

ОСОБЛИВОСТІ КОРОЗІЙНО-ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ СТАЛІ 35 У ВОДІ В ПРИСУТНОСТІ ЕКСТРАКТУ ДУБОВОЇ СТРУЖКИ

З. В. Слободян, Я. М. Хабурський, О. В. Максимів

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

Abstract. It is established that inhibitor based on oak chips extract influences corrosion fatigue resistance of carbon 35 (0.35C) steel under low stresses level. Conventional fatigue limit on the base of $5 \cdot 10^7$ cycles is in 2.6 times higher than in noninhibited water. Fractography analysis of specimen fracture shows difference in the fracture mechanism at a stage of crack initiation and demonstrates the inhibitor influence on fracture process energy during the final step.

Вступ. Втомне руйнування металів в корозійних середовищах пов'язане з явищем своєрідного синергізму, тобто взаємопідсилення корозійних та втомих процесів. Небезпека корозійно-втомного руйнування криється в труднощах його виявлення на ранніх стадіях, де процес протікає без помітних змін стану поверхні [1]. Як відомо, надійна експлуатація водооборотних систем вимагає застосування захисту не тільки від процесів корозії та солевідкладення, але й від корозійно-втомного руйнування [2]. Використання для цієї мети інгібіторів є не лише ефективним і простим у реалізації засобом, але й економічно виправданим. Останнім часом набирають популярності т.зв. «зелені інгібітори», які отримують на основі рослинної сировини. Розроблені нами інгібітори – екстракти з відходів переробки деревини, ефективно захищають середньовуглецеві сталі від корозії в нейтральних та кислих середовищах [3, 4]. Однак їх ефективність в умовах додаткового впливу механічних напружень наразі не вивчена.

Метою роботи було дослідження впливу екстракту стружки дуба на багатоциклову корозійну втому (КВ) сталі 35 у водогінній воді та виявленні особливостей втоми руйнування сталі в інгібованому середовищі.

Матеріали та методичні аспекти роботи. Опір сталі 35 корозійно-втомному руйнуванню вивчали на циліндричних зразках ($\varnothing=5$ мм) на машинах ІМА-5 чистим згином з крученням. Зміна напружень в зразку відбувається за гармонійним синусоїдальним законом і симетричним циклом. Корозійне та інгібоване середовище до зразка подавали з резервуару через силіконову трубку краплями, частота яких сягала 10-15 крапель/хв. База випробувань 50 млн. циклів. Криві втоми представлені в напівлогарифмічних координатах $\sigma - \lg N$. Корозійне середовище – вода м. Львова (загальна твердість 5,9 мг-екв/л, рН 6,8). Концентрація інгібітора – 2 г/л. Характер зламів після руйнування зразків досліджували на сканівному електронному мікроскопі EVO-40XVP із системою мікроаналізу INCA Energy 350.

Результати досліджень. Встановлено, що у воді опір сталі корозійній втомі значно нижчий, ніж на повітрі (рис. 1). Особливо це помітно на базі $5 \cdot 10^7$ циклів, де умовна границя втоми в 7 разів нижча порівняно з границею втоми на повітрі (криві 1 і 2). На високих рівнях напружень ($> 220 \dots 240$ МПа), де превалує більший вплив механічного фактора, різниця в опорі КВ на повітрі та у воді є значно меншою. Введення інгібітора у водне середовище впливає на опір сталі КВ (крива 3). Однак цей вплив є значно меншим, ніж його вплив на загальну корозію сталі у відсутності циклічних напружень. Так, коефіцієнт гальмування корозії сталі 35 за концентрації інгібітора 0,8 г/л становить 7,2, тоді як на базі $5 \cdot 10^7$ КВ він сягає лише 2,6. Але присутність інгібітора у воді міняє характер втоми руйнування.

