

بلورهای پلیمری، کلید شکستن رکورد انتقال انرژی

در حالت‌های نوربرانگیخته را اندازه‌گیری کرده‌اند که با استفاده از این ساختارهای جدید به 200 nm رسیده است، یعنی ۲۰ برابر آنچه که تا کنون میسر شده بود.

عدد 200 nm به‌ویژه از این جنبه درخور توجه است که این مقدار بیش از ضخامت لازم ماده برای جذب کامل نور محیط است که موجب مناسب‌تر بودن این پلیمرها برای

به‌کارگیری به عنوان برداشت‌کننده‌های انرژی در سلول‌های خورشیدی و نورآشکارسازها می‌شود. به گفته سرپرست گروه پژوهشی دانشگاه بریستول، افزایش بهره‌وری در واقع به دو دلیل است. اول به سبب آنکه ذرات پرانرژی بیشتر حرکت می‌کنند، بنابراین برداشت انرژی آسان‌تر است. دوم آنکه اکنون اعمال لایه‌هایی در حدود 10 nm امکان‌پذیر است. این مقدار حداقل ضخامت لازم برای جذب تمام انرژی نور بوده و به آن عمق جذب گفته می‌شود. پیش از این در لایه‌هایی با این ضخامت، ذرات قابلیت حرکت کافی برای رسیدن به سطح را نداشتند. مسافتی که انرژی می‌تواند در این مواد طی کند، موجب شگفتی زیادی شده و به نقش غیرمنتظره فرایندهای انتقال همدوس کوانتومی اشاره دارد. اکنون پژوهشگران درصدد تهیه ساختارهای ضخیم‌تر از مواد مطالعه شده با ضخامتی بیش از عمق جذب نوری هستند تا بتوانند نمونه اولیه سلول خورشیدی را بر پایه این فناوری بسازند. همچنین، آن‌ها ساختارهای دیگری را تهیه کرده‌اند که قابلیت استفاده از نور را برای انجام واکنش‌های شیمیایی، مانند تجزیه آب به هیدروژن و اکسیژن دارند. یافته‌های این پژوهش در نشریه Science به چاپ رسیده است.

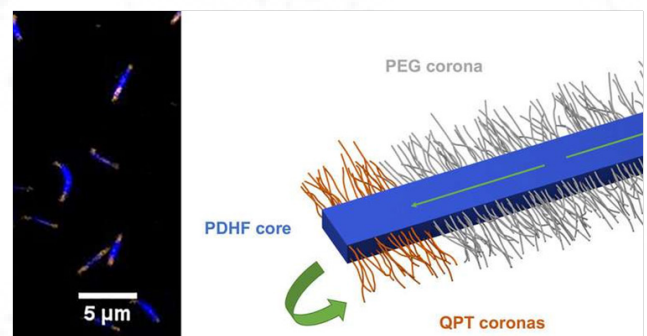
<http://phys.org/news>

منبع:

پژوهشگران دانشگاه‌های بریستول و کمبریج راهی را برای ایجاد نوعی نانوساختارهای نیمه‌رسانای پلیمری یافته‌اند که می‌توانند نور را جذب کرده و انرژی آن را بیش از مقداری انتقال دهند که تا کنون مشاهده شده است. این نانوساختارها راهی برای ساخت سلول‌های خورشیدی و نورآشکارسازهای انعطاف‌پذیرتر و کارآمدتر خواهند بود.

پلاستیک‌های نیمه‌رسانای سبک در بازار حجیم نمایشگرهای الکترونیکی مانند دستگاه‌های تلفن، تبلت و تلویزیون صفحه تخت به‌طور گسترده استفاده می‌شوند. هر چند استفاده از این مواد برای تبدیل نور خورشید به الکتریسیته در سلول‌های خورشیدی دارای فرایند پیچیده‌تری است. هنگامی که فوتون‌های نور به‌وسیله مواد نیمه‌رسانا جذب می‌شوند، حالت‌های نوربرانگیختگی و نیاز به حرکت ایجاد می‌شود که می‌توان انرژی ذرات برانگیخته را پیش از اتلاف، برداشت کرد. این برانگیخته‌ها در نیمه‌رساناهای پلیمری تنها در حدود 10 nm حرکت می‌کنند، از این رو برای بیشینه‌کردن برداشت انرژی، تهیه ساختارهایی لازم است که در این مقیاس طولی بگنجند.

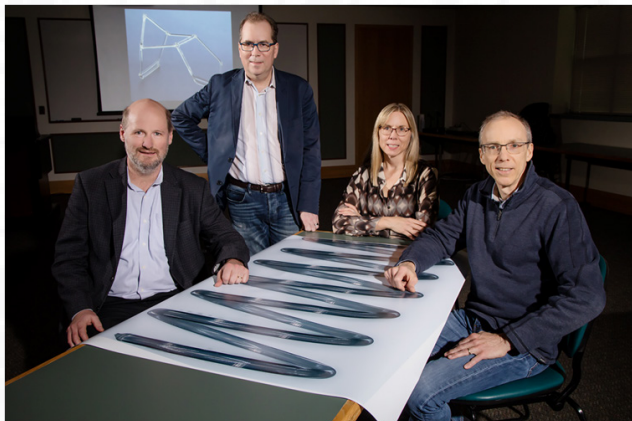
گروه پژوهشی در آزمایشگاه شیمی دانشگاه بریستول موفق به ایجاد روش نوینی با استفاده از پلیمرها برای تهیه ساختارهای نیمه‌رسانای بلوری بسیار منظم شده‌اند. در حالی که گروه همکار آن‌ها در آزمایشگاه کاوندیش دانشگاه کمبریج مسافت پیموده شده



نوعی پخت برای اجزای پلیمری انرژی‌بر

نوعی فرایند ساخت بهره‌برند که در آن از انفجار کوتاه گرمایی برای پخت سریع و سخت شدن پلیمرها استفاده می‌شود. به گفته

به ادعای پژوهشگران دانشگاه ایلینویز، سازندگان هواپیماها، قطارها و خودروها می‌توانند در ساخت اجزای سبک‌وزن و مقاوم به گرما از



داخلی، به جای استفاده از منبع انرژی خارجی، به جلو رانده شده و پخت ماده انجام می‌شود. بدین ترتیب، با تحریک واکنش پخت از چند نقطه با روشی کنترل شده می‌توان سرعت فرایند را افزایش داد.

نکته مهم آن است که از برخورد دو موج واکنشی باید اجتناب شود، زیرا این دو موج یکدیگر را خنثی کرده و به بروز نقص‌هایی در محصول منجر می‌شود که تخریب آن را بعدها آسان می‌کند.

اکنون این پژوهش نیازمند آزمودن در دنیای واقعی است، زیرا در محیط آزمایشگاهی روشی ایمن بوده و به‌طور کنترل‌شده پلیمرهای کارآمد تولید می‌کند. چشم‌انداز آینده استفاده از این روش در فنون ساختی چون قالب‌گیری، قالب مولکولی، چاپ سه‌بعدی و ذوب رزین است. نتایج این پژوهش در نشریه Nature به چاپ رسیده است.

منبع: <http://www.materialstoday.com>

پژوهشگران این رهیافت، انرژی لازم را برای پخت پلیمر در مقایسه با فرایندهای متداول ۱۰ برابر کاهش می‌دهد. همچنین، فرایند مزبور ۱۰۰ برابر سریع‌تر است. این فرایند می‌تواند اولین پیشرفت عمده در صنعت ساخت پلیمرها و کامپوزیت‌های کارآمد در نیم‌قرن اخیر باشد. مواد مصرفی در ساخت هواپیماها و خودروها از عملکرد گرمایی و مکانیکی عالی برخوردارند، اما فرایند ساخت آن‌ها زمانبر و هزینه‌بر بوده و آثار زیست‌محیطی دارد. هدف این پژوهش، کاهش هزینه و افزایش تولید است.

در ساخت هواپیماها، کوره‌های پخت رینگ‌ها در حدود ۲۰ m قطر و ۱۵ m طول دارند. این سازه‌های صنعتی بزرگ پر از المنت‌های گرم‌کن، پروانه‌ها، لوله‌های سردکن و سایر تجهیزات هستند. دما اغلب طی ۲۴ h مراحل پخت تا ۱۸۰ °C بالا می‌رود که فرایندی انرژی‌بر است.

برای پخت تنها بخشی از یک هواپیمای تجاری بزرگ، چنانچه سوخت از منابع طبیعی غیرکربنی باشد، بیش از ۹۶۰۰۰ kWh انرژی مصرف شده و بیش از ۸۰ tone کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.

پژوهشگران روشی برای کنترل واکنش‌پذیری شیمیایی طی فرایند ارائه داده‌اند که به کمک آن انرژی لازم برای فرایند پخت پلیمر را می‌توان کاهش داد. به گفته آن‌ها، انرژی زیادی در پیوندهای شیمیایی رزین‌ها نهفته است که می‌تواند سوخت این فرایند باشد. چگونگی آزادسازی این انرژی با سرعت درست، تنها کلید این کشف است.

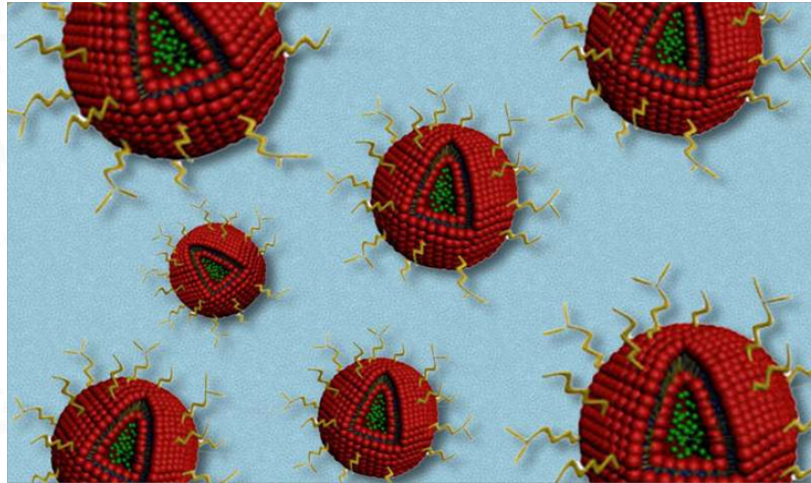
این گروه پژوهشی وسیله‌ای مانند هویه لحیم‌کاری به کار برده‌اند که گوشه‌ای از سطح پلیمر را لمس می‌کند. با این کار واکنش‌های شیمیایی متوالی آغاز و مانند موج در ماده گسترش می‌یابد. در واقع با یک بار تحریک، واکنش پلیمر شدن با استفاده از آنتالپی یا انرژی

عبور از سد خونی مغزی و کوچک کردن تومورهای گلیوبلاستوما با نانوذرات حامل دو دارو

می‌رود، متوسط عمر بیماران مبتلا به این بیماری کمتر از ۱۵ ماه باشد.

اکنون پژوهشگران MIT استفاده از نوعی ذرات دارورسان را توصیه می‌کنند که روش بهتری برای درمان گلیوبلاستوما به شمار می‌رود. ذرات که دو داروی مختلف را حمل می‌کنند، به گونه‌ای

پژوهشگران MIT نوعی نانوذرات هدفمند برای تومورهای مغزی طراحی کرده‌اند که قابلیت حمل دو داروی مختلف را یکی در هسته و دیگری در پوسته بیرونی دارند. گلیوبلاستوما نوعی تومور مغزی است که از صعب‌العلاج‌ترین سرطان‌ها به‌شمار می‌رود. تعداد کمی از داروها برای درمان این تومور وجود دارند و انتظار



جانبی چون کبودی، حالت تهوع و ضعف ایجاد کند. پژوهشگران تموزولومید را در هسته لیپوزوم قرار داده و در پوسته بیرونی نوعی داروی آزمایشی با نام بازدارنده برومودومین جای دادند.

این بازدارنده، عملکرد سلول‌های تومور را در ترمیم آسیب وارد شده به DNA مختل می‌کند. با ترکیب این دو دارو، پژوهشگران یک ضربه دوبرخشی وارد می‌کنند، اول سازوکار ترمیم DNAی سلول تومور مختل می‌شود، سپس دارو درحالی که سامانه دفاعی DNA ضعیف است به آن حمله می‌برد.

