



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43003 (13) U
(51) МПК (2009)
C23F 11/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ГАЛЬМУВАННЯ ВОДНЕВОЇ КРИХКОСТІ СТАЛЕЙ У ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ВОДНЮ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР ТА ТИСКІВ

1

2

(21) u200902629

(22) 23.03.2009

(24) 27.07.2009

(46) 27.07.2009, Бюл.№ 14, 2009 р.

(72) ІВАСЬКЕВИЧ ЛЮБОМИР МИХАЙЛОВИЧ, ВИ-
ТВИЦЬКИЙ ВІКТОР ІВАНОВИЧ, БЕРЕЖНИЦЬКА
МАРІЯ ПИЛИПІВНА, МОЧУЛЬСЬКИЙ ВОЛОДИ-
МИР МИХАЙЛОВИЧ, ГРЕБЕНЮК СТАНІСЛАВ
ОЛЕКСІЙОВИЧ(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ.
Г.В.КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ(57) Спосіб гальмування водневої крихкості сталей
у газовому середовищі водню підвищених темпе-
ратур та тисків, що включає процес гальмування
водневої крихкості сталі, який **відрізняється** тим,
що гальмування здійснюється введенням у газове
середовище водню інгібувальної домішки - кисню
вмістом 0,9vol%.

Корисна модель відноситься до способу гальмування водневої крихкості сталей у газових середовищах водню підвищених температур та тисків і може бути використана для захисту від водневої деградації елементів конструкцій водневої енергетики, хімічної та нафтогазової промисловості.

Відомий спосіб гальмування водневої крихкості трубних сталей, який використовується у газових родовищах з вмістом сірководню (H_2S), базується на застосуванні інгібітора „Нафтохім-8”, який, адсорбуючись на поверхні металу, захищає трубу від проникнення водню у 50 разів [1]. У результаті сповільнюється сам процес окрихчення сталі воднем, гальмується ріст тріщин, а значить зростає довговічність та надійність труб. Однак, цей рідинний інгібітор (технічно) не можна використовувати для інгібування сталей, які експлуатуються у газовому середовищі водню підвищених температур та тисків.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованого є спосіб гальмування водневої крихкості насосних штанг, які експлуатуються в агресивних середовищах, що містять сірководень [2]. Він ґрунтується на створенні у поверхневих шарах штанги наклепу та залишкових стискальних макронапружень шляхом обдування поверхні дріб'ю.

Недоліком цього способу є те, що він непридатний для захисту сталі від водневої деградації у труднодоступних місцях - внутрішніх поверхонь виробів, а за підвищених температур середовища є малоефективним, оскільки за таких умов середовища відбувається часткове або повне зняття наклепу та стискальних залишкових напружень.

В основу корисної моделі поставлено завдання розробити спосіб гальмування водневої крихкості сталей у газовому середовищі підвищених температур та тисків, в якому введенням у газове середовище водню інгібувальної домішки - кисню вмістом 0,9Vol% гальмується окрихчення сталі воднем і за рахунок цього зберігається її пластичність, що підвищує довговічність та надійність сталевих виробів у газовому середовищі водню. Окрім того підвищується продуктивність праці, зменшуються матеріальні витрати, пов'язані із необхідністю проведення механічної обробки металу (обдування дріб'ю).

Поставлене завдання розв'язується тим, що у спосіб гальмування водневої крихкості сталей у газовому середовищі водню підвищених температур та тисків, що містить процес гальмування водневої крихкості сталі, згідно корисної моделі гальмування здійснюється введенням у газове середовище водню інгібувальної домішки - кисню вмістом 0,9Vol%.

Суть корисної моделі полягає у тому, що перед випробуванням сталі у газовому середовищі водню вводять у це середовище інгібувальну домішку - кисень, який найбільш хімічно споріднений із металом. Кисень адсорбує на поверхні металу, утруднюючи хемосорбцію та дисоціацію молекул водню, тим самим гальмує водневе окрихчення сталі, що забезпечує її високу пластичність у середовищі водню під час випробувань.

Суттєвою відмінністю даного способу є те, що інгібувальна домішка - кисень не понижує пластичності сталі, як у випадку наклепу, який на відміну від адсорбованого на поверхні кисню, захищаючо-

(13) U
(11) 43003
(19) UA

го від окрихчення сталь, сприяє поглинанню водню за рахунок його дефектів.

Приклад. Вивчали вплив газового середовища водню тиском 35 МПа на механічні властивості - міцність та пластичність мало вуглецевої сталі 03X12H10MT у гартованому стані (нагрів від 1273K, витримка 1год, відпуск 773K 2год.) за кімнатної (293K) та підвищеної (473K) температури, застосовуючи відомий та пропонувані способи гальмування водневої крихкості сталі. Такі параметри середовища були взяті для випробувань, оскільки більшість обладнання водневої енергетики працює у таких умовах.

Дослідження проводили на шліфованих п'ятикратних зразках робочим діаметром 5мм на установці на розтяг, яка була створена для випробувань у газовому середовищі водню підвищених параметрів [3]. Перед випробуванням частину зразків піддавали поверхневому пластичному деформуванню (ППД) згідно відомого способу. Обдування дріб'ю проводили на установці УДША-1 за

оптимальним часом $t = 120$ сек для створення наклепу та максимальних стискальних залишкових напружень біля поверхні зразка.

