

سنتز خودبه خود شبکه‌های پلیمری همگن

منجر می‌شوند.

به گفته سرپرست گروه پژوهشی آن‌ها سامانه‌ای را ارائه کرده‌اند که در آن از تفاوت‌های سینتیکی واکنش برای ایجاد مواد بسیار پایدار استفاده می‌شود.

با استفاده از تنها یک کاتالیزگر و اختلاط ساده واکنشگرها، آن‌ها توانسته‌اند که زنجیر را پیش از آغاز پیوندزنی عرضی رشد دهند و بدین ترتیب شبکه‌های دارای پلیمرهای با توزیع وزن مولکولی باریک به وجود آورند.

با ایجاد توازن میان پلیمرشدن سریع مونومرهای انتخابی با فرایند پیوندزنی عرضی کند، آن‌ها به واکنش خودبه‌خودی دست‌یافته‌اند که ماتریس همگن منظمی را به وجود می‌آورد. ژل پایدار حاصل خواص پاسخگویی به محرک کنترل‌شده‌ای در برابر دما و ترکیب حلال نشان می‌دهد. این پژوهشگران مدعی هستند، پلیمرهای شبکه ژلی که دارای توزیع وزن مولکولی باریک هستند موجب تشکیل ماده‌ای پایدارتر و کارآمدتر می‌شوند. نتایج این پژوهش در نشریه NPG Asia Materials به چاپ رسیده است.

<https://phys.org/news>

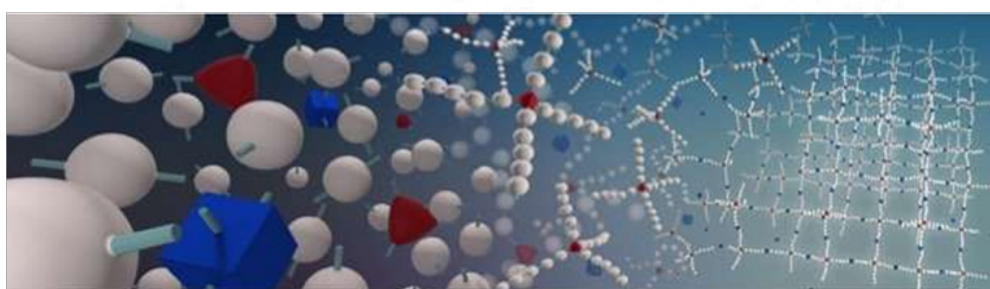
منبع:

پژوهشگران دانشگاه Nagoya نوعی سنتز شبکه پلیمری خودبه‌خود توسعه داده‌اند که موجب تهیه ژلی با پلیمرهای دارای توزیع وزن مولکولی باریک می‌شود. شبکه‌های ژل خواص تورمی نشان می‌دهند که به دما و غلظت حلال پاسخگو هستند. فرایند گزارش شده قابلیت تهیه آسان مواد بسیار با کیفیتی را دارد که از خواص کامل ژل پلیمری مانند رهایش پایدار، پاسخگویی به محرک و غربالگری مولکولی برخوردارند.

ژل‌های پلیمری در پزشکی، مهندسی عمران، معماری و اکتشافات فضایی کاربردهای گسترده‌ای دارند. جذابیت آن‌ها در قابلیت تهیه مواد عامل‌دار با خواص ثابت از روش‌های ساده و تکرارپذیر، نهفته است.

هرچند تمام ژل‌ها قابلیت داشتن ترکیبی از آسانی روش تهیه و عملکرد مطلوب را ندارند. اکنون گروهی از پژوهشگران در دانشگاه Nagoya فرایندی را ایجاد کرده‌اند که ترکیبی از فرایند آسان خودبه‌خود و وزن مولکولی زیاد کنترل‌شده برای تولید مواد کارآمد است. این طرز تهیه ژل پلیمری، آن را برای بسیاری از کاربردها جالب توجه ساخته است. اگرچه واکنش‌های کنترل‌کننده‌ای که بتواند طی آن‌ها مولکول‌های پلیمر با طول یکسان رشد کنند و با روش منظمی شبکه‌ای شوند هنوز مورد چالش است.

طی سرهم‌شدن مونومرها، ناپایداری در ساختار می‌تواند ایجاد شود و شاخه‌دارشدن کوتاه پدید آید که هر دو به موادی بی‌کیفیت

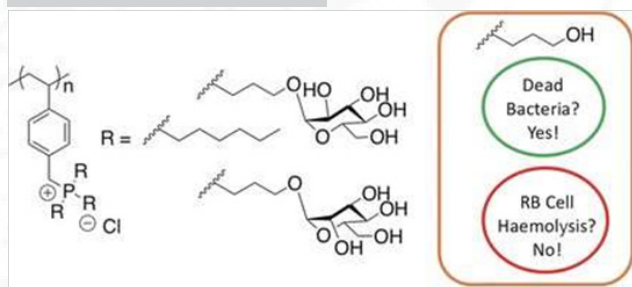


پلیمرهای فسفونیومی آب‌دوست با فعالیت ضدباکتری و گزینش‌پذیری شگفت‌آور

نقطه‌نظر را به چالش می‌کشد.

نمک این پلیمر هیچ‌گونه زنجیرهای آلکیل آب‌گریز ندارد، اما به عنوان زیست‌کش بسیار موثر عمل می‌کند. اکنون به نظر می‌رسد که

پلیمرهای مصنوعی نظیر پپتیدهای آنتی‌بیوتیک نیازمند دو حوزه آب‌دوست و آب‌گریز در ساختار مولکولی هستند. اکنون پژوهشگران کانادایی نوعی پلیمر فسفونیومی سنتز کرده‌اند که این



استفاده شود.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که زنجیرهای آلکیل آب‌گریز گروه‌های عاملی موثری برای افزایش قابلیت سلول‌کافتی در پلیمرهای نمک فسفونیوم نیستند. در عوض پژوهشگران بر زنجیر اصلی پلی‌استیرنی یا گروه آب‌گریز پایانی پلیمرهای سنتزی به‌عنوان ایفا کننده نقش تاکید دارند. این یافته‌ها نیازمند پژوهش‌های بیشتری است و به‌نظر می‌رسد مدل‌های ایجاد شده تاکنون نیازمند بازنگری هستند. نتایج این پژوهش در نشریه Angewandte Chemie International Edition به چاپ رسیده است.

<https://phys.org/news>

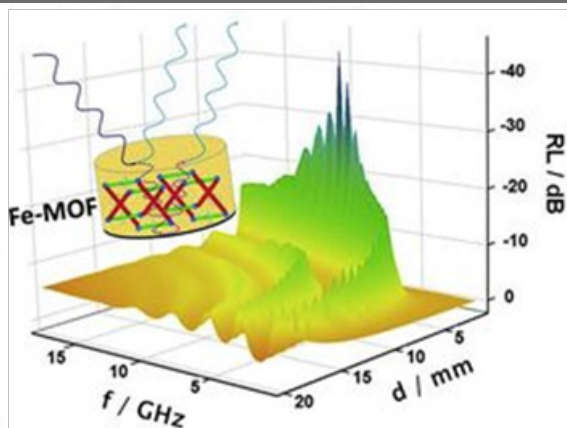
منبع:

راهبردهای موجود درباره پلیمرهای آنتی‌بیوتیکی نیازمند ارزیابی مجدد هستند.

دانشمندان برای مبارزه با باکتری‌های بسیار مقاوم و کشف آنتی‌بیوتیک‌های جدید، به‌طور فزاینده‌ای در حال طراحی و کشف پلیمرهای مصنوعی کوتاه‌زنجیر هستند. از آنجا که پلیمرهای هدف باید آنتی‌بیوتیک‌های پپتیدی قوی را تقلید کنند، پژوهشگران روی پلیمرهای دارای فسفر یا همان پلی‌فسفونیوم‌ها تمرکز کردند. ساختار مولکولی این پلیمرها شامل یک زنجیر اصلی هیدروکربنی و یک مرکز فسفر با بار مثبت در هر واحد تکرار شونده است.

موازنه میان زنجیرهای آلکیل آب‌گریز و بارهای مثبت برای چسبیدن موثر به سلول‌های باکتری و گسیختن غشای آن‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است. انتظار می‌رود که زنجیرهای کوتاه الکلی هیدروکسی پروپیل هیچ‌گونه خاصیت آب‌گریزی به ترکیب پلی‌فسفونیوم ندهد. مقدار تخریب سلول‌های قرمز خون به‌وسیله این پلیمرها نمایانگر گزینش‌پذیری دارو در برابر سلول‌های پستانداران است. از این‌رو در نظر است تا پلی‌فسفونیوم با گروه‌های هیدروکسی اصلاح شده به‌عنوان کنترل

چهارچوب‌های فلز-آلی جاذب میکروموج



فریک نترات $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ ، ۲، ۳، ۵، ۶-ترامتیل-۴،۱-بنزن دی‌کربوکسیلیک اسید (TMBDC) و ۴،۱-دی‌آزابی‌سیکلو[۲۰۲۰۲] اکتان (DABCO) مخلوط در N_2N -دی‌متیل فرامید (DMF) در دمای معمولی سنتز می‌شود. پودر قرمز متمایل به قهوه‌ای حاصل، از ذرات بی‌شکل در اندازه میکرومتر تشکیل می‌شود که در آن یون‌های فلز به‌وسیله لیگاندهای ستونی TMBDC و DABCO به یکدیگر متصل شده‌اند. هنگامی که این Fe-MOF با میکروموج بمباران می‌شود، اتلاف بازتاب زیادی (۵۴/۲ dB)

موادی که تداخل الکترومغناطیسی میان اجزای الکتریکی را در مدارهای الکترونیکی پیشرفته کاهش می‌دهند و به آشکارسازی هواپیماها، کشتی‌ها و سایر جنگ‌افزارهای نظامی رادارگریز کمک می‌کنند، مبتنی بر جذب میکروموج هستند. اکنون پژوهشگران برای نخستین بار نشان داده‌اند، چهارچوب‌های فلز-آلی (MOF) بر پایه آهن از خواص جذب میکروموج برخوردارند. MOFها مواد کامپوزیتی بسیار متخلخلی هستند که از لیگاندهای آلی یا مولکول‌های متصل‌شونده با یون‌ها یا خوشه‌های فلزی ساخته می‌شوند. شبکه کوئوردینانس حاصل، ساختاری سه‌بعدی با مساحت سطح و حجم منافذ بسیار زیاد را تشکیل می‌دهد که برای برخی کاربردها نظیر کاتالیز، حسگری، دارورسانی و ذخیره گاز مورد توجه واقع شده است.

خواص جذب میکروموج بسیاری از مواد، از کربن در تمام اشکال آن تا پلیمرهای رسانا، اکسیدهای فلزی مختلف و کامپوزیت‌ها بررسی شده‌اند که به‌نظر می‌رسد این خواص در آن‌ها ناشی از اتلاف‌های دی‌الکتریکی مغناطیسی است. پژوهشگران بر این باورند که نوعی سازوکار تداخلی نوین برای MOFها مطرح است. Fe-MOF از

نشان می‌دهد که نشانگر بازده جذب بیش ۹۹/۹۹٪ است.

