

ФРАКТОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ СТАЛІ 20 В ІНГІБОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Я.М. Хабурський¹, Я.Н. Дацишин²

1 – Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів, Україна

2 – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Abstract. It is shown that inhibitor TIS influences corrosion fatigue crack growth of carbon 20 steel. Inhibitor in water localizes the influence of hydrogenation, and, consequently, the boundaries of the grains reduce lesser than in water. In this case, hydrogenation localized on the interphase boundaries inside the perlite grains, which stabilized the corrosion processes at the top of the crack and contributed to the constant rate of the fatigue crack growth at low load amplitudes.

Вступ. Протикорозійний захист конструкційних сталей з допомогою екологічно безпечних інгібіторів є важливим науково-практичним завданням. Зокрема, інгібітори, розроблені з відходів рослинної сировини [1, 2, 3], є перспективною основою у вирішенні захисту промислового обладнання не лише від корозії, але й від корозійно-втомного руйнування.

Відомо, що здатність захищати метал від корозійно-механічного руйнування властива незначній кількості відомих інгібіторів [4, 5]. Раніше було показано, що розроблений нами інгібітор ТИС [6], підвищує опір сталі 20 корозійно-втомному руйнуванню в нейтральних середовищах [7], зокрема сповільнюючи акселерацію швидкості росту втомної тріщини.

Метою даної роботи було вивчення впливу інгібітору ТИС на фрактографічні особливості росту втомної тріщини.

Матеріали та методичні аспекти роботи. Досліджували характер зламів, отриманих при вивченні кінетику росту втомної тріщини на балкових зразках сталі 20 (10×20×150 мм) із боковим надрізом (циклічне навантаження $f=1$ Гц, чистий згин). Порівнювали поверхню зламів зразків, досліджуваних на повітрі, у водогінній воді м. Львова (загальна твердість 5,9 мг-екв/л, рН 6,8) та у воді з додатком інгібітору ТИС (2г/л). Мікрофрактографічний аналіз зламів здійснений на сканівному електронному мікроскопі EVO-40XVP.

Результати досліджень.

Порівняння фрактографічних особливостей росту втомних тріщин (РВТ) в різних середовищах на завершальній частині другої ділянки кінетичної діаграми втомного руйнування (КДВР) виявлено, що у повітрі навіть за швидкості $3 \cdot 10^{-6}$ м/цикл на зламі переважають видовжені в магістральному напрямі РВТ фестони з помітними гребенями відриву, що формувалися під час їх злиття (рис. 1а). За вищої роздільної здатності поперек цих фестонів фіксували типові втомні боріздки (рис. 1б). Їх декорувала незначна кількість вторинних мікротріщин, що є ознакою РВТ за високого рівня навантажень [8, 9].

За випроб у воді попри незмінність швидкості РВТ на зламі переважали елементи міжзеренного руйнування з вторинним розтріскуванням вздовж меж зерен (рис. 1в). За вищої роздільної здатності міжзеренне руйнування, яке звикло пов'язувати з водневим окрихченням, стало ще очевиднішим (рис. 1г). Відзначили також сліди корозійного роз'їдання міжфазних меж між феритом і цементитом в рамках перлітних зерен у вигляді паралельних канавок, орієнтація яких змінювалася від зерна до зерна.

За випроб у інгібованій воді рельєф зламу за невисокої роздільної здатності майже не відрізняється від спостереженого за випроб у воді за такої ж швидкості РВТ (рис. 1д). Разом з тим за вищої роздільної здатності попри особливості, характерні за випроб у воді (вторинне міжзеренне розтріскування), виявили істотно чіткішу картину поділу перлітних зерен вздовж меж розділу цементиту і фериту завдяки вторинному мікророзтріскуванню вздовж їх меж (рис. 1е). Зрозуміло, що всі ці процеси відбуваються в околі вершини тріщини і допустили, що таке мікророзтріскування вздовж меж структурних складових в рамках перлітних зерен

заповільнювало РВТ і її вихід на межі зерен. Як результат в інгібованій воді відбувалося уповільнення РВТ за розмаху ΔK нижчого за $30 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

