

پیشرفت در پزشکی به کمک پلیمر حافظه شکلی نوین

تهیه کرده‌اند. در این فرایند، جریانی با ولتاژ زیاد به دو سوزن اعمال می‌شود که محلول‌های دو پلیمر به وسیله پمپ از آن‌ها عبور داده می‌شوند. ولتاژ باعث بیرون کشیدن الیاف پلیمر شده که با آمیختن آن‌ها با یکدیگر نمد الیاف پلیمری تهیه می‌شود. ترکیب مناسب الیاف موجب کیفیت حافظه شکلی ماده می‌شود.

در این پژوهش، خواص ماده، عملکرد

حافظه شکلی و سلول‌سازی پلیمر بررسی شده است. نتایج تجربی به‌طور موفقیت‌آمیزی نشان داد، شکل اولیه SMPها می‌تواند طی برگشت یا کمی تخریب از فاز تثبیت شکل بازیابی شود.

اکنون، پژوهشگران SMP ساخت خود را در درمان سرطان و کاشت سلول‌های ماکروفاژ بررسی می‌کنند. آن‌ها امیدوارند، با پژوهش بیشتر بتوانند از نتایج عملی استفاده از این ماده در غلظت‌های کمتر آنزیم‌ها پرده بردارند. پژوهشگران بر این باورند که پلیمر ساخت آن‌ها در مراقبت‌های بهداشتی کاربردهای گسترده‌ای بیاید، به‌طور مثال این SMP می‌تواند در داروهایی به کار رود که فقط در حالتی که سلول‌ها یا عضو هدف در حالت مطلوب فیزیولوژیکی باشد، فعال شوند یا در داربست‌هایی که ترمیم بافت را در پاسخ به رفتار ترمیمی خود بافت هدایت می‌کنند. نتایج این پژوهش در ژانویه ۲۰۱۹ در نشریه Acta Biomaterialia به چاپ رسیده است.

پژوهشگران نوعی پلیمر حافظه شکلی (SMP) جدید را تهیه کرده‌اند که می‌تواند آثار عمده‌ای در مراقبت‌های بهداشتی داشته باشد.

SMPها موادی نرم، لاستیکی و هوشمند هستند که در پاسخ به محرک خارجی نظیر تغییرات دما یا قرار گرفتن در معرض نور تغییر شکل می‌دهند. آن‌ها می‌توانند هر شکل را به‌طور نامحدود حفظ کنند و هنگامی که تحریک می‌شوند به شکل قبلی بازمی‌گردند.

SMPها قابلیت کاربرد در زمینه‌های پزشکی را دارند. برای مثال، آن‌ها به عنوان استنت‌های قلبی عروقی ایده‌آل هستند، زیرا به هنگام عمل جراحی و جای‌گیری در بدن یک شکل و به هنگام قرار گرفتن در رگ‌خونی شکل دیگری دارند. گرمای بدن تنها محرکی است که برای تغییر شکل آن‌ها لازم است.

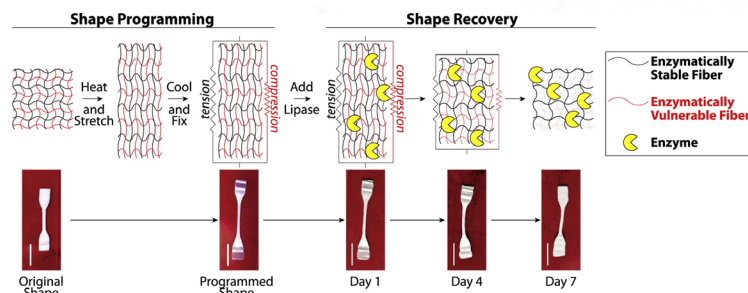
پژوهشگران دانشگاه Syracuse با همکاری دانشگاه Bucknell نوعی SMP را طراحی کرده‌اند که شکل خود را در پاسخ به قرارگیری در معرض آنزیم‌ها تغییر می‌دهد و با سلول‌های زنده سازگار است. این پلیمر نیازمند هیچ محرک دیگری نظیر تغییر دما نیست. با توجه به این خواص، پلیمر مزبور می‌تواند پاسخگوی فعالیت سلولی نظیر ترمیم باشد.

به گفته سرپرست طرح، حساسیت آنزیمی ماده موجب پاسخ مستقیم آن به رفتار سلول می‌شود. بدین‌منظور، می‌توان این پلیمر را روی زخم قرار داد و همان‌طور که بافت آن را تغییر شکل داده و تخریب می‌کند، SMP موجب بسته شدن زخم می‌شود. همچنین، پلیمر مزبور را می‌توان برای ایفای نقش در درمان عفونت‌ها و سرطان با تنظیم شیمی ماده، تطبیق داد.

این گروه پژوهشی پلیمر را با استفاده از فرایند الکترورسی

<https://phys.org/news>

منبع:



پلیمرها و هموار ساختن راه استفاده از تایرهای بازیافتی در آسفالت

که خطرهای بالقوه‌ای برای سلامتی و محیط زیست ایجاد می‌کنند.

هر سال در حدود ۲۷ میلیون تایر فرسوده دفن یا انباشت می‌شوند

در حال حاضر، در نیمی از ایالات متحده لاستیک تایر به عنوان جزئی از مخلوط آسفالت استفاده می شود. آسفالت یاد شده عملکرد بهتری نسبت به آسفالت معمولی داشته و از هزینه مناسب و مزایای زیست محیطی برخوردار است. هر چند این نوع آسفالت دارای دو چالش عمده است که استفاده بیشتر از آن را محدود می کند: گرانروی زیاد و تمایل به جدا شدن لایه های قیر و لاستیک طی انبارش.

پژوهشگران در پی آن بودند که ماده افزودنی برای حل این مشکلات بیابند. پژوهشگران پایداری آسفالت لاستیکی ساخته شده از آمیخته مقادیر مختلفی از پلیمرهای سیس ایزوپرن، ترانس ایزوپرن، پلی بوتادیان یا پلی ایزوبوتیلن و لاستیک تایر را پس از اکستروژن کردن آن بررسی کردند. آن ها دریافتند، هنگامی که لاستیک با آسفالت، آمیخته لاستیک تایر با ترانس ایزوپرن یا پلی بوتادیان با نسبت ۳:۱ آمیخته شود، بهترین عملکرد را دارد. این مخلوط ها چگالی لاستیک تایر را کاهش می دهد، بنابراین مشابه با آسفالت می شود و آسفالت به هنگام انبارش نشست نمی کند. این پلیمرها به کاهش گرانروی آسفالت لاستیکی کمک می کنند و در نتیجه کار با این نوع آسفالت آسان تر می شود. طبق گفته پژوهشگران، مواد افزودنی یاد شده از هزینه مناسبی برخوردارند، به نحوی که آسفالت لاستیکی ۷٪ تا ۱۰٪ در مقایسه با آسفالت معمولی ارزان تر تمام می شود.

نتایج این پژوهش در سال ۲۰۱۹ در نشریه چاپ ACS با عنوان Energy and Fuels به چاپ رسیده است.

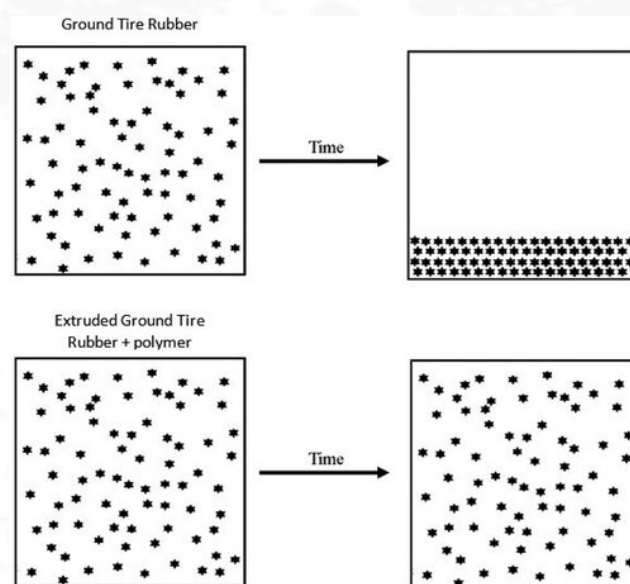
<https://phys.org/news>

منبع:

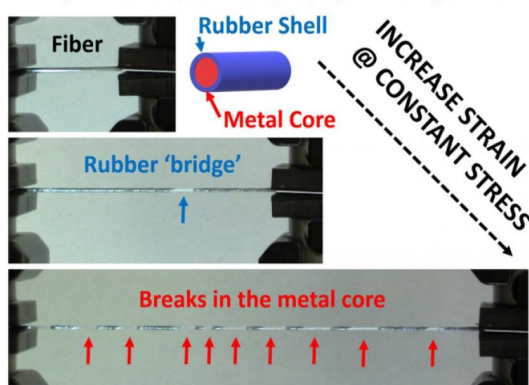
این تایرها می توانند به عنوان جزئی از آسفالت جاده هایی بیابند که زمانی روی آن ها رفت و آمد می کردند. اما آمیخته این تایرها و آسفالت ناپایدار است.

