



УКРАЇНА

(19) UA (11) 28780 (13) A

(51) 6 C22C38/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОНСТРУКЦІЙНА СТАЛЬ ПІДВИЩЕНОГО ПРОГАРТУВАННЯ

(21) 97094707

(22) 22.01.1998

(24) 16.10.2000

(33) UA

(46) 16.10.2000, Бюл. № 5, 2000 р.

(72) Курдюков Анатолій Андрійович, Бобильов Мі-
хаїл Вікторович, RU, Носоченко Олег Васильович,
Мельник Сергій Григорович, Тихонюк Леонід Сергі-
йович, Буга Ілля Дмитрович, Чанаях Михайло Іва-
нович, Сагіров Іван Васильович(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МЕ-
ТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "АЗОВСТАЛЬ"(57) Конструкційна сталь підвищеного прогарту-
вання, вміщуюча вуглець, марганець, кремній, бор,азот, решта залізо, яка **відрізняється** тим, що до-
датково вміщує молібден і титан при наступному
співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець, C	0,10-0,20
марганець, Mn	1,10-1,50
кремній, Si	0,15-0,30
молібден, Mo	0,15-0,30
бор, B	0,0005-0,0050
титан, Ti	0,01-0,04
азот, N	0,005-0,015,

причому

$$N/(Ti + 10 \times B) \leq 0,24$$

$$Mn + 5 \times Mo \geq 2,15.$$

Винахід відноситься до галузі металургії, зокрема до розробки конструкційної високоміцної сталі, призначеної для виготовлення зварених конструкцій різного призначення.

Відома конструкційна сталь, яка містить (мас. %): вуглець 0,15-0,30%, кремній 0,5-0,8, марганець 0,7-1,5%, фосфор 0,02-0,10, мідь 0,1-0,4, бор 0,001-0,005%, титан 0,01-0,05, алюміній 0,01-0,05%, решта залізо [1]. Недоліками вказаної сталі є: широкі межі вмісту легуючих елементів, що може призвести до нестабільності механічних властивостей, її низька технологічність та недостатній рівень прогартуваності.

Найбільш близька за технічною суттю і досягаючим ефектом до пропонованої сталі є сталь, яка містить (мас. %): вуглець 0,14-0,22%, кремній 0,10-0,37%, марганець 1,0-1,6%, бор 0,005-0,010%, азот 0,015-0,03%, решта залізо [2].

Недоліки відомої сталі в тому, що при відносно високому вмісту азоту не врахований фактор захисту бору від зв'язування у нітриди, що не дозволить одержати підвищені характеристики прогартуваності.

Задачею винаходу є розробка конструкційної високоміцної сталі, призначеної для виготовлення зварених конструкцій різного призначення, підвищення характеристик прогартування сталі і забезпечення кризової прогартуваності термічнопокресуваної металопродукції товщиною до 32 мм.

Поставлена задача досягається тим, що запропонована сталь вміщує вуглець, марганець, кремній, бор, азот, решта залізо, додатково вміщує

молібден і титан при такому відношенні компонен-
тів, мас. %:

вуглець, C	0,10-0,20
марганець, Mn	1,10-1,50
кремній, Si	0,15-0,30
молібден, Mo	0,15-0,30
бор, B	0,0005-0,0050
титан, Ti	0,01-0,04
азот, N	0,005-0,015

Причому

$$\frac{N}{Ti + 10 \times B} \leq 0,24 \quad Mn + 5 \times Mo \geq 2,15.$$

Домішки: сірка до 0,025%, фосфор до 0,025%, хром до 0,20%, нікель до 0,20%, мідь до 0,20%, алюміній до 0,06%.

Приведені сполучення легуючих елементів дозволяють отримати в запропонованій сталі (листи товщиною до 32 мм) після термообробки (гартування від температури не менше 920°C з наступним відпуском від температури не нижче 620°C) однорідну дрібнодисперсну структуру мартенситу відпуску з сприятливим сполученням характеристик міцності і пластичності.

Вуглець вводиться в композицію даної сталі для забезпечення рівня її міцності і прогартування. Верхня межа вмісту вуглецю (0,20%) замовлена необхідністю забезпечення потрібного рівня пластичності сталі, а нижня (0,10%) - забезпеченням потрібного рівня міцності даної сталі.

Марганець і молібден використовуються з однієї сторони, як змішувачі твердого розчину, з другої сторони, як елементи значно підвищуючі стій-

(13) A
(11) 28780
(19) UA

кість переохолодженого аустеніту і збільшуючі прогартуваність сталі. При цьому верхній рівень вмісту зазначених елементів (відповідно 1,50% Mn, 0,30% Mo) визначається необхідністю забезпечення потрібного рівня пластичності сталі, а нижній - 1,10% Mn, 0,15% Mo, необхідністю забезпечити потрібний рівень міцності і прогартування сталі.

