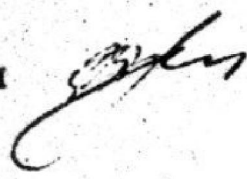


Авторефер.
С 28

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА
АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

СЕДИЧЕНКО Володимир Іванович



КОРОЗИЙНА ТРИЩИННОСТІЙКІСТЬ
ХРОМОНІКЕЛЬМОЛІБДЕНОВИХ СТАЛЕЙ І ТИТАНОВИХ
СПЛАВІВ У МОРСЬКІЙ ВОДІ

05.17.14 – хімічний опір матеріалів
та захист від корозії

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 1996

лів на циклічну корозійну тріщиностійкість, а також спроектувати та виготовити навантажувальну установку для проведення таких дослідів у лабораторних умовах і безпосередньо в морі.

2. Одержати комплекс даних з циклічної корозійної тріщиностійкості хромонікельмолібденових сталей, титанових сплавів та зварних з'єднань цих матеріалів на повітрі і в природній морській воді в залежності від умов навантаження.

3. Розробити математичну модель розвитку корозійно-втомленої тріщини в зварних з'єднаннях конструкційних матеріалів в умовах їх циклічного навантаження в природній морській воді з урахуванням електрохімічного механізму корозійних процесів у тріщині.

4. Розробити конкретні практичні рекомендації з електрохімічного захисту сталей від корозійно-механічного руйнування в морській воді.

Наукова новизна:

- визначені характеристики корозійної тріщиностійкості різноманітних зон зварних з'єднань хромонікельмолібденових сталей і титанових сплавів у природній морській воді і на повітрі;

- розроблена математична модель для опису розвитку корозійно-втомленої тріщини в зварних з'єднаннях конструкційних матеріалів, що підлягають циклічному навантаженню в природній морській воді;

- сформульовані елементи механізму розвитку корозійно-втомленої тріщини в морській воді внаслідок проходження електрохімічних процесів на новоутвореній поверхні (НУП) у вершині тріщини.

Практична цінність роботи:

- розроблена методика досліджень та створена навантажувальна установка для випробувань конструкційних матеріалів і їх зварних з'єднань на циклічну корозійну тріщиностійкість в природній морській воді;

- одержано комплекс даних з циклічної корозійної тріщиностійкості конструкційних хромонікельмолібденових сталей і титанових сплавів та їх зварних з'єднань в природній морській воді; одержані дані використані в Одеському морському порту (м.Одеса) для визначення рівня допустимої напруги в судових конструкціях і покладені в основу рекомендацій по продовженню строків їх експлуатації.

На захист виносяться:

- комплекс даних зі спільного впливу природної морської води і механічного навантаження на корозійну циклічну і статичну тріщиностійкість конструкційних хромонікельмолібденових сталей, титанових сплавів і їх зварних з'єднань;

- нова методика і установка для досліджень конструкційних матеріалів на циклічну корозійну тріщиностійкість безпосередньо в морі;

- математичні моделі і елементи електрохімічного механізму розвитку корозійно-втомленої тріщини в зварному з'єднанні при впливі морської води;

- практичні рекомендації по попередженню раптових корозійно-механічних руйнувань зварних конструкцій у морській воді.

Апробація роботи

Основні результати роботи були викладені на Зональній науково-технічній конференції Уралу "Циклічна міцність та підвищення несучої здатності виробів" (Перм, 1981 р./, II науково-технічній конференції "Удосконалення експлуатації і ремон-

ту корупсів суден" (Калінінград, 1981 р.), УІІ Всесоюзній конференції з втомленості металів (Москва, 1982 р.), УІІІ Всесоюзній конференції з колоїдної хімії та фізико-хімічної механіки (Ташкент, 1983 р.), Крайовій науково-технічній конференції "Застосування методів механіки руйнування в розрахунках будівельних металевих конструкцій на ламкість і довговічність" (Красноярськ, 1984 р.), ІІ Всесоюзній науково-технічній конференції "Надійність і довговічність машин і приладів" (Куйбишев, 1984 р.), науково-технічній конференції "Методи оцінки і шляхи підвищення тріщиностійкості і надійності труб, трубопроводів та посудин тиску" (Челябінськ, 1985 р.), ІІ Всесоюзному симпозиумі з механіки руйнування "Тріщиностійкість матеріалів і елементів конструкцій" (Житомир, 1985 р.), ІІІ Міжгалузевій науково-технічній конференції "Захист суден від корозії і обростання" (Калінінград, 1986 р.), І Всесоюзній конференції "Механіка руйнування матеріалів" (Львів, 1987 р.), У Республіканській конференції "Корозія металів під напруженням і методи захисту" (Львів, 1989 р.), УІ Республіканській науково-технічній конференції "Підвищення надійності і довговічності машин і споруд" (Одеса, 1991 р.), 54-ї науковій конференції ОТІХП (Одеса, 1994 р.).

