



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83614 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01N 27/26
G01N 3/02 (2008.01)
G01N 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДЕГРАДАЦІЇ ТЕПЛОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

1

(21) а200801296

(22) 01.02.2008

(46) 25.07.2008, Бюл.№ 14, 2008 р.

(72) ОСТАШ ОРЕСТ ПЕТРОВИЧ, UA, ВОЛЬДЕ-
МАРОВ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA,
УЧАНІН ВАЛЕНТИН МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ІВАСИ-
ШИН АНДРІЙ ДМИТРОВИЧ, UA

(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ.Г.В. КА-
РПЕНКА НАН УКРАЇНИ, UA

(56) Артамонов В.В., Хитров О.Н., Артамонов В.П.
Электрохимическая диагностика пароперегрева-
телей // Материалы 15-й международной конфе-
ренции "Современные методы и средства нераз-
рушающего контроля и технической диагностики,-
Ялта, 2007, с.236-238

US 4518464, 21.05.1985

(57) 1. Спосіб визначення ступеня деградації теп-
лостійких сталей, за яким поверхню контрольова-
ного виробу вводять у взаємодію з електролітом,
поміщають в електроліт електрод і реєструють
електрохімічні параметри, який **відрізняється**
тим, що проводять абразивне руйнування тонкої
оксидної плівки на поверхні контрольованого об'є-
кта, реєструють зміну електродного потенціалу E
в часі t і визначають швидкість репасивації, за

2

значенням якої оцінюють зміну структурно-
фазового стану контрольованого металу.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що
швидкість репасивації визначають як тангенс кута
нахилу лінійної ділянки кривої ($E - t$) в початковий
момент репасивації свіжоутвореної поверхні.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що по-
передньо на контрольованому елементі конструк-
ції в зонах з різним напружено-деформованим
станом визначають структурно-фазовий склад
металу та швидкість репасивації шляхом прове-
дження металографічного аналізу та електрохіміч-
них вимірювань на свіжоутвореній поверхні, буду-
ють кореляційну залежність між швидкістю
репасивації та вмістом перлітної (феритної) фази,
за якою при наступних контрольних оглядах об'єк-
та за значенням виміряної швидкості репасивації
визначають ступінь деградації металу об'єкта кон-
тролю.

4. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим,
що видалення поверхневої плівки виконують за
сили притиску P абразивного елемента до контро-
льованої поверхні, яку вибирають за умови $P \geq P^*$,
де P^* - сила притискання, за якої значення почат-
кового електродного потенціалу E_0 пари метал-
середовище стає незалежним від сили притиску.

Винахід відноситься до методів визначення
стану металу, зокрема теплостійких сталей, що
використовуються в теплоенергетиці, хімічній та
нафтогазовій промисловості. Необхідною умовою
безаварійної роботи парових котлів та парогонів
ТЕС є достовірні оцінки ступеня структурної де-
градації металу і залишкового ресурсу обладнан-
ня. Для виготовлення устаткування використовую-
ють теплостійкі хромомолібденованадієві сталі,
зокрема сталь 15X1M1Ф.

Відомим є спосіб визначення ступеня дегра-
дації теплостійких сталей, при якому інформатив-
ними параметрами, що визначають деградацію
сталі, є зміна мікроструктури та вмісту легуючих
елементів Cr, Mo та V в матриці і в карбідах [1-3].
Відомий спосіб базується на закономірностях, ко-

ли під дією механічних напружень і підвищеної
температури (540-560°C) атоми хрому, молібдену
та ванадію за рахунок дифузії виходять з твердого
розчину α -заліза, утворюючи спеціальні карбіди.
Дифузійний перерозподіл хрому, молібдену та
ванадію між феритом та карбідами зумовлює
трансформацію (розпад) вихідної мікроструктури
(перлітної складової), сприяючи феритизації сталі.
Внаслідок цього в процесі експлуатації парогонів
відбувається деградація (погіршення) механічних
властивостей сталей, тим більша, чим менша час-
тка перлітної фази у структурі сталі та більший
вміст Cr, Mo і V в карбідах [2,3]. Оцінку вмісту Cr,
Mo та V в карбідах сталі (кількісний карбідний ана-
ліз) виконують засобами аналітичної хімії, харак-

(19) UA (11) 83614 (13) C2

тер зміни мікроструктури оцінюють шляхом металографічного аналізу зразків.

