



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41760 (13) A

(51) 6 C22C38/48

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) КОНСТРУКЦІЙНА СТАЛЬ

1

2

(21) 2001031808

(22) 19.03.2001

(24) 17.09.2001

(46) 17.09.2001, Бюл. № 8, 2001 р.

(72) Проволоцький Олександр Євдокимович, Бондаренко Леонід Іванович, Рабінович Олександр Вольфович, Дудник Михайло Іванович, Вишняков Олександр Петрович

(73) НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ, КАЗЕННЕ ПІДПРИЄМСТВО "НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР АРТИЛЕРІЙСЬКО-СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ"

(57) Конструкційна сталь, що містить вуглець, хром, нікель, кремній, марганець, молібден, ванадій, залізо, яка відрізняється тим, що вона додатково містить ніобій тари наступному співвідношенні елементів, мас. %:

вуглець	0,38 ... 0,45
кремній	0,40 ... 0,60
марганець	0,25 ... 0,50
хром	1,20 ... 1,50
нікель	3,00 ... 3,50
молібден	0,35 ... 0,45
ванадій	0,10 ... 0,18
ніобій	0,05 ... 0,15
залізо	решта

Винахід відноситься до металургії, а саме до виробництва середньолегованих високоміцних поліпшених машинобудівних сталей, які призначені для виготовлення крупногабаритних тяжкоавантажених деталей і виробів, розміром до 500мм.

Відомі конструкційні сталі за ГОСТ 8479-70 [1] марок 38X2H2MA, 40X2H2MA, 40XH2MA (аналоги), які призначені для виробництва тяжкоавантажених деталей і виробів методом кування з термічною обробкою, але мають недостатній рівень міцності.

Найбільш близькою по технічній суті та результату, що досягається, до сталі, яка заявляється є відома конструкційна сталь марки 38XH3MFA [1] (прототип) наступного хімічного складу, мас. %:

вуглець	0,33 ... 0,40
кремній	0,17 ... 0,37
марганець	0,25 ... 0,50
хром	1,20 ... 1,50
нікель	3,00 ... 3,50
молібден	0,35 ... 0,45
ванадій	0,10 ... 0,18
залізо	решта

Недоліком відомої сталі є недостатній рівень міцносних властивостей (Ошибка! Закладка не определена.) в поліпшеному стані (після кування, нормалізації, загартування з високим відпуском)

при достатньо високих показниках пластичності ( $\delta_s; \psi$ ) та роботи ударного руйнування (KCU).

В основу винаходу поставлено задачу в запропонованому складі конструкційної сталі шляхом додаткового введення до складу оптимальної кількості ніобію і зміни вмісту вуглецю й кремнію змінити структуру сталі і забезпечити підвищення міцності при збереженні рівня характеристик пластичності та роботи ударного руйнування сталі.

Використання запропонованого рішення приводить до наступного технічного результату, а саме – підвищення рівня міцносних властивостей (Ошибка! Закладка не определена.) в поліпшеному стані при збереженні потрібного рівня показ-

ників пластичності ( $\delta_s; \psi$ ) та роботи ударного руйнування (KCU) сталі.

Суть винаходу полягає в тому, що запропонована машинобудівна конструкційна сталь з підвищеними міцносними властивостями, які досягаються за рахунок оптимізації складу відомої сталі, зокрема, вуглецю та кремнію, а також за рахунок додаткового введення оптимальної кількості ніобію. Так відповідно запропонованого технічного рішення у складі підвищується кількість вуглецю до 0,38 ... 0,45% і кремнію до 0,40 ... 0,60% та додатково вводиться 0,05 ... 0,15% ніобію при нас-

(13) A

(11) 41760

(19) UA

тупному співвідношенні усіх компонентів сталі, мас %

вуглець	0,38	0,45
кремній	0,40	0,37
марганець	0,25	0,50
хром	1,20	1,50
нікель	3,00	3,50
молібден	0,35	0,45
ванадій	0,10	0,18
ніобій	0,05	0,15
залізо	решта	

