

УДК 539.2

Т.О. Шніцар, В.К. Зеленський, В.П. Ясній, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ ВИТЯГУВАННЯ ВІД В'ЯЗКОСТІ РУЙНУВАННЯ ТЕПЛОСТІЙКОЇ СТАЛІ

T.O. Shnitsar, V.K. Zelenskyi, V.P. Iasnii, Ph.D.

RELATIONSHIP BETWEEN STRETCH ZONE PARAMETERS AND FRACTURE TOUGHNESS OF HEAT-RESISTANCE STEEL

Колектори пароперегрівачів є важливими елементами конструкцій теплових електричних станцій (ТЕС), раптове руйнування яких може призвести до катастрофічних наслідків. Тому контролювання деградації матеріалу колекторів і своєчасне виявлення пошкоджень є важливою проблемою безпечної експлуатації ТЕС [1]. Для оцінювання граничного стану використовують підходи механіки пружного і пружно-пластичного руйнування, зокрема J- інтеграл та критичне розкриття тріщини [2]. Відомо, що критичне розкриття тріщини може бути оцінено за параметрами так званої "зони витягування", яка формується при руйнуванні зразка чи елемента конструкцій з тріщиною і може бути визначена методами стереоскопічного аналізу фактографічних світлин отриманих методом сканувальної електронної мікроскопії [2,3].

Досліджували параметри зони витягування компактних зразків товщиною 12 мм, випробуваних на вязкість руйнування за позacentрового розтягу із експлуатованої теплостійкої сталі 12Х1М1Ф на повітрі, а також вплив параметрів корозійного розтріскування (швидкість розтріскування, параметри напружено-деформованого стану) на характеристики зони витягування наводнених зразків за статичного навантаження на повітрі. Для дослідження корозійного розтріскування наводнені компактні зразки випробовували за сповільненого деформування розтягом при швидкості переміщення затискачів випробувальної машини 1 mm/hour як на повітрі так і у 0.1 н розчині NaOH за густини струму 100 mA/dm² при температурі 25 °C [4].

Методика досліджень полягала в отриманні стереоскопічних пар фактографічних зображень за допомогою растрового електронного мікроскопу РЕМ-106И в цифровій формі, наступному вимірюванні і обчисленні перепадів рельєфу руйнування в межах зони витягування. Для обчислення висоти рельєфних утворень досліджуваній зразок розміщували таким чином, щоб ділянка поверхні, що аналізується, була перпендикулярна оптичній осі жорстко зафіксованої цифрової фотокамери. В цьому положенні отримували первинне зображення.

На рисунку зображено стереопари в межах зони витягування компактного зразка із сталі 12Х1М1Ф випробуваного на повітрі, отримані поворотом на 20° відносно осі фотокамери один від одного.

Систему координат вибирали з врахуванням того, що осі X і Y орієнтовані в площині поверхні, що аналізується, а вісь Z співпадала з оптичною віссю фотокамери. Після цього зразок повертали навколо координатної осі Y проти годинникової стрілки на кут $\alpha = 20^\circ$ і при фіксованих параметрах зйомки отримували друге зображення I2 ділянки згідно методики [5]. Первинне і вторинне зображення складають стереопару, на основі котрої можна отримати інформацію про висоту (глибину) проаналізованої поверхні. На зображеннях ідентифікували положення базової точки A і фіксували її координату X_{A1} (на першому зображенні) і X_{A2} (на другому).

Далі на обох зображеннях вибирали точку B, для якої необхідно визначити

висоту відносно базової точки А, при цьому фіксували її координати X_{B1} (на першому зображенні) і X_{B2} (на другому).