Публікації

Основні положення дисертації відображені в 17 опублікованих роботах.

Структура і обсяг роботи

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків і додатку. Має 106 сторінок машинописного тексту, 59 рисунків, 7 таблиць, список використаної літератури із 166 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі викладена коротка характеристика сучасного стану проблеми. Обгрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і завдання досліджень, викладені основні наукові положення і результати, які виносяться на захист.

У першому розділі, який присвячений огляду літератури, викладені сучасні уявлення про корозійно-втомлений розвиток тріщин, що базуються на підходах механіки корозійного руйнування. Проаналізовано вплив деяких технологічних та експлуатаційних факторів на циклічну корозійну тріщиностійкість. На основі аналізу літературних даних сформульовані основні завдання цієї роботи.

Другий розділ містить відомості про матеріали і методику досліджень, які використані в роботі. Основними матеріалами досліджень є конструкційні суднобудівельні сталі І2ХН4ДМФ, І2Х2Н3ДМ, І5ХН3ДМ, І5ХН5МФ, І5ХН4ДМФ, І5Х2Н3ДМ і титанові сплави І7 і 5В, що застосовуються в суднобудівній промисловості. Зразки для дослідів виготовляли з листів прокату, а також з їх зварних з'єднань. Дослідження виконані в лабораторній атмосфері з відсновою вологістю 60-80 % та в природній морській воді акваторії Одеського порту.

Викладена розроблена дисертантом методика досліджень конструкційних матеріалів на циклічну корозійну тріщиностійкість безпосередньо в морі і описано навантажувачий пристрій для проведення дослідів за вказаною методикою. Навантажувачий пристрій дозволяє випробовувати одночасно до 5 компактних зразків на позацентрове розтягування з частотою 0,001 Гц, при цьому товщина зразка відповідає товщині робочих елементів реальних конструкцій.

Досліди на циклічну корозійну тріщиностійкість проводи-

лись в лабораторії на серійних досліджувальних машинах УМЕ-ІОТМ за відповідними методиками. Досліджували компактні зразки на позацентрове розтягування і балочні зразки прямокутного профілю з одностороннім боковим надрізом, які навантажувалися за схемою триточкового згину. При дослідженні корозійно-механічного опору зони термовпливу зварного з'єднання ініціюючий надріз накосили на відстані 2 мм від межі сплавлення. Частота навантажування мінялась в діапазоні від 0,05 Гц до 0,0005 Гц, коефіцієнт асиметрії циклу - $R=0,05\dots 0,75$. Морську воду при досліджах в лабораторії подавали у вічка з прозорого оргстекла. За ростом корозійно-втомленої тріщини спостерігали візуально за допомогою катетометра В-650 з дозволеною здатністю 0,01 мм. За результатами дослідів будували в подвійних логарифмічних координатах середні поділи кінетичних діаграм корозійно-втомленого руйнування, які описуються рівнянням

$$v = C(\Delta K)^n = 10^{-7}(\Delta K/K^*)^n$$

Тут K^* і n - характеристики циклічної корозійної тріщиноустійкості матеріалу.

При випробуваннях з катодною поляризацією з двох сторін зразка на відстані 10 мм від його бокових поверхонь були прикріплені платинові електроди, які відігравали роль поляризувачів. Різниця електродних потенціалів між зразком і платиновим електродом задавалася блоком живлення Б5-47. Електродом порівняння був хлор-срібний електрод, а електродні потенціали зразків контролювались цифровим вольтметром В7-27. Полярні залежності знімалися в гальваностатичному режимі за допомогою потенціостата ПІ-50/І.

В третьому розділі наведені дані з впливу експлуатаційних і технологічних факторів на циклічну корозійну тріщиноустійкість досліджених конструкційних сплавів та їх зварних

з'єднань в морській воді і на повітрі.

