

Винахід відноситься до корозійних випробувань матеріалів, а саме до випробувань на водневе окрихчення сталей.

Проблема впливу водню на міцність матеріалів і конструкцій сьогодні стала в ряд найактуальніших для металознавства і механіки матеріалів. Вона пов'язана із перспективами розвитку авіакосмічної техніки, ядерної, термоядерної і водневої енергетики, нових технологій металообробки і т.ін. Поряд із такими традиційними водневоспоживаючими галузями як хімія, нафтохімія, металургія і т.д., яскраво визначились тенденції до збільшення використання водню в якості універсального високоефективного та екологічного чистого палива, енергоносія і енергоакумуючого засобу для самих різноманітних потреб народного господарства [1]. Згідно [2] проблему наводнення сталі можна поділити на три частини: 1) дифузія водню в сталь; 2) розчинність водню в сталі; 3) вплив водню на механічні властивості сталі.

Воднева деградація сталей - це втрата ними службових властивостей. Цей термін об'єднує широкий круг явищ, пов'язаних із дією на металічні матеріали водню та водневомістких середовищ [3]. Одним із проявів наводнення, що призводить до зміни механічних властивостей сталей, є воднева крихкість, яка полягає у зниженні пластичних властивостей і крихкої міцності сталей [2].

Відомий спосіб визначення водневої крихкості сталей, який полягає у визначенні кількості водню в сталі [4], згідно якого зразки металу нагрівають у вакуумі і за допомогою газоаналітичних пристроїв визначають склад і кількість газів, які виділилися.

Недоліками способу є складність і велика трудоємкість визначення водневої крихкості. Крім того, здатність металів поглинати ту чи іншу кількість водню не означає, що саме в потенціальних місцях деструкції кількість водню виявиться найбільшою і, тому цей показник не можна приймати за характеристику водневої крихкості матеріалу.

Відомий також спосіб визначення водневої крихкості сталей, коли показником її береться коефіцієнт впливу середовища [2], який визначається на стандартних розривних зразках [5] і полягає у визначенні співвідношення механічних характеристик сталі до і після наводнення.

Недоліком способу являється низька точність визначення водневої крихкості сталей в силу того, що механічні характеристики визначаються на різних зразках із однієї сталі до і після наводнення і визначення їх, проходить шляхом руйнування зразків, що спричиняє додаткову витрату матеріалу.

Технічна задача, яка розв'язується винаходом, полягає у спрощенні способу визначення водневої крихкості сталей і підвищенні точності її оцінки за рахунок проведення навантаження зразків в пружній області діаграми навантаження і визначення водневої крихкості сталі на одному і тому ж зразку до і після наводнення.

Поставлена задача розв'язується тим, що в способі оцінки водневої крихкості сталей, який полягає у монотонному статичному навантаженні до і після наводнення їх згідно винаходу в процесі навантаження зразків в пружній області діаграми навантаження, вимірюють сигнали акустичної емісії (АЕ), в момент їх появи фіксують величини навантаження ненаводненого і наводненого зразків, причому фіксацію здійснюють на одному і тому ж зразку і при однакових швидкостях навантаження, а про водневу крихкість сталей судять по співвідношенню  $P_2/P_1$ , де  $P_1$  - величина навантаження в момент появи сигналів АЕ до наводнення,  $P_2$  - після наводнення зразка.

Природа водневої крихкості металів визначається вмістом водню, характером взаємодії металів і сплавів із воднем, станом водню в металі та величиною діючих внутрішніх або зовнішніх напружень [7]. Прямий вплив водню проявляється у безпосередній його дії на механізм зародження і поширення тріщин, а посередньо зв'язана із структурними змінами, які зумовлені воднем (зміна типу структури, розмірів і морфології фаз і т.д.). Водень дифундує в сталь по границях зерен і через тіло зерна. Це проникнення водню проходить одночасно і частково абсорбцією газу металом. Водень абсорбований сталлю, прагне концентруватися по границях зерен на недосконалостях кристалічної решітки, в різного роду несучільностях, тощо [8]. Цим забезпечується першочергове розтріскування матеріалів в цих місцях при дії зовнішнього навантаження. Таким чином, водень суттєво змінює механічні характеристики матеріалів та полегшує процеси руйнування.

Для забезпечення надійності конструкцій або їх елементів (деталей) виникає необхідність визначення стану водневого окрихчення сталей, які становлять основу сучасних конструкцій.