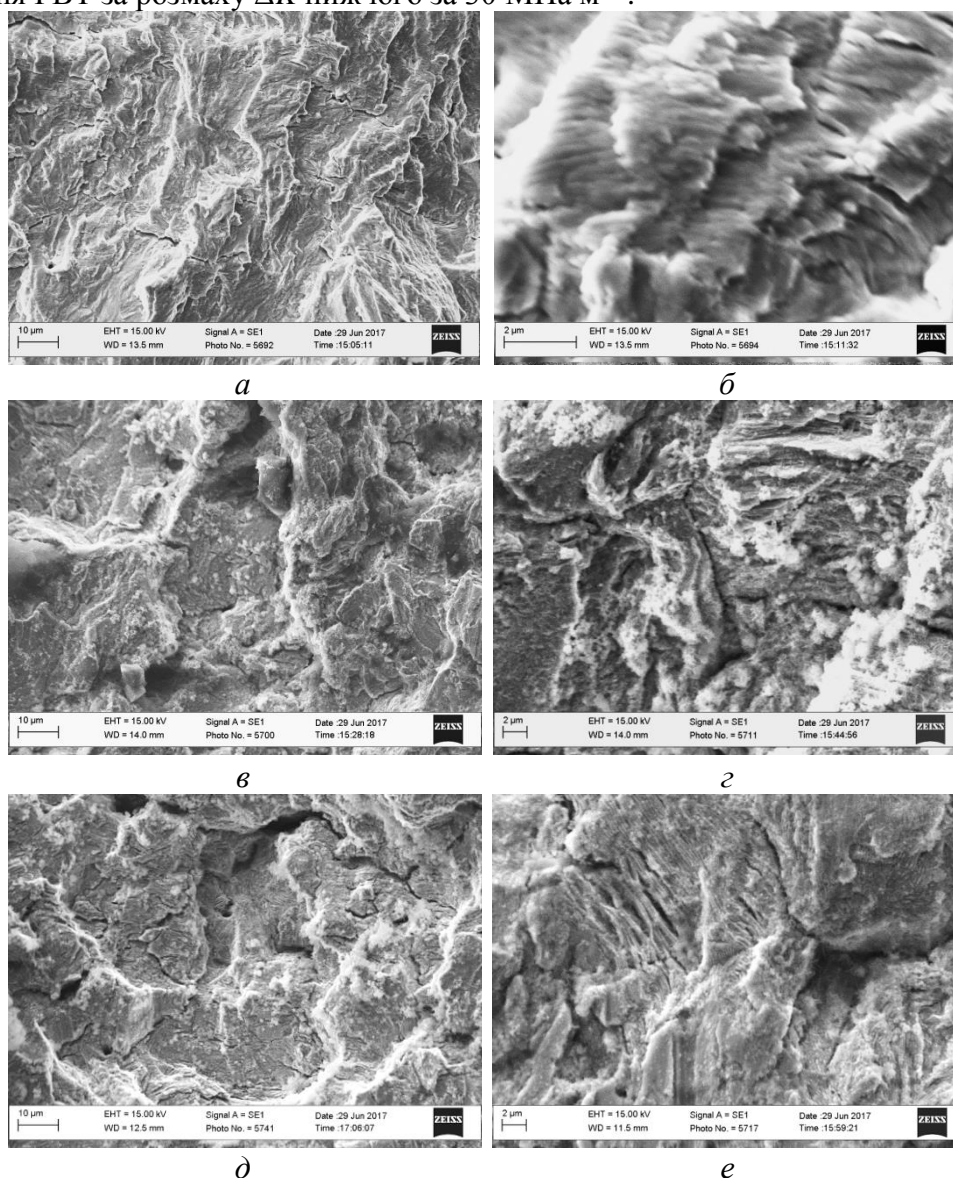


Рисунок 1 – Фрактографічні особливості росту втомної тріщини у повітрі (а, б), воді (в, г) та інгібованій воді (д, е) за постійного розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень $33 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

Зі зниженням ΔK до $18 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ за випроб на РВТ у повітрі зберігається фестонна будова зламу, але зменшується рельєфність фестонів та боріздок поперек них (рис. 2а, б). Зменшується також довжина і ширина фестонів, а також крок боріздок по відношенню до спостережних за $\Delta K = 33 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, що свідчить про істотне зниження швидкості РВТ і узгоджується з КДВР.