انجام آزمایش روی موش‌ها نشان داد، پس از رسیدن نانوذرات به موضع تومور، پوسته بیرونی ذرات تخریب شده و بازدارنده برومودومین JQ-1 رها می‌شود. پس از گذشت ۲۴ h، تموزولومید از هسته رها می‌شود. موش‌هایی که این نوع نانوذرات-دارو را دریافت کردند، ۲ برابر موش‌هایی زنده ماندند که با سایر روش‌ها درمان شده‌اند. پژوهشگران دریافتند، در موش‌های درمان شده با نانوذرات هدفمند، آسیب کمتری به گلبول‌های خون و سایر بافت‌هایی می‌رسد که معمولاً تموزولومید به آن‌ها صدمه می‌زند.

همچنین، ذرات با پلی اتیلن گلیکول (PEG) پوشش داده شدند که به محافظت ذرات از ردیابی و حذف به وسیله سامانه ایمنی بدن کمک می‌کند. PEG و سایر اجزای لیپوزوم‌ها دارای تاییدیه FDA برای استفاده در بدن انسان هستند. هدف پژوهشگران استفاده از این نانوذرات برای رهایش سایر داروهای سرطان است که نمی‌توانند از سد خونی مغزی بگذرند. نتایج این تحقیق در نشریه Nature Communication به چاپ رسیده است.

<https://phys.org/news>

منبع:

طراحی شده‌اند که به آسانی از سد خونی مغزی عبور کرده و مستقیماً به سلول‌های تومور می‌چسبند. یکی از داروها به DNAی سلول‌های تومور آسیب می‌زند، در حالی که دیگری سامانه‌های سلول‌هایی را مختل می‌کند که معمولاً برای ترمیم آسیب وارد شده به تومور استفاده می‌شوند.

در مطالعه روی موش‌ها، پژوهشگران نشان دادند، این ذرات می‌توانند تومور را کوچک کرده و مانع از رشد آن شوند. به گفته سرپرست این پژوهش، نکته منحصر به فرد در باره این روش، امکان استفاده از این سازوکار برای عبور از سد خونی مغزی و رسیدن به تومورهای هدف به‌طور موثر و در عین حال رهاسازی این ترکیب منحصر به فرد دارویی است.

این نانوذرات، قطره‌های کروی موسوم به لیپوزوم هستند که می‌توانند یک دارو را در هسته و دیگری را در دیواره چربی بیرونی خود حمل کنند.

پژوهشگران برای رساندن نانوذرات به تومور مغزی، در حالی آن‌ها را از سد خونی مغزی عبور می‌دهند که این سد، مغز را از خون در گردش جدا کرده و مانع از ورود مولکول‌های بزرگ به مغز می‌شود. آن‌ها دریافتند، چنانچه لیپوزوم‌ها را با پروتئینی به نام ترانسفرین پوشش دهند، ذرات می‌توانند به آسانی از سد خونی مغزی عبور کنند. افزون بر این، ترانسفرین به پروتئین‌های سطح سلول‌های تومور می‌چسبد و باعث تجمع مستقیم ذرات در موضع تومور می‌شود، در حالی که به سلول‌های سالم مغز کاری ندارد.

این روش موجب رهایش دوزهای حجیمی از داروهای شیمی‌درمانی شده که تزریق آن‌ها معمولاً به عوارض جانبی نامطلوب منجر می‌شود. تموزولومید اولین دارویی است که برای درمان بیماران مبتلا به گلیوبلاستوما استفاده می‌شود و می‌تواند آثار

ماده جدیدی که فولاد رقیب آن نیست



مستحکم‌تر از فلز، آلیاژ و الیاف شیشه بوده و نیز از ابریشم عنکبوت مستحکم‌تر و ۸ برابر سخت‌تر است. ابریشم یاد شده، استاندارد طلایی زیست‌پلیمرهای سبک‌وزن با همان استحکام ویژه به‌شمار می‌رود. به گفته پژوهشگران، این ماده در بسیاری از کاربردهای باربر، مانند کامپوزیت‌های زیست‌پایه سبک‌وزن برای خودروها و دوچرخه‌ها و نیز کاشتنه‌های پزشکی کارآمد مفید است. نتایج این پژوهش در ACS Nano گزارش شده است.

منبع: <http://www.acs.org/content/acs/en/pressroom>

هنگامی که بحث مواد پیش می‌آید، پرسشی درباره برنده رقابت استحکام پیش نمی‌آید. تار عنکبوت به عنوان مستحکم‌ترین منسوج و فولاد، سرامیک و الیاف شیشه بهترین مصالح ساختمانی هستند. اما اکنون، پژوهشگران گزارش کرده‌اند که الیاف سلولوز نانومقیاس با آرایش ویژه، ماده‌ای قوی‌تر از تمام آن‌هاست، به‌طوری که می‌توان با توجه به نام‌گذاری سوپرمن آن را مرد سلولوزی نامید.

با وجودی که فناوری به سرعت در حال پیشرفت است، پژوهشگران همچنان با طبیعت دست به گریبان‌اند. به تازگی، دانشمندان در تلاش‌اند تا معماری مواد طبیعی را در سطح نانومقیاس تقلید کنند با این امید که آن را به قدرت بزرگ‌تری تبدیل کنند. برای مثال، لایه دیواره قوی و سخت سلولی در چوب از نانولیفچه‌های سلولوزی (CNFs) تشکیل شده است و سازمان‌دهی این مواد، الهام‌بخش ساخت مواد قوی ماکرومقیاس است. اما چسبندگی ضعیف و ناهم‌راستایی اجزا پژوهشگران را از تحقق این اهداف بازداشته است. از این رو، آن‌ها برای غلبه بر این محدودیت‌ها تلاش کردند.

یک گروه پژوهشی برای سازمان‌دهی CNFs از هم‌راستایی تقریباً کامل الیاف در ماکرومقیاس استفاده کردند. حتی ضعیف‌ترین الیافی که آن‌ها با این روش ساختند از سایر الیاف CNF که قبلاً گزارش شده بود، مستحکم‌تر بود. مهم‌تر آنکه، الیاف ماکرومقیاس

تهیه خمیر نانولوله‌های کربن با استفاده از حلال‌های معمولی

برای اصلاح نانولوله‌هاست. به گفته این پژوهشگر خواص استثنایی مکانیکی، گرمایی و الکتریکی نانولوله‌های کربن باعث توجه بسیار به آن‌ها شده، اما با گذشت یک دهه از پژوهش و توسعه برخی از هیجانات اولیه فروکش کرده است. فراورش نانولوله‌های کربن، به‌ویژه در مقادیر زیاد، بسیار پیچیده است. آن‌ها ۱۰۰۰۰ بار از موی انسان نازک‌ترند، اما گفته می‌شود، ساختار لوله‌ای شکل و سیمی آن‌ها از فولاد محکم‌تر بوده و قابلیت رسانش گرما و الکتریسیته آن‌ها از مس هم بیشتر است. ولی هنگامی که به شکل توده تولید می‌شوند، که معمولاً به شکل پودر است، لوله‌ها پیچ خورده و درهم گیر می‌کنند که مانع اصلی کاربردهای گسترده آن‌هاست.

به گفته این پژوهشگر، پراکندن انبوهه‌های نانولوله‌ها در حلال‌ها دشوار است و چنانچه چنین پراکنشی حاصل شود، تهیه فیلم‌های

پژوهشگری از دانشگاه نورث وسترن آمریکا به همراه گروه پژوهشی خود موفق به تهیه خمیر نانولوله‌های کربن با استفاده از حلال‌های معمولی شد که به آسانی با قالب به شکل دلخواه درمی‌آید. در این پژوهش، از حلال ارزان و ساده کزول استفاده شده است. روش کشف شده شامل تهیه پراکنه‌ای از نانولوله‌های کربن با غلظت زیاد و بی‌سابقه بدون نیاز به مواد افزودنی یا واکنش‌های شیمیایی شدید



از پراکنه رقیق به خمیر قابل لمس، سپس به ژل خودایستا و در نهایت به خمیر ورزدانی تبدیل می‌شود. این اشکال مختلف را می‌توان قالب‌گیری و شکل‌دهی مجدد کرده یا به عنوان جوهر رسانا در چاپ سه‌بعدی استفاده کرد. حالت خمیری نانولوله‌های بی‌سابقه است و این سامانه حلال بر پایه کرزول موجب می‌شود تا نانولوله‌ها مانند پلیمرها رفتار کنند.

به گفته سرپرست پژوهش، بسیار هیجان‌انگیز است که این سامانه حلال نانولوله‌های کربنی را که فراورش آن‌ها سخت است، مانند پلاستیک قابل استفاده می‌سازد. نتایج این پژوهش در مجموعه مقالات National Academy of Sciences گزارش شده است.

منبع: <https://www.materialstoday.com/carbon/news>

نازک باکیفیت از آن‌ها که در بسیاری از کاربردها لازم است، امکان‌پذیر نبوده است. پیش از این، پژوهشگران برای غلبه بر این مشکل، نانولوله‌ها را با مواد افزودنی پوشش داده‌اند. اگر چه این روش‌ها به کار می‌آیند، اما طی آن‌ها باقی‌مانده‌هایی برجا می‌مانند یا ساختار سطحی نانولوله‌ها تغییر می‌کند که ممکن است خواص مطلوب آن‌ها را کم‌اثر کند. بر خلاف آن و مطابق با یافته‌های این پژوهش، کرزول به عملکرد سطح نانولوله‌های کربن آسیب نمی‌رساند. پس از جداسازی لوله‌های درهم‌گیر، پژوهشگران می‌توانند حلال را به سادگی با شست و شو یا گرمادهی و تبخیر جدا کنند.

پس از کشف این روش نوین برای دستیابی به غلظت‌های بیشتر از نانولوله‌های کربنی، پژوهشگران شکل‌های جدیدی از این ماده را کشف کردند. با افزایش غلظت نانولوله‌های کربن، ماده

حفظ میراث نقاشان با نانومواد

با پلی‌الکترولیت (SNP) را با نانولیفچه‌های سلولوزی (CNFs) برای عمل‌آوری یک مرحله‌ای ترکیب کردند. پژوهشگران ابتدا بوم‌ها را با اسید در شرایط اکسایش برای شبیه‌سازی پیرشدگی عمل‌آوری کردند. هنگامی که آن‌ها عمل‌آوری با SNP-CNF را اعمال کردند، SNP به الیاف مجزای بوم نفوذ کرده و آن‌ها را مستحکم کرد و در مقایسه با مواد عمل‌آوری نشده، موجب سفتی بیشتر آن‌ها شد. CNF سطح بوم را استحکام بخشیده و انعطاف‌پذیری بوم را افزایش داد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، این نوع عمل‌آوری می‌تواند جایگزین خوبی برای روش‌های متداول باشد.