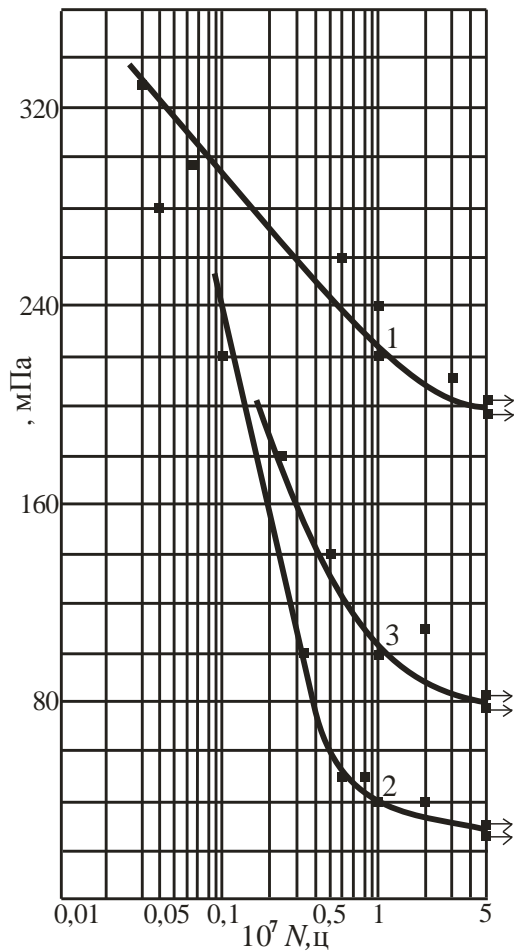
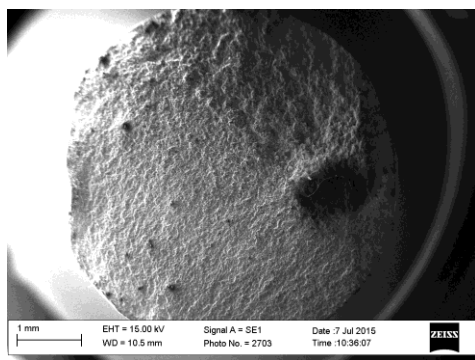
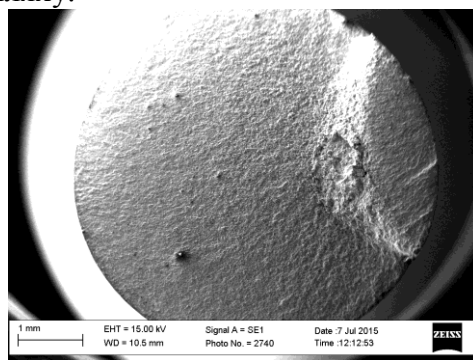


Рис. 1. Криві втоми: 1 – повітря; 2 – водогінна вода; 3 – вода + 2 г/л екстракту

Порівняння макрофрактограм зламів зразків у водогінній і інгібованій воді, свідчить, що зародження тріщини у першому випадку відбувалося в багатьох місцях вздовж периметру практично в одному перерізі зразка (рис. 2а), а в другому – у різних перерізах по довжині зразка (рис. 2б). Отже, зародження тріщин в інгібованій воді відбувається важче, ніж у водогінній. Детальніший аналіз зламів за вищої роздільної здатності виявив істотні відмінності механізмів руйнування на етапі зародження корозійно-втомних тріщин (рис. 3). Якщо у водогінній воді зародження тріщин від поверхні зразка відбувалося за міжзеренним механізмом з істотним вторинним розтріскуванням вздовж меж зерен (рис. 3а), то в інгібованій воді – переважав кризьзеренний механізм (рис. 3б). Як особливість механізму зародження тріщини в інгібованій воді відзначили розтравлювання міжфазних меж між феритом та цементитом в межах перлітних зерен. Причому це відбувалося незалежно від орієнтації структурних складових стосовно магістрального напрямку поширення тріщини. Кожне включення цементиту, чи включення іншої природи через затуплення вершини тріщини створювало перешкоду її росту, яка змушена огинати пластини цементиту на своєму шляху.

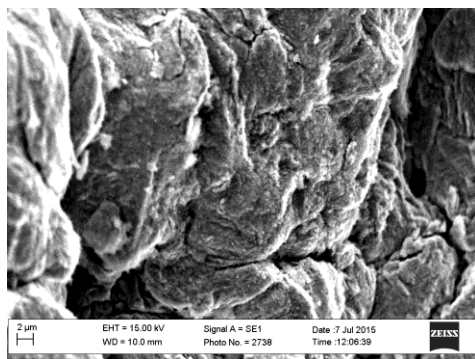


а

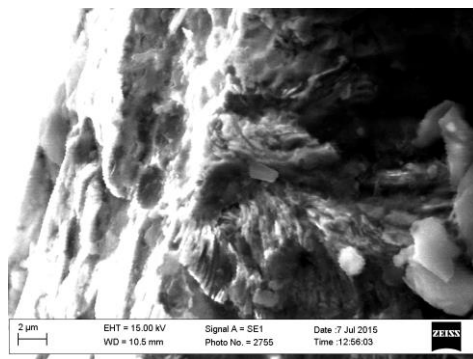


б

Рис. 2. Макрофрактограми зразків сталі 35 у водогінній (а) та у інгібованій (б) воді.