Подібне зниження рельєфу зламу за випроб при $\Delta K = 18 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ спостерігали також за випроб у воді (рис. 2в) і в інгібованій воді (рис. 2д). Разом з тим відзначили істотне зменшення кількості елементів міжзеренного руйнування і, відповідно, вторинного розтріскування вздовж меж зерен. Це ознака більшої вибіркової водневого окрихчення за нижчого рівня навантаження, а, отже, зростання нерівноцінності меж зерен за опором водневому окрихченню. За вищої роздільної здатності при низькій амплітуді навантаження на видовжених вздовж напрямку РВТ елементах, подібних на фестони за випроб у повітрі, спостерігали неглибокі рівчакоподібні ямки (рис. 2г). Їх можна було трактували як несформовані боріздки, або дрібні виразки корозійного походження, які могли формуватися внаслідок зростання тривалості випроб у воді.

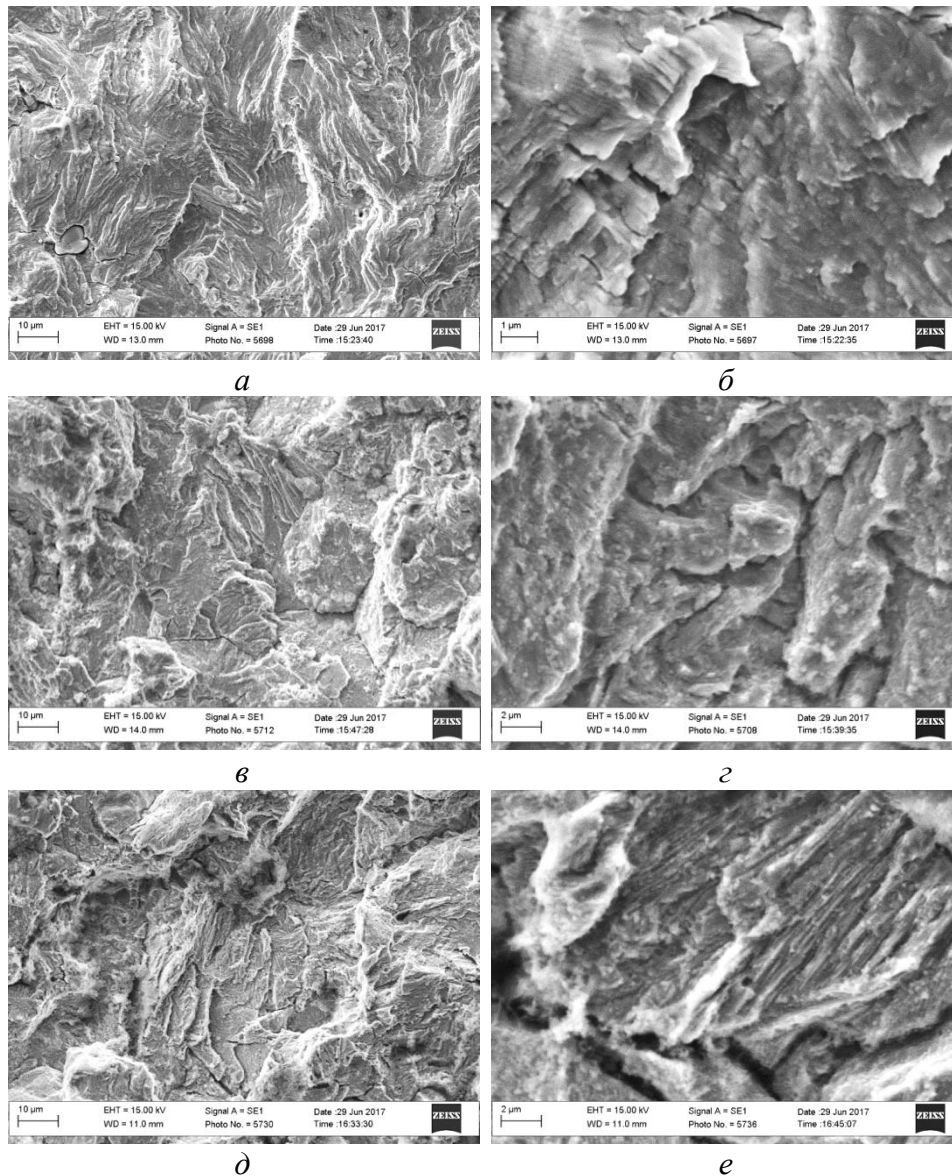


Рисунок 2 – Фрактографічні особливості росту втомної тріщини у повітрі (а, б), воді (в, г) та інгібованій воді (д, е) за постійного розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Тенденція мікророзтріскування вздовж міжфазних меж в перлітних зернах за випроб у інгібованій воді збереглася незмінною і за нижчої амплітуди навантаження (рис. 2е). Це узгоджується із незмінністю швидкості РВТ аж до $33 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Висновки.

1. Зростання швидкості РВТ у воді (по відношенню до отриманої на повітрі) пов'язане з водневим окрихченням меж зерен і фрагментацією металу на міжзеренному рівні. Інгібітор у воді локалізує вплив наводнювання, а, отже, в меншій мірі ослаблює межі зерен. При цьому наводнювання локалізується на міжфазних межах всередині перлітних зерен, що стабілізувало корозійні процеси в вершині тріщини і сприяло незмінності швидкості РВТ за низьких амплітуд навантаження.
2. Вплив інгібітору на РВТ не пов'язаний з рівнем навантаження за випроб на циклічну тріщиностійкість, а залежить від швидкості корозійних процесів вздовж міжфазних меж у перліті, яка визначається інгібіторним захистом напруженого металу у вершині тріщини від впливу наводнювання. Внаслідок зростання амплітуди навантаження межі зерен розтріскуються і наводнювання ослаблює опір РВТ вздовж цих меж.

