

ABSTRACT

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science

CORROSION INHIBITION STUDY OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE- IONIC LIQUID VIA ELECTROCHEMICAL AND MACHINE LEARNING TECHNIQUES

ADI HAFIZAMRI ARIFFIN

OCTOBER 2024

Main Supervisor : Mohammad Fakhratul Ridwan Zulkifli, Ph.D
School/Institute : Faculty of Ocean Engineering Technology

Corrosion is a deterioration process of substance due to environment interactions. Prolonged seawater exposure of mild steel structures in the maritime industry give negative consequences, including increased repair and maintenance costs, decreased structural integrity, and fatalities. Using corrosion inhibitors is one approach to address this issue. However, some corrosion inhibitors available in market contain volatile organic compounds (VOCs) that harm the environment. This study introduces carboxymethyl cellulose (CMC) mixed with 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate (EMIMAc) ionic liquid, referred as carboxymethyl cellulose ionic liquid (CIL), as a corrosion inhibitor on mild steel in seawater. Fourier transform infrared spectroscopy characterization showed distinct intensity changes in the hydroxyl functional group spectrum at $3100\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$. Mild steel specimens were immersed in seawater with varying CIL concentrations (0 ppm, 350 ppm, 550 ppm, 750 ppm, and 950 ppm), then subjected to electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurements at ambient temperature, 50°C and 70°C . The polarization resistance value, R_p obtained from EIS measurement were used to calculate corrosion inhibition efficiency (IE) of CIL. Forty-six electrochemical data were used in machine learning (ML) to predict the inhibition efficiency, with 70% of total data used for training, 15% for testing, and 15% for validation. Results indicate that the IE were higher as CIL concentration rises. At an ambient temperature of 950 ppm, 83% of IE was recorded. However, CIL inhibition efficiency decreased as the temperature rose. Levenberg-Marquardt (LM), Bayesian

Regularization (BR), and Scale Conjugate Gradient (SCG) training algorithms were compared via a neural network fitting tool (NNTool). LM was the best training algorithm, providing the highest regression correlation coefficient (R) value of 0.9 and the lowest mean square error (MSE) of less than 0.1 in most training phases using 10 to 15 nodes compared to BR and SCG. Increasing number of training epoch improves the model's predictive accuracy reaching R value of 0.994 and MSE of 0.00048 for 5000 epochs. The use of artificial neural networks (ANN) offer new insight into predicting methods by reducing the hassle and time-consuming nature of experimental work.

ABSTRAK

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Sarjana Sains

KAJIAN PERENCATAN KAKISAN MENGGUNAKAN KARBOKSIMETIL SELULOSA-CECAIR IONIK MELALUI TEKNIK ELEKTROKIMIA DAN PEMBELAJARAN MESIN

ADI HAFIZAMRI ARIFFIN

OKTOBER 2024

Penyelia : Mohammad Fakhratul Ridwan Zulkifli, Ph.D

Pusat Pengajian/Institut : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan

Kakisan adalah proses kemerosotan bahan akibat interaksi dengan persekitaran. Pendedahan berpanjangan air laut pada struktur keluli lembut dalam industri maritim memberi kesan negatif, termasuk peningkatan kos pembaikan dan penyelenggaraan, penurunan integriti struktur, dan risiko kemalangan maut. Penggunaan perencat kakisan merupakan salah satu pendekatan untuk menangani masalah ini. Namun, beberapa perencat kakisan yang terdapat di pasaran mengandungi sebatian organik meruap (VOC) yang memudaratkan alam sekitar. Kajian ini memperkenalkan karboksimetil selulosa (CMC) yang dicampur dengan cecair ionik 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate (EMIMAc), dikenali sebagai cecair ionik karboksimetil selulosa (CIL), sebagai perencat kakisan pada keluli lembut dalam air laut. Pencirian menggunakan spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FTIR) menunjukkan perubahan intensiti ketara pada spektrum kumpulan fungsi hidroksil pada julat 3100–3600 cm^{-1} . Spesimen keluli lembut direndam dalam air laut dengan pelbagai kepekatan CIL (0 ppm, 350 ppm, 550 ppm, 750 ppm, dan 950 ppm) dan kemudiannya menjalani pengukuran spektroskopi impedans elektrokimia (EIS) pada suhu bilik, 50°C, dan 70°C. Nilai rintangan polarisasi, R_p yang diperoleh daripada pengukuran EIS digunakan untuk mengira kecekapan perencatan kakisan (IE) CIL. Sebanyak empat puluh enam data elektrokimia digunakan dalam pembelajaran mesin (ML) untuk meramalkan kecekapan perencatan, dengan 70% daripada jumlah data digunakan untuk latihan, 15% untuk ujian, dan 15% untuk pengesahan. Hasil kajian menunjukkan bahawa IE meningkat apabila kepekatan CIL meningkat. Pada suhu bilik dengan kepekatan 950 ppm, IE sebanyak 83% direkodkan. Walau bagaimanapun, kecekapan

perencanaan CIL menurun apabila suhu meningkat. Algoritma latihan Levenberg-Marquardt (LM), Bayesian Regularization (BR), dan Scale Conjugate Gradient (SCG) dibandingkan menggunakan alat pemadanan rangkaian neural (NNTool). LM didapati sebagai algoritma latihan terbaik, memberikan nilai pekali korelasi regresi (R) tertinggi iaitu 0.9 dan ralat kuasa dua min (MSE) terendah kurang daripada 0.1 dalam kebanyakan fasa latihan menggunakan 10 hingga 15 nod berbanding BR dan SCG. Peningkatan jumlah epoch latihan meningkatkan ketepatan ramalan model, dengan nilai R mencapai 0.994 dan MSE dengan nilai 0.00048 untuk 5000 epoch. Penggunaan rangkaian neural tiruan (ANN) menawarkan pandangan baru dalam kaedah ramalan dengan mengurangkan kesulitan dan masa yang diambil dalam menjalankan kerja eksperimen.