Відомий спосіб визначення ступеня деградації теплостійких сталей, при якому карбідний аналіз (наприклад сталі 15X1M1Ф) виконують під час електролітичного розділення фаз шляхом розчинення зразка сталі в процесі електролізу у рекомендованому електроліті [4].

Недоліками вищенаведених відомих способів визначення ступеня деградації на основі карбідного аналізу є те, що вони є руйнівними методами і не можуть бути реалізованими безпосередньо на контрольованому об'єкті в умовах експлуатації. Крім того, ці способи є надзвичайно трудомісткими і мають високу собівартість.

Відомий спосіб визначення ступеня деградації теплостійких сталей шляхом оцінки мікроструктурних змін, зокрема ступеня розпаду перлітної складової мікроструктури сталей засобами оптичної металографії. Він полягає у виготовленні реплік з металографічних шліфів, що підготовляють безпосередньо на поверхні контрольованого виробу [5]. За виготовленою реплікою визначають ступінь деградації сталі, вивчаючи мікроструктуру на стаціонарному мікроскопі. Перевагою способу є те, що він може бути застосований за умов експлуатації контрольованого виробу.

Недоліком даного методу є необхідність підготовки реплік зі спеціальних полімерних матеріалів, які мають характерну для неметалів низьку відбивну здатність, що знижує вірогідність контролю мікроструктури металу. Відомий спосіб не забезпечує оперативного визначення стану досліджуваного металу, він вимагає проведення статистичної обробки даних кількісного металографічного аналізу, є трудомістким та має високу собівартість.

Найбільш близьким до запропонованого за технічною суттю є спосіб визначення ступеня деградації сталей пароперегрівачів теплових електростанцій, при якому вирізані з контрольованого виробу зразки вводять у взаємодію з електролітом, проводять електрохімічні дослідження шляхом побудови поляризаційних кривих і на підставі встановлених анодних характеристик, зокрема струму і потенціалу пасивації, судять про зміну мікроструктури сталі [6].

Недоліком відомого способу є низька точність і продуктивність. Низька точність пояснюється наявністю поверхневої оксидної плівки і забруднень контрольованої поверхні, які впливають на точність вимірювання електрохімічних характеристик за реальних умов експлуатації об'єкту контролю. Низька продуктивність полягає у реєстрації повної поляризаційної кривої з використанням лабораторних потенціостатів, які є складними приладами. Крім цього, необхідність вирізки зразків обмежує застосування відомого способу на натурних об'єктах.

Мета запропонованого способу - підвищення точності і продуктивності визначення ступеня мікроструктурної деградації металів неруйнівним методом, забезпечення можливості проведення вимірювань безпосередньо на елементах натурних об'єктів та визначення фактичного стану матеріалу парогінних труб на підставі встановленої кореля-

ційної залежності між електрохімічним параметром та структурно-фазовим станом металу.

Запропонована мета досягається тим, що як і у випадку відомого способу контрольований метал вводять у взаємодію з електролітом, поміщають в електроліт електрод і реєструють електрохімічний параметр. Але в запропонованому способі контролюють не вирізані зразки, а безпосередньо поверхню контрольованого об'єкту, а електрохімічний параметр визначають на свіжоутвореній поверхні металу за допомогою комірки, герметично закріпленої на поверхні контрольованого об'єкту. За допомогою керамічного елемента зачистки руйнують поверхневу оксидну плівку при заданій силі притиску елемента зачистки і одночасно фіксують швидкість репасивації свіжоутвореної поверхні металу V_r як тангенс кута нахилу лінійної ділянки залежності електродного потенціалу E від часу τ в початковий момент репасивації. Зусилля притискання елемента зачистки під час оновлення поверхні вибирають за умови $P \geq P^*$, де P^* - сила притискання, за якою значення початкового електродного потенціалу E_0 пари метал-середовище стає незалежним від сили притиску. Ступінь деградації структури сталі визначають на підставі кореляційної залежності між швидкістю репасивації свіжоутвореної поверхні металу та його структурно-фазовим станом, зокрема, часткою перлітної складової у мікроструктурі сталі. Цю залежність будують попередньо на підставі даних металографічного аналізу мікроструктури та електрохімічних вимірювань на свіжоутвореній поверхні в зонах контрольованого об'єкту з різним напружено-деформованим станом.

