

Introducing isosorbide: a sustainable, safe, high performance, plant-based feedstock for coatings

Jiae Kim - ROQUETTE

Better resistance to UV, to abrasion, to scratching and impact. Better adhesion and improved properties for water-based formulation.

The demands on today's coatings, adhesives, sealants and elastomers (CASE) create a long list of desirable properties for a 'would be' feedstock. Step forward isosorbide. Perfectly safe and produced from an annually renewable feedstock isosorbide has a unique combination of properties that offers excellent potential for a range of CASE applications.

WHAT IS ISOSORBIDE AND HOW IS IT MADE?

Isosorbide is a plant starch-derived bicyclic diol with rich functionality for a range of applications in the packaging, coating, adhesives, sealants and elastomers (CASE), and automotive sectors.

DIOL DERIVED FROM PLANT STARCH

Starch from annually renewable feedstocks is hydrolysed to produce glucose which is then converted to sorbitol and on to isosorbide by hydrogenation. Over the last two decades, Roquette, the world's leading manufacturer of isosorbide has refined and optimised this manufacturing route to produce stable, high purity isosorbide in industrial quantities. The company's flagship plant produces isosorbide of three different grades, each tailored to specific industrial applications.

Isosorbide is industrially manufactured from renewable plant feedstocks in a series of different grades. As a plant-based, sustainable feedstock with a carbon footprint of

Isosorbide: una materia prima sostenibile, sicura, di alta prestazione e di origine vegetale per rivestimenti

Superiore resistenza agli UV, all'abrasione, alla scalfittura e all'urto. Maggiore adesione e proprietà avanzate per formulazioni a base acquosa. La richiesta di rivestimenti, adesivi, sigillanti e di elastomeri moderni (CASE) determina una lunga lista di proprietà desiderabili per i materiali del futuro. L'isosorbide è del tutto sicuro e ricavato da materie prime rinnovabili, il prodotto si distingue per avere proprietà combinate che offrono eccellenti potenzialità in una serie di applicazioni CASE.

COS'È L'ISOSORBIDE E DA COSA È COSTITUITO?

L'isosorbide è un diolo biciclico derivato dall'amido vegetale dotato di una notevole funzionalità per una serie di applicazioni nei settori dell'imballaggio, dei rivestimenti, degli adesivi, sigillanti, elastomeri (CASE) e automotive.

L'ISOSORBIDE È UN DIOLO BICICLICO DERIVATO DALL'AMIDO VEGETALE

L'amido ricavato da materie prime rinnovabili viene idrolizzato per produrre il glucosio che viene poi convertito in sorbitolo e ancora in isosorbide mediante idrogenazione. Nel corso di questi due ultimi decenni Roquette, produttore leader mondiale di isosorbide ha raffinato e ottimizzato questo processo di produzione per realizzare isosorbide stabile e ad alto grado di purezza, in quantità industriali. L'impianto modello della società produce isosorbide di tre differenti tipologie, ciascuna delle quali specifica per ogni applicazione industriale.

L'isosorbide è prodotto su scala industriale con materiali vegetali rinnovabili in una serie di differenti varianti. Come materiale vegetale e sostenibile con un'impronta di carbonio pari soltanto

just 0.09 kg CO₂/kg of product, isosorbide is an attractive substitute for monomers such as bisphenol A, which has a carbon footprint around 60 times higher.*

However, impressive environmental credentials are just the start.

Isosorbide is: Non-toxic, non-carcinogenic, non-endocrine disruptor, REACH compliant and suitable for food contact applications.

These attributes make the performance benefits of isosorbide of interest and value in a diverse range of applications.

WHAT ARE THE PROPERTIES OF ISOSORBIDE AND HOW CAN IT BE USED?

Isosorbide can be incorporated alongside other monomers to modify the properties of, for example, polyethylene terephthalate (PET), polycarbonates (PC), polyurethanes (PU) and epoxy resins.