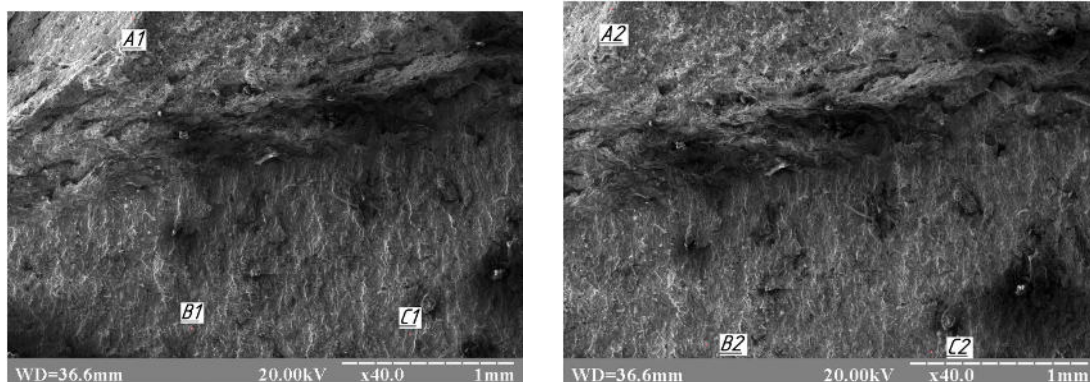


Рисунок. 1. Стереопари зони витягування компактного зразка із сталі 12X1M1Ф випробуваного на в'язкість руйнування на повітрі, отримані поворотом на 20° відносно осі фотокамери один від одного.

Висоту між точками А і В уздовж координатної осі Z визначали за формулі (1.1). Для визначення висоти нерівностей поверхні локальної ділянки зразка, виконували серію дискретних поворотів зразка навколо координатної осі Y з кроком $\alpha = 5^\circ$. Після кожного повороту, при сталих параметрах оптичної системи отримували повторне зображення аналізованої області.

Висоту зони витягування обчислювали за формулою [5]

$$\delta Z_{ABN} = \delta X_{A1B1} (\operatorname{ctg} \alpha - \frac{\delta X_{A2B2}}{\delta X_{A1B1} \sin \alpha}), \quad (1)$$

де $\delta X_{A1B1} = X_{A1} - X_{B1}$, $\delta X_{A2B2} = X_{A2} - X_{B2}$, $\delta Z_{A1B1} = Z_{A1} - Z_{B1}$.

За результатами дослідження отримано розподіл висоти зони витягування і критичного розкриття тріщини по товщині зразків для обох половинок, яка корелює з кривиною (форми фронту тріщини). Виявлено зростання висоти зони витягування зі збільшенням середньої швидкості корозійного розтріскування наводненої сталі, що передувала руйнуванню зразків при кімнатній температурі за статичного навантаження. Отримані результати можуть бути використані для оцінювання експлуатаційного навантаження при експертизі руйнувань елементів конструкцій, за відомим характеристиками в'язкості руйнування, отриманих стандартними методами.

Література

1. Гладь В.Б. Пошкоджувальність структури сталі колектора пароперегрівача за експлуатаційних умов / Гладь В.Б., Собчак А.Р. // Вісник ТДТУ. — 2010. — Том 15. — №1. — С. 27—31. — (механіка та матеріалознавство).
2. Степаненко В.А., Штукатурова А.С., Ясний П.В. Стереофрактографическое исследование зоны статического страгивания и динамического скачка трещины в корпусной стали // Физ.-хим. механика материалов. —1983. —№6. С.71—75.
3. Spitzig W. A. Correlation between fractographic features and plane-strain fracture toughness in an ultrahigh-strength steel // Electron Microfractographie, ASTM STP N453. — Philadelphia. — 1969. — P. 96 — 110.
4. V. Iasnii, P. Maruschak, O. Yasniy, Y. Lapusta, Hydrogen Crack Growth Resistance of Thermal Power Plant Material Collector, Procedia Materials Science. Volume 3. 2014. Pages 1400 — 1405.
5. D. A. Sakseev Deep Microrelief Measurement and Stereo Photography in Scanning Electron Microscopy / D. A. Sakseev, E. M. Ershenko, S. V. Baryshen, A. V. Bobyl, D. V. Agafonov, 2011, published in Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki, 2011, Vol, 81, No. 1. pp. 131 — 136.