Таким чином, на відміну від відомого способу, оцінку ступеня деградації визначають шляхом оцінки електрохімічного параметра на свіжоутвореній поверхні металу, що зменшує вплив забруднення поверхні на результати вимірювань. Крім того, кореляційну залежність між структурно-фазовим станом і швидкістю репасивації, яка необхідна для реалізації запропонованого способу, будують на підставі даних, визначених безпосередньо на поверхні контрольованого об'єкту, а не зразків, вирізаних з різних парогонів, що підвищує достовірність оцінки деградації контрольованого об'єкту.

На рис. 1 представлено схему реалізації запропонованого способу визначення ступеня деградації теплостійких сталей на основі вимірювання електрохімічних характеристик на свіжоутвореній поверхні.

На рис. 2 представлено часову залежність зміни потенціалу на свіжоутвореній поверхні, яка використовується для реалізації запропонованого способу визначення ступеня деградації теплостійких сталей.

На рис. 3 представлений приклад кореляційної залежності між швидкістю репасивації V_r та часткою перлітної (феритної) складової у структурі теплостійкої сталі 15X1M1Ф.

Розглянемо можливість реалізації запропонованого способу на прикладі визначення ступеня деградації сталі 15X1M1Ф, що широко застосовується для виготовлення труб парогонів теплових електростанцій. Згідно із запропонованим спосо-

бом зміну електродного потенціалу E оцінюють під час регенерації пасиваційної плівки на свіжоутвореній поверхні. Цього досягають шляхом абразивного руйнування оксидної плівки на поверхні металу (парогінної труби) за допомогою спеціального пристрою (рис. 1), який складається з обертового абразивного керамічного елемента зачистки 1, електрода порівняння 2 та виводу 3, що кріпиться до металу контрольованого виробу, за допомогою яких реєструють зміну електродного потенціалу E системи метал-середовище. Частота обертання абразивного елемента становить 25с^{-1} . Зусилля притискання елемента зачистки під час оновлення поверхні вибрано $P^* = 20\text{ Н}$, оскільки перевищення цієї величини не впливало на значення початкового електродного потенціалу E_0 пари метал-середовище. Зміну потенціалу реєстрували за допомогою швидкодіючого двохкоординатного самописця типу Н307/1. Швидкість регенерації пасиваційної плівки V_r визначають після моменту підняття елемента зачистки від поверхні металу на

основі часової залежності зміни потенціалу E на свіжоутвореній поверхні 4, як тангенс кута нахилу лінійної ділянки кривої у початковий момент репасації (рис. 2).

Визначення показників швидкості репасації свіжоутвореної поверхні і відповідного структурно-фазового складу виконано в металі згину парогінної труби, що пропрацювала за умов повзучості ($T = 545^\circ\text{C}$ та $P = 14\text{ МПа}$) протягом 237 тис. год. Внаслідок нерівномірного напружено-деформованого стану металу згинів у різних зонах (розтягнутій, нейтральній, стиснутій) трансформація мікроструктури проходить з різною інтенсивністю. Це обумовлює різний ступінь розпаду феритної та вирождення перлітної фаз і впливає на швидкість репасації V_r .

Значення швидкості репасації в рекомендованому [4] розчині 75г/л КС1 + 5г/л лимонної кислоти для металу різних зон згину парогону приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Швидкість репасації сталі 15Х1 МІ Ф у різних зонах згину парогону

Об'єкт аналізу	$V_r = \Delta E / \Delta t = \text{tg } \alpha, \text{ мВ/с}$
Зона розтягу	182
Середня зона	288
Зона стиску	341

Аналіз наведених даних показує, що швидкість репасації свіжоутвореної поверхні теплостійких сталей добре корелює зі змінами їх структурно-фазового стану. Характер відповідних кореляційних залежностей приведений на рис. 3. На підставі встановленого кореляційного зв'язку (рис. 3) можна з високою вірогідністю визначити ступінь деградації (фактичний стан) теплостійкої сталі за умов тривалої високотемпературної експлуатації. Зокрема, значення швидкості репасації V_r для сталі зони розтягу згину парогінної труби складає 182 мВ/с, що відповідає наявності у структурі 6% перлітної фази та свідчить про значний ступінь деградації сталі у цій зоні згину. У металі зони стиску, де частка перлітної складової у мікроструктурі становить 13,3%, швидкість репасації V_r сягає 341 мВ/с (рис. 3). Для підвищення достовірності визначення ступеня деградації сталей відповідну кореляційну залежність для конкретного об'єкту контролю встановлюють замірами в зонах з різним напружено-деформованим станом.