اکنون پژوهشگران نوعی مواد افزودنی پلیمری را شناسایی کرده اند که می توان به کمک آن ها پایداری انبارشی لاستیک آسفالتی را افزایش داد. از آن جا که لاستیک دارای خاصیت جهنگی است، تایرهای فرسوده در محیط برای مدت طولانی پابرجا می مانند که موجب بروز خطرهای آتش گیری و ایجاد زمینه برای تولیدمثل جوندگان و پشه ها می شوند.

این دوام و پایداری می تواند برای تولید آسفالت لاستیکی مزیت به شمار رود. این آسفالت مخلوطی از تایر و قیر (آسفالت) به کار رفته در ساخت و تعمیر جاده است.



مهندسی الیاف چقرمه تر توسط پژوهشگران



پژوهشگران در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی نوعی الیاف تهیه کرده اند که کشسانی لاستیک را با استحکام فلز درهم می آمیزد. این الیاف چقرمه تراند و می توانند در کاربردهای رباتیک، مواد بسته بندی یا پارچه های نسل بعدی استفاده شوند. به گفته پژوهشگران این ماده به نوارهای لاستیکی و سیم های فلزی می ماند. نوار لاستیکی می تواند بسیار کشیده شود، اما نیازی به نیروی زیاد ندارد. این الیاف دارای مغزه ای از فلز گالیم هستند که با روکشی از پلیمر کشسان احاطه شده است. هنگامی که این الیاف تحت تنش قرار گیرند،

استحکام مغزه فلزی را نشان می‌دهند. اما هنگامی که فلز شکسته شود، الیاف نمی‌شکنند، زیرا روکش پلیمری تمام کرنش‌های میان شکستگی‌های فلز را جذب کرده و آن‌ها را به مغزه فلزی انتقال می‌دهد. این پاسخ مشابه با حالتی است که بافت‌های انسان استخوان شکسته را نگه می‌دارند.

به گفته پژوهشگران، هرگاه مغزه فلزی بشکند، انرژی تلف می‌کند که موجب می‌شود، الیاف انرژی را در حین افزایش طول جذب کنند. به جای شکستن به هنگام کشش، پیش از وادادگی الیاف می‌توانند تا ۷ برابر طول اولیه افزایش طول یابند. چقرمگی، نوعی قابلیت ماده در جذب انرژی و تغییر شکل بدون شکست است. به

عقیده سرپرست طرح، تقلید از چقرمگی پوست در مهندسی مواد بسیار جالب است. بدین دلیل آن‌ها این الیاف را که چقرمگی همانند پوست دارند را تهیه کرده‌اند. افزون بر این، مغزه گالیم رساناست، بنابراین پس از شکستن، رسانایی آن از بین می‌رود. از این الیاف می‌توان پس از ذوب مغزه گالیمی آن‌ها دوباره استفاده کرد.

نتایج این پژوهش در نشریه Science Advances در سال ۲۰۱۹ به چاپ رسیده است.

منبع: [/https://www.sciencedaily.com/news](https://www.sciencedaily.com/news)

منبع:

اسفنج گرافنی و تقویت کامپوزیت

حتی پلی‌ایمید را با چوب و مواد غذایی جایگزین کردند، به گفته سرپرست طرح، LIG ماده شگفت‌آوری است، اما از نظر مکانیکی بسیار قوی نیست. این ماده را می‌توان خم یا منعطف کرد، اما نمی‌توان روی آن دست مالید.

برای ساخت کامپوزیت‌ها، پژوهشگران لایه نازکی از ماده دوم را روی LIG متصل به پلی‌ایمید ریختند یا با پرس داغ ایجاد کردند. پس از آنکه مایع سخت شد، آن‌ها پلی‌ایمید را از LIG جدا کردند بدین ترتیب پرک‌های گرافن متصل به هم به وجود آمدند. کامپوزیت‌های نرم را می‌توان برای فعال کردن قطعات الکترونیکی در لباس‌های انعطاف‌پذیر به کار برد، درحالی‌که کامپوزیت‌های سخت‌تر موادی با ابرآب‌گریزی عالی ایجاد می‌کنند. افزون بر این، اعمال ولتاژ باعث می‌شود تا لایه نازک $20\ \mu\text{m}$ از LIG باکتری‌های روی سطح را از بین ببرد. با ساخت نوع چقرمه‌تر این ماده، کامپوزیت حاصل برای کاربردهای ضدباکتری مناسب خواهد بود.

کامپوزیت‌های ساخته شده با افزودنی‌های مایع برای حفظ اتصال پرک‌های LIG بهترین مواد به‌شمار می‌روند. در آزمایشگاه، این کامپوزیت‌ها هنگامی که ولتاژ اعمال می‌شود، به سرعت گرم می‌شوند. این وسایل دارای قابلیت بالقوه برای به‌کارگیری به عنوان پوشش‌های ضدیخ هستند. آن‌ها نوعی پدهای گرمایی انعطاف‌پذیرند که برای درمان جراحات‌ها به کار می‌روند. نتایج این پژوهش در نشریه ACS Bano در سال ۲۰۰۹ منتشر شده است.

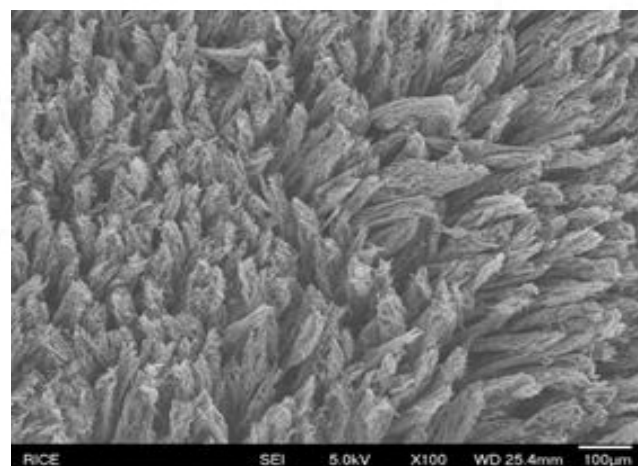
منبع: [/https://www.materialstoday.com/carbon/news](https://www.materialstoday.com/carbon/news)

منبع:

گرافن لیزر القایی (LIG) نوعی پرک اسفنج کربن با ضخامت یک اتم است که خواص بسیار جالبی دارد، اما هنگامی که جزئی از کامپوزیت می‌شود، قدرت بیشتری می‌یابد. پژوهشگران توانسته‌اند با همجوشی LIG با پلاستیک، لاستیک، سیمان، موم و سایر مواد، کامپوزیت‌هایی با کاربردهای گسترده را امکان‌پذیر سازند.

این کامپوزیت‌های نوین می‌توانند در قطعات الکترونیکی، گرمادرمانی، تسویه آب، پوشش‌های ضدیخ، سطوح ضد میکروب و حتی ابزارهای حافظه‌ای مقاوم استفاده شوند.

LIG برای نخستین بار در سال ۲۰۱۴، به‌هنگامی ساخته شد که سرپرست طرح از لیزر تجاری برای سوزاندن سطح یک ورقه نازک پلی‌ایمید استفاده کرد. گرمای لیزر ماده را به پرک‌های به هم متصل گرافن تبدیل کرد این فرایند تک‌مرحله‌ای، گرافن بیشتر و ارزان‌تری نسبت به روش معمول رسوب‌دهی بخار شیمیایی که در واقع روش معمول تهیه گرافن سنتزی است، به دست داد. از آن هنگام، این یافته‌ها، توسط پژوهشگران توسعه داده شد و



پیشینه صنعت پلیمر

والاس هیوم کاروتز مخترع پلی آمید (نایلون)

مجید غیاث

تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، گروه مدل سازی و کنترل فرایند، صندوق پستی ۱۱۲-۱۴۹۷۵

چکیده

والاس هیوم کاروتز (Wallace Hume Carothers) شیمیدان و مخترع آمریکایی، رئیس بخش شیمی آلی شرکت دوپان و مسئول گروه آزمایشگاه‌های این شرکت در دهه ۱۹۳۰ در شهر ویلینگتون ایالت دلاور بود، جایی که مهم‌ترین پژوهش‌های پلیمری انجام می‌گرفت. وی افزون بر بزرگ‌ترین اختراع خود یعنی نایلون، کارهای متعدد و مهم پژوهشی در زمینه تولید سایر انواع پلیمرها نیز انجام داده است. کاروتز پس از فارغ‌التحصیلی و پیش از فعالیت در دوپان در چند دانشگاه نیز مشغول تدریس بود. اختراع نایلون یکی از دستاوردهای مهم او و اثرگذارترین ابداعات بشری در زمینه تولید و توسعه مواد پلیمری سنتزی و راهگشای گسترش دانش و فناوری تولید محصولات پلیمری در مقیاس عظیم صنعتی بود. کاروتز که خود سهم بسزایی در اختراع نایلون داشت، چندان زنده نماند تا نتیجه دستاورد خود و تاثیر آن را بر دانش پلیمر، اقتصاد و زندگی بشر ببیند. اختراع وی یکی از مهم‌ترین دستاوردهای دانش در سده گذشته بود. او تاریخ پلیمر را شکل داد، ولی هیچ‌گاه آن را ندید.