Показано, що збільшення швидкості росту корозійно-механічних тріщин в конструкційних хромонікельмолібденових сталях з підвищенням амплітуди коефіцієнта інтенсивності напруги в циклі супроводжується зміною механізму руйнування - переходом від втомлених бороздок до статичного механізму, тобто сколу та в'язкому відриву. Морська вода виявляє крихку дію на матеріал, змінює механізм руйнування - елементи сколу при випробуванні в морській воді з'являються при суттєво менших значеннях амплітуди коефіцієнта інтенсивності напруги, ніж при випробуваннях на повітрі.

Отримані дані показали, що прискорення дії морської води на ріст тріщин обумовлено не стільки чисто корозійним фактором, скільки проходженням безпосередньо на НВП у вершині тріщини електрохімічного процесу відновлення водню, який обумовлює окрихчування, тобто розміщення металу у вершині корозійно-механічної тріщини. Роль чисто корозійного фактора є визначальною не на стадії росту, а на стадії зародження тріщин.

Досліджено вплив масштабного фактора на швидкість росту тріщин (ШРТ) в сталі І5ХН3ДМ і титановому сплаві 5В. Показано, що в повітряному середовищі цей вплив незначний. У морській воді, як у корозійному середовищі, розмір зразка суттєво впливає на ШРТ в сталі І5ХН3ДМ. Так, при $\Delta K=50$ МПа $\sqrt{м}$ ШРТ в зразках перерізом 35x70 мм вдвічі вища, ніж в зразку перерізом 10x20 мм.

Досліджено вплив частоти навантаження на ШРТ в сталях І2ХН4ДМФ, І5ХН3ДМ і І5ХН4ДМФ. Показано, що для пари морська вода - хромонікельмолібденова сталь частота навантаження 0,005 Гц близька до критичної. Из рис.І видно, що зменшення

частоти з 0,005 Гц до 0,0005 Гц викликало несуттєве (приблизно в 1,2 рази) збільшення ШРТ на всьому діапазоні ΔK , що досліджувався, в той час, як при 20 Гц ШРТ зменшилась більш, ніж на порядок. Такий ефект визначається, очевидно, загальним часом електрохімічної дії корозійного середовища і, з іншого боку, часом взаємодії активної зони у вершині тріщини з середовищем в тій частині циклу, яка відповідає навантаженню зразка. Протягом цього часу проходить, очевидно, насиченість вершини тріщини воднем. Аналіз одержаних результатів дозволяє зробити висновок, що нижча межа вибраного діапазону частот є прийнятною для створення умов максимальної жорсткості випробувань і, отже, для встановлення характеристик крихкого руйнування хромонікельмолібденових сталей в морській воді при циклічному навантаженні.

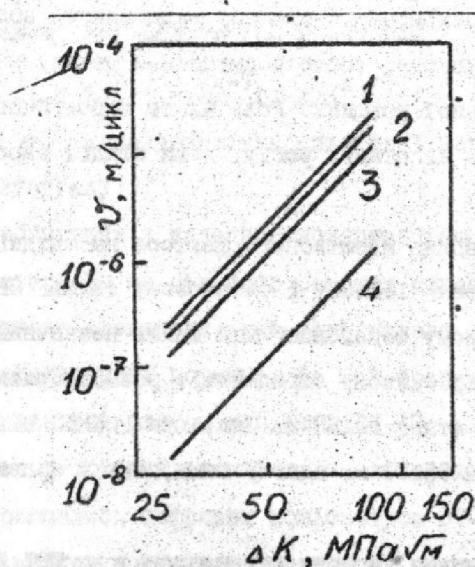


Рис. 1. Вплив частоти навантаження на циклічну корозійну тріщиностійкість сталі І5ХНЗДМ у морській воді:
1 - $\nu = 0,0005$ Гц; 2 - $\nu = 0,005$ Гц;
3 - $\nu = 0,05$ Гц; 4 - $\nu = 20$ Гц.

Досліджено вплив асиметрії циклу навантаження на ШРТ в сталях І5ХНЗДМ і І5ХН4ДМФ (рис.2). Показано, що швидкість росту корозійно-механічної тріщини в досліджених сталях в морській воді і на повітрі в зоні середньої ділянки кінетичної діаграми втомленого руйнування залежить від амплітуди коефіцієнта інтенсивності напружень і не залежить від величини асиметрії циклу в діапазоні $0,05 \leq R \leq 0,75$ (або від максимального в циклі коефіцієнта інтенсивності напружень) за винятком випадків, коли величина K_{max} близька до критичної. Природна морська вода має 2...3-кратний прискорений вплив на ріст тріщин в діапазоні зміни величини ΔK від 20 до 100 МПа√м, причому з ростом ΔK такий вплив послаблюється.