ضخامت بهینه لایه در حدود ۲/۶۵ mm بوده که باریک‌تر از ناحیه بسامد میکروموج محافظت شده در برابر ردیابی رادار است. برخلاف سایر مواد جاذب میکروموج، مشاهدات پژوهشگران نشان می‌دهد، آسایش الکتریکی در ماده به جای آسایش مغناطیسی، حاکی از خواص جذب میکروموج Fe-MOF است. به گفته پژوهشگران چرخش گروه‌ها یا نواحی قطبی در Fe-MOF موجب جذب درخور توجه میکروموج می‌شود. در واقع، هنگامی که میکروموج‌ها از قسمت جلویی لایه Fe-MOF به پشت آن بازتاب می‌یابند، تداخل

فراوان، به اتلاف و جذب میکروموج منجر می‌شود.

Fe-MOF در مقادیر زیاد به آسانی از واکنشگرهای در دسترس و با قیمت مناسب در شرایط ملایم تهیه می‌شود و می‌توان آن را روی هر جسم نیازمند محافظت از ردیابی رادار یا تداخل الکترومغناطیسی پوشش داد. به گفته سرپرست این طرح، این پژوهش زمینه کاربردهای نوینی را به روی مواد MOF می‌گشاید و در عین حال آن را به عنوان نامزدی نویدبخش برای جاذب‌های میکروموج معرفی می‌کند.

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

منبع:

چسب ساختاری برای کارهای زیر آب

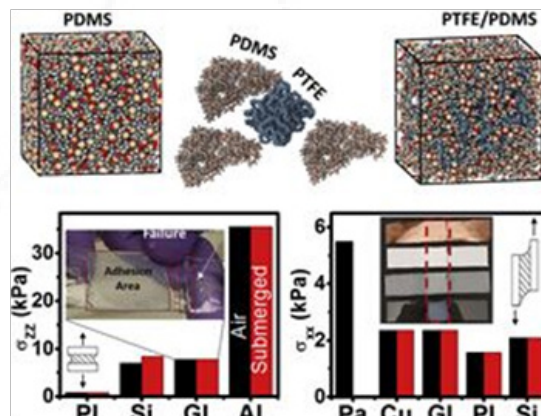
جزء مایع چسب سطوح را به‌طور موثر تر می‌کند تا سطح در دسترس بین‌سطحی را میان دوجزء به حداکثر برساند. این کار موجب می‌شود تا نیازی به زمان گیرش چسب نباشد. این راهکار برای بسیاری از مواد مشابه و متفاوت نظیر شیشه‌ها، فلزات و سرامیک‌ها تا کاغذ و زیست‌مواد کاربرد دارد. خواص مکانیکی اتصالات حاصل نیز بسیار درخور توجه است.

به گفته سرپرست گروه پژوهشی این چسب تحت کشش برگشت‌پذیری خوبی دارد، اغلب به مواد متعددی به‌طور خودبه‌خود می‌چسبد و در هوا و آب به خوبی عمل می‌کند. این نخستین بار است که چسبی از شرایط پنج‌گانه آسانی، برگشت‌پذیری، خوبه‌خودی، فراگیری و دوزیستی برخوردار است. در حال حاضر این چسب مورد توجه شرکت‌های تولیدکننده مواد زیست‌پزشکی قرار گرفته است، زیرا افزون بر سایر خواص آن زودچسبی در مواد زیستی حائز اهمیت است.

چسباندن سطح مواد مختلف به یکدیگر در کاربردهای متعدد از صنایع الکترونیکی تا زیست‌پزشکی امری حیاتی است، اما یافتن چسبی که بتواند خودبه‌خود در شرایط مرطوب یا تر عمل کند، کار دشواری است. اکنون گروهی از پژوهشگران بر این باورند، به نوعی چسب ساختاری دست یافته‌اند که در هر شرایط هوا و زیر آب به خوبی عمل می‌کند.

این چسب مخلوطی ساده از مقادیر مساوی پلیمرهای مایع و جامد است. هنگامی که این دو جزء با هم مخلوط می‌شوند، پلی‌دی‌متیل سیلوکسان (PDMS) مایع میان ذرات جامد پلی‌تترافلوئورواتیلن (PTFE) که دارای قطری در حدود ۲۰۰ nm هستند، نفوذ کرده و هر دو پلیمر به هم متصل می‌شوند. تفاوت الکترونگاتیویته قوی در سطح مشترک دو پلیمر، عمدتاً میان اتم‌های فلوئور در PTFE و اتم‌های هیدروژن در PDMS، برهم‌کنش دوقطبی-دوقطبی قوی را القا می‌کند که موجب می‌شود تا بتوان چسب را چندبار استفاده مجدد کرد.

منبع: <http://www.materialstoday.com/materials-chemistry/>



ایجاد پلیمرهای باکتری کش با نور

ضدمیکروب‌های تجاری (مانند پنی‌سیلین) بر مبنای بازدارندگی فرایندهای سلولی کلیدی عمل می‌کنند. گروه پژوهشگران این طرح، پپتیدهای دفاع میزبان را جایگزین کردند. این پپتیدها، ضدمیکروب‌هایی با طیف گسترده بوده و با شکستن غشای باکتری عمل می‌کنند. به گفته سرپرست طرح، بسیاری از افراد موفق به تقلید پپتیدهای ضدمیکروبی به کمک پلیمرها شده‌اند، اما مرحله محدودکننده تعداد ترکیب‌های مختلف قطعه‌های ساختاری است که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

پژوهشگران پلیمرها را با روشی تهیه کرده‌اند که در پایان برای اختلاط مستقیم پلیمرها با باکتری‌ها از روایات استفاده می‌شود. در نتیجه، آن‌ها توانسته‌اند به فعالیت‌های غیرمنتظره‌ای دست یابند. پژوهشگران دریافته‌اند که بهترین ماده همان‌طور که تخمین زده می‌شود ممکن است نتواند باکتری را شکست دهد، اما رشد آن را باز می‌دارد.

نتایج این پژوهش در نشریه Chemistry-A European Journal به چاپ رسیده است.

www.sciencedaily.com/releases/2018

منبع:

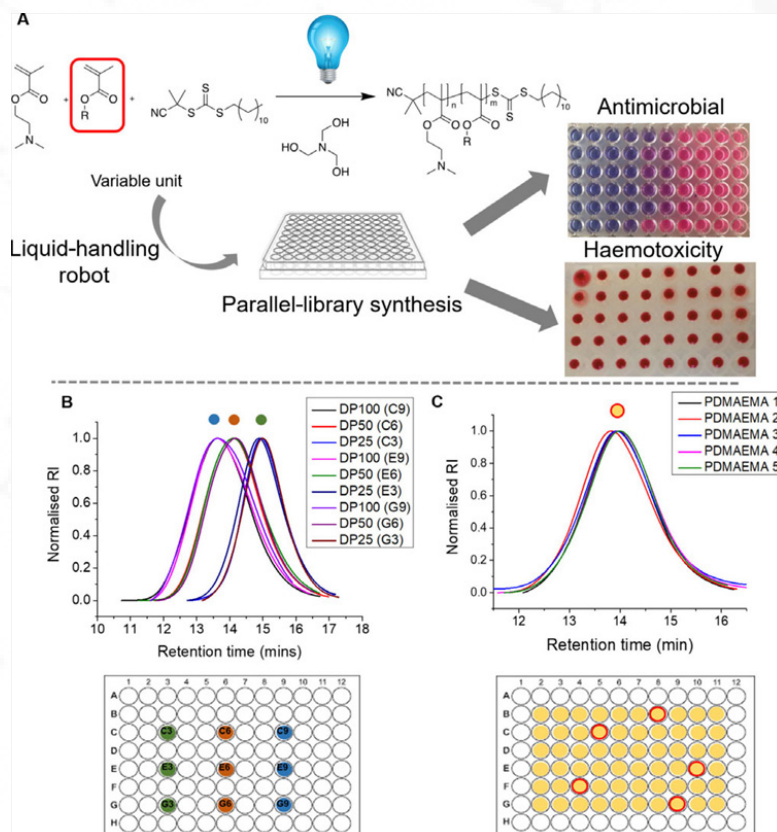
پژوهشگران دانشگاه Warwick موفق شدند با ابداع نوعی روش نوین صدها پلیمر که می‌توانند ابر میکروب‌های مقاوم به دارو را از بین ببرند تهیه و بیازمایند.

روش‌شناسی جدید به تشخیص ضدمیکروب‌ها برای گستره‌ای از کاربردها، از مصارف شخصی تا پوشش‌ها، کمک می‌کند. پژوهشگران دانشکده شیمی دانشگاه Warwick روش سنتزی را ابداع کرده‌اند که به کمک آن می‌توان مجموعه بزرگی از پلیمرها را برای تشخیص فعالیت ضدمیکروبی آن‌ها با روشی سریع‌تر از استفاده از ویال‌های مجزا شده غربالگری کرد.

با استفاده از قطعه‌های ساختاری چندگانه در پلیمرها، ضدمیکروب‌های جدید تشخیص داده می‌شوند، که ظاهراً می‌توانند بازدارنده رشد باکتری باشند.

مواد ضدمیکروب، نه‌تنها برای درمان بیماری و عفونت‌های داخلی ضروری هستند، بلکه در محصولات بهداشتی و مراقبت شخصی مانند عدسی‌های تماسی و شامپوها، مواد غذایی یا کرم‌ها نیز لازم‌اند.

مقاومت روزافزون به ضدمیکروب‌ها، ضرورت و نیاز به توسعه راه‌حل‌های نوین برای رفع عفونت‌های میکروبی را می‌طلبد.



پیشینه دانش پلیمر

مجید غیاث

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

مقدمه

پیشرفت در دانش و مهندسی هرگز کاملاً یکنواخت یا طبق روال یا نظم نبوده است. در دبیرستان و دانشگاه، دانش‌آموزان و دانشجویان اغلب به این باور می‌رسند که نه تنها دانش توسعه منظم داشته، بلکه مطلب مهمی برای کشف نمانده است. واقعیت این است که دانش همواره افتان و خیزان با ایده‌های ارائه شده توسط کسانی پیشرفت می‌کند که جهان را متفاوت مشاهده می‌کنند. اینان اغلب با سختی درحال به پیش راندن ایده‌های خود هستند تا افق جدیدی را نمایان سازند. پیدایش و شکل‌گیری یک گفتمان علمی قابل اطمینان، نیازمند شکل‌گیری و هم‌راستایی عوامل بسیاری است. لازم است، مجموعه‌ای منسجم از پدیده‌های قابل مشاهده فراهم شود تا برای درک حقیقت و ماهیت آن‌ها پاسخ‌های جدید ارائه شود. امروزه دانش پلیمر، مجموعه علمی چندرشته‌ای قدرتمند متشکل از دانشمندان، مهندسان، فناوران، کارآفرینان و صنعتگران حوزه‌های وسیع علمی ریاضیات، فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی و مهندسی‌های شیمی، مواد، مکانیک و نساجی و سایر زمینه‌های متعدد است. آنچه که این مولفه‌های به‌ظاهر متنوع را با یکدیگر پیوند می‌دهد، این باور است که دنیا متشکل از موادی است که با مفهوم ساختاری درشت‌مولکول توضیح داده می‌شوند. آنچه که پلیمر نامیده می‌شود.

