МАКСИМОВ С.Ю., ВИННИКОВ Ю.Л.,
НЕСТЕРЕНКО І.С., МАКАРЕНКО Ю.В.

КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНІ РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**МАКСИМОВ С.Ю., ВИННИКОВ Ю.Л.,
НЕСТЕРЕНКО І.С., МАКАРЕНКО Ю.В.**

КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНІ РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

МОНОГРАФІЯ
(Видання друге, доповнене)

2025

УДК 621.791.15.665

Надруковано згідно рішення Вченої ради
Київського національного університету будівництва і архітектури
Міністерства освіти і науки України
(Протокол № 8 від 03 травня 2024 р.)

Рецензенти:

Кіндрачук М. В. – професор, доктор технічних. наук;
Ахонін С. – д-р техн. наук, професор, академік НАН України;
Бондаренко Є. – доктор економічних наук, професор Київського національного транспортного університету

Максимов С.Ю., Винников Ю.Л., Нестеренко І.С., Макаренко Ю.В.
Корозійно-механічні руйнування будівельних конструкцій при динамічному навантаженні : монографія. Ніжин, 2025. 102 с.
ISBN 5-8365-1291-84

Із літератури і практики відомо, що найбільш високі в'язко-пластичні властивості і спротив крихкому руйнуванню мають сталі марок 06Г2БА і 06Г2АФ, які додатково економно модифіковані карбідоутворюючим і нітридоутворюючим елементами (ніобієм і ванадієм) та відрізняються дрібнозернистою структурою з низьким вмістом шкідливих домішок. Уперше встановлено, що в процесі термічної обробки утворюються наступні структури в результаті розпаду переохолодженого аустеніту, характерні для економно модифікованих сталей 06Г2БА і 06Г2АФ, отримані дані стосовно поглинутої енергії зародження тріщин оцінив її критерієм $A_З$ (МДж/м^2) а також енергію розповсюдження (критерій A_P, кДж) для кожної складової структури сталей 06Г2БА і 06Г2АФ. Показано, що найбільш високим спротивом зародженню і розповсюдженню тріщин в сталях 06Г2БА і 06Г2АФ (економно модифіковану ніобієм і ванадієм) володіють структурні складові типу аустеніт, сорбіт і тростит. Найбільш слабкий спротив притаманний структурі голчатого мартенситу, що необхідно враховувати при виборі сталі і проведенні термічної обробки для будівництва газопроводів, особливо призначених для жорстких інженерно-геологічних і кліматичних умов об'єктів будівництва і експлуатації. Для зниження металоємності трубопроводів, розрахунки несучої здатності таких конструкцій необхідно вести за основним показником механічних властивостей – межі текучості з урахуванням коефіцієнтів напружень, що дозволить більше задіяти внутрішній ресурс металу та підвищити робочі напруження до рівня $(0.75\text{-}0.8)\sigma_{0.2}$. Для цього слід використовувати сталі з високою в'язкістю, що дозволить наблизити зростання межі текучості до границі міцності (тимчасового спротиву) при відношенні $\sigma_{0.2}/\sigma_B \approx 0.8\ldots0.9$, що спричинить зростання спротиву тріщино утворенню в'язко-пластичної структури і використанню повного фізико-механічного ресурсу матеріалу трубних сталей.

ISBN 5-8365-1291-84 © Макаренко В.Д., Винников Ю.Л.,Нестеренко

ЗМІСТ

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЗВАРНИХ ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЇХ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ 6

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РОБОЧОГО РЕСУРСУ ГАЗОПРОВОДІВ З УРАХУВАННЯМ КРИТИЧНОЇ ПЛАСТИЧНОСТІ МЕТАЛУ ТРУБ І ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЗЄДНАНЬ 15

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ НА ВТОМНУ МІЦНІСТЬ ЕКОНОМНО МОДИФІКОВАНИХ СТАЛЕЙ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ВМІСТУ КИСНЮ І ВОДНЮ В КОРОЗІЙНО-АГРЕСИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ 30

РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ВТОМНУ МІЦНІСТЬ (ВТОМЛЕНІСТЬ) ТРУБНИХ ЕОКОНОМНО МОДИФІКОВАНИХ СТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДІВ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В КОРОЗІЙНО-АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ 37

РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНЮ І СІРКИ НА ТРИВАЛУ МІЦНІСТЬ (ВТОМЛЕНІСТЬ) ТРУБНИХ СТАЛЕЙ ГАЗОПРОВОДІВ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В КОРОЗІЙНО-АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ 45