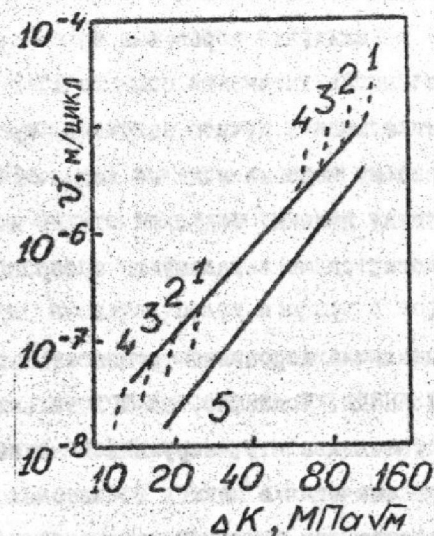


Рис. 2. Вплив асиметрії циклу навантаження на циклічну корозійну тріщиностійкість сталі І5ХН4ДМФ у морській воді та на повітрі: 1 - $R = 0$;
2 - $R = 0,25$; 3 - $R = 0,50$; 4 - $R = 0,75$;
5 - випробування на повітрі.

Досліджено вплив форми циклу на ШРТ в сталі І2ХН4ДМФ. При цьому отримано, що зміна часу дії статичних складових циклу мало впливає на ШРТ, в той час як ступінь прискороженого впливу морської води на ШРТ порівняно з випробуваннями на повітрі залежить від довжини динамічних частин циклу. Характер цієї залежності вказує на те, що процес взаємодії матеріалу і корозійного середовища, який викликає збільшення швидкості росту тріщини, реалізується за період, тривалість якого порівнюється до 10-ти секунд. Останнє свідчить про те, що в даному випадку визначаючими є електрохімічні процеси на НУП у вершині тріщини, тому що конкретно вони затухають протягом 10 секунд внаслідок встановлення поверхневих плівок, що гальмують абсорбцію водню металом.

Встановлено, що циклічна корозійна тріщиностійкість різних зон зварних з'єднань титанових сплавів І7 і 5В, виконаних автоматичною вертикальною і ручною зварками, практично не відрізняється; причому морська вода не дає помітного впливу на швидкість розвитку щілини, оскільки сильні пасивні плівки на поверхні титанових сплавів гальмують абсорбцію металом окричучого водню.

Досліджена циклічна корозійна тріщиностійкість зварного з'єднання сталі І5ХН3ДМ. Показано, що ШРТ залежить від амплітуди коефіцієнта інтенсивності напружень і не залежить від його максимального значення в циклі. Встановлено, що зміна кінетики росту тріщини при її розвитку в зоні термовпливу якісно відповідає збільшенню асиметрії циклу, що є результатом взаємодії напружень, які виникають у вершині тріщини в зв'язку з навантаженням зразка і поля залишкових післязварувальних напружень. В лабораторії та на морському випробувальному стенді досліджена циклічна корозійна тріщиностійкість

зварних з'єднань сталей І2ХН4ДМФ і І5ХН3ДМ, виконаних за допомогою зварувальних проводів ЕІ-778, ЕІ-868 і ЕІ-98І. При цьому отримано, що марка присадного матеріалу не дає помітного впливу на ШРТ в діапазоні зміни ΔK від 20 до 120 МПа $\sqrt{м}$.

Четвертий розділ вміщує результати досліджень впливу електрохімічного (катодного і протекторного) захисту на циклічну корозійну тріщиностійкість матеріалів та їх зварних з'єднань, які досліджувались в морській воді, а також електрохімічну концепцію прискорюючого впливу морської води на ріст корозійно-механічних тріщин.

Досліджено вплив катодної поляризації на ріст корозійно-втомлених тріщин в сталях І5ХН3ДМ і І5ХН5МФ. Показано, що катодна поляризація зі зміщенням від стаціонарного потенціалу на величину до 300 мВ прискорює ріст тріщин не більше, ніж в 1,5 рази. В зв'язку з цим для захисту конструкцій допустимо застосовувати протектори, робочий потенціал котрих перевищує потенціал металу, який захищаємо, не більше, ніж на 300 мВ.

Досліджена можливість застосування протекторів із алюмінієвого та магнієвого сплавів для захисту конструкцій із сталі І2ХН4ДМФ, які експлуатуються в морській воді, від корозійних пошкоджень. Показано, що використання протекторів із магнієвого сплаву, котрі забезпечують зміщення потенціалу на 800 мВ, приблизно вдвічі зменшує час до зародження тріщин з концентратора і загальну довговічність зразка. Катодний захист, що реалізується підключенням протектора із алюмінієвого сплаву (зміщення потенціалу на 250 мВ), не впливає помітно ні на інкубаційний період, ні на загальну довговічність.