زندگی‌نامه

وی نیز تاثیر بسزایی داشت. پس از فارغ‌التحصیلی از دبیرستان، به اصرار پدرش و با وجود میل باطنی خود در رشته بازرگانی مشغول شد.

در سال ۱۹۱۵ دوره حسابداری و مدیریت مالی را تکمیل کرد. در سپتامبر همان سال وارد کالج تاریکو در شهر میسوری شده و تحت تاثیر رئیس دانشکده شیمی دکتر آرتو پاردی به شیمی علاقه‌مند و وارد این رشته شد. وی دانشجویی بسیار فعال، پرتلاش و منضبط بود. پیش از فارغ‌التحصیلی به‌علت تسلط، آموزش بسیاری از دروس شیمی را به خاطر اعزام بسیاری از افراد دانشکده به جبهه‌های جنگ به‌عنوان معلم شیمی برعهده گرفت. با رفتن رئیس دانشکده شیمی، مدتی به‌عنوان رئیس این دانشکده در سال آخر تحصیلات مشغول به‌کار شد. در ۲۴ سالگی درجه کارشناسی خود را اخذ و برای ادامه تحصیل به دانشگاه ایلینویز رفت و در سال ۱۹۲۱ درجه کارشناسی خود را گرفت. در همان سال، دوره

کاروتز در ۲۷ آوریل سال ۱۸۹۶ در شهر برلینگتون ایالت آیوا به دنیا آمد. او کوچک‌ترین و چهارمین فرزند خانواده بود. پدر وی معلم و مدیر یک کالج بازرگانی و مدیریت بود. او در مدرسه ابتدایی شهر دزموآن به تحصیل مشغول شد. در مدرسه به‌عنوان دانش‌آموزی مرتب و منظم شناخته می‌شد. از همان دوران کودکی و نوجوانی علاقه به کسب مهارت و خلاقیت داشت و مدام در حال حرف زدن با خود یا در تخیل بود. این مسئله همراه با روحیه حساس و نسبتاً انزواطلب باعث شده بود که گاهی اوقات هم‌کلاسی‌هایش وی را آزار دهند. آن‌ها وی را مسخره می‌کردند و گاهی مالیخولیایی می‌نامیدند. در این مواقع، ایزابل خواهر بزرگ‌تر وی که با او رابطه عاطفی بسیار قوی داشت، از او حمایت می‌کرد. این پشتیبانی تا سال‌های متمادی ادامه داشت. این رابطه با خواهر نقش مهمی در زندگی و شخصیت کاروتز ایفا کرد و در فرجام غم‌انگیز زندگی

یک ساله‌ای را در دانشگاه داکوتای جنوبی گذراند و همین جا بود که پژوهش‌های مستقل خود را در زمینه شیمی آغاز کرد.

پس از این دوره به دانشگاه ایلینویز بازگشت و در سال ۱۹۲۴ فارغ التحصیل شد. کاروترز با تخصص اصلی در زمینه شیمی آلی، هم‌زمان در زمینه شیمی فیزیک و ریاضیات به‌عنوان رشته‌های فرعی نیز یکی از برجسته‌ترین دانشجویان فارغ التحصیل شده تا آن زمان بود. در همین سال، برای وی موقعیت شغلی به‌عنوان استادیار شیمی در دانشکده شیمی دانشگاه ایلینویز فراهم شد. کاروترز به مدت دو سال به این کار اشتغال داشت. در سال ۱۹۲۶ به‌عنوان استادیار شیمی در دانشگاه هاروارد استخدام شد. دوران اقامت وی در هاروارد کوتاه و کمتر از یک سال بود. رئیس این دانشگاه بعدها در باره‌اش گفته بود که دکتر کاروترز طی اقامت کوتاه خود در هاروارد دانشجویان و حتی همکاران خود را تحت تاثیر قرار داده بود. وی کلاس‌های مباحث پایه شیمی آلی را با تعداد زیادی دانشجو برگزار می‌کرد. تدریس او کاملاً منظم و نظام‌مند بود و علاقه دانشجویان را برمی‌انگیخت. نبوغ، خلاقیت، و استقلال فکری زیادی از خود نشان می‌داد و اولین ایده‌ها و افکار مربوط به پلیمر شدن و ساختار مولکولی مواد با وزن مولکولی زیاد در این دوران در ذهن وی شکل گرفت.

رفتن کاروترز به شرکت دوپان برای هاروارد زیانبار، ولی برای دانش شیمی پلیمر موهبت بود. در سال ۱۹۲۷ شرکت دوپان تصمیم به انجام مجموعه‌ای از پژوهش‌های بنیادی بدون جهت‌گیری اقتصادی خاص گرفت. بدین منظور آزمایشگاه تخصصی به نام Experimental Station ایجاد و مدیریت گروه شیمی را به کاروترز پیشنهاد کرد. با وجود امتناع کاروترز از پذیرفتن این شغل به‌خاطر مشکلات روحی و افسردگی، مدیریت اجرایی دوپان شخصاً برای ترغیب او به دیدارش رفت و حقوق ماهانه ۵۰۰ دلار (درمقایسه با



شکل ۱- والاس کاروترز مخترع نایلون در آزمایشگاه Purity Hall.

حقوق ماهیانه ۲۶۷ دلار هاروارد) به وی پیشنهاد کرد. بودجه پژوهشی اختصاص‌یافته به گروه کاروترز ۲۰ هزار دلار بود که به بخش‌های علوم محض (pure science) اختصاص یافت.

کاروترز و گروهش در ساختمانی مشغول به فعالیت شدند که به طنز به‌نام Purity Hall خوانده می‌شد. این اقدام شرکت دوپان سرآغاز پژوهش در مقیاس صنعتی در حوزه دانش مدرن شد. استدلال مدیر اجرایی دوپان در قانع کردن هیئت مدیره برای جهت‌گیری به سوی این پژوهش‌ها آن بود که در انجام پژوهش‌های بنیادی و محض به هر صورت دانش جدید به‌دست می‌آید که خود دیر یا زود پروت افزا خواهد بود. باوجود آغاز به کار و فعالیت خوب و منسجم وی در این دوران، در نامه‌هایی که به دوستان خود می‌فرستاد، نشانه‌هایی حاکی از بی‌تفاوتی، نارضایتی و افسردگی دیده می‌شد. کاروترز طی مدت ۹ سال فعالیت خود در دوپان دستاوردهای مهمی داشت. وی به گفته هم‌کارانش فردی منضبط، مودب، دقیق و منظم، خستگی‌ناپذیر، بدون اعتراض به شرایط و در عین حال بدون اغماض در برابر خطاها بود. تقریباً همه افراد گروه و متخصصان تحت سرپرستی وی در آینده پژوهشگران برجسته‌ای شدند. او برای پژوهشگران گروه خود آزادی عملکرد و پیاده‌سازی ایده‌ها را قائل بود و جریان آزاد اطلاعات را موجب ارتقای سطح دانش کلی و پوشاندن نقاط مجهول دانش گروه می‌دانست. کاروترز افزون بر تبحر در دانش نظری مرتبط با شیمی آلی و مواد پلیمری، آزمونگر و تجربه‌گرای عالی بود. دوران فعالیت حرفه‌ای وی باوجود درخشش فوق‌العاده با دوران متناوب تشدید افسردگی وی همراه بود، اما اجازه نمی‌داد مشکلات شخصی وی روند پژوهش را دچار آسیب یا وقفه کند.

