



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12514 (13) U  
(51) МПК (2006)  
C22C 38/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СТАЛЬ ДЛЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОНАФТОПРОВОДІВ

1

2

(21) u200507321

(22) 22.07.2005

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Бойко Володимир Семенович, Шебаніц Еду-  
ард Миколайович, Ларіонов Олександр Олексійо-  
вич, Небога Борис Володимирович, Климачук  
Владислав Владиславович, Мурашкін Олександр  
Вікторович, Кисіленко Володимир Васильович,  
Аріх Сергій Григорович

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МА-  
РІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ.  
ІЛЛІЧА"

(57) Сталь для магістральних газонафтопроводів,  
що містить в своєму складі вуглець, марганець,  
кремній, сірку, фосфор, алюміній, ванадій, ніобій,  
титан, хром, нікель, мідь, молібден, залізо, яка  
відрізняється тим, що в склад сталі додатково

включений азот, а співвідношення між вказаними  
елементами встановлено наступним, мас. %:

вуглець	0,05...0,10
марганець	не більше 1,70
кремній	не більше 0,40
сірка	не більше 0,006
фосфор	не більше 0,025
алюміній	0,02...0,05
ванадій	0,05...0,10
ніобій	0,020...0,050
титан	0,010...0,030
хром	не більше 0,05
нікель	не більше 0,05
мідь	не більше 0,05
молібден	0,15...0,20
азот	не більше 0,008
залізо	решта.

Корисна модель відноситься до чорної мета-  
лургії, а саме до складу залізобуглецевих сплавів.

Найбільш близькою по технічній суті та ефек-  
ту, що досягається, до сталі, що заявляється, є  
сталь для магістральних газонафтопроводів, що  
містить в своєму складі вуглець, марганець, крем-  
ній, сірку, фосфор, алюміній, ванадій, ніобій, ти-  
тан, хром, нікель, мідь, молібден при наступному  
співвідношенні елементів, мас. %:

вуглець	0,03...0,08
марганець	1,30...1,75
кремній	0,15...0,3 5
сірка	0,0005...0,006
фосфор	0,001...0,025
алюміній	0,02...0,05
ванадій	0,05...0,09
ніобій	0,02...0,05
титан	0,01...0,035
хром	0,001...0,08
нікель	0,001...0,08
мідь	0,001...0,08
молібден	0,05...0,25

причому сумарна масова частка алюмінію,  
молібдену та хрому не повинна перевищувати

0,35%, а відношення суми масових часток алюмі-  
нію та молібдену до суми масових часток ванадію,  
ніобію та титану становить величину 1,0...3,5. [Па-  
тент України на винахід №65717А, Бюл. №4 -  
15.04.2004.]. Листи зі сталі вказаного складу ма-  
ють високі значення показників на тимчасовий  
спротив ( $67...75 \text{ кгс/мм}^2$ ), ударну в'язкість при ни-  
зьких температурах ( $KCV^{20} > 9 \text{ кгс м/см}^2$ ,  $KCIU^{60} > 6,5 \text{ кгс м/см}^2$ ), що забезпечує виготовлення з них  
високоякісних магістральних труб та їх експлуата-  
цію в надзвичайних умовах при мінусових темпе-  
ратурах. Присутність в сталі означеного складу  
молібдену сприяє утворенню мілкозернистої стру-  
ктури та в деякій мірі забезпечує підвищену тепло-  
витривалість та антикорозійні властивості в агре-  
сивному середовищі з високою температурою. Але  
внаслідок того, що в складі сталі не регламенту-  
ється вміст азоту, ця сталь не має стабільних по-  
казників по пластичності та міцності, а також під-  
дається старінню, що при використанні  
виготовлених з цієї сталі магістральних труб приз-  
водить до їх дострокового виходу з ладу. Крім того  
регламентація молібдену в складі сталі в таких  
межах не дозволяє стабільно забезпечувати необ-

(13) U

(11) 12514

(19) UA

хідний рівень пластичності металу при високих значеннях міцності, твердості та в'язкості, що призводить до підвищених витрат при виготовленні магістральних труб та їх експлуатації. Регламентація у вказаних межах деяких інших елементів (вуглець, кремній, марганець, ванадій, ніобій, титан) не дозволяє стабільно забезпечувати на високому рівні механічні властивості сталі.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення складу сталі шляхом регламентації вмісту в означеному складі сталі додаткового елементу - азоту, а також встановлення оптимального співвідношення між всіма складовими елементами сталі. Рішення цієї задачі дає змогу отримувати сталь з високими стабільними показниками по тепловитривалості сталі, підвищеними антикорозійними властивостями, зі стабільно високою пластичністю при одночасному стабільному забезпеченні високих значень міцності та в'язкості, запобігаючи старінню металу, що в цілому призводить до значного зниження витрат при виготовленні магістральних труб та їх експлуатації.