Ознакою, загальною для сталі, що заявляється та прототипу є наявність у їх хімічних складах хрому 1,20 3,50%, нікелю 3,00 3,50%, марганцю 0,25 0,50%, молібдену 0,35 0,45% і ванадію 0,10 0,18%

Ознаками, які відрізняють нову сталь, є підвищена кількість вуглецю (0,38 0,45%) і кремнію (0,40 0,60%) та додаткове легування ніобієм (0,05 0,15%)

Підвищення у запропонованій сталі кількості вуглецю до 0,38 0,45% забезпечує в порівнянні з відомою підвищення міцносних характеристик металу, як за рахунок підвищення твердості та міцності мартенситу в результаті загартування, так і за рахунок більшої об'ємної доли карбідів, які виділяються при відпуску сталі. Зниження кількості вуглецю, нижче 0,38% не забезпечує необхідних міцносних характеристик сталі, а підвищення його кількості більш 0,45% веде до зниження характеристик пластичності та роботи ударного руйнування за рахунок різкого підвищення твердості металу.

Легування сталі кремнієм у межах 0,40 0,60% деформує атомно-кристалічні ґрати заліза через значні відмінності атомних об'ємів їх ґрат, що приводить до істотного підвищення характеристик міцності металу. Крім того, при відпуску загартованої сталі під впливом кремнію підвищується стійкість мартенситу, а температура його розпаду зміщується в бік більш високих температур. Кремній значно уповільнює процес збільшення карбідів при відпуску, що сприяє досягненню при однакових температурах відпуску більш високих показників міцносних характеристик сталі. При кількості кремнію менш 0,40% впливовий взаємозв'язок його з кристалічними ґратами заліза в значній мірі не виявляється. Введення кремнію більш 0,60% приводить до значних руйнацій ґрат заліза, що негативно впливає на роботу ударного руйнування та зменшує її.

Легування сталі, що заявляється, ніобієм у кількості 0,05 0,15% значно зменшує розмір зерна за рахунок утворення рівномірно розташованих мілких важко розчинних карбідів розміром до 0,2 мкм. Дрібнозернистість, яку надає ніобій дозволяє збільшити пластичні характеристики й роботу ударного руйнування, які, неминуче, зменшуються при введенні додаткових кількостей вуглецю та кремнію. Особлива перевага ніобію, який застосовується для подрібнення структури сталі складається у тому, що він має низьку розкислюючу здатність і не створює небажаних окисних включень. При кількості ніобію менш 0,05% його суттєвий вплив на структуру металу не спостерігається. Введення ніобію більш 0,15% при кількості вугле-

цю, що заявляється (0,38 0,45%) приводить до утворення карбідів розміром більш 0,5 мкм, які порушують однорідність структури й зв'язок між зернами, тим самим збільшують крихкість металу, що приводить до зменшення рівня пластичних характеристик та роботи ударного руйнування.

Таким чином, сукупність істотних відрізняючих ознак запропонованого технічного рішення дозволяє отримати конструкційну сталь з підвищеним

рівнем міцносних властивостей ( $\sigma_{0.2}$ ;  $\sigma_B$ ) в поліпшеному стані при збереженні потрібного рівня

показників пластичності ( $\delta_5$ ;  $\psi$ ) та роботи ударного руйнування (KCU) й за рахунок оптимізації кількості вуглецю і кремнію, а також додаткового введення оптимальної кількості ніобію, тобто сукупність всіх істотних ознак та підсумкових якостей дозволяє отримати технічні результати у відповідності з поставленим завданням.

По наявним у заявника відомостям запропонована сукупність ознак, що характеризують суть винаходу, не відома з рівня техніки, тобто винахід відповідає критерію "новизна".

Суть заявляемого винаходу не витікає явним чином для спеціаліста з відомого рівня техніки. Сукупність ознак, які характеризують відоме рішення, не забезпечує досягання нових властивостей і тільки наявність відрізняючих ознак винаходу дозволяє отримати нові властивості нового технічного рішення. Отже, винахід, що пропонується, відповідає критерію "винахідний рівень".

