



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 162930

(13) U

(51) МПК

G01N 27/26 (2006.01)

G01N 3/30 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2025 05875

(22) Дата подання заявки: 26.11.2025

(24) Дата, з якої є чинними  
права інтелектуальної  
власності: 07.05.2026

(46) Публікація відомостей  
про державну  
реєстрацію: 06.05.2026, Бюл.№ 18

(72) Винахідник(и):

Звірко Ольга Іванівна (UA),  
Демянчук Дмитро Олександрович (UA),  
Соловей Петро Русланович (UA)

(73) Володілець (володільці):

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.  
КАРПЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ,  
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060 (UA)

(54) СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ СТАЛЕЙ НИЗЬКОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ МІЦНОСТІ

(57) Реферат:

Спосіб оцінювання експлуатаційної пошкодженості сталей низької та середньої міцності полягає в тому, що ударному навантаженню піддають зразки без концентраторів напружень, а вплив пошкодженості на їх опір крихкому руйнуванню кількісно оцінюють за величиною енергії руйнування зразка. При цьому ударному навантаженню піддають зразки за температури рідкого азоту, і це дає можливість усунути запас пластичності сталей і виокремити окрихчуючий вплив розсіяних у об'ємі зразка пошкоджень як додаткових концентраторів напружень і деформацій.

UA 162930 U

UA 162930 U

Корисна модель належить до галузі досліджень технічного стану експлуатованих конструкційних сталей, зокрема, до способів оцінювання їх опору крихкому руйнуванню внаслідок розвитку пошкодженості за дії експлуатаційних окрихчувальних чинників (пластична деформація, деградація структури, наводнювальний вплив технологічних чи зовнішніх середовищ). Він може бути використаний у науково-дослідних установах, заводських лабораторіях та промисловості.

Відомий спосіб оцінювання опору сталей крихкому руйнуванню методом ударної в'язкості [1]. За цим методом балкові зразки з надрізами - концентраторами напружень зазнають ударного навантаження, а вплив пошкодженості структури сталей на їх опір крихкому руйнуванню кількісно оцінюють за величиною енергії руйнування зразка. Однак надріз локалізує деформівні руйнуючі процеси у зразку тільки у січенні надрізу, усуваючи таким чином окрихчувальний вплив розсіяних у об'ємі зразка пошкоджень, як додаткових концентраторів напружень і деформацій.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі за технічною суттю є відомий спосіб оцінювання впливу водневої пошкодженості на опір сталей крихкому руйнуванню [2]. За цим методом балкові зразки без надрізів (концентраторів напружень) зазнають ударного навантаження, подібно як за способом [1]. А вплив розсіяних у об'ємі зразка пошкоджень на опір крихкому руйнуванню кількісно оцінюють за величиною енергії руйнування зразка.

Недоліком цього відомого способу є те, що ударні випробування проводять за кімнатної температури, за якої вплив абсорбованого сталлю водню максимальний. Водночас за такої температури зразки без надрізів із конструкційних сталей середньої та низької міцності, наприклад трубні, теплостійкі, тощо, навіть за ударного навантаження пластично деформуються, але не руйнуються.

Задача корисної моделі - розробити спосіб оцінювання ступеня експлуатаційної пошкодженості сталей низької та середньої міцності внаслідок дії експлуатаційних окрихчувальних чинників (пластична деформація, деградація структури, наводнювальний вплив технологічних чи зовнішніх середовищ).

Поставлена задача вирішується тим, що ударному навантаженню піддають зразки без надрізів за температури рідкого азоту. Це дає можливість максимально усунути запас пластичності сталей і виокремити окрихчуючий вплив розсіяних у об'ємі зразка пошкоджень як додаткових концентраторів напружень і деформацій.

Приклад. Випробування проводили на балкових призматичних зразках із феритно-перлітної трубної сталі 17Г1С, виготовлених відповідно способу-аналогу (рисунок). Експлуатаційну розсіяну пошкодженість моделювали попереднім електрохімічним наводнюванням, яке ініціює розвиток у об'ємі металу мікротріщин за механізмом НІС (Hydrogen-Induced Cracking) - воднем спричиненого розтріскування [3]. Наводнювання зразків реалізували у розчині сульфатної кислоти (рНІ) з добавкою стимулятора наводнювання і, водночас, інгібітора корозії, 10 г тіосечовини. Для наводнювання зразків застосували густини катодних струмів у діапазоні від 0,1 до 5 мА/см<sup>2</sup> упродовж 50 год.

За результатами ударних випробувань у рідкому азоті отримано енергію руйнування сталі у вихідному стані (ненаводненої сталі)  $E_p$  41 Дж.

Після електрохімічного наводнювання за густини струмів 0,1, 0,25, 0,5 і 1,0 мА/см<sup>2</sup> енергія руйнування сталі не змінилася. З цього можна зробити висновок, що за такої інтенсивності наводнювання у сталі не ініціюється розвиток водневого розтріскування. Однак після наводнювання за густини струму 2,5 мА/см<sup>2</sup> енергія руйнування сталі дещо зменшилася - 36 Дж. Особливо сильно вона зменшилася після наводнювання за густини струму 5,0 мА/см<sup>2</sup> - 23 Дж. Отримані результати засвідчили, що розсіяна пошкодженість за механізмом НІС - воднем спричиненого розтріскування - ініціюється за густини струму 2,5 мА/см<sup>2</sup> і різко інтенсифікується за густини струму 5,0 мА/см<sup>2</sup>.

Отже, спосіб за корисною моделлю дозволяє коректно оцінити ступінь експлуатаційної пошкодженості сталей низької та середньої міцності.

Джерела інформації:

1. ДСТУ ISO 148-1:2022 Металеві матеріали. Випробування на ударний вигин за Шарпі на маятниковому копрі. Частина 1. Метод випробування / Технічний комітет стандартизації "Стандартизація методів контролю механічних, металографічних та корозійних властивостей металопродукції" (ТК 81).

2. Патент на корисну модель № 158626. Спосіб оцінювання впливу водню на опір крихкому руйнуванню сталі. Дмитрах І.М., Звірко О.І., Цирульник О.Т., Сиротюк А.М., Лещак Р.Л. Номер заявки u202404684. Дата подання заявки: 30.09.2024 р. Публ. 26.02.2025 р. Бюл. № 9. 2 с.

3. Martin M. L., Sofronis P., Hydrogen-induced cracking and blistering in steels: A review. Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2022. Volume 101, 104547. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104547>.

5

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

Спосіб оцінювання експлуатаційної пошкодженості сталей низької та середньої міцності, за яким ударному навантаженню піддають зразки без концентраторів напружень, а вплив пошкодженості на їх опір крихкому руйнуванню кількісно оцінюють за величиною енергії руйнування зразка, який **відрізняється** тим, що ударному навантаженню піддають зразки за температури рідкого азоту, і це дає можливість усунути запас пластичності сталей і виокремити окрихчуючий вплив розсіяних у об'ємі зразка пошкоджень як додаткових концентраторів напружень і деформацій.

