



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **126647** (13) **C2**
(51) МПК (2022.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/24 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2021 02270**

(22) Дата подання заявки: **28.04.2021**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **05.01.2023**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **24.11.2021, Бюл.№ 47**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **04.01.2023, Бюл.№ 1**

(72) Винахідник(и):

Міщенко Валерій Григорович (UA),

Шейко Сергій Петрович (UA),

Кріпак Альона Олександрівна (UA)

(73) Володілець (володільці):

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,**

вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600
(UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

EP 2907886 A1, 19.08.2015

JP 2015214718 A, 03.12.2015

JP H1036939 A, 10.02.1998

UA 81167 U, 25.06.2013

RU 2574539 C2, 10.02.2016

RU 2587003 C2, 10.06.2016

RU 2627830 C2, 11.08.2017

JP H10212560 A, 11.08.1998

JP H09104946 A, 11.08.1998

JP H07331328 A, 19.12.1995

TW 201704498 A, 01.02.2017

(54) КОНСТРУКЦІЙНА СТАЛЬ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі чорної металургії. Конструкційна сталь містить, мас. %: вуглець 0,07-0,14, кремній 0,01-0,07, манган 0,25-0,50, хром 0,01-0,5, сірка $\leq 0,04$, фосфор $\leq 0,035$, $\frac{(C_{\text{вміст}} - 0,08)}{C} = 1,1 \div 3,9$ РЗМ 0,01-0,03 та залізо, при виконанні співвідношення

UA 126647 C2

Винахід належить до чорної металургії, а саме стосується складу економно-легованих малоперлітних сталей, які після термопластичної обробки для підвищення технологічних та службових властивостей використовують при виробництві високоміцних коліс автотранспортних засобів зі зниженою металоємністю і збільшеним ресурсом експлуатації.

5 Відомо низьковуглецева сталь 15кп (ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий калібрований, зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. [Чинний від 2015-06-22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 22 с. - С. 3.), що містить, мас. %: вуглець - 0,12-0,19; кремній - $\leq 0,07$; манган - 0,25-0,50; хром - $\leq 0,25$; залізо - решта, при цьому вміст сірки і фосфору в сталі не перевищує 0,04 і 0,035 відповідно.

10 Недоліком сталі 15кп є недостатня міцність, а саме низька здатність до витягування під час холодної деформації.

Ознаками, спільними з рішенням, що заявляється, є наявність вуглецю; кремнію; мангану; хрому; заліза.

15 Найбільш близьким за хімічним складом і технічною суттю до сталі, що заявляється, та результатом, який досягається, що прийнята за прототип, є низьковуглецева сталь 10кп (ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий калібрований, зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. [Чинний від 2015-06-22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 22 с. - С. 3.), що містить, мас. %: вуглець - 0,07-0,14; кремній - 0,01-0,07; манган - 0,25-0,50; хром - $\leq 0,15$; залізо - решта, при цьому вміст сірки і фосфору в сталі не перевищує 0,04 і 0,035 відповідно.

20 Недоліком відомої сталі є слабка стійкість до вм'ятин і відносно крупне зерно, що зумовлює незадовільний рівень міцності сталі.

Ознаками, спільними з рішенням, що заявляється, є використання вуглецю; кремнію; мангану; хрому; заліза, при такому співвідношенні компонентів, мас. %: вуглець - 0,07-0,14; кремній - 0,01-0,07; манган - 0,25-0,50; хром - $\leq 0,15$; сірка - $\leq 0,04$; фосфор - $\leq 0,035$; залізо - решта.

25 В основу винаходу поставлена задача розробити конструкційну сталь, яка шляхом введення до її складу ванадію та РЗМ, дозволяє підвищити міцність сталі, отримати дрібнодисперсну структуру за рахунок максимального подрібнення зерна та при подальшому поверхневому зміцненні забезпечити отримання поверхневого шару з покращеними механічними характеристиками, а саме: підвищеними твердістю та зносостійкістю.