Наводимо приклади конкретного використання запропонованого хімічного складу конструкційної сталі. В умовах дослідного виробництва були виплавлена сталь з відомим хімічним складом (прототип) та з різними варіантами запропонованого технічного рішення. Сталі отримували методом сплавлення в індукційній печі типу ЛПЗ-67 з основою футерівкою. Хімічний склад сталей наведено в табл. 1.

Сталь розливали у зливки вагою 50 кг, які були проковані в температурному інтервалі 1180 850°C на заготовки з ступенем уковки 4,2, який прийнятий для крупногабаритних поковок. Заготовки після попередньої термічної обробки (нормалізації) піддавали загартуванню від температури 850 870°C та високому відпуску при температурі 580 600°C. Далі із заготовок виготовляли стандартні зразки для проведення випробувань механічних властивостей при температурі 20°C за ГОСТ 1494 – 84 на розривній машині ФП-100/1 і маятниковому копрі 2130 КМ-0,3 за ГОСТ 9454-78. Результати випробувань механічних властивостей подані в табл. 2.

З аналізу результатів випробувань випливає, що відрізняючи ознаки запропонованого технічного рішення дозволяють виготовити сталь (склади 8 – 13), яка в порівнянні зі сталлю марки 38ХН3МФА (склад 1) характеризується збільшеними вла-

востями міцності ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_{0.2}$ ) в 1,6 – 1,7 рази при збереженні рівня властивостей пластичності та роботи ударного руйнування.

Акт випробувань додається.

Таким чином, сталь, яка заявляється, відповідає критерію "виробнича застосовність"

Література  
1 ГОСТ 8479 – 70. Поковки из конструкционной углеродистой стали Общие технические условия

Таблица 1

Хімічний склад дослідних сталей

Варианти складу сталей	Концентрація елементів, мас %*							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Nb
1 (прототип)	0,35	0,37	0,24	1,31	3,28	0,39	0,15	-
Склади сталей по за граничних інтервалах								
2	0,36	0,29	0,62	1,48	3,36	0,40	0,12	0,08
3	0,46	0,44	0,39	1,27	3,18	0,43	0,15	0,13
4	0,39	0,38	0,43	1,34	3,46	0,41	0,17	0,04
5	0,44	0,30	0,58	1,26	3,29	0,37	0,12	0,17
6	0,37	0,41	0,51	1,32	3,41	0,39	0,16	0,03
7	0,47	0,33	0,49	1,39	3,27	0,42	0,14	0,16
Склади сталей у заявлених інтервалах								
8	0,41	0,29	0,60	1,45	3,18	0,43	0,11	0,13
9	0,42	0,37	0,43	1,24	3,46	0,37	0,17	0,09
10	0,38	0,34	0,60	1,37	3,29	0,41	0,14	0,05
11	0,39	0,48	0,40	1,29	3,37	0,39	0,15	0,07
12	0,44	0,41	0,55	1,40	3,24	0,42	0,12	0,11
13	0,45	0,32	0,40	1,31	3,40	0,38	0,16	0,15

\* Залізо – залишок

Таблица 2

Результати випробувань механічних властивостей дослідних сталей

Вариант складу сталей	Механічні властивості				
	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж / см <sup>2</sup>
1 (прототип)	784,1	926,8	10,2	29,4	38,0
Склади сталей по за граничних інтервалах					
2	868,6	1010,3	9,9	29,3	39,4
3	950,2	1200,4	9,2	25,6	38,1
4	862,7	1002,8	10,1	29,5	38,4
5	980,4	1330,2	9,0	22,0	29,5
6	886,3	1032,0	10,5	29,8	37,8
7	1020,1	1031,7	9,3	26,5	28,7
Склади сталей у інтервалах, що заявляються					
8	1358,1	1500,6	9,3	28,4	39,3
9	1358,7	1501,3	9,4	28,7	39,6
10	1356,9	1499,7	9,7	28,1	38,8
11	1357,3	1500,2	9,3	28,3	39,9
12	1358,5	1500,7	9,4	28,6	39,5
13	1357,8	1499,5	9,0	28,2	39,1

---

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90