فعالیت در دوپان

کاروترز در سال ۱۹۲۸ فعالیت رسمی خود را در دوپان به‌همراه چند تن دیگر در Purity Hall آغاز کرد. وی این سوال اساسی را مطرح کرد که چرا هیچ‌کس تا آن لحظه قادر نبود به پلیمری با وزن مولکولی بیش از ۴۲۰۰ برسد. این عدد رکوردی بود که تا آن زمان فیشر زیست‌شناس و برنده جایزه نوبل سال ۱۹۰۲ به آن دست‌یافته بود. واژه ابرپلیمر (superpolymer) به پلیمری با وزن مولکولی بیش از این حد اطلاق می‌شد که البته هنوز تهیه نشده بود. نکته مهم دیگر این بود که پلیمرهای به‌دست آمده تا آن زمان ضمن دارا بودن وزن مولکولی به‌مراتب کمتر از این حد، معمولاً مایع یا خمیری بودند و قابلیت استفاده نداشتند. بنابراین، هدف اصلی این گروه دستیابی به این وزن مولکولی عبور از این عدد بود. نخستین

فعالیت کاروترز در دوپان دیمیرشدن استیلن و تولید ترکیب جدید کلروپرن بود که از پلیمرشدن آن لاستیکی مشابه با ایزوپرن به دست می آمد، ولی سرعت واکنش پلیمرشدن بسیار بیشتر بود. این ترکیب نخستین پلیمری بود که بر اثر کشش جهت دار، خاصیت الیافی نشان می داد.

کاروترز در اوایل فعالیت خود در دوپان در نامه ای به دوست خود نوشت: "قصد دارم در باره ترکیبات با وزن مولکولی بسیار زیاد مطالعه کنم. این مسئله از لحاظ نظری کاملاً امکان پذیر و با فراهم بودن امکانات تجربی قابل دستیابی است. از سوی دیگر علاقه مندم، واکنش ترکیبات دو عاملی xAx و yBy را مطالعه کنم که در آن A و B کوتاه و x و y گروه های فعال هستند که قابلیت واکنش شیمیایی دارند. واکنش این دو به طور نظری می تواند به تولید حلقه های بزرگ یا زنجیر با طول بی نهایت منجر شود. برای همین قصد دارم، از ترکیبات دی اسید، گلیکول یا دی آمین استفاده کنم". این ایده اولیه طی سال ها فعالیت وی موجب انتشار بیش از ۳۰ مقاله علمی در زمینه پلیمرشدن تراکمی از نقطه نظر تجربی، تدوین دانش و دنیای لغات مربوط به آن، گسترش نظری و ارتباط خواص ظاهری محصول و الیاف حاصل با وزن مولکولی شد.

وی دریافت، با خارج ساختن آب به دست آمده از واکنش گروه های هیدروکسیل و کربوکسیل در مواد اولیه و تنظیم دقیق غلظت این گروه ها می توان به محصول پلی استر با بیش از وزن مولکولی ۴۰۰۰ رسید. کاروترز این نوع واکنش پلیمرشدن را تبادل استری نامید. پلی استر به دست آمده با وزن مولکولی بیش از ۱۲۰۰۰ و قابلیت ذوب، ریسندگی و کشش، از واکنش ترکیب گلیکول و دی اسید در دمای زیاد و تحت خلأ برای خروج آب تولید شده

بود. کاربرد عملی این پلی استر تولید رشته از پلیمر مذاب، سپس کشش سرد آن و تولید الیاف بود. مشاهده شده بود، با فروبردن میله شیشه ای در مذاب پلیمر و خارج کردن آن لیف نازک پلیمری تشکیل می شود. این پلیمر جایگزین ابریشم مصنوعی شد، ولی البته با خواص آن فاصله زیادی داشت و امید زیادی برای صنعتی شدن و تجاری شدن آن نبود. مطالعات گسترده کاروترز به معادله معروف وی در پیش بینی وزن مولکولی پلی استر منجر شد که تایید کننده نتایج تجربی مبنی بر نیاز به زمان واکنش طولانی و رسیدن به درصد های تبدیل زیاد برای تولید محصول با وزن مولکولی زیاد بود. در سال ۱۹۲۹ کاروترز به عنوان سردبیر نشریه انجمن شیمی آمریکا (JACS) و در سال بعد مسئول نشریه Organic Synthesis انتخاب شد.

در سال ۱۹۳۰ کاروترز و گروه وی با پلیمرشدن آمینو کاپروئیک اسید، ماده پلیمری با وزن مولکولی کم و مخلوط با ترکیب حلقوی به نام کاپرولاکتام به دست آورد. آمینو کاپروئیک اسید یک مولکول خطی با یک انتهای آمینی و انتهای دیگر کربوکسیل است. واکنش بین این دو گروه تولید زنجیر پلیمری می کرد. بازده کم واکنش، نیاز به خالص سازی و وزن مولکولی کم و نامناسب بودن برای ذوب و ریسندگی و مهم تر از همه عجله کاروترز برای انتشار نتایج پژوهش، وی را به این نتیجه رساند که ادامه این مسیر چندان موفقیتی به همراه نخواهد داشت. چند سال بعد، پژوهشگران آلمانی شرکت صنایع فاربن با پلیمرشدن همین ماده و تنها با مطالعه مقاله کاروترز توانستند، نایلون ۶ را با نام تجاری پرلون تولید و ارائه کنند. در سال ۱۹۳۱ کاروترز به همراه چند تن از دوستان خود به ویلمینگتون نقل مکان کرد. با وجود فضای دوستانه بین وی و دیگران، افسردگی باعث دوری از فعالیت های عمومی و تفریحی شد. پس از هر جلسه سخنرانی یا گردهمایی شدت عصبی بودن و کج خلقی وی تشدید می شد. برای مدتی پدر و مادر خود را به منزل دعوت کرد، ولی حضور آن ها نیز بیماری وی را تشدید کرد. در همین اثنا به صمیمی ترین دوست خود گفته بود که همیشه در زیر ساعت خود یک کپسول سیانور حمل می کند.

اختراع نایلون

در دهه ۱۹۳۰ تقاضا برای پارچه ها و جوراب های ابریشمی بسیار زیاد بود. منبع اصلی ابریشم کشورهای آسیای شرقی مانند چین و ژاپن بود. التهابات و ناآرامی های آن منطقه باعث ایجاد مشکلاتی در روند واردات این مواد می شد. افزون بر این، خروج وضعیت اقتصادی ایالات متحده از بحران دهه پیش و بهبود سطح زندگی به

CHEMICAL REVIEWS, VOL. VIII, NO. 3
POLYMERIZATION¹
WALLACE H. CAROTHERS
Experimental Station, E. I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington,
Delaware
Received March 21, 1931

TABLE OF CONTENTS	
I. Definitions.....	354
1. Current definitions.....	354
2. Proposed definitions.....	355
3. Linear and non-linear polymers.....	356
4. Types of compounds capable of polymerizing.....	356
5. Types of polymerization.....	357
6. Condensation polymerizations and bifunctional reactions.....	358
II. Condensation polymerization.....	359
1. Polyesters.....	359
a. The self-esterification of hydroxy acids.....	359
b. Polyesters from dibasic acids and glycols.....	361
2. Bifunctional Wurtz reactions and Friedel Crafts reactions.....	368
3. Other bifunctional reactions.....	369
a. Polyamides.....	370
b. Polyamines.....	370
c. Polyacetals.....	371
d. Polyamides.....	371
e. Grignard reactions.....	372
f. Sulfur and selenium compounds.....	373

شکل ۲- مقاله مهم و بسیار اثرگذار کاروترز در نشریه Chemical Review در زمینه های مختلف نظری پلیمرشدن.

این تقاضا شدت بیشتری می‌بخشید. تلاش‌های شیمیدان‌ها، به‌ویژه پژوهشگران دوپان هنوز به نتیجه نرسیده بود.

با آنکه تجربه کاروترز در تولید پلی‌آمید چندان رضایت‌بخش نبود، ولی در سال ۱۹۳۴ با هدایت مدیریت، پژوهش مجدداً در این مسیر شروع شد. گروه تحت سرپرستی وی پس از تولید چند نوع پلی‌استر، تصمیم به جایگزینی ترکیبات دی‌آمید با گلیکول و تولید پلی‌آمید کرد. تا آن زمان مشخص شده بود، پلی‌آمید از واکنش تراکمی بین مولکولی یک مولکول دی‌کربوکسیلیک و یک دی‌آمین یا از تراکم درون مولکولی یک امگا‌آمینواسید به‌دست می‌آید. درجه پیشرفت واکنش یا وزن مولکولی به سرعت خروج آب تشکیل شده بستگی دارد. با استفاده از ترکیبات دی‌آمین مختلف، کاروترز و گروهش چند نوع پلی‌آمید تهیه کردند. کاروترز از پلیمرشدن کاپرولاکتام به‌علت زیادبودن دمای ذوب و تخریب پلیمر قادر به تهیه الیاف نبود. بنابراین هدف کاروترز، بر تولید پلیمری با دمای ذوب به اندازه کافی زیاد برای داشتن قابلیت تولید الیاف متمرکز شد تا به اندازه کافی از تخریب آن نیز جلوگیری شود.

