

УДК 620.197.5 : 669.788

Балицький Олександр Іванович

*д.т.н., проф., провідний науковий співробітник
відділу «міцності матеріалів і конструкції
у водневовмісних середовищах», Фізико-механічний
інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів
e-mail: abalitskii@hotmail.com*

https://orcid.org/0000-0002-3841-5493

Іваськевич Любомир Михайлович

*к.т.н., ст. науковий співробітник,
відділу «міцності матеріалів і конструкції у водневовмісних
середовищах», Фізико-механічний інститут
ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів
e-mail: lyubom538@gmail.com*

http://orcid.org/0000-0002-7217-0020

Колесніков Валерій Олександрович

*к.т.н., доцент кафедри «технологій виробництва та професійної
освіти», ДЗ «Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ
e-mail: kolesnikov197612@gmail.com*

http://orcid.org/0000-0003-2010-3368

Ріпей Ігор Володимирович

*к.т.н, провідний інженер,
ВП «Галремергеро» ПАТ «ДТЕК Західенерго», м. Львів*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ СТАЛІ 38ХНЗМФА ПІСЛЯ НАВОДНЮВАННЯ

Сталь 38ХНЗМФА, використовується в різних галузях, але одне з призначень це виготовлення роторів турбогенераторів. Матеріалів роторів турбогенераторів під час експлуатації, якщо експлуатуються в умовах впливу водневовмісних середовищ можуть зазнавати їх вплив.

У роботі були продовжені дослідження впливу середовищ на фізико-механічні властивості сталі 38ХНЗМФА. Важкооброблювані роторні сталі є структурно чутливими, а підвищений вміст водню може спричинити їх руйнування в період експлуатації на електростанціях [3].

Метою роботи було встановити вплив наводнювання на матеріал сталі 38ХНЗМФА в умовах циклічного навантаження.

Наводнювання газоподібним воднем відбувалось на спеціалізованому обладнанні в Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України [4]. Дослідження на циклічну тріщиностійкість та довговічність проводили на експериментальному обладнанні [5] за умов чистого згину зразків із частотою 1 Гц за синусоїдальної форми циклу навантаження ($R = 0,8$). За циклічного навантаження визначено параметри рівняння Періса (s та n), що описують лінійну ділянку кінетичної діаграми (стабільного підростання тріщини втоми) за різних режимів

наводнювання та вмісту залишкового водню. Зазначені залежності використано для консервативної оцінки середніх значень параметрів тріщиностійкості.

Досліджено циклічну тріщиностійкість зразків модифікованих сталей типу 38ХНЗМФА за різного додаткового легування та термічної обробки (рис. 1).

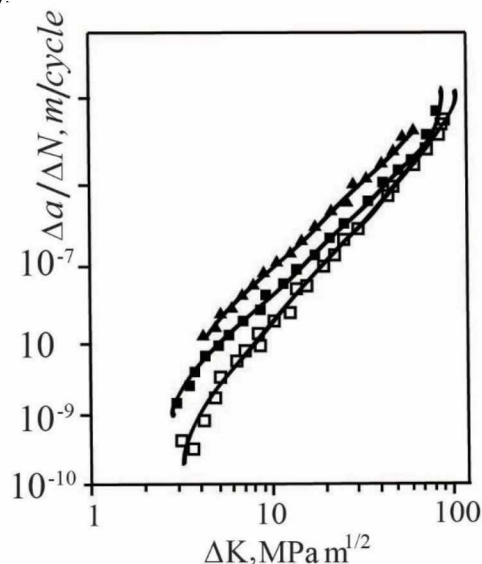


Рисунок 1. – Кінетичні діаграми втомного руйнування сталі 38ХНЗМФА (після термічної обробки: гартування 850 °С в оливі, відпуск 630 °С протягом 5,5 h: $\sigma_{0,2} = 805$ МПа, $\sigma_e = 950$ МПа, $\delta = 19$ %, $\psi = 54$, $KCV = 955$ кДж/м², $KCT = 878$ кДж/м², $K_{IC} = 182$ МПа $\sqrt{м}$; після наводнення (1 МПа) $\sigma_{0,2} = 643$ МПа, $\sigma_e = 760$ МПа, $\delta = 15$ %, $\psi = 43$, $KCV = 763$ кДж/м², $KCT = 701$ кДж/м², $K_{IC} = 146$ МПа $\sqrt{м}$; після наводнення (10 МПа) $\sigma_{0,2} = 564$ МПа, $\sigma_e = 667$ МПа, $\delta = 12$ %, $\psi = 38$, $KCV = 664$ кДж/м², $KCT = 614$ кДж/м², $K_{IC} = 127$ МПа $\sqrt{м}$); вибробуваної на повітрі (□), 3 % му водному розчинні NaCl (■), після наводнення (Δ) в газоподібному водні при 1 МПа (5 h.) та (▲) 10 МПа (5 h).

Результати експериментальних досліджень систематизовано, проаналізовано, оброблено методами математичної статистики та подано у вигляді таблиць, графіків чи діаграм. Статистичну обробку результатів виконували з використанням програм Origin 9.0 та Excel. При значній кількості змінних використано сучасні методи планування експериментальних досліджень.

Ресурс роботи роторних та бандажних сталей ($10^9 \dots 10^{11}$ cycle) непорівнянний з навантаженням лабораторних зразків, тому для вищої оцінки ресурсу роботоздатності, можна проводити за умов електролітичного або газового водневого насичення. Аналіз кінетичних діаграм дозволив становити, що після наводнення зразків змінюються значення K_{th} та K_{fc} , а також механічні характеристики. При збільшенні

тиску наводнення з 1,0 МПа до 10 МПа, спостерігали падіння основних механічних характеристик приблизно від 20 до 30 % відповідно.

Отримані результати важливі для удосконалення режимів термообробки для такого типу сталей, що забезпечать опір зародженню та розвитку тріщин в експлуатаційних умовах.

Список використаних джерел та літератури

1. Впервые модификация стала 38ХНЗМФА для структурных и технологических разработок. (2019). Физико - Хімічна Механіка Матеріалів № 6 , 125-130. **2. Balitskii A. & Hawrilyuk M. & Eliaz J., Balitska W. & Kolesnikow W.** (2016). Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórow w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących . (Obrobka Skrawaniem, 447-452. **3. Механіка руйнування і міцність матеріалів:** Довідн. Посібн / Під заг. Ред. В.В. Панасюка. Т.8: Міцність матеріалів і довговічність елементівконструкційатомних електростанцій /О.І.Балицький, О.В. Махненко, О.О. Балицький, В.А. Грабовський, Д.М. Завербний, Б.Т. Тимофеев. Під ред. О.І. Балицького. Київ: ВД «Академперіодика». 2005. 544 с. **4. Ткачов В. І., Іваськевич Л. М., Витвицький В. І.** Методичні аспекти визначення водневої тривкості сталей // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Т. 38, № 4, 2002, 17-24с. **5.Р** 54-292-90. Рекомендации. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости при циклическом нагружении в жидких коррозионных средах / **В.В. Панасюк, О.Н. Романив, Г.Н. Никифорчин, И.Н. Дмытрах** [и др.] М.: ВНИИНМАШ, 1990. 38 с.