



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 45168

(13) A

(51) 7 C22C38/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СТАЛЬ

1

2

(21) 2001063881

(22) 08 06 2001

(24) 15 03 2002

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р.

(72) Горлов Геннадій Васильович, Штехно Олег Миколайович, Онода Костянтин Костянтинович, Аксьоненко Валерій Олексійович, Яценко Олександр Іванович, Левченко Геннадій Васильович, Ботвинський Віктор Якович, Рєпіна Неллі Іванівна, Мовшович Вілорд Соломонович, Бражнік Сергій Анатолійович, Мітько Володимир Олексійович, Фогель Борис Михайлович, Худік Юрій Тарасович

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО ЗМК "ЗАПОРІЖСТАЛЬ"

(57) Сталь, яка містить вуглець, марганець, кремній, мідь, алюміній, азот, бор, залізо, яка відрізня-

ється тим, що додатково містить нікель, хром та фосфор за умови такого співвідношення компонентів, мас. %

вуглець	0,03-0,10
марганець	0,15-0,50
кремній	0,01-0,04
мідь	0,01-0,20
алюміній	0,005-0,07
азот	0,003-0,007
бор	0,001-0,006
хром	0,01-0,10
нікель	0,02-0,15
фосфор	0,01-0,05
залізо	залишок

Винахід стосується чорної металургії, конкретно, складу конструкційної низьковуглецевої сталі для виробництва тонкого листа з підвищеною втомленісною міцністю.

Найбільш близькою за технічною сутністю є сталь, (1 Патент Росії, RU 2154123C1 C22 C38/16), що містить такі компоненти, % мас:

Вуглець	0,02 - 0,08
Марганець	0,2 - 0,6
Кремній	0,005 - 0,1
Мідь	0,01 - 0,1
Алюміній	0,02 - 0,07
Бор	0,001 - 0,05
Кальцій	0,0005 - 0,01
Азот	0,003 - 0,006
Ванадій	0,0005 - 0,005
Ніобій	0,0005 - 0,005
Залізо	залишок

Недоліки відомої сталі обумовлені особливостями хімічного складу сталі, що погіршують її кінцеву структуру та властивості, а саме зниження статичної та втомленісної міцності спричинено утворенням великозернистої феритної основи сталі, з нерівномірним розподілом різноманітних за розміром та будовою ділянок перлиту, зниження

пластичності пов'язано з відсутністю належної кристалографічної текстури.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення відомої сталі шляхом оптимізації компонентів в її складі вмісту вуглецю, марганцю, кремнію, міді, алюмінію, бору, азоту і заліза та введення нових елементів - нікелю, хрому, фосфору для забезпечення змін кінцевої структури, що поліпшують характеристики матеріалу, а саме:

1 Утворення дрібного зерна феритної основи сталі та рівномірного розташування в ній карбідних включень посилює статичну міцність.

2 Виділення з фериту дисперсних включень залізохромистого карбіду, подрібнення ділянок перлиту та їх будови (після гарячої прокатки), підвищує втомленісну міцність.

3 Розвиток упорядкованої внутрішньо-зеренної будови (кристалографічної текстури) фериту поліпшує пластичність.

Поставлена задача вирішується тим, що сталь, яка містить вуглець, марганець, кремній, мідь, алюміній, бор, азот та залізо, додатково містить хром, нікель та фосфор при такому співвідношенні компонентів за масою (мас. %)

Вуглець	0,03 - 0,1
Марганець	0,15 - 0,50

(13) A

(11) 45168

(19) UA

Кремній	0,01 - 0,04
Мідь	0,01 - 0,20
Алюміній	0,005 - 0,07
Азот	0,003 - 0,007
Бор	0,001 - 0,006
Хром	0,01 - 0,15
Нікель	0,02 - 0,15
Фосфор	0,01 - 0,05
Залізо	запишок