З цієї точки зору ефективним виявляється метод акустичної емісії, який забезпечує виявлення процесів руйнування матеріалу внаслідок водневого окрихчення на ранній їх стадії [6, 9]. Підставою для цього є той, факт, що АЕ виникає вже при навантаженнях, при яких процеси мікроруйнування ще не можуть проявлятися на макроскопічному рівні по відношенню до пластичної деформації або межі міцності. Крім того метод АЕ вигідно відрізняється від інших методів неруйнівного контролю тим, що має високу чутливість і можливість незалежно від орієнтації дефектів контролювати весь об'єм зразка. Ефективність методу АЕ яскраво показана в роботі [10], де було встановлено, що основна частина надій АЕ в результаті водневого окрихчення металів генерується мікроскопічними міжкристалічними тріщинами, імпульси АЕ пропорційні числу таких тріщин, а енергія АЕ пропорційна площі утворення одиначної міжкристалічної тріщини.

Отже, якщо навантажити зразки розтягом, фіксуючи при цьому сигнали АЕ, то можна побачити появу сигналів АЕ при наближенні величини навантаження до межі текучості, а наступне навантаження того ж самого зразка (при попередньому розвантаженні його) призводить до появи сигналів АЕ при вищих значеннях величини навантаження (ефект Кайзера [6]), це справедливо для зразків, які не піддавалися дії середовища (водневого окрихчення). В наводнених зразках спостерігається порушення ефекту Кайзера, тобто повторне навантаження призводить до появи сигналів АЕ при значеннях величини його значно меншій від досягнутої на ненаводненому зразку [11]. Таким чином, чим більше водневе окрихчення зразка, тим яскравіше буде проявлятися різниця в показниках величини навантаження його до наводнення і після нього до моменту появи сигналів АЕ.

На фіг.1 зображено загальний вид та розміри зразка для випробувань; на фіг.2 - блок-схема досліджень.

Спосіб реалізується наступним чином. Зразки до наводнення випробовуються на навантаження розтягом. Для цього на зразках підготовлюється, шляхом шліфування, місце для встановлення датчика АЕ (ПАЕ) (фіг.1). Зразок 1 фіксується в захватах навантажувального пристрою 2 і встановлюється на його бокову поверхню ПАЕ 3. Зусилля навантаження вимірюється в аналоговій формі за допомогою датчика 4.

При підході до межі текучості на ненаводнених зразках появляються сигнали АЕ (в області лінійності діаграми навантаження  $P$  - переміщення захвата  $f$  [5], тобто в пружній області діаграми).

З датчика АЕ 3 у вигляді електричного сигналу вони передаються на попередній підсилювач 5, блок фільтрів 6 та блок обробки сигналів АЕ 7 і звідси, необхідні інформаційні параметри сигналів АЕ в аналоговій формі, вони поступають на швидкодіючий реєстратор 8, куди виведені також сигнали, що подаються із датчика величини зусилля навантаження.

При появі дискретних сигналів АЕ фіксується величина навантаження  $P_1$ , знімається навантаження і проводиться наводнення зразка. При цьому записують у протокол випробувань швидкість навантаження. Після наводнення зразків вони знову навантажуються так, як описано вище із аналогічною, як і до наводнення швидкістю навантаження із записом акустичної емісії. При появі, сигналів АЕ фіксується значення навантаження  $P_2$  і припиняється подальше навантаження зразка. Визначаючи співвідношення  $P_2/P_1$  отримують показник водневої крихкості сталі.

Приклад виконання способу.

Зразки із сталі 50ХГ після відпалу навантажували на випробувальній машині типу СБР-2, паралельно реєструючи

параметри сигналів АЕ. При появі сигналів АЕ із наростаючими амплітудами фіксували величину навантаження Р і розвантажували зразок. Результати навантажень і вимірювань сигналів АЕ приведені в таблиці.

Після цього, ті ж самі зразки наводнювали з різного ступінню наводнення. Режим I - температура водневого середовища  $t = 250^{\circ}\text{C}$ , тиск  $P = 13,0\text{МПа}$ , режим II -  $t = 500^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 15,0\text{МПа}$ , (Режим I - зразки 1, 2; режим II - зразки 3).