مفهوم پلیمر

واژه پلیمر برای نخستین بار توسط جونز ژاکوب برزلیوس (Jöns Jacob Berzelius) شیمیدان سوئدی در سال ۱۸۳۳ به معنای چندبخشی یا چندجزئی به‌کار رفت. وی واژه ایزومر را برای دو ماده با ترکیب دقیق شیمیایی یکسان، ولی با خواص متفاوت به‌کار برد. او همچنین دو نوع ایزومر را تشریح کرد. حالت اول، ایزومر دو ماده با فرمول شیمیایی یکسان که تفاوت خواص آن‌ها به تفاوت در نحوه آرایش اتم‌ها مربوط است (مانند متیل استات و اتیل فرمات هر دو با فرمول شیمیایی $C_3H_6O_2$). حالت دوم به موادی با ترکیب شیمیایی نسبی یکسان از عناصر مربوط بوده که تفاوت خواص آن‌ها در تعداد کل اتم‌های موجود در ساختار مولکولی است (مانند استیلن و بنزن که فرمول شیمیایی نسبی هر دو C_2H_2 است). این تفاوت امروزه به‌عنوان وزن مولکولی شناخته می‌شود. برزلیوس برای حالت دوم واژه پلیمر را به‌کار برد. با گسترش و توسعه شیمی آلی در دهه‌های ۴۰ و ۵۰ قرن نوزدهم این مفهوم مهجور و فراموش

شد تا در سال ۱۹۲۲ هرمان اشتادینگر (Hermann Staudinger) مفهوم درشت‌مولکول را برای مولکول‌های زنجیری شکل ارائه داد. با وجود تفاوت منطقی بین مفاهیم درشت‌مولکول و پلیمر، تا به امروز واژه پلیمر به ترکیبات آلی (و حتی غیرآلی) دارای تعداد زیاد اتم متصل به یکدیگر اطلاق می‌شود. در سال ۱۸۵۷ فردریک آگوست ککوله (Friedrich August Kekulé) با ارائه نظریه ساختار شیمیایی، راه را برای معرفی و ارائه شناسایی ترکیبات شیمیایی آلی بر مبنای مفهوم کربن چهارظرفیتی هموار ساخت. وی افزون بر ارائه فرمول بسته حلقه بنزن، این فرضیه را مطرح کرد که زیست‌ماده‌ها مانند سلولوز، نشاسته و پروتئین‌ها، که امروزه به‌عنوان پلیمرهای طبیعی شناخته می‌شوند، ممکن است از مولکول‌های طویل و بلند ساخته شده باشند که باعث ایجاد خواص ویژه در آن‌ها می‌شود. در سده نوزدهم مطالعات پلیمرها در دو شاخه مجزای پلیمرهای طبیعی و ساخت پلیمرهای سنتزی پیش رفت. از نخستین فعالیت‌ها در این زمینه تولید ترکیبات متراکم اکسی اتیلن با فرمول $HO(C_2H_4O)$

H توسط لورنسو (Lourenco) در سال ۱۸۶۰ بود. وی توانست ترکیبات تا $n=6$ را تهیه و با تقطیر خالص، مشخصات آن‌ها را تعیین کند. مشاهده شد، هر قدر مقدار n بیشتر باشد، دمای جوش و گرانیوی ترکیب افزایش می‌یابد. وی پیش‌بینی کرد، با افزایش n به مقدار زیاد به ماده تقطیرناپذیر و البته با ساختار پیچیده‌تر می‌توان رسید. ترکیب شیمیایی عنصری این مواد یکسان بود. وی برای نخستین بار مفهوم تراکم (condensation) بین‌مولکولی را مطرح کرد. مدتی پس کراوت (Kraut) ساختار خطی ترکیبات دو، چهار و هشت‌تایی استیل سالیسیلیک اسید را تولید کرد. وی نشان داد، در هر مرحله از واکنش تراکم، درجه تراکم بین‌مولکولی یا تعداد مولکول‌های اولیه دو برابر می‌شود. شیف (Schiff) و کلپل (Klepl) از هیدروکسی بنزوئیک اسید، ترکیب پلی‌سالیسیلید را تهیه کردند. پیوتی (Piutti) از مت‌آمینوبنزوئیک اسید ترکیب پلیمری به‌دست آورد که احتمالاً نخستین پلیمر ساخته شده توسط بشر است.

ماسکولس (Musculus) و مایر (Meyer) با اندازه‌گیری سرعت نفوذ بعضی از انواع نشاسته و دکسترین در سال ۱۸۸۱ و مقایسه آن با سرعت نفوذ واحدهای ساختاری آن‌ها، یعنی مولکول گلوکوز نتیجه گرفت، این مواد ترکیب پلیمری (چندواحدی) از مولکول ساده اولیه هستند. البته در آن زمان اندازه‌گیری تعداد این واحدها امکان‌پذیر نبود. پس از تدوین قانون راولت برای تعیین فشار بخار محلول و ارتباط آن با وزن مولکولی ماده حل‌شونده، در سال ۱۸۸۸ برای وزن مولکولی آمیلودکسترین (ترکیبی ناشی از آبکافت نشاسته) عدد ۳۰۰۰۰ به‌دست آمد. برای بسیاری از محصولات مشابه به‌دست آمده از نشاسته با روش‌های مختلف اعدادی در همین حدود گزارش شد. بدین ترتیب، مفهوم وزن مولکولی بسیار زیاد برای مولکول‌های سنگین متشکل از قرار گرفتن تعداد زیاد واحدهای ساختاری اولیه ارائه تأیید شد.

نظریه تجمع

نخستین و عمده‌ترین تلاش برای توجیه رفتار پلیمرهای طبیعی (گرانیوی، نفوذناپذیری و وزن مولکولی زیاد) توسط توماس گراهام (Thomas Graham) با ارائه نظریه تجمع (association theory) در سال ۱۸۶۱ انجام گرفت. در این نظریه فرض می‌شود، ترکیبات با وزن مولکولی زیاد یا مولکول‌های بزرگ، از اجتماع ذرات یا واحدها یا مولکول‌های کوچک‌تر در کنار یکدیگر تشکیل می‌شوند که به‌کمک نیروهای جاذبه بین‌مولکولی می‌توانند اجتماع بزرگی را تشکیل دهند. وی این مجموعه ذرات را کلئید نامید. این نظریه توسط جوانز تیل (Johannes Thiele) توسعه داده شد و

به‌سرعت در محافل علمی گسترش یافت. عقیده بر این بود که نیروی جاذبه بین بخش‌های مختلف مولکول‌ها که از نوع جاذبه واندروالسی ضعیف است باعث کنار هم قرارگرفتن مولکول‌های کوچک می‌شود.

برای پلیمرهای سنتز شده باور بر این بود که پیوند دوگانه موجود در مولکول باعث اجتماع فیزیکی آن‌ها و گسترش اندازه می‌شود و اساساً مفهوم واکنش شیمیایی بین مولکول‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. بدین ترتیب حتی تولید پلیمرها نیز با این نظریه توضیح داده می‌شد. نتیجه اصلی این نظریه این بود که در فرایند تشکیل مولکول‌های بزرگ از مولکول‌های کوچک مونومری، ساختار شیمیایی مونومر تغییر نمی‌کند. این نظریه بسیاری از خواص و رفتارهای پلیمرهای طبیعی را توجیه می‌کرد. از نتایج فیزیکی دیگر این نظریه محدودیت وزن مولکولی کلئیدها به حد نهایی ۳۰۰۰۰ بود.

گرانیوی این ترکیبات نیز با فرض تشکیل اجتماعات کروی یا شبه‌کروی از ذرات کوچک‌تر در کنار یکدیگر توجیه می‌شد. بعضی نتایج این نظریه با مطالعات تابش ایکس نیز تأیید شد. با وجود اینکه این نظریه چندان در تشریح ساختار شیمیایی پلیمرهای سنتزی قوی نبود، ولی پذیرش آن و یک‌تازی مفهوم و کاربرد آن برای پلیمرهای طبیعی هیچ عرصه‌ای را برای ارائه سایر نظریه‌ها و توجیه وزن مولکولی زیاد، به‌ویژه برای یک مولکول منفرد را باز نگذاشت. زمان و آزمایش‌های بیشتری نیاز بود تا نظریه‌های جدید بر مفاهیم پذیرفته شده کهن غلبه یابد.

شیمی لاستیک

لاستیک به‌عنوان پلیمری طبیعی (محصول منعقدشده شیرابه نوعی درخت) از جنگل‌های آمریکای جنوبی وارد اروپا و آمریکا شد. جوزف پریستلی (Joseph Priestly) به‌طور تصادفی دریافت که قطعه لاستیک می‌تواند نوشته‌های زغالی روی کاغذ را پاک کند و از این رو واژه رابر به معنای پاک‌کننده به آن اطلاق شد. مطالعات ساختار شیمیایی روشن کرد، لاستیک دارای فرمول شیمیایی C_5H_8 بوده و وزن مولکولی ۶۰۰۰-۱۲۰۰۰ برای آن به‌دست آمد که البته با نتایج آن دوران چندان سازگار نبود. تجزیه لاستیک نیز به ترکیب با فرمول شیمیایی مشابه می‌رسید که آن را ایزوپرن نامیدند. همچنین مشخص شده بود، ایزوپرن دارای پیوند دوگانه است.

هریس (Harries) و پیکلز (Pickles) پیشنهاد دادند، لاستیک از اتصال واحدهای تکراری ایزوپرن به‌طورکوالانسی تشکیل شده است. بدین ترتیب نخستین گام در مفهوم تشکیل زنجیر مولکول برداشته شد.

مفهوم درشت مولکول

در سال ۱۹۱۰ اشتادینگر با پلیمر شدن ایزوپرن، متوجه تفاوت خواص محصولات به دست آمده با وزن های مولکولی متفاوت، با محصول طبیعی شد. به طور طبیعی این تفاوت ها را با وزن مولکولی محصول به دست آمده از پلیمر شدن مرتبط ساخت. تا قبل از وی تلاش های مربوط به پلیمر شدن یا تولید مواد پلیمری سنتزی مانند تولید پلیمر از وینیل کلرید با تابش نور در سال ۱۸۷۲ یا تولید ماده ژل مانند از استیرن در سال ۱۸۹۲ که خود از صمغ درخت به دست می آمد، فعالیت هایی منفرد و پراکنده بود. اشتادینگر با مطالعه اسلوبمند پلیمر شدن مونومرها به مشاهده خواص پلیمرها پرداخت. وی نتیجه پژوهش های چندساله خود را در زمینه پلیمر شدن استیرن و ایزوپرن، هیدروژن دار کردن پلیمر به دست آمده از پلیمر شدن ایزوپرن و واپلیمر شدن لاستیک، در مقاله ای با عنوان Über Polymerization به معنای پلیمر شدن در سال ۱۹۲۰ منتشر ساخت و در آن برای نخستین بار فرمول زنجیر خطی متشکل از اتصال پیوندهای کووالانسی بین واحدهای مونومری را برای ترکیب پلیمری نشان داد. وی نشان داد، برخلاف نظریه رایج کلئیدها، تشکیل پلیمر با وزن مولکولی زیاد از اتصال کووالانسی بین اتم ها در یک واکنش شیمیایی انجام می شود و خواص اصلی پلیمرها ناشی از تشکیل زنجیر بزرگ و نه اجتماع واحدهای کوچک است. دو سال بعد در سال ۱۹۲۲ وی در مقاله ای با عنوان Über Isopren und Kautschuk یا ایزوپرن و لاستیک در نشریه علمی Helvetica Chimica Acta برای نخستین بار لفظ درشت مولکول را به معنای زنجیر طولانی از اتصال کووالانسی واحدهای مونومری به کار برد. بدین ترتیب، مفهوم پلیمر و مولکول های بزرگ در شیمی آلی وارد شد. با وجود ارائه نظریه درشت مولکول از طرف اشتادینگر، از آنجا که جامعه علمی به شدت طرفدار نظریه کلئید بود و به علت حل نشدن چند موضوع اصلی در این مفهوم، قبول این نظریه بیش از سه دهه طول کشید. زمان و مستندات بیشتری برای قبولاندن نظریه جدید و دست برداشتن از مفاهیم نادرست کهن لازم بود.