Втомленісна міцність низьковуглецевих листових сталей залежить від факторів статичної міцності, що визначаються при одноосному розтягуванні величини межі текучості $\sigma_t(R_e)$, межі міцності $\sigma_b(R_m)$, а також від відносного подовження $\delta(A)$. Значення межі втомленісної міцності $\sigma_1(S_1)$ можна виразити рівнянням

$\sigma_1 = R_m^{0,78} YR^{0,42} A^{-0,168}$, де відносна межа текучості"

Між сукупністю суттєвих ознак винаходу та технічним рішенням, яке досягається, існує такий причинно-наслідковий зв'язок. Зміцнення сталі запропонованого складу забезпечується при комплексному мікрولهгуванні хромом, нікелем та фосфором, завдяки таким ефектам

Хром утворює в фериті твердий розчин, посилюючи міжатомні зв'язки, збільшує енергію переміщення атомів та дефектів кристалічної ґратки (вакансій, дислокацій), підвищує опір деформації, знижує швидкість самодифузії заліза. Таким чином утворюється дрібне зерно феритної основи. Крім того, він зв'язує розчинений у фериті вуглець, особливо при деформаційно-термічних обробках, сприяючи виділенню всередині фериту рівномірно розташованих карбідних включень.

Нікель, як і хром, зміцнює ферит, уповільнює ріст його зерен. Крім того, він знижує температуру евтектичного перетворення в сталі, а тому збільшує рівномірність структури після прокатки, подрібнює будову перліту. Особливо ефективна спільна дія хрому та нікелю на рівномірний розподіл ділянок перліту.

Концентрація хрому - менше 0,01%мас, а концентрація нікелю - менше 0,02%мас замала для зміцнення сталі. Концентрація хрому понад 0,15%мас, може утруднювати рекристалізацію фериту після прокатки та погіршувати пластичність. Концентрація нікелю понад 0,15% збільшує хімічну структурну неоднорідність сталі, викликає утворення ділянок мартенситу в збагачених нікелем та вуглецем ділянках структури при охолодженні після прокатки або термічної обробки (відпалу, нормалізації), погіршує технологічність при штампуванні. Тому вибрані такі концентраційні границі: хром 0,01 - 0,15%мас, нікель 0,02 - 0,15%мас.

Фосфор сильніше від хрому зміцнює ферит через утворення твердого розчину, подрібнення феритних зерен та дисперсійне твердіння, що також сприяє зміцненню. Разом з тим він викликає утворення упорядкованої кристаліграфічної будови (текстури) феритних зерен, яка сприяє поліпшенню пластичності при деформації низьковуглецевих сталей. Концентрація фосфору менше 0,01%мас слабо впливає на текстуру фериту, концентрація його понад 0,05%мас може посилити хімічну

неоднорідність та нестабільність механічних властивостей металу. З уваги на це обрано граничні концентрації фосфору 0,01 - 0,05%мас.

Таким чином, використання нового комплексу мікрولهгуючих елементів в сталі запропонованого складу забезпечує ефективне рішення поставленої задачі зміни кінцевої структури сталі, що поліпшує фізико-механічні характеристики.

Для перевірки та порівнювальної оцінки властивостей виготовлено 6 плавок сталі, зроблена прокатка на тонкий лист та випробування властивостей одержаних матеріалів. Плавки №№ 1 - 5 - запропонована сталь, з них №№ 1 та 5 - позамежного складу, №№ 2, 3, 4 - запропонованого складу, плавка № 6 - відомого складу.

Приклад реалізації виробництва запропонованої сталі у двошхановній печі місткістю 250т меткомбінату "Запоріжсталь".