По закінченні процесу наводнення вони знову випробувалися на розтяг із швидкістю навантаження такою ж, яка була при першому їх навантаженні - 5мм/хв.

Слід відзначити, що на зразках до наводнення фіксувався ефект Кайзера. Тому, якщо не пройшли б процеси окрихчення сталі, то поява сигналів АЕ при повторному навантаженні зразка повинна бути при величині його, яка перевершує попередньо досягнуті значення. Проте, як показано в таблиці, АЕ в наводнених зразках почалася при нижчих значеннях навантаження, ніж для ненаводнених і носила дискретний характер. Амплітуди сигналів АЕ перевершували значення, які фіксувалися до точки  $P_1$  на ненаводнених зразках.

Таким чином співвідношення  $P_2/P_1$  для кожного зразка показали, що в них пройшли процеси окрихчення у відповідності до режимів наводнення і це дає змогу відзначити, що оцінка їх крихкості проводиться ефективно по значенню співвідношення  $P_2/P_1$ .

Значення навантаження сигналів АЕ до і після наводнення сталі 50ХГ показані в таблиці.

В якості ПАЕ використовували резонансний п'єзоперетворювач сигналів АЕ із комплексу апаратури АФ-15 із смугою пропускання 0,2 - 0,5МГц, попередній підсилювач мав коефіцієнт підсилення 40дБ у смузі 0,1 - 1,0МГц, а смуга пропускання фільтрів нижніх і верхніх частот становила 0,2 - 0,5МГц із коефіцієнтом пропускання рівним одиниці. При цьому коефіцієнт підсилення блоку обробки становив 35дБ. Параметри сигналів АЕ (амплітуда А, сумарний рахунок сигналів N) реєстрували, разом із сигналами із тензометричного динамометра навантаження, на швидкодіючому реєстраторі типу Н-338/4.

Використання запропонованого способу оцінки водневої крихкості сталей забезпечує в порівнянні із існуючими способами наступні переваги:

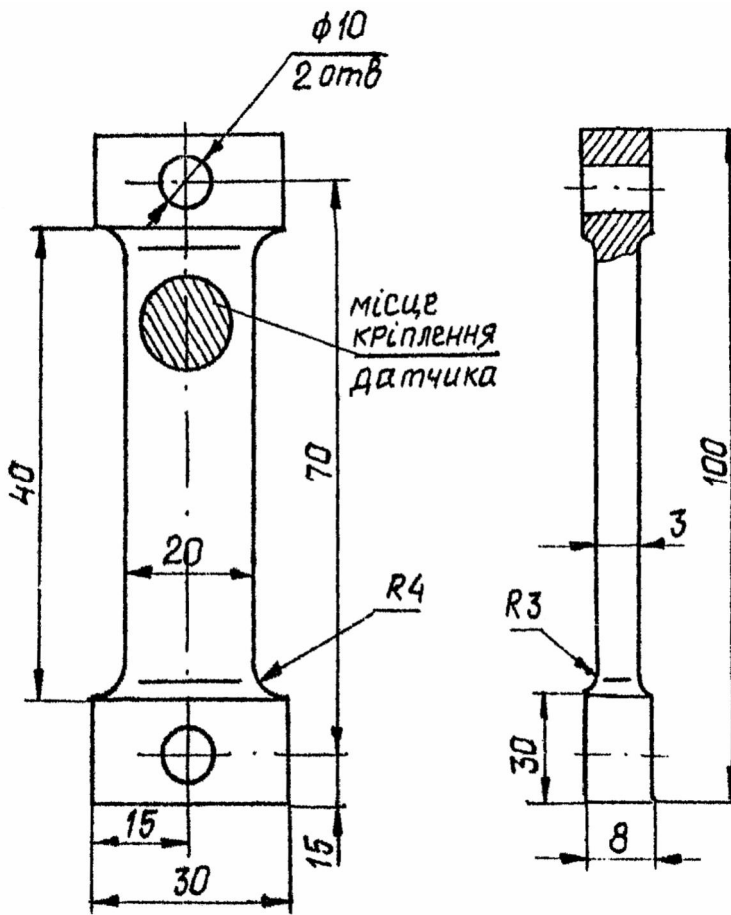
спростити проведення оцінки водневої крихкості, за рахунок чого зростає технологічність проведення випробувань;

підвищити точність оцінки, а значить зменшити ступінь ризику в реальнодіючих конструкціях;