شواهد بیشتر

دو مسئله مهم در باره پلیمرهای طبیعی و سنتزی مطرح بود که باعث وقفه در مقبولیت ایده اشتادینگر مبنی بر درشت مولکول یا زنجیر مولکولی بود. نخست به دست آوردن ساختار شیمیایی مولکول ها بود. از زمان ککوله و مرسوم شدن نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبات و تعیین ظرفیت هر اتم، به دست آوردن فرمول برای ترکیبات ساده بسیار روش آسان و مناسبی بود. در ابتدا و برای به دست آوردن

ساختار مولکولی ترکیبات پلیمری با ۲، ۴ واحد تکراری یا بیشتر از شکل حلقه ای استفاده می شد. علت استفاده از شکل بسته نخست به خاطر غلبه تفکر و جذابیت ساختار حلقوی بنزن بود. دیگر اینکه تنها با ساختار حلقوی می توان ظرفیت کووالانسی اتم های انتهایی را تکمیل کرد. افزون بر این، ساختار حلقوی مطابق با نظریه کلئید بود. بنابراین، مشکلی در تشریح ساختار پلیمرها به وجود نمی آمد. با فرض حلقه حداکثر ۸ واحد تکراری، افزون بر محدودیت وزن مولکولی خواص اجتماع کلئیدی آن ها نیز حفظ می شود. مطالعات دهه های ۳۰ و ۴۰ و فعالیت های فلوری در تشریح سازوکار پلیمر شدن و فرض های مهم واکنش های اختتام و انتقال، مشکل تکمیل ظرفیت اتم های کربن انتهایی را حل کرد.

مسئله دوم، نتایج مطالعات بلورنگاری تابش ایکس بود. تابش ایکس برای تعیین ساختار بلوری ترکیبات معدنی با دقت و اطمینان بسیار به کار می رفت. ولی برای مولکول های آلی با ایجاد الگوهای پراکندگی خاص نیاز به توصیف دقیق تری داشت. ایده زنجیر طولانی اشتادینگر در تناقض آشکار با فرضیات و نتایج بلورنگاری بود. بر حسب تجربه این فرض به عنوان اصلی مسلم پذیرفته شده بود، هر مولکول یک واحد ساختاری یا d سلول را درون شبکه بلوری اشغال می کند که طول این سلول دقیقاً مشابه طول مشخصه مولکول بود و یک مولکول نمی تواند از واحد سلول خود بزرگ تر باشد. در واقع این تعریف از نتایج الگوهای بلوری ترکیبات معدنی استخراج و تعمیم داده شده بود. مطالعات تابش ایکس قابلیت توضیح الگوهای پراکندگی پلیمرهای طبیعی از جمله نشاسته و سلولوز را نداشت، ولی برخلاف آن نتایج برای واحد ساختاری آن ها یعنی گلوکوز کاملاً هماهنگ بود. با وجود این، تلاش ها برای رفع این مشکل ادامه یافت.

میکائیل پولانی (Michael Polanyi) نتایج الگوی پراکندگی سلولوز را در تطابق با فرض قرارگیری دو حلقه گلوکوز در یک واحد سلول توجیه کرد. بریل (Brill) نمودار پراکندگی الیاف ابریشم را تهیه و نشان داد، هر سلول واحد، هشت آمینواسید را جای می دهد. هنگستنبرگ (Hengstenberg) ساختار زنجیری پلی اکسی متیلن را با تفسیر نمودار پراکندگی و اختصاص چهار واحد اکسی متیلن در یک سلول توجیه کرد. بدین ترتیب فرض اولیه هر واحد ساختار شیمیایی در یک سلول نقض شد. افزون بر این مشخص شد، عکس برداری با تابش ایکس می تواند به عنوان روش بسیار مطمئن و دقیق در تشریح ساختار مواد با وزن مولکولی زیاد استفاده شود. بدین ترتیب تا دهه های ۳۰ و ۴۰ پلیمرهای بسیاری از مونومرهای وینیل استات، متیل ارتوسیلیکات، آکرلیک

اسید و مشتقات آن، اتیلن، وینیل کلرید و سایر مونومرها تهیه و ساختار شیمیایی آن‌ها به کمک نظریه درشت‌مولکول اشتادینگر و مطالعات تجربی تابش ایکس تعیین شد.

سه رویداد بزرگ

از زمان انتشار اولین مقالات در زمینه پلیمر تا اعطای جایزه شیمی نوبل در سال ۱۹۵۳ به اشتادینگر و شناسایی رسمی و علمی شیمی درشت‌مولکول‌ها، نزدیک به نیم سده پیشرفت‌های درخور ملاحظه برای تشریح ساختار مولکولی پلیمرهای طبیعی و سنتزی انجام شده است. سه رویداد یا گردهمایی در این بازه زمانی به عنوان نقاط عطف شکل‌گیری و گسترش دانش پلیمری رخ داده است. این رویدادها، گردهمایی دانشمندان آلمانی در دوسلدروف در سال ۱۹۲۶، گردهمایی موسسه فارادی در کمبریج در سال ۱۹۳۵ و اولین کنفرانس پلیمر آیوپاک در سال ۱۹۴۸ در بلژیک بود.

گردهمایی در دوسلدروف اساساً برای جبهه‌گیری و مقابله با اشتادینگر، طراح اصلی نظریه مفهوم درشت‌مولکول‌ها به عنوان زنجیرهای بلند بود. اغلب شرکت‌کنندگان مخالف نظریه وی بودند یا از سر محافظه‌کاری و علاقه به نظریه کلوئیدی گراهام چندان تمایلی به ایده اشتادینگر نداشتند. با وجود این، اشتادینگر با ارائه جدیدترین دستاوردهایش از نظریه خود دفاع کرد. لحظه مهم این کنفرانس ارائه نتایج پژوهشی هرمان مارک (Hermann Mark) بود. وی با دقت و جزئیات نشان داد، در شرایط خاص یک مولکول شیمیایی می‌تواند فضایی بزرگ‌تر از سلول واحد بلوری را اشغال کند یا حتی بزرگ‌تر از آن باشد. مطابق مشاهدات و تجربیات بلورنگاری تابش ایکس، طول سلول پایه برای پلیمرهای طبیعی مانند سلولوز کوچک است و حداکثر وزن مولکولی در این سلول می‌تواند ۱۰۰۰ باشد. سخنرانی‌های پس از هرمان مارک نیز به تایید نتایج وی انجامید. با وجود فضای اولیه نه‌چندان دوستانه در کنفرانس، نتیجه این گردهمایی به مطرح شدن رقیب جدی برای نظریه کلوئید منجر شد. افزون بر این، فعالیت‌های اشتادینگر و سایرین الهام‌بخش پژوهشگران جوان در بررسی و تولید انواع پلیمرهای جدید، تشریح فرایندهای پلیمرشدن و گسترش هر چه بیشتر دانش شیمی درشت‌مولکول‌ها در دنیای علمی شیمی آلی شد. یک دهه پس از آن در گردهمایی کمبریج در زمینه پدیده‌های پلیمرشدن، پیشرفت‌های دانش جوان شیمی پلیمر ارائه شد. برخلاف گردهمایی دوسلدروف، این کنفرانس بین‌المللی بود و بیش از ۲۰۰ نفر در آن شرکت کردند. برای پژوهشگرانی که در زمینه سازوکار واکنش‌های پلیمرشدن، تعیین وزن مولکولی و خواص پلیمرها و

زمینه‌های کاربردی آن‌ها فعالیت می‌کردند، هیچ جای شکی در زمینه ساختار زنجیری درشت‌مولکول‌ها باقی نمانده بود. به کمک این نظریه حتی پژوهشگران قادر بودند، پلیمرهای جدید با وزن مولکولی مشخص طراحی کنند. شیمی درشت‌مولکول‌ها به دانشی تمام‌عیار با ابزارها و نظریه‌های قدرتمند و قابلیت گسترش به حوزه‌های کاربردی جدید تبدیل شده بود. دانشگاه‌ها و صنایع برای ورود به این میدان از نظر مفاهیم بنیادی و ارزیابی‌های کاربردی به رقابت می‌پرداختند. جزئیات اساسی سازوکار واکنش‌های پلیمرشدن مانند روش‌های متنوع تعلیقی و امولسیون و استفاده از روش‌های عکس‌برداری تابش ایکس و طیف‌سنجی زیرقرمز کاملاً تثبیت شده بود. مهمان‌های افتخاری این کنفرانس اشتادینگر بنیان‌گذار نظریه درشت‌مولکول‌ها، کاتز (Katz) به‌خاطر فعالیت‌های تجربی در زمینه بلورنگاری و والاس کاروترز (Wallace Carothers) به‌خاطر فعالیت‌های پژوهشی و صنعتی در زمینه پلیمرشدن تراکمی بودند. بسیاری از شرکت‌کنندگان این کنفرانس بعدها ستون‌های اصلی دانش و فناوری پلیمر در کشورها و موسسه‌های خود شدند.

با شروع جنگ جهانی دوم و نیاز به مواد جایگزین، گسترش کاربردی صنایع پلیمر و به دنبال آن مفاهیم بنیادی شتاب بیشتری گرفت. پس از جنگ، نخستین کنفرانس مربوط به دانش و مهندسی شیمی توسط اساتیدی برگزار شد که از ایالات متحده برای فرصت مطالعاتی به اروپا آمده بودند. فعالیت‌ها و ارتباطات این افراد در اروپای جنگ‌زده به تشکیل اولین سمپوزیوم بین‌المللی پلیمر در سال ۱۹۴۸ در بلژیک تحت نظارت آیوپاک و تشکیل کمیسیون تخصصی شیمی پلیمر در شاخه شیمی فیزیک منجر شد. بیشتر زمان کنفرانس به پیشرفت‌های انجام شده از کنفرانس کمبریج تا آن زمان، تجربیات حاصل از فناوری‌های به‌دست آمده در زمینه تولید انواع پلی‌اتیلن، نایلون یا پلی‌آمید، پلی‌استرها، روش‌های شناسایی ساختار پلیمرها مانند تابش ایکس، زیرقرمز تبدیل فوریه، زیرقرمز قطبی و آغاز استفاده از روش‌های رزونانس مغناطیسی و پراکندگی نوری و تابشی بود. این کنفرانس شروع همکاری منسجم دانشمندان آمریکایی و اروپای غربی و هم‌تایان آن‌ها از آلمان، ژاپن و شوروی در زمینه تشریح جزئیات زمینه‌های مهم پلیمرشدن افزایشی و تراکمی، کوپلیمرشدن‌های دسته‌ای و پیوندی، ساخت الاستومرها، فناوری‌های محصولات پلاستیکی و پوشش‌های پلیمری شد. با ساخت پلیمرهای متنوع، نیاز به روش‌های مناسب و مطمئن برای شناسایی احساس شد، تمام روش‌های موجود برای این کاربرد بهبود یافتند و حتی روش‌های جدید ابداع شد. روش‌های متنوع تجربی برای تولید پلیمرهای جدید و ابزارهای توانمند در دسترس

برای تشریح ماهیت ساختار این مواد، افق درخشانی را برای دانشمندان شیمی پلیمر و به‌ویژه پژوهشگران جوان این زمینه روشن ساخت.

