

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

Відома воднестійка сталь [1], яка містить: вуглець; кремній; марганець; хром; нікель; молібден; ніобій; титан; азот; мідь; кальцій; фосфор; залізо - решта, причому сумарний вміст вуглецю та азоту не повинен перевищувати 0,05, відношення ніобій плюс титан до вуглець плюс азот не повинен бути менше 20, а сумарний вміст фосфору і сурми не повинен бути більше 0,016.

Описана сталь має низьку міцність, обумовлену відносно низьким вмістом азоту, а також високу собівартість за рахунок великої кількості нікелю.

Найбільш близькою за технічною суттю до пропонованої сталі є воднестійка сталь [2], що містить такі елементи при наступному їх співвідношенні, 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, причому сума вмістів нікелю і марганцю повинна бути не меншою 22%.

Недоліком даної воднестійкої сталі є неоднорідність структури, що приводить до зниження границі малоциклової довговічності у присутності водню, тобто до низької надійності виробів із сталі при циклічних навантаженнях у водневому середовищі.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити склад водневостійкої сталі шляхом введення нових елементів та зміни кількісного складу присутніх елементів, що приведе до формування рівномірної дрібнозернистої структури і, як наслідок, до підвищення малоциклової довговічності в нейтральному середовищі та у водні.

Поставлена задача вирішується тим, що до складу воднестійкої сталі, яка містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, ванадій, сірку і фосфор, згідно винаходу, додатково введено гафній при наступному співвідношенні елементів, мас. %: вуглець 0,04-0,07; кремній 0,3-0,8; марганець 5,0-10,0; хром 24,0-28,0; нікель 15,0-17,0; ванадій 0,20-0,40; азот 0,30-0,45; гафній 0,015-0,020; сірка 0,005-0,007; фосфор 0,005-0,015; залізо - решта, причому сума вмістів нікелю і марганцю повинна бути не меншою 22%.

Введення до складу водневостійкої сталі гафнію забезпечило зменшення розмірів зерна і покращило структуру границь зерен, що дозволило підвищити малоциклову довговічність при збереженні високої міцності.

Необхідна для забезпечення роботоздатності сталі у середовищі водню стабільна аустенітна структура [3] забезпечується сумарним вмістом нікелю і марганцю не нижчим, ніж 22%.

Додаткове легування хромом забезпечує підвищення довготривалої міцності та жаростійкості при високих температурах [4], а також підвищення характеристик короточасної міцності при кімнатній температурі через збільшення розчинності азоту.

Хімічний склад, отримані значення границі короточасної міцності  $\sigma_v$ , границі текучості  $\sigma_{0,2}$ , відносного видовження  $\delta$ , відносного поперечного звуження  $\psi$ , границі малоциклової довговічності  $N_{ц}$  і границі

довготривалої міцності  $\sigma_{100}$  пропонованої та відомої сталі приведені в таблицях 1 і 2. Значення всіх характеристик є середніми за результатами випробування трьох зразків. Зразки перед випробуваннями охолоджували у воді після аустенізації при 1150°C на протязі 1 години. Характеристики короточасної міцності п'ятикратних циліндричних зразків із діаметром робочої частини 5 мм отримані на повітрі та у водні при швидкості розтягу 0,1 мм/хв. Малоциклову довговічність визначали при амплітуді та частоті деформації відповідно 1,6% та 20 циклів за хвилину, довготривалу міцність - при температурі 700°C на базі 100 годин. Робочі камери перед випробуваннями у водні двічі вакуумували, промивали воднем і доводили тиск водню до 35 МПа.

З отриманих даних (табл. 1, 2) видно, що оптимальною для забезпечення високої малоциклової довговічності є концентрація гафнію 0,02%. При вмісті гафнію 0,01% (склад №2) число циклів до руйнування пропонованої і відомої сталей є практично однаковими (табл. 2), а введення в сталь понад 0,02% Hf приводить до утворення гарячих тріщин при куванні відливок [4].

Додаткове легування хромом забезпечує підвищення характеристик короточасної і довготривалої міцності сталі у нейтральному середовищі та у водні (склад №2 і 3, табл. 1, 2). Збільшення вмісту хрому понад 26,0% є недоцільним через погіршення деформованості сталей [4].

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

Таблиця 1

Хімічний склад пропонованої та відомої сталей

Сталь	Склад	Вміст елементів, мас. %											
		C	Si	Mn	Cr	Ni	V	N	Hf	Ce	S	P	Fe
Сталь 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	26,3	16,08	0,36	0,44	0,01	-	0,06	0,013	Решта
	3	0,05	0,50	6,3	25,1	16,02	0,36	0,55	0,02	-	0,006	0,013	Решта
Відома		0,06	0,51	6,2	21,4	16,08	0,36	0,44	-	0,02	0,006	0,013	решта

Таблиця 2

Механічні властивості пропонованої та відомої сталей

Сталь	Склад	$\sigma_v$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$N_{ц}$ циклів до руйнування	$\sigma_{100}$ - довготривала міцність у водні під тиском 35 МПа при 973К, МПа
Пропонована	1	810/810	470/470	54/54	67/66	4000/3640	180

	2	820/810	480/470	54/53	67/67	3880/3300	190
	3	820/820	480/470	54/54	68/67	4010/3650	190
Відома		810/810	470/460	53/51	66/66	3812/3278	180

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

Література:

1. А.с. СССР №1668466, МПК C22C 38/60, 1981.
2. Патент України 60555А, C22C 38/00. - Опубл. 15.10.2003. Бюл.№10.
3. Ткачев В. И., Холодный В. И., Левина И.Н. Работоспособность сталей и сплавов в среде водорода.- Львов: Вертикаль, 1999.- 225с.
4. Ульянин Е.А., Свистунова Т.В., Левин Ф.Л. Коррозионностойкие сплавы на основе железа и никеля. М.: "Металлургия", 1986.