На основі отриманої кореляційної залежності можна неруйнівним методом визначити ступінь деградації сталі при наступних контрольних обстеженнях об'єкту на підставі лише вимірювання величини швидкості репасації V_r .

Використання винаходу дозволить забезпечити неруйнівний контроль відповідальних об'єктів, виготовлених з теплостійкої сталі, а також підвищити оперативність і достовірність оцінки ресурсу

об'єктів безпосередньо в процесі їх тривалої експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. СОУ-Н МПЕ 40.1.17.401: 2004. Нормативний документ. Настанова. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. Типова інструкція. -К.: ОЕП „ГРІФРЕ”, 2005. - 76с.
2. Кругасова Е. И. Надежность металла энергетического оборудования. М: Энергоиздат, 1981. - 239с.
3. Бугай Н. В., Березина Т. Г., Трунин И. И. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования. - М.: Энергоатомиздат, 1994.-272с.
4. ГКД 34.17.403-96 Химический и физико-химический фазовые анализы металла энергооборудования электростанций. Методические указания - К.: НЕИ энергетики, 1996. - 66с.
5. ОСТ 34-70-690-96. Металл паросилового оборудования электростанций. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации. - М.: Изд-во стандартов, 1997. - 45с.
6. Артамонов В. В., Хитрое О. К, Артамонов В. П. Электрохимическая диагностика пароперегревателей // Материалы 15-й междунар. конференции "Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики.-Ялта.-2007.-С. 236-238.

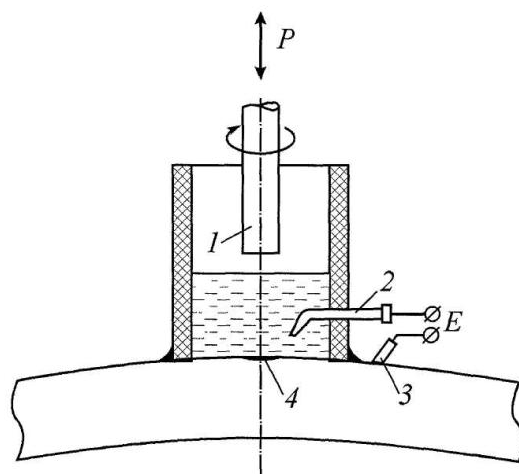


Рис. 1.

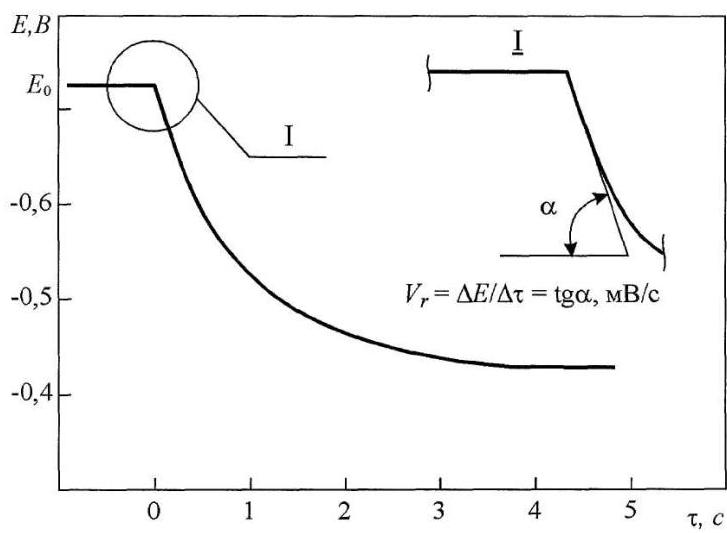


Рис. 2.

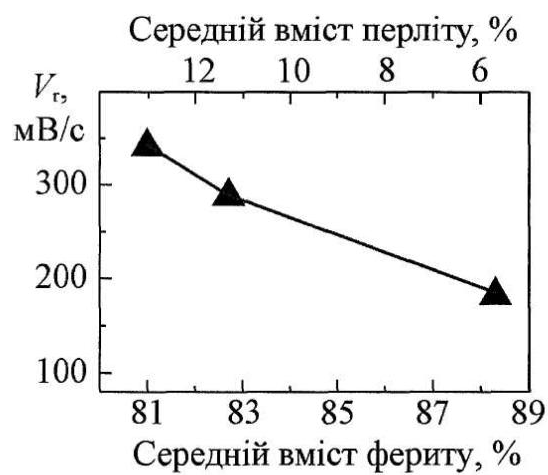


Рис. 3.