

Винахід відноситься до корозійних випробувань матеріалів, а саме до випробувань на визначення водневої деградації сплавів по сигналах акустичної емісії (АЕ).

В зв'язку із перспективами використання водню в якості універсального високоефективного та екологічно чистого пального, енергоносія та енергоакуючого засобу для різноманітних потреб народного господарства [1], а також перспективами розвитку різних видів ядерної енергетики, хімії, нафтохімії, металургії, тощо, виникла потреба проводити дослідження водневої деградації матеріалів в результаті дії на них водню, тобто визначати втрату конструкційними матеріалами своїх службових властивостей в результаті взаємодії їх із воднем. Воднева деградація включає ряд явищ, які пов'язані із дією на металічні матеріали водню та водневомістних середовищ [2]: водневе окрихнення, водневі перетворення структури та воднева деструкція. Форми реалізації водневої деградації металів різні в кожному окремому випадку, але найбільш поширеним є водневе окрихнення [3, 4], коли проходить зниження механічних властивостей та крихкої міцності сталей [5].

Відомий спосіб визначення водневої крихкості сталей, коли зразки матеріалу нагрівають у вакуумі і за допомогою газо-аналітичних пристроїв визначають кількість водню і інших газів, які при цьому виділилися [6].

Недоліком способу є висока трудоемність та неоднозначність оцінки водневого окрихнення. Здатність металів поглинати ту чи іншу кількість водню не означає, що саме в потенційних місцях деструкції кількість водню буде найбільшою.

Відомий також спосіб визначення водневої крихкості сталей, коли на стандартних розривних зразках визначають коефіцієнт впливу середовища шляхом визначення співвідношення механічних характеристик сталі до наводнення і після нього [7].

Недоліки способу - невисока достовірність отриманих результатів за рахунок того, що механічні характеристики визначаються на різних зразках одного і того ж матеріалу до і після наводнення, а також великий розхід матеріалу при випробуваннях.

Технічна задача, яка розв'язується винаходом, полягає у спрощенні способу оцінки схильності до водневої деградації конструкційних сплавів та підвищення достовірності отриманих результатів її оцінки за рахунок проведення навантаження одних і тих же самих зразків матеріалів в пружній області діаграми руйнування до і після наводнення їх.

Поставлена задача розв'язується тим, що в способі оцінки схильності до водневої деградації конструкційних сплавів, що полягає у монотонному статичному навантаженні зразків із цих матеріалів до і після наводнення, згідно винаходу навантаження здійснюють в пружній області діаграми руйнування, фіксують величину, швидкість навантаження та сигнали акустичної емісії (АЕ), причому випробування здійснюють на одному і тому ж самому зразку при однакових швидкостях навантаження до однієї і тієї ж самої величини навантаження до і після наводнення, а про схильність конструкційних сплавів до водневої деградації судять по співвідношенню:

$$S = \sum_k A_k' / \sum_k A_k, \quad (1)$$

де $\sum_k A_k'$ - сума амплітуд сигналів АЕ після наводнення та повторного навантаження зразка, а $\sum_k A_k$ - сума амплітуд сигналів АЕ в процесі навантаження його до наводнення, а ступінь схильності S визначається числовими інтервалами співвідношення (1) і при значеннях $S \leq 0,3$ відповідає слабкій схильності $S = 0,3-1,4$ - середній, а при $S > 1,4$ - сильній.

Вплив водню на конструкційні сплави проявляється у безпосередній його дії на механізм зародження і поширення тріщин. Опосередкована дія водню пов'язана із структурними змінами, а саме: зміна типу структури, розмірів і морфології фаз і т.д. Природа водневої деградації матеріалів визначається вмістом водню, характером взаємодії металів і сплавів із ним, станом водню в металі та величиною діючих внутрішніх та зовнішніх напружень [8]. Водень, який дифундує в сталь по границях зерен та через тіло зерна одночасно частково адсорбується металом і прагне концентруватися по границях зерен на недосконалоостях кристалічної решітки, в різного роду несучільностях, порожнинах, тощо [3]. Саме, це і забезпечує першочергове розтріскування матеріалів в місцях його концентрації при дії зовнішнього навантаження, що призводить до суттєвої зміни механічних характеристик матеріалів і полегшує процеси руйнування. Тому виникає питання забезпечення надійності експлуатації конструкцій або відповідальних їх елементів шляхом визначення стану водневої деградації конструкційних матеріалів, або їх схильності до неї.