When used in this way it can enhance: Thermal properties, for example, increasing Tg the glass transition temperature, Chemical resistance, to both water and organic solvents (such as acetones and esters), Optical performance, characteristics such as transparency and birefringence, UV resistance, reduced yellowing upon exposure to the sun, Mechanical properties, such as scratch, impact and bending resistance, Adhesion, a crucial property for the CASE sector, Appearance, for instance imparting high gloss.

Isosorbide can reduce the environmental burden associated with the use of existing materials, while maintaining performance, or enable the realisation of new performance profiles, to meet the exacting requirements of different markets.

The isosorbide modifies the properties of some commonly used polymers and at the industrial value of the resulting materials.

INDUSTRIAL APPLICATIONS FOR ISOSORBIDE

The CASE market is characterized by diversity with products formulated specifically to meet precisely defined, sometimes unique applications.

However, certain trends prevail across the industry such as the move away from petroleum-derived ingredients and increasing use of water-based formulation, to reduce volatile organic compound (VOC) emissions, particularly for coatings. Isosorbide is a relatively new ingredient for CASE formulation that combines sustainability with technical performance, with specific advantages depending on the application of interest.

*a 0,09 kg di CO₂ a chilogrammo di prodotto, l'isosorbide è un sostituto interessante di monomeri quali il bisfenolo A che presenta un'impronta di carbonio circa 60 volte più elevato.**

Tuttavia, le considerevoli credenziali riguardo all'ambiente rappresentano soltanto un primo passo iniziale.

L'isosorbide è atossico, non è cancerogeno, non è un interferente endocrino, è conforme a REACH ed è adatto ad applicazioni a contatto con i prodotti alimentari.

Questi attributi rendono interessanti i vantaggi prestazionali offerti dall'isosorbide in una serie variegata di applicazioni.

QUALI SONO LE PROPRIETÀ DELL'ISOSORBIDE E COME PUÒ ESSERE UTILIZZATO?

L'isosorbide può essere incorporato con altri monomeri per modificare le proprietà di, ad esempio, polietilene tereftalato (PET), policarbonati (PC), poliuretani (PU) e resine epossidiche. Quando viene utilizzato in questo modo, esso può apportare migliorie alle proprietà termiche, ad esempio aumentando la Tg, la temperatura di transizione vetrosa, ma anche alla resistenza agli agenti chimici, all'acqua e ai solventi organici (come l'acetone ed esteri), alla prestazione ottica, con caratteristiche quali la trasparenza e la birifrangenza, alla resistenza agli UV, alla riduzione dell'ingiallimento in condizioni di esposizione al sole, alle proprietà meccaniche come la resistenza alla scalfittura, all'urto e alla flessione, ed ancora all'adesione, una proprietà fondamentale per il settore CASE, ed infine alle proprietà estetiche fornendo elevata brillantezza. L'isosorbide può ridurre l'impatto ambientale associato all'utilizzo dei materiali esistenti, pur mantenendone la prestazione oppure permettendo la realizzazione di nuovi profili prestazionali per soddisfare i requisiti di diversi mercati. L'isosorbide modifica le proprietà di alcuni polimeri comunemente usati e il valore industriale dei materiali risultanti.

LE APPLICAZIONI INDUSTRIALI DELL'ISOSORBIDE

Il mercato CASE è caratterizzato dalla diversità con prodotti formulati specificatamente per applicazioni ben definite, a volte uniche. Tuttavia, certe tendenze prevalgono in ambito industriale come la transizione dai componenti derivati dal petrolio e l'uso crescente di formulazioni a base acquosa per ridurre le emissioni di composti organici volatili, in particolare per i rivestimenti. L'isosorbide è un ingrediente relativamente nuovo per le formulazioni CASE che associa in sé la sostenibilità insieme alla prestazione tecnica, arrecando vantaggi specifici, in base all'applicazione di interesse.

