

УДК 620.178.3

Г. Никифорчин¹, д.т.н., проф., П. Семенов², к.т.н., доц. О. Цирульник¹, д.т.н., ст.н.с., О. Звірко¹, д.т.н., проф.

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України, Україна

² Одеський національний морський університет, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ДЕГРАДАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ ЗА ДІЇ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА СЕРЕДОВИЩ

H. Nykyforchyn¹, D.Sc., Prof., P. Semenov², Ph.D., Assoc. Prof., O. Tsyurulnyk¹, D.Sc., Sen. Res., O. Zvirko¹, D.Sc., Prof.

¹ Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

² Odessa National Maritime University, Ukraine

PECULIARITIES OF ASSESSING THE DEGRADATION OF STRUCTURAL STEELS UNDER THE ACTION OF CYCLIC LOADING AND ENVIRONMENTS

Abstract. Long-term operation of structural steels often intensifies their degradation, which manifests itself in a decrease in initial physical and mechanical properties. The work highlights the peculiarities of the steel degradation process and its assessment under conditions of cyclic loading, as well as under the action of corrosive hydrogenating environments. Special attention is paid to the role of in-bulk dissipated damage in the metal degradation.

Елементи конструкцій відповідальних інженерних об'єктів часто зазнають циклічного навантаження, яке розглядають важливим чинником прискорення руйнування порівняно зі статичним навантаженням, яке супроводжується вичерпанням пластичності металу та розвитком у ньому пошкодженості. Подібні закономірності властиві також експлуатаційній деградації сталей за тривалого статичного навантаження, особливо за дії наводнювальних середовищ. Мета роботи полягала у виокремленні ролі саме циклічного навантаження у загальних закономірностях зміни стану металу за його циклічного навантаження.

Одним із важливих аспектів в оцінюванні експлуатаційної деградації сталей є чутливість до неї показників опору руйнуванню. При цьому в такому аналізі взято до уваги не тільки показники втомного руйнування, але і тих механічних властивостей металу, які характеризують його експлуатаційне окрихчення. До них віднесено характеристики пластичності, ударної в'язкості та тріщиностійкості. На рис. 1 наведено закономірності зміни в часі експлуатації низки механічних властивостей з урахуванням стадійності процесів деградації, яка у загальному випадку зводиться до деформаційного старіння сталей та розвитку в них розсіяної мікропошкодженості. Для характеристик втомної міцності, як і міцності взагалі, властива інверсія впливу часу експлуатації, тоді як характеристики опору крихкому руйнуванню однозначно знижуються і тому можуть бути визначальніші для оцінювання стану металу на стадії розвитку пошкодженості. Схема демонструє також, що стадія пошкодженості за циклічного навантаження настає раніше порівняно зі тривалим статичним і тому можливе порушення симбатності між експлуатаційною зміною статичної міцності і втомної міцності.

Згідно схеми на рис. 1 симбатна зміна характеристик втомної міцності і опору крихкому руйнуванню очікується лише на стадії II деградації сталей. Такі особливості підтверджують і експериментальні оцінки (рис. 2) механічних характеристик для

нержавної сталі 20X13 лопатки циліндра низького тиску парової турбіни ТЕС у вихідному стані та після $\sim 3 \cdot 10^5$ год експлуатації [1]. Тріщиностійкість за статичного навантаження визначали з використанням методу J -інтеграла, а за циклічного – на основі порогів втоми ΔK_{th} і $\Delta K_{th\,eff}$, визначених без та врахування ефекту закриття тріщини відповідно. Використали показник λ , що характеризує відносну зміну відповідних показників внаслідок експлуатації. Зазначимо, що номінальний поріг втоми ΔK_{th} виявився мало ефективним для оцінювання деградації, оскільки експлуатація сталі спричинила зростання ефекту закриття тріщини, що майже нівелювало відмінності у порогах втоми вихідного та експлуатованого металу – вони відрізняються лише на 10%.

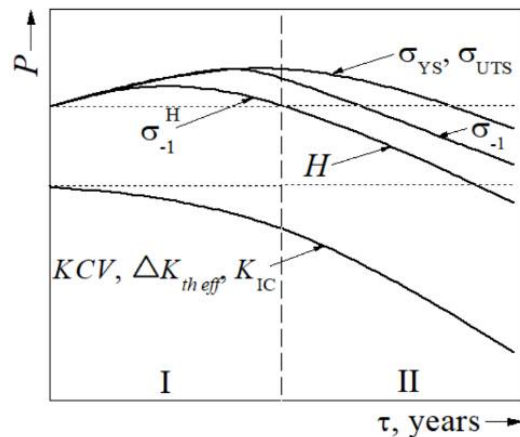


Рис. 1. Схема стадійної деградації сталей: стадія I – деформаційне старіння (зміцнення); стадія II – розвиток розсіяної пошкодженості. P – показник; H – вплив наводнювання.

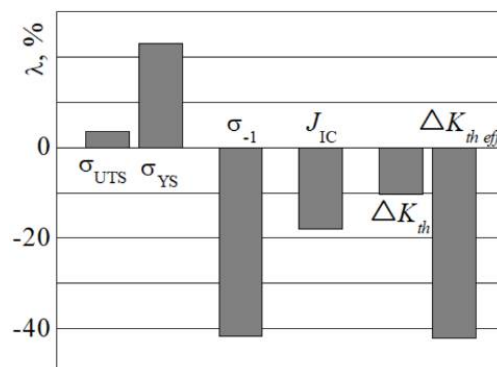


Рис. 2. Чутливість механічних характеристик сталі 20X13 (міцності σ_{YS} та σ_{UTS} , границі витривалості σ_{-1} , в'язкості руйнування J_{IC} та номінального ΔK_{th} і ефективного $\Delta K_{th\,eff}$

порогів втоми) до її експлуатаційної деградації. $\lambda = \frac{P_{exp} - P_{in}}{P_{in}} \cdot 100\%$, де P_{in} та P_{exp} – характеристики металу у вихідному стані та після експлуатації, відповідно)

Роль наводнювального середовища в деградації сталей проявляється у двох принципових аспектах: наводнювання металу внаслідок його електрохімічної взаємодії з корозивним середовищем та сильніший вплив водню для експлуатованого металу порівняно з вихідним його станом. Останній аспект використано для підвищення чутливості механічних показників до оцінювання деградації сталей.

Література.

1. Nykyforchyn H. M., Tkachuk Yu. M., Student O. Z. In-service degradation of 20Kh13 steel for blades of steam turbines of thermal power plants // Mater. Sci. – 2012. – 47, № 4. – P. 447–456.