Для розв'язання цієї проблеми широко застосовуються засоби та методи неруйнівного контролю (НК), Одним із них є метод акустичної емісії, який може забезпечувати виявлення процесів руйнування матеріалів, що піддалися водневій деградації, на ранніх стадіях їх протікання [9,10]. Метод АЕ відрізняється від інших методів НК високою чутливістю і можливістю незалежно від типу і орієнтації дефекту контролювати весь об'єм об'єкту. Було встановлено [11], що основна частина подій АЕ в результаті водневого окрихнення конструкційних сплавів генерується мікроскопічними міккристалітними тріщинами під час навантаження цих матеріалів. При цьому імпульси АЕ пропорційні числу таких тріщин, а енергія АЕ пропорційна площі утворення одиначної міккристалітної тріщини. Отже, якщо навантажувати зразки із конструкційних сплавів і фіксувати при цьому сигнали АЕ, то можна побачити появу сигналів АЕ при наближенні величини навантаження до межі текучості, а наступні навантаження цього ж зразка після його розвантаження дають сигнали АЕ при значеннях величини навантаження вищих від попереднього (ефект Кайзера [9]). В зразках матеріалів, які піддалися водневій деградації, ефект Кайзера не відтворюється. Це значить, що якщо навантажити ненаводнений зразок, а потім його наводнити та навантажити знову, то сигнали АЕ виникатимуть при навантаженні, величина якого значно нижча від попередньої досягнутої [12]. А це значить, що чим більше матеріал схильний до водневої деградації, тим яскравіше буде проявлятися порушення ефекту Кайзера.

Таким чином, якщо зафіксувати точку навантаження зразка досліджуваного матеріалу до наводнення, а після наводнення довести навантаження повторно до цієї ж точки, фіксуючи в обох випадках сигнали АЕ і співставляючи їх між собою, то можна судити про процеси зародження та розвитку мікротріщин по сигналах

АЕ у відповідності до водневої пошкодженості матеріалу, тобто можна оцінити схильність матеріалу до водневої деградації.

На фіг.1, 2 показано загальний вид пластинчатого і компактного (розміри див. табл. 1) зразків, які випробовувалися на розтяг, а на фіг.3 - блок-схема реалізації способу.

Спосіб реалізується наступним чином. До наводнення зразки навантажуються зусиллям розтягу на випробувальних навантажувальних пристроях із паралельним записом сигналів АЕ. Для цього зразок 1 (фіг.3) фіксується в захватах навантажувального пристрою 2 і на спеціально підготовленій боковій поверхні його встановлюється п'єзоперетворювач сигналів АЕ (ПАЕ) 3. При підході до межі текучості на ненаводнених зразках появляються сигнали АЕ в лінійній області діаграми руйнування (в координатах "навантаження Р - переміщення захвата f" [7]. Вони, перетворені ПАЕ 3 у електричний сигнал, подаються на попередній підсилювач 4, блок фільтрів 5 і блок обробки сигналів АЕ 6 приладу АВН-3. Необхідні інформаційні параметри сигналів АЕ в аналоговій формі разом із сигналами про величину зусилля навантаження із датчика 7 поступають на швидкодіючий реєстратор 8 типу Н-338/6. Навантаження проводиться із постійною швидкістю v_0 до певної величини P_0 , яка фіксується. Після цього проводиться розвантаження зразка і його наводнення, а потім повторне навантаження до попередньо зафіксованої величини P_0 із швидкістю v_0 та із записом

акустограмми сигналів АЕ. В обох випадках знаходяться суми амплітуд сигналів $\sum_k A_k$ - до наводнення, а $\sum_k A_k'$ - після наводнення, які реєструють в процесі навантаження. Маючи такі дані, по співвідношенню (1) судять про схильність матеріалів до водневої деградації.

Приклад виконання способу.

Випробовували зразки із трьох марок конструкційних сплавів: а) сталь 50ХГ; б) сталь ХН55МБЮ-ВД; в) алюмінієвий сплав 1201-Т.

Результати експериментальних досліджень приведені в табл. 2.

Отже із таблиці видно, що найбільшою (сильною) схильністю до водневої деградації відзначається сталь 50ХГ, середньою - сталь ХН55МБЮ-ВД, а сплав 1201-Т - слабкою, їхні середні показники схильності S мають значення 1,97; 0,82; 0,25 відповідно.