این هدف دچار مشکل بود، اینکه کاهش دمای ذوب پلی‌آمید با قراردادن تعداد زیادی گروه‌های متیلن درون ساختار مولکول میسر بود که این کار باعث انعطاف‌پذیری زنجیر پلیمری می‌شد. افزون بر این، افزایش طول مولکول باعث واکنش درون مولکولی مبنی بر تشکیل حلقه‌های بزرگ در رقابت با واکنش پلیمرشدن، ازدیاد طول زنجیر و در نتیجه کاهش درجه پلیمرشدن می‌شد. اما از آنجا که به‌طور کلی ترکیبات پلی‌آمید نسبت به پلی‌استرها پایداری و قابلیت تشکیل نواحی بلوری بیشتر و خواص مکانیکی افزون‌تری داشت، نامزد بالقوه مناسبی برای جایگزینی با ابریشم بود که گروه کاروترز

به‌طور اصولی به دانش تولید این ماده دست یافتند. گروه کاروترز چند ترکیب دی‌آمید تهیه و خالص‌سازی کرده و از آن‌ها برای تولید پلی‌آمید استفاده کردند. در بحبوحه شرایط تولید، کاروترز به علت افسردگی شدید، چند بار در کلینیک بستری شد.

با وجود حدس و خطاهای بسیار در انتخاب ترکیب آمید و روشن نبودن مسیر درست پژوهشی، مدیریت دوپان معتقد بود که دستاوردهای شیمیایی تولید پلی‌آمید می‌تواند سرمایه ارزشمندی برای شرکت باشد. کاروترز با ساختن آمینواسید دارای ۸ گروه متیلن و پلیمرشدن آن انتظار داشت، پلی‌آمیدی با دمای ذوب مناسب برای تولید الیاف به‌دست آورد. برای رفع مشکل جداسازی آب، کاروترز تصمیم به استفاده از استر اتیل‌دار ترکیب آمینواسید و جداسازی اتانول به جای آب گرفت. پلیمر حاصل پلی‌آمید ۹ نام گرفت. کاروترز با فروبردن میله شیشه‌ای در مذاب و کشش آن توانست به الیافی مقاوم با ظاهر بسیار براق مانند ابریشم دست یابد. با وجود مناسب بودن این پلیمر، مونومر اولیه ارزان نبود و مراحل تولید و خالص‌سازی آن پرهزینه بود. کاروترز توجه خود را به مولکول‌های دوعاملی و تولید پلی‌آمید از واکنش دی‌اسید و دی‌آمین معطوف ساخت. گروه وی پلی‌آمیدهای متعددی را سنتز کرد. کاروترز از واکنش پتامتیلن دی‌آمین و سباسیک اسید، پلی‌آمید ۱۰،۶ را تهیه و خواص آن را بررسی کرد. از میان همه پلی‌آمیدهای تهیه‌شده، پلیمر به‌دست آمده از واکنش آدیپیک اسید و هگزامتیلن دی‌آمین به نام پلی‌آمید ۶،۶ ترکیب مناسبی بود. این ترکیب در دمای 250°C ذوب می‌شد و در فرایند کشش گرم، مقاوم بود. نکته مهم دیگر استفاده از آدیپیک اسید بود که از منابع نفتی به‌دست می‌آمد (بر خلاف سباسیک اسید که صرفاً از روش‌های تخمیر و زیستی در دسترس بود). در سال ۱۹۳۵ گروه کاروترز مقدار نیم پوند از این پلیمر را تولید و به رشته تبدیل کرد. با وجود سختی تولید الیاف و دمای ذوب زیاد، پلی‌آمید مزبور با توجه به ارزانی و در دسترس بودن مواد اولیه به‌عنوان مناسب‌ترین جایگزین تشخیص داده شد. دوپان، پلی‌آمید ۶،۶ با نام پلی‌هگزامتیلن آدیپامید را برای تولید در مقیاس تجاری در نظر گرفت. در سال ۱۹۳۷ نخستین نمونه این پلی‌آمید به‌شکل الیاف تهیه و از آن جوراب زنانه بافته شد. پس از ثبت اختراع، این ماده به‌عنوان نایلون و الیاف نایلون به دنیا معرفی و به سرعت مقدار حدود ۲۰ تن از این ماده تولید شد.

شرکت دوپان با شتاب به سمت صنعتی‌سازی این ماده شتافت. به‌طور مسلم، صنعتی‌سازی نیازمند به‌کارگیری سرمایه عظیم انسانی و نیروهای متخصص بود. در حالی که دوپان در حال ساختن واحد صنعتی کوچکی بود، کاروترز دارفانی را وداع گفت. وی متأسفانه

POLYMERS AND POLYFUNCTIONALITY.

By WALLACE H. CAROTHERS.

Received 12th July, 1935.

1. Definitions.

The importance of polymerisation in the present program, and its relation to the title of the agreement exists in the literature, books, dictionaries, and generally state positions, and a definition, and is not one of these universally recognised relations between formaldehyde and urea.

f = degree of functionality
 p = extent of reaction
 x = degree of polymerisation

$\frac{2}{f} - \frac{2}{x \cdot f} = p$ = degree of reaction

and under

شکل ۳- رابطه معروف کاروترز در پیش بینی درجه پلیمرشدن در واکنشهای پلیمرشدن تراکمی.

کشید. این واحد دارای ۸۵۰ نفر کارکنان با ظرفیت سالانه ۴ میلیون پوند (۱۸۰۰ تن) بود. شرکت دوپان حتی پیش از راه‌اندازی این واحد ظرفیت تولید را دو برابر کرد. در حال حاضر، این واحد با ۱۶۰۰ پرسنل و با ظرفیت ۱۰۰ برابر اولیه هنوز در حال فعالیت است.

نام‌گذاری نایلون

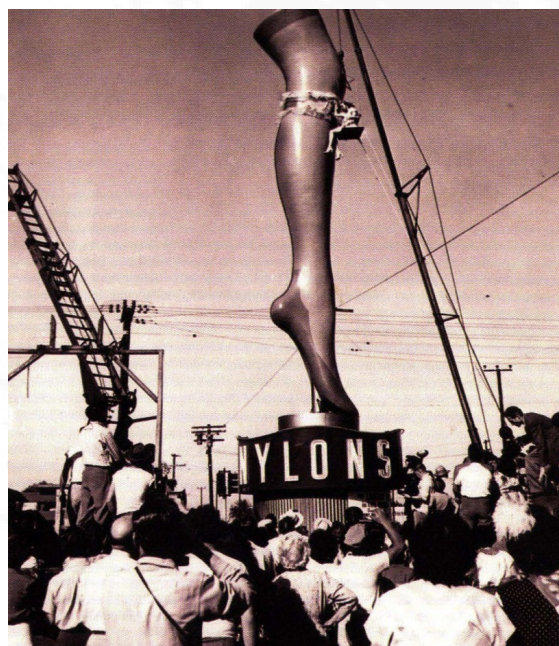
کاروترز پلی‌آمید به‌دست آمده را الیاف ۶۶ (fiber 66) نامید، ولی مدیریت دوپان معتقد بود، این نام جذابیت تبلیغاتی ندارد. به‌همین خاطر کمیته‌ای برای نام‌گذاری این محصول تشکیل داد. این کمیته بیش از ۴۰۰ نام را پیشنهاد کردند. از اولین نام‌های مطرح شده دوپاروه (Dupont pulls a rabbit out of hat, Duparoh) اصطلاحاً به معنای انجام کار خارق‌العاده بود. این نام توسط رئیس دپارتمان تولید رایون ارائه شد، ولی نتوانست نظر اکثریت اعضای کمیته را جلب کند. اسم واکارا (Wacara) به افتخار کاروترز و در ترکیب با اسم ایالت دلاور نیز نتوانست رای بیاورد. اسامی متعدد دیگری مانند داسیلک، ریامید، سیلکس نیز مردود شدند. گلادینگ رئیس دپارتمان رایون لغت Norun را پیشنهاد داد. نام جذاب و مناسبی به نظر می‌رسید، زیرا اولاً مشابه نام‌های پیشین نبود و دیگر اینکه به معنی بدون حرکت یا لغزش بود و حالت ابریشم را تداعی می‌کرد. این نام رد شد، ولی بلافاصله نام Nuron در مشابهت با رایون جایگزین شد. جذابیت این نام در nu بود که مشابه با تلفظ لغت جدید بود، اما عیب آن تشابه تلفظ با نورون (مفهوم عصبی) چندان مناسب نبود. گلادینگ حرف r را با حرف l جایگزین و حرف u را با i و سپس با y جایگزین کرد. نام ارائه شده به Nylon تغییر یافت و مورد موافقت قرار گرفت. این نام گویش مناسب داشت و از نقطه نظر تبلیغاتی هیچ سابقه‌ای در ذهن مخاطب ایجاد نمی‌کرد. البته بعدها داستان‌های عامیانه برای معنی آن در میان مردم منتشر شد که هیچ‌کدام درست نبود. مهم‌ترین این شایعات اقتباس نایلون از دو کلمه نیویورک و لندن بود. لازم به ذکر است، در کشورمان به‌طور نادرست این اصطلاح به پوشش‌ها و فیلم‌های پلی‌اتیلنی و پلی‌پروپیلنی اطلاق می‌شود که اغلب برای تولید جلد کتاب (یا موارد مشابه) یا کیسه‌های پلاستیکی استفاده می‌شوند که با معنای علمی نایلون فاصله بسیاری دارد.

