



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 60555

(13) A

(51) 7 C22C38/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) ВОДНЕСТІЙКА СТАЛЬ

1

2

(21) 2002129709

(22) 05 12 2002

(24) 15 10 2003

(46) 15 10 2003, Бюл. № 10, 2003 р.

(72) Ткачов Володимир Іванович, Іваськевич Любомир Михайлович, Холодний Володимир Іванович

(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г. В. КАРПЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Воднестійка сталь, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, ванадій, сірку і фосфор, яка відрізняється тим, що додатково містить церій при наступному співвідношенні елементів, мас. %

вуглець	0,04-0,07
кремній	0,3-0,8
марганець	5,0-8,0
хром	20,0-22,0
нікель	15,0-17,0
ванадій	0,20-0,40
азот	0,30-0,45
церій	0,015-0,20
сірка	0,005-0,007
фосфор	0,005-0,015
залізо	решта,

при умові, що сумарний вміст нікелю і марганцю становить менше 22%

Винахід відноситься до металургії, зокрема до хімічного складу воднестійкої сталі для енергетичного обладнання, і може бути використаний у хімічному, нафтогазовому і енергетичному машинобудуванні.

Відома нержавна сталь ЕП-864 [1], що містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, молибден, ніобій, титан, мідь, сірку та фосфор.

Описана нержавна сталь має невисокі механічні властивості. Її границя текучості не перевищує 220 МПа, сталь є чутливою до міжкристалпної корозії та міжкристалпного розтріскування у присутності водню.

Найбільш близькою за технічною суттю до пропонованої сталі є воднестійка сталь [2], яка містить такі елементи при наступному їх співвідношенні, мас. %

вуглець	0,01-0,03,
кремній	0,3-0,8,
марганець	0,4-1,0,
хром	20-22,
нікель	31,5-33,0,
молибден	3-4,
ніобій	0,9-1,2,
титан	0,03-0,1,
азот	0,01-0,03,
мідь	0,05-0,2,
кальцій	0,005-0,015,
фосфор	0,005-0,015,
залізо	- решта,

причому сумарний вміст вуглецю та азоту не повинен перевищувати 0,05, відношення ніобій плюс

титан до вуглецю плюс азот не повинен бути менше 20, а сумарний вміст фосфору і сурми не повинен бути більше 0,016.

Основними недоліками даної воднестійкої сталі є низька міцність, обумовлена відносно низьким вмістом азоту, а також висока собівартість за рахунок великої кількості нікелю.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити склад воднестійкої сталі шляхом введення нових елементів та зміни кількісного складу присутніх елементів, що приведе до підвищення міцних характеристик при збереженні пластичності в нейтральному середовищі та у водні, а також до зменшення собівартості внаслідок зниження вмісту нікелю.

Поставлена задача вирішується тим, що до складу воднестійкої сталі, яка містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, ванадій, сірку і фосфор, згідно винаходу, додатково введено церій при наступному співвідношенні елементів, мас. %

вуглець	0,04-0,07,
кремній	0,3-0,8,
марганець	5,0-10,0,
хром	20,0-22,0,
нікель	15,0-17,0,
ванадій	0,20-0,40,
азот	0,30-0,45,
церій	0,015-0,020,
сірка	0,005-0,007,
фосфор	0,005-0,015,
залізо	- решта,

(13) A

(11) 60555

(19) UA

причому сума вмістів нікелю і марганцю повинна бути не меншою 22%

Введення до складу водневостійкої сталі церію покращило структуру границь зерен, що забезпечило високий опір водневій деградації при збереженні високої міцності

Збільшення кількості марганцю підвищує розчинність азоту, що забезпечує значне тверддорозчинне зміцнення аустеніту, і, як наслідок, до підвищення міцнісних характеристик

Крім того, введення в сталь марганцю дозволяє зменшити процентний вміст дорогого нікелю, тобто знизити собівартість сталі. Обмеження нижньої границі сумарного вмісту нікелю та марганцю забезпечує стабільність аустенітної структури, яка є необхідною умовою роботоздатності сталі у середовищі водню [3]