دانش پلیمر و به‌ویژه ایده درشت‌مولکول که اشتادینگر حدود سه دهه پیش ارائه کرده و با بی‌مهری و دشمنی دانشمندان شیمی و حتی دوستان خود روبه‌رو شده بود، با صلابت از پس همه مشکلات برآمد و در زمینه شیمی عرض اندام کرد. دنیای علم تلاش‌های اشتادینگر را مورد توجه قرار داد و با اعطای نخستین جایزه نوبل شیمی در رشته پلیمر از وی قدردانی کرد. بدین ترتیب، دانش شیمی پلیمر شخصیت بزرگ یا به‌قول نیوتن غول بزرگی را به‌عنوان پشتیبان خود داشت که افزون بر الهام‌بخشی برای جوانان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، می‌توانست در دنیای هیجان‌انگیز شیمی درشت‌مولکول‌ها راحت‌تر و مجهزتر به ماجراجویی بپردازد.

مدل مارپیچ تصادفی

مفهوم مدل مارپیچ تصادفی (random coil model) برای نشان‌دادن ساختار شیمیایی و فیزیکی زنجیرهای بلند پلیمری توسط کاتز ارائه و با روش‌های عکس‌برداری تابش ایکس تایید شد. این مدل برای توجیه بسیاری از رفتارهای الاستومرها و مواد گرمانرم بی‌شکل به‌کار رفته است. نخستین پرسش منطقی یک فیزیکدان متخصص مواد، پس از قبول ایده انقلابی درشت‌مولکول یا ساختار زنجیری این بود که این زنجیر چه صورت‌بندی یا ساختاری در فضای سه‌بعدی اختیار می‌کند. آیا زنجیر ساختار خطی یا زیگزاگ خواهد داشت؟ اهمیت مسئله در این است که شکل فضایی زنجیر خواص فیزیکی پلیمر را توجیه می‌کند. اشتادینگر خود پلیمرهای بی‌شکل را به‌صورت میله تصور می‌کرد که در محلول یا حالت مذاب به‌طور موازی با یک‌دیگر قرار می‌گیرند. برای توجیه رفتار کشسان لاستیک نیز حالت فنرمانند را تصور می‌کرد.

مفهوم مارپیچ تصادفی با مطالعات تابش ایکس توسط کاتز در حالت آسودگی و انبساط و تعیین طول سلول واحد شکل گرفت. وی نشان داد، با توجه به خاصیت تناوبی ساختار زنجیر، هر سلول می‌تواند چند مونومر یا واحد تکراری را در خود جای دهد. در این مدل، هر پیوند کربن-کربن به‌عنوان یک قطعه (segment) در نظر گرفته می‌شود و هر قطعه با قطعه مجاور زاویه‌ای در حدود 105° می‌سازد. درجه آزادی حرکت چرخشی زنجیر حول محور پیوند کربن-کربن حالت‌های متنوع و مختلفی از آرایش فضایی را برای زنجیر ایجاد می‌کند. مدل مارپیچ تصادفی افزون بر توجیه ساختار فضایی، رابطه بین تغییر شکل مکانیکی لاستیک با ساختار

زنجیر پلیمری را مشخص کرد. طبق این نظریه، انقباض لاستیک پدیده‌ای انتروپیک و صرفاً مربوط به تغییر ساختار فضایی و نه یک پدیده آنتالپیک است. زنجیر مارپیچ انعطاف‌پذیر، حالت‌های بسیار متنوعی یافته و انتروپی صورت‌بندی زیادی دارد، ولی در حالت بی‌نهایت کشیده با فرض تشکیل مولکول استوانه‌ای بلند، انتروپی صورت‌بندی آن صفر می‌شود. سپس، مفهوم مارپیچ تصادفی برای تشریح رفتار شیشه‌ای گرمانرم‌ها در شکل قدم‌زدن تصادفی خوداجتنابی (self-avoiding random walk) زنجیر با قابلیت چرخش پیوندهای اصلی به‌کار رفت. این مدل با اندازه‌گیری‌های طول سر تا انتهای زنجیر، شعاع چرخش مولکول و ارتباط آن‌ها با وزن مولکولی، به‌ویژه در روش‌های پراکندگی نوری تطابق داشت. مدل مارپیچ تا به امروز بهترین مدل برای تشریح رفتار پلیمرهای بی‌شکل است. افزون بر مطابقت این مدل با نتایج تجربی مانند پراکندگی محلول‌های رقیق پلیمری و پراکندگی نوترونی زاویه کم، از لحاظ ریاضی و آماری با توجه به ساده بودن آن در بسیاری از مطالعات نظری و ریاضی استفاده شده است. از نتایج تاییدشده، رابطه جذر وزن مولکولی متوسط پلیمر با طول ابتدا تا انتهای زنجیر است. امروزه این مدل برای توجیه گرانروی محلول‌های رقیق، رئولوژی مذاب، نفوذ و تورم تعادلی در شبکه‌های پلیمری نیز استفاده می‌شود.

نظریه فلوری-هاگینز

نظریه شبکه فلوری-هاگینز (Flory-Huggins lattice theory) یا به‌عبارت دقیق‌تر نظریه آماری شبکه فلوری-هاگینز (FH) برای تعیین انرژی آزاد اختلاط محلول‌ها و آلیاژهای پلیمری بر مبنای استفاده از دیدگاه ترمودینامیک آماری و استفاده از شبکه منظم فضایی برای استقرار مولکول‌های حلال و پلیمر تدوین شده است. این نظریه از مهم‌ترین ابزارهای تجزیه و تحلیل ترمودینامیکی محلول‌های پلیمری است که برای مطالعات پایداری فازی و تعیین نمودارهای تعادل استفاده می‌شود. این نظریه نوع بهبودیافته نظریه شبکه محلول‌های ایده‌آل مولکول‌های سبک بوده که در ترمودینامیک مخلوط‌ها بحث شده است. این نظریه از دو بخش انتروپی مربوط به تعداد ساختارها یا استقرار مولکول‌های مخلوط دوجزئی در یک شبکه منظم و بخش آنتالپی مربوط به برهم‌کنش‌های بین دو مولکول تشکیل شده است. بخش انتروپی برای زنجیرهای طویل پلیمری و بخش آنتالپی نیز به‌صورت برهم‌کنش بین مولکول‌های حلال و قطعه‌هایی از زنجیر پلیمر اصلاح شد. فلوری و هاگینز در دهه ۱۹۱۰ به‌طور مستقل در باره ترمودینامیک محلول‌های دوتایی

منظم پلیمری پژوهش می‌کردند. در محلول‌های منظم، اختلاط اجزا کاملاً تصادفی و بدون هرگونه ارجحیت یا تمایز مولکولی انجام می‌شود. در ترمودینامیک مخلوط‌ها با استفاده از روش‌های ترمودینامیک آماری و بر مبنای رابطه انتروپی بولتزمن، انرژی آزاد اختلاط از تعیین تعداد محتمل آرایش‌های فضایی دو مولکول در یک شبکه منظم تعیین می‌شود. این دیدگاه توسط مایر (Meyer) برای محلول‌های پلیمری استفاده شد. پس از وی هاگینز و سپس فلوری به‌طور هم‌زمان در باره رفتار و شکل فیزیکی زنجیر و مجموعه‌ای از زنجیرهای درون حلال مطالعه و به نتایج مشابهی رسیدند. این دو به‌فاصله چند ماه نتایج کار خود را منتشر ساختند که به‌سرعت مورد توجه سایر پژوهشگران قرار گرفت. این نظریه به مدل شبکه فلوری-هاگینز معروف بوده و تا به امروز استفاده فراوانی از آن شده است. برای تطبیق رفتار نظری با نتایج تجربی کلیه تصحیحات مربوط به مدل در پارامتر برهم‌کنش پلیمر و حلال لحاظ می‌شود. علت گسترش استفاده از این نظریه نیاز شدید به رابطه ترمودینامیکی یا معادله حالت برای محلول‌ها و آلیاژهای پلیمری بوده است. اهمیت این نظریه استخراج آن از مفاهیم بنیادی ترمودینامیکی و پشتوانه قوی ریاضی آن است. شاید بتوان گفت، در واقع تا به امروز این نظریه تنها معادله حالت ترمودینامیکی مبین رفتار فازی مواد پلیمری را به‌دست داده است. حتی اصلاحات و معادلات جدید مانند معادله سانچز-لاکامب (Sanchez-Lacombe, EOS) نیز از این معادله نتیجه شده است. این نظریه به‌سرعت در محافل علمی به نظریه فلوری-هاگینز با ترتیب نام‌گذاری بر حسب حروف الفبا مشهور شد. فلوری ابتدا به موسسات و نشریات علمی و در کنفرانس‌ها اعلام کرد که نام هاگینز باید در ابتدا ذکر شود، چون مقاله وی چندی زودتر منتشر شده بود، ولی هاگینز بزرگوارانه با این نام موافق بود. وی اظهار داشت که فلوری پژوهشگری جوان و بلندپرواز است و این نام‌گذاری فرصت مناسبی برای رشد وی خواهد بود.

رابطه مارک-هاوینک

در دهه ۲۰ استادینگر و مارک یک رابطه بین وزن مولکولی و گرانشی محلول رقیق پلیمری بر مبنای رابطه بین گرانشی و غلظت ذرات کروی ارائه کردند که توسط انیشتین اثبات شده بود. استادینگر به‌نادرستی فرض کرده بود که زنجیر پلیمری استوانه‌ای شکل است. وی به رابطه‌ای رسید که در آن گرانشی ذاتی (گرانشی محلول بینهایت رقیق) متناسب با وزن مولکولی بود. از طرفی مارک با ایده مارپیچ تصادفی کاتز فرض کرد که

زنجیر پلیمری در محلول می‌تواند اشکال مختلف و نه الزاماً خطی را کسب کند و با استفاده از نتایج آماری توانست رابطه توانی بین گرانشی ذاتی و وزن مولکولی پلیمر به‌دست آورد که توان وزن مولکولی عددی کوچک‌تر از واحد بود. هم‌زمان هاوینک دانشمند هلندی که مدت‌ها در زمینه لاستیک پژوهش کرده بود نیز به نتایج مشابهی رسید. نتیجه این فعالیت‌ها ارائه معادله معروف مارک-هاوینک بود که در آن گرانشی ذاتی تابعی از وزن مولکولی متوسط گرانشی به توان یک عدد کمتر از $0/8$ و بیشتر از $0/5$ است. این معادله ابزاری قدرتمند و بسیار قابل اطمینان در تعیین وزن مولکولی پلیمرهای انحلال‌پذیر است. امروزه برای بسیاری از سامانه‌های پلیمر-حلال، مقادیر این پارامترها در مراجع درج شده است. این معادله بر مبنای نظریه‌های آماری و مقیاسی و مفهوم مدل مارپیچ نیز به‌دست آمده است. بنابراین، در مقالات و متون با نام‌های مختلف نامیده می‌شود.