فرجام غم‌انگیز

کاروترز همواره و به‌طور متناوب از بیماری روحی و افسردگی رنج می‌برد. او با وجود موفقیت‌های مهمی که به‌دست آورد، هیچ‌گاه از

نتوانست ثمره فعالیت‌های خود را ببیند. همین مسئله باعث شد تا تعداد زیادی از ثبت اختراع‌های مرتبط با نایلون، با نام سایر افراد نیز ثبت شود. در نمایشگاه نیویورک در سال ۱۹۳۸ و هجده ماه پس از مرگ کاروترز، مدیر اجرایی دوپان از جوراب‌های زنانه بافته‌شده از الیاف نایلون رونمایی کرد. در سال ۱۹۴۲ در نخستین روز ارائه محصول در بازار نیویورک بیش از ۸۰۰ هزار جفت جوراب فروخته شد و تقاضا روزبه‌روز افزایش یافت. تا سال ۱۹۴۴ بیش از ده‌هزار تن از نایلون تولید و به‌طور عمده به جوراب زنانه تبدیل شد.

در جنگ جهانی دوم، تقریباً تولید جوراب و منسوجات غیرنظامی متوقف شد. تمام تولید دوپان به کاربردهای نظامی مانند الیاف چتر نجات، طناب، دستکش، پوتین، انواع جلیقه‌ها، پارچه‌های ضدآب و کاربردهای عمومی مانند نخ بخیه، نخ انواع تیر و بسیاری کاربردهای دیگر اختصاص یافت. این کار، ضمن اثرگذاری مهم بر پیروزی متفقین در جنگ جهانی دوم، باعث کمبود محصول جوراب در بازار آمریکا شد. تا انتهای جنگ، دوپان تولید نایلون خود را تا هشت برابر افزایش داد و بیش از هزار نوع محصول متفاوت به بازار ارائه کرد. این شرکت در توسعه نایلون شگفتی تاریخی آفرید. از زمان ابداع پلی‌آمید ۶،۶ تا راه‌اندازی واحد صنعتی تنها ۵ سال طول کشید. فرایند صنعتی شدن شامل مواد جدید، دستگاه‌های تولید و ریسندگی جدید و کار با مواد و مصالح نامتداول در آن زمان بود. ساخت اولین واحد صنعتی با هزینه ۷ میلیون دلار یک سال طول



شکل ۴- نماد جوراب بافته شده از الیاف نایلون ۶،۶ در نمایشگاه نیویورک در سال ۱۹۴۰، حدود ۴۵ میلیون نفر از این نمایشگاه دیدن کردند.

وضعیت خود راضی نبود. در فوریه سال ۱۹۳۶ با هلن سویتمن ازدواج کرد. همسر وی در دفتر ثبت اختراع در شرکت دوپان کار می‌کرد. دو ماه پس از ازدواج به‌عنوان نخستین شیمیدان صنعتی به عضویت آکادمی ملی علوم ایالات متحده درآمد. وی همواره سعی در مبارزه با این روحیه سرد و افسرده خود داشت و هیچ‌گاه اجازه نمی‌داد تا مشکلات روحی مانع فعالیت‌های پژوهشی وی شوند. در همین سال با تشدید بیماری در بیمارستان روانی فیلادلفیا بستری شد. پس از ترخیص و با همراهی و یاری دوستانش به سفر، کوهنوردی و فعالیت‌های تفریحی پرداخت. به‌تدریج دیگر فعالیت‌های پژوهشی انجام نمی‌داد و هر از چند گاه به اتاق و آزمایشگاه خود در دوپان سر می‌زد. در ژانویه سال ۱۹۳۷ خواهر بزرگ‌تر وی در اثر ابتلا به ذات‌الریه فوت کرد. با وجود بهبود وضعیت نسبی، مرگ خواهر ضربه روانی بسیار بدی برای کاروترز بود. دکتر معالج وی چند بار به دوستانش گفته بود که وی مدام به خودکشی فکر می‌کند. حال روحی کاروترز روزبه‌روز به وخامت می‌گرایید و در ۲۸ آوریل سال ۱۹۳۷ یعنی کمتر از چهار ماه از مرگ خواهر خود، با خوردن محلول سیانور در آب پرتقال در هتلی در فیلادلفیا به زندگی خود پایان داد.

سخن پایانی

کاروترز با وجود عمر کوتاه خود و دوران ۱۰ ساله حرفه‌ای، میراث بسیار عظیمی از دانش پلیمر چه در زمینه نظری و چه از لحاظ تجربی و صنعتی بر جای گذاشت. وی نخستین مقاله علمی خود را در دوره دکتری و تحت سرپرستی دکتر راجر آدام در زمینه تاثیر کاتالیزی پلاتین اکسید بر واکنش‌های شیمی آلی در سال ۱۹۲۳

منتشر ساخت. در این مدت وی بیش از ۵۰ اختراع به ثبت رسانید. افزون بر این، چند اختراع نیز پس از مرگ و به علت مشارکت در آن‌ها توسط دوپان با اسم وی و دیگران به ثبت رسید. در همین مدت در حدود ۶۰ مقاله علمی در نشریات شیمی متعدد، به‌ویژه JACS منتشر ساخت. طی سال‌های ۱۹۲۹ تا ۱۹۳۵ نزدیک به ۳۰ مقاله در تشریح اصول واکنش‌های پلیمرشدن تراکمی، تشریح نظری این نوع پلیمرشدن، پاسخ به پرسش‌های مهم مطرح شده در این زمینه و چرایی تشکیل زنجیرهای پلیمری منتشر ساخت. این مقالات سهم بسیار عمده‌ای در تشریح، اثرگذاری و بعدها در تدریس این نوع پلیمرشدن داشت. آخرین مقاله وی با عنوان حلقه‌های پلیمری متا و پارا در سال ۱۹۳۵ منتشر شد. مقاله او با عنوان پلیمرشدن در نشریه Chemical Review در سال ۱۹۳۱ سهم و تاثیر بسیار شگرفی در تدوین و تشریح، اصطلاح‌شناسی و توضیح سوالات و نقاط مهم تولید پلیمر داشته است. در مقاله خود در نشریه فارادی (Transaction of the Faraday Society) با نام پلیمرها و چندعاملیتی (polymers and polyfunctionality) معادله معروف خود مبنی بر ارتباط درصد تبدیل، نسبت مولی و مقدار گروه‌های عاملی با وزن مولکولی را ارائه داد. افزون بر این، بسیاری از مقالات وی در زمینه پلیمرشدن تراکمی به‌عنوان مطالب کلاسیک درسی در دانشگاه‌ها تدریس می‌شود. هر سال از طرف دفتر انجمن شیمی آمریکا در شهر دلاور آمریکا جایزه علمی به مبلغ ۲۰۰۰ دلار به افتخار وی به دانشمندان جوانی پرداخت می‌شود که با نوآوری‌های پژوهشی خود باعث پیشرفت کاربردهای صنعتی شیمی شده‌اند.

مراجع

1. Kauffman G.B., Wallace Hume Carothers and Nylon, The first Completely Synthetic Fiber, *J. Chem. Edu.*, **65**, 803, 1988.
2. Resonance S.S., Wallace Hume Carothers and the Birth of Rational Polymer Synthesis, April 2017.
3. Matthew H., Enough for One Lifetime. Wallace Carothers, Inventor of Nylon, Chemical Heritage Foundation, 1996.
4. Adams R., Biographical Memoir of Wallace Hume Carothers, 1896-1993, National Academy of Science, Biographical Memoir, Vol. XX, 12th Memoir.
5. <https://foundation.alphachisigma.org/page.aspx?pid=1452>.
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Wallace_Carothers.
7. <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/wallace-hume-carothers>.

