



מדענים במעבדת המחקר של יבמ גילו סוג חדש של פולימרים, המסוגלים לשנות את עולם הייצור בתחומי התחבורה, התעופה והמיקרו-אלקטרוניקה. באמצעות גישה ייחודית המשלבת מחשוב בעל ביצועים גבוהים במיוחד יחד עם כימיה של פולימרים סינתטיים, מציגים החומרים החדשים לראשונה עמידות בפני סדקים ושברים, חוזק גדול יותר מזה של עצמות אנושיות, אפשרות לשחזר בעצמם את צורתם המקורית – והכול מבלי לוותר על מחזור מלא לחומרים המקוריים מהם יוצרו. החומרים החדשים מהווים תשתית למבנים פולימריים מורכבים, המוסיפים 50% לחוזק המבני הכולל, באופן ההופך אותם לחזקים במיוחד ולקלים במשקלם, ביחס לחומרים אחרים בעלי חוזק דומה. המחקר התנהל בשיתוף פעולה עם אוניברסיטאות ברקלי בארה"ב, איינדהובן בהולנד ועיר המדע והטכנולוגיה על שם המלך עבדולעזיז (KACST) שבסעודיה. תוצאות המחקר מתפרסמות השבוע, בגיליון העיתון המדעי "Science".

פולימרים, שרשרת ארוכה של מולקולות הקשורות זו לזו בקשרים כימיים, מהווים חלק בלתי נפקד מחיי היום יום שלנו. הם מרכיבים מגוון רחב של חפצים – החל מבגדים ובקבוקי משקה (פוליאסטר), צבעים (פוליקריל), בקבוקי חלב עשויים פלסטיק (פוליאתילן), אריזות מזון (פוליאולפין, פוליסטירין) ועד לחלקים מרכזיים בכלי רכב ומטוסים (אפוקסי, פוליאמיד ופולימיד). הם גם רכיב חיוני בכל טכנולוגיה תעשייתית החל מעידן המהפכה התעשייתית ועד ימינו: מנוע הקיטור, ספינת החלל, המחשב והטלפון הסלולארי.

הפולימרים של ימינו מוגבלים בתחומים מסוימים. בעולם התחבורה והתעופה, חשופים רכיבים מבניים לפגעי הסביבה: החל מהפשרת שטח הכנפיים של מטוסים, דרך בעיה בחשיפה לדלקים שונים, ועד לעמידות נמוכה בפני שבר מאמץ לאחר חשיפה לממים, למשל. בנוסף, קשה למחזר את הפולימרים האלה, משום שאי אפשר להתיר ולצקת אותם מחדש לאחר עיצובם הראשוני. בעת חשיפה לחום גבוה, הם נשרפים ופולטים חומרים רעילים. כתוצאה, מלאים אתרי האשפה בפסולת רעילה מסוגים שונים – המסכנת את הסביבה.

חומרים חדשים

החוקרים ביבם גילו עתה סוג חדש של חומרים, בעלי טווח רחב וניתן לכיוונון ולעיצוב של מאפייני חוזק, גמישות ומשקל - המציגים הזדמנות ליישומים חדשים ולפיתוח מוצרים הנשענים על היכולות הייחודיות לחומרים האלה. החומרים החדשים מאופיינים בחוזק גבוה, עמידות בפני ממיסים, יכולת לתקן בעצמם סדקים המתגלים בהם, ואפשרות לשלב חומרים מרוכבים אחרים, על מנת להבטיח חוזק גבוה עוד יותר.

האפשרות למחזור את החומרים החדשים האלה צפויה להשפיע מהותית על תעשיית המוליכים למחצה, תהליכי ייצור מתקדמים וייצור חלקים לעולם הרכב: מעתה, ניתן יהיה לעבד מחדש חלקים ורכיבים המתגלים כפגומים כבר בתהליך הייצור – במקום להשליך אותם מיד לאשפה. כך, אפשר לשפר את רמת התפוקה, לחסוך בהוצאות ולהקטין משמעותית את כמויות הפסולת האלקטרונית.

על מנת לפתח את משפחת החומרים החדשה, השתמשו החוקרים ביבם בגישה חדשנית של "כימיה חישובית", המאפשרת להאיץ את תהליך גילוי החומרים – בשילוב עם ניסיונות במעבדה, ותוך הסתמכות על מערכות מחשוב בעלות ביצועים גבוהים במיוחד, לבניית מודלים של הריאקציות הכימיות המתנהלות לאורך תהליך יצירת הפולימר.

