые, затормаживают движение дислокаций и повышают тем самым прочность стали.

Нагрев холоднокатаной стали до температуры 710-850°C переводит ее в двухфазное аустенитно-ферритное состояние, причем включения аустенита равномерно распределены в ферритной матрице. Последующее охлаждение со скоростью 60-80°C/с, как показали эксперименты, приводит к переохлаждению аустенитной фазы, которая претерпевает аллотропное превращение в мартенсит с речной морфологией. Ферритная фаза после термической обработки сохраняется. Повторный нагрев до температуры 260-350°C и выдержка при этой температуре в течение не менее 20 с обеспечивает низкий отпуск мартенсита, снятие термических и фазовых напряжений, а также разупрочнение быстроохлажденного (закаленного) феррита, что повышает его пластичность. Полученный композиционный двухфазный ферритно-мартенситный листовой материал сочетает высокие прочностные и пластические свойства.

Экспериментально установлено, что при нагреве холоднокатаной листовой стали ниже 710°C количества остаточного аустенита, который трансформируется в мартенсит, недостаточно для упрочнения, сталь имеет низкую прочность. Увеличение температуры нагрева выше 850°C приводит к росту зерен микроструктуры стали, снижению прочности и пластичности.

Охлаждение со скоростью менее 60°C/с уменьшает количество мартенситных включений, приводит к появлению в стали нежелательной перлитной фазы, снижению прочности и пластичности. Увеличение скорости охлаждения более 80°C/с приводит к

формированию игольчатого феррита (феррита закалки), снижению пластических свойств листовой стали.

При температуре повторного нагрева ниже 260°C или выдержки менее 20 с процессы низкого отпуска не завершаются, листовая сталь имеет недостаточную пластичность. Увеличение температуры повторного нагрева сверх 350°C приводит к снижению прочности, что недопустимо.

Наиболее высокое сочетание прочностных и пластических свойств, как показали исследования авторов, имеет место при содержании в холоднокатаной листовой стали доли мартенситной фазы в 18-22%, распределенной по объему феррита. Такая доля мартенситной фазы гарантированно достигается в случае использования горячекатаных полос из стали предложенного состава.

Углерод является упрочняющим элементом. При содержании углерода менее 0,06% снижается прочность термообработанной стали, а при содержании более 0,11% падает ее пластичность.

Марганец, помимо раскисления стали, способствует ее аустенитизации при нагреве до 710-850°C, а также упрочняет ферритную матрицу. При содержании марганца менее 0,4% в процессе охлаждения в холоднокатаной стали формируется пластинчатый перлит, ее прочность и пластичность снижаются. Увеличение содержания марганца более 3,5% приводит к переупрочнению стали и потере пластических свойств.

При содержании кремния менее 0,001% сталь после отпуска имеет недостаточную прочность. Увеличение содержания кремния более 0,03% приводит к увеличению в ней неметаллических включений, снижению пластичности.

Хром, связывая углерод в карбиды, упрочняет сталь. При содержании хрома менее 0,01% прочность холоднокатаной листовой стали недостаточна. Увеличение содержания хрома более 0,49% приводит к снижению пластичности.

Алюминий стабилизирует сталь, что исключает ее старение. При содержании алюминия менее 0,01% или более 0,05% снижается пластичность стали данного химического состава.

Азот, образуя нитриды, повышает прочность. Снижение концентрации азота менее 0,001% приводит к снижению прочности стали и резко удорожает ее производство. Увеличение содержания азота более 0,012% способствует старению листовой стали, т.е. деградации ее свойств: снижению пластичности и увеличению прочности, что недопустимо.

Никель и медь упрочняют сталь, и в количестве не более 0,1% каждого из них не приводят к ухудшению пластичности. Увеличение содержания никеля более 0,1% или меди более 0,1% снижает пластические свойства данной стали после ее нагрева, ускоренного охлаждения и низкого отпуска.

Примеры реализации способа

Пример 1.

Слябы из стали марки 08Ю имеют следующий химический состав, мас. %:

C	Mn	Al	Si	Cu	S	P	Fe
0,05	0,25	0,04	0,03	0,05	0,012	0,010	Остальное

Слябы нагревают до температуры 1250°C и прокатывают на непрерывном широкополосном стане 2000 в полосы толщиной 3,7 мм с температурой конца прокатки 830°C, подвергают ускоренному охлаждению водой до температуры 620°C и сматывают в рулоны.

Горячекатаные полосы подвергают солянокислотному травлению для удаления окалины в линии непрерывного травильного агрегата. Затем травленные полосы подвергают холодной прокатке на непрерывном 5-клетевом стане кварто 1700 до конечной толщины  $h=0,7$  мм.

5 Очередную холоднокатаную полосу, смотанную в рулон, устанавливают на разматывателе непрерывного (проходного) агрегата термообработки. В процессе транспортирования полосы через секцию нагрева производят ее нагрев до температуры  $T_3=770^\circ\text{C}$ . На выходе из секции нагрева полосу интенсивно охлаждают со скоростью  $V=68^\circ\text{C}/\text{с}$  струями азота до температуры  $120^\circ\text{C}$ . При этом аустенитные составляющие структуры трансформируются в мелкодисперсные мартенситные включения, упрочняющие ферритную матрицу. Затем полосу транспортируют через секцию вторичного нагрева, где производят ее нагрев до температуры  $T_{\text{пн}}=310^\circ\text{C}$  с выдержкой при этой температуре в течение времени  $\tau=25$  с. При этом происходит отпуск мартенситной и ферритной фаз. Термообработанную полосу сматывают в рулон и подвергают испытанию механических свойств.

