УДК 620.194

Б.К. Гануліч
Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ПОКРИТТЯ АНОДНОГО ТИПУ НА ОСНОВІ ЦИНКУ ТА АЛЮМІНІЮ НА КОРОЗІЙНО-ВТОМНУ МІЦНІСТЬ СТАЛІ 28Х2МФБД

У роботі представлені результати експериментальних досліджень впливу покриття анодного типу на основі цинку та алюмінію на корозійно-втомну міцність зразків із сталі 28Х2МФБД. Встановлено, що 3%-й водяний розчин хлориду натрію зменшує границю втоми, у порівнянні з випробуваннями у повітрі, на порядок. Застосування електрометалізаційного покриття із алюмінію, цинку або 50% алюмінію+50% цинку дозволяє підвищити межу корозійної витривалості до значення витривалості 0,8 значення витривалості у повітрі. При цьому певний рівень несуцільності покриття не впливає на границю втоми.

Ключові слова: *сталь, корозійно-втомна міцність, покриття анодного типу.*

Б.К. Ганулич

ВЛИЯНИЕ ПОКРЫТИЯ АНОДНОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ЦИНКА И АЛЮМИНИЯ НА КОРРОЗИОННО-УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ СТАЛИ 28Х2МФБД

В работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния покритий анодного типа на основе цинка и алюминия на коррозионно-усталостную прочность стали 28Х2МФБД. Установлено, что 3%-й водный раствор хлорида натрия уменьшает, в сравнении с испытаниями в воздухе, предел усталости на порядок. Использование электрометализационного покрытия из алюминия, цинка или 50% алюминия + 50% цинка позволяет увеличить предел коррозионной выносливости до 0,8 значения выносливости в воздухе. При этом некоторый уровень несплошности покрытия не влияет на предел выносливости.

Ключевые слова: *сталь, коррозионно-усталостная прочность, покрытие анодного типа.*

B.K. Ganulich

INFLUENCE OF COVERAGE OF ANODIC TYPE ON THE BASIS OF ZINK AND ALUMINUM 28Х2МФБД BECAME ONCORROSIVE-TIRELESS DURABILITY

The paper presents the results of experimental studies of the effect of anode type anodes on the basis of zinc and aluminum on the corrosion-fatigue strength of 28X2MFBD steel. It was found that a 3% aqueous solution of sodium chloride reduces, in comparison with the tests in the air, the fatigue limit by an order of magnitude. Using an electrometal coating of aluminum, zinc or 50% aluminum + 50% zinc allows to increase the limit of corrosion resistance to 0,8 endurance in the air. At the same time, some level of discontinuity of the coating does not affect the endurance limit.

Key words: *steel, corrosion-fatigue strength, anode-type coating.*

Постановка проблеми. Останнім часом з'явились такі проблеми як видобуток залізо-марганцевих конкрецій з дна світового океану та глибоководне дослідницьке буріння. Одним із основних конструкційних елементів, що застосовуються при цьому, є труби, які, згідно об'єктивних неусувних причин, експлуатуються в умовах корозійної втоми. Використання труб із нержавіючої сталі є недоцільним із двох причин: а) велика вартість; б) найменша неоднорідність за хімічним складом об'єму металу повністю нівелює її корозійну стійкість при втомному навантаженні.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження ресурсних характеристик сталі 28Х2МФБД у морській воді, вивчення можливості застосування покрить анодного типу для підвищення ресурсних характеристик до необхідного.

Зразки для випробувань вирізані вздовж твірної із труби $\varnothing 245\times 16$ мм, загартованої і високо відпущеної ($\sigma_{\hat{a}} = 1340 \pm 20$ МПа; $\sigma_{0,2} = 1250 \pm 20$ МПа; $\delta = 9,4 \pm 0,6$%; $\psi = 57 \pm 3$%; ударна в'язкість руйнування KCU $= 70 \pm 5$ Дж/см^2).

Утому і корозійну втому досліджували на циліндричних зразках робочого перерізу $\varnothing 5$ мм в умовах чистого згину з обертанням частотою 50Гц. Випробування проводились на машині ФМІ-5. База випробувань у повітрі 10 млн. циклів, у 3%-му водяному розчині хлориду натрію 50 млн. циклів. Корозійне середовище подавали крапельним способом, що забезпечувало найбільше збагачення його киснем і, тим самим, забезпечувало максимальний корозійний вплив середовища.

Експериментально встановлено (див. таблицю), що корозійне середовище майже на порядок зменшує межу витривалості зразків із сталі 28Х2МФБД, що свідчить про її високу чутливість до впливу корозійного середовища.

© Б.К. Гануліч

Таблиця 1

$\pm\sigma$, МПа	800	700	600	550	500	400	300	200	100	60
n, млн.циклів	0,01	0,08	0,1	10						
N, млн.циклів				0,01	0,08	0,10	0,17	1,2	9	50
N_c, млн.циклів			0,04	0,08	0,12	50				

$\pm\sigma$, МПа – максимальне, мінімальне напруження у циклі навантаження;

n – кількість циклів навантаження до руйнування зразка у повітрі;

N – кількість циклів навантаження до руйнування зразка у корозійному середовищі;

N_c – кількість циклів навантаження до руйнування зразка з покриттям у корозійному середовищі.