منبع: <http://www.sciencedaily.com/releases/2018>

از مهم‌ترین ابزار نقاشی بوم است که همیشه از الیاف برپایه سلولوز ساخته می‌شود. با گذشت زمان، بوم دچار پیرشدگی شده که موجب بی‌رنگی، چروکیدگی، پارگی و رطوبت‌زدگی آن می‌شود. تمام این‌ها روی اثر هنری تاثیر می‌گذارند. در حال حاضر، برای جلوگیری از پیرشدگی، محافظان نقاشی از لایه‌ای از چسب و پوشش روی پشت نقاشی استفاده می‌کنند. پژوهشگران دانشگاه صنعتی چالمرز سوئد در کار پیشین خود نانوسلولوز را به عنوان راه کار جدیدی برای استحکام بخشیدن به بوم نقاشی روی سطح آن به کار بردند. افزون بر این، آن‌ها نشان دادند که نانوذرات سیلیکا نیز قابلیت استحکام بخشیدن به کاغذ و الیاف پنبه را به‌طور جداگانه دارند. گروه پژوهشی دانشگاه چالمرز، نانوذرات سیلیکای عمل‌آوری شده



تاریخچه تولید مواد پلیمری

مجید غیاث

تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، گروه علوم پلیمر، صندوق پستی: ۱۱۲-۱۴۹۷۵

مقدمه

پیشرفت دانش و فناوری تولید مواد پلیمری آثار شگرفی بر زندگی بشر و محیط اطراف آن گذاشته است. از کشف نخستین نمونه‌های طبیعی لاستیک و تولید اولین پلیمر در سده نوزدهم میلادی، تا اختراع پلیمرهای رسانا مسیر طولانی و پرپیچ و خمی طی شده است. شیمی‌دان‌ها و فیزیک‌دان‌های متعددی با سال‌ها تلاش و پژوهش، گاهی قدم‌های بسیار بزرگ و موثری در این زمینه برداشته‌اند که باعث گسترش دانش و فناوری و مهم‌تر از آن توجه عموم مردم به موضوع مواد پلیمری شده است. کنجکاوی و پژوهش‌های دانشمندان در راستای نوآوری همراه با کمبود مواد طبیعی و نیاز بشر به آن‌ها و لزوم بهبود خواص مواد موجود و قابل دسترس، باعث اختراع و توسعه تولید مواد پلیمری با ساختار بسیار متنوع شده است. به بلوغ رسیدن دانش مربوط به مواد پلیمری و درک صحیح از ساختار مولکولی مواد، منجر به ایجاد قابلیت طراحی و ساخت مواد جدید شد. از سوی دیگر، تولید مواد متنوع جدید تقسیم‌بندی کلاسیک فیزیکی مواد را دست‌خوش تغییر کرد و مواد جدیدی با خواص متنوع، متفاوت و گاه متناقض به‌دست آمد که می‌توانست در شرایط متغیر استفاده شود. ارزان بودن و سهولت تولید، مرزهای سنتی ساخت محصولات از مواد طبیعی را دست‌خوش دگرگونی‌های اساسی کرد. مواد پلیمری کم‌کم جای بسیاری از مواد و ترکیبات طبیعی موجود را اشغال کردند، به‌طوری‌که امروزه حتی اجزای بدن را نیز می‌توان از مواد پلیمری ساخت. ابداع مواد جدید، به‌طور هم‌زمان باعث شکستن مرزهای فناوری‌های موجود و گسترش آن‌ها در ابعاد و اندازه‌های باورناپذیر شد.

روش جانشینی متقابل

واژه پلیمر نخستین بار توسط Berzelius و البته با معنایی متفاوت در سال ۱۸۳۳ میلادی برای تشریح فرمول مولکولی بنزن به‌کار رفت. نزدیک به یک سده همراه با گسترش دانش و پژوهش‌های متعدد لازم بود تا Staudinger در دهه ۱۹۲۰ مفهوم ساختاری درشت‌مولکول‌ها را به‌عنوان زنجیری متشکل از اتم‌های کربن با اتصالات کووالانسی به‌عنوان دانش جدید به دنیا عرضه کند. خوشبختانه نظر به اینکه دانش و فناوری تولید مواد پلیمری پدیده نسبتاً جدیدی است و از عمر آن بیش از دو سده نمی‌گذرد، بسیاری از فعالیت‌های گذشتگان در این زمینه ثبت شده است. مسلم است، مانند همه دانش‌های بشری پژوهشگران متعددی بوده‌اند که یا تلاش آن‌ها به نتیجه مطلوب نرسیده است یا در گمنامی بسر

برده، شکست خورده و فراموش شده‌اند. تاریخ تنها گزارشگر موفقیت‌ها و پیروزی‌ها بوده است. این نوشتار نگاهی تاریخی به روند شکل‌گیری و توسعه تجاری تولید انواع مواد پلیمری با ذکر نام دانشمندان بزرگ و مطرح در این زمینه دارد. گردآوری و تدوین تاریخ مفصل و دقیق تولید فناوری مواد پلیمری نیازمند مطالعات گسترده و جمع‌آوری مدارک و مستندات متعدد و گاه متناقض و بررسی صحت آن‌ها بوده که از حوصله این نوشتار خارج است. هدف اصلی این نگارش آشنایی دانشجویان رشته پلیمر با تاریخ شکل‌گیری و تولید مواد پلیمری است.

امروزه آنقدر مواد پلیمری متنوع با کاربردهای تخصصی و متفاوت وجود دارند که طبقه‌بندی آن‌ها ساده نیست. یک دسته‌بندی از نقطه‌نظر ماهیت کاربردی شامل پلاستیک‌ها (گرم‌نرم‌ها و

گرماسخت‌ها)، لاستیک‌ها یا کشسان‌ها (الاستومرها یا لاستیک‌ها)، الیاف و کامپوزیت‌هاست. این دسته‌بندی شاید صرفاً از نگاه کاربردی است و مسلماً هر یک دارای تاریخ تکامل ویژه‌ای است، به‌طوری که می‌توان برای هر روند شکل‌گیری و تاریخ هر گروه کتاب‌های جداگانه‌ای نوشت. لازم به ذکر است که تقریباً تمام نوآوری‌ها و دستاوردهای دانش و فناوری تولید مواد پلیمری طی دو سده گذشته در کشورهای صنعتی غربی پیشرفته (آمریکای شمالی)، کشورهای اروپای غربی مانند آلمان، انگلیس، فرانسه، روسیه و در دوران اخیر ژاپن ابداع و توسعه یافته است. از دلایل عمده این اتفاق نگاه همراه با پیشرفت دولت‌مردان در جهت رشد و توسعه، همراه با اهمیت دادن به حفظ حقوق مادی و معنوی پژوهشگران و صنعتگران و تشویق سرمایه‌گذاری در بخش تولید بوده است. پژوهشگر فارغ از دغدغه‌های مادی و درگیری در مسائل غیرعلمی و برخوردهای سیاسی، صرفاً به فعالیت‌های پژوهشی می‌پردازد تا به‌مرور این پژوهش‌ها به تولید ثروت منجر شود. افزون بر این باید اذعان داشت، دانش و فناوری تولید مواد پلیمری و حتی مواد شیمیایی و پتروشیمیایی از کشورهای توسعه یافته به کشورهای جهان سوم وارد شده و به‌مرور تا حدی در این کشورها بومی شده است.

پلیمرهای طبیعی

بشر از دیرباز از ترکیبات گیاهی و حیوانی متعدد در زندگی خود استفاده کرده است که امروزه به‌عنوان پلیمرهای طبیعی شناخته می‌شوند. از ترکیبات گیاهی موادی مانند کهربا، کتان، ابریشم، چرم، کاغذ، قیر و از ترکیبات حیوانی موادی مانند چسب سریشم، لاک، پوست و روده حیوانات، شاخ، سم، مو، عاج و حتی لاک سنگ‌پشت استفاده شده است. این ترکیبات یا به‌طور مستقیم یا در حالت فراوری شده برای مقاصد معین استفاده می‌شدند. در قرون وسطی، از شاخ حیوانات برای تولید قاشق، شانه و پنجره فانوس در انگلیس استفاده می‌شد. لاک سنگ‌پشت به‌عنوان ظرف به کار می‌رفت. در آن دوران آدمی یاد گرفته بود که با جوشاندن شاخ حیوانات در آب و لاک سنگ‌پشت در روغن، این قطعات را نرم کند و به آن شکل دلخواه بدهد و حتی قالب‌گیری کند.

قدیمی‌ترین مدرک مربوط به استفاده انبوه از پلیمرهای طبیعی مربوط به کارخانه Hornes در سال ۱۲۸۴ میلادی در لندن است. این کارخانه طبق منشور سلطنتی تا به امروز در زمینه تولید اشیای مختلف از جنس شاخ انواع حیوانات و به همان روش‌های سنتی در حال فعالیت است. مارکوپولو لاک یا شلاک (shellac) را از هند و

چین به اروپا وارد کرد. اروپائیان با حل کردن آن در الکل برای براق کردن اشیای چوبی و حتی لاک زینتی بانوان استفاده کردند. مهاجران اسپانیایی مشاهده کرده بودند که بومیان مایا از اختلاط شیره (لاتکس) درخت کائوچو با شهد گل‌ها لوازم لاستیکی مانند پاپوش، لایه ضدآب و حتی توپ بازی درست می‌کردند.

کمبرود منابع پلیمرهای طبیعی، دور از دسترس بودن آن‌ها تا نقاط فراوری، دستمزد زیاد، به همراه بحران‌هایی مانند جنگ‌های جهانی، توجه پژوهشگران را به تولید شیمیایی و صنعتی این مواد سوق داد. تولید صنعتی پلیمرها بشر را از قید و بندها و محدودیت‌های دسترسی به مواد طبیعی رها ساخت. این موضوع باعث گسترش روزافزون تولید این مواد شد.

بیش از یک سده بعد، بشر پی برد که این روند مش Klatte زیست‌محیطی و خطرناکی در مقیاس جهانی ایجاد کرده است. همین مسئله باعث سمت‌گیری تولید صنعتی مواد پلیمری با استفاده از منابع پایدار، تولید پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و بازیافت مواد پلیمری شده است. همانند تولید صنعتی پلیمرها در ابتدای سده بیستم، مسئله پلیمرها و فرایندهای دوستدار طبیعت در ابتدای مسیر بوده و با انجام پژوهش‌های متعدد، راه برای تولید تجاری آن‌ها هموار خواهد شد.

امروزه پلیمرهای صنعتی را در چهار گروه اصلی بر مبنای استفاده آن‌ها شامل پلاستیک‌ها، لاستیک‌ها، الیاف و کامپوزیت‌ها تقسیم‌بندی می‌کنند. این تقسیم‌بندی بیشتر از لحاظ نوع کاربرد این مواد بوده و شاید از جنبه علمی نتوان به این صراحت مواد را تفکیک کرد. تاریخچه پیدایش و شکل‌گیری هر یک از این مواد دارای نقاط اشتراک زیادی است و چه بسا بروز یک رخداد یا کشفی در هر گروه باعث تسریع روند رو به رشد در گروه‌های دیگر شده باشد.

پلاستیک‌ها

نخستین پلاستیک ساخته شده دست بشر در سال ۱۸۶۲ میلادی توسط Parkes با عنوان Parkesine در نمایشگاه بین‌المللی لندن ارائه شد. این پلاستیک ترکیب نیتروسلولوز بود که با گرما قالب‌گیری و حتی ذوب می‌شد. در سال ۱۸۶۸ میلادی و در پی فراخوان ده‌هزار دلاری برای یافتن ماده جایگزین عاج فیل برای ساخت توپ بیلیارد، Hyatt ترکیب استات سلولوز را به‌عنوان سلولئید ارائه داد. سلولئید به‌زودی کاربردهای بسیاری پیدا کرد که مهم‌ترین آن‌ها فیلم عکاسی بود. در سال ۱۸۹۷ ترکیب Galalith از واکنش بین کازئین شیر و فرمالدهید تهیه شد و بسیاری از پژوهشگران را

متوجه ترکیب فرمالدهید کرد. Baekeland در سال ۱۹۰۷ میلادی از واکنش فنول و فرمالدهید نخستین پلیمر را سنتز کرد و تا سال ۱۹۱۰ میلادی آن را در مقیاس تجاری عرضه کرد. تولید صنعتی باکلیت (Bakelite) به عنوان اولین پلیمر گرماسخت را می توان شروع عصر پلاستیک ها و پلیمرهای غیرطبیعی سنتزی و صنعتی نامید. بسیاری از قطعات روزمره مورد نیاز زندگی از باکلیت تهیه شد. خود Baekeland به تنهایی بیش از صد ثبت اختراع برای تولید محصولات از جنس باکلیت ثبت کرد. کاربردهای موفقیت آمیز رزین فنول فرمالدهید (PF)، ابداع و توسعه سایر رزین های گرماسخت بر پایه فرمالدهید، مانند رزین های فرمالدهید با اوره و ملامین به عنوان آمینورزین ها و آمین پلاست ها را تسریع کرد. در سال ۱۹۲۶ میلادی Rossiter آمینوپلاستی بر مبنای مخلوط اوره و تیوره را تولید کرد. رزین های PF به سرعت برای ساخت بسیاری از وسایل و قطعات از دکمه لباس و شانه تا قطعات دستگاه ها و خودرو به کار گرفته شدند. تا آخر دهه ۱۹۳۰ میلادی استفاده از رزین های فرمالدهید به اوج خود رسید.

