

Acetal-functionalized polyurethane adhesives: a path to debonding-on-demand

■ Polyurethanes represent an exceptionally versatile class of polymers that experience widespread utilization in various industries owing to their remarkable properties and diverse applications such as flexible and rigid foams, coatings, sealants, elastomers, and, in particular, high-performance adhesives. Traditional polyurethane adhesives, once cured, form strong, irreversible bonds that are difficult to debond without damaging the substrates, which creates a significant recycling challenge. The increasing demand for sustainable methods and the resource conservation has spurred researchers to explore alternative bonding approaches that allow for the separation of bonded components at the end of their service-life without compromising their structural integrity.

Debonding-on-demand adhesives offer a transformative solution to the challenges associated with conventional permanent bonding methods by enabling reversible bonding and debonding of materials under controlled conditions. This trend aligns with the growing emphasis on environmentally conscious practices within industries.

In recent years, the emergence of debonding-on-demand adhesives has led a significant breakthrough in adhesive technology, with far-reaching implications across various sectors.

For instance, high-performance sport shoes utilize polyurethane foam as a base, bonded to materials such as polyester (PET) textiles, or synthetic leather and their separation at the end of service-life is required for successful recycling of raw materials. Similar requirements arise in diverse technical domains to facilitate the separation and recycling of different materials such as car seats, instrument panels, dashboards, and food packaging.

A group of researchers of the Eindhoven University of Technology (The Netherlands) and BASF Polyurethanes (Germany), integrated three different linear acetal polyols into one-component, polyether-based polyurethane adhesives.

These new systems not only exhibit comparable thermal properties and superior adhesive performance to conventional adhesives but also offer debonding-on-demand capabilities.

These findings provide a drop-in solution to the limitations of traditional bonding methods and foster a circular economy, underscoring the pivotal role of adhesive technology in addressing environmental imperatives.

These systems were utilized as hydrolytically stable, readily debondable adhesives between different substrates. Thermal characterization demonstrated that the acetal-containing PU systems exhibited thermal properties comparable to the reference system without acetal groups.

Adesivi poliuretani acetal-funzionalizzati: un percorso verso il distacco su richiesta

■ I poliuretani rappresentano una classe eccezionalmente versatile di polimeri, interessata da un utilizzo diffuso in diversi ambiti industriali per le loro importanti proprietà e varie applicazioni quali le schiume flessibili e rigide, i rivestimenti, i sigillanti, gli elastomeri e in particolare, gli adesivi di alta prestazione. Gli adesivi poliuretani tradizionali, una volta reticolati, formano dei legami forti e irreversibili difficili da sciogliere senza danneggiare i substrati, da cui potrebbe scaturire una sfida del riciclo significativa. La crescente richiesta di tecniche sostenibili e il tema delle

risorse ha stimolato i ricercatori ad esplorare soluzioni leganti alternative che permettono di separare i componenti incollati al termine del ciclo di vita senza compromettere la loro integrità strutturale.

Gli adesivi con distacco su richiesta offrono una soluzione trasformativa alle sfide associate ai metodi di incollaggio permanente convenzionali per-

mettendo legami reversibili e il distacco dei materiali in condizioni controllate. Questa tendenza si allinea alla crescente importanza attribuita alle pratiche che tutelano consapevolmente l'ambiente all'interno delle industrie.

Negli anni recenti, l'emergenza degli adesivi con distacco su richiesta ha prodotto un grande cambiamento nella tecnologia degli adesivi, con implicazioni di vasta portata in diversi settori. Ad esempio, le scarpe sportive di alta prestazione utilizzano la schiuma poliuretanica come base, incollata a materiali quali i prodotti tessili poliestere (PET) o il cuoio sintetico e il distacco al termine del ciclo di vita è indispensabile per un'attività di riciclo di alta qualità delle materie prime. Requisiti simili emergono in varie aree tecniche per facilitare la separazione e il riciclo di differenti materiali quali i sedili di automobili, i pannelli del cruscotto e di controllo, e gli imballaggi alimentari.

Un gruppo di ricercatori dell'Eindhoven University of Technology (Paesi Bassi) e BASF Polyurethanes (Germania), hanno integrato tre differenti polioli acetal lineari in un adesivo poliuretano a base di polieteri, monocomponente. Questi nuovi sistemi non soltanto presentano proprietà termiche comparabili offrendo una prestazione adesiva superiore agli adesivi tradizionali, ma offrono anche funzionalità di distacco su richiesta. Queste proprietà offrono una soluzione drop-in alle limitazioni delle tecniche di incollaggio tradizionali e incentivano l'economia circolare, sottolineando il ruolo centrale della tecnologia degli adesivi in funzione degli imperativi ambientali.

Questi sistemi sono stati utilizzati come adesivi distaccabili e idroliticamente stabili fra diversi substrati. La caratterizzazione termica ha dimostrato che i sistemi PU contenenti acetale possedevano proprietà termiche comparabili a quelle del sistema di riferimento privo di gruppi acetale.