З метою підвищення межі втоми сталі 28Х2МФБД у 3%-му водяному розчині NaCl (найагресивніша модель морської води) на робочу частину $\varnothing 5$ мм згаданих вище зразків електрометалізаційним способом наносили покриття із цинку, алюмінію та 50% цинку-50% алюмінію. Товщина кожного окремого покриття 0,4…0,6мм. Як показали випробування нанесення кожного із покрить без суттєвої різниці дозволяє збільшити границю корозійної втоми σ_{-1c} до 400…430 МПа. Передбачалось застосування згаданих покрить при використанні труб із сталі 28Х2МФБД у морській воді. Очевидно, що при транспортуванні труб, комплектації із них відповідної конструкції і т.п., можливим є порушення суцільності електрометалізаційного покриття. Тому дослідження впливу корозійного середовища проводили на зразках з робочою частиною $\varnothing 5$ мм і довжиною 5см, де покриття було несуцільним: перед електрометалізацією центральна частина зразка обмотувалась дротиною $\varnothing 1$ мм, тобто смуга робочої частини зразка шириною 1мм залишалась непокритою. Як показали експерименти, несуцільність покриття, а саме відсутність його на ширині 1мм, несуттєво впливає на границю втоми, σ_{-1c}~420 МПа.

Як показують дослідження (див. табл.), навантаження $\pm\sigma = 550$ МПа, що є рівним межі втоми у повітрі, у корозійному середовищі зумовлюють руйнування зразка за 15000…20000 циклів навантаження. При частоті навантаження 50Гц таке руйнування відбувається протягом 5…6 хв. За цей час поверхня зразка не зазнає помітних корозійних пошкоджень і залишається полірованою та блискучою. Можна зробити висновок , що у таких умовах причиною руйнування є адсорбційний вплив середовища. З метою виявлення адсорбційного впливу на втому металів було проведено ряд експериментів [2], у яких показано, що адсорбція води помітно зменшує модуль зсуву поверхневого шару металу, отже зменшує сили міжатомних зв'язків.

З іншого боку, несуцільність анодного покриття незначно зменшує границю втоми сталі 28Х2МФБД. Можна припустити, що присутність анодного покриття нівелює адсорбційний вплив середовища. З цією метою були проведені експерименти по виявленню впливу покрить на швидкість корозії заліза і вуглецевих сталей. Як показали досліди [3,4], контакт ювенільних поверхонь заліза (вуглецевої сталі) з алюмінієм значно зменшує швидкість корозії.

Крім того, були проведені натурні випробування у повітрі труби (2 шт.) із сталі 28Х2ЬФБД Ø245х16 мм на випробувальній машині ФМІ-200 при $\sigma = \pm 300$ МПа, частота навантаження 6,67 Гц. Кількість циклів до руйнування кожної труби склала приблизно 100 000 циклів. На поверхні злому кожної з обох труб спостерігалась окалина розміром 2…3 см^2, що й стало причиною передчасного руйнування ($\sigma_{-1} = 550$ МПа); на поверхні цілісного зразка ці дефекти були непомітні.

Висновки.

1. Наявність корозійного середовища зменшує границю втоми зразків із сталі 28Х2МФБД майже на порядок: $\sigma_{-1} = 550$ МПа, $\sigma_{-1c} = 60$ МПа.

2. Застосування електрометалізаційного покриття анодного типу дозволяє підвищити границю корозійної втоми до 450МПа.

© Б.К. Гануліч

3. Несуцільність (до 20%) покриття незначно впливає на границю втоми.

4. При високих рівнях навантаження, близьких до границі втоми у повітрі, негативний вплив середовища має адсорбційний характер, зокрема взаємодія води з поверхневим шаром металу.

5. Покриття анодного типу нівелює негативний вплив адсорбційних явищ на втому сталі 28Х2МФБД.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

1. Встановити залежність ефективності анодного покриття від його пошкоджуваності при втомних навантаженнях сталевих конструкцій у корозійному середовищі.

2. Розробити спосіб виявлення внутрішніх дефектів – концентраторів напружень у тілі труби, зокрема із застосуванням методу акустичної емісії: наявність концентратора викличе появу акустичних сигналів при напруженнях, що менші від межі текучості.

3. Експериментально дослідити ефективність покрить при несиметричних циклах навантаження.

4. Удосконалити метод [2] вимірювання зміни модуля зсуву внаслідок адсорбційного впливу рідин шляхом використання дротин різного діаметру, що дозволить визначити глибину впливу адсорбції на міжатомні зв’язки металу.

Список використаних джерел:

1. Ганулич Б.К. Коррозионно-механическая стойкость стали 28Х2МФБД в 3%-м водном растворе хлорида натрия / Б.К. Ганулич, Л.М. Билый, В.Е. Рябцев, Н.И. Войцеховский // ФХММ. –1989. – №4. – С.69–73.

2. Гануліч Б.К. Метод вимірювання зміни модуля зсуву внаслідок адсорбційного впливу рідин / Б.К. Гануліч // ФХММ. – 1994. – №1. – С.130–132.

3. Гануліч Б.К., Гануліч А.Б., Божидарнік В.В. Спосіб сповільнення атмосферної та електролітичної корозії заліза і вуглецевих сталей. Патент України на корисну модель №42857. – 27.07.2009. Бюл. №14, 2009р.

4. Гануліч Б.К. Спосіб сповільнення атмосферної та електролітичної корозії ребристих конструкцій із заліза і вуглецевих сталей. Патент України на корисну модель №112854. – 26.12.2016. Бюл. №24, 2016р.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2017

© Б.К. Гануліч