رزین های پلی استر غیراشباع بر مبنای واکنش بین دی اسیدها و دی الکل ها در ۱۹۳۳ توسط Ellis کشف و در سال ۱۹۴۲ کاملاً تجاری شد. این نوع پلی استرها که به نام رزین های آلکید شناخته شدند، ابتدا برای مصارف رنگ و پوشش سطوح استفاده می شدند. مهم ترین ترکیب مصرفی در آن دوران Glyptal بود که از واکنش گلیسرول و انیدرید فتالیک به دست می آمد. در ۱۹۱۲ Klatte پلیمرشدن نوری وینیل کلرید را ثبت و در سال ۱۹۲۶ دانشمند روسی Ostromislensky تولید صفحات انعطاف پذیر از محلول حاوی پلی وینیل کلرید (PVC) و ماده نرم کننده را ثبت کرد. تولید صنعتی PVC با روش های امولسیون و تعلیق در اوایل جنگ جهانی دوم آغاز شد. کمبود لاستیک در این دوران توسعه PVC را به ویژه برای مصارف عایق سازی و ساخت صفحات و لوله های انعطاف پذیر سرعت بخشید.

در سال ۱۹۱۳ Klatte پلی وینیل استات را تهیه کرد که با مشخص شدن خاصیت چسبندگی آن مصرف روزافزونی پیدا کرد. در سال ۱۹۲۶ دستگاه قالب گیری تزریقی که توسط زیگلر (Ziegler) ثبت شده بود، تولید تجاری یافت و با موفقیت برای فراورش بسیاری از پلاستیک های تولید شده تا آن زمان استفاده شد. پلی متیل متاکریلات در سال ۱۹۳۰ توسط Hill در شرکت Imperial Chemical Industries (ICI) ثبت شد. همزمان Röhm در آلمان این پلیمر را برای تهیه شیشه های محافظ تولید کرد. شفافیت صفحات تولید شده از این پلیمر به سرعت جایگزین بسیاری از

کاربردهای متداول شیشه شد.

در سال ۱۹۳۳ فرایند پلیمرشدن رادیکالی پرفشار اتیلن به طور تصادفی توسط Gibson کشف و در سال ۱۹۳۷ اولین واحد کوچک مقیاس آن برای تولید پلی اتیلن کم چگالی (LDPE) توسط شرکت ICI آغاز شد. با وجود هزینه فشار زیاد فرایند، با توجه به مقیاس حجیم تولید و مصرف این پلیمر، هنوز راکتورهای طراحی شده توسط این شرکت در سرتاسر دنیا با اندک تغییراتی در حال کار هستند.

در سال ۱۸۳۹ استیرن از تقطیر شیره گیاه جنگل های آمریکای شمالی به نام Storax Balsam توسط Simon به دست آمد. مشاهده شد، مایع به دست آمده پس از مدت طولانی در معرض هوا بودن یا بر اثر گرما به ماده رزینی سخت تبدیل می شود و این ماده پلی استیرن نامیده شد. استفاده های کاربردی از پلی استیرن در سال ۱۹۱۱ توسط Matthews بیان شد. وی پلیمرشدن گرمایی و کاتالیزی را برای تولید پلی استیرن و جایگزینی آن به جای شیشه، سلولوئید و حتی لاستیک سخت معرفی کرد. مسئله پلیمرشدن خودبه خود استیرن بر اثر گرما و اکسیژن باعث به وجود آمدن مفهوم و تولید ممانعت کننده های پلیمرشدن شد. در دهه ۱۹۳۰ مونومر استیرن (و سایر مونومرها) با روش های صنعتی در مقیاس وسیع تولید شد. همین موضوع باعث گسترش استفاده از این پلیمر شد. در سال ۱۹۴۸ محصول پلیمرشدن استیرن، بوتادی ان و آکریلو نیتریل به عنوان ترکیب الاستومر معرفی و تولید شد. در همین دوران، نوع مقاوم در برابر ضربه (high impact) معرفی و تولید شد. به خاطر فراوانی و تولید نسبتاً ارزان مونومر استیرن، ترکیبات بسیار متعددی از آن تهیه شد.

در سال ۱۹۳۸ پلی کاپرولاکتام با نام تجاری نایلون ۶ توسط Schlack تولید و در سال بعد در شرکت IG Farben به طور تجاری تولید شد. تولید این محصول به عنوان اولین پلی آمید، تولید ترکیبات مشابه را به همراه داشت.

Carothers پژوهشگر شرکت DuPont از سال ۱۹۲۷ پژوهش های خود را در زمینه تولید پلیمرهای تراکمی، به ویژه پلی استرهای اشباع، آغاز کرد. وی در سال ۱۹۳۵ توانست پلی آمید ۶،۶ را تهیه کند. در سال ۱۹۳۹ تولید تجاری این پلیمر، به ویژه به شکل الیاف آغاز شد. تولید الیاف نایلون با چند آموزه در دنیای پلیمر همراه بود. نخست، تغییر راهبرد مدیریت پژوهش از فعالیت های پژوهشی صرف به پژوهش های کاربردی صنعتی در آن دوران در این شرکت بود. این شرکت تنها شرکتی در سطح جهان است که بخش پژوهش و توسعه آن با عنوان Research & Business Development (R&BD)

از چند دهه پیش مطرح شد. نکته دیگر این که تولید و توسعه تجاری محصول تنها موقعی موفقیت آمیز است که با اقبال مصرف کنندگان روبه رو شود. هر چه محصول بیشتر توسط مردم مصرف شود، تولید آن سودآورتر و موفقیت آمیزتر خواهد بود. نکته دیگر اینکه با فراست می توان ضمن تولید یک محصول در مخاطبان احساس نیاز ایجاد کرد که این امر تضمین کننده فروش محصول است. در نهایت، ایجاد و تولید محصول جدید خودبه خود فرصت های شغلی جدید ایجاد می کند. همه این موارد توسط این شرکت در زمینه تولید نایلون ۶،۶، تولید الیاف از آن و در پی آن تولید جوراب زنانه نشان داده شد. این حرکت مخاطره آمیز شرکت DuPont باعث تسریع در برگشت سرمایه و سودآوری هنگفت شد که افزون بر فراهم آوری منابع مالی در جهت انجام پژوهش های آتی، تاثیر بسیار شگرفی در جامعه آمریکا از نقطه نظر تولید شغل و به کارگیری نیروهای متخصص و نیز ایجاد فرصت برای پژوهش های متنوع، به ویژه در دوران رکود دهه ۱۹۳۰ را فراهم کرد. DuPont در سال ۱۹۳۹ نخستین کارخانه تولید نایلون ۶،۶ را در آمریکا ایجاد کرد. ساخت این کارخانه رکورد بسیار مشهود توانایی های گروه های مختلف مهندسی، به ویژه اهمیت دانش و فناوری پلیمر در ایالات متحده شد.

در سال ۱۹۳۸ پلیمرهای دارای فلئور و اولین آن ها پلی تترافلوئورواتیلن توسط Plunkett تولید و توسط شرکت DuPont با نام تجاری تفلون عرضه تجاری شد. مواد تفلون در زمینه دانش سطوح و کاربرد مواد گام بسیار مهمی به شمار می رود. خواص گرمایی و آب گریزی این پلیمر کاربردهای متعددی از جمله ساخت ظروف نجسب را به همراه داشت. در سال ۱۹۳۹ Bayer از شرکت IG Farben در مقابله با محصولات پلی آمید شرکت DuPont، ترکیبات پلی یورتان را ارائه کرد. در سال ۱۹۴۷ وی اطلاعات تولید این مواد را منتشر ساخت. تا سال ۱۹۵۷ فناوری های اساسی این محصولات برای تولید انواع اسفنج های سخت و انعطاف پذیر دارای ترکیبات پلی اتر و پلی استر گسترش یافت.

پژوهش های Whinfield در زمینه تولید پلی استرهای اشباع به تولید و عرضه پلی اتیلن ترفتالات در سال ۱۹۴۰ منجر شد. از این پلیمر صفحات فیلم های رادیولوژی، الیاف و ظروف نوشیدنی ها تهیه شد. رزین های اپوکسی در سال ۱۹۳۴ کشف و خاصیت پخت و گرماسخت شدن آن ها توسط Castan کشف شد و تا انتهای جنگ کاربردهای گسترده ای یافت. رزین های وینیل استر به عنوان هیبرید رزین های پلی استر و اپوکسی در دهه ۱۹۶۰ ارائه شد.

در ابتدای دهه ۱۹۵۰ هوگان کشف کرد، اتیلن در فشارهای

نه چندان زیاد (در مقایسه با فشار زیاد تولید LDPE) و دمای زیر ۱۰۰°C در مجاورت کاتالیزگرهای کروم اکسید بر پایه سیلیکا پلیمر شده و محصول حاصل را پلی اتیلن پرچگالی (HDPE) نامید. این پلیمر در سال ۱۹۵۶ به طور تجاری عرضه شد که تا به امروز تولید آن ادامه دارد. مدتی بعد زیگلر و ناتا به طور مستقل با کاتالیزگرهای مشابه توانستند پلی پروپیلن را پلیمر کنند که تا به امروز به همراه انواع پلی اتیلن از مهم ترین و پرمصرف ترین پلاستیک هاست.

در سال ۱۹۳۰ Carothers نوعی پلی کربنات آلیفاتیک را تهیه کرد. پلی کربنات ابتدا در سال ۱۸۹۸ توسط Einhorn از واکنش فسژن و فنول به دست آمد، ولی خواص مناسبی نداشت. با ایجاد واحد تولید بیس فنول A و در دسترس بودن فسژن، این پلیمر دوباره مورد توجه قرار گرفت و در نهایت تولید تجاری آن در سال ۱۹۵۸ شروع شد. در همین سال، پلیمرهای استیرن-آکریلونیتریل و پلی استال ها نیز راهی بازار شدند. ترکیبات یونومر در سال ۱۹۶۴ از کوپلیمر شدن اتیلن و ترکیبات کربوکسیلیک اسید در فشار زیاد در همان راکتورهای تولید LDPE به دست آمد. چند دهه بعد خاصیت خودترمیمی این کوپلیمرها کشف شد.

رزین های پلی ایمید و انواع اولیه گرماسخت آن ها در سال ۱۹۵۳ ارائه و یک دهه بعد به طور تجاری عرضه شد. بلورهای مایع، به ویژه مولکول های دارای ترکیبات آروماتیک با استفاده از نظریه فلوری و مشاهدات تجربی فازهای نماتیک برای مولکول های استوانه ای، در سال ۱۹۶۵ ارائه شد. این بلورها بعدها به طور گسترده در سامانه های تصویری استفاده شد. در دهه بعد و در سال ۱۹۷۶ ترکیبات پلی سولفون و پلی اترسولفون به طور تجاری عرضه شدند. این ترکیبات شفاف بوده و دارای مقاومت گرمایی زیادی بودند. از این ترکیبات امروزه برای ساخت غشا در جداسازی استفاده می شود. ترکیبات جدید کاتالیزگرهای متالوسن برای پلیمر شدن اتیلن و آلفا اولفین ها در دما و فشار نسبتا کم در سال ۱۹۷۶ توسط Kaminsky عرضه شد. در سال ۱۹۷۸ ترکیبات پلی اتر اترکتون ابداع شد.

از دهه ۱۹۸۰ رشد و توسعه مواد پلیمری و یافتن مواد طبیعی جایگزین با شتاب ادامه دارد. تولید انواع کوپلیمرهای قطعه ای و پیوندی، پلی فیلین سولفید، پلی اتر ایمید، پلی کتون، پلی اتیلن کم چگالی خطی (LLDPE)، پلی لاکتیک اسید، پلیمرهای رسانا، پلی استرهای زیست تخریب پذیر، پلیمرهای سبز، فرایندهای بازیافت شیمیایی، زیست مواد و ده ها و صدها ماده جدید با کاربردهای متنوع تا به امروز با شتاب ادامه دارد.