а



б

Рис. 3. Мікрофрактограми зразків сталі 35 у водогінній (а) та у інгібованій (б) воді в зоні зародження тріщин від їх бокової поверхні.

Скоріш за все це відбувалося внаслідок корозійного роз'їдання міжфазних меж, бо пластини цементиту залишилися чітко окресленими на поверхні зламу, незалежно від їх орієнтації стосовно напрямку поширення руйнування.

В міру просування тріщин вглиб перерізу зразків особливості механізму руйнування, властиві сталі у інгібованій воді, практично зникають (рис. 4). В обох випадках руйнування відбувається за кризьеренним механізмом з незначною кількістю фрагментів в'язкого руйнування, яке пов'язане з руйнуванням перетинок між двома незалежними мікрофронтами тріщини, які поширюються в паралельних, але дещо зміщених у просторі, площинах. Проте за вищої роздільної здатності і на етапі поширення руйнування на зламі у інгібованій воді виявили, що пластинки цементиту в межах феритних зерен чіткіше окреслені завдяки роз'їданню їх меж з феритом (рис. 4а). Отже і на етапі докритичного росту тріщини слід сподіватися на позитивний ефект інгібування водогінної води.

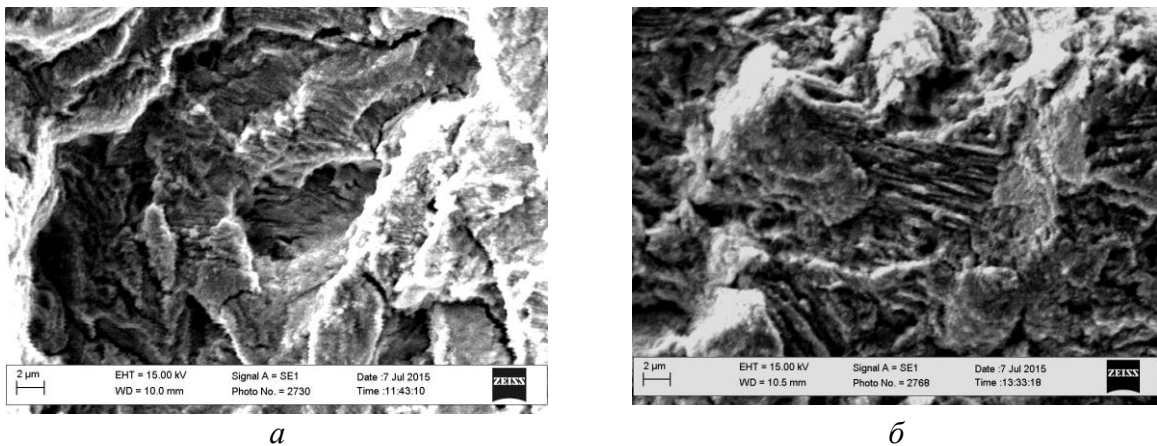


Рис. 4. Мікрофрактограми зразків сталі 35 у водогінній (а) та у інгібованій (б) воді на етапі до критичного поширення тріщин в перерізі зразка.

Аналіз особливостей руйнування на завершальному етапі руйнування показав (рис. 5), що навіть на цьому етапі енергоємність руйнування у інгібованій воді вища, ніж у звичайній водогінній воді. Зокрема, в зоні доламу зразка, випробуваного у водогінній воді, спостерігали лише параболічні ямки зсуву, які відповідають високій швидкості поширення руйнування (рис. 5а). Тоді як у інгібованій воді спостерігали елементи, характерні для в'язкого руйнування на повітрі. А саме, це були практичні круглі за формою ямки відриву, утворені внаслідок зародження порожнин та їх злиття при розтягуванні перетинок між ними до критичного рівня деформації (рис. 5б). Отже, за фрактографічними ознаками сталь в інгібованій воді виявила вищий опір руйнуванню порівняно з властивим їй у водогінній воді навіть на етапі неконтрольованого поширення тріщини.