Досліджено вплив електрохімічного захисту, здійснюваного протекторами різних марок, на швидкість розвитку корозійно-втомленої тріщини в зварному з'єднанні сталі І5ХН5МФ. Зна-

чення захисних потенціалів змінювалось в діапазоні від 750 мВ до 1050 мВ. Показано, що використання протекторів всіх досліджуваних типів (АМГ-6І, АП2 і АП4) знижує ШРТ при малих амплітудах коефіцієнта інтенсивності напружень у вершині тріщини, а в міру збільшення ΔK вплив протекторів від сповільненого поступово переходить до прискореного.

Отримані хронограми електродних потенціалів досліджуваних сталей в морській воді. Показано, що катодна поляризація забезпечує післядійчий захисний ефект, що, очевидно, зв'язаний з утворенням пасивних плівок на поверхні захищеного металу, які забезпечують зсув електродного потенціалу в катодну область після того, як катодний захист було знято (рис. 3).

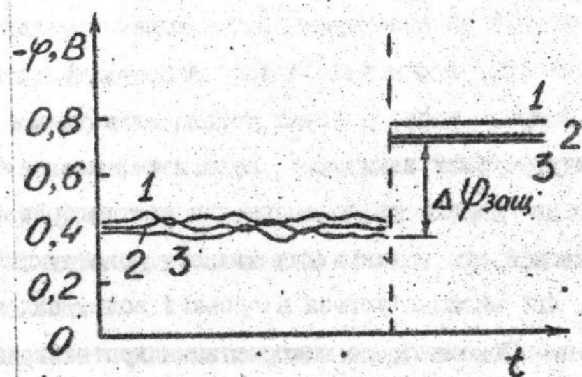


Рис. 3. Хронограма електродних потенціалів сталей, які випробувались у морській воді: 1 - сталь 12Х2Н3ДМ; 2 - сталь 15ХН3ДМ; 3 - сталь 15ХН5МФ.

Для роз'яснення сильного впливу морської води на ШРТ нами була запропонована корозійно-електрохімічна концепція, суть якої полягає в такому:

1) чисто корозійний фактор (іонізація металу) відіграє визначальну роль тільки на стадії зародження тріщин через ут-

ворення корозійних пітингів;

2) на стадії росту тріщин на місці НУП в її вершині проходить електрохімічний процес, причому роль власне анодного процесу в розвитку тріщини незначна, оскільки корозія, в основному, тільки затуплює вершину тріщини (рис. 4). Основна роль електрохімічного фактора - це відновлення і абсорбція водню, тобто окрихчуче метал наводнювання. При цьому водень відновлюється на "острівках" плівок практично на місці НУП поблизу вершини тріщини, звідки через НУП проникає в метал.

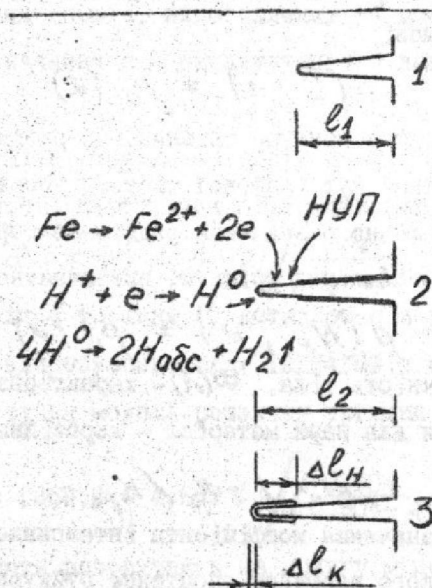


Рис. 4. Механізм росту корозійно-втовленої тріщини: 1 - тріщина перед стрибком; 2 - тріщина одразу ж після стрибка на довжину Δl_H ; 3 - тріщина після стрибка і протікання корозійного процесу на новоутвореній поверхні, який привів до затуплення вершини тріщини і зниження K_I .

В п'ятому розділі дисертації розглянуті особливості про-

гнозування довговічності елементів конструкції, що експлуатуються при циклічному навантаженні в морській воді, для чого використані математичні моделі розвитку корозійно-втомленої тріщини в зварному з'єднанні під дією природної морської води в світлі підходів механіки корозійного руйнування.