Суть корисної моделі полягає в тому, що в складі сталі для магістральних газонафтопроводів, що містить в своєму складі вуглець, марганець, кремній, сірку, фосфор, алюміній, ванадій, ніобій, титан, хром, нікель, мідь, молібден, додатково регламентується вміст азоту, а співвідношення між вказаними елементами встановлено наступним, мас. %:

вуглець	0,05...0,10
марганець	не більше 1,70
кремній	не більше 0,40
сірка	не більше 0,006
фосфор	не більше 0,025
алюміній	0,02...0,05
ванадій	0,05...0,10
ніобій	0,020...0,050
титан	0,010...0,030
хром	не більше 0,05
нікель	не більше 0,05
мідь	не більше 0,05
молібден	0,15...0,20
азот	не більше 0,008
залізо	Решта.

Загальною з прототипом суттєвою ознакою є:

- вміст в складі сталі вуглецю, марганцю, кремнію, сірки, фосфору, алюмінію, ванадію, ніобію, титану, хрому, нікелю, міді, молібдену, заліза.

Суттєвими ознаками, які відрізняються від прототипу:

- додаткова регламентація вмісту в означеному складі сталі азоту;

- співвідношення між вказаними елементами в складі сталі встановлено наступним, мас. %:

вуглець	0,05...0,10
марганець	не більше 1,70
кремній	не більше 0,40
сірка	не більше 0,006
фосфор	не більше 0,025
алюміній	0,02...0,05
ванадій	0,05...0,10
ніобій	0,020...0,050
титан	0,010...0,030
хром	не більше 0,05

нікель	не більше 0,05
мідь	не більше 0,05
молібден	0,15...0,20
азот	не більше 0,008
залізо	Решта.

Наведені вище ознаки є необхідними й достатніми для всіх випадків, на які розповсюджується область застосування корисної моделі.

Між суттєвими ознаками і технічним результатом - підвищенням та стабілізацією на високому рівні тепловитривалості та антикорозійних властивостей, підвищенням пластичності та стабілізацією її на високому рівні при одночасному стабільному забезпеченні високих значень міцності та в'язкості, запобіганням старінню металу - існує причинно-наслідковий зв'язок, який пояснюється наступним чином. Наведений хімічний склад сталі забезпечує основні вимоги по механічним та технологічним властивостям для прокату із низьколегованої сталі для магістральних газонафтопроводів. Як відомо, залишковий вміст азоту в сталях такого класу в основному нижчий від його розчинності в залізі. Тому при кристалізації металу азот може залишатися в металі, утворюючи пересичений розчин, який може зберігатися не тільки в період обробки гарячого металу, але й після, причому на протязі тривалого часу (декілька років). Однак випадання азоту із пересиченого розчину у вигляді нітриду FeN можливе в будь-який час, особливо при експлуатації виробів при мінусових або підвищених температурах, в агресивному середовищі. Випадання азоту із розчину у вигляді нітриду FeN (старіння металу) різко знижує пластичність і міцність сталі й призводить до підвищеного браку при виготовленні магістральних труб й передчасному їх виходу з ладу при експлуатації. Проведеними дослідженнями було встановлено, що при вмісті азоту в сталі для магістральних газонафтопроводів наведеного складу до 0,008 мас. %, схильність металу до старіння буде мінімальною. Для усунення схильності сталі до старіння необхідно забезпечити утворення нітридів елементів, які мають високу спорідненість до азоту й сприяють різкому зниженню його розчинності в рідкому залізі. При введенні таких елементів (алюміній, ванадій, ніобій, титан) в рідкий метал основна кількість азоту випадає із розчину у вигляді первинних або вторинних нітридів цих елементів, а залишковий вміст його в розчині не перевищує розчинності в твердому залізі й не може визивати старіння металу. Особливість утворення нітридів полягає в існуванні порога концентрації елементів, що утворюють нітриди, нижче якого нітриди з рідкого металу не виділяються. Для сталі вказаного складу вказана порогова концентрація забезпечується при сумарній масовій частці ванадію, ніобію та титану по нижній межі вмісту кожного з них. Ванадій, ніобій та титан одночасно мають високу спорідненість до вуглецю й беруть участь в здрібнюванні зерна та забезпечують карбонітридне зміцнення сталі. Верхня межа вмісту ванадію, ніобію та титану в складі сталі наведеного складу обумовлена необхідністю витримання узгодженості між міцністю та в'язкістю сталі з одночасним забезпеченням стабільно високих показників вказаних властивостей. Як ві-