РОЗДІЛ 6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНЮ І СІРКИ НА СУЛЬФІДНО-КОРОЗІЙНЕ РУЙНУВАННЯ ПІД НАПРУЖЕННЯМ (СКРН) ТРУБОПРОВОДІВ 51

РОЗДІЛ 7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЗЄДНАНЬ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ДВОВІСНОМУ ЗГИНІ В УМОВАХ ПОВТОРНО-СТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ 59

РОЗДІЛ 8. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІЦІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ 65

РОЗДІЛ 9. ОСОБЛИВОСТІ ЗАРОДЖЕННЯ ТРІЩИН В ФЕРИТО-ПЕРЛІТНИХ ТРУБНИХ СТАЛЯХ ТА ОЦІНКА ДОПУСТИМОЇ ДЕФЕКТНОСТІ ГАЗОПРОВОДІВ ПРИ НАТУРНИХ ПНЕВМАТИЧНИХ ВИПРОБУВАННЯХ 70

РОЗДІЛ 10. ВПЛИВ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СКЛАДУ ТРУБНОЇ СТАЛІ 06Г2БА ГАЗОПРОВОДІВ НА СПРОТИВ ЗАРОДЖЕННЮ І РОЗПОВСЮДЖЕННЮ ТРІЩИН В ПОВНОТОВЩИННИХ ЗРАЗКАХ ТИПУ DWTT ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ 78

РОЗДІЛ 11. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗВАРЮВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ В АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ 86

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 97

МАКСИМОВ
Сергій Юрійович

член-кореспондент національної Академії наук України, доктор технічних наук, заступник директора з науки Інституту електрозварювання імені Є.О.Патона НАНУ

ВИННИКОВ
Юрій Леонідович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри буріння та геології Навчально-наукового інституту нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

НЕСТЕРЕНКО
Ірина Сергіївна
кандидат технічних наук, доцент
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МАКАРЕНКО
Юлія Валеріївна
магістер університету «Манітобо», Вінніпег, Канада

ВСТУП

Із літератур и і практики відомо [1-5], що найбільш високі в'язко-пластичні властивості і спротив крихкому руйнуванню мають сталі марок 06Г2БА і 06Г2АФ, які додатково економно модифіковані карбідоутворюючим і нітридоутворюючими елементами (ніобієм і ванадієм) та відрізняються дрібнозернистою структурою з низьким вмістом шкідливих домішок. Уперше встановлено, що в процесі термічної обробки утворюються наступні структури в результаті розпаду переохолодженого аустеніту, характерні для економно 5ац.5но утвор сталей 06Г2БА і 06Г2АФ, зокрема: ферит, перліт, аустеніт, сорбіт, тростит, верхній і нижній бейніт та голчатий мартенсит. Згідно вимог Міжнародного стандарту, зокрема Американського інституту «Баттеля», Британської газової корпорації (БГА) та сталевого концерна «Маннесман» (ФРН), були проведені комплексні експериментальні дослідження на повно товщинних, крупно габаритних зразках, в процесі яких визначали спротив матеріалу труб зародженню та розповсюдженню тріщин в зразках типу DWTT. Уперше отримані дані стосовно поглинутої енергії зародження тріщин оцінив її критерієм $A_з$ (МДж/м^2) а також енергію розповсюдження (критерій A_P, кДж) для кожної складової структури сталі 06U2<F і 06Г2АФ. Показано, що найбільш високим спротивом зародженню і розповсюдженню тріщин в сталях 06Г2БА і 06Г2АФ (економно модифіковані ніобієм і ванадієм) володіють структурні складові типу аустеніт, сорбіт і тростит. Найбільш слабкий спротив притаманний структурі голчатого мартенситу, що необхідно враховувати при виборі сталі і проведенні термічної обробки для будівництва газопроводів, особливо призначених для жорстких інженерно-геологічних і кліматичних умов об'єктів будівництва і експлуатації. Для зниження металомісткості трубопроводів розрахунки несучої здатності таких конструкцій необхідно вести за основним показником механічних властивостей – межі текучості з урахуванням коефіцієнтів напружень, що дозволить більше задіяти внутрішній ресурс металу та підвищити робочі напруження до рівня $(0.75\text{-}0.8)\sigma_{0.2}$. Для цього слід використовувати сталі з високою в'язкістю, що дозволить наблизити зростання межі текучості до границі міцності (тимчасового спротиву) при відношенні $\sigma_{0.2}/\sigma_B \approx 0.8\ldots0.9$, що спричинить зростання спротиву тріщино утворенню в'язко-пластичної структури і використанню повного фізико-механічного ресурсу матеріалу трубних сталей.