



مصاحبه با دکتر حسین روغنی ممقانی

۴ مصاحبه کننده: محمد حشمتی سپس

مصاحبه با دکتر مصطفی رضائی

۷ مصاحبه کننده: محمد حشمتی سپس

کاربرد پلیمر در چسب‌های زیستی

۱۹ محمد حسین اکبری

الکترولیت‌های پلیمری در باتری‌های لیتیوم-یون
به‌عنوان سیستم‌های ذخیره انرژی

۳۷ سیده عارفه صفوی میرمحلّه، مرضیه گلشن

نشریه علمی و دانشجویی

ژیراسیون

علمی-ترویجی | شماره اول

آینده در دستان پلیمر

پاییز ۱۴۰۳



با ما در ارتباط باشید.

کانال تلگرام انجمن
علمی مهندسی پلیمر
دانشگاه صنعتی تبریز

<https://t.me/polysutstudents>



@POLYSUTSTUDENTS



فصلنامه علمی پلیمر صنعتی



فهرست

مصاحبه با ریاست محترم دانشکده، دکتر روفعی	۴
مصاحبه با ریاست محترم پژوهشکده، دکتر رضائی	۷
پلیمر به زبان ساده	۱۲
نیوپلیمرها: ویژگی‌ها و کاربردها	۱۴
کاربرد پلیمر در چسب‌های زیستی	۱۹
کاربرد پلیمر در تهیه داربست‌های پوست	۲۲
نانوپلیمرها	۲۶
شیمی، سنتز، خواص و کاربرد انواع پلی‌یورتان‌ها	۲۸
معرفی و عملکرد باتری‌های پلیمری	۳۲
الکترولیت‌های پلیمری در باتری‌های لیتیوم-یون به عنوان سیستم‌های ذخیره انرژی	۳۷
مصاحبه با صنعت، شرکت نواوران شانی پلاستیک	۴۲



سخن شورای دبیران

با کمال احترام و افتخار، به عنوان سر دبیر نشریه دانشجویی پلیمر، اولین شماره این نشریه را به شما عزیزان تقدیم می‌کنم.

پلیمرها به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین مواد در دنیای امروز، نقش بسزایی در صنایع مختلف ایفا می‌کنند. از صنعت بسته‌بندی گرفته تا پزشکی و الکترونیک و ...، پلیمرها در زندگی روزمره ما حضور دارند. ما در این نشریه تلاش داریم تا با ارائه مقالات علمی دانشکده، تحلیل‌های کارشناسی و مصاحبه با اساتید و دانشجویان، به درک بهتر این علم و کاربردهای آن کمک کنیم.

امیدواریم که این نشریه بتواند پل ارتباطی میان دانشجویان، اساتید و صنعتگران باشد و فضایی را برای بحث و تبادل نظر فراهم آورد.

از تمام کسانی که در تهیه و انتشار این شماره از نشریه ما را همراهی کردند، صمیمانه سپاسگزارم.

با آرزوی موفقیت برای همه شما

مبین احمدآلی، سعید محمدخانی

سر دبیر نشریه دانشجویی ژیراسیون

دانشگاه صنعتی تبریز

*** صاحب امتیاز: انجمن علمی مهندسی پلیمر
دانشگاه صنعتی تبریز**

*** شورای سردبیران: مبین احمدآلی، سعید محمدخانی**

*** مدیر مسئول: سحر گودرزی**

*** مدیر اجرایی: علیرضا فلکی تبریزی**

*** استاد مشاور انجمن: خانم دکتر سحر فروغی‌راد**

*** هیأت تحریریه: سعید محمدخانی، محمد حشمتی سیس، مونا فرش‌باف، محمد امین صلاتی، محمدحسین اکبری، اسما فیضی، کتایون معصومی، هانیه مردانی، احمدرضا طباطبائی، مرضیه گلشن، سیده عارفه صفوی میرمحله**

*** طراح جلد و صفحه آرا: فاطمه شالچی زاده
ویراستار: سعید محمدخانی**

مصاحبه با دکتر حسین روغنی ممقانی

ریاست دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی تبریز

✎ مصاحبه کننده: محمد حشمتی سیس



سوال: با عرض سلام و احترام ابتدا خودتون رو معرفی کنید و بفرمایید در چه زمینه‌هایی فعالیت می‌کنید؟

حسین روغنی ممقانی هستم، سال ۱۳۹۳ به عنوان استادیار وارد دانشکده مهندسی پلیمر شدم. عمده فعالیت پژوهشی بنده در زمینه پلیمر های هوشمند است.



سوال: یک معرفی از دانشکده مهندسی پلیمر، خدمات و دستاوردها بفرمایید. رشته-گرایش‌های مهندسی پلیمر- ارائه می‌کند. وجود آزمایشگاه‌ها و پلیمریزاسیون، فراورش، رنگ، نانوفناوری کارگاه‌های مختلف در زمینه‌های سنتز و دانشکده مهندسی پلیمر در سال و بیوپلیمرها دانشجو می‌پذیرد. شناسایی پلیمرها و همچنین شکل‌دهی ۱۳۸۷ فعالیت رسمی خود را به عنوان دانشکده مهندسی پلیمر به همراه پلیمرها و نیروی آزمایشگاهی خبره این دانشکده‌ای مستقل آغاز نمود. این پژوهشکده خدمات پژوهشی، دانشکده را جزو دانشکده‌های برتر دانشکده در سه مقطع کارشناسی، آزمایشگاهی و آموزشی مختلفی را مهندسی پلیمر کشور معرفی می‌نماید. کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی در به صنایع کوچک و بزرگ منطقه در سالیان اخیر دانشکده مهندسی



پلیمر افتخارات ویژه‌ای کسب نموده است که می‌توان به پژوهشگران برتر دانشگاهی، استانی و کشوری، سرآمدان علمی کشور، فناوران برتر استانی، دانشمندان یک درصد برتر جهان، برندگان جوایز کشوری نظیر جایزه یولار والبرز و ... اشاره نمود.

سوال: سطح علمی دانشکده و

دانشجویان رو چگونه ارزیابی می‌کنید؟ با توجه به راه اندازی رشته مهندسی پلیمر در مقطع کارشناسی از سال ۱۳۹۴، دانشکده‌ی مهندسی پلیمر فارغ‌التحصیلان کارشناسی در سطح علمی بسیار مناسبی دارد. علاوه بر این، تلاش دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشکده قابل ستودن است. ارزش علمی این عزیزان زمانی مشخص میشود که بدانیم ۵ نفر از فارغ‌التحصیلان برتر مهندسی پلیمر ایران در ۱۰ سال اخیر از دانشکده‌ی مهندسی پلیمر ما انتخاب شده‌اند.

سوال: ارتباط دانشکده و دانشجویان

رو با صنعت چگونه می‌بینید؟ دانشکده‌ی مهندسی پلیمر با صنایع مختلف منطقه و کشور همکاری داره و

از شدند در دانشجویان و فارغ‌التحصیلان تو این زمینه استفاده می‌کنه مهم‌ترین صنایعی که ما باهاشون همکاری داریم تراکتورسازی تبریز، پتروشیمی تبریز و شرکت‌های کوچک منطقه هستند. شرکت شهرک‌های صنعتی و شرکت‌های زیرمجموعه‌اش به اضافه‌ی

بعضی موسسات کشور هستند که ما با اون‌ها ارتباط مستقیم و صنعتی داریم. این امر تا جایی هست که دانشکده و پژوهشکده با همکاری هم تحقیق و توسعه‌ی برخی صنایع در محل دانشکده یا پژوهشکده تشکیل دادند.

سوال: آینده شغلی و بازارکار فارغ

التحصیلان دانشکده را چطور می‌بینید؟ الان دانشجویان نخبه‌ی ما که فارغ‌التحصیل شدند در مراکز علمی معتبر کشور و خارج از کشور به عنوان عضو هیات علمی و یا به عنوان دانشجویان پسادکتر مشغول کار هستند. ما تو کشورهای مختلف

دنیا و دانشگاه‌های درجه یک دنیا فارغ‌التحصیل داریم که پسادکتراشون می‌گذرونن یا داخل کشور نفراتی داریم که به عنوان عضو هیات علمی

فعالند و لذا دوستان که اینجا مشغولند و مدارکشان را می‌گیرن به شرط اینکه جزو نفرات برتر دانشکده و ایران باشند به راحتی می‌تونن آینده‌ی شغلی خودشون رو چه در زمینه‌ی علمی و چه در زمینه‌ی صنعتی فراهم کنند.

سوال: سطح امکانات، تجهیزات

و فضای علمی و آزمایشگاهی دانشکده برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی چگونه است؟ سالیان اخیر ما سعی کردیم که آزمایشگاه‌های مورد نیاز دوستان را فراهم کنیم که بتوانن پروژه‌هاشون رو اونجا انجام بدهند. در حدود پنج

سال اخیر در دانشکده سه آزمایشگاه مجهز به امکانات اولیه و بعضی مواقع امکانات پیشرفته فراهم شده که دانشجویان ارشد و دکتر کارهای پژوهشی خودشون را انجام میدن

سوال: آینده شغلی و بازارکار فارغ

التحصیلان دانشکده را چطور می‌بینید؟ الان دانشجویان نخبه‌ی ما که فارغ‌التحصیل علاوه بر این کارهای آموزشی و دروس آزمایشگاهی هم در این‌ها برگزار میشود. همونطور که

عرض کردم دانشکده همکاری بسیار و علم روز دنیا آشنا می‌شیم منتها با نگاه از دید ماکرومولکولها و حتی نزدیکی با پژوهشکده مواد پلیمری نوشتن مقاله رو من توصیه می‌کنم کاربردها و خواص و ویژگی‌های هم داره و به عنوان بال پژوهشی که دوستان از دوره‌ی کارشناسی ارشد خاصی که اینا دارن حتما هوش مجموعه‌ی دانشکده و پژوهشکده شروع کنند که یک پیش زمینه‌ی مصنوعی نقش عمده‌ای تو این مواد پلیمری ما کارهای عمده‌ای از علمی محکمی دارند و می‌توانن تو رشته خواهد داشت البته هوش قسمت پژوهش و فناوری‌مون رو آزمایشگاه کارهای پژوهشی انجام بدن و یافته‌های خودشون رو به عنوان یک مقاله منتشر کنند. اون چیزی که من از مقاله مد نظرم هست نوشتن مقاله به هر نحوی نیست بلکه نوشتن مقالات در سطح خوب و با کیفیتی که توانایی رقابت با خروجی‌های علمی دنیا رو داره

سوال: برای دانشجویان در رابطه با مقاله‌خوانی و مهمتر از اون مقاله‌نویسی چه توصیه‌ای دارید؟

ما توصیه‌ای که برای دانشجویان کارشناسی داریم این هست که مبانی علمی خودشون و تقویت کنن و علم پلیمر، علوم و مهندسی پلیمر و از پایه یاد بگیرند و بعد که وارد دوره‌ی تحصیلات تکمیلی میشن بتونن تحقیق و پژوهش انجام بدن.

سوال: نظر شما در رابطه با جایگاه هوش مصنوعی در علوم مهندسی پلیمر و آینده آن چیست؟

در علوم مهندسی پلیمر به خصوص با نگاه از دید ماکرومولکولها و حتی کاربردها و خواص و ویژگی‌های خاصی که اینا دارن حتما هوش مصنوعی نقش عمده‌ای تو این رشته خواهد داشت البته هوش مصنوعی جایگاهش رو داره در تمام رشته‌ها نشون میده طبیعتا رشته‌ی ما هم شاید بیشتر از سایر رشته‌ها بتونه از این جایگاه استفاده بکنه.

سوال: در نهایت سخنی توصیه ای برای دانشجویان بفرمایید.

با توجه به اینکه زمینه‌ی علمی در عین اینکه سخت هست منتها زمینه‌ی بسیار ارزشمندی برای فعالیت توسعه کسب و کار و پیشرفت علمی و تا زندگی هست لذا دانشجویان عزیز که دانشکده میان بدونن که اساتید با تمام توان در خدمت این عزیزانی هستن تا بتونن پیشرفت علمی داشته باشن و خودشون رو علاوه بر سطح کشور در سطح دنیا بتونن نشون بدن و پیشرفت کنند.

مصاحبه با دکتر مصطفی رضائی

ریاست پژوهشکده مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز

✉ مصاحبه کننده: محمد حشمتی سیس



سوال: با عرض سلام و احترام ابتدا خودتون رو معرفی کنید و

بفرمایید در چه زمینه هایی فعالیت می کنید؟

بسم الله الرحمن الرحيم اینجانب رضایی هستم و مسئولیت پژوهشکده مواد پلیمری را حدود شش سال هست که برعهده دارم در حوزه های کلی مهندسی پلیمر به ویژه خواص مهندسی پلیمرها در خدمت دوستان هستم.

سوال: یک معرفی از پژوهشکده مواد

پلیمری، خدمات و دستاوردها داشته

باشیم؟

پژوهشکده ی پلیمر صنعتی تبریز به

عنوان مهم ترین موسسه ی تحقیقاتی

در زمینه مهندسی و علوم پلیمر در

منطقه شمال غرب کشور است هدف

تاسیس این پژوهشکده انجام تحقیقات

حرفه ای در زمینه های فرایندهای

بالادستی پلیمرها از جمله سنتز پلیمر،

خواص و کاربرد پلیمرها و فرایندهای

پایین دستی پلیمرها شامل فرایندهای

شکل دهی پلیمرهاست. همچنین در

این پژوهشکده در حوزه ی مواد مرکب

یا کامپوزیت ها، مواد نانوساختار، رنگ

و پوشش فعالیت های تحقیقاتی زیادی

انجام می گیرد که یکی از مهم ترین

درواقع اهداف تاسیس این پژوهشکده

پاسخگویی به نیازهای تحقیقاتی

کشور و همینطور پاسخگویی به

نیازهایی هست که در صنعت در

کشورمون به ویژه در منطقه ی شمال

غرب کشور وجود داره بر این اساس

این پژوهشکده در سال ۱۳۸۲ تحت

عنوان مرکز تحقیقات مواد پلیمری با مجوز هیئت امنای دانشگاه صنعتی تبریز تشکیل شده و در سال ۱۳۸۳ موفق به اخذ موافقت از وزارت علوم تحقیقات و فناوری گردید. با توجه به فعالیت‌های بسیار خوبی که همکاران و دانشجویان پرتلاش این مرکز تحقیقات انجام دادن در سال ۱۳۸۶ این مرکز تحقیقات به یک پژوهشکده تحت عنوان پژوهشکده مواد پلیمری ارتقا پیدا کرد که اولین پژوهشکده مجوز دار دانشگاه صنعتی تبریز درواقع از وزارت علوم میباشد. با توجه به گستردگی فعالیت‌های تحقیقاتی و کیفیت تحقیقاتی که در حوزه مهندسی پلیمر در منطقه شمال غرب در این پژوهشکده انجام گرفت ما موفق شدیم در سال ۱۳۹۰ مجوز تشکیل قطب علمی پلیمرهای استایرنی را به عنوان تنها قطب مجوزدار از وزارت علوم تحقیقات فناوری کسب بکنیم و همینطور با توجه به گسترش فعالیت‌هایی که ما داشتیم تونستیم مجدداً در سال ۱۳۹۷ هم قطب کاتالیست‌ها و پلیمرهای استایرنی برای بار دوم مجوزش را کسب کنیم که در حال حاضر تنها قطب علمی در حوزه پلیمرهای استایرنی در کشور هست که در این پژوهشکده فعال هست. خدماتی که ما در پژوهشکده مواد پلیمری انجام می‌دیم خیلی خدمات گسترده‌ای هست یه بخشیش که مربوط به حوزه دانشجویی هست ما تمام دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی پلیمر فعالیت پژوهشی خودشان را در پژوهشکده مواد پلیمری انجام میدهند یعنی با توجه با تقسیم‌بندی وظایفی که با دانشکده صورت گرفته دانشجویان تحصیلات تکمیلی در دوره‌های ارشد و دکترا فعالیت‌های آموزشی در دانشکده می‌گذرانند با وارد مرحله پروژه که شدن میان در بخش‌های مختلف پژوهشکده کارهای تحقیقاتی را انجام می‌دهند از تجهیزات فراهم شده در راستای پایان‌نامه‌ها و رساله‌ها استفاده می‌کنند. یه بخشی از خدمات به مراجعین از بیرون هست این مراجعین از بیرون می‌تونن از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی دیگه‌ای از کل کشور به ویژه در منطقه شمال غرب باشه و یکی از مهمترین خدمات ما ایجاد کلینیک صنعتی برای ارائه خدمات صنعتی به مراجعان از صنعت هست. خب ما در حوزه مهندسی پلیمر صنایع بسیار گسترده‌ای را در شمال غرب کشور به ویژه تبریز داریم و تنها مرکزی که به صورت تخصصی می‌تونن مشاوره‌های تحقیقاتی و صنعتی به اینها بده پژوهشکده مواد پلیمری هست که ما تو این راستا از همون بدو تاسیس فعالیت‌های بسیار خوبی را داشتیم همکاری‌های بسیار خوبی را با صنعت داشتیم و خدمات خیلی گسترده‌ای را هم به مراجعان از صنعت ارائه دادیم. تجهیزات بسیار گسترده‌ای را هم در زمینه سنتز پلیمرها هم در زمینه ارزیابی پلیمرها و هم در زمینه آزمون‌های مختلف مکانیکی حرارتی ما تونستیم فراهم بکنیم.

سوال: پژوهشکده در زمینه‌های

پژوهشی و آزمایشگاهی بیشتر موفق



است یا زمینه‌های صنعتی و کاربردی؟

نظرم کارنامه‌ی بسیار خوبی را همکاران

یه مزیت فوق‌العاده خوبی که این

در پژوهشکده تونستن ارائه بکنند.