سنتر و مشخصه‌یابی داربست‌های جدید بر مبنای نانوکامپوزیت‌های پلی‌کاپرولاکتون-هیدروکسی آپاتیت برای استفاده در مهندسی بافت استخوان با استفاده از سلول‌های بنیادی پالپ دندان انسان

اساتید راهنما: علی رضانی، سودابه داوران
اساتید مشاور: مرضیه آقازاده، رویا صالحی
دانشجوی دکتری: وحیده رئیس دسته حکم‌آباد
دانشگاه زنجان، دانشکده علوم، ۱۳۹۷

در پژوهش پیش رو، داربست‌های جدیدی بر پایه نانوکامپوزیت‌های پلی‌کاپرولاکتون-هیدروکسی آپاتیت به‌منظور استفاده در بافت استخوان با استفاده از سلول‌های بنیادی پالپ دندان انسان تهیه شد. در این راستا، داربست‌های نانوالیاف نانوکامپوزیتی PCL-PEG-PL/Chitosan تقویت‌شده با نانوذرات هیدروکسی آپاتیت و سیلیکا تهیه شد و ویژگی‌های آن‌ها به‌کمک فنونی مانند TEM، FE-SEM، FT-IR و TGA ارزیابی شد. همچنین، از آزمون‌های مکانیکی و زاویه تماس آب برای ارزیابی قدرت مکانیکی و میزان آب‌دوستی داربست‌های نانوالیاف تهیه‌شده استفاده شد. به‌منظور مطالعه زیست‌سازگاری، چسبندگی، تکثیر و تمایز استخوان‌سازی سلول‌های بنیادی پالپ دندان انسان (hDPSCs) از آزمون‌های SEM، MTT، آلزارین رد و همچنین RT-PCR استفاده شد. نتایج نشان داد، افزودن نانوذرات سبب بهبود خواص مکانیکی و آب‌دوستی داربست‌ها می‌شود. همچنین، مطالعات کشت سلولی نشان داد، داربست‌های تقویت‌شده با هیدروکسی آپاتیت و سیلیکا قابلیت زیادی برای رشد، چسبندگی، تکثیر و تمایز سلول‌های hDPSCs دارند. در دومین بخش کار، برای اولین بار داربست‌های نانوالیاف PCL-PEG-PCL دارای عصاره سنجده تهیه و ظرفیت آن‌ها برای کاربرد در مهندسی بافت استخوان مطالعه شد. از فنون FE-SEM، آزمون مکانیکی و زاویه تماس آب برای ارزیابی شکل‌شناسی، ویژگی‌های مکانیکی و ماهیت آب‌دوستی داربست‌های تهیه‌شده استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد، داربست‌های نانوالیاف PCL-PEG-PCL دارای عصاره سنجده کاملاً زیست‌سازگار بوده و چسبندگی و تکثیر سلول‌ها را بهبود می‌دهند. افزون بر این، وارد کردن عصاره سنجده به‌عنوان ماده طبیعی به داربست‌های PCL-PEG-PCL توانست سبب القای تمایز استخوان‌سازی سلول‌های hDPSCs شود. بر اساس نتایج، داربست نانوالیاف دارای عصاره سنجده می‌تواند طرح مطلوبی برای مهندسی بافت استخوان باشد. در سومین بخش پژوهش، داربست‌های نانوالیاف-درشت‌تخلخل جدید از اتیل سلولوز-PCL-g، آلزینات و نانوذرات هیدروکسی آپاتیت با استفاده از روش الکتروریسی-خشک‌کردن انجمادی تهیه شد. داربست‌های طراحی‌شده خواص کنترل‌شونده از نظر ساختار حفره‌ها، میزان تخلخل، خواص مکانیکی و تشکیل مواد زیست‌معدنی در شرایط برون‌تنی نشان دادند. وجود نانوذرات هیدروکسی آپاتیت موجب افزایش چگالی و خواص مکانیکی و نیز کاهش تخلخل شد. تشکیل مواد زیست‌معدنی در شرایط برون‌تنی در داربست‌های دارای نانوذرات تقویت‌کننده بیشتر بود. انجام آزمون‌های کشت سلولی با استفاده از hDPSCs، زیست‌سازگاری، قابلیت تکثیر، چسبندگی و تمایز سلول‌ها را روی داربست‌ها تأیید کرد. این نتایج مناسب بودن داربست‌ها را برای کاربردهای مهندسی بافت استخوان آشکار می‌کند.

بررسی عامل پخت و اثر نانوگرافن بر شکل‌شناسی، خواص گرانشی و مکانیکی PVDF/FKM آلیاژ

اساتید راهنما: محمد کرابی، یوسف جهانی
دانشجوی دکتری: مجتبی دیلمی معزی
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۷

پیشرفت‌های اخیر در علم نانو فناوری اثر نانوذرات را بر تقویت مواد پلیمری نشان می‌دهد، به‌طوری که کامپوزیت‌های تقویت‌شده با نانوپرکننده خواص بسیار خوبی را در کسر حجمی کم این مواد نشان می‌دهند. در این پژوهش، ابتدا آلیاژ PVDF/FKM بدون عامل پخت ساخته‌شده و اثر کسر وزنی اجزا بر خواص گرمایی، مکانیکی و دینامیکی-گرمایی بررسی شد. سپس، پخت FKM در مجاورت بیس فنول A، با روش پخت دینامیکی مذاب انجام و اثر آن بر خواص آلیاژ مطالعه شد. با افزایش کسر وزنی FKM، مدول و استحکام کششی آلیاژ کاهش و درصد کشش در نقطه پارگی آن افزایش یافت. در ادامه اثر وجود دوده و نانوگرافن بر آلیاژ بررسی شد که زیاده‌بودن مقاومت گرمایی تقویت‌کننده و پخش مناسب در ماتریس پلیمری سبب افزایش دمای تخریب شد. افزودن فاز تقویت‌کننده تا حدودی از حرکت زنجیرهای FKM که در بین زنجیرهای PVDF محبوس‌اند، ممانعت به‌عمل آورده و این موضوع سبب افزایش ناچیز دمای ذوب شده است. به‌علت سطح تماس زیاد زنجیرهای پلیمری آلیاژ و صفحه‌های نانوگرافن، تحرک زنجیرهای بلورشدنی PVDF کاهش یافته و قرارگرفتن زنجیرهای PVDF در سلول‌های بلور با مشکل مواجه شده است. افزایش مقادیر وزنی دوده در آلیاژ به‌دلیل کلوخه‌شدن ذرات دوده در درصدهای وزنی بیشتر اثر چندانی بر دمای پیک $\text{Tan}\delta$ نداشته و تنها مساحت زیر منحنی را تا حدودی کاهش داده‌است. در پایان نیز اثر هم‌افزایی افزودن فازهای تقویت‌کننده بر خواص آلیاژ بررسی شد که به‌دلیل شبکه‌های ایجادشده از دوده و نانوگرافن با احاطه زنجیرهای پلیمری از اثر دمایی مستقیم جلوگیری و سبب افزایش دمای تخریب آلیاژ شده‌است. اثر هم‌افزایی دوده و نانوگرافن به افزایش رسانایی الکتریکی منجر شده است که به‌دلیل اختلاط مناسب و امکان ایجاد شبکه بین ذرات دوده و برقراری ارتباط این صفحات رشد چشمگیری در رسانایی الکتریکی آلیاژ به‌وجود آمده است.

سازوکار شکل‌گیری ریزساختار ذرات دومی از نانوذرات اولی در الاستومرهای گرمانرم PP/EPDM

استاد راهنما: احمدرضا شفیعی زادگان اصفهانی
دانشجوی کارشناسی ارشد: محمد میلاد عبدالمهی
دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۷