Хімічний склад, отримані значення границі короточасної міцності  $\sigma_B$ , границі текучості  $\sigma_{0,2}$ , відносного видовження  $\delta$ , відносного поперечного звуження  $\psi$ , границі малоциклової довговічності  $N_d$  і границі довготривалої міцності  $\sigma_{100}$  пропонуваної та відомої сталі наведено в таблицях 1 і 2. Значення всіх характеристик є середніми за результатами випробування трьох зразків. Зразки перед випробуваннями охолоджували у воді після аустенізації при 1420K на протязі 1 години. Характеристики короточасної міцності п'ятикратних циліндричних зразків із діаметром робочої частини 5мм отримано на повітрі та у водні при швидкості розтягу 0,1мм/хв. Малоци-

клово довговічність визначали при амплітуді та частоті деформації відповідно 1,6% та 20 циклів за хвилину, довготривалу міцність - при температурі 973K на базі 100 годин. Робочі камери перед випробуваннями у водні двічі вакуумували, промивали воднем і доводили тиск водню до 35МПа

З отриманих даних видно, що оптимальною є концентрація азоту на рівні границі його розчинності в сталі (до 0,45мас %) При меншому вмісті азоту невисокими є міцнісні характеристики, особливо границя текучості, а перевищення границі розчинності (0,55ас % N) спричинює виділення нїтридів, внаслідок чого знижується пластичність та довготривала міцність зразків у середовищі водню (табл 1, 2)

Зменшення вмісту марганцю нижче 5 мас % приводить до зниження границі розчинності азоту і розміцнення сталі (склад №4, табл 2), а за великої концентрації марганцю матеріал через зміни у характері деформування [1] стає чутливим до водневої деградації (склад №5, табл 2)

Використання винаходу дозволить підвищити експлуатаційну надійність та ресурс роботи хімічного, нафтогазового та енергетичного обладнання

#### Література

1 Сталь ЕП-864 ТУ 14-1-2512-78

2 А с СССР №1668466, МПК С22С38/60, 1981

3 Ткачев В И, Холодный В И, Левина И Н. Работоспособность сталей и сплавов в среде водорода - Львов Вертикаль, 1999 - 255с

Таблиця 1

Хімічний склад пропонуваної та відомої сталей

Сталь	Склад	Вміст елементів, мас %														
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	V	N	Cu	Ca	Ce	S	P	Fe
Пропонована	1	0,06	0,50	6,1	21,0	16,0	-	-	0,36	0,38	-	-	0,02	0,006	0,013	Решта
	2	0,06	0,51	6,2	21,4	16,08	-	-	0,36	0,44	-	-	0,02	0,06	0,013	Решта
	3	0,05	0,50	6,3	21,3	16,02	-	-	0,36	0,55	-	-	0,2	0,006	0,013	Решта
	4	0,06	0,50	4,0	21,1	18,0	-	-	0,36	0,22	-	-	0,02	0,006	0,013	Решта
	5	0,06	0,51	12,0	21,1	12,0	-	-	0,36	0,48	-	-	0,02	0,006	0,013	Решта
Відома		0,20	0,50	0,6	21,0	32,0	3,5	1,1	-	0,01	0,10	0,003	-	0,003	0,010	решта

Таблиця 2

Механічні властивості пропонуваної та відомої сталей

Сталь	Склад	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$N_d$ циклів до руйнування	$\sigma_{100}$ - довготривала міцність у водні під тиском 35 МПа при 973K, МПа
Пропонувана	1	780/780	380/380	59/59	80/80	3900/3432	150
	2	810/810	470/460	53/51	66/66	3812/3278	180
	3	940/910	630/610	38/34	63/46	2160/880	180
	4	610/610	290/290	62/62	82/82	4520/3903	130
	5	840/820	470/460	50/46	64/58	1876/910	130
Відома		565/565	240/240	35/35	65/65		140

Примітка. В чисельнику вказано значення характеристик  $\sigma_B$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ,  $N_d$  на повітрі, в знаменнику - у водні під тиском 35МПа