پژوهشکده داره اینکه هم در مرزهای

سوال: پژوهشکده چگونه با صنعت

دانش همکاران دارن کار می‌کنن شما الان

ارتباط دارد و جایگاه پژوهشکده در

نگاه کنید مقالات و کارهای تحقیقاتی در

صنایع چگونه است؟

این پژوهشکده به دانشکده مهندسی

خوشبختانه در سال‌های اخیر شناخت

پلیمر انجام میشه که واقعا در کشور

خوبی در صنایع از پژوهشکده مواد

بی‌نظیره و ایمپکت فکتور مقالاتی که

پلیمری پیدا شده مراجعات بسیار

توسط همکاران چاپ میشه بعضا تو

گسترده‌ای را ما داریم ما الان با

خیلی از دانشگاه‌ها این مشاهده نشده

شرکت‌های درواقع شناخته شده‌ی کشور

این نشان از این داره که دانشجویان ما و

در حوزه‌ی صنایع پلیمر تونستیم پروژه

اساتید ما که در این پژوهشکده فعالیت

تعریف بکنیم یا مراجعاتی دارند از جمله

می‌کنند، کارهای تحقیقاتشون در مرز

در حوزه‌ی فرض بفرمایید مرز دانش با

دانش هست. علاوه بر این ما یه نگاهی

ستاد علوم فناوری شناختی، ستاد نانو،

هم به نیازهای داخل کشور داریم یعنی

صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران

ما اینجوری نیست که فقط صرفا بگیم

کشور و در حوزه‌ی صنعتی، همکاران با

کارهای تحقیقاتی‌مون در مرز دانش و

شرکت پتروشیمی تبریز، شرکت گاز استان

چاپ مقاله هست نگاهی به نیازهای

آذربایجان شرقی، شرکت پژوهش فناوری

صنعت داریم مراجعات زیادی از صنایع

پتروشیمی، شرکت تراکتورسازی ایران و

بهمون انجام می‌گیره طرح‌های تحقیقاتی

همچنین با پژوهشگاه رنگ پژوهشگاه

صنعتی فوق‌العاده خوبی را همکاران در

پلیمر و پتروشیمی، ستاد نخبگان استان و

حال حاضر دارن انجام میدن که نشون

شرکت‌های خصوصی که در حوزه‌ی در

میده ما هم توجه به مرز دانش داریم

واقع صنایع مرتبط با پلیمر کار می‌کنند

و هم توجه به نیازهای صنعتی داخل

مانند دنار خزر شرکت رسام پلیمر نامی

کشور داریم لذا در هر دو سمت من به

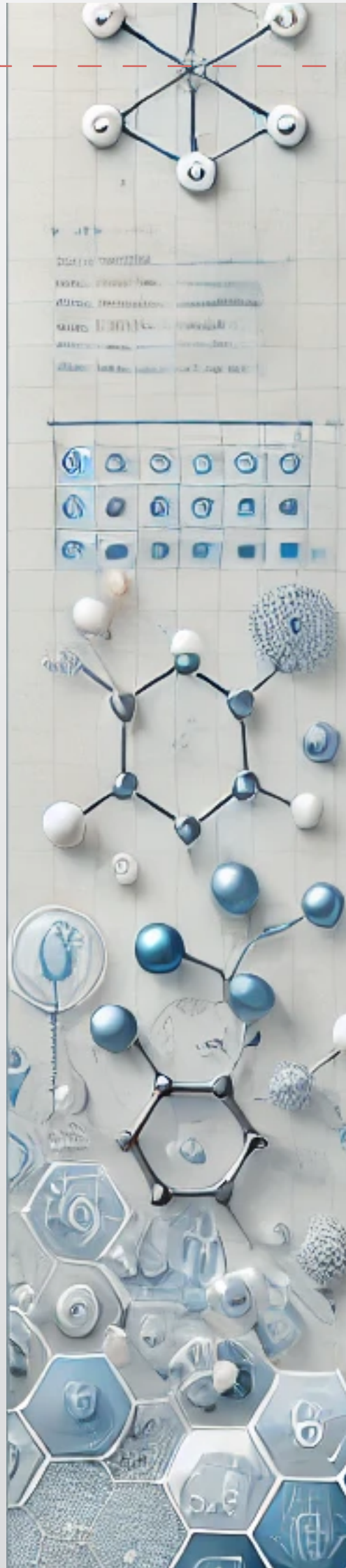
که در واقع جزو افتخارات استان و تبریز

هست تونستیم همکاری داشته باشیم با شرکت‌هایی که تو صنایع که مزیتی نسبی برای تبریز هست مثل صنایع کفش مثل شرکت هافمن، شرکت موتوژن، شرکت شهرک‌های صنعتی استان و بخش‌های خصوصی متعددی که در این استان فعال هستند ما با همشون خوشبختانه ارتباط خوبی داریم و تونستیم یا به صورت طرح تحقیقاتی یا در راستای رفع نیاز این‌ها کار بکنیم دانشجویان خوبی را معرفی کردیم به این شرکت‌ها، خب یکی از رسالت‌های دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی اینه که نیازهای انسانی و در واقع نیازهایی که به لحاظ تخصصی در صنعت وجود دارد را تامین بکند. با توجه به اینکه در این دانشکده و پژوهشکده مواد پلیمری از دوره‌های کارشناسی تا دوره‌ی دکترا تربیت دانشجو داریم، حسب نیازی که این صنعت داشتند ما از فارغ‌التحصیلان دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و حتی در دوره‌های دکترا تونستیم نفراتی رو در این شرکت‌ها معرفی بکنیم که بعضی از این نفرات تا رده‌های مدیریتی این

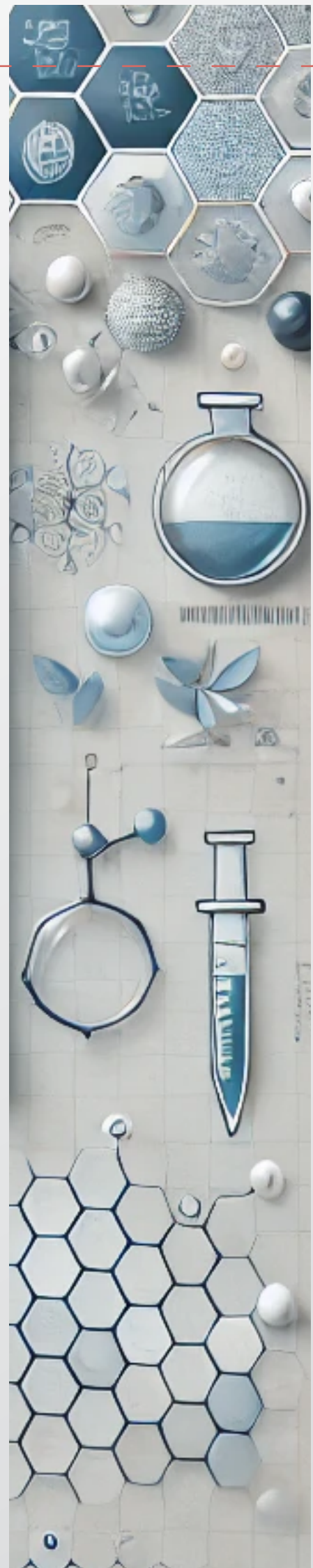
شرکت‌ها پیشرفت کردن خوشبختانه حضورشون در این صنایع خیلی موثر بوده و مدیران صنایع و صاحبان صنایع اهمیت حضور نیروهای متخصص در حوزه‌ی مهندسی پلیمر رو الان متوجه شدن خیلی مراجعه می‌کنن به ما معرفی بکنید نفرات رو که برن انشالله مشغول بشن و صنعت کشورمون رو در بخش مهندسی یک مقدار علمی‌تر باید بکنیم از حالت سنتی ببریم به سمت مدیریت علمی که بازده تولیداتمون و کیفیت محصولاتمون را انشالله بتونیم ارتقا بدهیم.

سوال: نظر شما در رابطه با جایگاه هوش مصنوعی در صنایع مهندسی پلیمر و آینده آن چیست؟

الان بحث هوش مصنوعی خب یه پدیده‌ای است که در چند سال اخیر مطرح شده در کشور به صورت کلی یک مقدار غفلت در حوزه‌ی هوش مصنوعی صورت گرفته و به اون صورتی که باید توجه می‌شد اهمیت داده نشده است. ولی در سال‌های اخیر یه سری فعالیت‌هایی رو انجمن پلیمر ایران شروع کرده بحث ماشین لرنینگ



و استفاده از هوش مصنوعی در مهندسی پلیمر می‌باشد. من دانشگاه‌های مختلف دنیا رو هم مطالعه می‌کردم در دانشگاه‌های تراز اول دنیا حرکت به سمت استفاده از هوش مصنوعی خصوصا حوزه مهندسی پلیمر در طراحی محصولات، در بهبود کیفیت محصولات و در اتوماسیون کردن فرایندها میشه از این‌ها استفاده کرد به نظرم نیازمند تلاش بیشتری هست یعنی هوش مصنوعی اونجور که باید و شاید در کشور ما سرمایه‌گذاری خوبی نشده هنوز به خوبی در دانشگاه‌ها و در صنایع پیشرفته جا نیفتاده ولی ما مجبور هستیم از این دانشی که حالا قبلا هم بود و الان گسترده‌تر شده حتما باید در هم در بخش آموزش به دانشجوها و هم در بخش‌های مربوط به تحقیقاتی که در حوزه‌های مهندسی مختلف حالا اینجا با تاکید بر حوزه‌ی مهندسی پلیمر هست نیاز هست که فعالیت‌های بیشتری داشته باشیم.



پلیمر به زبان ساده

نویسنده: مونا فرشاف^{۱،۲}

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، رشته مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی تبریز
۲- پژوهشگر مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز

پلیمرها دسته‌ای از مواد با ساختار مولکولی درشت و زنجیره‌ای هستند که از تکرار واحدهای کوچکتری به نام مونومر تشکیل می‌شوند. این مواد به دلیل خواص مکانیکی، شیمیایی و فرآیندپذیری متنوع، جایگاه ویژه‌ای در علوم و صنایع گوناگون یافته‌اند. واژه پلیمر از ریشه یونانی «پلی» به معنای بسیار و «مر» به معنای جزء گرفته شده است. توسعه فناوری‌های نوظهور، پلیمرها را به موادی کلیدی در جهان امروز تبدیل کرده است و اکنون این مواد، ستون فقرات بسیاری از صنایع پیشرفته را تشکیل می‌دهند. در سطح جهانی، پلیمرها در طیف وسیعی از کاربردها حضور دارند. از تولید مواد سبک برای کاهش مصرف سوخت در صنایع خودروسازی و هوافضا گرفته تا ساخت تجهیزات پزشکی پیشرفته و بسته‌بندی‌های کارآمد، این مواد نقشی بی‌بدیل دارند. هم‌زمان با توسعه فناوری، بازار جهانی پلیمر نیز در حال گسترش است و رشد قابل‌توجهی به‌خصوص در زمینه بیوپلیمرها، پلیمرهای هوشمند و نانوکامپوزیت‌ها مشاهده می‌شود. بهبود فرآیندهای تولید و افزایش سازگاری محیطی، تقاضا برای پلیمرها را بیش از گذشته افزایش داده و این مواد را به یکی از اجزای جدانشدنی صنایع نوین بدل کرده است. پلیمرها را می‌توان بر اساس منشأ و ساختار به سه دسته کلی طبقه‌بندی کرد. پلیمرهای طبیعی مانند سلولز و کائوچوی طبیعی، ... در گیاهان و موجودات زنده یافت می‌شوند و قدمتی به اندازه طبیعت دارند. پلیمرهای سنتزی مانند پلی‌اتیلن و پلی‌استایرن، ... حاصل فرآیندهای شیمیایی هستند و در صنایع مدرن نقشی اساسی ایفا می‌کنند. گروه سوم، پلیمرهای نیمه‌سنتزی هستند که با تغییر ساختار پلیمرهای طبیعی به دست می‌آیند. علاوه بر این دسته‌بندی‌های کلاسیک، در دهه‌های اخیر پلیمرهای پیشرفته‌تری مانند پلیمرهای هوشمند و پلیمرهای زیست‌سازگار توسعه یافته‌اند که در کاربردهای خاص‌تری مانند مهندسی پزشکی و فناوری‌های نوین به کار می‌روند. در این میان، ظهور نانوکامپوزیت‌ها نقطه عطفی در علوم پلیمر به شمار می‌آید. ترکیب پلیمرهای سنتی با نانوذراتی مانند نانولوله‌های کربنی، گرافن و نانوذرات سیلیکا، امکان دستیابی به موادی با خواص خارق‌العاده را فراهم کرده است. این ترکیبات نانویی نه تنها استحکام مکانیکی و مقاومت به سایش پلیمرها را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهند، بلکه موجب کاهش وزن، افزایش مقاومت حرارتی و بهبود هدایت الکتریکی آن‌ها نیز می‌شوند. از همین رو، نانوکامپوزیت‌ها در صنایع هوافضا، الکترونیک، بسته‌بندی‌های پیشرفته و تولید تجهیزات پزشکی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند و پاسخ مناسبی به نیازهای مهندسی امروز ارائه می‌دهند.

علاوه بر نانوکامپوزیت‌ها، ویتزیمرها به‌عنوان نسل جدید پلیمرها، افق تازه‌ای در مسیر توسعه مواد پیشرفته گشوده‌اند. این مواد که به واسطه پیوندهای عرضی دینامیکی قادر به بازآرایی و ترمیم ساختار خود تحت حرارت هستند، امکان خودترمیمی و بازیابی خواص مکانیکی را فراهم می‌کنند. ویتزیمرها فرآیندپذیری مجدد و پایداری بالایی دارند و به‌ویژه در صنایعی مانند خودروسازی، تولید پوشش‌های محافظ و قطعات پیچیده، گزینه‌ای جذاب و کارآمد محسوب می‌شوند. تلفیق فناوری ویتزیمرها با نانوذرات نیز زمینه تولید پلیمرهای نوینی را فراهم کرده که همزمان ویژگی‌های پایدار و عملکرد بالایی دارند. در نهایت، پلیمرها با گستره وسیع کاربردهای خود به یکی از ارکان اساسی دنیای مدرن تبدیل شده‌اند. روندهای نوینی مانند نانوکامپوزیت‌ها و ویتزیمرها نه تنها موجب ارتقاء خواص فیزیکی و شیمیایی پلیمرها شده‌اند، بلکه راهکاری برای تولید موادی پایدار و سازگار با محیط زیست ارائه می‌دهند. این تحولات، گامی مهم در جهت پاسخگویی به نیازهای صنعتی، مهندسی و زیست محیطی جهان امروز به شمار می‌رود.

بایوپلیمرها: ویژگی‌ها و کاربردها

✍ نویسنده: محمدمبین صلاتی^{۱،۲}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی پلیمر، گرایش بایوپلیمر، دانشکده مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی تبریز
۲- پژوهشگر مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز

۱- مقدمه

با پیشرفت فناوری و افزایش آگاهی نسبت به آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده از پلاستیک‌های سنتزی، پژوهش‌ها و نوآوری‌های بسیاری در جهت یافتن جایگزین‌های پایدارتر آغاز شده‌اند. یکی از مهم‌ترین این جایگزین‌ها، بایوپلیمرها هستند که از منابع طبیعی و تجدیدپذیر تولید می‌شوند و به دلیل خواص منحصر به فرد خود از جمله زیست‌تخریب‌پذیری، به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. این پلیمرها علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، امکان بازگشت به چرخه طبیعت را نیز فراهم می‌کنند. بایوپلیمرها پلیمرهایی هستند که از منابع زیستی مانند گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و حتی برخی مواد زائد کشاورزی تولید می‌شوند. این مواد می‌توانند جایگزین مناسبی برای پلاستیک‌های مبتنی بر نفت باشند که تجزیه آن‌ها صدها سال زمان می‌برد و اثرات مخربی بر محیط‌زیست دارند. علاوه بر این، تولید این مواد نیازمند استفاده از منابع تجدیدناپذیر نیست، و همین امر باعث کاهش وابستگی به نفت و گاز طبیعی می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های تولید بایوپلیمرها، امکان ساخت مواد با خواص مکانیکی، حرارتی و زیستی بهینه‌تر را فراهم کرده است. از جمله این پیشرفت‌ها می‌توان به استفاده از فرآیندهای تخمیر میکروبی، استخراج از منابع طبیعی و حتی اصلاحات شیمیایی اشاره کرد. با وجود اینکه هزینه‌های تولید این مواد در مقایسه با پلیمرهای معمولی بیشتر است، تقاضای رو به رشد برای مواد پایدار و سازگار با محیط‌زیست سبب شده است که تولید بایوپلیمرها در سطح جهانی افزایش یابد. امروزه بایوپلیمرها در حوزه‌های مختلفی نظیر بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر، کاربردهای پزشکی مانند دارورسانی و مهندسی بافت، و حتی در کشاورزی و صنایع غذایی به کار گرفته می‌شوند. با وجود چالش‌هایی مانند هزینه‌های تولید و بهبود عملکرد، این مواد نویدبخش آینده‌ای پایدارتر و کاهش اثرات مخرب بر محیط‌زیست هستند.

۲- انواع بایوپلیمرها

بایوپلیمرها بر اساس منبع تولید، ساختار شیمیایی و ویژگی‌های زیستی به چندین گروه تقسیم می‌شوند. علاوه بر بایوپلیمرهای طبیعی، پلیمرهای سنتزی زیست‌تخریب‌پذیر نیز به عنوان بخشی از این دسته‌بندی مورد توجه هستند. در ادامه، به بررسی دقیق‌تر انواع بایوپلیمرها پرداخته شده است.

۲-۱- پلی‌ساکاریدها

پلی‌ساکاریدها، که یکی از فراوان‌ترین منابع طبیعی هستند، شامل موادی مانند

- سلولز: به عنوان رایج‌ترین پلیمر طبیعی که در دیواره سلولی گیاهان یافت می‌شود و برای کاربردهایی نظیر بسته‌بندی زیستی و تولید مواد مهندسی استفاده می‌شود.

- نشاسته: به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری بالا و امکان اصلاح ساختاری، در تولید پلاستیک‌های زیستی کاربرد دارد.

- کیتین و کیتوسان: این پلیمرها از منابع حیوانی (مانند پوست سخت‌پوستان) استخراج می‌شوند و در پزشکی و مهندسی بافت کاربرد دارند.

۲-۲- پلی‌استرها

پلی‌استرها به دلیل خواص مکانیکی و زیست‌تخریب‌پذیری مناسب در بین بایوپلیمرها جایگاه ویژه‌ای دارند

- پلی‌لاکتیک‌اسید (PLA) از مواد اولیه‌ای مانند نشاسته ذرت یا نیشکر تولید می‌شود و در کاربردهایی مانند بسته‌بندی مواد غذایی، تجهیزات پزشکی و چاپ سه‌بعدی استفاده می‌شود.

- پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها (PHA) این پلیمرها توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند و به دلیل زیست‌سازگاری، در پزشکی و کشاورزی مورد توجه قرار دارند.

- پلی‌کاپرولاکتون (PCL) یک پلیمر سنتزی زیست‌تخریب‌پذیر است که برای تولید ایمپلنت‌های پزشکی و مواد دارورسانی استفاده می‌شود.

۲-۳- پروتئین‌ها

پلیمرهای پروتئینی به دلیل ویژگی‌های زیستی و مکانیکی خاص خود، در صنایع مختلف کاربرد دارند

- ژلاتین: از تجزیه کلاژن حیوانی به دست می‌آید و در تولید داروها، غذاها و فیلم‌های زیستی استفاده می‌شود.
- کلاژن: به دلیل زیست‌سازگاری بالا، به طور گسترده در مهندسی بافت و تولید ایمپلنت‌ها به کار می‌رود.
- زئین و گلوتن: این پروتئین‌های گیاهی به عنوان مواد اولیه برای تولید فیلم‌های زیستی و مواد بسته‌بندی استفاده می‌شوند.

۲-۴- پلیمرهای سنتزی زیست‌تخریب‌پذیر

این دسته شامل پلیمرهایی است که از منابع پتروشیمی تولید شده‌اند اما قابلیت تجزیه زیستی دارند

- پلی‌بوتیلن‌سوکسینات (PBS) به دلیل استحکام بالا و زیست‌تخریب‌پذیری مناسب، در تولید فیلم‌های بسته‌بندی و کیسه‌های زیست‌تخریب‌پذیر استفاده می‌شود.

- پلی‌بوتیلن‌آدیپات-کو-ترفتالات (PBAT) یک پلیمر نرم و زیست‌تخریب‌پذیر است که در ترکیب با PLA برای تولید فیلم‌های انعطاف‌پذیر به کار می‌رود.

۲-۵- پلیمرهای لیپیدی و سایر مواد خاص

- پلیمرهای لیپیدی: نظیر موم‌ها و استرهای چرب که در صنایع آرایشی و تولید پوشش‌های زیستی استفاده می‌شوند.
- پلی‌فنول‌ها: شامل مواد طبیعی نظیر لیگنین که در تولید ترکیبات زیستی و بهبود خواص مکانیکی استفاده می‌شوند.

۲-۶- ترکیب بایوپلیمرهای طبیعی و سنتزی

یکی از رویکردهای نوین در این حوزه، ترکیب بایوپلیمرهای طبیعی با پلیمرهای سنتزی زیست‌تخریب‌پذیر برای ایجاد مواد هیبریدی با خواص بهینه است. این ترکیبات امکان استفاده در کاربردهای متنوع‌تر و با استحکام و زیست‌تخریب‌پذیری بهتر را فراهم می‌کنند.

این دسته‌بندی جامع نشان‌دهنده تنوع و گستره کاربردی بایوپلیمرها در صنایع مختلف است و پتانسیل بالای این مواد برای جایگزینی پلیمرهای سنتی را برجسته می‌سازد.

