

Bio-based UV-curable coatings formulated with plant-derived acrylate monomers

Epoxy coatings are renowned for their hard and durable surfaces, making them suitable for protective applications in demanding environments. Nevertheless, they generally exhibit poor tribological behavior and rely on petroleum-based components. Ultraviolet (UV)-curable acrylic coatings have emerged as a fast-curing alternative. UV curing is highly efficient, energy-saving, and can be performed at ambient temperatures without the need for ovens. Moreover, UV formulations often contain no solvents. Still, most UV-curable monomers and oligomers used today, such as epoxy acrylates and urethane acrylates, are derived from petrochemicals. Among them, polyurethane acrylates (PUAs) are widely regarded as the benchmark of UV-curable coatings, due to their excellent hardness, toughness, and abrasion resistance. However, their reliance on petroleum-derived isocyanates poses environmental and health concerns.

A team of researchers of the Universidad Politécnica de Cartagena, in cooperation

with a team of researchers of the Riga Technical University, lead a new study on bio-based UV-curable coatings formulated from plant-derived acrylate monomers. Three ultraviolet (UV)-curable coatings on AISI 1015 steel with a bio-based content of up to 82% were formulated as sustainable alternatives to conventional coating resin systems. The compositions, based on acrylated epoxidized soybean oil (AESO) and isobornyl (meth)acrylates (IBOMA/IBOA), were characterized using FTIR, UV-VIS spectroscopy, tensile testing, dynamic mechanical analysis (DMA), thermal gravimetric analysis (TGA), adhesion testing, wettability, and tribological analysis through scratch and pin-on-disk tests.

Mechanical evaluation revealed tunable behavior, varying from stiff to compliant, with Young's moduli ranging from 1.2 to 0.4 GPa and elongation at break from 3.7% to 8.6%, indicating a transition from hard to ductile. The glass transition temperature ranged from 22 to 71° C, while



the optical transmittance exceeded 92% in the wavelength range of 420–700 nm. All coatings preserved their structural integrity under progressive loads of up to 20 N. The formulation with the highest AESO content, thanks to its softer and more flexible network, exhibited improved adhesion and enhanced resistance to abrasive wear, with no substrate exposure under dry sliding conditions.

These results highlight that bio-based UV-curable systems can simultaneously deliver mechanical adaptability, optical clarity, and good tribological stability, offering a viable pathway toward sustainable high-performance coating materials.

Rivestimenti bio reticolabili a UV formulati con monomeri acrilati di origine vegetale

I rivestimenti epossidici sono rinomati per le loro superfici dure e durevoli nel tempo, proprietà che li rendono ideali per applicazioni protettive in ambienti critici. Nonostante ciò, essi danno in generale una risposta tribologica poco soddisfacente e si affidano a componenti di origine fossile. I rivestimenti acrilici reticolabili ad ultravioletti stanno emergendo come alternativa. La reticolazione a UV è molto efficace, a risparmio energetico e può essere eseguita a temperatura ambiente senza utilizzare i forni. Inoltre, le formulazioni a UV spesso non contengono solventi. Eppure, la maggior parte dei monomeri ed oligomeri reticolabili a UV utilizzati oggi, come le acrilate epossidiche e uretaniche sono ricavate da materiali petrolchimici. Fra questi, le acrilate poliuretaniche (PUAs) sono considerate generalmente il punto di riferimento dei rivestimenti reticolabili a UV, per la loro eccellente durezza, resistenza e resistenza all'abrasione. Tuttavia, la loro dipendenza dagli isocianati

di origine fossile pone dei seri rischi per la salute.

Un team di ricercatori del Politecnico di Cartagena, in collaborazione con un altro team del Politecnico di Riga, ha condotto un nuovo studio sui rivestimenti bio reticolabili a UV, formulati con i monomeri acrilati di origine vegetale. Sono stati quindi formulati tre rivestimenti reticolabili a UV su acciaio AISI 1015 e con un contenuto bio pari all'82%, come prodotti sostenibili alternativi ai sistemi di rivestimento a base di resine convenzionali. Le composizioni, base olio di semi di soia acrilato epossidate (AESO) e isobornil metacrilato (IBOMA/IBOA) sono state caratterizzate con spettroscopia FTIR, UV-VIS, test della resistenza alla trazione, analisi dinamico-meccanica (DMA), analisi termogravimetrica (TGA), test dell'adesione, bagnabilità e analisi tribologica mediante i test della scalfittura e il test pin-on-disk. La valutazione meccanica ha rivelato un com-

portamento adattabile, variabile da rigido a conforme, e moduli Young variabili da 1,2 a 4 GPa, con allungamento a rottura da 3,7 a 8,6%, a indicare la transizione da duro a duttile. La temperatura di transizione vetrosa è variata da 22 a 71° C mentre la trasmittanza ottica ha superato il 92% nel range di una lunghezza d'onda di 420 - 700 nm. Tutti i rivestimenti hanno conservato la loro integrità strutturale sotto carico progressivo fino a 20 N. La formulazione con il contenuto AESO massimo, grazie al suo reticolo più molle e flessibile, ha dato prova di un superiore potere adesivo e di una elevata resistenza all'usura da abrasione, senza esposizione del substrato in condizioni di scorrimento a secco. Questi risultati mettono in luce che i sistemi bio reticolabili a UV possono offrire simultaneamente adattabilità meccanica, trasparenza ottica e buona stabilità tribologica offrendo un percorso lineare verso materiali di rivestimento sostenibili di alta prestazione.