RIVESTIMENTI POLIURETANICI (PU)

I PU vengono realizzati facendo reagire gli alcoli con due o

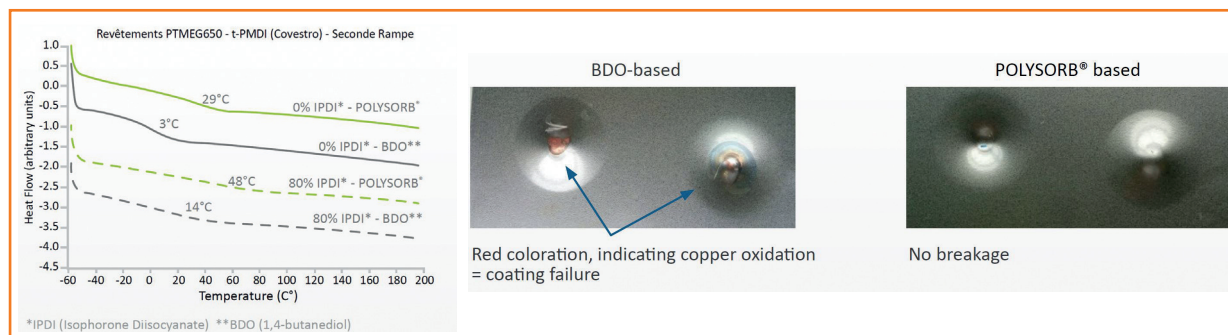


Fig. 1 - Isosorbide-based PUs exhibit superior heat and impact resistance to BDO-based alternatives
I PU a base di isosorbide presentano una superiore resistenza al calore e all'urto rispetto alle alternative a base di BDO

POLYURETHANE (PU) COATINGS

PUs are made by reacting alcohols with two or more reactive hydroxyl groups per molecule i.e. diols, triols or polyols. 1,4 butanediol (BDO) is one such alcohol, routinely used as a chain extender, to increase the molecular weight of the PU. Substituting BDO with isosorbide creates coatings with higher heat resistance, better adhesion and improved impact and abrasion resistance.

Switching from BDO to isosorbide increases the T_g of PUs made by reaction with isophorone diisocyanate (IPDI), (Fig. 1), thereby improving heat resistance. Impact resistance is also significantly improved, the absence of any red coloration showing that the isosorbide coating effectively prevents copper oxidation as a result of coating failure.

EPOXY RESINS

The most common commercial epoxy resins are made by reacting epichlorohydrin and bisphenol A to form diglycidyl ether (BADGE - bisphenol A diglycidyl ether), which is then reacted with an amine to form the resin. Isosorbide can be directly substituted for bisphenol A to make isosorbide-based diglycidyl ether, to reduce toxicity and improve the quality of the finished product. Isosorbide-based epoxies deliver an improved aspect, with a shiny gloss and better UV resistance than aromatic-based BADGE analogues.

Appearance is further enhanced by the absence of the white haze that can appear with BADGE/amine systems in the presence of water; isosorbide-based epoxies are less sensitive to the classical amine carbonation phenomenon that produce this effect.

Isosorbide epoxy derivatives can, in fact, be miscible and soluble with water, a unique and valuable feature. Just as with PUs, impact resistance is also improved and, in addition, isosorbide-based epoxy exhibits superior adhesion and deformation properties.

più gruppi idrossilici reattivi per molecola, vale a dire i dioli, i trioli o i polioli. Il butanediolo 1,4 (BDO) è uno di questi alcoli, utilizzato regolarmente come estensore di catena per incrementare il peso molecolare del PU. Sostituendo BDO con l'isosorbide si realizzano rivestimenti dotati di superiore resistenza al calore, maggiore adesione e superiore resistenza all'urto e all'abrasione.

Il passaggio da BDO all'isosorbide aumenta la T_g dei PU, prodotti per reazione con i diisocianati isoforone (IPDI) (Fig. 1), migliorando la resistenza termica. La resistenza all'urto ne risulta inoltre altamente migliorata e l'assenza di colorazione rossa dimostra che il rivestimento a base di isosorbide previene efficacemente l'ossidazione del rame come conseguenza del deterioramento del rivestimento.

