

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента Пукаса Андрія Васильовича
на дисертаційну роботу Торської Роксани Володимирівни
*“Математичне моделювання розвитку пітингоподібних дефектів методом
коміркових автоматів”*

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження

Прогнозування надійності металевих конструкцій різної складності, що використовуються в різних середовищах та умовах вимагає створення відповідного математичного забезпечення та на його основі програмного засобу. Як правило, надійність таких конструкцій залежить фізичних властивостей металів та конструкційних матеріалів, які мають властивість зношуватися і, відповідно, руйнуватися. Власне, важливим моментом при цьому є момент виявлення початкових ознак (пітингів) руйнування (корозії) та прогнозування його розвитку.

На сьогоднішній день найбільш застосовуваними в існуючих моделях та методах прогнозу пітингової корозії відзначають методи скінченних елементів, Монте-Карло та коміркових автоматів. Наявні методи прогнозування не враховують таких особливостей корозії як: форма рельєфу дна дефектів та імовірність репасивації. Прогнози щодо характеру ураження поверхневою корозією, які одержані на основі такого аналізу не відображають реальної ситуації на об'єктах (високовольтних лініях електропередач, нафтогазопроводах, листах теплообмінників, обшивках літаків та інших транспортних засобів).

Саме тому в дисертаційній роботі Торської Р.В. вирішується актуальне науково-технічне завдання, яке полягає у розробленні нових та удосконалення існуючих моделей та методів математичного моделювання на базі коміркових автоматів, які б дозволяли враховувати як фізичні характеристики металів та конструкційних матеріалів так і правильний підбір оптимальної кількості параметрів моделі розвитку пітингоподібних пошкоджень.

2. Аналіз структури, обсягу та змісту дисертації

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи – 150 сторінок, з них 123 – основного тексту, 49 рисунків та 4 таблиці; список використаних джерел містить 204 позиції.

У вступі автор визначає об'єкт досліджень, обґрунтовує актуальність роботи та наводить основні положення, які виносяться на захист.

У першому розділі роботи здійснено огляд та критичний аналіз літературних джерел з питань прогнозування пітингової корозії та методів

моделювання швидкості росту та параметрів пітингоподібних дефектів.

Зроблено висновок, що найбільш ефективним інструментом для дослідження процесу зародження та кінетики росту пітингів є коміркові автомати.

У другому розділі розроблено моделі із використанням методу коміркових автоматів для моделювання розвитку такої динамічної системи як ріст пітингоподібних дефектів на поверхні металів та сплавів.

Значну увагу приділено питанню зниження обчислювальної складності процесу моделювання, шляхом застосування удосконаленого підходу на базі коміркових автоматів із застосуванням сусідства фон Неймана II-го порядку (12 найближчих сусідів із оточення комірки) для відтворення процесів зародження та росту пітингової корозії.

Запропонована модель представлена графічно у вигляді скінченних двовимірних коміркових автоматів на прямокутній ґратці, де система «метал/плівка/агресивне середовище» описується набором елементарних комірок та множиною заданих станів, у яких можуть перебувати ці комірки. У порівнянні з існуючими моделями автором введено додаткові стани комірок. Зміна станів комірки відбувається згідно заданих правил переходу, які повинні враховувати максимально достовірний опис реальних процесів, що відбуваються всередині пітингоподібного дефекту, зокрема анодні реакції, процеси дифузії, пасивації та репасивації.

У третьому розділі дисертації описано закономірності впливу температури та порівняння даних, отриманих шляхом моделювання із реальними даними про динаміку розвитку точкових пошкоджень на поверхні зразків. Практично підтверджена доцільність застосування запропонованого методу симуляції для моделювання процесів кородування сталей у нейтральних середовищах. Точність відтворення фізики процесів на мікро-рівні забезпечується врахуванням електрохімічних факторів, що беруть участь у формуванні досліджуваних дефектів

Використання запропонованого методу моделювання дає можливість передбачити утворення пітингоподібних дефектів не лише відкритого, а й частково закритого типу та отримати рельєф поверхні дна, оскільки природа їх утворення пояснюється різною товщиною і тривкістю оксидної плівки на поверхнях, а також – кислотністю агресивного середовища.

Встановлено, що характер розвитку дефекту під час моделювання суттєво залежав від різних початкових умов, зокрема форми змодельованого пітинга та рН на поверхні каверни.

У четвертому розділі наведено результати застосування розроблених у дисертації моделі та методів моделювання процесів розвитку пітингоподібних дефектів та їх практичну реалізацію.

Автором проведено порівняння оцінка характеристик корозійної стійкості сплавів Д16Т та 08Х18Н10Т за результатами прискорених випробувань та методом моделювання із застосуванням коміркових

автоматів. Також була досліджена корозійна стійкість сплавів в залежності від їх структури.

Порівняння результатів проводилось на основі даних, отриманих не лише методом візуалізації, а й при порівнянні реальної катодно-анодної поляризаційної кривої, побудованої для певного виду метілу в заданих умовах.

При порівнянні залежностей для реальних випробувань та для моделювання видно, що результати, отримані при використанні методу коміркових автоматів узгоджуються із результатами випробувань.

У висновках окремих розділів та дисертації в цілому наведені основні теоретичні та практичні результати дослідження.

Додатки дисертаційної роботи містять акти впровадження та використання результатів дослідження.

