

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

**IMIDAZOLE BASED FILM FORMING CORROSION INHIBITOR ON
MILD STEEL AND ALUMINUM ALLOY IN CORROSIVE SOLUTIONS
AND EPOXY COATING**

JIYAU HAQUE

MAY 2024

**Main Supervisor : Professor Wan Mohd Norsani bin Wan Nik,
Ph.D**

**Co-Supervisor (1) : Mohammad Fakhratul Ridwan Bin Zulkifli,
Ph.D**

Co-Supervisor (2) : Ts. ChM. Nabilah Binti Ismail, Ph.D

School/Institute : Faculty of Ocean Engineering Technology

Corrosion is a significant problem worldwide, causing sustainable economic losses in acid and saline industries. Therefore, the present study focuses on developing the amino acids-derived imidazole compounds as cost-effective and environmentally friendly corrosion inhibitors. Correlative studies of corrosion inhibitors were conducted in corrosive solutions: artificial seawater (ASW) and HCl, and in epoxy coating as an additive for mild steel (MS) and aluminum alloy (Al). In this study, amino acids based on two series of imidazole compounds were synthesized: sodium salt of imidazolyl alkanolic acids (series I) and imidazole zwitterions (series II). These two series of compounds were used in three environments, leading to the study was divided into three sections: imidazole compound as a corrosion inhibitor in artificial seawater, imidazole compound as a corrosion inhibitor in HCl, and imidazole compound as an anti-corrosion additive in epoxy coating. Various analysis techniques were employed, including fourier transform infrared (FTIR), nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy, linear polarization resistance (LPR), electrochemical impedance spectroscopy (EIS), potentiodynamic polarization (PDP), weight loss study, Machu test, optical microscopy, scanning electron microscopy coupled with an energy dispersive x-ray (SEM/EDX), water contact angle (WCA) measurement, and density functional theory (DFT). In the ASW, series I showed inhibition efficiency (IE) > 82 % for MS and poor corrosion inhibition (approximately 50%) for Al.

However, series II compounds had one additional carboxylic group and showed the effective IE (> 90 %) for Al, and poor corrosion inhibition for MS. In HCl environment, methionine-derived imidazole compound of both series exhibited the high IE (approximately 90%, series I and 80%, Series II) for MS compared to Al. The phenylalanine-derived imidazole compounds of both series I and II exhibited the high corrosion inhibition in ASW, same inhibitor also effectively enhanced anti-corrosion coating performance. In series I, the 1.5% inhibitor additive and series II, 2% additive, were found effective concentrations as anti-corrosion additive. Among the studies corrosion inhibitors, phenylalanine-derived imidazole compounds exhibit the potential anti-corrosion compound in ASW and epoxy coating.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu
sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**PERENCAT KAKISAN ASAS FILEM IMIDAZOLE PADA KELULI
LEMBUT DAN ALOI ALUMINIUM DALAM LARUTAN MENGAKIS DAN
LAPISAN EPOKSI**

JIYAU HAQUE

Mei 2024

Penyelia : **Professor Wan Mohd Norsani bin Wan Nik,
Ph.D**

Penyelia Bersama (1) : **Mohammad Fakhratul Ridwan Bin Zulkifli,
Ph.D**

Penyelia Bersama (2) : **Ts. ChM. Nabilah Binti Ismail, Ph.D**

Fakulti : **Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan**

Kakisan merupakan masalah ketara di seluruh dunia yang menyebabkan kerugian ekonomi yang mampan dalam industri asid dan garam. Oleh itu, kajian ini memberi tumpuan kepada membangunkan sebatian imidazol terbitan asid amino sebagai perencat kakisan yang menjimatkan kos dan mesra alam. Kajian korelatif terhadap perencat kakisan telah dijalankan dalam larutan yang mengkakis: air laut buatan (ASW) dan HCl, dan dalam salutan epoksi sebagai bahan tambahan untuk keluli lembut (MS) dan aloi aluminium (Al). Dalam kajian ini, dua siri sebatian imidazole terbitan asid amino telah disintesis: garam natrium asid alkanoik imidazolyl (siri I) dan imidazole zwitterion (siri II). Kedua-dua siri sebatian ini digunakan dalam tiga persekitaran yang mana telah dibahagikan kepada tiga bahagian: sebatian imidazole sebagai perencat kakisan dalam air laut tiruan, sebatian imidazole sebagai perencat kakisan dalam HCl dan sebatian imidazole sebagai bahan tambahan perencat kakisan dalam salutan epoksi. Pelbagai teknik analisis telah digunakan termasuk inframerah transformasi fourier (FTIR), spektroskopi resonans magnetik nuklear (NMR), rintangan polarisasi linear (LPR), spektroskopi impedans elektrokimia (EIS), polarisasi potensi dinamik (PDP), kajian penurunan berat, mikroskopi optik,

mikroskopi mengimbas elektron dengan sinar-X penyebaran tenaga (SEM / EDX), dan teori fungsi ketumpatan (DFT). Dalam ASW, siri I menunjukkan kecekapan perencatan (IE) > 82% untuk MS dan perencatan kakisan yang lemah (lebih kurang 50%) untuk Al. Walau bagaimanapun, sebatian siri II mempunyai tambahan satu kumpulan karboksilik dan menunjukkan kecekapan perencatan yang baik untuk Al (IE >90%) namun ianya kurang merencat kakisan untuk keluli lembut. Di dalam larutan HCl, sebatian imidazole terbitan methionine untuk kedua-dua siri menunjukkan kecekapan perencatan yang tinggi (90% untuk siri I dan 80% untuk siri II) bagi sampel keluli lembut (MS) berbanding aluminium (Al). Sebatian imidazole terbitan phenylalanine untuk siri I dan II menunjukkan kecekapan perencatan yang tinggi di dalam ASW, dan sebatian ini juga meningkatkan kecekapan anti-kakisan di dalam pelitup epoksi. Hasil ujikaji menunjukkan bahawa kepekatan maksimum bahan tambah anti-kakisan ialah 1.5 wt% dari siri I dan 2 wt% dari siri II. Di antara perencat kakisan yang dikaji, sebatian imidazole terbitan phenylanilin menunjukkan sebatian terbaik sebagai perencat kakisan di dalam ASW dan bahan tambah anti-kakisan di dalam pelitup epoksi