На основі підходів механіки корозійного руйнування для визначення кінетики росту корозійно-втомленої тріщини отримано диференціальне рівняння:

$$\Phi(\lambda) \left[1 + \rho^{-2} \left(\frac{\partial \rho}{\partial \alpha} \right)^2 \right]^{1/2} \frac{\partial \rho}{\partial N} = 1$$

при початковій умові

$$\rho(0, \alpha) = \rho_0(\alpha)$$

де ρ - радіус-вектор контура тріщини, що розвивається,

α - координатний кут полярної системи координат $O\rho\alpha$.

Величина критичного значення радіус-вектора, який описує контур корозійно-втомленої тріщини, визначається з рівності

$$\rho(N_*, \alpha) = \rho_*(\alpha)$$

де N_* - довговічність тіла, $\Phi(\lambda)$ - характерна функція втомленого руйнування для пари матеріал - корозійне середовище,

$$\lambda = 1 - K_s / K_{fc}$$

K_{fc} - критичне значення коефіцієнта інтенсивності напружень, при досягненні якого наступає спонтанне руйнування елемента конструкції I.

Повний діапазон зміни $\Phi(\lambda)$ описується співвідношенням

$$\Phi(\lambda) = A \left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_0 - \lambda} \right)^m - 1 \right]$$

де $\lambda_0 = 1 - K_{th} / K_{fc}$; K_{th} - порогове значення коефіцієнта інтенсивності напружень. Величини A , λ_0 , m невідомі і визначаються на основі експерименту, тобто є характеристиками матеріалу і корозійного середовища.

Запропонована математична модель для кількісної оцінки впливу корозійного середовища на швидкість росту тріщини при умові, що тріщина розвивається за воднево-електрохімічним механізмом, запропонованим нами вище. В даній моделі параметром, який відіповідає за ступінь прискореної дії корозійного середовища, приймається довжина тріщини, оскільки тільки вона визначає площу поверхні, де відновлюється окрихчучий водень. Таку модель можна використовувати для отримання кількісних характеристик, необхідних при розрахунку довговічності інженерних споруд, виготовлених із досліджуваного матеріалу і призначених для експлуатації в даному корозійному середовищі.

Для тріщини, швидкість росту якої залежить від її довжини, характеристична функція буде мати вигляд

$$\Phi(\lambda, e) = A(e) \left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_0 - \lambda} \right)^{m(e)} - 1 \right]$$

де e - довжина тріщини. Підставлення в дане співвідношення результатів випробувань сталі І2ХН4ДМБ в природній морській воді дає наступну модель розвитку тріщини при таких умовах

$$\Phi(\lambda, e) = (369,2 - 4,667 e) \left[\left(\frac{0,904}{0,904 - \lambda} \right)^{0,799 + 0,0023 e} - 1 \right]$$

Результати розрахунків на крихку міцність і корозійну довговічність конструкції I, проведених за запропонованими вище механо-хімічними моделями, складають основу для розробки заходів для запобігання раптовим руйнуванням конструкцій в умовах експлуатації I.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

017199
ОДАХТ
Бібліотека

I. Розроблена методика досліджень і створена навантажуюча установка для випробувань конструкційних матеріалів і їх

зварних з'єднань на циклічну корозійну тріщиностійкість безпосередньо в морі.

2. Одержано комплекс даних по впливу частоти циклічного навантаження, форми і асиметрії циклу напружень на корозійну тріщиностійкість хромонікельмолібденових сталей і титанових сплавів у морській воді. Показано, що на середній ділянці кінетичної діаграми корозійно-втомленого руйнування швидкість росту тріщини визначається амплітудою коефіцієнта інтенсивності напружень в циклі, що зв'язано зі специфікою електрохімічної взаємодії новоутвореної поверхні металу з морською водою у вершині тріщини.

3. Визначені характеристики циклічної корозійної тріщиностійкості хромонікельмолібденових сталей в умовах катодної поляризації, яка стримує процес іонізації металу в тріщині, в широкому діапазоні катодних потенціалів. Встановлений оптимальний діапазон електродних потенціалів для катодного електрохімічного захисту хромонікельмолібденових сталей в морській воді.

4. Отримані дані з циклічної корозійної тріщиностійкості різних зон зварних з'єднань хромонікельмолібденових сталей і титанових сплавів у морській воді. Показано, що і на повітрі, і в морській воді ріст тріщини в зоні термовпливу проходить більш інтенсивно, ніж в інших зонах зварного з'єднання, але в морській воді цей ефект виражений сильніше, особливо при низьких значеннях амплітуди коефіцієнта інтенсивності напружень.