3. Основні наукові результати та наукова новизна дисертації

З аналізу змісту дисертації можна зробити висновок, що сформульовані автором на основі проведеного дослідження наукові положення достатньо обґрунтовані. Достовірність висновків та рекомендацій дослідження забезпечується коректним застосуванням математичного апарату, адекватністю побудованих моделей, вдалою програмною реалізацією, детальним аналізом та практичним впровадженням результатів дисертаційної роботи.

Серед наукових результатів слід визначити такі:

- вперше розроблено математичну модель розвитку пітингоподібних дефектів на основі коміркових автоматів, яка дає можливість встановити залежності між глибиною та формою пітинга від рівня рН агресивного середовища, температурою та тривалістю перебігу процесу корозії;
- удосконалено метод задання локальних правил переходу для коміркового автомата, шляхом врахування катодно-анодних реакцій, процесів дифузії, пасивації, репасивації, які відбуваються при пітинговій корозії, який на відміну від відомих, вперше відображає перехід від активного розчинення металу на поверхні до стадії метастабільного росту пітинга;
- вперше обґрунтовано варіант вибору околу комірки автомата на основі оточення фон Неймана II-го порядку, до якого входить 12 найближчих комірок, що дає змогу підвищити точність моделювання без зростання обчислювальної складності та часових затрат, в порівнянні з оточенням Мура II-го порядку, яке використовувалось у відомих методах;
- вперше встановлено закономірності впливу технологічних параметрів режиму росту пітингів, зміни геометричних розмірів та форми дефектів від типу агресивного середовища, що дають змогу оцінити

без тривалих натурних випробувань залишковий ресурс для виробів із металів та сплавів, схильних до корозії.

4. Практична цінність і значення дисертаційної роботи

Отримані у роботі нові наукові результати використано дисертантом для вирішення актуальної прикладної задачі моделювання процесів пітингової корозії на металічних поверхнях методом коміркових автоматів, що дало змогу значно підвищити ефективність та достовірність прогнозування імовірнісних пошкоджень, оцінити параметри дефектів, а також зменшити роль і обсяги експериментальних досліджень.

Теоретичні та прикладні результати дисертаційної роботи використано:

- в ПАТ «Укртрансффта» при контролі технічного стану трубопроводів та металокопструкцій;

- в ПАТ «Укртрансгаз» при контролі технічного стану трубопроводів та металокопструкцій.

Отримані автором нові наукові результати знайшли практичне застосування, що підтверджується доданими до дисертації актами про впровадження.

5. Повнота викладення здобувачем основних результатів дисертаційної роботи в публікаціях

Основні результати дисертації в повній мірі опубліковано у фахових виданнях з технічних наук. Автором опубліковано 16 наукових праць, зокрема 10 статей у фахових наукових виданнях, 3 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. 5 публікацій у матеріалах конференцій, 1 з яких входить до міжнародної наукометричної бази Scopus та патент на корисну модель.

Автореферат достатньо повно відображає основний зміст дисертації. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає вимогам державних стандартів Міністерства освіти і науки України.

6. Зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі наведено моделювання розвитку окремого пітинга, проте на практиці частіше зустрічаються випадки множинної корозії, на що автору доцільно було б звернути більше уваги.
2. У моделі розвитку пітинга введено 5 станів комірки, проте не доведено їх оптимальної кількості.
3. З рисунку 3.14 незрозуміло чому саме обрано міру обчислювальної складності у відсотках і, відповідно, зроблено висновок про оптимальність другої кривої сусідства фон Неймана II-го порядку.
4. У п'ятому підпункті четвертого розділу не переконливо обґрунтовано використання середовища Matlab та важко визначити оптимальність

програмної реалізації запропонованих методів та моделей.

5. У роботі наявні певні граматичні неточності та відсутні пропуски між словами.

6. В авторефераті не коректно відображено структуру роботи, оскільки основний текст складає 123 сторінки, а не 119.

7. Загальний висновок по роботі

У цілому дисертація Р.В. Торської виконана на належному науковому рівні. У роботі вирішено актуальне науково-технічне завдання розроблення нових та удосконалення існуючих моделей та методів математичного моделювання на базі коміркових автоматів, які б дозволяли враховувати як фізичні характеристики металів та конструкційних матеріалів так і правильний підбір оптимальної кількості параметрів моделі розвитку пітингоподібних пошкоджень. У роботі отримано важливі для практики науково-обґрунтовані результати. Вказані зауваження не знижують загальної оцінки роботи в цілому.

Кандидатська дисертація Р.В. Торської «Математичне моделювання розвитку пітингоподібних дефектів методом коміркових автоматів» відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи в частині його формули та окремим напрямкам досліджень.

Основні результати роботи достатньо повно подані у виданих публікаціях, пройшли належну апробацію на наукових конференціях та семінарах.

За своїм змістом, науковим рівнем, обґрунтованістю висновків та рекомендацій, практичним значенням дисертація відповідає п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів». Робота задовольняє всім вимогам МОН України, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор Роксана Володимирівна Торська за проведені дослідження заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

20.03.2017 р.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри комп'ютерних наук
Тернопільського національного
економічного університету
Міністерства освіти і науки України


А. В. Пукас
Підпис: 
Завірюю:
Зав. загальною відділом: 