۳- خواص بایوپلیمرها

بایوپلیمرها به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، توانسته‌اند جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف پیدا کنند. این ویژگی‌ها ارتباط مستقیم با کاربردهای آن‌ها در بخش‌های گوناگون نظیر بسته‌بندی، پزشکی، کشاورزی و زیست‌محیطی دارند. در ادامه، مهم‌ترین خواص و ویژگی‌های بایوپلیمرها با توجه به کاربردهایشان توضیح داده می‌شود.

۱-۳- زیست‌تخریب‌پذیری

یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های بایوپلیمرها قابلیت تخریب زیستی آن‌هاست که امکان تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها و تبدیل به مواد ساده‌ای نظیر دی‌اکسیدکربن، آب و زیست‌توده را فراهم می‌کند. این خاصیت به‌ویژه در کاربردهای بسته‌بندی (مانند تولید فیلم‌ها و کیسه‌های زیست‌تخریب‌پذیر) و کشاورزی (پوشش‌های گیاهی زیستی) اهمیت ویژه‌ای دارد. مواد زیست‌تخریب‌پذیر، زباله‌های غیرقابل تجزیه را کاهش داده و به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کنند.

۲-۳- زیست‌سازگاری

زیست‌سازگاری بایوپلیمرها آن‌ها را به گزینه‌ای مناسب برای کاربردهای پزشکی تبدیل کرده است. این مواد به‌خوبی با محیط بدن سازگار بوده و باعث تحریک پاسخ‌های ایمنی نمی‌شوند. این خاصیت به‌ویژه در تولید ایمپلنت‌ها، پانسمان‌های زخم، سیستم‌های دارورسانی و مهندسی بافت کاربرد دارد. برای مثال، کلاژن و ژلاتین به دلیل سازگاری زیستی بالا در تولید داروها و بافت‌های مصنوعی استفاده می‌شوند.

۳-۳- خواص مکانیکی مطلوب

بایوپلیمرها می‌توانند خواص مکانیکی متنوعی مانند استحکام کششی، انعطاف‌پذیری و مقاومت در برابر فشار داشته باشند. این خواص با اصلاح ساختاری و افزودن پرکننده‌های طبیعی یا سنتزی قابل بهبود است. این ویژگی‌ها باعث شده است بایوپلیمرها در کاربردهایی نظیر بسته‌بندی مواد غذایی، تولید ابزار پزشکی و ساخت قطعات مهندسی مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور مثال، پلی‌لاکتیک‌اسید (PLA) به دلیل استحکام بالا و انعطاف‌پذیری مناسب، در چاپ سه‌بعدی و بسته‌بندی کاربرد دارد.

۴-۳- دوستدار محیط‌زیست

بایوپلیمرها در فرآیند تولید و تجزیه، کربن‌دی‌اکسید کمتری آزاد می‌کنند و این امر باعث می‌شود استفاده از آن‌ها به کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی کمک کند. به همین دلیل، این مواد در تولید محصولات پایدار نظیر ظروف یک‌بار مصرف و بسته‌بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵-۳- قابلیت پردازش و اصلاح‌پذیری

بایوپلیمرها را می‌توان به‌راحتی با استفاده از روش‌هایی مانند قالب‌گیری تزریقی، اکستروژن و چاپ سه‌بعدی پردازش کرد. همچنین، امکان اصلاح شیمیایی یا فیزیکی این مواد برای بهبود خواص آن‌ها وجود دارد. برای مثال، PLA از طریق اصلاح ساختار شیمیایی به مواد مقاوم‌تر تبدیل می‌شود و برای استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی مقاوم در برابر حرارت مناسب است.

۶-۳- خواص حرارتی و اپتیکی

بایوپلیمرها می‌توانند خواص حرارتی مطلوبی مانند مقاومت در برابر دما و پایداری حرارتی داشته باشند. این ویژگی برای کاربردهای بسته‌بندی که نیاز به مقاومت در برابر تغییرات دمایی دارند، اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین، برخی بایوپلیمرها مانند پلی‌کاپرولاکتون (PCL) قابلیت شفافیت دارند و برای بسته‌بندی شفاف مواد غذایی و دارویی استفاده می‌شوند.

۷-۳- قابلیت آنتی‌باکتریال

برخی بایوپلیمرها نظیر کیتوسان خاصیت آنتی‌باکتریال دارند که آن‌ها را برای تولید پانسمان‌های زخم، بسته‌بندی مواد غذایی و کاربردهای پزشکی بسیار مناسب می‌کند. این خاصیت به حفظ سلامت و افزایش ماندگاری مواد غذایی کمک می‌کند.

۸-۳- انعطاف‌پذیری شیمیایی

ساختار بایوپلیمرها امکان اضافه کردن مواد تقویت‌کننده یا اصلاح ساختار را فراهم می‌کند. این انعطاف‌پذیری باعث شده است که بتوان از آن‌ها در تولید ترکیبات هیبریدی با کارایی بالا در کاربردهای مختلف نظیر بسته‌بندی، دارورسانی و کشاورزی استفاده کرد.

۴- کاربرد بایوپلیمرها

بایوپلیمرها به دلیل خواص منحصر به فرد خود در صنایع مختلفی به‌کار گرفته می‌شوند. در ادامه به کاربردهای متنوع این مواد در حوزه‌های مختلف پرداخته می‌شود.

۱-۴- پزشکی

بایوپلیمرها در پزشکی کاربردهای گسترده‌ای دارند و به

دلیل زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و خواص مکانیکی مناسب، به‌طور ویژه در این حوزه استفاده می‌شوند

- مهندسی بافت: بایوپلیمرهایی مانند کلاژن، کیتوسان و پلی‌کاپرولاکتون (PCL) به‌عنوان داربست برای رشد سلول‌ها و بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده استفاده می‌شوند.
- دارورسانی: بایوپلیمرها مانند PLA و PHA در سیستم‌های دارورسانی کنترل‌شده به کار می‌روند و با آزادسازی تدریجی دارو، اثربخشی درمان را افزایش می‌دهند.
- پانسمان‌های زخم: مواد بایوپلیمری نظیر کیتوسان و ژلاتین به دلیل خواص آنتی‌باکتریال و حفظ رطوبت، در پانسمان‌های زخم کاربرد دارند.

۲-۴- بسته‌بندی

- بایوپلیمرها مانند PLA و نشاسته به‌طور گسترده در تولید فیلم‌های بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر استفاده می‌شوند. این مواد جایگزین پلاستیک‌های معمولی شده و باعث کاهش زباله‌های پلاستیکی می‌شوند.
- برخی از بایوپلیمرها مانند کیتوسان خاصیت آنتی‌باکتریال دارند و به افزایش ماندگاری مواد غذایی کمک می‌کنند.

۳-۴- پوشاک و وسایل پوشیدنی

- الیاف بایوپلیمری مانند پلیمرهای مشتق‌شده از سلولز و PLA در تولید پارچه‌های زیست‌تخریب‌پذیر و پوشاک استفاده می‌شوند.
- این مواد برای تولید کفش‌های ورزشی، لباس‌های سازگار با محیط‌زیست و تجهیزات پوشیدنی کاربرد دارند و به کاهش زباله‌های صنعتی کمک می‌کنند.

۴-۴- کشاورزی

- بایوپلیمرها در تولید پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای بذرها و کودها به کار می‌روند. این پوشش‌ها باعث کنترل تدریجی رهاسازی مواد مغذی در خاک می‌شوند.
- استفاده از فیلم‌های کشاورزی زیست‌تخریب‌پذیر برای پوشش‌دهی خاک و بهبود رشد گیاهان یکی از دیگر کاربردهای این مواد است.

۵-۴- انرژی

- سلول‌های خورشیدی: برخی بایوپلیمرها به‌عنوان لایه‌های فعال در سلول‌های خورشیدی ارگانیک به کار می‌روند. این مواد به بهبود راندمان تبدیل انرژی کمک می‌کنند.
- سوخت‌های زیستی: بایوپلیمرها از منابع زیست‌تجدیدپذیر تولید می‌شوند و در تولید سوخت‌های زیستی مانند بیودیزل کاربرد دارند.

۶-۴- الکترونیک انعطاف‌پذیر

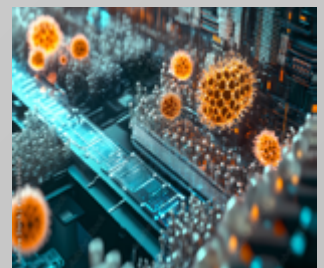
- بایوپلیمرها در تولید الکترونیک‌های انعطاف‌پذیر مانند سنسورهای زیستی، نمایشگرهای انعطاف‌پذیر و دستگاه‌های الکترونیکی پوشیدنی کاربرد دارند.
- استفاده از این مواد باعث کاهش آلودگی الکترونیکی و افزایش پایداری زیست‌محیطی شده است.

۷-۴- صنایع غذایی

- بایوپلیمرها در تولید فیلم‌های خوراکی برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند. این فیلم‌ها به کاهش استفاده از پلاستیک و بهبود ایمنی مواد غذایی کمک می‌کنند.
- همچنین در تولید مواد افزودنی زیستی مانند غلیظ‌کننده‌ها و تثبیت‌کننده‌ها به کار می‌روند.

۸-۴- صنایع ساختمانی

- بایوپلیمرها در تولید مواد ساختمانی سبک و زیست‌تخریب‌پذیر مانند پانل‌های عایق و مواد ترکیبی برای ساختمان‌های سبز استفاده می‌شوند.



- این مواد به بهبود بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها و کاهش زباله‌های ساختمانی کمک می‌کنند.

۹-۴- صنایع خودروسازی

- بایوپلیمرها در تولید قطعات داخلی خودرو مانند داشبوردها، روکش‌ها و قطعات تزئینی به‌کار می‌روند. استفاده از این مواد وزن خودرو را کاهش داده و بهره‌وری سوخت را افزایش می‌دهد.

۱۰-۴- زیست‌فناوری و آزمایشگاه‌ها

- بایوپلیمرها در تولید ظروف زیست‌تخریب‌پذیر برای آزمایشگاه‌ها و دستگاه‌های زیستی استفاده می‌شوند.
- همچنین در تولید ژل‌ها و داربست‌های زیستی برای کشت سلولی و آزمایش‌های زیست‌فناوری کاربرد دارند.

۱۱-۴- حمل‌ونقل

- بایوپلیمرها در تولید کیسه‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای حمل‌ونقل مواد و محصولات استفاده می‌شوند. این مواد به کاهش استفاده از پلاستیک‌های مضر کمک می‌کنند.

۵- نتیجه‌گیری

بایوپلیمرها به عنوان موادی نوین و پایدار، توانسته‌اند جایگاه ویژه‌ای در بسیاری از صنایع پیدا کنند. این مواد، که از منابع طبیعی و تجدیدپذیر تولید می‌شوند، به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری و زیست‌سازگاری بالا، نقش مهمی در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و ارتقای پایداری ایفا می‌کنند.

در حوزه پزشکی، بایوپلیمرها با قابلیت استفاده در دارورسانی، مهندسی بافت و تولید پانسمان‌های زخم، انقلابی در درمان و مراقبت‌های بهداشتی ایجاد کرده‌اند. در صنعت بسته‌بندی، این مواد به عنوان جایگزین مناسب برای پلاستیک‌های سنتزی، به کاهش زباله‌های غیرقابل تجزیه کمک کرده و پایداری محیط‌زیست را تضمین می‌کنند. علاوه بر این، در کشاورزی، انرژی، صنایع غذایی و حتی در الکترونیک‌های انعطاف‌پذیر، بایوپلیمرها توانسته‌اند کاربردهای متنوعی ارائه دهند که همگی در راستای کاهش تأثیرات منفی زیست‌محیطی و ارتقای بهره‌وری هستند.

با وجود چالش‌هایی نظیر هزینه‌های تولید و محدودیت‌های مکانیکی برخی از این مواد، پیشرفت‌های فناوری‌های نوین این امکان را فراهم کرده است که بایوپلیمرها به‌صورت گسترده‌تر در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند. ترکیب بایوپلیمرهای طبیعی و سنتزی، اصلاح خواص مکانیکی و بهبود فرآیندهای تولید، راه‌حل‌هایی موثر برای غلبه بر این چالش‌ها ارائه داده‌اند.

در نهایت، بایوپلیمرها به‌عنوان راه‌حلی پایدار و مؤثر برای مقابله با مشکلات زیست‌محیطی و نیازهای رو به رشد بشر، نمایانگر آینده‌ای روشن برای توسعه مواد نوین و دوستدار محیط‌زیست هستند. با حمایت از توسعه و استفاده از این مواد، می‌توان گام‌های مؤثری در راستای کاهش وابستگی به منابع تجدیدناپذیر و ساختن جهانی پایدارتر برداشت.

۲- منابع

- 1- Getahun, Muluken Jemberie, Bantamlak Birlie Kassie, and Tsega Samuel Alemu. «Recent advances in biopolymer synthesis, properties, & commercial applications: A review. » Process Biochemistry (2024).
- 2- Mtibe, Asanda, et al. «Synthetic biopolymers and their composites: Advantages and limitations—An overview. » Macromolecular rapid communications 42. 15 (2021): 2100130.
- 3- Yadav, Preeti, et al. «Biomedical biopolymers, their origin and evolution in biomedical sciences: a systematic review. » Journal of clinical and diagnostic research: JCDR 9. 9 (2015): ZE21.
- 4- Flórez, María, Patricia Cazón, and Manuel Vázquez. «Selected biopolymers' processing and their applications: a review. » Polymers 15. 3 (2023): 641.

کاربرد پلیمر در چسب‌های زیستی

نویسنده: محمدحسین اکبری^{۱،۲}

۱- دانشجوی دکتری تخصصی پلیمر، دانشگاه صنعتی تبریز

۲- پژوهشکده مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز

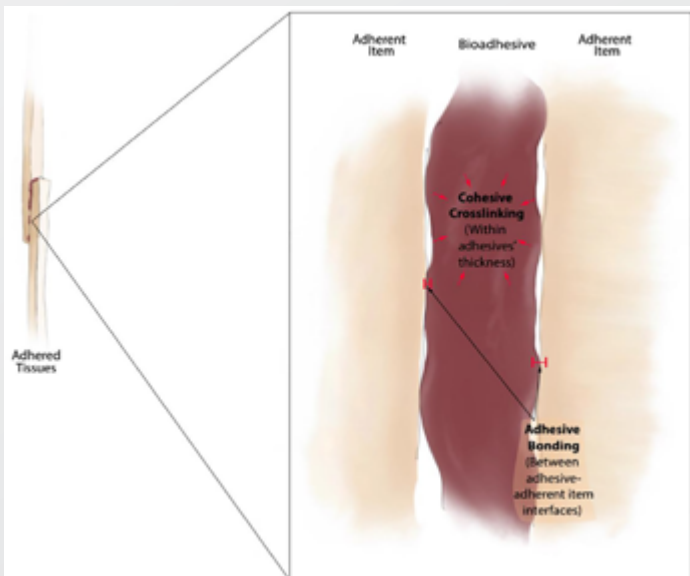
ترمیم و بستن زخم از دیرباز یکی از معضلات مهم بشر بوده است و استفاده از منگنه‌ها و بخیه‌ها مرسوم‌ترین روش برای آن بوده است. منگنه و بخیه‌ها گرچه از متداول‌ترین راه‌ها برای بستن زخم بوده است اما دارای معایبی از جمله نیاز به بیهوشی و بی‌حسی، ایجاد عفونت، آسیب عصبی و التهاب پوستی، ایجاد گرانولوم و اسکار پوستی و مشکلات عدیده دیگر پوستی می‌باشد. این روش بستن زخم گرچه برای نگه داشتن دو بافت جدا شده در کنار هم برای بهبود و اتصال بافت مناسب بوده است اما از لحاظ بیولوژیکی خطرات بسیاری دارد به عنوان مثال بخیه یا منگنه نمی‌تواند مانع نشت عفونت از بیرون یا از دست رفتن خون از داخل شود به همین دلیل متخصصان و پژوهشگران همیشه در تلاش برای جایگزینی و یا بهبود آن بوده‌اند [۲۰۱].

سال‌های اخیر در زمینه بخیه نیز پیشرفت‌های بسیار زیادی اعم از نخ بخیه‌های تجزیه پذیر و انتی باکتریال حاصل شده است اما همچنان دارای معایبی می‌باشد. با پیشرفت علم پلیمر به ویژه در زمینه زیست پزشکی، باعث شده است پژوهشگران زیادی بر روی چسب‌های زیستی برای جایگزین بخیه مطالعه نمایند. چسب‌های زیستی به دلیل مزایای فراوان و پوشش دادن معایب بخیه‌ها یکی از بهترین جایگزین‌ها برای بخیه و منگنه می‌باشد از این



رو چسب‌های زیستی عموماً باید باعث کاهش زمان جراحی، کاهش عفونت، جلوگیری از به هدر رفتن خون، کاهش زمان جراحی، ترمیم زخم و عدم حساسیت پوستی شود و همچنین بتواند دو بافت جدا شده را در کنار هم نگه دارد [۴۰۳].