Зразки із вказаних марок конструкційних сплавів навантажували на випробувальній машині типу СВР-2 із паралельною реєстрацією параметрів сигналів АЕ до фіксованого значення величини навантаження, як показано у табл. 2. Після цього проводили розвантаження зразків і наводнювали їх у середовищі газоподібного водню при температурі водневого середовища 500°C, тиску 15,0 МПа, час наводнення - 2 години. По закінченні процесу наводнення зразки знову навантажували розтягом до попередньо зафіксованої величини навантаження із аналогічною швидкістю навантаження, яка була встановлена до наводнення.

В якості ПАЕ використовували резонансний п'єзоперетворювач із смугою пропускання 0,16...0,35 МГц. Режими вимірювань сигналів АЕ були наступні. Коефіцієнт підсилення 50 дБ у смузі пропускання приладу АВН-3 0,15...0,5 МГц. При цьому коефіцієнт підсилення попереднього підсилювача становив 34 дБ, а коефіцієнт пропускання частотних фільтрів був рівним одиниці. Швидкодіючим реєстратором сигналів АЕ та величини зусилля навантаження служив прилад Н-338/4.

Таким чином використання запропонованого способу оцінки схильності до водневої деградації конструкційних сплавів дозволяє:

- 1) спростити технологію проведення досліджень;
- 2) підвищити достовірність отриманих, експериментальних даних за рахунок випробування одного і того ж зразка до і після наводнення;
- 3) провести економію матеріальних ресурсів.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Подгорный А.Н., Варшавский И.Л. Водород - топливо будущего. Киев, Наук, думка, 1978. 136 с.
2. Панасюк В.В. Механика квазихрупкого разрушения материалов. Киев, Наук, думка, 1991, 416 с.
3. Арчаков Ю.И. Водородная коррозия стали. М., Металлургия, 1985, 192 с.
4. Харин В.С. Водородная деградация металлов: теоретический анализ и основные принципы решения задач прочности конструкций/Отчет о НИИР за 1986-1990 г., кн. И.Львов, 1990, 225с.
5. Карпенко Г.В. Влияние водню на механические свойства стали. Київ, Вид-во АН УРСР, 1960, 72 с.
6. Швед М.М. Изменения эксплуатационных свойств железа и стали под влиянием водорода. Киев, Наук, думка, 1985, 118 с.
7. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. ГОСТ 25.506-85. М., Из-во стандартов, введ. 01.01.86.
8. Колачев Б.А. - Водородная хрупкость металлов. М., Металлургия, 1985, 220 с.
9. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия для испытаний материалов и изделий. М., Изд-во стандартов, 1976, 272 с.
10. Скальський В.Р. Розробка методик оцінки методом акустичної емісії параметрів тріщиностійкості матеріалів при статичному навантаженні та дії середовища. Автореф. дис. канд. техн. наук. Львів, 1993, 23 с.
11. Киси Т., Нодзуе А. Оценка единицы водородного растрескивания стали 4340 по сигналам акустической эмиссии, - Нихон Киндзакугаккайси, 1981, 45, №12, с. 1305-1309.
12. Shnitzl - Thomas Kh. C, Stengel W. Möglichkeiten zur Früherkennung von Wasserstoffschädigungen in metallischen Werkstoffen durch Anwendung der Schallemissionsanalyse//Werkstoffe und Korrosion - 1983. - 34 - S. 7-13.

Розміри зразків, що використовувалися в експериментальних дослідженнях

Марка конст- рукційних сплавів	Розмір зразка, мм								Рису- нок
	t	b	l	h	n	m	H	d	
50 ХГ	3	30	40	—	20	30	100	10	Фіг. 1
ХН55МБЮ	4,5	70	32	16	3	20	70	12	Фіг. 2
1201-Т	9	80	20	20	3	20	76	12	Фіг. 3