Для порівняння результатів досліджень у газовому середовищі водню проводили ще випробування зразків у вакуумі 0,13 Па та на повітрі в інтервалі температур 293...473 К. Перед випробуванням у середовищі водню робочу камеру установки вакуумували форвакуумним насосом до $10^{-2} \dots 10^{-3}$ мм рт.ст. Потім мембранним компресором запускали водень марки „А” до тиску 35 МПа. Дозова подача кисню у камеру з воднем згідно пропонованого способу здійснювалась із спеціального натікателя.

Для визначення оптимальної дози інгібувальної домішки кисню проводили додаткові випробування зразків у середовищі водню тиском 35 МПа.

Результати досліджень впливу дози інгібувальної домішки кисню (O_2) на механічні властивості сталі 03X12H10MT у водні приведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Середовище Кімнатна температура	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	β_{σ}^H	β_{ψ}^H
	МПа		%			
Повітря	1080	940	20	70		
Водень Р = 35 МПа	1020	900	9	20		
Водень + 0,2Vol% O ₂	1020	890	12	30	1,3	1,5
Водень + 0,6Vol% O ₂	1025	900	15	48	1,6	2,4
Водень + 0,9Vol% O ₂	1030	890	20	73	2,2	3,65
Водень + 1,2Vol%O ₂	1020	900	20	72	2,2	3,60

σ_B - міцність; $\sigma_{0,2}$ - границя текучості; δ та ψ - характеристики пластичності - відносне видовження та відносне поперечне звуження сталі

$\beta_{\sigma}^H = \frac{\delta_{\Gamma}^H}{\delta^H}$ та $\beta_{\psi}^H = \frac{\psi_{\Gamma}^H}{\psi^H}$ - коефіцієнти гальмування

водневої крихкості; δ^H та δ_{Γ}^H - відносне видовження у водні та водні із гальмуванням його відпо-

відно; ψ^H та ψ_{Γ}^H - відносне поперечне звуження сталі у водні та водні із гальмування його відповідно.

Дослідження показали, що водень під час випробувань суттєво впливає на пластичність, тобто,

робить сталь крихкою. Внесення інгібувальної домішки кисню у газове середовище водню гальмує її крихкість. Із зростом вмісту кисню від 0,2-0,9vol% йде підвищення гальмування водневої крихкості. За дальшого збільшення дози кисню коефіцієнти

гальмування β_{σ}^H та β_{ψ}^H не змінюються. Тому за оптимальний вміст кисню у середовищі водню взято дозу 0,9vol%.

Результати досліджень механічних властивостей сталі 03X12H10MT у газовому середовищі водню тиском 35МПа та в інтервалі температур 293...473 К із застосуванням відомого та пропонованого способів гальмування водневої крихкості сталі представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Таблиця 2						
Вихідний матеріал, Умови випробувань, Спосіб гальмування водневої крихкості	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ	β_{σ}^H	β_{ψ}^H
	МПа		%			
Вихідні зразки (шліфовані)						
Повітря, 293 К	1080	940	20	70		
Водень, 35 МПа; 293К	1020	900	9	20		
Вакуум, 473К	740	660	17	70		
Водень, 35 МПа; 473К Відомий спосіб (зразки після ППД)	750	660	13	38		
Повітря, 293 К	1100	960	19	68		
Водень, 35 МПа; 293К	1050	920	13	32	1,40	1,60
Вакуум, 473К	750	670	18	67		
Водень, 35 МПа; 473К	745	675	14	42	1,07	1,10
Пропонований спосіб (зразки шліфовані)						
Водень + 0,9%O ₂ ; 35 МПа; 293К	1030	890	20	73	2,20	3,65
Водень + 0,9%O ₂ ; 35 МПа; 473К	730	650	16	71	1,23	1,87

Випробування показали, що за співвідношенням β_{ψ}^H пропонований спосіб гальмування водневої крихкості сталі у газовому середовищі водню тиском 35МПа за кімнатної температури гальмує окрихчення сталі у 2,3 рази ефективніше, ніж відомий. Дещо менше за температури 473К у 1,7 рази. Слід відзначити, що характеристики пластичності сталі (δ та ψ) за випробувань у газоподібному водні з додатком кисню 0,9vol% залишаються такими ж як і за випробувань на повітрі (див. табл.2).

Таким чином, порівнюючи одержані результати досліджень, можна зробити висновок, що пропонований спосіб гальмування водневої крихкості у газовому середовищі водню підвищених температур та тисків є більш ефективний, ніж відомий. Окрім того, він є простий, доступний для захисту від водневої деградації різних (у тому числі, внутрішніх) поверхонь виробів та економічно вигідний порівняно з відомим способом.

Джерела інформації:

1. Підвищення надійності і працездатності обладнання газових родовищ Укра.ни, що містять сірководень / О.І.Радкевич, Г.В.Чумало, Р.М.Юркевич, З.М.Ільницький // 36. „Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин” // Київ, ІЕЗ ім. Є.О.Патона, 2006.-С 111-114.

2. Способ повышения долговечности насосных штанг / С.И.Тараевский, Б.В.Копей, А.Б.Куслицкий, М.Ф.Бережницкая // Реф. научно-техн. сборник: Нефтяная промышленность, серия «Машины и нефтяное оборудование». - М, ВНИИ-ОЭИГ, 1983. - Вып.9. - С. 1-2.

3. Патент України на корисну модель № 14905. Установка для випробування металів на розтяг в середовищі газів при високих температурах та тисках. Гребенюк С.О., Витвицький В.І., Бережниця М.П., Хруник Р.А. Опубл. 15.06.2006. Бюл. №6.