سیستم چسبندگی از دو بخش تشکیل می‌شود؛ یک بخش مربوط به لایه چسبنده شده یا همان سطح بستر و دیگری ماتریس پلیمری می‌باشد که خود از دو منظر سطح و بالک قابل بررسی می‌باشد. سطح چسب‌های زیستی باید آبدوست بوده تا با

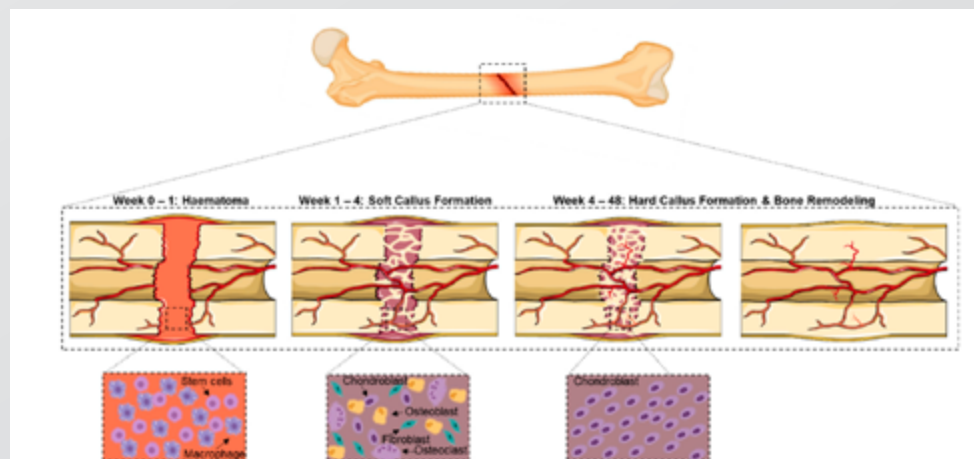


محیط بدن بتوانند سازگار باشند و همچنین سطح چسبنده مناسبی داشته باشند تا در همان ابتدای اعمال روی بافت بتواند مقاومت چسبندگی مناسبی از خود نشان دهد. ماتریس چسب نیز باید خواص مناسبی برای افزایش چسبندگی در بلند مدت داشته باشد در

دیگری مانند بازسازی و استخوان سازی، غضرف سازی نیز طراحی کرد. چسب زیستی برای ترمیم استخوان مستلزم برهمکنش مناسب سطح چسب با سطح استخوان می باشد تا چسبندگی مناسب و قوی داشته باشد، به همنچنین ساختار چسب باید دارای گروه های باشد که توانایی تحریک برای ترمیم استخوان باشد. در برخی مطالعات از همنچین چسب های زیستی به عنوان جایگزین پیچ و مهره یا مهر و دیسک استفاده شده است [۱۰ و ۹]. مکانیزم های پخت زمان آن در چسب های زیستی باتوجه به کاربردها از پارامترهای مهم در طراحی و سنتز این نوع چسب ها می باشد. عموماً پخت چسب های زیستی به وسیله رطوبت موجود در هوا اتفاق می افتند که به موجب باندهایی می باشد که توانایی واکنش و پخت با رطوبت موجود در هوا یا بافت بدن را داشته باشد. به عنوان مثال چسب های زیستی برپایه پلی یوتان با ایزوسیانات اضافی که توانایی اتصال و

اصل ماتریس چسب پشتیبانی ساختاری از لایه چسبندگی را فراهم می کند و ویژگی های شیمیایی و فیزیکی چسب از جمله سفتی، ویسکوالاستیسیته، اتلاف انرژی، مقاومت در برابر خستگی، تورم و تجزیه پذیری را تعیین می کند. در حقیقت مقاومت چسبندگی از دو بخش تشکیل می شود که شامل مقاومت چسبندگی سطح (Adhesion strength) و مقاومت بالک چسب (Cohesion strength) می باشد. برای اتصال سطحی مناسب لزوم برهمکنش ترمودینامیکی سطح بستر بافت-چسب و باند های انتهایی مناسب که توانایی ایجاد پیوندهایی مانند پیوند کوالانسی، هیدروژنی و اندر والسی و ... با ترکیبات سطح بستر بافت هستند الزامی می باشد. همنچنین ایجاد اتصالات عرضی در چسب زیستی یکی از راه های اصلی برای افزایش مقاومت بالک آن می باشد [۵]. توسعه موفقیت آمیز چسب های بافتی نیازمند تلاش های بین رشته ای است که شیمی، مکانیک و زیست شناسی را در بر می گیرد، زیرا عملکرد چسب عمدتاً توسط خواص فیزیکوشیمیایی

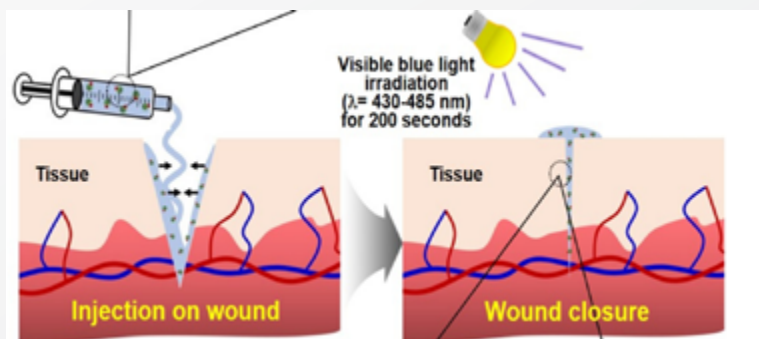
چسب، برهمکنش های شیمیایی و مکانیکی با بافت، پاسخ ایمنی میزبان و ویژگی های محیط محلی تعیین می شود. در حالت کلی چسب های زیستی را می توان به دو دسته برپایه پلیمر های طبیعی مانند پروتئین



تشکیل پیوند شیمیایی هم با باندهای آمینی در بافت بدن را دارد هم با رطوبت موجود در هوا. این روش پخت، به صورت خود به خودی بوده که عموماً سرعت بالایی ندارند. البته در پژوهش های بسیاری استفاده از برخی کاتالیست های زیست

ها و پلی ساکراید ها و سنتزی مانند چسب های زیستی بر پایه پلی اتیلن گلیکول، سیانو اکریلات و پلی یورتان تقسیم بندی کرد که هر کدام معایب و مزایای مخصوص خود را دارد [۶-۸]. چسب های زیستی به غیر از بستن زخم برای کاربرد های

سازگار برای افزایش سرعت پخت آن‌ها استفاده شده است. یکی دیگر از روش‌های پخت در چسب‌های زیست‌پخت به وسیله نور می‌باشد که لزوم آن وجود باندهایی است که بتواند تحت نور شکسته و با تشکیل پیوند عرضی باعث پخت چسب زیستی شود به عنوان مثال چسب‌های زیستی بر پایه پلیمرهای اکریلاتی با حضور شروع کننده نوری که تحت طول موج خاصی شکسته و رادیکال



ازاد ایجاد می‌نماید که می‌تواند باعث اتصالات عرضی در باند های C=C اکریلاتی شود. این مکانیزم پخت قابل کنترل بوده و عموماً سرعت بالاتری دارد [۱۱-۱۴]. چسب‌های زیستی بهترین جایگزین برای انواع بخیه و منگنه می‌باشد به طوری که باید نه تنها تمام معایب آن را پوشش

دهد بلکه مزیت های فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی مناسبی داشته باشد. امروزه چسب‌های زیستی در زمینه های بسیار زیادی مانند سیستم های حامل دارو و ژن، سنسورهای زیستی و چسب‌های زیستی هوشمند مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است اما با این حال طراحی چسب زیستی با سرعت پخت بالا و خواص مناسب و بالا یکی از چالش‌های پژوهشگران بوده است. [۱۵ و ۱۶] منابع :

- Nam, S. and D. Mooney, Polymeric tissue adhesives. *Chemical reviews*, 2021. 121(18): p. 11336-11384.
- Ferreira, P. , et al. , Modification of the biopolymer castor oil with free isocyanate groups to be applied as bioadhesive. *International journal of biological macromolecules*, 2007. 40(2): p. 144-152.
- Balcioglu, S. , et al. , Design of xylose-based semisynthetic polyurethane tissue adhesives with enhanced bioactivity properties. *ACS applied materials & interfaces*, 2016. 8(7): p. 4456-4466.
- Rahimnejad, M. and W. Zhong, Mussel-inspired hydrogel tissue adhesives for wound closure. *RSC advances*, 2017. 7(75): p. 47380-47396.
- Zhu, Wenzhen, Yon Jin Chuah, and Dong-An Wang. "Bioadhesives for internal medical applications: a review. " *Acta biomaterialia* 74 (2018): 1-16.
- Cui, G. , N. Dan, W. Dan, and J. Lan, Biomass-based tissue adhesives and their application status and development prospects. *Leather Sci. Eng.* , 2015. 25(5): p. 33-40.
- Pascual, G. , et al. , Cytotoxicity of cyanoacrylate-based tissue adhesives and short-term preclinical in vivo biocompatibility in abdominal hernia repair. *PLoS one*, 2016. 11(6): p. e0157920.
- Duarte, A. , et al. , Surgical adhesives: Systematic review of the main types and development forecast. *Progress in Polymer Science*, 2012. 37(8): p. 1031-1050.
- Sunarintyas, Siti. "Bioadhesion of biomaterials. " *Biomaterials and Medical Devices: A Perspective from an Emerging Country* (2016): 103-125.
- Tzagiollari, Antzela, Helen O. McCarthy, Tanya J. Levingstone, and Nicholas J. Dunne. "Biodegradable and biocompatible adhesives for the effective stabilisation, repair and regeneration of bone. " *Bioengineering* 9, no. 6 (2022): 250.
- Hay, J. and P. O'Gara, Recent developments in thermoset curing methods. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 2006. 220(3): p. 187-195.
- Lazzara, T. D. and K. M. Smith, Crosslinking problems during rapid curing of adhesives and composites, in *Rapid Cure Composites*. 2023, Elsevier. p. 121-147.
- Borrero-López, Antonio M. , David B. Guzmán, José Antonio González-Delgado, Jesús F. Arteaga, Concepción Valencia, Uwe Pischel, and José M. Franco. "Toward UV-triggered curing of solvent-free polyurethane adhesives based on castor oil. " *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 9, no. 33 (2021): 11032-11040.
- Moon, Young Jae, Sun-Jung Yoon, Jeung-Hyun Koo, Yihyun Yoon, Hye Jun Byun, Hyeon Soo Kim, Gilson Khang, Heung Jae Chun, and Dae Hyeok Yang. "βcyclodextrin/triclosan complex-grafted methacrylated glycol chitosan hydrogel by photocrosslinking via visible light irradiation for a tissue bio-adhesive. " *International Journal of Molecular Sciences* 22, no. 2 (2021): 700.
- Zhu, Jia, Honglei Zhou, Ethan Michael Gerhard, Senhao Zhang, Flor Itzel Parra Rodríguez, Taisong Pan, Hongbo Yang, Yuan Lin, Jian Yang, and Huanyu Cheng. "Smart bioadhesives for wound healing and closure. " *Bioactive Materials* 19 (2023): 360-375.

کاربرد پلیمر در تهیه داربست‌های پوست

نویسنده: اسما فیضی^{۱،۲}



- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی پلیمر-گرایش نانوفناوری، دانشگاه صنعتی تبریز
- ۲- پژوهشگر مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز

چکیده

سالانه میلیون‌ها انسان به دلیل انواع تصادفات، سوختگی‌ها، بیماری‌ها دچار آسیب پوستی می‌شوند و انواع مختلفی از مواد و روش‌ها برای ترمیم زخم‌ها ارائه می‌شود. از میان آنها پلیمرها نقش بسیار مهمی در تهیه داربست‌های پوستی دارند. داربست‌های پلیمری به دلیل خواص منحصر به فردشان مانند زیست‌تخریب‌پذیری، زیست‌سازگاری و قابلیت تنظیم خواص مکانیکی برای تقلید بافت پایه پوست به عنوان جایگزین مناسبی برای بافت‌های آسیب‌دیده پوست به کار می‌روند. برای تهیه یک داربست ایده‌آل انواع مواد مورد استفاده و پارامترهای ضروری و موثر برای ترمیم زخم مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد تا نزدیک‌ترین عملکرد به بافت پایه را بدست آورد. **واژگان کلیدی:** مهندسی بافت، داربست‌های پلیمری، ترمیم زخم

مقدمه

پوست بزرگترین بافت بدن انسان است که حدوداً ۱۵ درصد وزن بدن را تشکیل داده است و بطور کلی از ۳ لایه مختلف تشکیل شده است: اپیدرم، درم، هیپودرم. اپیدرم در تماس با فضای بیرونی می‌باشد و درم و هیپودرم به ترتیب در زیر آن قرار می‌گیرد که در شکل ۱ قابل مشاهده است [۱]. سالانه تعداد زیادی زخم‌های پوستی در اثر سوختگی، بریدگی، انواع جراحی و بیماری‌ها (مانند دیابت) ایجاد می‌شوند. [۲] اگرچه در زخم‌های سطحی، پوست می‌تواند التیام یابد اما زمانی که درم آسیب می‌بیند نمی‌تواند مثل قبل التیام یابد و به حالت اولیه خود بازگردد و نیازمند مداخلات خارجی برای ترمیم پوست می‌باشد. [۳] مهندسی بافت و استراتژی‌های پزشکی بازساختی به طور کلی بر بازسازی جایگزینی بافت آسیب‌دیده یا آسیب دیده با ارائه مواد حمایتی لازم برای تسهیل روند بهبود در بافت تمرکز می‌کنند [۴].

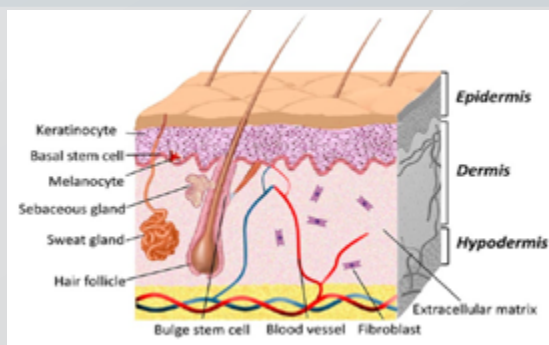
انتخاب مواد

بطور کلی انتخاب یک ماده زیستی مناسب برای سنتز داربست یک

کار چالش برانگیز است. بیومتریال انتخاب شده باید تمامی الزامات رشد سلولی، پایداری فیزیکی-شیمیایی و مکانیکی، انعطاف پذیری لازم در هنگام جابجایی و کاشت را برآورده کند. برای تهیه داربست هر دو مواد طبیعی و مصنوعی برای این منظور توسعه یافته اند. فهرست برخی از بیومواد مهم و طبقه بندی آنها که با موفقیت برای سنتز داربست آزمایش شده اند در شکل ۲ قابل مشاهده است [۵].

داربست‌های پلیمری

یکی از پرکاربردترین مواد زیستی داربست، پلیمرها و کامپوزیت‌های آنها هستند. این پلیمرها به داشتن پایداری عالی در تولید، زیست سازگاری، پاسخ ضد آلرژی، واکنش‌های آنزیمی مطلوب، نسبت سطح به حجم بالا، تخلخل بالا با اندازه منافذ بسیار کوچک برای اجازه



شکل ۱: آناتومی بافت پوست انسان.

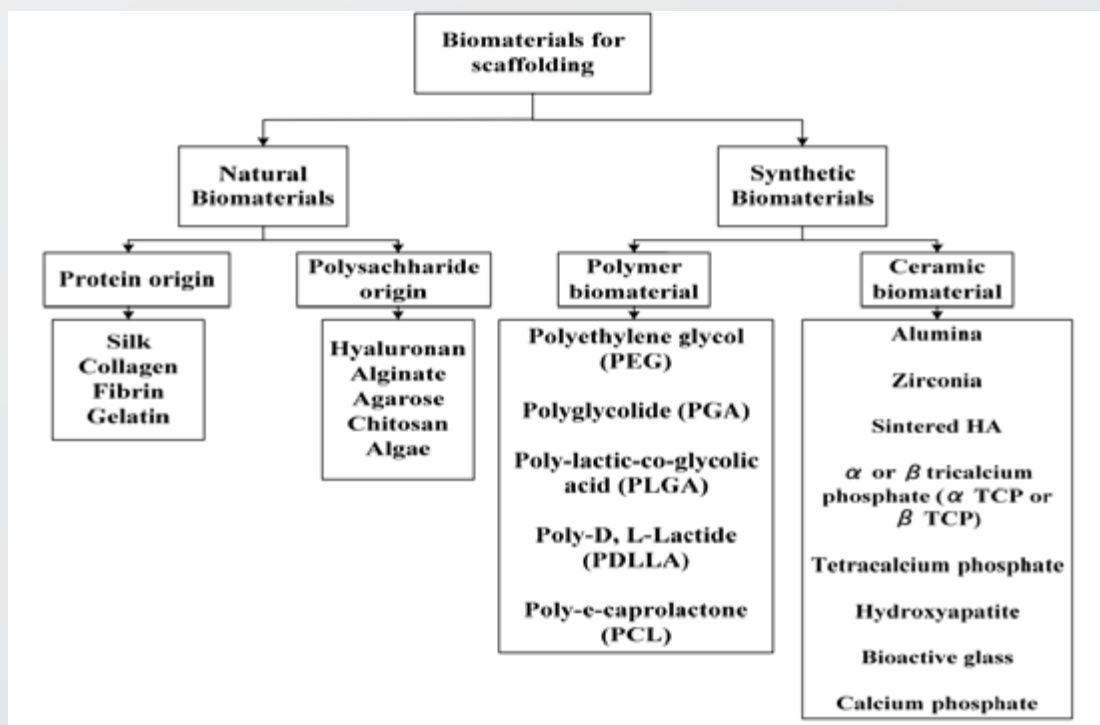
رشد سلولی و حمل و نقل مواد مغذی، نرخ های تجزیه زیستی کنترل شده و خواص مکانیکی به عنوان داربست، شناخته شده اند. انواع پلیمرهایی که به عنوان مواد زیستی مورد استفاده قرار می گیرند شامل پلیمرهای طبیعی، پلیمرهای زیست تخریب پذیر مصنوعی می باشد. [۶] پلیمرهای طبیعی به دلیل رفتار زیست فعالی، برهمکنش های برتری با سلول ها دارند که آنها را قادر می سازد عملکرد سلول ها را در سیستم های بیولوژیکی بهبود بخشند. [۷] اما پلیمرهای طبیعی دارای ضعف خواص مکانیکی و پایداری حرارتی کمی می باشند که برای غلبه بر این اشکالات، پلیمرهای مصنوعی در چند سال گذشته به سرعت به عنوان مواد زیستی، توسعه یافته اند. آن ها دارای ویژگی های متمایز برای کاربردهای مهندسی بافت با داشتن معماری ها و یکنواختی های ماکرومولکولی به خوبی کنترل شده مورد نیاز است [۶].

ویژگی های داربست پلیمری

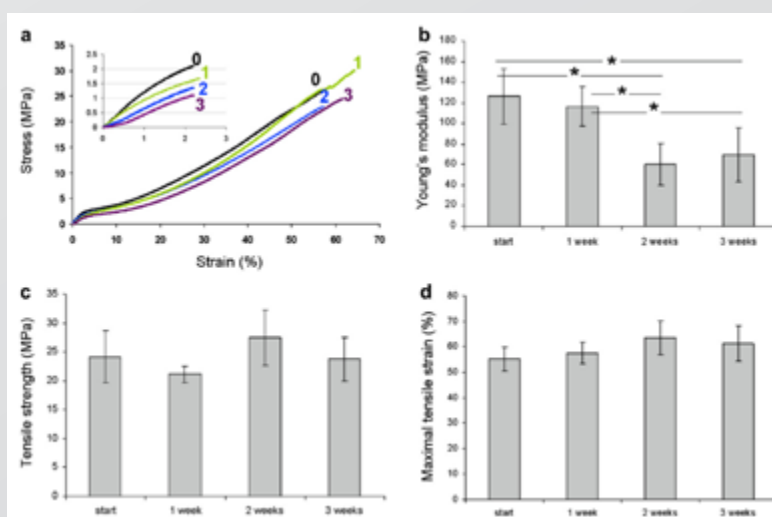
۱. خواص مکانیکی: یک داربست باید الزامات خاصی را برای توسعه یک چارچوب معماری خاص و عملکرد ضروری در مهندسی بافت برآورده کند از جمله خواص مکانیکی مانند: استحکام کششی، مدول الاستیک و سختی. برای مهندسی بافت پوست، داربست های مورد استفاده باید خواص مکانیکی کافی و مشابهی از خود نشان دهند، زیرا پوست بومی استحکام کششی تقریباً بین ۵ تا ۳۰ مگاپاسکال با کشیدگی در هنگام شکست در محدوده ۳۵٪ تا ۱۱۵٪ و مدول یانگ بین ۲۰ و ۶.۴ مگاپاسکال دارد. در شکل ۳ خواص مکانیکی یک داربست پوست را مشاهده می کنید [۸].
۲. زیست تخریب پذیری و استریل پذیری: زیست تخریب پذیری داربست برای جایگزینی ساختار کاشته شده با بافت

جدید بدن ضروری است. هدف این است که اجازه دهیم سلول ها با گذشت زمان رشد کنند و جایگزین داربست یا سازه شوند. [۹] در سال ۲۰۲۰ محمدعلی شیخ الاسلام و همکاران یک داربست الکتروریسی با استفاده از پلی یورتان و ژلاتین تهیه کرده و با یک زخم پوش صنعتی به عنوان داربست کنترل مقایسه کردند. در این پروژه پلیمر زیست تخریب سنتزی پلی یورتان باعث کنترل نرخ تخریب می شد و با انجام تست تخریب مشخص شد، داربست تهیه شده ۹۰ درصد وزن خود را با گذشت زمان ۱۴ روز از دست می دهد که در شکل ۴ قابل مشاهده است [۳]. مواد داربست باید بتواند پارامترهای استریلیزاسیون را تحمل کند و برای جلوگیری از عفونت باید به درستی استریل شود. تکنیک های مختلف مورد استفاده برای استریل کردن داربست ها در شکل ۵ نشان داده شده است [۶].