وزن مولکولی ترکیبات پلیمری

برخلاف مولکول‌های ساده آلی، پلیمرهای سنتز شده وزن مولکولی یکسان و ثابتی نشان نمی‌دهند. نخستین مطالعات تجربی اندازه‌گیری وزن مولکولی پلیمر، شامل فشار اسمزی محلول پلیمر، رفتار گرانشی محلول و الگوهای پراکندگی تابش ایکس به نتایج متفاوت در گزارش وزن مولکولی منجر شد. افزون بر این، در فرایند پلیمرشدن اندک تغییری در شرایط تولید می‌تواند موجب تولید محصولات با خواص فیزیکی متفاوت شود که این خود تاییدی بر وزن‌های مولکولی متفاوت بود. افزون بر این، یکی از نخستین سوالات منطقی که با قبول نظریه زنجیر مولکولی یا درشت‌مولکول اشتادینگر ارائه شده است، این بود که طول زنجیر پلیمری چقدر بوده و آیا تمام زنجیرهای یک نمونه پلیمری طول یکسانی دارند؟ اگر رشد و طول زنجیر تابعی از مشخصات و پارامترهای مرحله تولید است، آیا این شرایط به تولید زنجیرهای یکسان منجر می‌شود. مطالعات سینتیکی و اثبات وجود و رخداد واکنش‌های اختتام و انتقال در زمان‌های مختلف واکنش، تولید زنجیرهای با طول متفاوت را تایید می‌کند. مطالعات آماری واکنش‌های پلیمرشدن تراکمی نیز به نحو کامل به‌وجود آمدن زنجیرهای با طول متفاوت را اثبات کرد. با ابداع روش‌های کروماتوگرافی مشخص شد، می‌توان برش‌های مختلف وزن مولکولی نمونه پلیمری را بر حسب انحلال‌پذیری‌های متفاوت آن‌ها جدا کرد. بنابراین مشخص شد، در یک نمونه پلیمری، زنجیرهای پلیمری دارای طول‌های متفاوت و در نتیجه وزن‌های مولکولی مختلف هستند. این نتایج موجب ارائه

مفهوم توزیع اندازه زنجیر یا توزیع وزن مولکولی (MWD) شد. با این نتایج مشخص شد، نمی‌توان برای مواد پلیمری عدد ثابتی به‌عنوان وزن مولکولی ارائه داد. از آنجا که بسیاری از خواص کاربردی مواد پلیمری به‌طور مستقیم با وزن مولکولی یا خواص فیزیکی مرتبط با وزن مولکولی (مانند گرانی و شاخص جریان مذاب) بستگی دارند، تعریف مناسبی از وزن مولکولی و گزارش آن لازم بود. با تعریف وزن مولکولی و استفاده از روش‌های ریاضی آماری دو نوع وزن مولکولی متوسط عددی و وزنی برای مواد پلیمری تعریف شد که از لحاظ ریاضی مطابق با ممان اول و دوم تابع توزیع وزن مولکولی هستند. نسبت این دو عدد نیز به‌عنوان شاخص پراکندگی و نمایانگر میزان گستردگی توزیع در نظر گرفته شد. امروزه، روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری وزن‌های مولکولی متوسط عددی و وزنی محصولات پلیمری وجود دارد.

آموزش علمی دانش شیمی پلیمر

باوجود اهمیت پلیمرهای طبیعی و کشف و تولید صنعتی پلیمرهای صنعتی، دنیای علم مفهوم پلیمر و درشت‌مولکول را به‌عنوان زمینه دارای ارزش علمی تا اواخر قرن نوزدهم درک نکرد و این وضعیت تا دهه ۵۰ سده بیستم ادامه داشت. گسترش کاربردهای صنعتی ناگزیر به ایجاد و تدوین برنامه‌های آموزشی علمی و پژوهشی در زمینه مواد پلیمری شد. شاید بتوان هرمان مارک یکی از پیشگامان را، مهم‌ترین و تاثیرگذارترین شخص در تدوین زمینه‌های مختلف آموزش دانش پلیمری دانست. هرمان مارک معاصر اشتادینگر و از افراد موثر در ترویج ایده درشت‌مولکول‌ها بود. وی دانشمند، سخنران و دیپلمات گفت‌وگو کننده بود. مارک در سال ۱۹۲۲ دکترای خود را گرفت و اولین مقاله علمی را در همان سال منتشر ساخت. زمینه اصلی فعالیت و تخصص وی مطالعه بلورنگاری و الگوهای پراکندگی تابش ایکس بود. از سال ۱۹۳۲ در دانشگاه تدریس می‌کرد و با شروع جنگ جهانی دوم و حمله آلمان به اتریش و دستگیری یهودیان به کانادا مهاجرت کرد. در کانادا به‌عنوان مدیر پژوهشی شرکت بین‌المللی کاغذ انتخاب شد. در همین دوران، انتشار مجموعه‌ای از کتاب‌ها را در زمینه پلیمرها با عنوان High Polymers آغاز کرد که در آن‌ها به تشریح پلیمرهای طبیعی پرداخت. وی با قانع کردن مدیران انتشارات Interscience و چاپ این کتاب‌ها توجه جامعه علمی را به موضوع پلیمر جلب کرد. در یک کتاب، مجموعه مقالات کاروترز در باره پلیمرشدن تراکمی و در کتاب بعدی موضوع مهم ترمودینامیک و شیمی فیزیک پلیمرها را تشریح کرد. در زمان جنگ کرسی استادی دانشگاه بروکلین به

وی پیشنهاد شد. این موقعیت همکاری با دانشگاه با تاسیس شرکت پلیمری دوپان همراه شد. وی در بروکلین اولین سلسله درس‌های شیمی عمومی و شیمی فیزیک درشت‌مولکول‌ها را ارائه داد که نه تنها باعث علاقه‌مندی شدید بسیاری از دانشجویان، بلکه همکاران وی در دانشگاه و صنعت شد. پس از جنگ در سال ۱۹۴۶ نخستین موسسه پژوهش‌های پلیمری را در شهر بروکلین و در کارخانه متروکه‌ای تاسیس کرد. در همین سال به‌همراه دوستان و همکاران نخستین نشریه علمی پلیمر را به‌عنوان Journal of Polymer Science در زمینه‌های شیمی و فیزیک پلیمرها منتشر کرد که تا به امروز از معتبرترین مجلات مربوط به دنیای پلیمر است. در سال ۱۹۵۹ نیز نشریه Journal of Applied Polymer Science را بنیان گذاشت. وی سپس به ادامه انتشار مجموعه کتاب‌های پلیمر ادامه داد. مارک در سال ۱۹۶۴ اقدام به انتشار دانش‌نامه علوم و مهندسی پلیمر (Encyclopedia of Polymer Science and Technology) پرداخت که تا به امروز ۴ بار تجدید چاپ شده و به‌عنوان مرجعی جامع، بسیار مهم و کاربردی برای آموزش پلیمر و مهم‌ترین منبع اطلاعات برای دانشجویان، پژوهشگران و تولیدکنندگان مواد پلیمری و ذی‌نفعان و متخصصان این صنایع بوده است. موسسه پژوهش‌های پلیمری که وی تاسیس کرد، برای نخستین بار در رشته دانش پلیمر درجه دکتری اعطا کرد که بسیاری از دانش‌آموختگان این موسسه مدتی بعد خود به‌عنوان محورهای توسعه و گسترش دانش و مهندسی مواد پلیمری در سایر کشورها شدند. گسترش دانش در این حوزه باعث انتشار ده‌ها نشریه علمی معتبر در زمینه پلیمر به‌طور عمومی یا تخصصی شد.

نکته پایانی

علم مواد پلیمری مجموعه‌ای از علوم مختلف مواد بوده که به تولید و مطالعه پلیمرهای سنتزی معطوف شده است. این زمینه دانشی چندجانبه شامل شیمی، فیزیک و مهندسی است. امروزه علم مواد پلیمری از سه زیرشاخه به شرح زیر تشکیل می‌شود:

- شیمی پلیمر یا شیمی درشت‌مولکول‌ها که به روش‌های سنتز شیمیایی و خواص شیمیایی می‌پردازد.
- فیزیک پلیمر که دربرگیرنده خواص و کاربردهای مهندسی مواد پلیمری است.
- شناسایی مواد پلیمری که به روش‌های شناسایی ساختار شیمیایی، شکل‌شناسی و تعیین خواص فیزیکی مرتبط با ترکیب شیمیایی و پارامترهای ساختاری می‌پردازد.

آنچه که امروزه به‌عنوان زمینه‌های مختلف دانش پلیمری در اختیار

فقر یا کنج عزلت زیسته‌اند یا با محافظه‌کاری و لجاجت محافل دانشگاهی مواجه شدند. هر دانشجوی رشته پلیمر باید در نظر داشته باشد، تلاش‌های وی در زمینه انجام پایان‌نامه‌ها، نگارش مقالات و گزارش‌های علمی و فعالیت‌های صنعتی، ولو اندک و جزئی، بسیار مهم است و سهمی در گسترش این دانش و صنعت در کشور و در جهان ایفا می‌کند.

دانشجویان، دانشگاہیان و صنعتگران قرار گرفته حاصل بیش از یک سده تلاش‌های مداوم و خستگی‌ناپذیر دانشمندان و کارآفرینان این حوزه است. این رشته با اسامی بزرگانی شناخته می‌شود که هر یک سهمی شگرف در گسترش آن داشته‌اند. در کنار این افراد، بسیاری دیگر نیز بوده‌اند که تلاش‌های آن‌ها در گسترش این دانش سهمی بوده است، ولی نامی از آن‌ها برده نمی‌شود. بسیاری از آن‌ها در

مراجع

1. Patterson G.D., A Prehistory of Polymer Science, 243rd ACS National Meeting, San Diego, CA, March 25-29, 2012.
2. Mark H.F., Pauling L.S., Fisher C.H., Stahl G.A., Sperling L.H., Marvel C.S., and Carraher C.E. (Jr.), *Pioneers in Polymer Science*, Seymour R.B. (Ed.), Kluwer Academic, The Netherlands, 1989.
3. Simha R., The Science of Macromolecules: Evolution and Early Elaborations, in *Polymer Science Overview*, Stahl G.A. (Ed.), ACS Symposium Series, Vol. 175, Chap. 4, 1981.
4. Stahl G.A., A Short History of Polymer Science, in *Polymer Science Overview*, Stahl G.A. (Ed.), ACS Symposium Series, Vol. 175, Chap. 3, 1981.
5. Jensen W.B., The Origin of the Polymer Concept, *J. Chem. Educ.*, **85**, 624, 2008.
6. Marvel C.S., Polymer Science Through the Fifties, in *Polymer Science Overview*, Stahl G.A. (Ed.), ACS Symposium Series, Vol. 175, Chap. 5, 1981.
7. Morawetz H., History of Polymer Science, in *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, 4th ed., 2001.
8. Morawetz H., *Polymers: The Origins and Growth of a Science*, Dover, 1995.