Література.

1. Amitha B. E. Rani and Bharathi Bai J. Basu. Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview // Int. J. of Corrosion. – 2012. – ID380217. – P. 1–15.
2. Визначення протикорозійної ефективності рослинних екстрактів / В.І.Воробйова., О.Е.Чигиринець / Наукові вісті НТУУ «КПІ» – 2010. – №6 – С.152-156
3. Бондарь Е.С., Курмакова И.Н., Макей А.П. Ингибирующее действие сока Aloe Vera и композиций на его основе при коррозии малоуглеродистой стали Вісник ЧДТУ Серія «Технічні науки» №1 (77) 2015 –С.26-30.
4. Бабей Ю. И. Влияние комплексной защиты на циклическую трещиностойкость среднеуглеродистой стали в коррозионной среде / Бабей Ю. И., Полутранко И. Б., Зима Ю. В. // Физ.-хим. механика материалов. – 1983. – Т.18, №5 – С.10–12.
5. овышение долговечности металлоконструкций с помощью ингибитора комплексного действия / Ю. И. Бабей, Л. В. Ратыч, З. В. Слободян, И. Н. Дмытрах // Физ.-хим. механика материалов. – 1985. – Т.21, № 6 – С.51–56.
6. Слободян З.В., Маглатюк Л.А., Купович Р.Б., Хабурський Я.М. Композиції на основі екстрактів з кори та стружки дуба – інгібітори корозії середньовуглецевих сталей у воді // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2014. – № 5. – С. 58–66.
7. Вплив екстрактів рослинної сировини на корозію та корозійно-втомне руйнування сталі у прісній воді / З. В. Слободян, Л. А. Маглатюк, Я. М. Хабурський Р. Б. Купович // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2016. –Т. 52, № 1. – С. 119–125.
8. Фрактографічні ознаки експлуатаційної деградації зварних з'єднань магістральних нафтогонів / Г. В. Кречковська, С. Р. Яновський, О. З. Студент, Г. М. Никифорчин // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2015. – 51, № 2. – С. 21–27.
9. Никифорчин Г. М., Ткачук Ю. М., Студент О. З. Експлуатаційна деградація сталі 20Х13 лопаток парових турбін ТЕС // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2011. – 47, № 4. – С. 28–35.