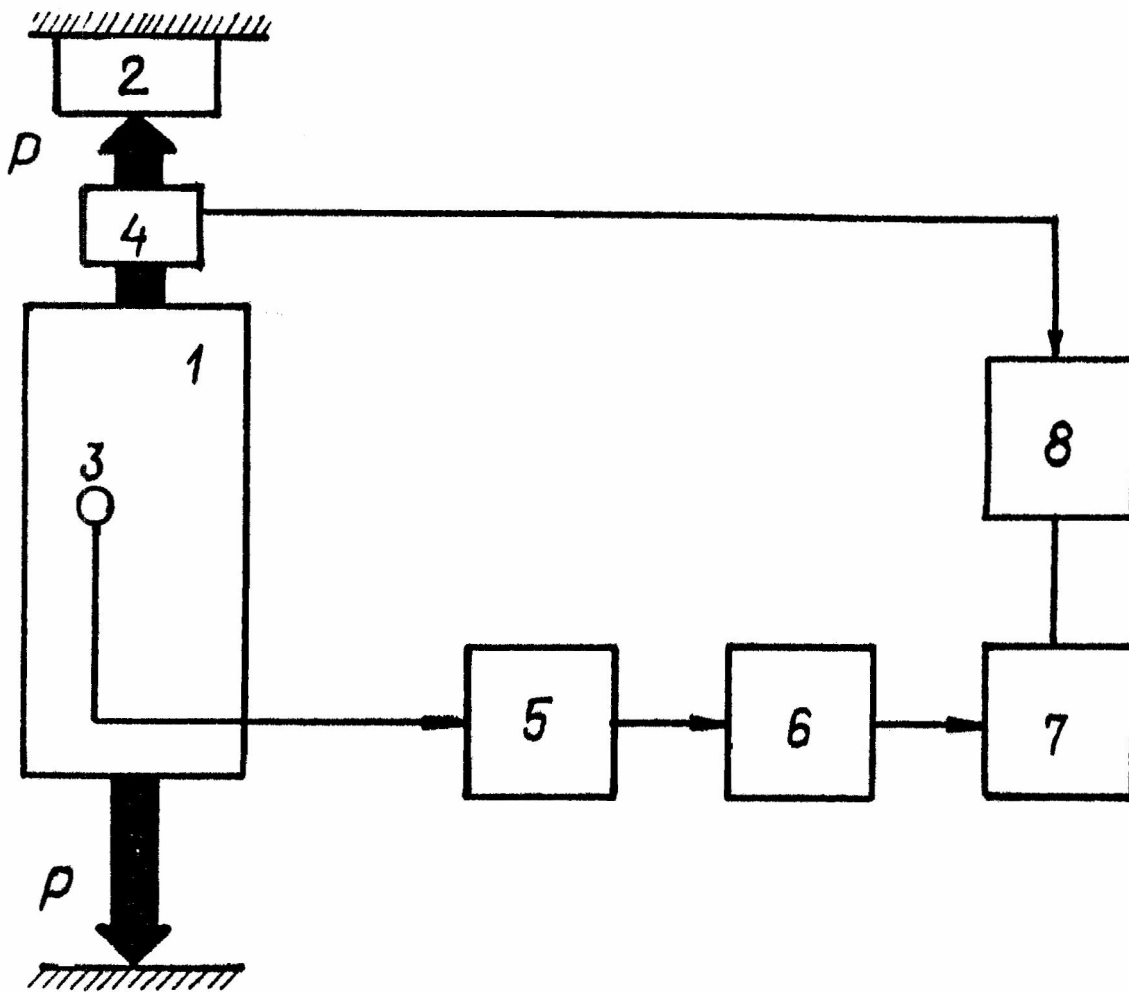
здійснити економію матеріалу за рахунок того, що зразки при випробуваннях не доводяться до руйнування при випробуваннях їх до і після наводнення.

Таблиця

Зразок	До наводнення		Після наводнення		Режим наводнення	$P_2/P_1$
	$P_1$ , кН	N, $10^4$ , Імп.	$P_2$ , кН	N, $10^4$ , Імп.		
1	2,1	6,9	0,42	10,0	P I	0,2
2	3,36	6,2	0,98	18,0	P II	0,26
3	2,0	2,0	0,14	4,0	P II	0,07



Фиг.1



Фиг.2