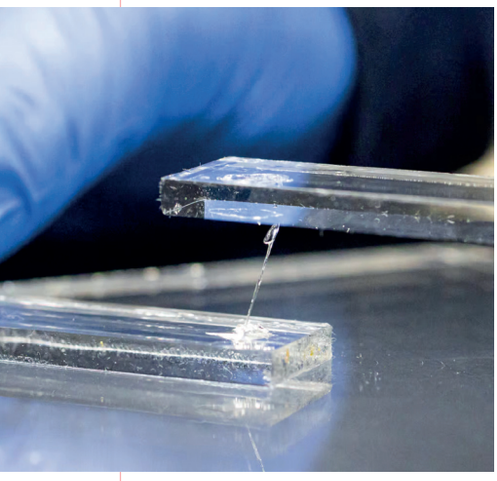
Upcycled adhesive is one of the toughest materials ever reported

By carefully tinkering with the chemical structure of a common household plastic, scientists have managed to upcycle it into a reusable adhesive with unique and hugely promising properties. A small patch of the substance can be used to hold around 300 lb (136 kg) in the air, with the researchers claiming it is one of the toughest materials known to science. The strong new adhesive is the handiwork of scientists at the US Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory (ORNL), who used polystyrene-b-poly(ethylene-co-butylene)-b-polystyrene, or SEBS, as their starting point.



This was achieved through a process known as dynamic crosslinking, which enables the bridging of typically incompatible materials. The scientists used the technique to couple silica nanoparticles and the polymer with the help of compounds called boronic esters, resulting in a novel crosslinked composite material they've called SiNP. The boronic esters are key to the reusability of the adhesive, as they enable the crosslinked bonds to be formed and broken repeatedly.

"A fundamental discovery was that the boronic esters on SEBS can rearrange bonds with hydroxyl groups – oxygen and hydrogen – on SiNP to adapt properties for demanding jobs", said lead author Md Anisur Rahman. "We also found the formation of similar reversible boronic ester bonds with a variety of surfaces that have the hydroxyl groups".

These crosslinked bonds actually shift inside the novel material, which enables it to adhere to surfaces strongly enough for a square centimeter of it to hold up roughly 300 lb. The researchers also conducted toughness tests in which they tried to detach materials through force, with the material's performance off the charts and surpassing all the commercially available adhesives they tested in the study.

"Strong, tough adhesives are difficult to design because they need to incorporate hard and soft features that are not typically compatible", said ORNL scientist and corresponding author Tomonori Saito. "The challenge has been to add the toughness you get in flexible materials without sacrificing strength. Our approach uses dynamic chemical bonds to develop a novel adhesive with remarkable properties not seen in current materials".

The adhesive also happens to be recyclable and maintains its performance at temperatures of up to 400 °F (204 °C), making it suitable for high-temperature applications. The scientists imagine it finding use in aerospace, automotive and construction, and are now working to both commercialize and improve the technology.

"There are benefits to industry and the environment to save resources and reduce waste", said Saito. "By design, this adhesive allows you to make repairs or correct costly mistakes and can be reprocessed for new uses in very challenging applications".

Un nuovo materiale adesivo innovativo al massimo livello di robustezza

Intervenendo in modo accurato sulla struttura chimica di una plastica d'uso domestico comune, gli scienziati sono riusciti a trasformarla in modo innovativo in un adesivo riutilizzabile dotato di proprietà molto promettenti. Una piccola parte della sostanza può essere utilizzata per tener sollevate circa 300 lb (136 kg) e i ricercatori hanno dichiarato che si tratta di uno dei materiali più tenaci che la scienza abbia scoperto. Il nuovo adesivo molto tenace è il risultato del lavoro sperimentale compiuto dagli scienziati del Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory (ORNL), che hanno utilizzato il polistirene-b-poli(etilene-co-butilene)-b-polistirene, o SEBS nella prima fase del lavoro.

Tutto questo è stato ottenuto grazie a un processo noto come reticolazione dinamica che permette di legare a ponte materiali notoriamente incompatibili fra loro.

I ricercatori hanno adottato la tecnica di accoppiamento delle nanoparticelle di silice e del polimero con l'aiuto di composti denominati esteri boronici da cui è derivato un materiale composito reticolato a cui hanno dato l'acronimo SiNP. Gli esteri boronici sono la chiave del riutilizzo degli adesivi in quanto permettono di creare legami reticolati che possono formarsi e rompersi ripetutamente.

"Un ritrovato fondamentale è consistito nel fatto che gli esteri boronici su SEBS possono riformulare i legami con i gruppi idrossilici – ossigeno e idrogeno – su SiNP per adattare le proprietà richieste da operazioni critiche", ha affermato Md Anisur Rahman, "Abbiamo scoperto anche la formazione di legami esteri boronici reversibili simili con una varietà di superfici contenenti i gruppi idrossilici".

Questi legami reticolati scorrono all'interno del nuovo materiale, permettendogli di aderire alle superfici abbastanza tenacemente da permettere che un centimetro quadrato di materiale sostenga circa 300 lb.

I ricercatori hanno inoltre eseguito test della tenacità in cui hanno provato a staccare i materiali con la forza e hanno registrato una prestazione del materiale di massimo livello, tale da superare tutti gli adesivi disponibili in commercio, esaminati nell'attività di ricerca.

"Adesivi robusti e tenaci sono difficili da sviluppare perché richiedono di incorporare le proprietà di durezza e consistenza molle, che non sono tipicamente compatibili,", ha commentato il ricercatore ORNL e l'autore corrispondente Tomonori Saito. "La sfida è consistita nell'aggiungere la tenacità ottenuta nei materiali flessibili senza sacrificarne la tenacità. Il nostro approccio si basa sull'uso di legami chimici dinamici per sviluppare un nuovo adesivo dotato di proprietà considerevoli, non presenti nei materiali attuali".

L'adesivo può essere riciclato e mantiene le sue prestazioni a temperature che possono raggiungere i 400 °F (204 °C), rendendolo idoneo ad applicazioni ad alta temperatura. I ricercatori ritengono siano possibili applicazioni nei settori aerospaziale, automotive e delle costruzioni e si stanno adoperando per commercializzare e migliorare la tecnologia.

"Esistono vantaggi per l'industria e per l'ambiente nel risparmio di risorse e nella riduzione dei materiali di scarto", ha aggiunto Saito. "Nella progettazione, questo adesivo consente di eseguire riparazioni oppure di correggere gli errori sui costi e può essere riprocessato per nuove aree di utilizzo in applicazioni molto critiche".