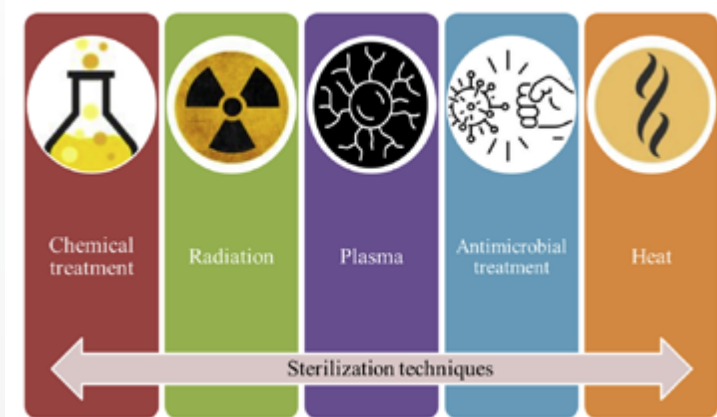
۳. خواص سطحی: داربست هایی با شیمی سطح و خواص لازم، اتصال، تکثیر و تمایز سلولی را تقویت می کنند. [۱۰] سمی نبودن، زیست سازگاری، قابلیت نفوذ آب و اکسیژن و در نهایت آب دوستی مهمترین پارامترهای خواص سطحی برای تهیه یک داربست پوست می باشد [۶]. به عنوان مثال با اضافه کردن عصاره انگور که یک بیومواد زیست تخریب پذیر و زیست سازگار است به پلی یورتان، آبدوستی داربست کامپوزیتی تهیه شده نسبت به داربست پلی یورتانی، افزایش یافته (زاویه تماس از ۱۰۰ درجه به ۸۶ درجه کاهش یافت) که در شکل ۶ قابل مشاهده است. که باعث افزایش زندهمانی سلول ها از ۱۱۳٪ به ۱۷۳٪ منجر شد که در شکل ۷ قابل مشاهده است [۱۰].



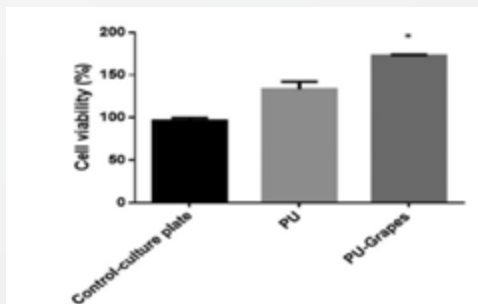
شکل ۲: دسته بندی بیومواد مورد استفاده در تهیه داربست.



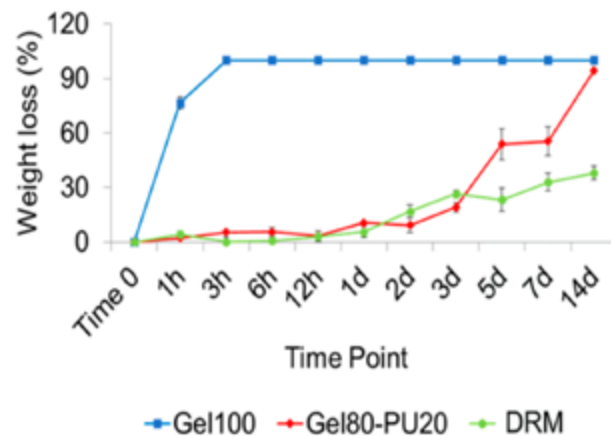
شکل ۳: a: تست تنسایل تنش-کرنش برای بررسی خواص مکانیکی داربست پوست. b: تغییرات مدول یانگ داربست تهیه شده در گذر زمان. c: تغییرات تنسایل داربست در گذر زمان. d: تغییرات بیشترین تنسایل داربست در طول زمان



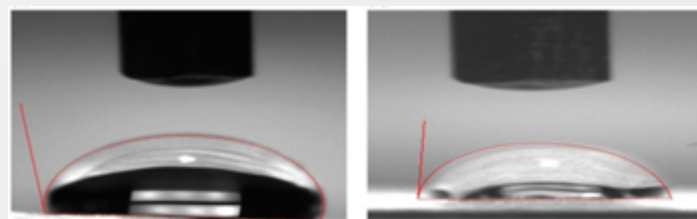
شکل ۵: انواع روش‌های استریل داربست.



شکل ۷: تست زنده‌مانی سلول‌ها.



شکل ۴: نرخ تخریب داربست با گذشت زمان.



شکل ۶: از چپ به راست تست زاویه تماس قبل افزودن عصاره انگور و بعد آن.

نتیجه‌گیری

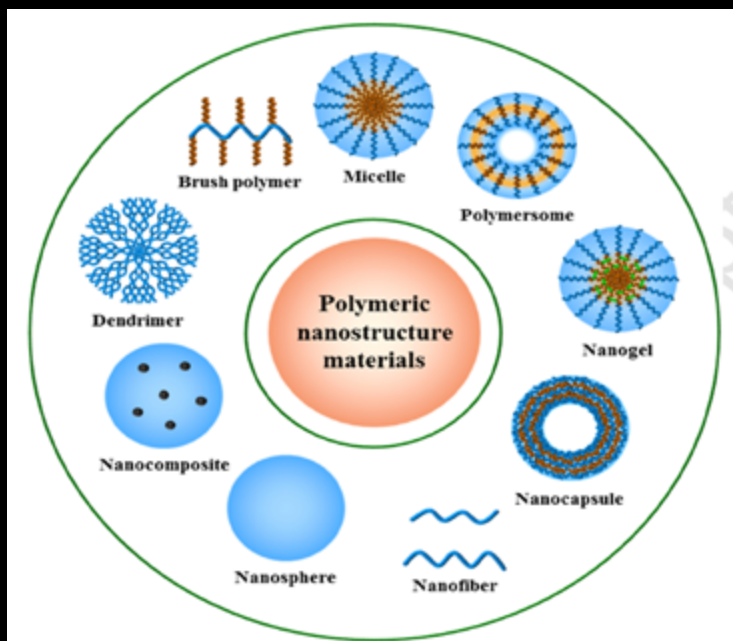
داربست‌های پلیمری به دلیل تنوع مواد مورد استفاده و انعطاف‌پذیری فوق‌العاده در تغییر خواص مکانیکی، بیولوژیکی و سطحی گزینه‌ای ایده‌آل برای ساخت داربست‌های پوست می‌باشد. از طرفی به دلیل امکان استریل‌پذیری باعث کاهش خطرات عفونت می‌شود و از بالاتر رفتن هزینه‌های درمانی جلوگیری می‌کند. داربست‌های پلیمری نسبت به سایر مواد از جمله فلزها و سرامیک‌ها سازگاری بیشتری با بافت پایه پوست از خود نشان می‌دهد که خطر پس زدن داربست توسط سیستم ایمنی را کاهش می‌دهد. و به عنوان یک راحل موثر در درمان زخم‌ها و آسیب‌های پوستی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

منابع

1. Kaur, G. , et al. , Biomaterials-based regenerative strategies for skin tissue wound healing. ACS Applied Bio Materials, 2022. 5(5): p. 2069-2106.
2. Ding, L. G. , et al. , Synergistic antibacterial and anti-inflammatory effects of a drug-loaded self-standing porphyrin-COF membrane for efficient skin wound healing. Advanced Healthcare Materials, 2021. 10(8): p. 2001821.
3. Sheikholeslam, M. , et al. , Electrospun polyurethane-gelatin composite: a new tissue-engineered scaffold for application in skin regeneration and repair of complex wounds. ACS biomaterials science & engineering, 2019. 6(1): p. 505-516.
4. Kirillova, A. , et al. , Fabrication of biomedical scaffolds using biodegradable polymers. Chemical reviews, 2021. 121(18): p. 11238-11304.
5. Deb, P. , et al. , Scaffold development using biomaterials: a review. Materials Today: Proceedings, 2018. 5(5): p. 12909-12919.
6. Suamte, L. , et al. , Various manufacturing methods and ideal properties of scaffolds for tissue engineering applications. Smart Materials in Manufacturing, 2023. 1: p. 100011.
7. Asadi, N. , et al. , Common biocompatible polymeric materials for tissue engineering and regenerative medicine. Materials Chemistry and Physics, 2020. 242: p. 122528.
8. Elsner, J. J. and M. Zilberman, Novel antibiotic-eluting wound dressings: An in vitro study and engineering aspects in the dressing's design. Journal of tissue viability, 2010. 19(2): p. 54-66.
9. Babensee, J. E. , et al. , Host response to tissue engineered devices. Advanced drug delivery reviews, 1998. 33(1-2): p. 111-139.
10. Mani, M. P. and S. K. Jaganathan, Fabrication and characterization of electrospun polyurethane blended with dietary grapes for skin tissue engineering. Journal of Industrial Textiles, 2020. 50(5): p. 655-674.

چکیده

تحولات سریع علم در حوزه فناوری نانو، منجر به تمرکز ویژه محققان بر پلیمرهای نانوساختار شده است. این پلیمرهای نانوساختار به دسته‌های مختلفی مانند نانوذرات، نانوالیاف، نانوذله‌ها، نانوکامپوزیت‌ها و دندریمرها تقسیم می‌شوند که کاربرد گسترده‌ای در زمینه‌هایی همچون انتقال و رهایش دارو، مهندسی بافت، جوهرهای ضدجعل، حسگرهای پلیمری و حوزه محیط زیست دارند. در این مقاله، به طور خلاصه به بررسی انواع این مواد، روش‌های تهیه و کاربرد آن‌ها می‌پردازیم. کلمات کلیدی: پلیمرهای نانوساختار، نانوکپسول‌ها، نانوکره‌ها، نانوالیاف



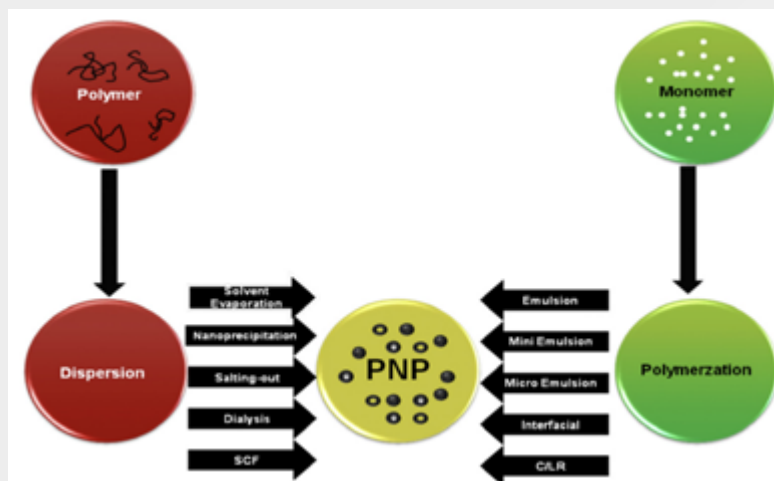
شکل ۱- شماتیک انواع مواد پلیمری نانوساختار.

✍ نویسنده: کتابیون معصومی^{۲،۱}، هانیه مردانی^{۳،۲}

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی تبریز
- ۲- پژوهشگر مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز
- ۳- دکتری مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی تبریز

اصطلاح «پلیمرهای نانو ساختار» به پلیمرهایی اطلاق می‌شود که دارای حداقل یک بعد در مقیاس نانومتر باشند (کمتر از ۱۰۰ نانومتر). این پلیمرها به دلیل دارا بودن ویژگی‌های بی‌نظیری چون سطح ویژه بالا و خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی مطلوب، به طور چشم‌گیری مورد بررسی و استفاده قرار گرفته‌اند[۱]. این مواد بر اساس نوع ساختار، روش تهیه، زیست تخریب‌پذیری و ... به دسته‌های مختلفی طبقه بندی می‌شوند. بر اساس نوع ساختار انواع این مواد عبارتند از: مایسل‌ها، پلیمرزوم‌ها، نانوذله‌ها، نانوکپسول‌ها، نانوالیاف، نانوکره‌ها، نانوکامپوزیت‌ها، دندریمرها و برس‌های پلیمری (شکل ۱). خواص این مواد نظیر پایداری، اندازه، شکل، استحکام مکانیکی و تداخل با توجه به کاربرد نهایی آن‌ها، قابل مهندسی است. در سال‌های اخیر، نانوذرات پلیمری به دلیل کاربرد بالقوه‌شان در زمینه‌های گسترده‌ای از حوزه الکترونیک تا فوتونیک، مواد رسانا تا سنسورها، پزشکی تا زیست فن‌آوری و از کنترل آلودگی تا فن‌آوری زیست محیطی، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند[۲، ۳]. در این بین، نانوذرات، ذرات جامد کلئیدی هستند که از ماکرومولکول‌ها ساخته می‌شوند و کاربردهایی در زمینه‌های مختلف مانند دارورسانی، جوهر ضدجعل، حسگر، جذب

شکل ۲- شماتیک انواع روش‌های تهیه نانوذرات پلیمری.



آلاینده‌ها و غیره دارند [۴، ۵]. نانوذرات شامل نانوکره و نانو کپسول هستند و تفاوت این دو دسته از نانو ذرات در ساختار آنهاست. نانو کره سیستم‌های یکپارچه از پلیمر هستند که کوچک مولکول‌ها یا ردیاب‌ها در تمام نواحی درون یا سطح ذره توزیع می‌شود. در مقابل، نانو کپسول، سیستم وزیکولی است و ساختار هسته-پوسته دارد. کوچک مولکول در داخل هسته مایع بارگذاری می‌شود. هسته نانو کپسول بر اساس سازوکار سنتز و مواد اولیه استفاده شده، می‌تواند آبی یا آلی باشد. هسته نانو کپسول با یک لایه پلیمری احاطه شده و پایداری را سبب می‌شود. به طور کلی نانوذرات به دو روش فیزیکی و شیمیایی تهیه می‌شوند. در روش‌های شیمیایی، نانوذرات مستقیماً از پلیمریزاسیون مونومرها به روش‌هایی نظیر پلیمریزاسیون امولسیون، مینی امولسیون، میکروامولسیون، پلیمریزاسیون زنده و میان سطحی تهیه می‌شوند. روش‌های فیزیکی شامل تبخیر حلال، رسوب دهی نمک، دیالیز و ... می‌باشد که در این روش‌ها نانوذرات از پلیمرهای از پیش تهیه شده به دست می‌آیند (شکل ۲) [۲، ۶].

نتیجه گیری

نانوپلیمرها مواد بسیار قابل توجهی برای کاربردهای مختلف در زمینه انتقال و رهایش دارو، مهندسی بافت، جوهرهای ضد جعل، حسگرهای پلیمری و حوزه محیط زیست هستند. این به دلیل ویژگی‌های خارق‌العاده آنهاست که بیشتر از اندازه و در نتیجه خواص فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد آنها ناشی می‌شود.

منابع

- [1] Stevanović Magdalena. "Biomedical applications of nanostructured polymeric materials." *Nanostructured Polymer Composites for Biomedical Applications*. Elsevier, 2019. 1-19.
- [2] Rao, J. Prasad, and Kurt E. Geckeler. "Polymer nanoparticles: Preparation techniques and size-control parameters." *Progress in polymer science* 36. 7 (2011): 887-913.
- [3] Tang, Zhaohui, et al. "Polymeric nanostructured materials for biomedical applications." *Progress in Polymer Science* 60 (2016): 86-128.
- [4] Mardani, Hanieh, et al. "Coumarin-containing block copolymers as carbon dioxide chemosensors based on a fluorescence quenching mechanism." *ACS Applied Polymer Materials* 4. 3 (2022): 1816-1825.
- [5] Mardani, Hanieh, et al. "Stimuli-responsive block copolymers as pH chemosensors by fluorescence emission intensification mechanism." *European Polymer Journal* 162 (2022): 110928.
- [6] Lu, Yong, Kwok Wei Shah, and Jianwei Xu. "Synthesis, morphologies and building applications of nanostructured polymers." *Polymers* 9. 10 (2017): 506.

شیمی، سنتز، خواص و کاربرد انواع پلی یورتان ها

نویسنده: احمد رضا طباطبائی ممقانی^۱ و محمد حشمتی سیس^۲

۱- دانشکده مهندسی پلیمر دانشگاه صنعتی تبریز، ایران

۲- پژوهشکده مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز، ایران

نشریه علمی و دانشجویی ژئوسایون

علمی و ترویجی

شماره اول، پاییز ۱۴۰۳

چکیده:

الاستومرهای پلی یورتان دسته‌ای از پلیمرهای سنتزی هستند که از دید میکروسکوپی یک فاز نرم بر پایه پلی‌آل‌های طبیعی و سنتزی و یک فاز سخت شامل دی‌ایزوسیانات‌ها و زنجیرگستراننده‌ها می‌باشد. پلی‌یورتان‌ها انواع مختلفی دارند و خواص آنها تحت تاثیر مواد اولیه مورد استفاده، روش سنتز و ریزساختار آنها می‌باشد. پلی‌یورتان‌ها بسته به خواص کاربردهای زیادی در زمینه‌های مختلف از جمله صنایع خودرو، صنایع کیف و کفش، صنایع هوافضا، سنسورها و زیست‌پزشکی دارند. در این پژوهش به بررسی شیمی یورتان‌ها، روش‌های سنتز، عوامل تاثیرگذار بر خواص و کاربردهای مختلف پلی‌یورتان‌ها پرداخته خواهد شد.

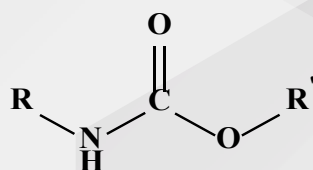
۱. مقدمه

دلیل طیف گسترده‌ای از موادی که در بخش سخت و نرم

قابل استفاده هستند، پلی‌یورتان‌ها طیف وسیعی از خواص را

شامل می‌شوند و از همین رو جزو مهندسی‌ترین پلیمرهای

جهان شناخته می‌شوند [۱].



شکل ۱: ساختار شیمیایی گروه یورتانی

الاستومرهای پلی‌یورتان دسته‌ای از پلیمرهای سنتزی هستند

که گروه مشخصه آنها واحد یورتانی می‌باشد که در شکل

۱ قابل مشاهده است. این پلیمرها از دیدگاه میکروسکوپی

دارای دو فاز می‌باشند. فاز نرم بر اساس یک الیگومر دو

عاملی با گروه‌های هیدروکسیل در انتهای زنجیر خود

می‌باشند که اصطلاحاً پلی‌آل نامیده می‌شوند. فاز سخت

نیز از ترکیب زنجیرگستراننده‌های کوچک مولکول با گروه‌های

عاملی هیدروکسیل و دی‌ایزوسیانات‌ها تشکیل می‌شوند. به

گروه ایزوسیانات با ترکیبات دارای اتم هیدروژن فعال شدیداً

میل ترکیبی داشته و پیوند دوگانه بین کربن و نیتروژن آن، ظرفیت انجام واکنش افزایشی آنیونی را با تعداد زیادی از گروه‌های دارای هیدروژن فعال دارند. مهمترین این واکنش‌ها، واکنش‌های انتقال هیدروژن بین مولکولی می‌باشند. ایزوسیانات‌ها با الکل‌ها ترکیب می‌شوند و پلی‌یورتان تولید می‌کنند. ایزوسیانات‌ها همچنین با آمین‌ها، آب و خود اتصالات یورتانی نیز واکنش می‌دهند که در سنتز پلی‌یورتان اختلال ایجاد می‌کند. شمایی از این واکنش‌ها در شکل ۲ آورده شده است [۱].