15 Варианты реализации предложенного способа, а также показатели прочности  $\sigma_T$  и пластичности  $\delta_5$  холоднокатаной листовой термообработанной стали приведены в табл.1.

Из данных, представленных в табл.1, следует, что реализация предложенного способа (варианты №2-4) обеспечивает повышение прочностных и пластических свойств холоднокатаной листовой стали марки 08Ю. При заданных значениях заявленных параметров (варианты №1 и №5), а также реализации известного способа [3] (вариант б) пластические и прочностные свойства листовой стали снижаются.

30

Режимы производства и механические свойства листовой стали марки 08Ю							Таблица 1.
№ п/п	$T_3, ^\circ\text{C}$	$V, ^\circ\text{C}/\text{с}$	$T_{\text{пн}}, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{с}$	$\sigma_T, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	
1.	700	50	250	18	220	24	
2.	710	60	260	20	295	38	
3.	770	68	310	25	300	40	
4.	850	80	350	26	295	39	
5.	860	85	360	28	200	25	
6.	700	не релг.	-	-	210	23	

35

### Пример 2.

40 В кислородном конвертере выплавляют стали следующих химических составов (табл.2).

45

Химический состав сталей										Таблица 2.
№ состава	Содержание химических элементов, мас.%									
	C	Mn	Si	Cr	Al	N	Ni	Cu	Fe	
1.	0,05	0,3	0,0009	0,009	0,009	0,0009	0,03	0,04	Остальн.	
2.	0,06	0,4	0,001	0,01	0,01	0,001	0,04	0,03	--	
3.	0,08	1,9	0,020	0,25	0,03	0,006	0,05	0,07	--	
4.	0,11	3,5	0,030	0,49	0,05	0,012	0,10	0,10	--	
5.	0,12	3,6	0,035	0,50	0,06	0,013	0,12	0,11	--	

50

Выплавленные стали подвергают непрерывной разливке и горячей прокатке в полосы толщиной 3,7 мм. Горячекатаные полосы подвергают солянокислотному травлению и холодной прокатке на непрерывном 5-клетевом стане кварто до

толщины  $h=0,7$  мм.

Полученные холоднокатаные полосы подвергают термообработке в непрерывном агрегате. В секции нагрева агрегата полосы нагревают до температуры  $T_3=780^\circ\text{C}$ , после чего в секции закалки охлаждают со скоростью  $V=70^\circ\text{C}/\text{с}$ . Затем в секции повторного нагрева полосы нагревают до температуры нагрева  $T_{\text{пн}}=305^\circ\text{C}$  и выдерживают при этой температуре в течение  $\tau=22$  с.

В табл.3 приведены прочностные и пластические свойства сталей различного состава после термической обработки.

Таблица 3.			
Механические свойства листовых сталей различного состава			
№ варианта	№ состава	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
1.	1.	290	25
2.	2.	380	40
3.	3.	390	40
4.	4.	390	39
5.	5.	290	26
6.	[3]	202	24

Результаты испытания механических свойств (табл.3) показывают, что сталь предложенного состава (варианты №2-4) после термической обработки по предложенному режиму обеспечивает наибольшее повышение прочностных и пластических свойств холоднокатаной листовой стали. При запредельных значениях содержания химических элементов (варианты №1 и №5), а также при использовании стали известного состава [3] имеет место снижение прочностных и пластических свойств листовой стали.

Технико-экономические преимущества предложенного способа состоят в том, что нагрев холоднокатаной листовой стали до  $710-850^\circ\text{C}$  и последующее интенсивное охлаждение со скоростью  $60-80^\circ\text{C}/\text{с}$  обеспечивает превращение аустенита в мелкодисперсный мартенсит, упрочняющий ферритную матрицу. Отпуск двухфазной мартенситно-ферритной стали при  $260-350^\circ\text{C}$  в течение не менее 20 с несколько повышает прочность мартенситной фазы и одновременно повышает пластичность ферритной матрицы.

В варианте реализации способа при использовании стали предложенного состава после нагрева холоднокатаной полосы до  $710-850^\circ\text{C}$  и последующего охлаждения со скоростью  $60-80^\circ\text{C}/\text{с}$  объемная доля мартенситной фазы в феррите достигает оптимальной величины 18-22%, благодаря чему одновременно достигается еще большее повышение прочности и пластичности.

В качестве базового объекта при определении технико-экономической эффективности предложенного способа принят известный способ [1]. Использование предложенного способа обеспечивает повышение рентабельности производства холоднокатаной листовой стали для глубокой вытяжки на 15-20%.

Литературные источники, использованные при составлении описания изобретения:

1. Беняковский М.А. и др. Производство автомобильного листа - М.: Металлургия, 1979, с.12, 78, 107, 186.
2. Заявка №1136575 (Европатент), МПК C21D 9/46, C22C 38/00, 2001.
3. Заявка №59-38336, Япония. МПК C21D 9/48, C21D 8/04, 1984.

#### Формула изобретения

1. Способ производства листовой стали, включающий изготовление горячекатаной

полосы, травление, холодную прокатку и термическую обработку, отличающийся тем, что термическую обработку проводят путем нагрева до температуры 710-850°C с последующим охлаждением со скоростью 60-80°C/с, повторного нагрева до температуры 260-350°C и выдержкой не менее 20 с.

5 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что горячекатаную полосу изготавливают из стали следующего химического состава, мас. %:

	углерод	0,06-0,11
10	марганец	0,4-3,5
	кремний	0,001-0,03
	хром	0,01-0,49
	алюминий	0,01-0,05
	азот	0,001-0,012
15	никель	не более 0,1
	медь	не более 0,1
	железо	остальное

20

25

30

35

40

45

50