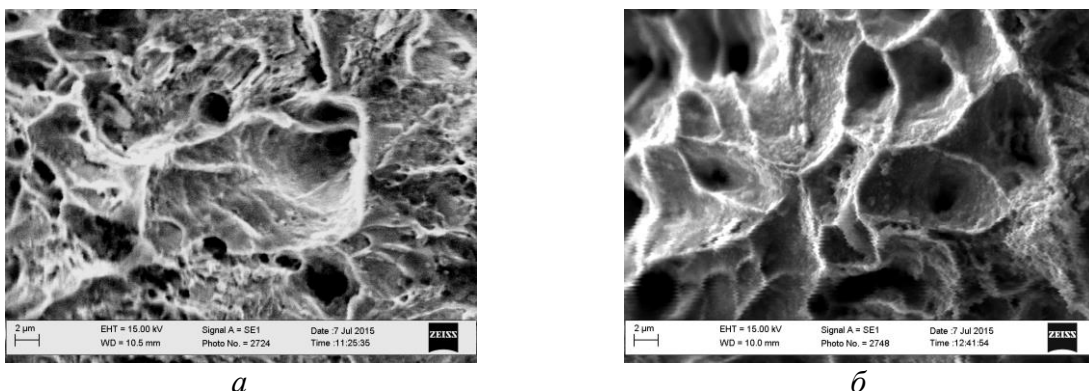


Рис. 5 – Мікрофрактограми зразків сталі 35 у водогінній (а) та у інгібованій (б) воді на етапі доламу зразка.

Література.

1. В.І. Похмурський, М.С. Хома Корозійна втома металів та сплавів. – Львів. – Сполом. – 2008. – 300с.
2. Бабей Ю.И., Слободян З.В., Семенишин Д.И. Влияние соединений переходных металлов с бензотриазолом на коррозию и коррозионно-усталостное разрушение среднеуглеродистой хромистой стали. – Защита металлов. – 1983. – №4. С.617–620.
3. 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.
4. Хабурський Я.М. Протикорозійні властивості екстрактів рослинної сировини в розчині соляної кислоти // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2015. – № 1. – С. 116–121.

ВНУТРІШНЬОТРУБНА КОРОЗІЯ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОПРОВОДІВ

М.П. Мазур, Л.Я. Побережний, А.В. Грицанчук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Abstract. One of the least studied is corrosion under the influence of gas hydrates. The ability to form hydrates with many gases, volatile organic liquids and their binary and multicomponent mixtures. Hydrates can initiate certain types of internal corrosion of pipelines. This relates to corrosion pitting, which is often seen as a fresh, and in the acidic environment. This corrosion is difficult to detect, prevent or predict the stage of construction of the pipeline. Analyzes assortment of pipe steels and selected for experimental studies of the impact of gas hydrates on the internal surface of the pipeline samples cut from steel 20 and 16HS tubes. Established real physical and mechanical properties of steel pipe and show that they are in some indicators 20-30% lower than given in the certificate, due to the influence of the mode of production of seamless steel pipes. Studied domestic and international experience in the field of corrosion protection of internal surfaces of pipes. Systematized by structural type of hydrate formation and corrosion inhibitors. Special attention require interaction between the components of corrosion inhibitors and inhibitors of hydrate formation in order to optimize their choices and achieve maximum synergistic effect.

Одним з негативних чинників газонафтотранспортної системи є внутрішньотрубна корозія промислових трубопроводів.

Корозія є причиною майже 50% всіх аварій трубопроводів. Корозія представляє собою хімічну чи електрохімічну реакцію між матеріалом, зазвичай металом, та його навколишнім середовищем. Корозія викликає погіршення характеристик металу.

Корозія внутрішньої стінки газопроводу означає присутність значних парціальних тисків CO_2 та/чи H_2S . Це відбувається тоді, коли стінка труби зазнає впливу води та забруднювачів в газі, таких як кисень (O_2), дігидросульфід (H_2S), двоокис вуглецю (CO_2) чи хлорид-іон (Cl^-). З точки зору вагового проценту чи масової частки, O_2 розчиняється більше у відношенні до звичайної сталі порівняно з CO_2 чи H_2S . Хоча ймовірність присутності значних концентрацій O_2 всередині газопостачального трубопроводу є досить низькою, навіть маленький парціальний тиск O_2 може ставати причиною високої швидкості розвитку корозії в сталевих трубах.

Корозія зазвичай класифікується трьома основними категоріями. До першої групи відносять ті, які легко ідентифікуються при візуальній перевірці (рівномірна корозія, локалізована корозія та електрохімічна корозія). До другої групи належать ті види