توسعه مدل برای پدیده نرم‌شوندگی در غشاهای پلیمری و بررسی تجربی این پدیده در غشاهای زمینه مرکب PEI/TiO₂ و تأثیر عملیات گرمایی بر عملکرد غشای PEI

اساتید راهنما: علی اکبر دادخواه، سیدعبداللطیف هاشمی فرد

دانشجوی دکتری: مسعود صابری

دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۶

از مشکلاتی که هنگام جداسازی CO₂ از CH₄ یا N₂ باغشاهای پلیمری شیشه وجود دارد، رخداد نرم‌شوندگی است که در فشارهای جزئی CO₂ بیش از مقداری معین، رخ می‌دهد. این پدیده باعث می‌شود تا قابلیت جداسازی گازها با غشا کاهش یابد. مشخص شد، با وجود نرم‌شوندگی تراوایی مخلوط گاز به دلیل جذب رقابتی گازها با حالت خالص کاملاً متفاوت است. در بخش اول، مدلی برای پیش‌بینی تراوایی و ضریب نفوذ مؤثر مخلوط گاز با وجود نرم‌شوندگی ارائه شد. در این مدل فرض شد که ضریب نفوذ همه اجزای گاز تابعی از غلظت جزء نرم‌کننده است. همچنین، از مدل بی‌حرکتی جزئی برای اندازه‌گیری کسر متحرک گازهای جذب‌شده در غشا استفاده شد. سپس، سه گروه از داده‌های آزمایشگاهی از مقالات شامل تراوایی مخلوط CO₂/CH₄ و CO₂/N₂ در غشاهای پلیمری شیشه‌ای نامتقارن PI/PES و CA و همچنین مخلوط CO₂/CH₄ در غشای متقارن CA با مدل ارائه‌شده مقایسه و ضرایب مدل محاسبه شدند. ضریب نرم‌شوندگی مدل برای هر دو گاز با افزایش غلظت جزء دوم در خوراک کاهش یافت که نشانگر کاهش نرم‌شوندگی غشای پلیمری است. این کاهش به دلیل جذب رقابتی بین CO₂ و جزء دوم خوراک بود. همچنین، ضریب بی‌حرکتی هر دو گاز با افزایش غلظت جزء دوم به دلیل کاهش نرم‌شوندگی کم شد. ضریب نفوذ CO₂ خالص به شدت تابع فشار بود که با افزایش غلظت جزء دوم، این وابستگی کاهش یافت. در بخش دوم، اثر فرایند گرمایی و همچنین افزودن نانوذرات TiO₂ بر عملکرد غشاهای نامتقارن PEI در جداسازی CO₂ از N₂ و کاهش نرم‌شوندگی بررسی شد. فرایند گرمایی در دماهای کمتر و بیشتر از T_g پلیمر انجام شد. نتایج تراوایی نشان داد، برای غشاهای بدون فرایند، با افزایش فشار از همان ابتدا نرم‌شوندگی رخ می‌دهد. برای غشاهای قرارگرفته تحت فرایند گرمایی در دمای ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰°C به مدت ۵ h، فشار نرم‌شوندگی تا بیشینه ۶ bar افزایش یافت. غشاهای فرایندشده به مدت ۱۰ min در دمای ۲۲۰°C تا فشار ۱۰ bar نرم‌شوندگی مشاهده نشد. همچنین، تراوش گازهای عبوری از غشاهای بدون فرایند به دلیل متراکم شدن ساختار و کاهش حجم اضافی در غشاهای تحت فرایند گرمایی، کمتر بود. فشار نرم‌شوندگی غشاهای زمینه کامپوزیتی PEI/TiO₂ نیز با افزودن ۱ و ۲٪ وزنی نانوذره، به ترتیب تا ۴ و ۵ bar افزایش یافت که به دلیل کاهش تحرک زنجیر پلیمری و به دنبال آن افزایش مقاومت غشا در مقابل نرم‌شوندگی بود. برای غشاهای با ۵٪ وزنی نانوذره، به دلیل تجمع نانوذرات، از همان ابتدا با افزایش فشار، نرم‌شوندگی رخ داد. تراوش گازهای CO₂ و N₂ در غشاهای کامپوزیتی از غشاهای خالص بیشتر بود. همچنین، گزینش‌پذیری مطلوب غشای کامپوزیتی CO₂/N₂ برای غلظت‌های ۱ و ۲٪ وزنی افزایش، ولی برای غلظت ۵٪ وزنی، به دلیل تجمع نانوذرات و ایجاد نقص در لایه گزینش‌پذیر غشا، کاهش یافت. افزون بر آزمون تراوایی گاز، غشاهای ساخته‌شده با کمک آزمون‌های TGA، SEM، FTIR، XRD، DMTA و نیز بررسی شدند.

بررسی تئوری و تجربی سنتز تیتانیم تتراکلرید در راکتور بستر سیال

اساتید راهنما: علی اکبر یوسفی، حسین عابدینی

دانشجوی دکتری: حسین بردبار

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، اسفند ۱۳۹۶

با توجه به اهمیت فراوان تیتانیم تتراکلرید، هدف از این پروژه طراحی و تولید این ماده در پایلوت راکتور بستر سیال با استفاده از خوراک حاوی تیتانیم و بررسی پارامترهای مؤثر بر درصد تبدیل و سینتیک واکنش بود. در ابتدا پایلوتی با ظرفیت تولید ۱۰۰ g تیتانیم تتراکلرید در روز طراحی و ساخته شد. جمع‌آوری و اندازه‌گیری پیوسته تیتانیم تتراکلرید به عنوان شاخصی از میزان کلردارکردن از نوآوری‌های این پایلوت است. ابتدا از خوراک با خلوص زیاد از تیتانیم دی‌اکسید استفاده و محصول تیتانیم تتراکلرید تولید شد. اثر پارامترهای عملیاتی مختلف مانند دمای کلردارکردن، اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات خوراک، مقدار خوراک، سرعت جریان حجمی کربن مونوکسید و گاز کلر بر درصد تبدیل بررسی شد. همچنین، افزون بر تجزیه تجربی، به مدل‌سازی فرایند کلردارکردن تیتانیم دی‌اکسید در مجاورت کربن مونوکسید و گاز کلر در راکتور بستر سیال نیمه‌پیوسته پرداخته شد. مدل جدید پیشنهادی می‌تواند افزون بر درصد تبدیل، توزیع اندازه ذرات و کسر مولی اجزای فاز گاز را در راکتور پیش‌بینی کند. فرایند کلردارکردن به طور پیوسته با زمان واکنش و با اندازه‌گیری مقادیر تیتانیم تتراکلرید دنبال شد. مشاهده شد، با افزایش دمای کلردارکردن از ۹۵۰°C به ۱۱۵۰°C، درصد تبدیل و سرعت واکنش افزایش و درصد تبدیل با افزایش اندازه ذرات کاهش می‌یابد. افزایش مقدار خوراک سبب کاهش درصد تبدیل شد. با افزایش سرعت حجمی گاز کربن مونوکسید از ۰/۵ تا ۱ L/min درصد تبدیل تیتانیم دی‌اکسید افزایش یافت. همچنین، تطابق خوبی بین درصد تبدیل حاصل از تجزیه تجربی و نتایج حاصل از مدل‌سازی برای شرایط عملیاتی مختلف مشاهده شد. کلردارکردن ضایعات واحدهای کاتالیزگرسازی پتروشیمی به عنوان خوراک ارزان‌قیمت نیز پرداخته شد. در نهایت، پس از ارتقای ضایعات به تولید تیتانیم تتراکلرید منجر شد که افزون بر مسائل اقتصادی از نظر زیست‌محیطی نیز بسیار حائز اهمیت است.

طراحی چرخه باز با بهبود عملکرد خواص رئولوژی و هیدرولیک

استاد راهنما: فرهاد شهرکی
دانشجوی کارشناسی ارشد: محمدجواد گراوند
دانشگاه سیستان و بلوچستان، تیرماه ۱۳۹۶

در این مطالعه از روش چرخه باز برای حفاری حفره ۲۲" میدان نفتی آذر منطقه مهران، ایلام استفاده شد که سازند این لایه رس است. این حفره به دلیل سرعت دالیزی کم دارای مشکلاتی مانند بالانامدن کنده‌ها، پخش شدن رس در سیال حفاری و افزایش درصد جامدات، گرانروی پلاستیکی، عصاره سیال و ژل سیال است. از دیگر مشکلات افزایش درصد رقیق‌سازی و عدم کارایی تجهیزات کنترل جامدات در تصفیه سیال و مشکل تویی شدن مته است. در این مطالعه سعی شد تا از روش نافع‌ال‌سازی رس‌ها نسبت به جذب آب و ته‌نشینی آن‌ها استفاده شود و پارامترهای مربوط به سیال، برای افزایش سرعت حفاری در حالت بهینه قرارگیرد. برای تمیزسازی چاه و انتقال بهتر کنده‌ها به سطح پیل پلیمری طراحی شد. طراحی پیل با ترکیب چندمرحله‌ای مواد پلیمری انجام شد. پارامترهای مؤثر نقطه واروی (YP)، گرانروی پلاستیکی (PV)، تنش برشی کم نقطه واروی (LSRYP) و شاخص ظرفیت حمل (CCI) از راه روش ترکیب چندمرحله‌ای به‌دست آمد. در آب‌نمک پایه سیال از ۷٪ وزنی پتاسیم کلرید و نمک سدیم کلرید تا نقطه اشباع استفاده شد. این سیال پس از اتمام حفره قابلیت استفاده مجدد دارد. از دیگر مزایای این روش عدم نیاز به تجهیزات کنترل جامدات است. سیال ابتدا از مخازن گل به درون چاه پمپ شده و پس از خروج از چاه به حوضچه کورال هدایت می‌شود تا پس از ته‌نشینی چندمرحله‌ای با پمپ به مخازن منتقل شود. نتایج حاصل نشان می‌دهد، مقدار مصرف پتاسیم کلرید نباید کمتر از ۳٪ وزنی باشد. بهترین CCI به‌دست آمده ۴/۵۱ و LSRYP برابر ۵ است. CCI و LSRYP بهینه با استفاده از PHPA، XC، PHPA و POLYMER و PAC به ترتیب مقادیر ۱/۵، ۱/۵ و ۱ g در ۳۵۰ mL آب‌نمک به‌دست آمد. PHPA گرانروساز بوده و خاصیت کپسولی کردن رس‌ها را دارد که می‌تواند موثرترین پلیمر آنیونی در حفاری سازندهای رس باشد. شایان توجه است، استفاده بیش از ۱/۵ g در ۳۵۰ mL سیال باعث برهم‌زدن خواص رئولوژی سیال می‌شود.

بررسی خواص فرایندی کامپوزیت‌های ترموپلاستیک الاستومر اولفینی-استیرنی به‌منظور استفاده در فناوری چاپ سه‌بعدی (FDM)

اساتید راهنما: امیرمسعود رضادوست، فرود عباسی سورکی
دانشجوی کارشناسی ارشد: مژگان سینجلی
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۶