RESINE EPOSSIDICHE

Le resine epossidiche in commercio maggiormente utilizzate sono realizzate per reazione dell'epicloridrina e il bisfenolo A per formare il diglicidil etere (BADGE - bisfenolo A diglicidil etere), che reagisce con un'ammina per formare la resina. L'isosorbide può sostituire direttamente il bisfenolo A e formare un diglicidil etere a base di isosorbide, riducendo la tossicità e migliorando la qualità del prodotto finito. Le epossidiche a base di isosorbide presentano superiori qualità estetiche e una brillantezza accentuata oltre ad una migliore resistenza agli UV rispetto ai prodotti analoghi BADGE a base di aromatiche. Le qualità estetiche traggono beneficio dall'assenza di velatura bianca che può apparire con i sistemi BADGE/ammine in presenza di acqua; le epossidiche a base di isosorbide sono meno sensibili al fenomeno classico di carbonatazione delle ammine da cui deriva questo effetto. I derivati epossidici isosorbide possono essere mescolati ed essere solubili in acqua, una caratteristica unica e di rilievo. Proprio come con le PU, la resistenza all'urto ne risulta anch'essa migliorata e, inoltre, le epossidiche a base di isosorbide mostrano un superiore potere adesivo e resistenza alla deformazione. Sostituendo il bisfenolo A con l'isosorbide si ottiene una



Fig. 2 - Isosorbide-based epoxy exhibit superior deformation and adhesion characteristics, relative to bisphenol A analogues
Le epossidiche a base di isosorbide presentano superiore resistenza alla deformazione e potere adesivo nel confronto con i prodotti analoghi del bisfenolo A

Displacing bisphenol A with isosorbide results in an epoxy resin with improved deformation properties as evidenced by the images (Fig. 2) from a conical mandrel bending test using an epoxy coating applied to a normalized Q panel.

The isosorbide-based coating shows superior resistance to deformation and better adherence to the panel. The superior adhesive properties of the isosorbide-based epoxy are also demonstrated by comparative cross cutter testing (Fig. 2 right).

LOOKING AHEAD

Isosorbide is a plant-based, sustainable monomer with a low carbon footprint and significant potential for a wide range of applications. Substituting isosorbide for existing petrochemical ingredients not only lightens the environmental impact of industrial polymers, it also drives up performance.

New types of aerosol packaging, touch screens with enhanced clarity and scratch resistance, better adhesives with improved UV and impact resistance. These are just some of the products that isosorbide is already beginning to deliver as polymer chemists and formulators learn exactly what it can do.

*Internal comparative study based on life cycle analysis methodology, peer-reviewed by an external auditor.

resina epossidica dotata di superiore plasmabilità come messo in luce nella Fig. 2 dove è rappresentato il test della flessione a mandrino conico usando un rivestimento epossidico applicato su un pannello Q standardizzato. Il rivestimento a base di isosorbide presenta una superiore resistenza alla deformazione e migliore adesione al pannello. Le spiccate proprietà adesive delle epossidiche a base di isosorbide sono dimostrate anche dal test comparati della quadrettatura (Fig. 2 - destra).

GUARDARE AL FUTURO

L'isosorbide è un monomero sostenibile di origine vegetale con bassa impronta di carbonio e potenzialità significative per una vasta serie di applicazioni. La sostituzione dell'isosorbide dei componenti petrolchimici esistenti non soltanto riduce l'impatto ambientale dei polimeri industriali, ma ne accresce anche la prestazione. Le nuove tipologie di imballaggio degli aerosol, di touch screen con maggiore trasparenza e resistenza alla scalfittura, e adesivi migliori dotati di superiore resistenza agli UV e all'urto: questi sono soltanto alcuni dei prodotti che l'isosorbide ha fornito finora, di volta in volta, quando i chimici e i formulatori di polimeri apprendono esattamente cosa è possibile fare.

** Studio interno comparato, basato sul metodo dell'analisi del ciclo di vita, accuratamente recensito da un revisore esterno.*