با به‌کارگیری روش تجزیه جدید، ریزساختار سه‌بعدی آلیاژ پلی‌پروپیلن/اتیلن-پروپیلن-دی‌ان مونومر (PP/EPDM) پیش از پخت دینامیکی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مطالعه و دیده شد که ریزساختار این آلیاژ، از آنچه تا کنون گزارش شده بسیار پیچیده‌تر است. مشخص شد، بسته به مقیاس مشاهده ریزساختار می‌تواند هم‌پیوسته یا ماتریس-قطره باشد. مستقل از روش آمیزه‌سازی در این آلیاژ در بازه بسیار گسترده‌ای از ترکیب درصد، تمام فضا از میکروقطره‌ها پر می‌شود که خود ساختار هم‌پیوسته دارند. در حالتی که نسبت گرانروی فازها به یک نزدیک باشد، فاز EPDM در این ساختار هم‌پیوسته، از به هم دوخته شدن نانوقطره‌های EPDM تشکیل شده است. اندازه این میکروقطره‌ها در اثر تغییر گرانروی EPDM تغییر چندانی نمی‌کند، اما در اثر افزایش گرانروی PP، کوچک می‌شود. همچنین، این ریزساختار «وابسته به مقیاس» در برابر تابکاری پایداری درخور توجهی دارد. این مشاهدات با ارائه سازوکار جدیدی با استفاده از انحلال سطحی PP و EPDM تفسیر شد. به نظر می‌رسد، برخی از زنجیرها به‌طور هم‌زمان در هر دو فاز وجود دارند، به‌عنوان عامل فعال سطحی عمل می‌کنند و زنجیرهای فازی که انحلال‌پذیری بیشتری در فاز مقابل دارند (زنجیرهای PP) عامل فعال سطحی مؤثرتری هستند. این عامل فعال سطحی مطابق قانون بنکرافت در امولسیون‌ها، باعث پیوسته باقی ماندن فاز PP حتی در ترکیب درصدهای زیاد EPDM می‌شود. در حین تشکیل نانوقطره‌های EPDM این زنجیر عامل فعال سطحی که در دو نانوقطره حل شده است، مانند پل دو نانوقطره را به یکدیگر متصل نگه‌داشته و مانع از جدا شدن آن‌ها می‌شود. با به هم دوخته شدن نانوقطره‌ها ساختار سه‌بعدی بزرگ به وجود می‌آید. نیروهای هیدرو دینامیکی این ساختار را می‌شکنند و میکروقطره‌ها تشکیل می‌شوند. اندازه این میکروقطره‌ها در اثر موازنه نیروهای استوکی هیدرو دینامیک با نیروهای پل زنی مشخص می‌شوند. در مقادیر زیاد EPDM که وارونگی فاز اتفاق می‌افتد، «ریزساختار وابسته به مقیاس» مزبور دیده نمی‌شود، بلکه «قطره‌های چندگانه» شامل قطره‌های ریز EPDM در داخل قطره‌های درشت PP تشکیل می‌شود که در فاز EPDM قرار دارند. پیدایش قطره‌های چندگانه نیز با قانون بنکرافت تفسیر می‌شود. از آنجا که زنجیرهای PP به شکل عامل فعال سطحی قوی‌تر عمل می‌کنند، در قطره‌های ریز PP ممانعت فضایی بزرگی بین زنجیرهای این عامل وجود دارد. از این رو، قطره‌های ریز EPDM وارد قطره‌های PP شده و هم‌اندازه قطره‌های PP بزرگ می‌شوند تا ممانعت فضایی کاهش یابد. پس از انجام پخت دینامیکی و تبدیل اولفین گرمانرم (TPO) به الاستومرولکانیده گرمانرم (TPV)، میکروذرات تشکیل خوشه می‌دهند. مقدار خوشه‌ای شدن میکروذرات به سرعت پخت آمیزه EPDM نسبت به سرعت برش بستگی دارد. هرچه نسبت سرعت پخت به سرعت برش بیشتر باشد، میکروذرات خوشه‌های بزرگ‌تری تشکیل می‌دهند.

تأثیر ساپورت کردن بر اولیگومر شدن آلفا اولفین‌ها با استفاده از کاتالیزگر $AlCl_3$

اساتید راهنما: نعیمه بحری لاله، مهدی نکومتش
دانشجوی کارشناسی ارشد: سودا دهقانی
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۷

پلی‌آلفا اولفین از رایج‌ترین روغن‌های پایه سنتزی به‌کار رفته در روغن‌های صنعتی و خودرو است. پلی‌آلفا اولفین‌ها روغن‌های پایه غیرقطبی دارای شاخص گرانروی زیاد (تقریباً بیش از ۱۲۰)، روانکاری عالی در دمای کم، پایداری اکسایشی خوب و سازگاری با روغن‌های معدنی هستند. به دلیل ساختار کنترل‌شده آن‌ها، PAOها دارای هیدروکربن‌های سبک‌تر و فرار (کوچک) نیستند. این موضوع موجب کاهش نوسانات آن‌ها می‌شود. PAOها به‌طور گسترده در روغن‌های خودرو و هیدرولیک، دنده و روانکارهای بلبرینگ در محیط‌های بسیار سرد یا کاربردهای داغ استفاده می‌شوند. همچنین، آن‌ها در بعضی از گریس‌های دماگسترده به‌عنوان مایعات پایه استفاده می‌شوند. مونومرهای استفاده‌شده در این زمینه اغلب از بین ۱-اکتن و ۱-دکن انتخاب می‌شوند. تبدیل آلفا اولفین‌ها به محصولات مدنظر با استفاده از کاتالیزگرهای متنوع انجام می‌شود که به‌طور عمده شامل اسیدهای لوئیس، متالوسن، کروم، سیلیکا و مایعات یونی هستند. محصولات تولیدشده با کاتالیزگرهای مختلف محدوده گسترده‌ای از گرانروی را شامل می‌شوند که آن‌ها را برای کاربردهای خاص مستعد می‌سازد. به‌منظور کنترل شرایط واکنش (به‌ویژه گرمای ایجادشده) طی فرایند اولیگومر شدن و همچنین مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن، استفاده از کاتالیزگرهای ناهمگن برای جایگزینی با کاتالیزگرهای همگن در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته و اهمیت علمی بسیار دارد. هدف از این پروژه، سنتز کاتالیزگرهای ناهمگن بر پایه آلومینا، سیلیکا، آلومینا- $FeCl_3$ و سیلیکا- $FeCl_3$ است. ابتدا کاتالیزگر $AlCl_3$ در مجاورت $TiCl_4$ روی نگه‌دارنده‌های یادشده در شرایط مشخص نشانده شد. کاتالیزگرهای به‌دست آمده با فنون SEM، XRD و BET مطالعه شدند تا از چگونگی بارگذاری $AlCl_3$ روی نگه‌دارنده‌ها و همچنین ساختارهای ایجادشده در کاتالیزگر نهایی اطلاعات کافی به‌دست آید. در ادامه کار، اولیگومر شدن مونومرهای ۱-دکن و ۱-اکتن در مجاورت کاتالیزگرهای ناهمگن سنتز شده و همچنین اولیگومر شدن مونومر ۱-دکن در مجاورت کاتالیزگر ناهمگن بر پایه سیلیکا و با وجود درصد‌های مختلف حلال تولوئن انجام شد. روغن‌های حاصل با فنون متفاوتی چون ^1H-NMR ، DSC، GPC و TGA تحلیل و بررسی شد. با توجه به نتایج تجزیه‌های انجام‌شده اولیگومرهای حاصل در مجاورت کاتالیزگرهای ناهمگن سنتز شده دارای خواص و مشخصات مشابه اولیگومرهایی هستند که در منابع مختلف در مجاورت کاتالیزگرهای همگن به‌دست آمده‌اند.

معرفی کتاب



کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پایدار

سال انتشار: ۲۰۱۹

ویراستاران: Sabu Thomas Inamuddin, Raghvendra Kumar

Abdullah M. Asiri و Mishra

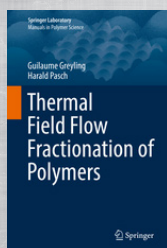
ناشر: Springer International Publishing

جزء جزء کردن گرمایی جریان میدانی پلیمرها

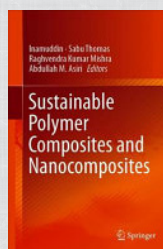
سال انتشار: ۲۰۱۹

ویراستاران: Harald Pasch و GreylingGuillaume

ناشر: Springer International Publishing



این کتاب، مقدمه‌ای بر جزء جزء کردن گرمایی جریان میدانی را ارائه کرده و مزایای آن را در برطرف سازی مشکلات پیش آمده در فنون تجزیه ای ستونی رایج به کاررفته در شناسایی پلیمرها و درشت مولکول ها را در پنج فصل شرح می دهد. مطالب کتاب دانش نظری، تجهیزات، روش های کار تجربی و آخرین پیشرفت ها و کاربردهای جزء جزء کردن گرمایی جریان میدانی را در اختیار خواننده قرار می دهد. همچنین، مثال های عملی و راهنمای عیب یابی نیز در این کتاب درج شده است. کتاب جزء جزء کردن گرمایی جریان میدانی پلیمرها برای پژوهشگران چه باتجربه و چه مبتدی مفید است.



این کتاب کامپوزیت های پلیمری دوستدار محیط زیست، رو به رشد اقتصادی و بدون آثار جانبی را ارائه می کند. مطالب کتاب بر نوعی از این کامپوزیت ها تأکید دارد که در آن ها از چوب پنبه دانه ای، از محصولات جانبی صنعت چوب پنبه؛ خمیر سلولوز حاصل از بازیافت باقی مانده های کاغذ؛ الیاف کنف و گستره ای از مواد دوستدار محیط زیست به دست آمده از سایر منابع استفاده می شود. کتاب کامپوزیت ها و نانو کامپوزیت های پایدار، روش های تولید، خواص و فنون شناسایی این کامپوزیت ها و جنبه های کلاسیک و روزآمد آن ها را در بر می گیرد. همچنین، شیمی کامپوزیت های پلیمری دوستدار محیط زیست و کاربردهای عملی آن ها در زیست پزشکی، مواد دارویی، خودروسازی و سایر بخش ها نیز در این کتاب گردآمده است. در هر یک از عنوان ها مبانی، فرآورش، دانش عملی و مزایای کامپوزیت های مزبور به طور مفصل تشریح شده اند که بدین ترتیب خلأ موجود میان کارهای پژوهشی و