

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

**SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND PERFORMANCE
EVALUATION OF EPOXY/PEDOT:PSS CERIUM DOPED
ZINC OXIDE AS ANTICORROSIVE AND
HYGIENIC HYBRID COMPOSITE**

NORADHIHA FARAHAH BINTI IBRAHIM

AUGUST 2020

Main Supervisor : Wan Rafizah Wan Abdullah @ Wan Abd Rahman, Ph.D

Co Supervisor : Azila Adnan, Ph.D

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics

Many high-end industries including the marine, oil and gas, and biomedical industries are severely affected by metal corrosion and the presence of microbial activity further accelerates the corrosion process. The smart functional coating materials with synergistic anticorrosion and antifouling properties are currently developed as new steel protection strategy. Therefore, this study aims to evaluate the anticorrosive and hygienic properties of a new coating formulation comprising an epoxy matrix and PEDOT:PSS-Ce doped ZnO hybrid composite (HC) as the functional agent for the protection of stainless steel (SS 316L) and mild steel substrates. The effects of HC compositions on anticorrosion and hygienic properties of epoxy coatings were investigated by varying the HC compositions at 1, 3 and 5 wt%. The HC coatings were characterised using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM) with Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX) analyses. The Ce doped ZnO was synthesised through the citrate gelation method and solid state sintering and characterised using ATR-FTIR, XRD, SEM/FESEM and EDX. The photocatalytic efficiency of Ce doped ZnO was evaluated in a series of photodegradation test under UV light using methylene blue dye as the indicator. The anticorrosion performance of the coatings was evaluated using Potentiodynamic Polarisation (PP) and Electrochemical Impedance spectroscopy (EIS) techniques under an immersed condition in 3.5% NaCl for 45

consecutive days. The hygienic properties of the coating were performed using antimicrobial susceptibility test, prolonged bacterial attachment test and photodegradation test in medium containing the Gram-positive, *Staphylococcus aureus* (*S.aureus*) and the Gram-negative, *Escherichia coli* (*E.coli*) bacteria. The findings revealed that Ce doped ZnO with 1.0 mol% Ce showed the highest value of photocatalytic efficiency, R_D which was 94.2% compared to others. The coated SS 316L exhibited 92.6-99.4% lower corrosion rate (CR) than the uncoated SS 316L. Meanwhile, the coated mild steel exhibit 35 to 95% lower CR value compared to uncoated mild steel. The coating with 3 wt% HC exhibited the best corrosion protection on the substrate. The coating with 3 and 5 wt% HC showed antimicrobial activity against *S.aureus* while *E.coli* showed resistant to all coatings. All coatings demonstrated the ability to impede the colonisation of *S.aureus* and *E.coli*, thus delay the biofilm formation on the coating surface. All coatings also exhibited the photocatalytic effect under UV light to induce 100% inactivation of *S.aureus* and *E.coli* in less than 180 minutes.

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

**SINTESIS, PENCIRIAN DAN PENILAIAN PRESTASI EPOKSI/PEDOT:PSS-
ZINK OKSIDA TERDOP CERIUM SEBAGAI PENYALUT KOMPOSIT
HIBRID ANTIKAKISAN DAN KEBERSIHAN**

NORADHIHA FARAHIN BINTI IBRAHIM

AUGUST 2020

Penyelia Utama : Wan Rafizah Wan Abdullah @ Wan Abd Rahman, PhD

Penyelia Bersama : Azila Adnan, PhD

Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informatik

Kebanyakan industri berteknologi tinggi termasuk industri kelautan, minyak dan gas, dan bioperubatan terjejas teruk oleh kakisan logam dan kehadiran aktiviti mikroba mempercepat proses kakisan. Bahan salutan berfungsi pintar dengan sifat antikakisan dan antifouling sinergistik kini sedang dikembangkan sebagai strategi perlindungan keluli baru. Oleh itu, tujuan kajian ini adalah menilai sifat antikakisan dan kebersihan dari formulasi salutan baru yang terdiri daripada matrik epoksi dan PEDOT:PSS-ZnO terdop Ce komposit hibrid (KH) sebagai agen berfungsi untuk melindungi keluli tahan karat (SS 316L) dan keluli lembut. Kesan komposisi KH terhadap sifat antikakisan dan kebersihan lapisan epoksi disiasat secara menyeluruh dengan perbezaan komposisi KH pada kadar 1, 3 dan 5% berat. Lapisan KH dicirikan menggunakan Transformasi Fourier Inframerah, Pembelauan Sinar-X dan Mikroskop Imbasan Elektron dengan Penyerakan Tenaga Sinar-X. ZnO terdop Ce disintesis melalui kaedah gel sitrat dan pensinteran keadaan pepejal dan dicirikan menggunakan ATR-FTIR, XRD, SEM/FESEM dan EDX. Kecekapan fotokatalitik ZnO terdop Ce dinilai dalam satu siri ujian fotodegradasi di bawah cahaya UV menggunakan pewarna biru metilena sebagai petunjuk. Prestasi antikakisan pelapis dinilai dengan menggunakan teknik pengutuban dinamik upaya dan spektroskopi Impedans Elektrokimia dalam keadaan rendaman dengan larutan NaCl 3.5% selama 45 hari berturut-turut. Sifat kebersihan lapisan dilakukan menggunakan ujian kerentanan antimikrob, ujian lampiran bakteria berpanjangan dan ujian fotodegradasi dalam medium yang mengandungi bakteria

Gram-positif, *Staphylococcus aureus* (*S.aureus*) dan Gram-negatif, *Escherichia coli* (*E. coli*). Kajian ini menunjukkan bahawa ZnO terdop Ce dengan 1.0 mol% Ce menunjukkan nilai kecekapan fotokatalitik tertinggi, R_D yang mana 94.2% berbanding dengan yang lain. SS 316L bersalut menunjukkan kadar kakisan (KK) 92.6-99.4% lebih rendah daripada SS 316L yang tidak bersalut. Sementara itu, keluli lembut bersalut menunjukkan nilai KK 35 hingga 95% lebih rendah berbanding dengan keluli lembut yang tidak bersalut. Lapisan KH 3% adalah yang terbaik untuk melindungi substrat. Lapisan dengan 3 dan 5% berat KH menunjukkan aktiviti antimikrob terhadap *S.aureus* dan *E.coli* menunjukkan tahan terhadap semua lapisan. Semua lapisan menunjukkan keupayaan untuk menghalang penjajahan *S.aureus* dan *E.coli* sehingga melambatkan pembentukan biofilm pada permukaan lapisan. Semua lapisan juga menunjukkan kesan fotokatalitik di bawah sinar UV untuk menyebabkan 100% ketidakaktifan *S.aureus* dan *E.coli* dalam masa kurang dari 180 minit.