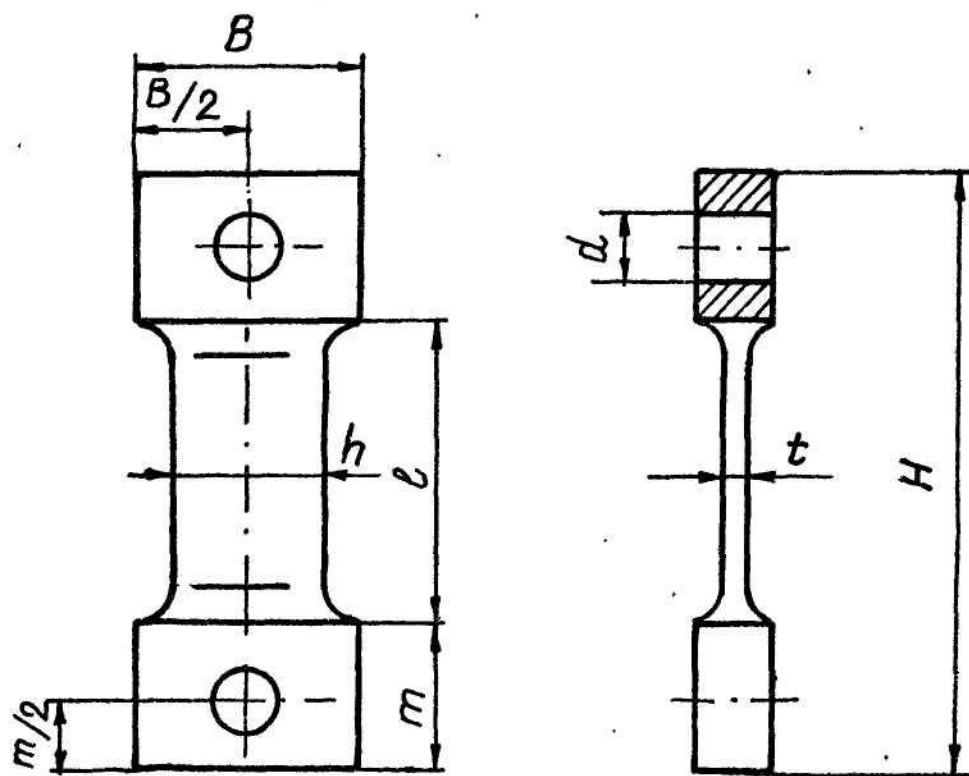
Таблиця 2

Показники вимірювань параметрів навантаження та сигналів акустичної емісії

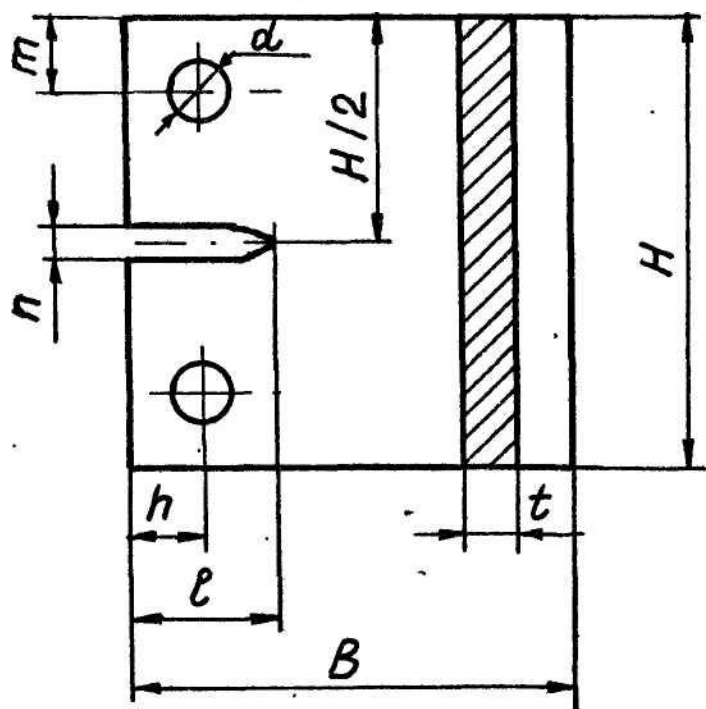
№ зразка	Марка кон- струкц. ма- теріалу	Величина наванта- жен. P_0 , кН	Швидкість навантаж. v_0 , мм/с	$\sum_k A_k$ у.о	$\sum_k A_k'$ у.о	Показник схильності до навод- нення, S
1	50ХГ	210	0,01	903	2188	2,4
2		430		1004	1406	1,4
3		112		1540	2858	1,9
4		140		365	816	2,2
1	ХН55МБЮ	450	0,01	667	228	0,34
2		150		375	450	1,20
3		430		386	509	1,32
4		500		439	180	0,41

Продовження табл. 2

№ зразка	Марка кон- струкц. ма- теріалу	Величина наванта- жен. P_0 , кН	Швидкість навантаж. v_0 , мм/с	$\sum_k A_k$ у.о	$\sum_k A_k'$ у.о	Показник схильності до навод- нення, S
1	1201-Т	537	0,01	594	174	0,30
2		550		472	140	0,30
3		350		1005	230	0,23
4		430		671	127	0,19



$\Phi 1.2$



$\Phi 2.2$



Фиг. 3