الاستومرها یا کشسان‌ها

نخستین مورد ذکر شده مربوط به ترکیبات لاستیک یا کشسان‌ها در کتاب دنیای جدید (On the New World Novo) نوشته d'Anghiera در سال ۱۵۱۶ گزارش شده است. وی مشاهده کرده بود، بومیان مایا با استفاده از شیرۀ نوعی درخت در ساخت مصنوعات مانند پاپوش، ظروف آب و حتی وسایل بازی استفاده می‌کردند. این درخت (Hevea) نام دارد و در مناطق جنوب استوایی مانند مالزی، اندونزی، تایلند، آفریقا، و برزیل به فراوانی یافت می‌شود. این درخت‌ها در گویش محلی به نام کائوچو (Cau-uchu) به معنای درخت گریان نامیده می‌شدند. شیرابه یا لاتکس این درخت‌ها بعد از خشک شدن حالت خمیری می‌یابند. از آنجا که با این خمیر پاک کردن نوشته‌های مداد روی کاغذ امکان‌پذیر بود، اروپاییان آن را rubber نامیدند. این کائوچو به علت حل نشدن در بسیاری از حلال‌ها و فرایندناپذیری، چندان مورد توجه قرار نگرفت. البته این نام به محصول همه درختانی اطلاق می‌شد که از مناطق مختلف جمع‌آوری می‌شد.

در سال ۱۸۳۹ Goodyear با گرمادهی کائوچو با گوگرد و ترکیبات سرب در دمای توانست به ترکیبی با خواص بسیار بهتر، پایدارتر و کشسان دست یابد. Hancock این فرایند را ولکانش نامید. نتیجه فعالیت‌های این افراد افزون بر تولید محصولات با خاصیت کشسان، آغاز عصر پژوهش‌های چندزمینه‌ای در باره درشت‌مولکول‌ها، به‌ویژه ترکیبات کشسان را در پی داشت.

در سال ۱۸۲۶ Faraday نشان داد، فرمول تجربی لاستیک طبیعی که از مناطق آسیایی وارد می‌شد، به صورت 58°C است. Williams محصول به دست آمده از تخریب گرمایی این نوع لاستیک را ایزوپرن نامید. به‌طور متقابل، سنتز پلیمر از ایزوپرن و رسیدن به خواص مشابه پلیمر طبیعی در سال ۱۸۷۵ توسط Bouchardat گزارش شد. بدین ترتیب، ترکیبات متنوع از انواع لاستیک‌های طبیعی از مناطق مختلف دنیا تهیه شدند. آغاز سده بیستم میلادی، رشد صنعت خودروسازی و به‌کارگیری لاستیک پخت شده در تایر، استفاده بسیار زیاد از کائوچو را به دنبال داشت. نخستین تایر بادی در ۱۸۸۸ توسط Dunlop اختراع شد.

در انتهای سده نوزدهم مشخص شد، هیدروکربن‌های دارای پیوندهای دوگانه متناوب یا دی‌ان‌ها قابلیت تولید محصولات کشسان را دارند. Hofmann از پلیمر شدن ۳،۱-پنتادیان و ترکیب ۳،۲-دی‌متیل بوتادیان ترکیبات کشسان به دست آورد. در ابتدای سده بیستم پژوهش‌های پلیمر شدن ایزوپرن آغاز شد. با تولید

بوتادیان توسط دانشمندان روسی و نیاز شدید لاستیک در جنگ جهانی اول آن پژوهش‌ها در جهت جایگزینی لاستیک طبیعی شدت یافت.

در دهه ۱۹۲۰ لاستیک بونا (BuNa) که در آن Bu از بوتادیان و Na از کلمه سدیم گرفته شده است) به دست آمده از پلیمر شدن کاتالیزی بوتادیان به کمک فلز سدیم، تولید و توسعه یافت. در همین اوان با ابداع روش‌های پلیمر شدن امولسیون و سامانه‌های اکسایش-کاهش، انجام پلیمر شدن در دمای کم و رسیدن به وزن‌های مولکولی بسیار زیاد امکان‌پذیر شد. به کمک این روش‌ها، از پرمصرفترین لاستیک‌ها که از پلیمر شدن امولسیون استیرن و بوتادیان با نام بونا-اس به دست آمد و تولید وسیع تجاری با نام SBR شد. بیش از ۷۵ درصد از لاستیک تولیدی برای تهیه تایر مصرف می‌شود. در مشابهت با لاستیک بونا-اس، لاستیک بونا-ان از کوپلیمر شدن بوتادیان و آکریلونیتریل در سال ۱۹۳۵ تولید و عرضه شد.

در سال ۱۹۳۲ نخستین لاستیک سنتزی در مقیاس انبوه از پلیمر شدن کلروپرن که خود یک محصول شیمیایی بود، با روش پلیمر شدن امولسیون به دست آمد. برخلاف همه لاستیک‌های طبیعی، این ترکیب با روی اکسید پخت می‌شد و در برابر بسیاری از روغن‌ها مقاوم بود. در همین دهه، پلی‌ایزوبوتیلن با وزن مولکولی زیاد تولید شد. این پلیمر با وجود اینکه گرمانرم بود، ولی با افزودن اندکی ترکیبات دی‌اولفینی خاصیت ولکانش و کشسانی می‌یافت. این لاستیک به عنوان لاستیک بوتیل معرفی و در سال ۱۹۴۲ به‌طور تجاری تولید شد. در سال‌های بعد انواع هالوژن‌دار این لاستیک نیز ارائه شد.

در ۱۹۳۴ طی سال‌های جنگ جهانی دوم، لاستیک‌های پلی‌سولفید که در برابر روغن‌ها بسیار مقاوم بودند، ارائه شدند. ولی به علت خواص نه‌چندان مناسب، کم‌کم با انواع بهتر جایگزین شدند. با استفاده از کاتالیزگرهای زیگلر-ناتا کوپلیمرهای اتیلن و پروپیلن تهیه شدند.

با وجود نداشتن پیوند دوگانه، با افزودن اندکی از ترکیبات دارای دو پیوند دوگانه به الاستومر کشسان قابل ولکانش تبدیل شدند. این کوپلیمر با نام تجاری EPDM در سال ۱۹۶۳ در مقیاس تجاری وسیع تولید شد. این کاتالیزگرها نقش بسیار مهمی در تولید الاستومرهای گرمانرم ایفا کردند. به کمک این کاتالیزگرها، اتیلن و آلفا‌اولفین‌های کوپلیمر شده در دمای زیاد فراوری شده و در دمای معمولی مانند لاستیک ولکانش می‌شوند.

در سال‌های انتهایی جنگ دوم با ارائه روش تولید مستقیم

کلروسیلان‌ها، نخستین ترکیبات لاستیک‌های سیلیکونی معرفی و تولید شدند. لاستیک سیلیکون برای بسیاری از موارد ویژه مانند موارد بهداشتی یا ساخت زیست‌مواد استفاده می‌شود. در سال ۱۹۵۷ لاستیک‌های فلئوئوردار و کو و ترپلیمرهای حاوی فلئوئور ارائه شدند. ولکانش این نوع لاستیک‌ها با ترکیبات بیس‌فنول انجام گرفت و لاستیک حاصل دارای مقاومت شیمیایی و تحمل دمای زیاد بود. در سال ۱۹۷۵ الاستومرهای اتیلن-آکریلیک ارائه شدند که مقاومت گرمایی زیادی داشته و در برابر بسیاری از روغن‌ها مقاوم بودند. در دهه ۱۹۶۰ شرکت بایر اقدام به تولید لاستیک‌های پلی‌یورتان و اسفنج‌های انعطاف‌پذیر کرد.

از حدود ۲۹ میلیون تن تولید سالیانه الاستومرها تقریباً ۷۵٪ برای تایر و به‌طور کلی برای تولید قطعات انعطاف‌پذیر مصرف می‌شود. ترکیبات الاستومر یا لاستیک‌ها به‌علت پخت و تشکیل ساختار مولکولی شبکه‌ای و برخلاف پلاستیک‌ها قابلیت استفاده مجدد را ندارند و نمی‌توان آن‌ها را بازیافت کرد. این بدین معنی است که تجمع این مواد در طبیعت روزه‌به‌روز زیاده‌تر می‌شود. البته روش‌های استفاده مجدد از لاستیک تایر تا حد زیادی در حال انجام بوده، ولی حجم این فعالیت‌ها نسبت به ظرفیت تولید بسیار اندک است.

الیاف

مشخصه اصلی الیاف شکل رشته‌ای آن‌هاست که به معنی نسبت منظر (aspect ratio) یا طول به قطر بسیار زیاد است. امروزه الیاف اغلب به شکل طبیعی بهبود یافته، فراورش شده و سنتزی هستند. الیاف طبیعی مانند پشم و کتان دارای نسبت طول به قطر بیش از ۱۰۰۰ هستند. الیاف طبیعی دارای منشأ گیاهی یا حیوانی هستند. الیاف آلی از نوع کربن و الیاف معدنی مانند الیاف شیشه یا آزبست بزرگ‌مولکول‌های سیلیکاتی هستند. الیاف آلی سنتزی اغلب از نوع پلاستیک‌ها یا گرمانرم‌ها بوده که پس از ذوب ریخته می‌شوند. هر چند الیافی از پلیمرهای الاستومری گرماسخت نیز تولید می‌شود.

برای سده‌ها تمام الیاف استفاده شده بشر دارای منبع گیاهی و حیوانی بود. کمتر از یک سده است که الیاف مصنوعی تولید و روانه بازار شده است. ایده تولید الیاف مصنوعی (با منبع غیرگیاهی و غیرحیوانی) نخستین بار توسط Hooke در نشریه میکروگرافیا در سال ۱۶۶۵ مطرح شد. وی با میکروسکوپ، ساختار هندسی الیاف طبیعی را تشخیص داده بود. نخستین الیاف بر مبنای سلولوز نیترات توسط Swan تولید شد. مدتی بعد de Chardonnet در سال ۱۸۹۰ الیاف را بر مبنای سلولوز استات به‌عنوان ابریشم مصنوعی ارائه داد.

در سال ۱۸۹۴ الیاف ابریشم مصنوعی جدید با نام ویسکوز توسط Cross ارائه شد، اما تا سال ۱۹۰۳ تجاری نشد. تا سال ۱۹۲۴ الیاف حاصل از روش‌های مختلف بر مبنای سلولوز با نام تجاری رایون ارائه می‌شدند.

Carothers را به‌عنوان اولین مخترع الیاف سنتزی می‌شناسند. وی فعالیت‌های نظری و تجربی چشمگیری در زمینه پلیمرشدن تراکمی، به‌ویژه تولید پلی‌استرهای آلفاتیک و پلی‌آمیدها انجام داد. وی برای نخستین بار با ذوب و ریختن نایلون ۶،۶ این الیاف را برای جایگزین الیاف فولاد در تایر ارائه کرد. همزمان این الیاف برای تولید جوراب و سایر منسوجات استفاده شدند. در دهه ۱۹۳۰ نایلون ۶ و نایلون ۶،۶ به‌شکل تجاری عرضه شده بودند. مدتی بعد نایلون ۹ و نایلون ۱۰،۵ به‌شکل الیاف تهیه شدند. نایلون ۱۱ در سال ۱۹۴۴ و نایلون ۱۲ در سال ۱۹۵۹ در آلمان اختراع و تولید انبوه شدند. الیاف به‌دست آمده از پلی‌استر پلی‌اتیلن ترفتالات در سال ۱۹۵۳ به‌دست آمد.

با تولید پلیمر پلی‌آکریلونیتریل در سال ۱۹۴۰ و در کمتر از سه سال الیاف آن به‌عنوان نخستین الیاف آکریلیک و با نام اورلون وارد بازار شد. در دهه ۱۹۵۰ تعداد زیاد دیگری الیاف آکریلیک و مدارکریلیک (بهبود یافته) بر مبنای کوپلیمرهای آکریلونیتریل با ترکیباتی مانند وینیل کلرید، وینیلیدین کلرید و وینیلیدین سیانید ارائه شدند. در سال ۱۹۵۱ الیاف پلی‌وینیل الکل در ژاپن با نام وینیلون با روش ریختن محلول تولید شد.

