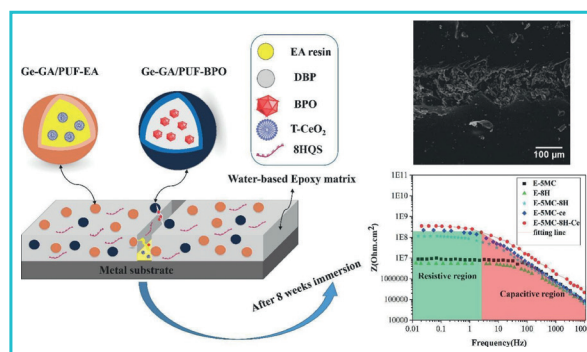


## Self-healing water-based epoxy coatings containing microcapsules and treated $\text{CeO}_2$ particles

■ The prevention of corrosion can be effectively achieved by applying polymeric coatings. These protective layers are widely utilized across various industries. The rapid penetration of moisture, oxygen, and other gases into the coating layer leads to a reduction in its overall properties, particularly its corrosion resistance. Recently, there has been a growing interest in incorporating healing elements into polymer coating formulations to enhance their protective properties. Eclectic methods such as interfacial polymerization, coacervation, in-situ polymerization, extrusion, and sol-gel methods, are reported for microcapsule synthesis. The microcapsule preparation procedures of in situ, coacervation, and interfacial polymerization are considered advantageous due to their minimal equipment requirements. Coacervation microencapsulation, which relies on electrostatic interactions between hydrocolloids possessing opposite charges, has emerged as the most effective technique for the production of carbonless copy paper. The microcapsule shell produced through this technique typically exhibits limited mechanical strength as a result of the ionic characteristics and intermolecular interactions within the polymer layers. To enhance the rigidity and stability of the microcapsule shell, a crosslinking agent is employed. Another advantageous method for microencapsulation is in situ polymerization, widely used for synthesizing urea-formaldehyde and melamine-formaldehyde microcapsule. In a study conducted by researchers of the Iran Polymer and Petrochemical Institute, water-based epoxy coatings were developed to incorporate self-healing and corrosion protection capabilities. To this end, active

epoxy-acrylate resin (EA) and benzoyl peroxide (BPO) initiator were separately encapsulated using a two-step water-in-oil emulsion via complex coacervation technique using gelatin-gum Arabic (Ge-GA) shell, followed by in-situ



polymerization process using polyurea formaldehyde (PUF) shell. Silane-treated  $\text{CeO}_2$  nanoparticles ( $\text{T-CeO}_2$ ) were embedded in the core components of the synthesized microcapsules. Subsequently, the microcapsules prepared under different agitation rates and optimized core-to-shell ratios, were characterized using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Thermogravimetric Analysis (TGA). Water-based epoxy coatings were subsequently formulated, incorporating a corrosion inhibitor, 8-HQS, and various levels of microcapsules functioning as 'smart self-healing additives'. The self-healing and anti-corrosion properties of the coating samples were studied using scanning electron microscopy (SEM), electrochemical impedance spectroscopy (EIS), and salt spray testing. Following 8 weeks of immersion in a 3.5 wt% NaCl solution, EIS test verified that the E-5 MC-8H-Ce sample exhibited the highest corrosion resistance ( $R_p = 0.212 \text{ G}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ).

## Rivestimenti epossidici autorigeneranti a base acquosa contenenti microcapsule e particelle $\text{CeO}_2$ trattate

■ La prevenzione della corrosione può essere raggiunta efficacemente applicando rivestimenti polimerici. Questi strati protettivi sono ampiamente utilizzati da molte industrie. L'assorbimento veloce di umidità, ossigeno e altri gas nello strato di rivestimento determina una riduzione delle proprietà generali, in particolare della resistenza al processo corrosivo. Recentemente, è cresciuto l'interesse per l'incorporazione di elementi rigeneranti nelle formulazioni di rivestimenti polimerici per intensificarne le proprietà protettive. Metodi eclettici quali la polimerizzazione di interfaccia, la coacervazione, la polimerizzazione in situ, l'estrusione e le tecniche sol-gel sono stati riportati per la sintesi delle microcapsule. Le procedure di preparazione delle microcapsule, in situ, la coacervazione e la polimerizzazione di interfaccia sono considerate vantaggiose per via dei requisiti minimi delle attrezzature. La microincapsulazione per coacervazione, che si affida alle interazioni elettrostatiche fra gli idrocolloidi con cariche opposte, è emersa come la tecnica migliore per la produzione di carta autocopiativa.

L'involucro della microcapsula prodotto grazie a questa tecnica, presenta tipicamente una resistenza meccanica limitata per via delle proprietà ioniche e delle interazioni intermolecolari all'interno degli strati polimerici. Per migliorare la rigidità e la stabilità dell'involucro della microcapsula, si utilizza un reticolante. Un'altra tecnica vantaggiosa per la microincapsulazione è la polimerizzazione in situ, ampiamente usata per sintetizzare la microcapsula urea-formaldeide e formaldeide-melamminica.

In uno studio condotto dai ricercatori dell'Iran Polymer and Petrochemical Institute, sono stati sviluppati rivestimenti epossidici a base acquosa per incorporarvi le funzionalità protettive dalla corrosione e autorigeneranti. A questo fine, la resina epossidica-acrilata attiva (EA) e l'iniziatore benzoinil perossido (BPO) sono stati incapsulati separatamente con l'emulsione a due fasi acqua in olio mediante coacervazione complessa con l'ausilio dell'involucro della gomma arabica-gelatina (Ge-GA), seguita dal processo di polimerizzazione in-situ con l'involucro della poliurea formaldeide. Le nanoparticelle  $\text{CeO}_2$  silano-trattate ( $\text{T-CeO}_2$ ) sono state incorporate nei componenti del nucleo delle microcapsule sintetizzate.

Successivamente, le microcapsule preparate con differenti gradi di agitazione e ottimizzate nel rapporto nucleo-involucro, sono state caratterizzate con la spettroscopia a infrarossi a trasformazione di Fourier (FTIR) e analisi termogravimetrica (TGA). I rivestimenti epossidici a base acquosa sono stati in seguito formulati, incorporando un inibitore di corrosione, 8-HQS e varie quantità di microcapsule che agiscono da 'additivi smart autorigeneranti'. Le proprietà autorigeneranti e anticorrosione dei campioni di rivestimento sono state studiate con la microscopia a scansione elettronica (SEM), la spettroscopia a impedenza elettrochimica (EIS) e il test della nebbia salina. Dopo 8 settimane di immersione in una soluzione NaCl, 3,5% in peso, il test EIS ha verificato che il campione E-5 MC-8H-Ce presentasse la massima resistenza alla corrosione ( $R_p = 0,212 \text{ G}\Omega \text{ cm}^2$ ).