домо, молібден перешкоджає перетворенню аустеніту в полігональний ферит і перліт, а також

сприяє зміщенню інтервалу  $\gamma \rightarrow \alpha$  перетворення в область температур формування верхнього бейніту. Проведеними дослідженнями було встановлено, що для сталі з таким складом елементів вміст молібдену повинен становити 0,15...0,20 мас.%. Лише при наявності молібдену в такій кількості в сталі означеного складу стабільно підвищується прогартовуваність та витривалість проти відпуску, що в свою чергу стабільно забезпечує підвищену тепловитривалість та антикорозійні властивості в агресивному середовищі з високою температурою, покращує та стабілізує пластичність при високих стабільних значеннях міцності та в'язкості. Сірка, фосфор, мідь, хром, нікель, азот для сталі, що заявляється, є шкідливими елементами, тому нижня межа їхнього вмісту не обумовлюється. Важливою для отримання наведених властивостей сталі означеного складу є верхня межа вмісту вказаних шкідливих елементів. В сталі наведеного складу стабільно високі показники міцності та в'язкості при стабільних підвищених показниках пластичності забезпечуються, коли кількість марганцю і кремнію обмежується верхньою межею їх вмісту, тоді як зниження кількості марганцю і кремнію в сталі наведеного складу суттєво не впливає на вказані властивості, тому нижня межа їхнього вмісту не обумовлюється.

Таким чином, щоб значно підвищити та стабілізувати на високому рівні тепловитривалість та антикорозійні властивості, підвищити пластичність та стабілізувати її на високому рівні при одночасному стабільному забезпеченні високих значень міцності та в'язкості, запобігти старінню металу, необхідно використовувати сталь означеного складу зі всіма вказаними співвідношеннями між всіма складовими елементами сталі.

На одному з металургійних підприємств проведено випробування запропонованої сталі. Сталь виплавляли в кисневому конверторі, розливали її на слябовій машині безперервного лиття загото-

вок, а потім на стані 3000 получали з них листи розміром 22x1500x11800 мм. З готових листів відбирали зразки для іспиту на механічні та технологічні властивості. Всього проведено 20 плавов сталі, яка заявляється. Хімічний склад сталі, яка заявляється, на проведених обробках був наступним, мас. %.

вуглець	0,08
марганець	1,60
кремній	0,37
сірка	0,005
фосфор	0,015
алюміній	0,03
ванадій	0,07
ніобій	0,030
титан	0,025
хром	0,03
нікель	0,03
мідь	0,03
молібден	0,185
азот	0,006
залізо	97,494 (решта).

На цьому ж підприємстві проведено 10 плавов сталі, вибраної в якості прототипу, на проведених обробках був наступним, мас. %:

вуглець	0,07
марганець	1,71
кремній	0,33
сірка	0,006
фосфор	0,020
алюміній	0,03
ванадій	0,07
ніобій	0,03
титан	0,032
хром	0,06
нікель	0,06
мідь	0,06
молібден	0,21
азот	0,009
залізо	97,303 (решта).

Механічні та технологічні властивості листів, виготовлених зі сталі проведених плавов наведені в таблиці.

Показники	Тимчасовий спротив, кгс/мм <sup>2</sup>	Межа плинності, кгс/мм <sup>2</sup>	Відносне збільшення довжини, %	Ударна в'язкість, кгс-м/см <sup>2</sup>	
				KCV <sup>-20</sup>	KCU <sup>-60</sup>
Сталь, яка заявляється	72...80	52...58	26..28	13...15	9...10
Прототип	67...75	48...55	20...26	9..12	4...8

При цьому слід зазначити, що витратний коефіцієнт на виробництво листів із слябів сталі, яка заявляється, по проведених плавках становив 1,190 т/т, а із слябів сталі прототипу 1,292 т/т. Ви-

тратний коефіцієнт на виробництво труб із листів сталі, яка заявляється, становив 1,203 т/т, а з листів сталі прототипу 1,315 т/т.