

УДК 539.3

В.П. Ясній

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВОДНЕВЕ РОЗТРИСКУВАННЯ МАТЕРІАЛУ КОЛЕКТОРА ТЕС

V.P. Iasnii

HYDROGEN CRACKING OF TPP COLLECTOR MATERIAL

Постановка проблеми. Для елементів конструкцій, які працюють у корозійних середовищах за навантажень, що повільно змінюються у часі, існує небезпека руйнування за напружень, які значно менші розрахункових, особливо за наявності тріщинуватих дефектів набутих під час виготовлення чи експлуатації. Сповільнене деформування за присутності корозійного (воденьвмісного) середовища погіршує характеристики міцності і тріщиностійкості сталей, зменшує ресурс і спричиняє передчасне руйнування елементів машин і технологічного обладнання (хімічні реактори, корпуси атомних реакторів, колектори парогенераторів і пароперегрівників, парогони тощо).

Тому для достовірного оцінювання їх міцності і довговічності необхідно дослідити вплив наводнювання на характеристики тріщиностійкості сталей за сповільненого деформування.

У даній роботі представлено результати дослідження впливу електролітичного наводнення на характеристики тріщиностійкості експлуатованої сталі колектора пароперегрівника теплової електростанції (ТЕС) за сповільненого деформування.

Методика дослідження і матеріал. Досліджували матеріал «гарячого колектора», знятого після $1.785 \cdot 10^5$ hour експлуатації пароперегрівника котла типу ТП–100. Характеристики в'язкості руйнування і водневе розтріскування теплостійкої сталі досліджували за позацентрового розтягу компактних зразків товщиною 12 мм. Методика випробування на тріщиностійкість детально описана у праці [1]. Компактні зразки для випробування на тріщиностійкість виготовляли із перфорованої ділянки колектора пароперегрівника ТЕС [2]. У всіх випадках площина надрізу компактних зразків перпендикулярна до осі колекторної труби.

Для вивчення впливу експлуатаційних умов на тріщиностійкість матеріалу колектора частину компактних зразків наводнювали згідно з методикою [3,4].

Пружно-пластичну в'язкість руйнування ненаводненого матеріалу визначали за позацентрового розтягу компактних зразків на електрогідравлічній випробувальній машині STM-100 при кімнатній температурі на повітрі. Швидкість навантажування цих зразків була в межах, рекомендованих стандартом [5]. Критичне значення J -інтегралу J_{1c} визначали за результатами випробувань одного зразка методом часткового розвантажування згідно стандарту ASTM E-1820-08a [5].

Загалом J -інтеграл J_k складається із пружної і пластичної складової

$$J_k = J_{el} + J_{pl}.$$

Пружну складову J -інтегралу визначали за формулою

$$J_{el} = \frac{K_i^2(1-\nu^2)}{E},$$

де K_i - коефіцієнт інтенсивності напруження, який для компактного зразка підраховували за формулами, наведеними у [5]; E – модуль пружності першого роду; ν - коефіцієнт Пуасона.

Пластичну складову J -інтегралу визначали за формулою

$$J_{pl} = \frac{\eta A_{pl(i)}}{Bb_0},$$

де $A_{pl(i)}$ – робота, що витрачається на пластичне деформування матеріалу в околі вершини тріщини; B – товщина зразка; $b_0 = (W - a_0)$ – нерозтріснута (залишкова) ширина зразка; a_0 – довжина втомної тріщини; W – ширина зразка; η – коефіцієнт, $\eta = 2 + 0.522 b_0/W$.

Корозійне розтріскування досліджували за позацентрового розтягу попередньо наводнених компактних зразків із втомною тріщиною згідно методики [3].

Характеристики в'язкості руйнування ненаводненої і наводненої сталі представлені у таблиці 1. Там також представлено усереднені значення швидкості розвитку тріщини в наводнених зразках.

Наводнення спричиняє значне зниження критичного значення КІН при випробуванні у 0,1 н розчині NaOH проти критичного КІН K_{Ic} ненаводненої сталі 12Х1МФ, отриманого методом 5%- січної та проти критичного КІН, визначеного через J – інтеграл K_{Ic} .

Таблиця 1 – Характеристики тріщиностійкості експлуатованої сталі 12Х1МФ при 20°С

№ зразка	Тип зразка	Середовище	a_0 , mm	$J_{Ic}, kJ/m^0.5$	$K_{Ic}, MPa \cdot a^{-0.5}$	$K_{Ic}, MPa \cdot m^{0.5}$	$K_{Isc}, MPa \cdot m^{0.5}$
0н	наводнений	0.1 н розчин NaOH	15,1				44,0
2н	наводнений	0.1 н розчин NaOH	19,1				40,0
2	ненаводнений	повітря	13,59	234	227	79,9	
3	ненаводнений	повітря	13,82	272	244	84,4	

Виявлено, що ділянки в'язкого підростання тріщини в наводнених і ненаводнених зразках мають подібні мікромеханізми руйнування матеріалу з утворенням ямок відриву різної форми і розмірів. Поверхня руйнування ділянки в'язкого підростання тріщини істотно неоднорідна: від крупних ямок розміром до 50 мкм, що утворені значним витягуванням матеріалу до дрібних ямок розміром 5-10 мкм. Проте, на ділянці в'язкого підростання тріщини в наводнених зразках виявлено механізми міжзеренного руйнування матеріалу внаслідок водневого окрихчення, які мають вигляд площадок без гребенів із залишками продуктів корозії.

Література

- 1.В. Ясній, В. Бревус, П. Марущак. Методика і деякі результати дослідження сповільненого деформування і руйнування теплостійкої сталі
- 2.О. Ясній, В. Бревус, В. Немченко. Вплив температури на циклічну тріщиностійкість сталі колектора пароперегрівника
- 3.Цирульник О., Окіпний І. Вплив водню і пластичної деформації на напруження сколювання теплостійкої сталі // Вісник ТДТУ. — 2006. — Т. 11. — № 1. — С. 5–11.
- 4.В. Ясній. Вплив наводнювання на сповільнене деформування і руйнування теплостійкої сталі// Вісник ТНТУ. — 2013. — № 3.- С.
- 5.Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness: ASTM E1820-08a. American Society for Testing and Materials (ASTM) International, West Conshohocken, PA, USA.