۱-۲. مواد اولیه سنتز پلی‌یورتان‌ها

بطور کلی مواد مورد استفاده در سنتز پلی‌یورتان‌ها عبارتند از: دی‌ایزوسیانات‌ها، زنجیرگستراننده‌ها، کاتالیست‌ها و پلی‌ال‌ها. ایزوسیانات‌ها می‌توانند آلفاتیک یا خطی و آروماتیک یا حلقوی باشند و در مقیاس تجاری معمولاً در اثر واکنش بین آمین مربوطه و فسژن در یک حلال بی‌اثر مثل اروتو دی‌کلروبنزن و در دماهای بین ۲۵- تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد به دست می‌آیند. زنجیرگستراننده‌ها با متصل کردن زنجیرهای پیش پلیمری، وزن مولکولی پلی‌یورتان را افزایش می‌دهند و می‌توانند دی‌ال‌های آلفاتیک یا آروماتیک باشند. پرکاربردترین زنجیر گستراننده دی‌الی، ۱ و ۴- بوتان‌دی‌ال است. کاتالیزورهای پر کاربرد در تولید تجاری پلی‌یورتان‌ها شامل آمین‌های نوع سوم مثل ۱،۴- دی‌آزا (۲، ۲، ۲) بی‌سیکلواکتان با نام تجاری (DABCO) و ترکیبات آلی قلع نظیر استانوس اکتات و دی‌بوتیل‌تین دی‌لورات می‌شوند.

دو نوع پلی‌ال مختلف در تولید پلی‌یورتان‌ها بکار می‌روند. پلی‌استرها خواص مکانیکی بهتر و پلی‌اترها مقاومت بیشتر در مقابل آب را در پلی‌یورتان‌ها سبب می‌شوند. پلی‌استرها که در زنجیرهای

پلیمری آن‌ها گروه استر تکرار می‌شود معمولاً حاصل واکنش بین یک اسید آلی دوعاملی و یک دی‌ال هستند. پلی‌کاپرولاکتون یکی از پلی‌استرهای است که اهمیت بالایی در زمینه کاری پلی‌یورتان‌ها دارد و از طریق مکانیسم پلیمریزاسیون حلقه‌گشا در حضور شروع‌کننده دی‌الی و کاتالیست سنتز می‌گردد. در صنعت روش پلی‌استریفیکاسیون برای تهیه پلی‌استرهای پلی‌یورتان بکار می‌رود. پلی‌اترها مهم‌ترین پلی‌هیدروکسی‌های تجاری هستند که در تهیه پلی‌یورتان‌ها استفاده می‌شوند. این پلیمرها معمولاً بر اثر پلیمرشدن گروه اپوکسی یک آلکیلن اکسید در حضور یک شروع‌کننده به دست می‌آیند [۱-۴].

۲-۲. روش‌های سنتز پلی‌یورتان‌ها

در سنتز پلی‌یورتان قطعه‌ای نسبت مولی NCO/OH، نقش بسیار مهمی در تعیین وزن مولکولی و خواص پلی‌یورتان نهایی ایفا می‌کند. سنتز پلی‌یورتان‌ها به سه روش پیش‌پلیمری، نیمه پیش‌پلیمری و یک مرحله ای انجام می‌گیرد. روش پیش‌پلیمری از مهم‌ترین و متداول‌ترین روش‌های تهیه پلی‌یورتان‌ها است و الاستومرهای جامد پلی‌یورتان اکثراً از طریق این روش تهیه می‌شوند. در این روش در مرحله اول از واکنش یک پلی‌ال با مقادیر بیش از حد استوکیومتری ایزوسیانات، پیش‌پلیمری با وزن مولکولی متوسط و گروه ایزوسیاناتی (NCO) در دو انتهای زنجیر بدست می‌آید. در مرحله بعد در اثر واکنش تعدادی از این پیش‌پلیمرها با زنجیر گستراننده و افزایش وزن مولکولی زنجیرها، پلی‌یورتان به دست می‌آید. طرحی از واکنش روش پیش‌پلیمری در شکل ۳ مشاهده می‌شود [۱، ۳-۵].

۳. ریزساختار پلی‌یورتان‌ها

در بین زنجیرهای پلیمری در ساختار شیمیایی پلی‌یورتان‌ها

پلی‌یورتان‌ها همانطور که پیشتر نیز گفته شد از دید میکروسکوپی دارای یک ساختار دوفازی می‌باشند که بخش‌های نرم بر پایه پلی‌ال‌ها و بخش‌های سخت بر پایه دی‌ایزوسیانات‌ها و زنجیرگستراننده‌ها می‌باشد. ناپایداری ترمودینامیکی بین این فازها سبب جدایش فازی میان آن‌ها می‌شود که این ناپایداری ترمودینامیکی به ماهیت فیزیکی این فازها ارتباط دارد. در دمای محیط فاز سخت در حالت شیشه‌ای خود قرار داشته و فاز نرم در حالت رابری یا شیشه‌ای خود (بنابر ماهیت پلی‌ال استفاده شده در ساختار پلی‌یورتان) قرار دارد. عوامل زیادی بر جدایش فازی یا اختلاط فازی تاثیر دارند که از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به میزان فاز سخت و وزن مولکولی فاز نرم اشاره کرد که می‌تواند موجبات کاهش یا افزایش درجه جدایش فازی را تعیین کند [۱-۳، ۶].

۵. خواص پلی‌یورتان‌ها

بطور کلی خواص فیزیکی و مکانیکی پلی‌یورتان‌ها به شدت به مورفولوژی فازی آن‌ها بستگی دارد که خود بر عوامل متفاوتی همچون میزان بلورینگی یا دمای انتقال شیشه‌ای بخش‌های نرم (بسته به نوع پلی‌ال مورد استفاده) و همچنین میزان پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای پلی‌یورتان‌ها تاثیر می‌گذارد. این عوامل در خواص مکانیکی نهایی پلیمر حاصل با یکدیگر رقابت می‌کنند

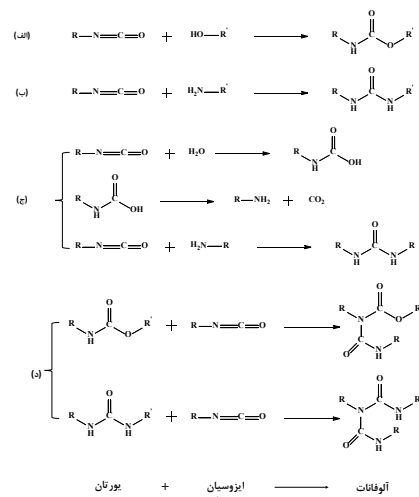
و سبب تغییرات در میزان انعطاف‌پذیری و کشسانیت یا میزان سختی و استحکام آن‌ها تاثیرگذار است. عوامل مختلفی بر مورفولوژی فازی تاثیرگذارند که از جمله آن‌ها می‌شود به نوع روش سنتز، میزان اتصالات عرضی، ماهیت ساختاری مواد مورد استفاده در سنتز و وزن مولکولی بخش نرم اشاره کرد. با تغییر مورفولوژی فازی میزان پیوندهای هیدروژنی و میزان بلورینگی یا دمای انتقال شیشه‌ای بخش نرم تغییر کرده و سبب تغییرات چشمگیر در خواص فیزیکی و مکانیکی می‌گردد [۱-۳، ۵، ۸].

۴. انواع پلی‌یورتان‌ها

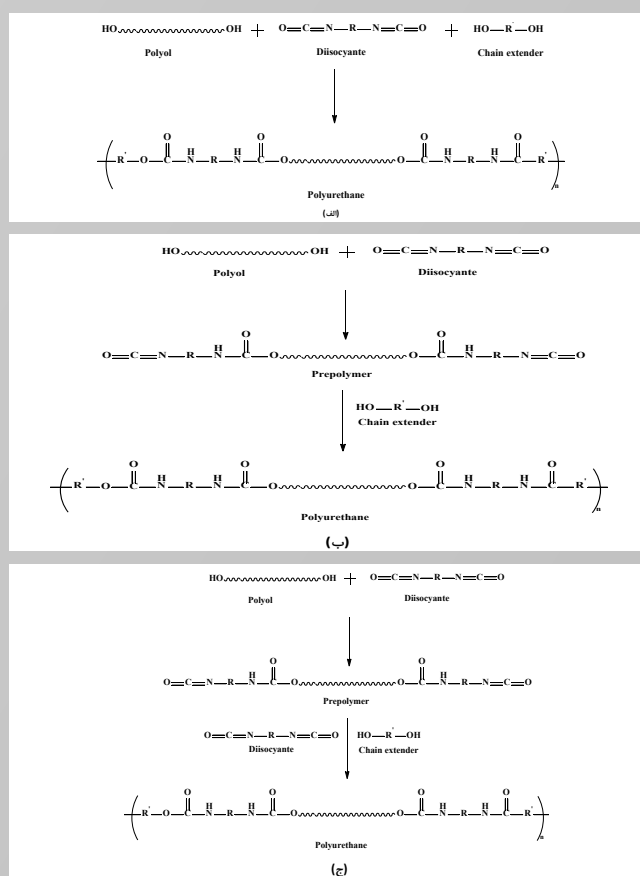
الاستومرهای پلی‌یورتان با توجه به نوع اتصالات عرضی در آن‌ها که می‌تواند به شکل فیزیکی یا شیمیایی باشد به دودسته گرماسخت و گرمانرم تقسیم می‌شوند. پلی‌یورتان گرمانرم یا ترموپلاستیک با دارا بودن ویژگی‌های توامان پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها دوام، انعطاف‌پذیری و همچنین استحکام کششی عالی را نشان می‌دهند. اتصالات عرضی برگشت‌پذیر در این پلیمرها از نوع برهمکنش‌های فیزیکی بر پایه پیوندهای هیدروژنی بین بخش‌های سخت به عنوان دهنده و بخش‌های سخت و نرم به عنوان پذیرنده

۶. کاربرد پلی یورتان‌ها

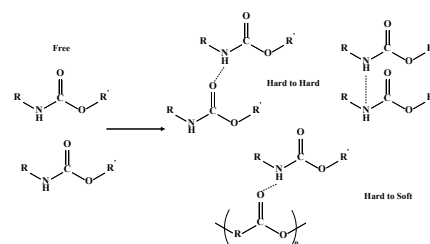
همانطور که پیشتر نیز گفته شد، مواد و روش‌های مختلفی در سنتز پلی یورتان‌ها قابل استفاده است که این امر سبب تغییر در مورفولوژی فازی آن‌ها شده و این خود نهایتاً سبب تغییر در خواص نهایی محصول می‌گردد و لذا باعث می‌شود که این پلیمرها محدوده وسیعی از خواص را دارا باشند. این امر سبب توسعه کاربرد محصولات نهایی بر پایه این پلیمرها که می‌تواند به شکل فوم‌ها، رنگ‌ها، پوشش‌ها، گرانول‌ها، لاتکس‌ها و چسب‌ها در صنایع و کاربردهای مختلفی همچون صنایع ساختمانی، صنایع اتوموبیل، صنایع هوا فضا، صنایع کیف و کفش، صنایع اسباب‌بازی، صنایع کفپوش‌ها، صنایع جوهر، صنایع آب و فاضلاب و صنایع شیمیایی می‌شوند. علاوه بر این، این پلیمرها در صنایع پزشکی و زیستی نیز کاربرد دارند که از جمله آن‌ها می‌شود به رگ‌های مصنوعی و استنت‌های قلبی، عملگرهای جلوگیری‌کننده از آنوریسم‌های مغزی، داربست‌های استخوانی، چسب‌های زیستی جایگزین بخیه و سیم‌ها و زنجیره‌های ارتودنسی در دندانپزشکی اشاره کرد [۷-۱۴].



شکل ۲: واکنش بین گروه ایزوسیانات با مواد شیمیایی مختلف: (الف) گروه الکلی، (ب) گروه آمینی، (ج) آب و (د) گروه پورتان.



شکل ۳: شمایی از واکنش‌های روش‌های متفاوت سنتز پلی یورتان‌ها.



شکل ۴: نمایی از اتصالات از نوع فیزیکی بر پایه پیوندهای هیدروژنی در ساختار

پلی‌پورتان‌ها دسته‌ای از پلیمرهای مهندسی هستند که از دید میکروسکوپی یک ساختار دوفازی که شامل فازهای نرم و سخت می‌شود، می‌باشد. ایجاد این ساختار دو فازی به دلیل ناپایداری ترمودینامیکی میان این دو فاز می‌باشد که سبب تغییر در خواص نهایی محصولات می‌گردند. فاز نرم در این پلیمرها بر پایه پلی‌ال‌های اتری و یا استری بوده و فاز سخت از پیوند میان ایزوسیانات‌ها و زجیرگسترانده‌ها تشکیل می‌شود که آن‌ها نیز می‌توانند دارای ساختار شمیایی خطی، حلقوی یا آروماتیک باشند. این پلیمرها به روش‌های متفاوتی همچون تک‌مرحله‌ای، نیمه پیش‌پلیمری و پیش‌پلیمری قابل تهیه هستند که مرسوم‌ترین روش تهیه آن‌ها روش پیش‌پلیمری می‌باشد. با توجه به نوع روش و مواد زیادی که در سنتز آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد این پلیمرها محدوده وسیعی از خواص را شامل می‌شوند که باعث افزایش نوع محصولات و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف می‌شود.

منابع و مراجع:

1. Prisacariu, C. , Polyurethane elastomers: from morphology to mechanical aspects. 2011: Springer Science & Business Media.
2. Eyvazzadeh Kalajahi, A. , M. Rezaei, and F. Abbasi, Preparation, characterization, and thermo-mechanical properties of poly (β caprolactone)-piperazine-based polyurethane-urea shape memory polymers. *Journal of Materials Science*, 2016. 51: p. 4379-4389.
3. Eyvazzadeh Kalajahi, A. , M. Rezaei, F. Abbasi, and G. Mir Mohamad Sadeghi, The effect of chain extender type on the physical, mechanical, and shape memory properties of poly (β caprolactone)-based polyurethane-ureas. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2017. 56(18): p. 1977-1985.
4. Sakhavi, M. , R. Lotfi Mayan Sofla, M. Rezaei, and N. Ilkhichi, Effect of Glycerol in Soft and Hard Segments on Properties of Shape Memory Polyurethane. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 2023. 36(2): p. 191-203.
5. Babaie, A. , M. Rezaei, and R. L. M. Sofla, Investigation of the effects of polycaprolactone molecular weight and graphene content on crystallinity, mechanical properties and shape memory behavior of polyurethane/graphene nanocomposites. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 2019. 96: p. 53-68.
6. Sofla, R. L. M. , M. Rezaei, and A. Babaie, Investigation of the effect of graphene oxide functionalization on the physical, mechanical and shape memory properties of polyurethane/reduced graphene oxide nanocomposites. *Diamond and Related Materials*, 2019. 95: p. 195-205.
7. Sakhavi, M. , R. L. M. Sofla, M. Rezaei, and M. R. Miralvar, Synthesis of chemically-crosslinked multi-arm star-shaped polyurethane with triple-shape memory effect. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2023. 141: p. 105793.
8. Sofla, R. L. M. , M. Rezaei, A. Babaie, and M. Nasiri, Preparation of electroactive shape memory polyurethane/graphene nanocomposites and investigation of relationship between rheology, morphology and electrical properties. *Composites Part B: Engineering*, 2019. 175: p. 107090.
9. Abedi, R. , B. M. Maher, L. Amirkhani, M. Rezaei, and S. Jamshidi, The relationship between chemical microstructure, crystallinity, mechanical properties, and CO₂/N₂ gases permselectivity of thermoplastic polyurethane membranes. *Colloid and Polymer Science*, 2024: p. 1-15.
10. Akbari Nasser, M. H. , A. R. Tabbakhi-Mamaqani, R. Lotfi Mayan Sofla, M. Rezaei, and M. Salami-Kalajahi, Synthesis of diamond nanoparticles/urethane-based bio-adhesive and investigation of its morphology and thermal, physicomechanical, and biological properties. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2024. 73(10): p. 908-916.
11. Mehrbakhsh, E. , M. Rezaei, A. Babaie, A. Mohammadi, and R. L. M. Sofla, Physical and thermo-mechanical properties of shape memory polyurethane containing reversible chemical cross-links. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 2021. 116: p. 104336.
12. Mehrbakhsh, E. , M. Rezaei, R. Lotfi Mayan Sofla, and A. Babaie, Physical and thermo-mechanical properties of PCL/PEG based shape memory polyurethane for orthodontic ligature application. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2024. 73(4): p. 239-249.
13. Miralvar, M. R. , A. Babaie, M. Rezaei, H. Roghani-Mamaqani, R. L. Mayan-Sofla, and P. HassanAlizadeh, Coumarin-based polyurethane with triple-shape memory effect, photo-responsive self-healing, photolithography, and dual-mode encoding/decoding for smart data transfer. *European Polymer Journal*, 2024. 221: p. 113528.
14. Sani, I. S. , M. Rezaei, A. B. Khoshfetrat, and D. Razzaghi, Preparation and characterization of polycaprolactone/chitosan-g-polycaprolactone/hydroxyapatite electrospun nanocomposite scaffolds for bone tissue engineering. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021. 182: p. 1638-1649.

معرفی و عملکرد باتری های پلیمری

✍ نویسندگان: مرضیه گلشن^{۱،۲}، سیده عارفه صفوی میرمحل^{۳،۲}

۱- فارغ التحصیل دکتری تخصصی، رشته مهندسی پلیمر-گرایش نانوفناوری، دانشگاه صنعتی تبریز
۲- پژوهشکده مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز
۳- فارغ التحصیل دکتری تخصصی، رشته مهندسی پلیمر-گرایش فراورش، دانشگاه صنعتی تبریز

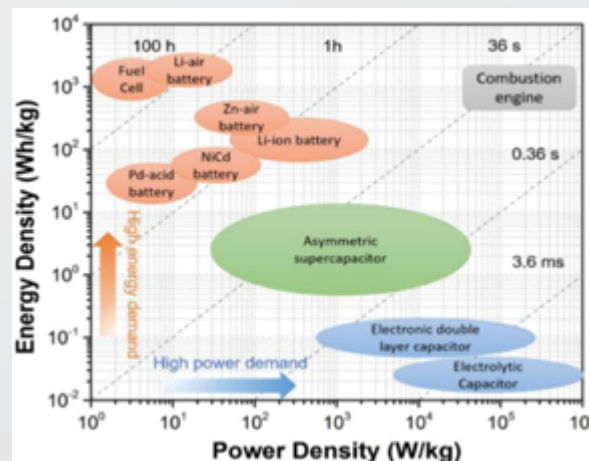
چکیده

باتری های یون لیتیوم یک راه حل ذخیره انرژی هستند که در بسیاری از دستگاه های امروزی مانند تلفن همراه، لپ تاپ ها و خودروهای الکتریکی به دلیل ویژگی هایی نظیر ظرفیت انرژی بالا، وزن سبک، شارژ سریع، تخلیه شارژ خود به خودی پایین و پایداری شیمیایی مناسب پشتیبانی قابل قبولی ارائه کرده اند. اما باتری های یون لیتیوم با الکترولیت مایع، با بسیاری از خطرات ایمنی که توسط نشت الکترولیت و تجزیه شیمیایی تولید می شود، به چالش کشیده شده اند. بنابراین اخیرا نگرانی و چالش هایی از قبیل ایمنی و دانسیته انرژی، توجه محققان را نسبت به الکترولیت های جامد جلب کرده است. استفاده از الکترولیت های جامد پلیمری در این باتری ها به جای الکترولیت های مایع سبب از بین رفتن راه عبوری پیوسته بین آند و کاتد که دلیل تشکیل و رشد دندریت های لیتیومی و کاهش بازده چرخه ای و در نهایت قطع جریان سل است می شود و همچنین ایمنی این باتری ها که به دلیل نشت حلال دچار نقص می باشد را افزایش می دهد.

