

Винахід відноситься до чорної металургії, а саме до складу залізовуглецевих сплавів.

Відомі декілька марок сталі, що містять в своєму складі вуглець, марганець, кремній, сірку, фосфор, алюміній, ванадій, ніобій, титан, хром, нікель, мідь в різному співвідношенні і використовуються для виготовлення труб магістральних газонафтопроводів (ТУ 14-1-5231-93. Слябы из стали марок 09Г2ФБ и 09Г2БТ; ТУ 14-1-5346-97. Прокат толстолистовой из низколегированной стали марок 13ГС и 13Г1СУ для нефтегазопроводных труб диаметром 508-762мм). Але ці сталі не забезпечують достатньої міцності для стабільного виготовлення високоякісних труб для експлуатації в надзвичайних умовах при мінусових температурах, що призводить до підвищених витрат при виготовленні труб та їх експлуатації.

Найбільш близькою по технічній суті та досягаемому ефекту до заявляемо! є сталь для магістральних газонафтопроводів, що містить в своєму складі вуглець, марганець, кремній, сірку, фосфор, алюміній, ванадій, ніобій, титан, хром, нікель, мідь при наступному співвідношенні елементів, мас. %:

вуглець	0,09-0,12
марганець	1,35-1,75
кремній	0,15-0,35
сірка	≤0,006
фосфор	≤0,020
алюміній	0,02-0,05
ванадій	0,06-0,11
ніобій	0,02-0,05
титан	0,01-0,035
хром	≤0,3
нікель	≤0,3
мідь	≤0,3
залізо	решта

при чому сумарна масова частка хрому, нікелю та міді не повинна перевищувати 0,6%, а сумарна масова частка ніобію, ванадію та титану повинна бути не більше 0,16%. (Прокат толстолистовой из низколегированной стали марки 10Г2ФБ для электросварных труб магистральных газонефтепроводов. Технические условия ТУ 14-1-5444-2002). Листа зі сталі вказаного складу мають високі значення показників на тимчасовий опір ( $63-73 \text{ кгс/мм}^2$ ), ударну в'язкість при низьких температурах ( $KCV^{20} 9 \text{ кгс м/см}^2$ ,  $KCU^{60} 6,5 \text{ кгс м/см}^2$ ), що забезпечує виготовлення з них високоякісних магістральних труб та їх експлуатацію в надзвичайних умовах при мінусових температурах. Але при їх використанні в умовах високої температури довкілля та в агресивному середовищі помітна значна корозія металу, що призводить до дострокового виходу труб з ладу. Крім того такий склад сталі стабільно не забезпечує необхідний рівень пластичності металу, що при високих значеннях міцності, твердості та в'язкості призводить до підвищених витрат при виготовленні магістральних труб та їх експлуатації.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення складу сталі шляхом введення в означений склад сталі додаткового елементу (молібдену), а також встановлення оптимального співвідношення як між всіма складовими елементами сталі взагалі, так і між окремими визначеними групами елементів між собою. Рішення цієї задачі, дає змогу отримувати сталь з високими показниками по тепловитривалості сталі, підвищеними антикорозійними властивостями, стабільно високої пластичності при одночасному забезпеченні високих значень міцності, твердості та в'язкості, що призводить до значного зниження витрат при виготовленні магістральних труб та їх експлуатації.

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

вуглець	0,03-0,08
марганець	1,30-1,75
кремній	0,15-0,35
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
залізо	решта

причому сумарна масова частка алюмінію, молібдену та хрому не повинна перевищувати 0,35%, а відношення суми масових часток алюмінію та молібдену до суми масових часток ванадію, ніобію та титану становить величину 1,0-3,5.

Загальною з прототипом суттєвою ознакою є:

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

Відмітними від прототипу суттєвими ознаками є:

- додатковий вміст в означеному складі сталі молібдену;

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

вуглець	0,03-0,08
марганець	1,30-1,75

кремній	0,15-0,35
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
залізо	решта

- сумарна масова частка алюмінію, молібдену та хрому не повинна перевищувати 0,35%;

- відношення суми масових часток алюмінію та молібдену до суми масових часток ванадію, ніобію та титану становить величину 1,0-3,5.

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

Між суттєвими ознаками і технічним результатом - підвищенням тепловитривалості та антикорозійних властивостей, стабілізацією пластичності на високому рівні при одночасному забезпеченні високих значень міцності, твердості та в'язкості - 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. Молібден перешкоджає перетворенню аустеніту в полігональний феррит і перліт, а також сприяє зміщенню інтервалу  $\gamma \rightarrow \alpha$  перетворення в область температур формування верхнього бейніту. Присутність в сталі означеного складу молібдену в зазначеній кількості сприяє утворенню мілкозернистої структури, підвищує прокалюваність та витривалість проти відпуску, що забезпечує підвищену тепловитривалість та антикорозійні властивості в агресивному середовищі з високою температурою, покращує та стабілізує пластичність при високих значеннях міцності та в'язкості. Якщо сумарна масова частка в сталі алюмінію, молібдену та хрому перевищуватиме 0,35%. сталь матиме надмірну твердість, що призведе до поганої обробляємості металу, надмірним витратам при виготовленні труб та погіршенню антикорозійних властивостей. Щоб в сталі забезпечувалась мілкозерниста структура з рівномірно розміщеними по границям зерен зміцнюючими елементами(ванадій, ніобій, титан), відношення суми масових часток алюмінію та молібдену до суми масових часток ванадію, ніобію та титану повинно знаходитись в межах 1,0-3,5. При відхиленні від цих значень в будь-яку сторону не буде стабільно забезпечуватися необхідний рівень міцності, твердості, в'язкості та пластичності.

Таким чином, щоб значно підвищити тепловитривалість та антикорозійні властивості в сталях для магістральних газонафтопроводів, стабілізувати пластичність на високому рівні при одночасному забезпеченні високих значень міцності, твердості та в'язкості, необхідно використовувати сталь означеного складу зі всіма вказаними співвідношеннями як між всіма складовими елементами сталі взагалі, так і між окремими визначеними групами елементів між собою.

На одному з металургійних підприємств проведено випробування запропонованої сталі. Сталь виплавляли в кисневому конверторі, розливали її на слябовій машині безперервного лиття заготовок, а потім на стані 3000 одержували з них листи розміром 22×1500×11800мм. З готових листів відбирали зразки для іспиту на механічні та технологічні властивості. Всього проведено 20 плавов заявляємої сталі. Вміст молібдену на всіх плавках становив 0,15-0,20%, сумарна масова частка алюмінію, молібдену та хрому складала 0,25-0,30%, а відношення суми масових часток алюмінію та молібдену до суми масових часток ванадію, ніобію та титану становило величину 1,3-2,0. На цьому ж підприємстві проведено 10 плавов сталі, вибраної в якості прототипа. Механічні та технологічні властивості листів з проведених плавов наведені в таблиці.

Таблиця

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-20	KCU <sup>60</sup>
Заявляема сталь	72-75	53-55	25-26	11-12	8-9
прототип	55-70	41-50	14-21	7-10	5-7

При цьому слід зазначити, що витратний коефіцієнт на виробництво листів із слябів заявляємої сталі по проведеним плавкам становив 1,195т/т, а із слябів сталі прототипа 1,302т/т. Витратний коефіцієнт на виробництво труб із листів заявляємої сталі становив 1,205т/т, а з листів сталі прототипу 1,315т/т.