با ابداع کاتالیزگرهای زیگلر-ناتا و تولید انبوه پلی‌پروپیلن، الیاف آن در سال ۱۹۵۷ تولید شد. مقاومت این نوع الیاف در برابر سایش و جرم‌گرفتگی همراه با هزینه کم تولید، آن‌ها را به‌عنوان ماده اصلی تولید بسیاری از الیاف با کاربردهای عمومی تا به امروز معرفی کرده است.

نخستین الیاف پلی‌آمیدهای آروماتیک یا آرامید در سال ۱۹۶۷ توسط شرکت DuPont ارائه و در دهه ۱۹۷۰ توسط روس‌ها و ژاپنی‌ها نیز تولید شد. شرکت DuPont در سال ۱۹۷۳ نوع دیگری از الیاف پلی‌آمید آروماتیک بر مبنای پلی‌پارافنیلن ترفتالامید به‌نام کولار (Kevlar) به تولید انبوه رسانید. خواص استثنایی و قابل مقایسه و حتی رقابت‌پذیر با بسیاری از الیاف باعث کاربرد آن در بسیاری از موارد ویژه مانند جلیقه‌های ضدگلوله یا مقاوم در برابر ضربه کرد. الیاف بر مبنای پلی‌بنزیمیدازول آروماتیک با خواص و کاربردهای استثنایی در سال ۱۹۸۳ تولید تجاری شدند.

الیاف کربن در ابتدای دهه ۱۹۶۰ به‌تولید رسید. از الیاف کربن نخستین بار برای استفاده به‌عنوان رشته لامپ در سال ۱۸۷۹ استفاده

شده بود. نخستین الیاف کربن از کربن دار کردن الیاف سلولوز، به‌ویژه رایون به دست آمده بود. در سال ۱۹۶۰ تولید الیاف کربن با استحکام و مدول زیاد از الیاف رایون و پلی‌آکریلونیتریل توسط شرکت یونیون کارباید تولید تجاری شد. همزمان تولید الیاف کربن از باقی‌مانده ترکیبات نفتی نیز توسعه یافت. الیاف کربن سهم بسیار عمده‌ای در تولید قطعات کامپوزیتی مقاوم، به‌ویژه در صنایع هوا-فضا و خودروسازی ایفا کرده است.

در اواخر دهه ۱۹۶۰ الیاف اسپندکس تولید و تجاری شد. این الیاف تا ۸۵٪ حاوی ترکیبات پلی‌یورتان بوده و دارای خاصیت کشسانی فوق‌العاده به‌همراه وزن سبک و مقاومت در برابر سایش هستند و برای تولید بسیاری از منسوجات استفاده می‌شوند. تولید الیاف در سده گذشته خود محصول فرایند تولید و ابداع محصولات پلیمری متعدد به‌عنوان زمینه کاربردی پلیمرها بوده است. مسلم است با تولید پلیمرهای جدید و متنوع‌تر، زمینه برای ساخت الیاف جدیدتر نیز فراهم خواهد شد.

کامپوزیت‌ها

کامپوزیت اصولاً به ترکیب دو یا چند ماده با خواص فیزیکی و شیمیایی مختلف گفته می‌شود که پس از ترکیب، ماده‌ای با ویژگی‌های متفاوت از هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده آن حاصل می‌شود. در کامپوزیت‌های پلیمری یک جزء اساسی رزین پلیمری است که به آن ماتریس گفته می‌شود. سایر اجزا به مقدار کمتر و برای وظیفه خاصی افزوده می‌شوند. استفاده از پلیمرهای طبیعی در تولید کامپوزیت، به تولید صفحات چندلایه و چسباندن آن‌ها به‌وسیله چسب‌های با منشأ حیوانی به مصر باستان بازمی‌گردد.

در سال ۱۲۰۰ میلادی، مغول‌ها با صمغ قطعات مختلف چوب‌های بامبو را برای تولید کمان به‌هم می‌چسباندند. اولین تولید قطعات کامپوزیتی بدون اطلاق نام کامپوزیت به آن‌ها، به استفاده از ترکیبات سلولوئید و باکلیت برای تولید قطعات مختلف در سده نوزدهم بازمی‌گردد. این پلیمرها همراه با مواد افزودنی متعدد پخت و قالب‌گیری شدند و محصول نهایی را تشکیل دادند. در سال ۱۹۳۰ میلادی الیاف شیشه توسط شرکت Corning ارائه شد. با به‌کارگیری این الیاف و رزین‌های پلی‌استر، پلیمرهای تقویت‌شده با الیاف (FRP) یا الیاف شیشه (GFRP) ارائه شد. این پلاستیک‌ها به‌راحتی قالب‌گیری و شکل‌دهی می‌شدند.

نیازهای جنگ دوم، تولید و استفاده پلیمرهای تقویت شده با الیاف شیشه را به تولید انبوه صنعتی رساند. خواص استحکامی

این مواد، ارزان‌قیمت بودن نسبت به فلزات، سبک بودن، آسانی شکل‌پذیری و مهم‌تر از همه سرعت تولید، آن‌ها را جایگزین بسیار مناسبی برای ساخت بسیاری از قطعات و بدنه هواپیما و ابزارهای نظامی گردانید. یک مشخصه بسیار مهم این مواد عبورپذیری نسبت به بسامدهای رادیویی بود که باعث شد تا برای اتاقک‌های ثابت و متحرک رادار استفاده شوند. در پایان جنگ دوم و برای یافتن کاربردهای غیرنظامی، از آن‌ها قایق‌های تفریحی ساخته شد. بازهم سبکی و مصرف کم انرژی برای تولید این مواد باعث گسترش کاربردها شدند. یک خودرو با بدنه کاملاً کامپوزیتی طراحی و در سال ۱۹۵۳ با نام Chevrolet Corvette به‌طور تجاری عرضه شد.

الیاف شیشه آغشته با رزین به‌آسانی شکل قالب را می‌گیرد و بدین‌ترتیب ساخت قطعات با هر نوع هندسه امکان‌پذیر شد. در دهه ۱۹۵۰ روش‌های متعدد ساخت کامپوزیت مانند پولتروژن و رشته‌پیچی ابداع و در مقیاس‌های بزرگ به‌کار گرفته شد. روش اخیر، به‌ویژه در کاربردهای هوا-فضا و نظامی در ساخت پره‌های هواپیما، بالگرد و دماغه پرتابه‌ها با استفاده از الیاف کربن به‌کار رفت. در کاربردهای غیرنظامی نیز کامپوزیت‌های الیاف کربن در ساخت قطعات خودرو، وسایل و تجهیزات ورزشی، لوازم ایمنی و بسیاری از وسایل دیگر استفاده شد. الیاف آرامید در کامپوزیت‌ها برای تولید کلاه‌خودهای ضدضربه، صفحات و جلیقه‌های ضدگلوله به‌کار رفت. با فروکشی تب فضا در دهه ۱۹۷۰ کاربردهای عمومی و غیرنظامی این مواد رو به گسترش نهاد.

در دهه ۱۹۹۰ پژوهشگران و صنعتگران این فناوری، پارادایم کامپوزیت را در دو حوزه گسترش دادند که هر دو هنوز در حال رشد و گسترش است. حوزه نخست کامپوزیت‌های هیبرید به معنای ترکیب ماتریس پلیمری آلی به همراه اجزای ترکیبات معدنی مانند سیلیکات‌ها در مقیاس مولکولی با الهام از طبیعت به‌عنوان کامپوزیت‌های طبیعی مانند چوب و استخوان است. حوزه دیگر، براساس اختلاط و توزیع اجزای افزودنی در مقیاس بسیار ریز و به‌طور یکنواخت در داخل ماتریس پلیمری است که به نانوکامپوزیت مشهور شده و هدف رسیدن به خواص نهایی دست‌یافتنی است.

امروزه قطعات و محصولات کامپوزیتی جایگزین بسیاری از قطعات فلزی و حتی پلاستیک‌های مهندسی شده و موجب کاهش هزینه‌های تولید شده‌اند و ملغمه‌ای از خواص گوناگون با کاربردهای متنوع و متعدد را به‌همراه آورده‌اند.

مراجع

در نگارش این مطلب از تعداد زیادی مرجع شامل مقاله، کتاب و صفحات اینترنتی استفاده شده است که برای اختصار به منابع زیر ارجاع می‌شود:

1. Feldman D., Polymer History, *Des. Monom. Polym.*, **11**, 1-15, 2008. DOI:10.1163/156855508X292383
2. Stahl G.A., *A Short History of Polymer Science*, Polymer Science Overview, *ACS Symposium Series*, **175**, Ch. 3, 25-44, 1981. DOI: 10.1021/bk-1981-0175.ch003
3. Ebewele R.O., *Polymer Science and Technology*, CRC, New York, 2000.

سنتر نانوپلیمرهای قالب مولکولی برای استفاده در سامانه‌های دارورسانی کنترل شده و جداسازی گزینشی مولکول‌های ویژه

اساتید راهنما: پیمان نجفی مقدم، جبار خلفی
دانشجوی دکتری: امیررضا فارغی
دانشگاه ارومیه، شهریور ۱۳۹۶

در این رساله، سه پژوهش در زمینه طراحی و سنتر پلیمرهای قالب مولکولی انجام گرفته که هر یک از آن‌ها دربرگیرنده نکات جدیدی در راستای رشد و توسعه این حوزه از شیمی پلیمر و فناوری آن است. در هر سه پژوهش از داروی فروزماید به عنوان مولکول الگو استفاده شده است. مهم‌ترین نکته در طراحی این سامانه‌ها، استفاده از آب به عنوان حلال واکنش است که تا کنون گزارش‌های معدودی در این زمینه منتشر شده است. استفاده از آب به عنوان حلال، با وجود قطبیت زیاد و امکان ایجاد اختلال در فرایند سنتر پلیمرهای قالب مولکولی، به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد و انکارناپذیر آن، همچنان به عنوان گزینه مطرحی برای جایگزینی با حلال‌های آلی مدنظر پژوهشگران قرار دارد. در پژوهش اول، سامانه‌ای با مرحله پیش‌ارایی بهبود یافته طراحی شده که در آن از یون‌های Fe^{3+} به عنوان واسطه میان مونومر اصلی و مولکول الگو استفاده شده است. ایجاد برهم‌کنش‌های قوی‌تر و مؤثرتر به دلیل وجود واسطه یون فلزی، به بهبود عملکرد پلیمر نهایی در بازجذب و گزینش مولکول الگو منجر شده است. در پژوهش دوم، با اصلاح سلولوز به عنوان پلیمر پایه و تبدیل آن به سدیم کربوکسی‌متیل سلولوز، سامانه پلیمری قالب مولکولی زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌سازگار طراحی شده که اساس آن شبکه‌ای شدن سدیم کربوکسی‌متیل سلولوز با استفاده از کومونومر و بدون دخالت عوامل شبکه‌ای‌کننده است. در پژوهش سوم نیز از سلولوز به عنوان پلیمر پایه استفاده شده است. اما شیوه اصلاح آن به گونه‌ای انجام یافته که حتی نیاز به کومونومر برای شبکه‌ای شدن نیز رفع شده است. گام اول در این پژوهش، تبدیل سلولوز به مشتق خودشبکه‌ای‌شونده، یعنی سلولوز اکریلات بود. سامانه زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌سازگار دوباره طراحی شده که عدم دخالت کومونومر یا هرگونه عامل شبکه‌ای‌کننده خارجی، ماهیتی کاملاً سلولوزی به آن بخشیده است. افزون بر شناسایی ساختار و مطالعه شکل‌شناسی سطح و رفتار گرمایی سامانه‌های پلیمری طراحی شده، مطالعات گسترده‌ای به منظور بررسی عملکرد آن‌ها در مقایسه با پلیمرهای غیرقالب مولکولی انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات آماس‌پذیری، اتصال تعادلی و گزینش‌پذیری اشاره کرد. در خاتمه، بارگذاری داروی فروزماید روی هر یک از نمونه‌ها و همچنین رهش برون‌تنی آن مطالعه و بررسی شد تا تفاوت میان پلیمر قالب مولکولی و همتای غیرقالب مولکولی آن در مواردی مانند درصد ظرفیت بارگذاری، مقدار بیشینه داروی رهش یافته و سرعت رهش دارو آشکار شود.