واژگان کلیدی: باتری های یون لیتیوم، الکترولیت پلیمری، ذخیره انرژی

مقدمه

عصر حاضر دوره ی حفاظت از محیط زیست و توسعه انرژی پاک و تجدیدپذیر است. مصرف سوخت های فسیلی شامل زغال سنگ، نفت و گاز به علت انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا، محدود شده است. در این رابطه منابع جایگزین انرژی همچون انرژی باد و انرژی خورشیدی، به عنوان راهکارهای اساسی باید توسعه داده شوند. به هر حال، این منابع غیر دائمی باید همواره با سیستم های ذخیره سازی انرژی همراه شوند تا بر مشکل فقدان این منابع فائق آمد و از دسترسی دائمی انرژی اطمینان حاصل کرد [۱]. این دوره همچنین عصر تکنولوژی و افزایش جابجایی هاست. وسایل الکتریکی همه گیر شده و دائما در حال تغییراند. کاربران در جستجوی سیستم های قوی تر و کوچک تر هستند، که این در پیشبرد بهبود اجزاء به ویژه سیستم های ذخیره سازی انرژی می باشد. یکی از مهم ترین مشکلاتی که جهان امروز با آن مواجه است، عدم وجود یک سیستم مؤثر و کارآمد به منظور کنترل بحران ذخیره انرژی است. در بین تمام منابع ذخیره انرژی، باتری ها به دلیل ویژگی های امیدوارکننده نظیر کارایی چرخه ای بالا، انعطاف پذیری مناسب، طول عمر زیاد و نیاز به محافظت کم، گزینه ای مناسب برای گسترش و تجاری سازی سیستم های ذخیره انرژی هستند (شکل ۱) [۲].



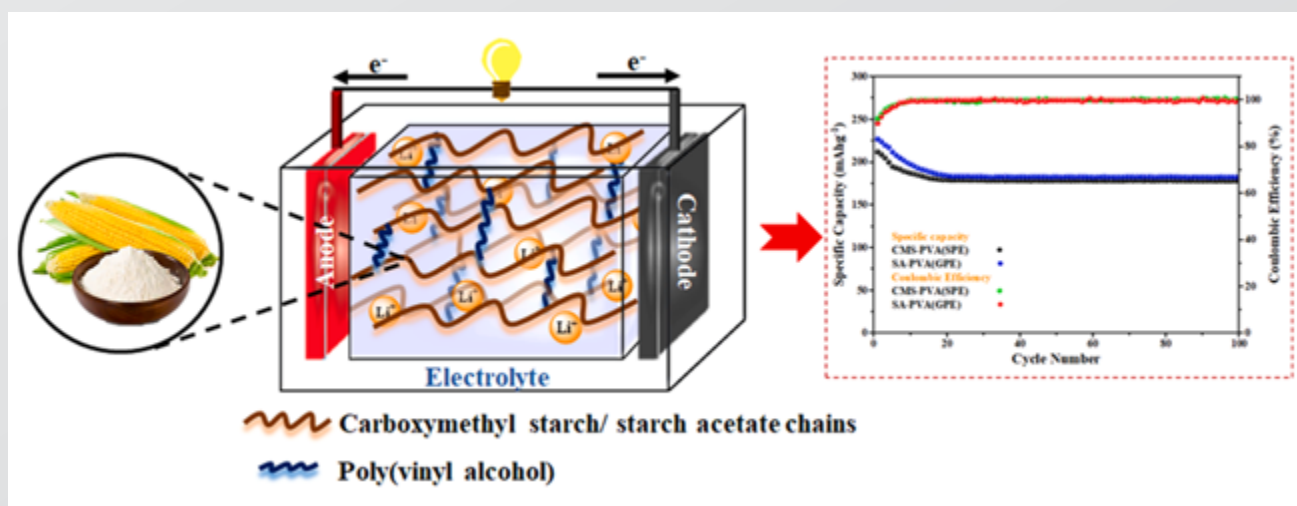
شکل ۱: مقایسه‌ی قدرت و دانسیته‌ی انرژی باتری‌های قابل

شارژ رایج [۳]

۲- عملکرد باتری‌ها

انتقال انرژی به دستگاه می‌تواند از طریق حرکت الکترون‌ها درون مدار الکتریکی صورت گیرد و با حرکت الکترون‌ها درون مدار، انرژی مورد نیاز به مدار منتقل شود [۴]. با انجام واکنش‌های شیمیایی در باتری، حرکت الکترون‌ها درون مدار

ایجاد می‌شود. به طور کلی هر باتری از چهار قسمت اصلی، الکتود مثبت، الکتود منفی، الکتrolیت و جداکننده تشکیل شده است (شکل ۲). در باتری‌های لیتیوم یون الکتود مثبت نقش کاتد و الکتود منفی نقش آنده را بازی می‌کند، به‌طوری که یک محیط جهت جابجایی یون‌ها به نام الکتrolیت در بین آن‌ها قرار دارد. زمانی که آنده و کاتد یک باتری به مدار متصل است، یک واکنش شیمیایی بین آنده و الکتrolیت اتفاق می‌افتد. این واکنش، باعث جریان الکترون‌ها در درون مدار و برگشت آن‌ها به کاتد شده و در کاتد، یک واکنش دیگر رخ می‌دهد [۵]. زمانی که مواد موجود در کاتد یا آنده مصرف شده یا دیگر در واکنش قابل استفاده نباشد، باتری دیگر قادر به انتقال انرژی الکتریکی نخواهد بود.



شکل ۲: نمای کلی یک باتری قابل مشاهده می‌باشد، الکتودها با الکتrolیت واکنش اکسایش-کاهش

می‌دهند. واکنش اکسایش بین آنده و الکتrolیت انجام می‌شود که طی آن الکترون‌های اضافی تولید می‌شود [۵].

۳- اجزای تشکیل دهنده باتری

اجزا تشکیل دهنده لیتیوم یون ها شامل یک الکتروود منفی (آند)، یک الکتروود مثبت (کاتد)، الکتrolیت و یک جداکننده برای ممانعت از تماس فیزیکی بین دو الکتروود است. به طور کلی، مواد کاتدی در باتری های لیتیومی عمدتاً اکسیدهای فلزات واسطه می باشند و مرسوم ترین آند، ترکیب گرافیت می باشد که هم ساختار لایه ای با قابلیت رزونانس را دارد که می تواند الکترون را در خود جای دهد و هم پتانسیل پایینی دارد [۶]. الکتrolیت ها در حالت کلی به دو دسته الکتrolیت های مایع و الکتrolیت های جامد تقسیم می شوند. همچنین، الکتrolیت های جامد به دو دسته الکتrolیت های جامد غیر آلی (مانند سرامیک) و الکتrolیت های پلیمری تقسیم می شوند [۷]. الکتrolیت های مایع دارای مزایای مهم هدایت یونی بالا و تماس سطحی مناسب بین الکتrolیت الکتروود (به دلیل ماهیت مایع بودن) است. اما سمیت، نشت و اشتعال پذیری بالای الکتrolیت های مایع، به مانعی بزرگ برای گسترش کاربرد این نوع الکتrolیت ها و تجاری سازی باتری های لیتیومی شده اند. همچنین اگر هدف تهیه ی ژل الکتrolیت پلیمری باشد باید دارای گروه های عاملی مناسب جهت شبکه ای کردن و برهم کنش مناسب با محلول نمکی باشد. مهمترین الکتrolیت ها شامل: پلی اتیلن اکساید، پلی پروپیلن اکساید، پلی اکسی متیلن، پلی سیلوکسان و اترهای شاخه ای شانه دار هستند.

۴- ویژگی باتری های پلیمری

باتری های پلیمری به دلیل استفاده از الکتrolیت پلیمری، قابلیت انعطاف بیشتری نسبت به باتری های لیتیوم-یون دارند.

این ویژگی ها باعث شده تا باتری های پلیمری در فرم های مختلف و نازک تری ساخته شوند که برای دستگاه های قابل حمل ایده آل است ۱- . چگالی انرژی بالا: باتری های پلیمری چگالی انرژی بالایی دارند که به معنی ذخیره مقدار زیادی انرژی در حجم کم است. ۲- وزن سبک: نسبت به سایر انواع باتری ها، باتری های پلیمری وزن کمتری دارند که این امر باعث سبک تر شدن دستگاه های الکترونیکی می شود. ۳- انعطاف پذیری: به دلیل استفاده از الکتrolیت پلیمری، این باتری ها قابلیت تولید در اشکال و ابعاد مختلف را دارند [۸].

۵- مزایا و معایب باتری های پلیمری

۱- ایمنی بیشتر: نسبت به باتری های لیتیوم-یون، خطر نشتی الکتrolیت کمتر است و این امر باعث افزایش ایمنی می شود. ۲- انعطاف پذیری: امکان تولید باتری در اشکال و ضخامت های مختلف، کاربردهای متنوعی را فراهم می کند.

۳- چگالی انرژی بالا: مناسب برای دستگاه های قابل حمل با نیاز به انرژی زیاد.

معایبی که میتوان در مورد باتری های پلیمری اشاره کرد شامل:

۱- قیمت بالا: به دلیل پیچیدگی های تولید و مواد اولیه مورد استفاده، باتری های پلیمری قیمت بالاتری دارند.

۲- عمر کمتر: به مرور زمان و با استفاده مکرر، ظرفیت باتری های پلیمری کاهش می یابد.

۳- حساسیت به دما: عملکرد بهینه این باتری ها در محدوده دمایی مشخصی است و در دماهای بسیار بالا یا پایین، کارایی

کاهش می یابد [۹، ۱۰].

۶- نتیجه گیری

باتری‌های پلیمری یون لیتیوم با ویژگی‌ها و مزایای متعدد خود نقش مهمی در صنعت الکترونیک و سایر کاربردهای فناوری ایفا کرده‌اند. این باتری‌ها شامل الکتروود مثبت (کاتد)، الکتروود منفی (آند) و الکتrolیت پلیمری جامد یا نیمه‌جامد هستند که امکان تولید آنها در اشکال و ضخامت‌های متنوع را فراهم می‌کند. این باتری‌ها به دلیل چگالی انرژی بالا، وزن سبک و انعطاف‌پذیری در طراحی، به انتخابی ایده‌آل برای دستگاه‌های قابل حمل تبدیل شده‌اند. کاربرد گسترده آن‌ها در تلفن‌های همراه، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها، دوربین‌های دیجیتال، دستگاه‌های پزشکی، خودروهای الکتریکی و پهپادها، نشان‌دهنده اهمیت و کارایی این نوع باتری‌ها است.

منابع

- [1] HUGGINS, Robert. Advanced batteries: materials science aspects. Springer Science & Business Media, 2008.
- [2] SCROSATI, Bruno; GARCHE, Jürgen. Lithium batteries: Status, prospects and future. Journal of power sources, 2010, 195. 9: 2419-2430.
- [3] HAYNER, Cary M. ; ZHAO, Xin; KUNG, Harold H. Materials for rechargeable lithium-ion batteries. Annual review of chemical and biomolecular engineering, 2012, 3: 445-471.
- [4] SAFAVI-MIRMAHALLEH, Seyedeh-Arefeh, et al. Synthesis and evaluation of cellulose/polypyrrole composites as polymer electrolytes for lithium-ion battery application. International Journal of Biological Macromolecules, 2024, 129861.
- [5] HADAD, Saeed, et al. Starch acetate and carboxymethyl starch as green and sustainable polymer electrolytes for high performance lithium ion batteries. Applied Energy, 2022, 324: 119767.
- [6] KHEZRAQA, Homayun, et al. A review on polydopamine as an efficient material in different components of rechargeable ion batteries. Journal of Energy Storage, 2024, 79: 110170.
- [7] GERDROODBAR, Amirhossein Enayati, et al. A review on ion transport pathways and coordination chemistry between ions and electrolytes in energy storage devices. Journal of Energy Storage, 2023, 74: 109311.
- [8] DEHGHANI, Elham, et al. In situ dendrimer-crosslinked gel polymer electrolytes for lithium-ion batteries with high ionic conductivity and excellent electrochemical performance. ACS Applied Polymer Materials, 2022, 4. 6: 4154-4165.
- [9] HAMRAHJOO, Mahtab, et al. Poly (poly (ethylene glycol) methyl ether methacrylate-co-acrylonitrile) gel polymer electrolytes for high performance lithium ion batteries: comparing controlled and conventional radical polymerization. European Polymer Journal, 2022, 173: 111276.
- [10] TAGHAVI-KAHAGH, Ameneh; et. al. Powering the future: A comprehensive review on calcium-ion batteries. Journal of Energy Chemistry, 2023, 90, 77-97.

الکترولیت های پلیمری در باتری های لیتیوم- یون به عنوان سیستم های ذخیره انرژی

نویسندگان: سیده عارفه صفوی میرمحله^{۱،۲}، مرضیه گلشن^{۳،۴}

۱- فارغ التحصیل دکتری تخصصی، رشته مهندسی پلیمر-گرایش فراورش، دانشگاه صنعتی سهند
۲- پژوهشگر مواد پلیمری دانشگاه صنعتی تبریز
۳- فارغ التحصیل دکتری تخصصی، رشته مهندسی پلیمر-گرایش نانوفناوری، دانشگاه صنعتی سهند

چکیده:

سیستم های ذخیره انرژی نقش بسیار مهمی در مدیریت منابع انرژی و بهینه سازی استفاده از آنها دارند. این سیستم ها می توانند انرژی را از منابع مختلف ذخیره کرده و در زمان نیاز، آن را آزاد کنند. انواع مختلفی از سیستم های ذخیره انرژی وجود دارند که هر کدام با توجه به ویژگی ها و کاربردهای خاص خود، در حوزه های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند.

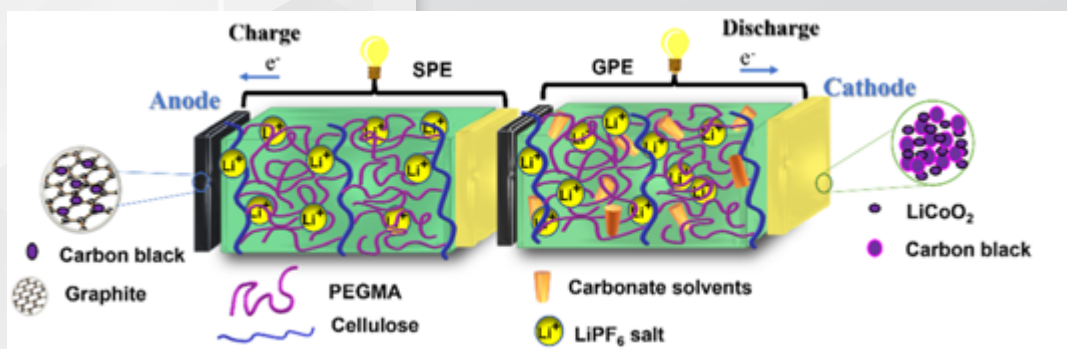
اساس کار باتری های لیتیوم-یون انتقال یون های لیتیوم در سراسر الکترولیت بین دو الکترود منفی و مثبت می باشد. باتری های لیتیوم در میان رقبای خود مانند نیکل-هیدرید فلز، نیکل-کادمیوم، سرب-اسید و غیره سهم درآمد بیشتری را در بازار باتری ها به خود اختصاص داده اند. باتری های لیتیوم-یون با چگالی بالا، قابلیت شارژ سریع، تخلیه شارژ خودبه خودی پایین، وزن سبک، پایداری حرارتی بالا و مقاومت بالا در برابر واکنش های شیمیایی با الکترولیت ها بسیار مورد توجه قرار گرفته اند.

واژگان کلیدی: باتری های لیتیوم-یون، الکترولیت های پلیمری، سیستم های ذخیره انرژی

در سال‌های اخیر نیاز روزافزون به منابع انرژی باعث انقراض تدریجی منابع سوخت‌های فسیلی شده است. همچنین، استفاده بی‌رویه از منابع سوخت‌های فسیلی باعث به‌وجودآمدن مشکلات جدی از جمله اثرات گازهای گلخانه‌ای، گرمایش زمین و آلودگی‌های زیست‌محیطی شده است. این عوامل باعث شده‌اند که جهان به سوی استفاده از سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر حرکت کند. یکی از موانع اصلی در تجاری‌سازی این سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، عدم وجود سیستم ذخیره انرژی مناسب است. در بین سیستم‌های ذخیره انرژی، باتری‌ها ویژگی‌های امیدوارکننده‌ای از جمله راندمان بالا در زمان طولانی، انعطاف‌پذیری، طول عمر زیاد و نیاز به محافظت کم از خود نشان داده‌اند [۱]. باتری‌های قابل شارژ از مواد شیمیایی مختلف در طول سال‌ها تولید و با توجه به خواصشان برای کاربردهای مختلف تجاری‌سازی شده‌اند. با این حال، این باتری‌ها به دلیل معایب متعدد به‌طور کامل جایگزین باتری‌های اولیه (غیرقابل شارژ) به‌عنوان دستگاه ذخیره انرژی نشده‌اند [۲]. در بین تکنولوژی باتری‌های در دسترس، باتری‌های لیتیوم-یون به دلیل عمر مفید طولانی، چگالی انرژی بالا و حداقل اثر حافظه به‌طور گسترده به‌عنوان منبع تغذیه دستگاه ذخیره انرژی، برای وسایل الکترونیکی قابل حمل، وسایل نقلیه الکتریکی و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۳].

۲- باتری‌های لیتیوم-یون

باتری‌های لیتیوم-یون به صورت تجاری توسط شرکت سونی در اوایل دهه ۱۹۹۰ معرفی شدند. باتری‌های لیتیوم-یون با چگالی بالا، قابلیت شارژ سریع، تخلیه شارژ خودبه‌خودی پایین، وزن سبک، پایداری حرارتی بالا و مقاومت بالا در برابر واکنش‌های شیمیایی با الکترولیت‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند [۴]. این باتری‌ها شامل کاتد، آنُد، یک سیستم غیرآبی الکترولیتی و یک جداکننده به منظور ممانعت از تماس فیزیکی بین دو الکترود هستند. شکل ۲ شماتیکی از مکانیسم عملکرد باتری‌های لیتیوم-یون را نشان می‌دهد [۵]. در فرآیند شارژ، یون‌های لیتیوم از کاتد به سمت آنُد حرکت می‌کنند و این امر از طریق الکترولیت مقدور است. مکانیسم دشارژ (تخلیه باتری) بدین ترتیب است که یون‌های لیتیوم از سمت آنُد به کاتد برمی‌گردند و جریان را با خود جابه‌جا می‌کنند. مواد کاتدی استفاده‌شده در این باتری‌ها اغلب برپایه اکسیدهای فلزی هستند و مواد آنودی اغلب مواد پایه کربنی، مانند گرافیت، را شامل می‌شوند [۶-۷].



شکل ۱: مکانیسم عملکرد باتری‌های یون- لیتیوم

الکتrolیت‌ها در حالت کلی به دو دسته الکتrolیت‌های مایع و الکتrolیت‌های جامد دسته‌بندی می‌شوند. الکتrolیت‌های جامد خود به دو دسته الکتrolیت‌های جامد غیرآلی مانند مواد سرامیکی و الکتrolیت‌های جامد پلیمری تقسیم می‌شوند. با این وجود موضوع ایمنی با استفاده از حلال‌های آلی اشتعال‌پذیر، نشت الکتrolیت‌ها و مسئله سازگاری الکتrolود-الکتrolیت مانع از افزایش سرمایه‌گذاری بر روی باتری‌های یون-لیتیوم بر اساس الکتrolیت‌های مایع شده است. این امر باعث افزایش تحقیقات بر روی جایگزین‌های الکتrolیت‌های مایع در باتری‌های یون-لیتیوم شده است [۸-۹].