בעולם אידיאלי עתידי, יוכלו מדענים להזין למחשב רשימת דרישות מוגדרות – ולהטיל עליו לתכנן מולקולות שיענו בדיוק לדרישות אלו, כמו גם את תהליכי הייצור של מולקולות אלו. לרוע המזל, חומרים חדשים עודם מתגלים בעיקר בניסיונות במעבדה, הנשענים על הידע, הניסיון וההכשרה המדעית של החוקרים המפתחים אותם. שיטות הכימיה החישובית שפותחו ביבם עשויות לקצץ חלק ניכר מעבודת הניחוש, הניסוי והטעייה – ולהאיץ רשימה ארוכה של מאמצי פיתוח. תרופות ממוקדות במחלה, רכיבים לכלי רכב שיהיו זולים, חזקים וניתנים למחזור – כולם ניתנים לפיתוח באמצעות כלי כימיה חישובית.

הפולימרים החדשים נוצרים בתהליך המקובל והזול, המתחיל בריאקציה קונדנסנטית שבה מתחברות המולקולות זו לזו, תוך שחרור מולקולות קטנות דוגמת מים או אלכוהול כתוצר לוואי. בטמפרטורה של 250 מעלות צלזיוס, הופך הפולימר חזק במיוחד, בזכות ארגון מחדש של קשרים קובלנטיים ואיבוד נזלי הממיס הכלואים בו. הבעיה שהייתה מוכרת היא, שיחד עם החוזק הנוסף הופך הפולימר גם לשביר יותר, בדומה לזכוכית. עתה, נפתרה הבעיה הזאת, והפולימרים החדשים אף קיבלו תכונה ייחודית בדמות כושר שחזור שברים וסדקים והתאוששות עצמית.

הפולימר החדש אינו מושפע מחשיפה לתמיסות בסיסיות (pH גבוה), אולם מתפרק באופן סלקטיבי בחשיפה לחומצות חריפות במיוחד (pH נמוך). מכאן, שבתנאים הנכונים, ניתן לפרק את הפולימר לחומרים ממנו נבנה, באופן המאפשר שימוש חוזר בחומרים אלה בפולימרים אחרים. ניתן לייצר חומר חזק עוד יותר, אם מערבבים אל תוך הפולימר ננו-שפורפרות של פחמן, או חומרי מילוי וחיזוק אחרים, תוך חימום לטמפרטורות גבוהות. התהליך מאפשר לתת לפולימרים תכונות דומות לאלה של מתכות – ואכן, "חומרים מרוכבים" המשלבים פולימרים וחומרים מחזקים משמשים לייצור מטוסים ומכוניות. החומרים האלה קלים יותר ממתכת – ומאפשרים חיסכון בעלויות הדלק.

בטמפרטורות נמוכות יותר, ואפילו בטמפרטורת החדר, ניתן לבנות פולימרים מסוג חדש המתנהלים כג'ל אלסטי – ועדיין חזקים מרוב הפולימרים המוכרים כיום. החומרים החדשים האלה שומרים על האלסטיות שלהם, משום שהממיס כלוא ברשת המולקולות, ומאפשר להן להתמתח כסרט גומי.

מאפיין ראוי ביותר לציון של הג'ל החדש הזה, הוא העובדה שכאשר מנתקים חלקים ממנו ומחזירים אותם אחר כך, כל חלק אל קרבת החלק האחר, עד כדי מגע פיזי ביניהם – מתחדשים הקשרים הכימיים בין החלקים והופכים אותם לשלם אחד, בתוך שניות ספורות. בזכות יכולת השחזור הזאת זכו הפולימרים האלה לתואר "בעלי כושר רפוי עצמי". כך, ניתן לחשוב עליהם כעל חומר גלם מתאים במיוחד למוצרי הדבקה וחבישה, או ביישומים המשלבים אותם עם פולימרים אחרים, לבניית מערכות ורכיבים בעלי כושר

התאוששות ושחזור עצמי. ניתן למחזר את הפולימרים האלה במים רגילים, ולהשתמש בהם גם ביישומים הדורשים הרכבה מחדש, דוגמת הולכת תרופות בגוף.

{loadposition content-related}