لایه‌نشانی هم‌جوش از فناوری‌های ساخت برهم‌افزا (AM) بوده که به‌عنوان چاپ سه‌بعدی نیز شناخته می‌شود. این فناوری به‌سرعت در حال گسترش است. هدف از این پژوهش تهیه رشته‌های پلیمری با خاصیت الاستومری برای کاربردهایی است که به رفتار و خواص الاستومری با کرنش تنظیم‌شونده نیاز است. بدین‌منظور، آمیخته‌های ABS (آکریلونیتریل بوتادی‌ان استیرن) حاوی مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ وزنی SEBS (استیرن اتیلن بوتیلن استیرن) تهیه و خواص مکانیکی، رئولوژی و قابلیت چاپ آن‌ها ارزیابی شد. پس از تهیه آمیخته و بررسی شکل‌شناسی آن، اثر اجزای آمیخته بر ریزساختار نمونه چاپ‌شده، خواص رئولوژی، خواص کششی و ضربه بررسی شد و اثر ضخامت لایه و زاویه چاپ بر استحکام کششی آن‌ها ارزیابی و با نمونه‌های تهیه‌شده به‌روش قالب‌گیری فشاری مقایسه شد. همچنین تلاش شد، ارتباط خواص جریان آمیخته حاصل و قابلیت چاپ و زبری سطح تعیین شود. نتایج آزمون کشش نشان داد، زاویه چاپ ۴۵°/۴۵°- و ۹۰°/۰° اثری بر استحکام ندارد. همچنین، با افزایش مقدار SEBS، در شرایط چاپ معین استحکام کششی کاهش و ازدیاد طول نمونه‌ها افزایش یافت. بیشترین چقرمگی شکست کششی برای نمونه SEBS ۴۰٪ وزنی به‌دست آمد که ۲۸۵٪ بیشتر از مقدار مشابه برای نمونه ABS بود. از طرف دیگر، با افزایش ضخامت لایه، استحکام و کرنش کاهش یافت و این کاهش برای نمونه‌های حاوی مقادیر بیشتر SEBS مشهودتر بود. کمترین مقدار ازدیاد طول تا پارگی با ۹٪ در نمونه‌های ABS با ضخامت لایه ۰/۲ mm مشاهده شد و بیشترین مقدار آن با ۹۹٪ مربوط به نمونه ۴۰٪ وزنی SEBS با ضخامت لایه ۰/۰۵ mm بود. بررسی‌ها نشان داد، زاویه متقاطع خواص کششی را کاهش می‌دهد، به‌نحوی که استحکام و ازدیاد طول تا پارگی نمونه‌های ABS با زاویه چاپ فقط ۰° و ضخامت لایه ۰/۰۵ mm به ترتیب ۴۱ MPa و ۱۷٪ بود که بیش از همتای چاپ‌شده آن با زوایای متقاطع ۴۵°/۴۵°- است. جالب آنکه، نتایج ازدیاد طول تا پارگی با افزودن ۴۰٪ وزنی SEBS به ABS در ضخامت لایه ۰/۲ mm و زاویه چاپ ۰° با ضخامت لایه ۰/۰۵ mm و زاویه چاپ ۴۵°/۴۵°- تقریباً مشابه است. از این رو، طولانی‌تر شدن زمان ساخت از نظر اقتصادی به‌صرفه نیست. قطعات چاپ‌شده در شرایط بهینه (زاویه ۰° و ضخامت ۰/۰۵ mm) استحکام تقریباً مشابهی نسبت به نمونه‌های تهیه‌شده با روش قالب‌گیری فشاری داشتند. افزودن SEBS به آمیخته، نسبت به تغییرات ضخامت اثر کمتری بر زبری نشان داد. با وجود این در ۱۰٪ وزنی SEBS زبری ابتدا کاهش و پس از آن افزایش یافت. ضمن آنکه در آمیزه‌های حاوی SEBS خواص ناهمسان در جهت‌های ساخت مختلف کاهش نشان دادند. با افزایش استحکام مذاب به‌ویژه در ۴۰٪ وزنی SEBS افزایش یافت و به‌دنبال آن چاپ‌پذیری بهبود نشان داد. افزایش SEBS سبب کاهش جریان‌پذیری شد و تورم پس از دای و زبری روند افزایشی-کاهشی با بیشینه‌ای در ۲۰٪ SEBS نشان داد. آمیخته‌های حاوی SEBS استحکام ضربه بهتری نسبت به ABS خالص داشتند، به‌طوری که آمیخته حاوی ۴۰٪ وزنی SEBS، ۴۰٪ بهبود مقاومت ضربه نشان داد.

معرفی کتاب

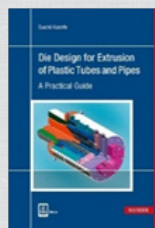


طراحی دای برای اکستروژن تیوب‌ها و لوله‌های پلاستیکی: راهنمای عملی

سال انتشار: ۲۰۱۸

نویسنده: Sushil Kainth

ناشر: Hanser



این کتاب راهنمای گام‌به‌گام طراحی دای برای لوله‌ها و تیوب‌هاست و طراحی دای را از منظر بسیار عملی ارائه می‌دهد. کتاب طراحی دای برای مهندسان فراورشی و طراحی پلاستیک‌ها، مدیران فنی و تولید و طراحان و تولیدکنندگان دای نگاشته شده است.

این راهنمای جامع شامل مثال‌های حل‌شده برای تشریح حل مسائل بوده و نقشه‌های دقیق دای‌های کامل برای کاربردهای مختلف است. کتاب راهنمای طراحی دای را برای لوله‌های تک‌لایه و چندلایه دربر می‌گیرد. همچنین متغیرهای مهم جریان مذاب (مانند افت فشار، تنش برشی، سرعت برش، تغییرات دما و تغییرات توزیع) در مواد اصلی با کمک نرم‌افزار FEM تعیین می‌شوند.

نویسنده کتاب یک شرکت طراحی دای اکستروژن را دایر کرده که در سال ۱۹۵۵ تأسیس شده است. وی دارای بیش از ۵۰ سال تجربه در صنعت فراورشی پلاستیک بوده و بیش از ۵۰۰ دای و ابزار صنعتی مختلف از تیوب‌های پزشکی تا لوله‌های آب، گاز و نفت طراحی و تولید کرده است. تخصص او در ۲۰ سال اخیر

دای‌های کو اکستروژن بوده است.

در این کتاب به مباحثی چون ملاحظات اولیه، طراحی دای ساده، شبیه‌سازی جریان ذوب، طراحی دای مارپیچ، دای تک‌لایه و دولایه برای تیوب‌های با اندازه‌های مختلف و مواد دای اکستروژن پرداخته می‌شود.

کامپوزیت‌های پایدار برای کاربرد در صنایع هوافضا

سال انتشار: ۲۰۱۸

ویراستاران: Mohammad Jawaidd, Mohamed Thariq

ناشر: Woodhead



در کتاب کامپوزیت‌های پایدار برای کاربرد در صنایع هوافضا، پیشرفت‌های نوآورانه در زمینه ساخت، شناسایی و به‌کارگیری نانوکامپوزیت‌های پلیمری LDH (layered double hydroxide) ارائه می‌شود. در کتاب اطلاعاتی در زمینه اصول ساختاری و شیمیایی ارائه شده و ویژگی‌های مختلف و فنون شناسایی این مواد شامل میکروسکوپی، طیف‌بینی و رفتارهای مکانیکی بررسی می‌شود. استفاده‌کنندگان از کتاب با کاربردهای بالقوه نانوکامپوزیت‌های LDH، شامل صنایع انرژی و الکترونیک، محافظ‌های الکترومغناطیسی، زیست‌پزشکی، کشاورزی، بسته‌بندی مواد غذایی و تصفیه آب

آشنا می‌شوند. در این اثر، مجموعه جامعی از پژوهش‌های پیشرفته در زمینه نانوکامپوزیت‌های پلیمری LDH و کاربردهای آینده آن‌ها گردآوری شده است. مطالعه کتاب برای همه دانشجویان، پژوهشگران، مهندسان و دانشجویان شاغل در این زمینه مفید است.

برخی از مباحث شرح داده شده در کتاب عبارت‌اند از:

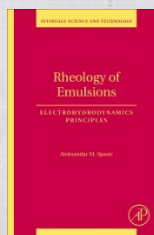
- انتخاب مواد برای ساخت قطعات هوافضا،
- نقش مواد پلیمری پیشرفته در صنایع هوافضا،
- کامپوزیت‌های برپایه الیاف طبیعی، مواد آینده در صنعت هوافضا،
- فنون ساخت کامپوزیت‌ها در کاربردهای هوافضا،
- طراحی برای تولید کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف طبیعی - سنتزی برای هواپیماهای تجاری،
- مرور کلی مواد کامپوزیتی و آزمون‌های آن‌ها برای اجزای هواپیما،
- رفتار فیزیکی، مکانیکی و فرسایشی مواد کامپوزیتی در اجزای هواپیما،
- خواص ضربه کم‌سرعت مواد کامپوزیتی تقویت شده با الیاف طبیعی در کاربردهای هوانوردی،
- ارزیابی آسیب آزمون غیرمخرب ضربه کم‌سرعت در کامپوزیت‌های برپایه الیاف طبیعی،
- مواد لیفی بازدارنده شعله در کاربردهای هواپیمایی و
- قابلیت مواد پلیمری تقویت شده با الیاف طبیعی در طراحی ساختار بال هواپیما.

اصول الکتروهیدرودینامیک، جلد ۲۲: رئولوژی امولسیون‌ها

سال انتشار: ۲۰۱۸

نویسنده: Aleksandar M. Spasic

ناشر: Academic Press



در کتاب رئولوژی امولسیون‌ها، به مطالعه پدیده‌های سطح مشترک مایع-مایع پرداخته شده که شامل پراکنش عالی ذرات یا ساختارها، به‌ویژه امولسیون‌ها، امولسیون‌های دوگانه و سلول‌های زیستی می‌شوند. در این اثر، نیروهای با منشا الکتریکی بررسی شده‌اند که در رخدادهای فیزیکی سطح مشترک مایع-مایع، با در نظر گرفتن پدیده انتقال الکترن و اصول الکتروهیدرودینامیک شرکت دارند. مباحث کتاب برای دانشمندان، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی مفید است که دانش مقدماتی شیمی فیزیک، الکترومغناطیس، مکانیک سیالات و الکتروپدینامیک

کلاسیک و کوانتوم را دارند.

در این کتاب، مباحثی چون طبقه‌بندی و روش‌شناسی- سامانه‌های پراکنشی عالی، رئولوژی-مدل‌های ساختاری مایعات، نظریه الکتروگرانروکشسانی و توسعه احتمالی یا چشم‌انداز آینده ارائه می‌شود.

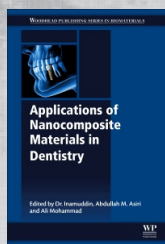
کاربرد مواد نانوکامپوزیتی در دندانپزشکی

سال انتشار: ۲۰۱۸

ویراستاران: Abdullah M. Asiri, Dr. Inamuddin Ali

Mohammad

ناشر: Woodhead



در کتاب کاربردهای مواد نانوکامپوزیتی در دندانپزشکی پژوهش و توسعه مواد نانوکامپوزیت برای کاربردهای دندانپزشکی بحث می‌شود. در این اثر، به مسائل مرتبط با ترمیم استخوان دندان با استفاده از انواع مواد نانوکامپوزیتی، خرابی دندان، ویژگی‌های ضدباکتریایی و کاشت دندان توجه ویژه شده است. سرفصل‌ها به‌شکل اسلوبمند مرتب شده‌اند، بنابراین افراد بی‌تجربه نیز می‌توانند اصول و کاربردهای نانوکامپوزیت‌های دندانپزشکی را درک کنند. در کتاب به مراجع بالارزشی برای مراحل آماده‌سازی، شناسایی و کاربردهای خاص کامپوزیت‌ها در محدوده شیمی کاربردی و علوم پزشکی اشاره شده است.

این کتاب که در ۱۸ فصل تهیه شده از اطلاعات مفیدی برای دانشمندان، مهندسان، متخصصان صنایع، دانشجویان تحصیلات تکمیلی در زمینه‌های مهندسی زیست‌شیمی، متخصصان شیمی مواد و صنایع دارویی متبحر در دندانپزشکی، ارتوپدی و شیمی دارویی برخوردار است. برخی از مباحث این کتاب عبارت‌اند از:

- سرامیک‌های زیست‌فعال شیشه-شیشه برای کاربردهای دندانپزشکی،

- نانوکامپوزیت‌های کربنی برای کاشتینه‌های دندانپزشکی و مهندسی بافت استخوان،
- تخریب و شکست مواد کامپوزیتی دندانپزشکی،
- نانوکامپوزیت‌ها: گذشته، حال و آینده دندانپزشکی،
- نانوفناوری در دندانپزشکی،
- پایداری مکانیکی مواد دندانپزشکی،
- قابلیت‌های معدنی شدن مجدد و ضدباکتری نانوکامپوزیت‌های دندانپزشکی برپایه رزین و
- نانوکامپوزیت‌های مصرفی در ترمیم استخوان و غضروف.