

## Degradation of polyester coil-coated materials by accelerated weathering investigated by FTIR-ATR chemical imaging

■ The degradation of coil-coatings depends on several factors: surface contamination, the inherent properties of the polymer and interactions at the metal/polymer interface. Environmental conditions, such as humidity and UV radiation, significantly contribute to coating deterioration. UV radiation causes photodegradation of the polymer matrix and is frequently assessed via standardized tests, such as EN 13523-10. When polymers absorb photons, chemical bonds break, leading to the formation of radicals. Water uptake also plays a crucial role in coating degradation. In particular, water accumulation at the metal/polymer interface can lead to water



clustering and blistering. It has been shown that water uptake affects the chains' mobility and induces plasticization of the polymer matrix, lowering the glass transition temperature.

Due to the complexity of these systems, methods for the rapid evaluation of the performance and stability of coil-coatings are of significant academic and industrial interest. Coating degradation is often assessed by quantifying surface-level changes in color or gloss. However, these methods typically do not provide detailed insights into the specific physical and chemical changes occurring during degradation.

As part of a collaborative study between three partners (the University of Toulouse, the RISE in Sweden and the French Corrosion Institute), ex situ Fourier transform infrared (FTIR) chemical imaging and in situ electrochemical impedance spectroscopy (EIS) were combined to investigate the ageing process of a polyester/melamine coil-coated steel. The samples were first subjected to a QUV accelerated weathering test (modified EN 13523-10) for 250 h up to 2000 h, followed by immersion in a 0.5 M NaCl solution to assess water uptake and polymer matrix plasticization. FTIR analyses revealed chemical degradation, including chain scission and the formation of polar groups, between 500 h and 2000 h of QUV exposure. Degradation effects were observed throughout the whole topcoat, with more significant degradation occurring near the surface. EIS measurements indicated greater water uptake with increasing QUV exposure, highlighting two regions of water sorption: an initial rapid Fickian diffusion region and a slower non-Fickian region.

The time constant ( $\tau$ ) analysis, which was extracted from the EIS data and related to the dielectric manifestation of the glass transition, confirmed polymer matrix plasticization due to water uptake. Despite UV-induced degradation, the polymer maintained effective protective properties, as evidenced by the high low-frequency impedance unaffected by UV exposure or immersion duration (1 week). This methodology successfully identified ageing markers, providing a framework for studying UV degradation mechanisms, water uptake, and polymer mobility in anticorrosion coatings.

## Degradazione dei materiali rivestiti coil con poliestere per invecchiamento accelerato, studiata con imaging FTIR-ATR

■ La degradazione del coil coating dipende da diversi fattori: contaminazione superficiale, proprietà intrinseche del polimero e interazioni nell'interfaccia metallo/polimero. Le condizioni ambientali, come il tasso di umidità e l'irraggiamento a UV contribuiscono in modo consistente al deterioramento del rivestimento. L'irraggiamento UV causa la fotodegradazione della matrice polimerica e viene valutata frequentemente con test standardizzati, come ad esempio EN 13523-10. Quando i polimeri assorbono i fotoni, il legame chimico si rompe causando la formazione di radicali. Anche l'assorbimento dell'acqua gioca un ruolo importante nel processo di degradazione del rivestimento. In particolare, l'accumulo di acqua nell'interfaccia metallo/polimero può causare l'ostruzione idrica e il vescicamento. È stato dimostrato che l'assorbimento dell'acqua influisce sulla mobilità delle catene determinando la plastificazione della matrice polimerica, da cui deriva la riduzione della temperatura di transizione vetrosa. A causa della complessità di questi sistemi, i metodi per valutare rapidamente la prestazione e la stabilità dei coil coating rivestono un grande interesse a livello accademico e industriale. La degradazione dei rivestimenti viene spesso valutata quantificando le trasformazioni a livello superficiale del colore o della brillantezza. Tuttavia, questi metodi non forniscono tipicamente dei dati dettagliati delle modificazioni specifiche chimico-fisiche che hanno luogo durante il processo di degradazione.

Parte dello studio cooperativo di tre partner (Università di Tolosa, il RISE in Svezia e l'Istituto Francese della Corrosione) la tecnica dell'imaging a IR a Trasformata di Fourier ex situ (FTIR) e la spettroscopia a impedenza elettrochimica (EIS) in situ sono state associate per studiare il processo di invecchiamento dell'acciaio rivestito a coil poliestere/melamminico. I campioni sono stati inizialmente sottoposti al test accelerato dell'invecchiamento atmosferico QUV (EN modificato 13523-10) per 250 ore e fino a 2000 ore, seguito dall'immersione in una soluzione da 0,5 M NaCl per valutare l'assorbimento di acqua e la plastificazione della matrice polimerica. Le analisi FTIR hanno rivelato la degradazione chimica, fra cui la separazione di catena e la formazione di gruppi polari, su esposizione di 500 e 2000 ore ai QUV. Gli effetti della degradazione sono stati osservati in tutta la finitura con una degradazione ancora più significativa in prossimità della superficie. Le misure EIS hanno indicato un superiore assorbimento dell'acqua con un'esposizione QUV superiore, con particolare riferimento a due aree di assorbimento: un'area a diffusione rapida secondo la Legge di Fick e un'area a diffusione più lenta non-Fick. L'analisi della costante temporale ( $\tau$ ) che è stata estratta dai dati EIS e correlata alla manifestazione dielettrica della transizione vetrosa, ha confermato la plastificazione della matrice polimerica a causa dell'assorbimento dell'acqua.

Nonostante la degradazione indotta dagli UV, il polimero ha conservato l'efficacia delle proprietà protettive, come dimostrato dall'alta impedenza a bassa frequenza non intaccata dall'esposizione agli UV o dalla durata dell'immersione (1 settimana). Questa tecnica ha individuato con successo i marker dell'invecchiamento fornendo un quadro teorico per lo studio dei meccanismi di degradazione degli UV, dell'assorbimento dell'acqua e della mobilità del polimero nei rivestimenti anticorrosione.