تأثیر شرایط فرایندی بر ساختار پیروکربن زیست‌سازگار تهیه شده به روش رسوب‌دهی شیمیایی بخار

اساتید راهنما: محمد یوسفی، محمد ایمانی
دانشجوی دکتری: زینب السادات شیخ‌الاسلامی
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، آسفند ۱۳۹۶

کربن پیرولیتیک (پیروکربن) از خون‌سازگارترین مواد کربنی است که با رسوب‌دهی شیمیایی فاز بخار (CVD) ترکیبات هیدروکربنی در دماهای بیش از ۱۰۰۰ K تهیه می‌شود. اما دما و انرژی زیاد مورد نیاز در فرایند CVD موجب افزایش هزینه تولید و محدودیت استفاده از بسیاری از زیرلایه‌ها می‌شود. بدین منظور و در هماهنگی با رویکرد جدید جهانی در زمینه تغییر منشأ ماده اولیه فرایندها به منابع تجدیدپذیر، در این پژوهش سعی شد تا با استفاده از کافور ($C_{10}H_{16}O$) به عنوان منبع کربنی غیرسمی با منشأ طبیعی، ارزان و در دسترس و از همه مهم‌تر تجدیدپذیر، کربن پیرولیتیک در دماهای کمتر از دماهای معمول تهیه شود. انتظار می‌رود، فشار زاویه‌ای موجود در ساختار دوحلقه‌ای کافور موجب تسهیل تجزیه آن در دماهای کمتر و نسبت عددی کربن به هیدروژن تقریباً زیاد کافور (حدود ۴۰٪) نیز به افزایش بهره‌وری سامانه کمک کند. بدین منظور، رسوب‌دهی کربن پیرولیتیک حاصل از پیرولیز کافور بر قطعاتی از جنس گرافیت و کوارتز انجام شد. سپس، با کمک آزمون‌های رامن، SEM، AFM، UV، XRD، زاویه تماس، نانوسختی سنجی، رسانش الکتریکی و زیست‌سازگاری، هویت، شکل‌شناسی، خواص سطحی، خواص مکانیکی و زیست‌سازگاری پوشش‌های حاصل بررسی و نتایج با نمونه تجاری دریچه مکانیکی قلب مقایسه شد. نتایج هویت‌شناسی تایید کرد، با استفاده از کافور و بدون نیاز به کاتالیزور حتی فشارهای کم، می‌توان پوشش‌های یکنواخت با مشابهت ساختاری زیاد با کربن پیرولیتیک در محدوده دماهای کم ($650-800^{\circ}C$) تهیه کرد. بر اساس نتایج طیف‌بینی رامن و داده‌های XRD، با افزایش دما از $650^{\circ}C$ به $800^{\circ}C$ ، اختلاف چشمگیری در L_0 و d_{002} مشاهده نشد و مقادیر L_0 و درصد بلورینگی به ترتیب از $2/40$ nm و $73/16\%$ تا $4/15$ nm و $87/58\%$ افزایش یافت. تصاویر SEM و AFM پوشش‌ها، سطحی صاف و آینه‌ای با محدوده ضخامت 10 nm - 10 μ m با زبری سطح $1/06-1/65$ nm را نشان داد. میانگین زاویه تماس پوشش‌های حاصل $87/59^{\circ}$ و انرژی آزاد سطح $39/47$ mN.m⁻¹ بود. خواص نانومکانیکی شامل مدول کشسانی، سختی و ضریب سایش پوشش‌ها به ترتیب در محدوده $39/38-33/01$ GPa، $4/86-4/50$ GPa و $0/08$ قرار داشت. افزایش دما موجب افزایش کمی در خواص مکانیکی شد. براساس مقاومت ویژه حاصل برای پوشش‌های کربن پیرولیتیک ($2/21 \times 10^{-5}$ Ω m) پیشنهاد شد، آن‌ها قابلیت دفع سلول‌های خونی را دارند و موجب انعقاد خون نمی‌شوند. این موضوع با انجام آزمون‌های سمیت سلولی و خون‌سازگاری در شرایط برون‌تنی تایید شد. در ادامه این پژوهش، اثر سه عامل فرایندی دمای پیرولیز، سرعت جریان گاز حامل و محل قرارگیری زیرلایه‌ها نسبت به محل کافور بر ریزساختار پوشش‌ها با روش طراحی آزمایش تمام‌عاملی (شامل ۳۶ آزمایش) بررسی و شرایط بهینه فرایند تولید کربن پیرولیتیک از کافور در محدوده دمای کم ($650-800^{\circ}C$) با هدف کاربرد در پوشش‌دهی کاشتنی‌های پزشکی تعیین شد. افزایش دما با افزایش بلوغ گازی و تبدیل مولکول‌های خطی کوچک به مولکول‌های آروماتیک چندحلقه‌ای بزرگ (PAH) در فاز گاز احتمال هسته‌گذاری این گونه‌های بزرگ را زیاد می‌کند. با افزایش تعداد دسته‌های گرافنی در ساختار نیز مقدار همسانگردی نهایی افزایش می‌یابد. افزایش سرعت جریان گاز، زمان ماند گونه‌های هیدروکربنی در فاز گاز را کاهش می‌دهد. در نتیجه امکان بلوغ گازی و تشکیل PAHهای بزرگ کاهش و در پی آن، رشد لایه‌ها در راستای طولی و نقص‌های درون‌صفحه‌ای افزایش می‌یابد. در پایان، دمای پیرولیز $750^{\circ}C$ ، سرعت جریان 15 mL.min⁻¹ گاز حامل و فاصله 30 cm برای محل قرارگیری زیرلایه نسبت به محل کافور به عنوان شرایط فرایندی بهینه

برای دستیابی به کربن پیرولیتیکی با بیشترین مقدار همسانگردی در خواص، مقدار و اندازه مطلوب بلورها و نزدیکترین مقدار مدولهای کشسانی و سختی به مقدار آنها در استخوان کورتیکال و نیز سلولسازگاری و خونسازگاری مناسب تعیین شد.

بررسی نظری و تجربی رفتار فازی آمیزه پلی‌وینیل کلرید-پلی‌کاپرولاکتون

استاد راهنما: زهرا مقصود
دانشجوی کارشناسی ارشد: رفعت رفتاری
دانشگاه فردوسی مشهد، بهار ۱۳۹۶

در پژوهش حاضر، رفتار فازی آمیزه پلی‌وینیل کلرید (PVC) و پلی‌کاپرولاکتون (PCL) با استفاده از روش‌های نظری و تجربی بررسی شد. مدل ترمودینامیکی محلول منظم تراکم‌پذیر (CRS) پیش از ساخت فیلم‌های مورد نیاز، به‌منظور پیش‌بینی رفتار امتزاج‌پذیری آمیزه PVC/PCL به‌کار گرفته شد. برای استفاده از مدل CRS، پارامتر انحلال‌پذیری PVC و PCL با روش سهم گروه‌های عامل محاسبه شد. در نتیجه، مقادیر واحدی برای پارامتر انحلال‌پذیری دو پلیمر به‌دست نیامد. نتایج نمودار فازی حاصل با هر زوج پارامتر انحلال‌پذیری، رفتار کاملاً امتزاج‌ناپذیری یا امتزاج‌پذیر جزئی با رفتار UCST را در محدوده دمایی وسیع نشان دادند. بنابراین، برای یافتن مقدار دقیق و مشخص پارامتر انحلال‌پذیری هر یک از اجزای خالص، روش گرانروی سنجی محلول رقیق پلیمری استفاده شد. نتایج حاصل مقدار پارامتر انحلال‌پذیری PVC و PCL را به‌ترتیب $21.03 \text{ J}^{0.5}/\text{cm}^{1.5}$ و $19 \text{ J}^{0.5}/\text{cm}^{1.5}$ گزارش کرد. با توجه به مدل CRS رفتار فازی آمیزه UCST با دمای بحرانی حدود 325°C پیش‌بینی شد. بررسی صحت پیش‌بینی رفتار فازی با کمک سه روش تجربی گرانروی سنجی، FTIR و DSC انجام یافت. در روش گرانروی سنجی، به‌جز دو پارامتر α و KH بقیه دارای مقادیر منفی در همه ترکیب درصدها و نشانگر امتزاج‌ناپذیری دو پلیمر بود. در حالی که شناسایی پیک مربوط به گروه کربونیل برای همه ترکیب درصدها با استفاده از FTIR نشانگر وجود پیوند هیدروژنی قوی میان PVC و PCL و در نتیجه احتمال امتزاج‌پذیری آنها در دمای محیط بود. افزون بر این، وجود یک مقدار دمای انتقال شیشه‌ای برای آمیزه‌ها بین دمای انتقال شیشه‌ای هر یک از پلیمرهای خالص در آزمون DSC تأییدی بر امتزاج‌پذیر بودن دو پلیمر در دمای محیط بود. همچنین، نتیجه گرفته شد، بیشترین و کمترین مقدار بلورینگی به‌ترتیب برای نمونه PCL خالص و PVC/PCL با ترکیب درصد ۵۰:۵۰ رخ داده است. برای اولین بار در تعیین نمودار فازی تجربی آمیزه PVC/PCL از روش رنومتري به‌دلیل برتری آن نسبت به سایر روش‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمون رفتار LCST با دمای بحرانی حدود 195°C را نشان داد. در نهایت نتیجه‌گیری شد، مدل CRS با وجود سادگی و استفاده از خواص اجزای خالص در پیش‌بینی نمودار فازی بسیاری از آمیزه‌های پلیمری پرکاربرد، به‌دلیل فرضیات به‌کار رفته در آن، حساسیت زیاد به ترم پارامتر انحلال‌پذیری و وجود پیوند هیدروژنی قوی بین PVC و PCL در پیش‌بینی رفتار فازی آمیزه حاصل از آنها ناکام است. همچنین نشان داده شد، با وجود استفاده زیاد از روش گرانروی سنجی در بررسی امتزاج‌پذیری آمیزه‌ها، این روش به‌علت در نظر نگرفتن برهم‌کنش‌های پلیمر-حلال در سامانه، دقیق و قابل استفاده نیست.