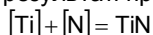
Кремній відноситься до феритостворюючих елементів. Нижній рівень кремнію - 0,15% зумовлений технологією розкислення сталі. Вміст кремнію вище 0,30% несприятливо позначиться на характеристиках пластичності сталі.

Бор сприяє різкому підвищенню прогартуваності сталі. При цьому верхня межа вмісту бору визначається необхідністю забезпечення потрібного рівня пластичності сталі, а нижня - необхідністю забезпечення потрібного рівня прогартуваності сталі.

Титан використовується як розкислювач і забезпечує захист бору від зв'язування у нітриди, що сприяє різкому підвищенню прогартуваності сталі. Так нижній рівень вмісту титану - 0,01% визначається необхідністю забезпечення заданого рівня прогартуваності сталі, а верхній рівень - 0,03% визначається необхідністю забезпечення потрібного рівня пластичності сталі.

Азот, елемент, який бере участь в створюванні карбонітрідів, при цьому нижній рівень його вмісту (0,005%) визначається вимогою забезпечення заданого рівня міцності, а верхній рівень (0,015%) - необхідний для забезпечення заданого рівня пластичності і прогартуваності сталі.

Для забезпечення повного зв'язування азоту в нітриди типу TiN у результаті протікання реакції:



потрібно виконання наступного співвідношення

елементів: $\frac{\text{N}}{\text{Ti} + 10 \times \text{B}} \leq 0,24$ у протилежному випадку не забезпечується захист бору від зв'язування його в нітриди і різко знижуються характеристики прогартуваності сталі.

Співвідношення $\frac{\text{N}}{\text{Ti} + 10 \times \text{B}} \leq 0,24$ визначає умови зберігання в сталі більше 50% ефективного бору, що забезпечує задані властивості прогартуваності сталі.

Співвідношення $\text{Mn} + 5 \times \text{Mo} \geq 2,15$, з одного боку визначає умови, забезпечуючі заданий рівень міцності сталі, з другого боку, визначає рівень базового легування, забезпечуючого мінімальний рівень прогартуваності сталі.

Порівнюючий аналіз з прототипом дозволяє зробити висновок, що запропонований склад відрізняється від відомого уводом нових компонентів - молібдену і титана, а також співвідношеннями:

$$\frac{\text{N}}{\text{Ti} + 10 \times \text{B}} \leq 0,24 \text{ і } \text{Mn} + 5 \times \text{Mo} \geq 2,15.$$

Таким чином, запропоноване технічне рішення відповідає критерію "новина".

Аналіз патентної та науково-технічної інформації не виявив рішень, маючих аналогічно сукупні ознаки, якими досягався б подібний ефект - підвищення характеристик прогартуваності сталі.

Отже, запропонована сукупність ознак відповідає критерієві "істотні ознаки".

Нижче надані приклади здійснювання запропонованого винаходу, не виводячи інших в об'ємі формули винаходу.

В експериментальних умовах в 60-кг відкритій індукційній печі виплавлено 10 плавов дослідних марок сталі, хімічний склад яких надано в табл. 1. Сталь розливали на 3 злитки вагою по 17 кг, які далі кували на сутунку поперечним перерізом 70×70 мм. Потім сутунки прокатували на лист товщиною 14 мм. З листа виготовляли заготовки зразків розміром 14×14×300 мм, котрі у подальшому пройшли термічну обробку в лабораторних печах типу СНЗ по наступних режимах: гартування від 950°C з витримкою 50 хвилин і охолодженням в воді. Відпуску при температурі 630°C з витримкою 30 хвилин. Товщина заготовки і режими охолодження при гартуванні забезпечували різне прогартування заготовок.

Механічні характеристики визначали на тангенціальних зразках. Випробування на розтягування при кімнатній температурі проводили на зразках тип I, ГОСТ 1497-84 на випробувальній машині "INSTRON-1185" з тензометричною реєстрацією деформації. Швидкість навантаження зразка - 5 мм/хв. Визначали характеристики міцності σ_b і $\sigma_{0,2}$ і пластичності - δ_5 і ϕ .

Середні значення характеристик підраховували по результатах випробувань не менше трьох зразків на точку. Значущість відмінностей середніх значень величин, які ми аналізували, оцінювали з використанням критерію Стюдента, вираховували наступним чином:

$$t = \frac{(M_1 - M_2)}{\sqrt{(S_1^2 + S_2^2)}} \leq t_{KR}^{0,05}(\alpha)$$

де:

M_1 і M_2 - середні значення порівнюваних величин;

S_1^2 і S_2^2 - дисперсії середнього;

$t_{KR}^{0,05}(\alpha)$ - критичне значення критерію Стюдента при рівні значущості 0,95 і числі ступенів свободи - α .

