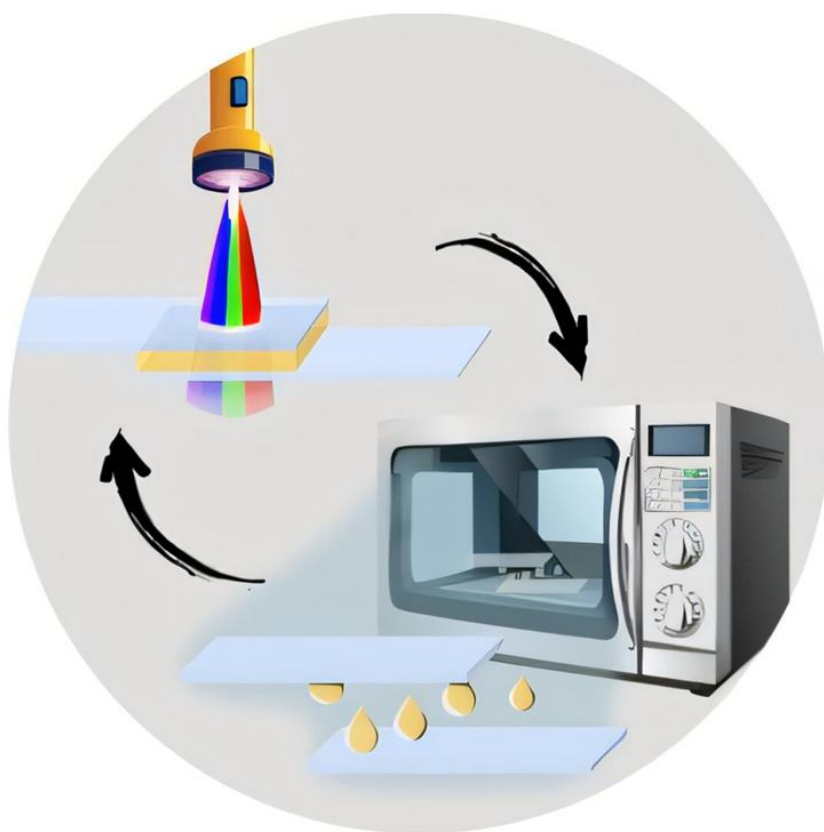


Βιώσιμες Συγκολλητικές Ουσίες: Ανακυκλώσιμες με Μικροκύματα

Δρ Σπύρος Κιτσινέλης

Η αυξανόμενη ζήτηση για βιώσιμα υλικά και διαδικασίες στον βιομηχανικό και τεχνολογικό τομέα έχει οδηγήσει σε καινοτόμες εξελίξεις στον χώρο των συγκολλητικών ουσιών. Πρόσφατα, ομάδα ερευνητών από το Πανεπιστήμιο της Ιερουσαλήμ ανέπτυξε μία νέα κόλλα που μπορεί όχι μόνο να εφαρμοστεί και να απομακρυνθεί γρήγορα, αλλά και να ανακυκλωθεί εύκολα με τη χρήση μικροκυμάτων. Το επίτευγμα αυτό αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς μια κυκλική οικονομία υλικών με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.



Η νέα συγκολλητική ουσία βασίζεται σε πολυμερισμό τετραλειτουργικών μονομερών α-λιποϊκού οξέος (TetraALA). Ο πολυμερισμός ενεργοποιείται από ορατό φως, αποφεύγοντας τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας που μπορεί να είναι επιβλαβής και ενεργοβόρα. Η διαδικασία διαρκεί μόλις 30 δευτερόλεπτα υπό έκθεση σε φως ορατής περιοχής (400–650 nm), οδηγώντας σε σχηματισμό ισχυρού πολυμερούς με υψηλή μηχανική αντοχή (μέχρι 6 MPa σε ποικιλία επιφανειών όπως γυαλί, μέταλλα και πλαστικά). Το πολυμερές αυτό παρουσιάζει, επίσης, ιδιαίτερη σταθερότητα σε υγρές συνθήκες, καθιστώντας το ιδανικό για συγκολλήσεις υπό νερό, ενώ

ταυτόχρονα διαθέτει υψηλό δείκτη διάθλασης (1,62), ιδιότητα ιδιαίτερα χρήσιμη σε οπτικές εφαρμογές.

