

Generation of a lignin-polyester coating for the corrosion protection of steel surfaces

■ The utilisation of steel in numerous industries is attributable to its favourable mechanical properties and comparatively modest cost when contrasted with alternative materials.

The application of organic coatings is the most commonly used technique to inhibit corrosion. Protective coatings serve as a barrier between the substrate and its surroundings. However, coating systems such as epoxides, acrylics, and polyurethanes have raised environmental concerns. Polyester and polyester-based coatings are a promising alternative due to their beneficial properties, such as strong adhesion, high chemical and abrasion resistance, and excellent flexibility. One significant drawback is the fact that the majority of polymers and polyester are produced from fossil fuels

Nevertheless, natural polymers such as starch, cellulose, and lignin exist, although their industrial utilization in coating applications is still limited to date. Another way to effectively prevent corrosion is through the application of corrosion inhibitors.

The natural process of metal corrosion causes significant losses in a wide range of industries, requiring substantial efforts to contain its effects. An alternative approach to corrosion protection is the use of renewable organic coating materials.

A research lead by a group of researchers of the University of Applied Sciences and Arts Göttingen and the Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST, proposes the use of lignin-polyester blends as coating materials.

Thanks to the abundance of functional groups in its molecular structure, lignin can serve as active corrosion-inhibiting sites within the coating. In this study, stainless steel substrates were coated using low energy atmospheric plasma powder spraying (APPS), a novel and solvent-free deposition method.

To investigate the influence of lignin content on the coating's protective performance, lignin and polyester powders were blended in 10% increments, ranging from pure polyester to pure lignin, while keeping all process parameters constant.

The resulting coating thicknesses varied between 11 µm (pure lignin) and 30 µm (pure polyester). Scanning electron microscopy confirmed that both materials were sufficiently meltable under plasma conditions, although polyester-rich coatings showed improved film formation and surface coverage. Analytical techniques such as Fourier-transform infrared spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy provided evidence for plasma-induced cross-linking within the lignin phase. This effect, combined with balanced lignin-to-polyester ratios, was critical for enhancing corrosion protection, as demonstrated by potentiodynamic polarization measurements. The highest inhibition efficiency, up to 96%, was achieved with lignin contents between 40% and 60%. Pull-off tests further indicated that lignin contributes positively to the cohesive strength of the coating system.

In summary, lignin-polyester coatings produced with APPS represent a promising, environmentally friendly alternative for the corrosion protection of steel.

Rivestimento a base di lignina poliesteri di nuova generazione per la protezione delle superfici d'acciaio

■ L'utilizzo dell'acciaio in molte industrie è giustificato dalle sue proprietà meccaniche favorevoli e dai costi relativamente modesti nel confronto con materiali alternativi.

L'applicazione di rivestimenti organici è la tecnica più comunemente utilizzata per inibire il processo corrosivo. I rivestimenti protettivi agiscono da barriera fra il substrato e l'area circostante. Tuttavia, i sistemi di rivestimento quali quelli a base di epossidiche, acriliche e poliuretaniche hanno suscitato preoccupazioni. I rivestimenti a base di poliesteri sono delle alternative promettenti per le loro proprietà vantaggiose, ad esempio la forte adesione, l'elevata resistenza ai prodotti chimici e all'abrasione e l'eccellente flessibilità. Uno svantaggio significativo è il fatto che la maggior parte dei polimeri e delle poliesteri sono ricavati dai combustibili fossili. Nonostante ciò, i polimeri naturali come gli amidi, la cellulosa e la lignina esistono nonostante il loro utilizzo industriale nelle applicazioni di rivestimenti sia ancora molto limitato. Un altro modo di prevenire efficacemente il processo corrosivo è mediante l'applicazione degli inibitori di corrosione.

Il processo naturale della corrosione del metallo causa perdite significative in una vasta serie di industrie e richiede sforzi sostanziali per contenerne gli effetti. Un approccio alternativo alla protezione dalla corrosione è l'utilizzo di materiali di rivestimento organici.

Un lavoro di ricerca condotto da un gruppo di ricercatori dell'Università di Scienze e Arti Applicate di Göttingen e il Fraunhofer Institute for Surface Engineering e Thin Films IST, ha proposto l'utilizzo di miscele di lignina-poliesteri come materiali di rivestimento. Grazie all'abbondanza di gruppi funzionali nella sua struttura molecolare, la lignina può agire come principio attivo di inibizione della corrosione all'interno del rivestimento. In questo studio, substrati d'acciaio inossidabile sono stati rivestiti a spruzzo di polvere al plasma atmosferico a bassa energia (APPS), una nuova tecnica di deposizione esente da solvente. Per approfondire il ruolo del contenuto di lignina nella prestazione protettiva del rivestimento, le polveri di lignina e poliesteri sono state miscelate con incrementi del 10%, variabili dal poliesteri puro alla lignina pura, e mantenendo tutti i parametri di processo costanti.

Gli spessori del rivestimento risultanti variavano fra 11 µm (lignina pura) e 30 µm (poliesteri puro). La microscopia a scansione elettronica ha confermato che entrambi i materiali potevano essere fusi in condizioni di plasma, sebbene i rivestimenti ricchi di poliesteri mostrassero proprietà filmogene e di copertura della superficie migliori.

Le tecniche analitiche ad esempio la spettroscopia a trasformata di Fourier e la spettroscopia fotoelettronica a raggi X ha dato prova della reticolazione indotta dal plasma nella fase della lignina. Questo effetto, unito ai rapporti bilanciati lignina-poliesteri si è rivelato critico nel migliorare la protezione dal processo corrosivo, come dimostrato dalle misure di polarizzazione potenziodinamica. La massima efficacia di inibizione, fino al 96% è stata raggiunta con un contenuto di lignina fra il 40% e il 60%. I test dello strappo hanno confermato che la lignina contribuisce positivamente alla tenacità coesiva del sistema di rivestimento.

Per concludere, i rivestimenti a base di lignina-poliesteri prodotti con APPS rappresentano un'alternativa ecocompatibile per la protezione dalla corrosione dell'acciaio.