В піч завалюють 90т металобрухту та 15т вапняку, запивають 100т чавуну та виконують продування ванни через зводові фурми киснем з витратами його - 5500м³/год. За 20 - 30хв до закінчення кисневого продування здійснюють присадку в піч попередньо прожареного феронікелю в кількості 0,5 - 1,0кг/т для забезпечення одержання заданого вмісту нікелю в сталі. По завершенні продування ванни киснем роблять випуск плавки для подальшого розкислення металу в сталерозливальному ковші. При цьому в ковш присаджують ферохром, феромарганець та ферофосфор для одержання заданих запропонованих вмістів відповідно хрому, марганцю, фосфору в готовому металі. При цьому витрати вказаних матеріалів відповідно складають 1,5 - 2,5, 5 - 7 та 1 - 2кг/т сталі. Мікрولهгування сталі бором та алюмінієм виконують в процесі її розливання шляхом введення феробору та алюмінієвої дробі через виливницю в кінці наповнення її металом в кількості відповідно - 250 - 350г/т та 0,5 - 1,1кг/т сталі.

Виплавлення та розливання сталі, а також нагрівання слябів, прокатку штаб та термічну обробку металу в цехи холодної прокатки здійснювали за технологіями, які прийняті на комбінаті при виробництві низьковуглецевих листових сталей.

Після серії дослідно-промислових плавок запропонованої сталі та сталі-прототипу, проведених в аналогічних умовах виправлення, розливання, прокатки та термічної обробки, одержані результати, що наведені в таблиці 1 та 2.

Результати проведеного дослідно-промислового випробування показують, що тонкий лист, виготовлений із запропонованої сталі усіх перевірених складів, має більш високі значення межі текучості та межі міцності, ніж лист із відомих сталей. Це забезпечує збільшення втомленої міцності - понад 20%. При цьому за величиною відносного подовження запропонована сталь не поступається відомій. Проте, запропонована сталь позамежного складу, зі вмістом елементів менше заявленої нижньої межі, (плавка № 1), має недостатньо високі характеристики статичної міцності (на розтягання), необхідні для інтенсивного збільшення втомленісної міцності. Сталь позамежного складу, зі вмістом елементів понад заявленої верхньої межі, має підвищену міцність, але відрізняється зниженням пластичності (відносного подовження).

Тому оптимальним є склад запропонованої сталі у вибраних межах вмісту елементів

Запропонована сталь технологічна в виготовленні та обробці, виготовлення її не пов'язано з екологічною шкодою середовищу. При переробці у споживача вона забезпечує розрахункове зниження металоемності не менше 10 - 15% (за масою),

дозволяє виключити брак при зварюванні (через утворення гарячих тріщин) та при штампуванні (- через структурну неоднорідність). Її виробництво не потребує витрат на реконструкцію обладнання та застосування дефіцитних серовинних (легуючих) матеріалів

Таблиця 1

Хімічний склад сталей

Сталь	Плавка №	Вміст елементів, % мас.													
		C	Mn	Si	Cu	Al	B	Ca	N	Nb	V	Cr	Ni	P	Fe
Пропо-нується	1	0,02	0,12	0,007	0,005	0,003	0,0005	-	0,0025	-	-	0,005	0,01	0,005	Залишок
	2	0,03	0,15	0,01	0,01	0,005	0,001	-	0,003	-	-	0,01	0,02	0,01	" "
	3	0,07	0,30	0,02	0,10	0,03	0,003	-	0,005	-	-	0,10	0,10	0,03	" "
	4	0,10	0,50	0,04	0,20	0,07	0,006	-	0,007	-	-	0,15	0,15	0,05	" "
	5	0,12	0,55	0,05	0,25	0,09	0,008	-	0,009	-	-	0,20	0,20	0,07	" "
Відома	6	0,05	0,40	0,04	0,05	0,03	0,005	0,0025	0,004	0,0005	0,005	-	-	-	" "

Таблиця 2

Властивості сталей

Сталь	Плавка №	Межа текучості $\sigma_T (R_e)$, МПа	Межа міцності $\sigma_B (R_m)$, МПа	Відносне подовження $\delta_4 (A)$, %	Межа втомленісної міцності $\sigma_{-1} (S_r)$, МПа	Середній розмір феритних зерен d, мкм
Запропонована	1	228	350	42,0	270	18
	2	240	372	41,0	310	15
	3	260	395	40,5	325	11
	4	285	433	40,0	365	8
	5	330	445	38,0	345	6
Відома	6	225	345	37,5	240	22