Η σημαντικότερη ίσως καινοτομία του συστήματος έγκειται στην ικανότητά του να αποικοδομείται με την απλή χρήση μικροκυμάτων, επίσης σε διάστημα μόλις 30 δευτερολέπτων. Η διεργασία αυτή βασίζεται στη δυναμική φύση των δισουλφιδικών δεσμών του πολυμερούς, οι οποίοι σπάνε και ανασχηματίζονται με την τοπική θέρμανση που προκαλείται από την αλληλεπίδραση με τα μικροκύματα. Η διαδικασία αποδόμησης όχι μόνο δεν απαιτεί επικίνδυνους διαλύτες ή υψηλές θερμοκρασίες, αλλά επιτρέπει και την επαναχρησιμοποίηση του υλικού χωρίς σημαντική απώλεια των φυσικών και μηχανικών του ιδιοτήτων. Σε πειραματικό επίπεδο, η επαναχρησιμοποίηση επιτεύχθηκε με αποδοτικότητα πάνω από 90%.

Η νέα αυτή κόλλα συνδυάζει ιδιότητες που σπάνια συνυπάρχουν σε συγκολλητικά υλικά:

- Γρήγορη εφαρμογή με χαμηλό ενεργειακό κόστος.
- Αναστρεψιμότητα χωρίς απώλεια υλικών.
- Ασφάλεια λόγω μη χρήσης τοξικών αντιδραστηρίων ή υπερϊώδους ακτινοβολίας.
- Συμβατότητα με πλήθος υποστρωμάτων.

Πιθανές εφαρμογές περιλαμβάνουν την ηλεκτρονική βιομηχανία (όπου απαιτείται αποσυναρμολόγηση για ανακύκλωση), βιοϊατρικές εφαρμογές (όπου η αναστρεψιμότητα είναι κρίσιμη), καθώς και τη συσκευασία προϊόντων υψηλής αξίας.

Η χρήση μικροκυμάτων στην ανακύκλωση δεν περιορίζεται στις συγκολλητικές ουσίες. Αντίστοιχες τεχνολογίες αναπτύσσονται ήδη για την ανακύκλωση πλαστικών, π.χ. από την канаδική εταιρεία Pyrowave, η οποία αξιοποιεί μικροκύματα για την αποικοδόμηση πολυμερών όπως το πολυστυρένιο σε μονομερή, μειώνοντας σημαντικά τα απόβλητα. Αντίστοιχες εφαρμογές σε εποξικές ρητίνες και θερμοπλαστικά καταδεικνύουν την ευρύτητα των δυνατοτήτων της μικροκυμάτων-βασισμένης ανακύκλωσης και θέτουν τις βάσεις για ένα μέλλον όπου η αποικοδόμηση και επαναχρησιμοποίηση υλικών γίνεται άμεση, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον.

Η φωτο-ενεργοποιούμενη και ανακυκλώσιμη κόλλα TetraALA αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα του πώς η εφαρμοσμένη χημεία μπορεί να συμβάλει στη βιωσιμότητα και την κυκλική οικονομία. Με τον απλό συνδυασμό φωτός και μικροκυμάτων, δίνεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των συγκολλητικών ουσιών, περιορίζοντας την ανάγκη για παραγωγή νέων πρώτων υλών και μειώνοντας την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η έρευνα ανοίγει τον δρόμο για εφαρμογές όχι μόνο στις βιομηχανίες ηλεκτρονικών και συσκευασίας αλλά και στη γενικότερη υιοθέτηση ανακυκλώσιμων πολυμερών, φέρνοντας μας πιο κοντά σε ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

Πηγές

Phys.org, “New light-activated adhesives bond in seconds and can be recycled with microwaves” (2025). <https://phys.org/news/2025-06-adhesives-bond-seconds-recycled-microwave.html>

Chemistry World, “Microwave-recyclable adhesives offer sustainable sticking solution” (2025).

Export Development Canada, “Pyrowave’s Microwave Recycling Technology” (2024). <https://www.edc.ca/en/article/pyrowave-microwave-technology.html>