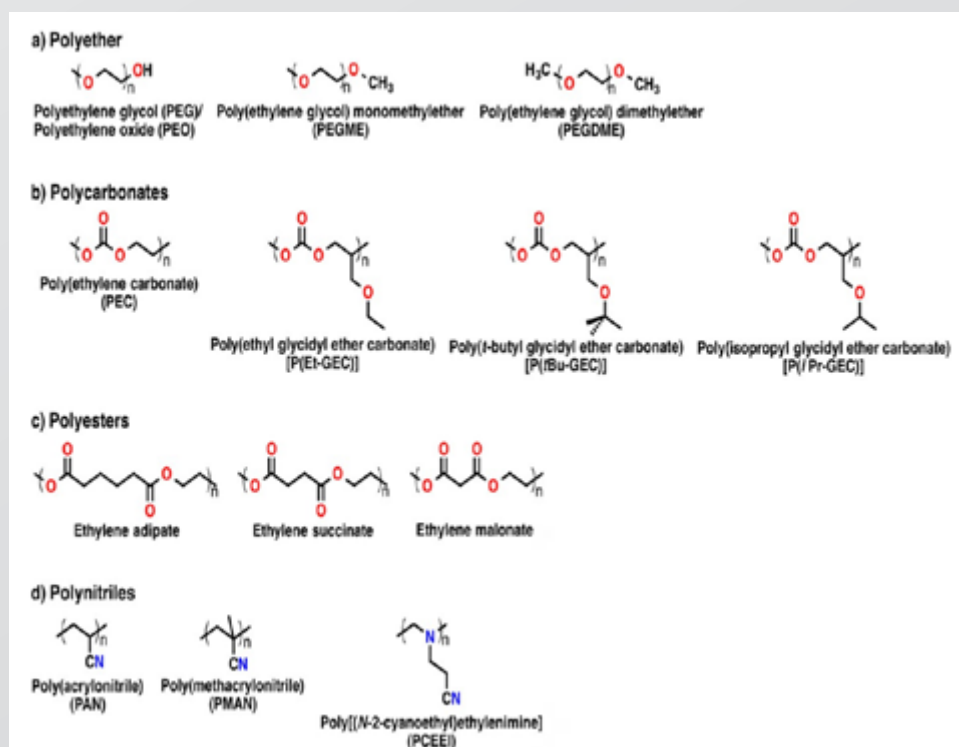
۱-۲-۱ الکتrolیت‌های پلیمری

الکتrolیت‌های پلیمری دسته‌ای از الکتrolیت‌های جامد هستند که جایگزین مناسبی برای الکتrolیت‌های مایع و الکتrolیت‌های جامد معدنی محسوب می‌شوند. این امر ناشی از خواص منحصر به فردشان از جمله افزایش مقاومت در حین تغییر حجم طی فرایند شارژ و تخلیه باتری، تنوع و تطبیق‌پذیری شکل، انعطاف‌پذیری، ایمنی و سبک‌بودن است [۱۰]. الکتrolیت‌های پلیمری به دو دسته تقسیم می‌شوند: الکتrolیت‌های پلیمری جامد و الکتrolیت‌های ژل‌پلیمری. الکتrolیت‌های پلیمری جامد به وسیله انحلال نمک‌های لیتیوم در یک ماتریس پلیمری ساخته می‌شوند تا رسانایی یونی را فراهم کنند. در این نوع الکتrolیت‌ها، نمک‌های لیتیوم به وسیله تشکیل کمپلکس بین یون لیتیوم و اهداکننده الکترون قوی اسکلت اصلی پلیمر حل می‌شوند. این امر به جداسازی راحت یون برای ایجاد رسانایی یونی منجر می‌شود [۱۱]. الکتrolیت‌های پلیمری جامد مزیت‌هایی نسبت به الکتrolیت‌های مایع دارند مانند عدم نوسانات، انعطاف‌پذیری، خواص مکانیکی، بهبود ایمنی و سهولت فرایند تولید. بزرگترین چالش در مورد این مواد، رسانایی یونی کم، تماس بین سطحی ضعیف بین الکتrolود و الکتrolیت و پایداری الکتروشیمیایی ضعیف است. خواص مکانیکی در این الکتrolیت‌ها ناشی از گره‌خوردگی‌های زنجیرهای پلیمر میزبان است و اثرات یونی، ناشی از تحرک بخش‌های پلیمر میزبان است که در ناحیه آمورف اتفاق می‌افتد. در نتیجه دمای انتقال شیشه‌ای پلیمر میزبان پارامتر کلیدی در تعیین خواص مکانیکی و فرآیندپذیری مواد پلیمری برای الکتrolیت‌های پلیمری جامد است [۱۲]. تلاش‌های بسیاری برای کاهش دمای انتقال شیشه‌ای با هدف بهبود رسانایی یونی از طریق کوپلیمریزاسیون، شبکه‌ای کردن، افزودن فیلر معدنی و ... انجام شده‌اند. با این وجود، کاهش دمای انتقال شیشه‌ای پلیمر میزبان، به کاهش خواص مکانیکی منجر می‌شود. دومین مانع استفاده از این مواد در باتری‌های یون-لیتیوم، تماس بین سطحی ضعیف الکتrolود و الکتrolیت است. الکتrolیت‌های مایع رسانایی یونی بالا و توانایی مرطوب‌سازی عالی الکتrolودها را دارند و از این طریق تماس بین سطحی الکتrolود و الکتrolیت را به حفره‌های الکتrolود توسعه می‌دهند در حالی که در الکتrolیت‌های پلیمری جامد سطح تماس الکتrolود-الکتrolیت تنها به سطح واقعی تماس بین الکتrolود و الکتrolیت محدود می‌شود و این پدیده به طور مستقیم امپدانس بین سطحی سیستم را افزایش می‌دهد و عملکرد باتری را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۳]. مسئله مهم دیگر در مورد الکتrolیت‌های پلیمری جامد پایداری الکتروشیمیایی پلیمر میزبان است که به ایجاد یک مانع غیرقابل عبور منجر می‌شود. مکانیسم انتقال یون در الکتrolیت‌های پلیمری به فاکتورهای مختلفی مانند اندازه کاتیون، ثابت دی‌الکتریک پلیمر میزبان، جفت‌شدن یون، خصوصیات فاز آمورف و تحرک حامل بار (هر دو آنیون و کاتیون) بستگی دارد [۱۴].

یک پلیمر میزبان در الکتrolیت پلیمری می‌تواند هر دو خاصیت آمورف و بلوری را داشته باشد. انتقال یون معمولاً در ناحیه آمورف و بالای دمای انتقال شیشه‌ای اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر انتقال یون در الکتrolیت‌های پلیمری به شدت وابسته به دما است. وجود فاز بلوری مانع از حرکت سگمندی پلیمر میزبان می‌شود. زمانی که دما افزایش می‌یابد و به دمای ذوب نزدیک می‌شود انتظار می‌رود که حرکت سگمندی افزایش و میزان بلورینگی کاهش یابد. بنابراین، برای روشن شدن مکانیسم واقعی انتقال یون در الکتrolیت‌های پلیمری، انتقال فازی پلیمر میزبان باید در نظر گرفته شود [۱۵]

۲-۲-۱- مواد رایج استفاده شده در الکتrolیت‌های پلیمری

در بین الکتrolیت‌های پلیمری مختلف، پلی‌اترها در دسته رایج‌ترین مواد هستند و پلی‌(اتیلن اکساید) بیشترین و قدیمی‌ترین پلیمر استفاده شده است (شکل ۲) [۳۵]. به طور معمول، یون لیتیوم اتصال‌های جهت‌گیری شده با اتم‌های اکسیژن ساختار اصلی پلی‌(اتیلن اکساید) از خود نشان می‌دهد و انتقال یون باید از طریق تحرک بخشی و سگمندی انجام گیرد. با وجود رسانایی کم الکتrolیت‌های پلیمری برپایه پلی‌(اتیلن اکساید)، دلایل اصلی استفاده از این مواد دمای انتقال شیشه‌ای پایین و ترکیب‌پذیری خوب آن با یون‌های لیتیوم هستند. برای رفع مشکل رسانایی پایین این مواد از ترکیب آن‌ها با مواد پلیمری دیگر استفاده می‌شود تا ساختار آمورف در ماتریس پلیمری ایجاد و مورفولوژی متخلخل با نسبت حفره و ابعاد بالا حاصل شود. تلاش‌های زیادی مانند استفاده از الکتrolیسی، اضافه کردن نانوذرات، ترکیب‌سازی و اتصال عرضی ساختارها برای غلبه بر این مشکلات انجام شده‌اند. با این وجود استفاده از مواد مختلف به عنوان پلیمر میزبان یک راه حل امیدوارکننده برای بهبود خواص این مواد است. در این راستا از پلیمرهای مختلف از جمله کیتوسان، سلولز، پلی‌آکریلونیتریل، پلی‌آکریلات‌ها و پلی‌متاکریلات‌ها استفاده شده است [۱۸-۲۰].



شکل ۲: ساختار پلیمرهای رایج برای کاربرد در الکتrolیت‌های پلیمری

سیستم‌های ذخیره انرژی نقش کلیدی در مدیریت تقاضا و عرضه انرژی، بهینه‌سازی استفاده از منابع تجدیدپذیر، و کاهش اثرات زیست محیطی دارند. امروزه مسئله تهیه و تولید باتری‌های الکتروشیمیایی قابل شارژ بسیار بررسی شده است که در بین آن‌ها باتری‌ها یون-لیتیوم به دلیل دانسیته انرژی بالا بسیار مورد توجه‌اند. این باتری‌ها شامل الکتروود مثبت (کاتد)، الکتروود منفی (آند) و الکتrolیت هستند که امکان تولید آن‌ها در اشکال و ضخامت‌های متنوع را فراهم می‌کند. در بین الکتrolیت‌های استفاده‌شده در این زمینه، الکتrolیت‌های پلیمری به دلیل رسانایی یونی مطلوب، گستره الکتروشیمیایی وسیع، خواص مکانیکی مناسب، پایداری حرارتی و سازگاری با الکتروود اهمیت ویژه‌ای دارند. این باتری‌ها به دلیل چگالی انرژی بالا، وزن سبک و انعطاف‌پذیری در طراحی، به انتخابی ایده‌آل برای دستگاه‌های قابل حمل تبدیل شده‌اند. کاربرد گسترده آن‌ها در تلفن‌های همراه، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها، دوربین‌های دیجیتال، دستگاه‌های پزشکی، خودروهای الکتریکی و پهپادها، نشان‌دهنده اهمیت و کارایی این نوع باتری‌ها است.

منابع

- [1] BRUCE, Peter G. ; SCROSATI, Bruno; TARASCON, Jean-Marie. Nanomaterials for rechargeable lithium batteries. *Angewandte Chemie International Edition*, 2008, 47. 16: 2930-2946.
- [2] HAYNER, Cary M. ; ZHAO, Xin; KUNG, Harold H. Materials for rechargeable lithium-ion batteries. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 2012, 3: 445-471.
- [3] HAN, Xuebing, et al. A review on the key issues of the lithium ion battery degradation among the whole life cycle. *ETransportation*, 2019, 1: 100005.
- [4] DENG, Da. Li-ion batteries: basics, progress, and challenges. *Energy Science & Engineering*, 2015, 3. 5: 385-418.
- [5] SHILPA, R. , et al. Lithium based electrolytes in electrochemical energy storage devices-a review. *J. Mater. Environ. Sci.* , 2020, 11: 109-122.
- [6] LONG, Lizhen, et al. Polymer electrolytes for lithium polymer batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 2016, 4. 26: 10038-10069.
- [7] CHENG, Xunliang, et al. Gel polymer electrolytes for electrochemical energy storage. *Advanced Energy Materials*, 2018, 8. 7: 1702184.
- [8] WU, Xiaohong, et al. Electrolyte for lithium protection: from liquid to solid. *Green Energy & Environment*, 2019, 4. 4: 360-374.
- [9] LIU, Kai, et al. Materials for lithium-ion battery safety. *Science advances*, 2018, 4. 6: eaas9820.
- [10] RAYUNG, Marwah, et al. Bio-based polymer electrolytes for electrochemical devices: Insight into the ionic conductivity performance. *Materials*, 2020, 13. 4: 838.
- [11] JIANG, Yu, et al. Development of the PEO based solid polymer electrolytes for all-solid state lithium ion batteries. *Polymers*, 2018, 10. 11: 1237.
- [12] WU, Bo, et al. Performance of "polymer-in-salt" electrolyte PAN-LiTFSI enhanced by graphene oxide filler. *Journal of the Electrochemical Society*, 2016, 163. 10: A2248.
- [13] MAHANT, Yogita P. , et al. Poly (methyl methacrylate) reinforced poly (vinylidene fluoride) composites electrospun nanofibrous polymer electrolytes as potential separator for lithium ion batteries. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 2018, 7: 1-9.
- [14] GERDROODBAR, Amirhossein Enayati, et al. A review on ion transport pathways and coordination chemistry between ions and electrolytes in energy storage devices. *Journal of Energy Storage*, 2023, 74: 109311.
- [15] HADAD, Saeed, et al. Starch acetate and carboxymethyl starch as green and sustainable polymer electrolytes for high performance lithium ion batteries. *Applied Energy*, 2022, 324: 119767.
- [16] DI NOTO, Vito, et al. Polymer electrolytes: Present, past and future. *Electrochimica Acta*, 2011, 57: 4-13
- [17] WANG, Shih-Hong, et al. Poly (ethylene oxide)-co-poly (propylene oxide)-based gel electrolyte with high ionic conductivity and mechanical integrity for lithium-ion batteries. *ACS applied materials & interfaces*, 2013, 5. 17: 8477-8485.
- [18] ZUO, Xiaoxi, et al. Self-supporting ethyl cellulose/poly (vinylidene fluoride) blended gel polymer electrolyte for 5 V high-voltage lithium-ion batteries. *Electrochimica Acta*, 2018, 271: 582-590.
- [19] DEGHANI, Elham, et al. In situ dendrimer-crosslinked gel polymer electrolytes for lithium-ion batteries with high ionic conductivity and excellent electrochemical performance. *ACS Applied Polymer Materials*, 2022, 4. 6: 4154-4165.
- [20] HAMRAHJOO, Mahtab, et al. Poly (poly (ethylene glycol) methyl ether methacrylate-co-acrylonitrile) gel polymer electrolytes for high performance lithium ion batteries: comparing controlled and conventional radical polymerization. *European Polymer Journal*, 2022, 173: 111276

مصاحبه با مهندس علی ایمانی قاضی جهانی،

مدیر کنترل کیفی شرکت نوآوران شانی پلاستیک

✎ مصاحبه کننده: سعید محمدخانی



ساکن و آنتی استاتیکی، آنتی UV دار و کربناتی و همچنین محصولات پلیمری نظیر کارتن پلاست‌ها، ورق‌های هالو پلی کربناتی چندجداره، ورق‌های ترموپلاستیک نظیر ABS و همچنین ورق‌های HIPS و پلی کربناتی شروع کرد.



سوال: با عرض سلام و احترام ابتدا یک معرفی از خودتون و شرکت بفرمایید.

با سلام و وقت بخیر خدمت شما. بنده علی ایمانی قاضی جهانی هستم. فارغ التحصیل مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی پلیمر از دانشگاه صنعتی تبریز

همچنین میتوان به جرات ادعا کرد که این شرکت به عنوان یکی از کاملترین مجموعه‌های پلیمری از لحاظ دارا بودن امکانات و تجهیزاتی تولیدی و آزمایشگاهی نظیر: سیستم‌های کامپاندی و مستریج‌ساز، فیلم بلوینگ، اکسترودری و تزریقی، آسیاب و سیستم چاپ و دایکات اشاره کرد.

در تهران می‌باشد. شرکت نوآوران شانی پلاستیک به عنوان یکی از سرآمدان مهم پلیمری در استان آذربایجان شرقی از سال ۱۳۸۶ فعالیت خودش رو در شهرک صنعتی عالی نسب تبریز در زمینه تولید مستریج‌ها رنگی و مهندسی نظیر آنتی اکسیدان‌ها، ضد بخار، ضد بلوکه شدن، ضد آتش‌ها، ضد الکتریسیته

(سه‌دند) و در حال حاضر به عنوان مدیر کنترل کیفی شرکت نوآوران شانی پلاستیک از گروه صنعتی پیشگامان شادمهر در خدمت شما هستم.

مجموعه گروه صنعتی پیشگامان شادمهر متشکل از سه شرکت تجاری بزرگ نوآوران شانی پلاستیک و نوآوران آیدا پلاستیک در تبریز و همچنین شرکت نوآوران نوید آینده



بررسی و تضمین کیفیت محصول همواره جزو خط مشی‌های اساسی شرکت بوده و از این رو تجهیزات آزمایشگاهی و تحقیق توسعه‌ای ویژه‌ای برای مهندسين حاضر فراهم آورده است.

سوال: نظرتون در مورد پلیمر و صنعت پلیمر چیست؟

خب در میان صنایع مختلف شیمیایی، صنعت پلیمر به عنوان مقصدی مناسب برای خلق ارزش افزوده و تبدیل مواد اولیه به محصولات کاربردی مورد توجه بسیاری از سرمایه‌گذاران و محققین این علم قرار گرفته است. امروزه صنایع پلیمری به طور کلی در دنیا و علی‌الخصوص ایران جزو یکی از فعالترین و پویاترین زنجیره‌های تامین مالی محسوب می‌شود.

باتوجه به وجود منابع ارزشمند نفتی و گازی به عنوان مواد پایه‌ای پلیمرها در این جغرافیا، دارا بودن قابلیت مهندسی و توجیه‌پذیری اقتصادی پیشرفت چشمگیری را در زمینه‌های مختلف مرتبط پلیمری نظیر صنایع خودروسازی، الکترونیکی، دفاعی، لوازم خانگی، ساختمان، هوافضا، نساجی و پزشکی را در ایران شاهد هستیم.

سوال: ارتباط صنعت و دانشگاه چطور میتونه برای هر دو طرف باعث پیشرفت باشه؟

در رابطه با ارتباط دانشگاه و صنعت باید خدمتون عرض کنم که متأسفانه ما شاهد گپ بزرگی در این زمینه هستیم که الان خوشبختانه در مقاطع مختلف زمانی متناسب با سیاست‌های وزارت علوم، آگاهی اساتید، نیاز سرمایه‌گذاران و دانشجویان، در حال حرکت به سمت ترمیم این رابطه انکارناپذیر و جداسدنی هستیم که نمونه‌اش صنعتی کردن موضوعات پایان‌نامه‌ای دانشجویان و بورسیه کردن صنعتی مقطع لیسانس و فوق لیسانس هست که نوید روزهای بهتر را برای ارتباط موثر به همراه دارد. همچنین باید خاطرنشان کرد:

همواره صنعت و دانشگاه دو بال اساسی برای آبادی اقتصادی کشور محسوب می‌شوند از این رو باید خاطر نشان کرد که درک مسئله و احساس نیاز به پیشرفت در صنعت بخشی از مسیر بوده و یافتن جواب مناسب برخواسته از دانشگاه و علوم آکادمیکی مرتبط نیمی دیگر این مسیر بشمار می‌آید.

قیمت نشریه زیراسیون شماره اول



سحر گودرزی



مبین احمد آلی



سعيد محمد خاني



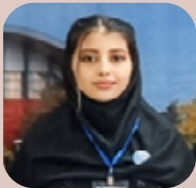
مونا فرشٹاف



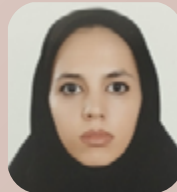
محمد امین صلاتی



احمد رضا طباطبائی



اسما فیضی



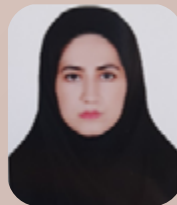
مرضیه گلشن



محمد حسین اکبری



فاطمہ شالچی زاده



سیدہ عارفہ صفوی میر محلہ



علیرضا فلکی تبریزی



هانیہ مردانی



کتابوں کی تصویق



محمد حشمتی سیس



با ما در ارتباط باشید.

کانال تلگرام انجمن
علمی مهندسی پلیمر
دانشگاه صنعتی تبریز

<https://t.me/polysutstudents>



@POLYSUTSTUDENTS





دانشگاه صنعتی تبریز



فakولت مهندسی