5. Розроблені математичні моделі для опису розвитку корозійно-втомленої тріщини в зварному з'єднанні в умовах корозійної і наводнючої дії природної морської води.

6. Запропонована концепція росту корозійно-втомлених

тріщин, згідно з якою прискорена дія морської води на ріст тріщини зумовлена електрохімічними процесами на новоутвореній поверхні, при цьому визначальним є не стільки анодний процес, який обумовлює чисто корозійне затуплення тріщини, скільки катодний процес, який зумовлює окрихчуче наводнення вершини тріщини.

7. Одержаний комплекс даних з циклічної корозійної тріщиностійкості конструкційних хромонікельмолібденових сталей і титанових сплавів дав можливість сформулювати рекомендації з прогнозування працездатності даних матеріалів в експлуатаційних умовах. Рекомендації були використані в Одеському морському торговельно-му порту (м. Одеса) для визначення рівня допустимих напружень в суднових конструкціях і лягли в основу заходів по продовженню строків експлуатації морських суден.

Основний зміст дисертації викладено у роботах:

1. Магденко А.Н., Седыченко В.И. Влияние формы цикла на скорость роста коррозионной трещины в стали типа 12ХН2 при малоцикло-вой усталости //Физико-химическая механика материалов. - 1984. № 5. - С. 102-103.

2. Особенности микромеханизма разрушения конструкционных сталей с учетом влияния коррозионной среды /А.Е.Андрейкив, А.Н.Магденко, В.И.Седыченко, М.Н.Зима //Циклическая прочность и повышение несущей способности изделий: Тез. докл. Зональной науч.-техн. конф. Урала. - Пермь. - 1981. - С. 81.

3. Методические особенности определения трещиностойкости конструкционных сталей при циклическом нагружении /А.Н.Магденко, В.И.Седыченко, А.Г.Саламашенко, В.И.Зазуляк //Циклическая прочность и повышение несущей способности изделий: Тез. докл. Зональная науч.-техн. конф. Урала. - Пермь. - 1981. - С. 79-80.

4. Магденко А.Н., Седыченко В.И., Олейник Н.П. Влияние 3 % раствора NaCl на зарождение и развитие трещин в образцах из конструкционной стали при циклическом нагружении //Совершенствование эксплуатации и ремонта корпусов судов: Тез. докл. II науч.-техн. конф. - Калининград. - 1981. - С. 49.

5. Магденко А.Н., Седыченко В.И., Саламашенко А.Г. Влияние параметров нагружения на кинетику роста усталостных трещин в конструкционных сталях //УШ Всесоюз. конф. по усталости металлов: Тез. докл. - Москва. - 1982. - С. 74.

6. Исследование влияния морской воды на скорость роста трещины в конструкционной стали при различных параметрах циклического нагружения /А.Н.Магденко, Н.В.Олейник, В.И.Седыченко и др. // УШ Всесоюз. конф. по коллоидной химии и физико-химической механике: Тез. докл. - Ч. П. - Ташкент. - 1983. - С. 52.

7. Магденко А.Н., Седыченко В.И., Олейник Н.В. О прогнозировании долговечности конструкции с трещиноподобным дефектом //Применение методов механики разрушения в расчетах строительных металлических конструкций на хрупкую прочность и долговечность: Тез. докл. краевой науч.-техн. конф. - Красноярск. - 1984. - С. 36-37.

8. Седыченко В.И., Магденко А.Н. О прогнозировании долговечности узлов судовых конструкций //Надежность и долговечность машин и приборов: Тез. докл. II Всесоюз. науч.-техн. конф. - Куйбышев. - 1984. - С. 24.

9. Магденко А.Н., Саламашенко А.Г., Седыченко В.И. Расчет остаточной долговечности сосудов давления //Методы оценки и пути повышения трещиностойкости и надежности труб, трубопроводов и сосудов давления: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Челябинск. - 1985. - С. 79.

10. Седыченко В.И., Магденко А.Н. К методике построения

диаграмм циклического разрушения //Трещиностойкость материалов и элементов конструкций: Тез. докл. II Всесоюз. симпоз. по механике разрушения. - Т.2. - Киев. - 1985. - С.123.

11. Магденко А.Н., Седыченко В.И., Шляга Л.И. Влияние морской воды на малоцикловую усталость стали с $\sigma_{0,2} = 1000$ МПа при жестком нагружении //Защита судов от коррозии и обрастания: Тез. докл. III Межотраслевой науч.-техн. конф. - Калининград. - 1986. - С. 43.