تهیه لاتکس فوتوکرومی بر پایه نانوذرات کوپلیمر آکرلیک حاوی اسپیرونفتوکسازین و بررسی ویژگی‌های نورپاسخگویی آن

اساتید راهنما: علیرضا مهدویان، حمید صالحی مبارکه
دانشجوی کارشناسی ارشد: سمیرا سنجابی
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، بهار ۱۳۹۶

ترکیبات فوتوکرومی به‌دلیل تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی آنها به‌شکل برگشت‌پذیر با تابش نور فرابنفش، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. پلیمرها به‌دلیل ماهیت آب‌گریز خود می‌توانند از این ترکیبات در برابر تخریب‌های محیطی محافظت کنند. این ترکیبات می‌توانند با دپوشدن وارد ماتریس‌های پلیمری شوند. اما این روش به‌دلیل عدم وجود اتصالات شیمیایی میان ترکیب فوتوکرومی و ماتریس پلیمری مناسب نیست. برای کاهش مشکلات ناشی از افت خواص و نشت رنگ، با توجه به اهمیت اتصال شیمیایی بین رنگ و ماتریس پلیمری، کوپلیمر شدن مونومر آکریلاتی این ترکیبات به همراه سایر کومونومرها مورد توجه است. با توجه به مزایای اسپیرونفتوکسازین‌ها، این ترکیبات برای استفاده در این پژوهش انتخاب شدند. اگرچه همچنان کنترل خواص فوتوکرومی مواد بر پایه اسپیرونفتوکسازین و افزایش قابلیت استفاده از آنها باوجود مزایای فراوان، در دمای محیط مشکل جدی است. در این پروژه، لاتکس حاوی نانوذرات کوپلیمر آکرلیک اسپیرونفتوکسازین برای اولین بار تهیه شد، به‌نحوی که قابلیت پاسخگویی سریع به نور را در دمای محیط، افزون بر دمای کم دارد. بدین منظور، ابتدا عامل رنگزای فوتوکرومی اسپیرونفتوکسازین (SNO) که دارای گروه عاملی هیدروکسیل بود، طی دو مرحله واکنش سنتز شد. پس از خالص‌سازی در یک مرحله واکنش با آکرلیویل کلرید، به‌صورت مونومر آکریلاتی (SNO-Ac) اصلاح شیمیایی شد. ساختار شیمیایی محصولات با فنون FTIR و $^1\text{H-NMR}$ شناسایی شد. در مرحله بعد، مونومر فوتوکرومی (SNO-Ac) با سایر مونومرهای متیل‌متاکریلات (MMA)، بوتیل آکریلات (BA) و آکرلیک اسید (AA) به‌روش پلیمر شدن مینی‌امولسیون کوپلیمر شدند. در این پروژه، دیدگاه تهیه نانوذرات پلیمری فوتوکرومی از لاتکس بر پایه SNO-Ac و بررسی ویژگی‌های فوتوکرومی آنها بود. برای بررسی پدیده فوتوکرومی، ترکیب SNO در حلال‌های مناسب حل شده و خواص جذبی آن پیش و پس از تابش نور فرابنفش، با طیف‌سنجی UV-Vis بررسی شد. پیش از تابش نور فرابنفش با طول موج 365 nm ، هیچ جذبی در ناحیه $450-650 \text{ nm}$ برای هیچ یک از نمونه‌ها مشاهده نشد. پس از قرارگیری نمونه‌ها زیر تابش نور UV (365 nm)، پیک جذبی در ناحیه 610 nm برای نمونه‌ها ظاهر شد. اندازه ذرات تهیه شده با کمک تجزیه DSL در محدوده $94-64 \text{ nm}$ تعیین و شکل‌شناسی آنها با آزمون‌های SEM بررسی شد. نمونه PL-MSN-3 به‌عنوان نمونه بهینه انتخاب و خواص گرمایی آن با تجزیه‌های گرمایی DSC و TGA مطالعه شد. نانوذرات بهینه قابلیت مشاهده تغییر رنگ در دمای محیط را نشان دادند که این قابلیت ردیابی در دمای محیط، نقطه برتری در تهیه ترکیبات بر پایه SNO است. این نخستین بار است که نانوذراتی با چنین قابلیتی تهیه شده‌اند.

محرشی کتاب



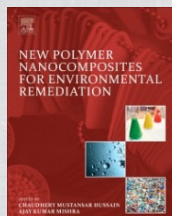
نانوکامپوزیت‌های پلیمری نوین برای محیط زیست پالایی

سال انتشار: ۲۰۱۸

ویراستاران: Chaudhery Mustansar

Hussain, Ajay Kumar Mishra

ناشر: Elsevier



در کتاب نانوکامپوزیت‌های پلیمری نوین برای محیط زیست پالایی، به پیشرفت‌های اخیر در زمینه توسعه خواص مواد، روش‌های ساخت و کاربردهای آن‌ها در پالایش آلوده‌کننده‌ها و حسگری و آشکارسازی آلاینده‌ها به‌طور خلاصه پرداخته شده است. در این کتاب، پژوهش‌های جاری درباره چگونگی استفاده از نانوکامپوزیت‌های پلیمری در محیط زیست پالایی، شرح مفصلی از مسائل زیست‌محیطی عمده و خواص مواد کلیدی و پلیمرها یا نانوکامپوزیت‌های موجود با قابلیت حل این مشکلات، ارائه می‌شود. همچنین کتاب حاضر، ساختار مولکولی پایه پلیمرهای استفاده شده در کاربردهای زیست‌محیطی، سم‌شناسی، صرفه اقتصادی و تحلیل چرخه عمر نانوکامپوزیت‌های پلیمری و ظرفیت آتی کاربردهای این مواد را دربرمی‌گیرد. برخی از عنوان‌های فصل‌های این کتاب به شرح زیر است:

- نانوفناوری در علوم پلیمر،
- روش‌های مختلف سنتز نانوکامپوزیت‌های پلیمری،

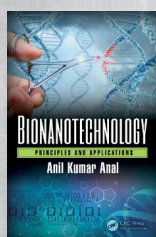
- مدل‌ها و رویکردهای نظری به نانوکامپوزیت‌های پلیمری،
- نانوکامپوزیت‌های پلیمری برپایه نانومواد کربنی برای محیط زیست پالایی،
- نانوکامپوزیت‌های پلیمری مغناطیسی برای محیط زیست پالایی،
- سم‌شناسی نانوکامپوزیت‌های پلیمری،
- جنبه‌های اقتصادی نانوکامپوزیت‌های پلیمری در محیط زیست،
- مسائل قانونی نانوکامپوزیت‌های پلیمری در محیط زیست و
- نانوکامپوزیت‌های پلیمری آینده سبز و پایدار.

زیست‌نانوفناوری: اصول و کاربردها

سال انتشار: ۲۰۱۸

نویسنده: Anil Kumar Anal

ناشر: CRC Press



این کتاب با موضوع مورد علاقه و بسیار مهمی در همه بخش‌ها، شامل زیست‌پزشکی، مواد غذایی، کشاورزی، انرژی و محیط زیست سروکار دارد. سامانه‌های زیستی در نانوفناوری ضروری بوده و کاربردهای نوین فراوانی با تقلید از سامانه‌های طبیعی در حال گسترش هستند. به‌منظور دستیابی به این هدف از جنبه مهندسی، در کتاب زیست‌نانوفناوری به تبیین جزئیات فرایندهای ساخت نانومقیاس و زیست‌شناسی سلولی پرداخته می‌شود. همچنین، مقدمات زیست‌شناسی و شیمی با تمرکز خاص بر

اولین نمونه در نوع خود است که به همه موضوعهای مرتبط به شکل متمرکز پرداخته است. کامپوزیت‌های تولیدی از الیاف طبیعی و زیست‌رزی‌ها، پیشرفت‌ها و پیش‌بینی ظرفیت‌های نانوکامپوزیت‌های پلیمر-اکسید فلز: از سنتز آزمایشگاهی تا تجاری‌سازی، بینش زیست‌پزشکی زیست‌کامپوزیت‌های برپایه پروتئین و لیپید، زیست‌کامپوزیت‌های برپایه الیاف طبیعی: مفاهیم و کاربردهای زیست‌پزشکی، کامپوزیت‌های برپایه جلبک و کاربردهای آن‌ها و زیست‌نانوکامپوزیت‌ها: تعریف، کاربرد و پیشرفت‌های اخیر بعضی مباحث مطرح شده در این کتاب هستند.

پلی اوره

سال انتشار: ۱۳۹۶

نویسندگان: مهدی باریکانی، فهیمه عسکری
ناشر: انجمن علوم و مهندسی پلیمر



پلی‌اوره‌ها پلیمرهای ویژه‌ای هستند که به دلیل خواص فوق‌العاده از جمله پخت سریع حتی در دماهای زیر صفر، عدم حساسیت به رطوبت، سختی، انعطاف‌پذیری، مقاومت در برابر آب و استحکام کششی و شیمیایی، در صنایع مختلف کاربردهای فراوانی یافته‌اند. ساختار پلی‌اوره‌ها و کوپلی‌اوره‌ها بر خواص شیمیایی و مکانیکی آن‌ها موثر است.

این مواد دارای فعالیت و بلورینگی زیاد هستند که انحلال‌پذیری را محدود و فراوری آن‌ها را دچار مشکل می‌کند. از آنجا که پلی‌اوره‌ها افزون بر خواص پیش‌گفته از زیبایی ظاهری و بهبود ساختاری نیز برخوردارند به‌عنوان پوشش استفاده می‌شوند. پلی‌اوره‌های خطی در لاک‌ها، جلاها، پوشش‌ها و سامانه‌های قالب‌گیری تزریقی واکنشی به‌طور گسترده به‌کار برده می‌شوند. گروه‌های عاملی اوره در برابر مواد شیمیایی و حلال‌ها مقاوم هستند. به‌همین دلیل می‌توان آن‌ها را به‌عنوان غشا نیز به‌کار برد. پلی‌اوره‌ها و پلی‌یورتان‌اوره‌ها به‌دلیل زیست‌سازگاری در ساخت تجهیزات پزشکی و اعضای مصنوعی کاربرد دارند. پلی‌اوره‌ها با برخورداری از خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب، وزن مخصوص کم، پایداری درخورد توجه در محیط اسیدی و قلیایی و قابلیت رنگ‌پذیری، به‌عنوان الیاف نیز قابل استفاده هستند.

در کتاب حاضر ساختار، خواص شیمیایی و فیزیکی و روش‌های سنتز پلی‌اوره‌ها و کوپلی‌اوره‌ها به‌تفصیل بحث شده و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف به‌عنوان پوشش، غشا، غلظت‌دهنده، میکروکپسول و تجهیزات پزشکی به‌طور خلاصه ارائه شده است.

چگونگی رفتار مولکول‌ها در نانومقیاس برای مهندسان شرح داده شده و تحلیل می‌شود. هدف نویسنده تأمین دانش گسترده‌تری از روش‌های زیستی انتقال سیگنال و سامانه‌های تشخیص مولکولی و نحوه تکرار آن‌ها در کاربردهای زیست‌حسگری است. با خواندن کتاب می‌توان ساختارهای پایه و برهم‌کنش‌های زیست‌درشت‌مولکول‌ها را در توسعه ابزارهای زیست‌تخریب‌پذیر و دوستدار محیط زیست آموخت.

این کتاب در نه فصل به بررسی نانوفناوری و زیست‌مواد سلولی، زیست‌مولکول‌های سلولی نانو ساختاری و تبدیل آن‌ها در مفهوم زیست‌نانوفناری، ژنوم‌شناسی و زیست‌نانوفناوری، مهندسی پروتئین و زیست‌نانوفناوری، زیست‌نانوساخت و زیست‌نانوآبزار در مهندسی بافت و پیوند سلولی، شکل‌های دوز ره‌ایش‌یافته برپایه نانو ساختار در داروسازی، مواد غذایی و آرایشی و نانوذرات، زیست‌میانجی‌ها، تشخیص مولکولی و زیست‌ویژگی پرداخته می‌شود.

زیست کامپوزیت‌ها: کاربردهای زیست‌پزشکی و زیست محیطی

سال انتشار: ۲۰۱۸

ویراستاران: Shakeel Ahmed, Saiqa Ikram,

Suvaradhan Kanchi, Krishna Bisetty

ناشر: Pan Stanford



زیست‌کامپوزیت‌ها که از ماتریس و تقویت‌کننده الیاف طبیعی ساخته می‌شوند، اغلب ساختار مواد زنده را تقلید کرده و استحکام ماتریس را در کنار زیست‌سازگاری نشان می‌دهند. با برخورداری از تجدیدپذیری، ارزانی، قابلیت بازیافت و زیست‌تخریب‌پذیری، توجه به آن‌ها در کاربردهای صنعتی و بنیادی رشد سریعی یافته است.

در این کتاب، روی کامپوزیت‌های برپایه الیاف به‌کار رفته در کاربردهای زیست‌پزشکی و زیست‌محیطی تمرکز دارد. بررسی جامعی از زیست‌کامپوزیت‌ها، براساس مقالات موجود با توجه ویژه به کاربردهای مختلف زیست‌پزشکی و زیست‌محیطی انجام شده است. در این منبع طراحی‌های مکانیکی و جنبه‌های تولید انواع کامپوزیت‌های با ماتریس پلیمری الیافی شرح داده شده و نمونه‌هایی از سنتز و توسعه زیست‌نانوکامپوزیت‌ها و کاربردهای آن‌ها بیان شده است. برخلاف سایر آثار در زمینه نانوزیست‌کامپوزیت‌ها که معمولاً به اصول، روش‌های مختلف سنتز و کاربردهای این مواد محدود می‌شوند، این کتاب