30 Поставлена задача вирішується тим, що у конструкційну сталь, що складається з вуглецю, кремнію, мангану, хрому, сірки, фосфору і заліза, додатково вводять ванадій та РЗМ, при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець	0,07-0,14
кремній	0,01-0,07
манган	0,25-0,50
хром	0,01-0,15
ванадій	0,16-0,20
РЗМ	0,01-0,03
сірка	$\leq 0,04$
фосфор	$\leq 0,035$
залізо	решта,

$$\frac{(Cr + V) - 0,08}{C} = 1,1 \div 3,9$$

при виконанні співвідношення:

35 Запропоноване співвідношення легувальних елементів дозволяє отримати сталь, що має підвищену міцність та однорідну дрібнозернисту структуру з більш високими механічними характеристиками.

Масову частку компонентів визначали з урахуванням їхнього впливу на якісні характеристики сталі.

40 Вуглець вводять з метою забезпечення рівня міцності та загартовуваності. Підвищення вмісту вуглецю більш ніж 0,14 мас. % несприятливо впливає на пластичність сталі. Зниження вмісту вуглецю нижче 0,07 мас. % не дозволяє забезпечити рівень міцності сталі.

45 Кремній належить до феритоутворювальних елементів. Границі вмісту кремнію зумовлені технологією розкислення сталі. Перевищення значення верхньої границі вмісту кремнію вище 0,07 мас. % несприятливо впливає на характеристики пластичності сталі, а вихід за нижню межу 0,01 мас. % не дозволяє забезпечити належний рівень розкислення сталі.

Манган і хром використовують як компоненти, що зміцнюють твердий розчин та суттєво збільшують стійкість переохолодженого аустеніту і загартовуваність сталі. Підвищення вмісту мангану і хрому більш ніж 0,50; 0,15 мас. % відповідно, несприятливо впливає на

загартуваність сталі, зниження їхнього вмісту нижче 0,25 мас. % та 0,01 мас. % відповідно, не дозволяє забезпечити дрібнодисперсну структуру та не відповідає вимогам міцності і загартуваності сталі.

Ванадій вводять до складу сталі в кількості 0,16-0,20 мас. %, це найсильніша з усіх лігатур, яка впливає на подрібнення зерна та зменшує схильність до перегрівання, що різко збільшує межу міцності та текучості без зменшення пластичності сталі.

Вміст ванадію менш ніж 0,16 мас. % не забезпечує ефективного подрібнення структурних складових сталі, що негативно впливає на її макро- та мікроструктуру і властивості. При вмісті ванадію більш ніж 0,20 мас. % спостерігається пересичення розплаву цим компонентом, який у такому разі поводить себе як шкідлива домішка, погіршуючи якість сталі в цілому.

Уведення РЗМ, як модифікатора, до складу конструкційної сталі у вигляді сплаву ФЦМ-5, що містить церій, лантан, празеодим, неодим у кількості 0,01-0,03 мас. %, забезпечує подрібнення зерна та структури сплаву; обмежує зростання кристалів; покращує морфологію та топографію неметалічних включень, що дозволяє підвищити рівень механічних та технологічних властивостей сталі: пластичність та ударну в'язкість у поперечному напрямку. Модифікувальна дія РЗМ (ФЦМ-5) полягає в зміні природи неметалевих включень, їх кількості та характеру розподілу.

Вміст РЗМ у сталі, у кількості менш ніж 0,01 мас. %, не забезпечує ефективного обмеження росту кристалів і, відповідно, подрібнення структури сплаву. При вмісті більш ніж 0,03 мас. % РЗМ спостерігається пересичення розплаву цим компонентом, який поводить себе у цьому разі як шкідлива домішка, погіршуючи якість сталі в цілому.

Вміст сірки та фосфору у складі сталі не повинен перевищувати 0,04 мас. % та 0,035 мас. % відповідно. Відомий негативний вплив цих домішок на окрихчування сталі, яке посилюється особливо у присутності мангану, тому необхідна багатопараметрична оптимізація складу сталі за необхідним мінімальним вмістом легувальних елементів для забезпечення необхідних механічних і службових характеристик.

Перевищення значення максимальної кількості легувальних елементів твердого розчину зумовлює значне зниження пластичності (штамповності) сталі, тому необхідно дотримуватися такого співвідношення:

$$\frac{(Cr + V) - 0,08}{C} = 1,1 \div 3,9$$

де Cr - кількість хрому, мас. %;

V - кількість ванадію, мас. %;

C - кількість вуглецю, мас. %;

0,08 - коефіцієнт втрати легувальних домішок, мас. %;

1,1 ÷ 3,9 - гранична кількість вказаних домішок у твердому розчині.