12. Седыченко В.И. Об оценке влияния коррозионной среды на скорость роста усталостной трещины //Защита судов от коррозии и обрастания: Тез. докл. III Межотраслевой науч.-техн. конф. - Калининград. - 1986. - С. 37.

13. Седыченко В.И. О влиянии длины коррозионно-усталостной трещины на скорость ее роста //Коррозия металлов под напряжением и методы защиты: Тез. докл. У Республ. конф. - Львов. - 1989. - С. 168.

14. Магденко А.Н., Седыченко В.И. Влияние условий нагружения на циклическую трещиностойкость конструкционных сталей в морской воде //Повышение надежности и долговечности машин и сооружений: Тез. докл. VI Республ. конф. - Ч. П. - Киев. - 1991. - С. 67.

15. Влияние катодной поляризации на кинетику роста трещины в высокопрочной стали при циклическом нагружении в морской воде /В.И.Седыченко, А.Н.Магденко, В.О.Ладьевский // Повышение надежности и долговечности машин и сооружений: Тез. докл. VI Республ. конф. - Ч. П. - Киев. - 1991. - С. 72.

16. Седыченко В.И., Олик А.П. Методика испытаний образцов конструкционных материалов на циклическую трещиностойкость в море //54-я науч. конф. ОТИШ: Тез. докл. - Ч.Ш. - Одесса. - 1994. - С.76.

17. Олик А.П., Седыченко В.И., Маркина А.И. Влияние частоты нагружения на скорость роста усталостных трещин в конструкционных сталях в морской воде // 54-я науч. конф. ОТИШ: Тез. докл. - Ч. Ш. - Одесса. - С. 77.

АННОТАЦИЯ

Седыченко В.И. Коррозионная трещиностойкость хромоникельмолибденовых сталей и титановых сплавов в морской воде.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.14 - химическое сопротивление материалов и защита от коррозии, Одесская государственная академия пищевых технологий, Одесса, 1995.

Защищается 17 научных работ, которые содержат коррозионно-электрохимическую концепцию влияния морской воды на скорость роста трещины в металлах, методику испытаний конструкционных материалов на циклическую трещиностойкость непосредственно в море, а также результаты экспериментальных исследований. Установлен оптимальный диапазон электродных потенциалов для катодной электрохимической защиты хромоникельмолибденовых сталей в морской воде. Получен комплекс данных по влиянию частоты циклического нагружения, формы и асимметрии цикла напряжений на коррозионную трещиностойкость хромоникельмолибденовых сталей и титановых сплавов в морской воде. Показано, что ускоряющее воздействие морской воды на рост трещины обусловлено электрохимическими процессами на свежесформированной поверхности. Получены данные по циклической трещиностойкости различных зон сварных соединений хромоникельмолибденовых сталей и титановых сплавов в морской воде. Разработаны математические модели для описания развития усталостной трещины в сварном соединении в условиях коррозионного и наводораживающего воздействия природной морской воды. Полученные данные

использованы в Одесском морском торговом порту для определения уровня допустимых напряжений в судовых конструкциях и положены в основу рекомендаций по продлению срока их эксплуатации.

ABSTRACT

Sedyuchenko V.I. Corrosion cracking resistance of the chrome-nickel-molybdenum steel and titanium alloys in sea water.

The dissertation for the academic degree competition of the Bachelor of technical science of the speciality 05.17.14 - Chemical resistance of materials and corrosion protection, the Odessa State academy of Food technologies, 1995.

Seventeen publications are presented. They contain the corrosion-electrochemical conception for the water effect on crack growth rate in metals, the method of the constructional material test for cyclic cracking resistance in sea as well as experimental investigation results. The optimal electrode potential range for cathodic electrochemical protection of the chrome-nickel-molybdenum steels in sea water is determined. The data complex for the effect of load frequency, waveform, and cycle asymmetry on corrosion cracking resistance of the chrome-nickel-molybdenum steels and titanium alloys in sea water is given. The accelerating sea water influence on crack growth is shown to be effected by electrochemical processes on the new-created surface. It is obtained the data for cyclic corrosive cracking strength of the various welding joint zones for the chrome-nickel-molybdenum steels as well as titanium alloys in sea water.

Ключові слова: хромонікельмолибдєнові сталі, титанові сплави, корозійна тріщиностійкість, новоутворена поверхня.