Визначення характеристик прогартуваності (критичний діаметр D_{50}) проводили методом торцевого гартування циліндричних зразків діаметром 25,0 мм і довжиною 100 мм з заплічками, відповідно ГОСТ 5657. Перед виготовленням зразка заготовки пройшли термічну обробку у камерних печах за наступним режимом: нормалізація, 950°C, 1 год., повітря. Випробовували по два зразки на плавку. Гартування зразків проводилось струменем води в спеціальній установці. В зв'язку з необхідністю запобігання окисненню і обезвуглецюванню торцю зразка, безпосередньо торкаючися струменю води при гартуванні, нагрівання зразків у камерних печах (без захисної атмосфери) проводили в спеціальному стакані. Торць зразка ставився на спеціальну графітову пластівку. Зразок нагрівався у камерній печі до температури 950°C. Тривалість прогрівання зразка до температури гартування складала 30-50 хвилин. Відхилення від заданої температури гартування не перевищувало $\pm 5^\circ\text{C}$. Витримка зразка при температурі гартування після нагрівання складала 30 хвилин. Час з моменту витягування зразка з печі

до початку охолодження не перебільшував 5 сек. Зразок знаходився під струменем води до повного охолодження (приблизно 15÷20 хв.). Температура охолоджуючої води складала 20±5°C.

Для вимірювання твердості по всій довжині загартованого зразка зішліфовувались дві діаметрально протилежні площі до глибин 0,5±0,1 мм. Площини зішліфовувались при великій обільності охолоджуючої води. Шероховатість поверхні площин була не більше 7-го класу чистоти відповідно до ГОСТ 2789. Не допускались прогари, викликаючі структурні зміни металу. Для побудови кривої прогартовуваності сталі вимір твердості починали на відстані 1,5 мм від загартованого торця в осьовому напрямку. Перші 16 вимірів від торця зразка робили з інтервалом 1,5 мм, а потім через 3 мм. У випадку необхідності повторного вимірювання твердості на площині, на якій були зроблені вимі-

ри, площину перешліфовували. Глибина зйомку металу при повторному шліфуванні складала 0,1÷0,2 мм. Твердість визначали по Роквелу (HRC) у відповідності до вимог ГОСТ 9013. Для кожної пари точок, які знаходяться на однаковій відстані від торця зразка на двох протилежних площинах, вираховували середнє арифметичне значення твердості.

Механічні властивості приведені в табл. 2.

Як видно з табл. 2, запропонована сталь, у порівнянні з відомою має більш високі властивості прогартовуваності.

Джерела інформації

1. Авторське свідоцтво СРСР № 901331, C22C38/16, 21.04.1980 р.

2. Авторське свідоцтво СРСР № 462880, C22C39/00, 16.03.1973 р. (прототип).

Таблиця 1

Хімічний склад запропонованої і відомої сталі

Плавки	Вміст елементів, мас.%							N/(Ti+10×B)	Mn+5,0xMo	
	C	Mn	Si	Mo	Ti	N	B			Fe
Запропонована сталь										
1	0,12	1,50	0,20	0,19	0,02	0,007	0,002	ост.	0,18	2,45
2	0,16	1,20	0,20	0,27	0,018	0,009	0,002	ост.	0,24	2,55
3	0,20	1,20	0,18	0,19	0,025	0,009	0,002	ост.	0,20	2,15
4	0,18	1,10	0,25	0,21	0,032	0,008	0,003	ост.	0,13	2,15
5	0,19	1,30	0,30	0,26	0,026	0,009	0,004	ост.	0,14	2,60
За межами запропонованого										
6	0,21	1,00	0,32	0,15	0,01	0,008	0,001	ост.	0,40	1,75
7	0,11	1,55	0,25	0,31	0,012	0,012	0,001	ост.	0,55	3,10
8	0,18	1,30	0,28	0,18	0,041	0,015	0,001	ост.	0,29	2,20
9	0,19	1,40	0,33	0,32	0,01	0,013	0,001	ост.	0,65	3,00
Відома сталь										
10	0,20	1,30	0,25	-	-	0,010	0,005	ост.	-	-

Таблиця 2

Механічні властивості запропонованої і відомої сталі

Плавка	Тимчасова міцність, σ_b , МПа	Межа текучості, $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне подовження, δ_5 , %	Відносне звуження, φ , %	Критичний діаметр, D_{50} , мм
Запропонована сталь					
1	760	690	21,0	52,0	18,6
2	790	700	19,0	49,0	17,1
3	800	720	18,0	48,5	17,8
4	780	710	18,0	48,0	16,4
5	800	730	18,0	48,0	17,5
За межами запропонованого					
6	770	690	17,0	47,0	7,6
7	740	650	18,5	48,0	10,2
8	760	680	13,5	43,0	14,8
9	790	700	18,5	48,0	12,1
Відома сталь					
10	700	610	18,0	45,0	14,7

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 34 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