Також перевищення даного співвідношення призводить до критичного збільшення кількості спеціальних карбідів хрому та ванадію. Пропоновані співвідношення елементів у сталі були знайдені експериментальним шляхом і є оптимальними, оскільки дозволяють отримати комплексний технічний ефект.

Використання легувальних компонентів у співвідношенні, що заявляється, забезпечує відповідність критерію "новизна" та "винахідницький рівень" і дозволяє отримати високі механічні та службові характеристики сталі.

Експериментальне плавлення сталі, що заявляється, здійснювали у відкритій індукційній печі марки ICT-01, потім сталь розливали на виливки вагою $10 \pm 0,1$ кг, які піддавали відпалу при температурі 1200 ± 5 °C протягом $5 \pm 0,1$ год., після чого прокатували в прутки 12×12 мм. Для зміцнення сталь загартували у воді.

Склад конструкційної сталі, що заявляється, наведений в табл. 1:

склад № 1 - сталь 10кп (ДСТУ 7809:2015) - найближчий аналог;

склад № 2 - вміст компонентів нижче нижньої границі запропонованої сталі;

склади № 3, 4, 5 - вміст компонентів, які забезпечують оптимальні значення механічних властивостей сталі, що заявляється;

склад № 6 - вміст компонентів вище за верхню границю запропонованої сталі.

Механічні властивості сталі визначали за ІСО 6892-84. Величину дійсного розміру зерна визначали за шкалою ДСТУ 8972:2019. Результати випробувань наведені у табл. 2.

Результати випробувань свідчать, що співвідношення легувальних елементів у сталі, що заявляється, дозволяє підвищити міцність на 25-30 %, пластичність металу на 15-20 %.

Таблиця 1

Хімічний склад сталей

№ зразка сталі	Вміст легувальних елементів, мас. %								
	C	Mn	Si	Cr	P3M	V	S	P	Fe
1	0,07-0,14	0,25-0,50	≤0,07	≤0,15	-	-	≤0,04	≤0,035	решта
2	0,06	0,15	0,05	0,09	0,01	0,12	0,033	0,031	решта
3	0,07	0,25	0,02	0,01	0,02	0,16	0,031	0,033	решта
4	0,10	0,40	0,05	0,14	0,021	0,18	0,034	0,031	решта
5	0,14	0,50	0,04	0,15	0,025	0,20	0,035	0,031	решта
6	0,15	0,55	0,06	0,16	0,03	0,25	0,035	0,034	решта

- 5 Технічне рішення, що пропонується, відповідає критерію "промислова придатність", дозволяє забезпечити подрібнення зерна та структури; обмежує зростання кристалів; покращує морфологію та топографію неметалічних включень, підвищує рівень механічних та технологічних властивостей сталі, а саме, пластичність та ударну в'язкість у поперечному напрямку.

Таблиця 2

Результати порівняльних випробувань

№ зразка сталі	Механічні властивості			Величина дійсного зерна (бал)
	Границя текучості σ_{02} , МПа	Границя міцності σ_b , МПа	Відносне подовження δ , %	
1	265-295	510-530	16-17	5-6
2	297	535	15,5	7
3	310	575	15,7	8
4	350	620	20,0	10
5	330	635	15,8	8
6	330	636	14,5	7

- 10 Подальше поверхнєве зміцнення забезпечує отримання поверхневого шару деталей з підвищеними механічними характеристиками - твердістю та зносостійкістю, які можна використовувати при виробництві високоміцних коліс автотранспортних засобів зі зниженою металоємністю і збільшеним ресурсом експлуатації.

15 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Конструкційна сталь, що складається з вуглецю, кремнію, мангану, хрому, сірки, фосфору та заліза, яка **відрізняється** тим, що до складу додатково вводять ванадій та РЗМ, при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець 0,07-0,14
 кремній 0,01-0,07
 манган 0,25-0,50
 хром 0,01-0,15
 ванадій 0,16-0,20
 РЗМ 0,01-0,03
 сірка ≤0,04
 фосфор ≤0,035
 залізо $\frac{(C_{\text{сталь}} - 0,08)}{C} = 1,1 \div 3,9$

- 20 при виконанні співвідношення

C

.