



## پودمان ۳

### تعیین ویژگی های الیاف بازیافته



## شایستگی‌های فنی

ساختمان شیمیایی الیاف، پلیمریزاسیون، تأثیر خواص پلیمر روی الیاف فنحوه تولید الیاف مصنوعی، نحوه تولید الیاف ویسکوز، خواص الیاف ویسکوز، نحوه تهیه و خواص الیاف گوپر آمونیوم، نحوه تهیه و خواص الیاف دی استات سدیم و تری استات سدیم، تعیین جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف، اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع، تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف، تعیین خواص کششی الیاف با دستگاه اینسترون

## استاندارد کار

پس از پایان پودمان از هنرجو انتظار می‌رود ضمن تحلیل محتوایی خواص الیاف بازیافته و نحوه تولید آنها، بتوانند خواص مورد نظر را به کمک دستگاه‌های مورد نظر و به صورتی کاملاً ایمن و با توجه به نکات زیست محیطی اندازه‌گیری نماید.

## ساختار الیاف شیمیایی

چنان‌که در فصول قبل اشاره شده است الیاف شیمیایی الیافی هستند که در طبیعت به صورت لیف وجود ندارند و به روش‌های صنعتی تبدیل به لیف می‌شوند. همچنین در فصول گذشته اشاره شده است که الیاف شیمیایی به دو دسته الیاف بازیافته و الیاف مصنوعی تقسیم می‌شوند و توضیح داده شده است که الیاف بازیافته الیافی هستند که پلیمر آنها در طبیعت وجود دارد ولی این پلیمر به شکل لیف نیست و در صنعت این پلیمرهای طبیعی به لیف قابل استفاده در نساجی تبدیل می‌شوند. برخلاف الیاف بازیافته، الیاف مصنوعی، الیافی هستند که پلیمر آنها در طبیعت وجود ندارد. یعنی پلیمر الیاف مصنوعی نیز به صورت صنعتی ساخته و تولید می‌شود و پس از ساخت پلیمر، این الیاف به روش‌های صنعتی تبدیل به لیف قابل مصرف در نساجی می‌شوند.

### پلیمر و پلیمریزاسیون

پلیمر ماده‌ای است که از مولکول‌های بسیار بزرگ تشکیل می‌شود و این مولکول‌های بزرگ نیز از واحدهای کوچک و تکرار شونده به نام مونومر ساخته می‌شوند. در فارسی پلیمر را بسپار و مونومر را تک‌پار نیز می‌نامند. یک مولکول پلیمر از چند صد یا چند هزار واحد مونومر تشکیل می‌شود. نوع، تعداد و چگونگی قرار گرفتن مونومرها در ساختمان یک مولکول پلیمر متفاوت است و همین متغیرها یعنی نوع، تعداد و چگونگی قرار گرفتن مونومرها در ساختمان یک مولکول تعیین‌کننده رفتار پلیمر می‌باشد.

پلیمرهای مصنوعی به روش‌های صنعتی و در محیط‌های کنترل شده از نظر دما، فشار، حجم، نوع مواد شرکت‌کننده در واکنش‌های شیمیایی ساخته می‌شوند. چنان‌که اشاره شده است، پلیمرها از اتصال و به هم پیوستن مونومرها ساخته می‌شوند. به عملیات اتصال و به هم پیوستن مونومرها و تشکیل یک مولکول بزرگ که در یک محیط کنترل شده انجام می‌شود، پلیمریزاسیون یا پلیمر شدن می‌گویند. در عملیات پلیمریزاسیون، مونومرها در جریان یک فرایند شیمیایی و با نظم خاصی به یکدیگر متصل شده و یک مولکول بزرگ یا ماکرومولکول به نام پلیمر را به وجود می‌آورند.

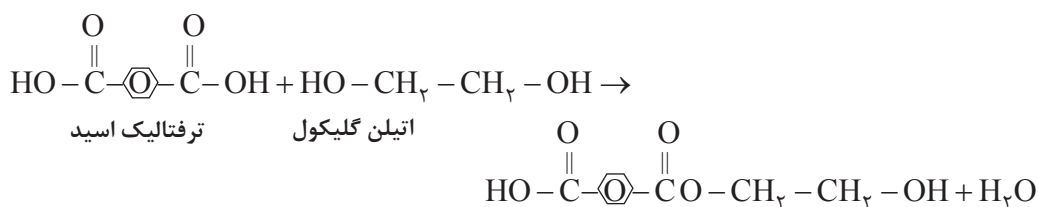
پلیمرها می‌توانند از یک نوع مونومر یا اینکه از چند نوع مونومر تشکیل شوند. اگر پلیمری فقط از یک نوع مونومر تشکیل شود به این پلیمر همو پلیمر (homo polymer) گفته می‌شود، و اگر در تشکیل مولکول یک پلیمر چند نوع مونومر مورد استفاده قرار گیرد، به پلیمر تشکیل شده کوپلیمر (copolymer) گفته می‌شود. هدف از ساخت و تولید کوپلیمر، دستیابی به خواص ویژه‌ای از پلیمر می‌باشد که ممکن است یک هموپلیمر آن خواص و رفتار مورد انتظار را نداشته باشد. مثلاً از بعضی از هموپلیمرها مثل پلی‌وینیل کراید (PVC) نمی‌توان لیف مناسب مصرف نساجی تهیه کرد و یا از پلی‌وینیلستات (PVAc) اگر لیف تهیه شود، لیف حاصل دارای نقطه ذوب پایین و دارای خواص کششی ضعیف می‌باشد، اما از ترکیب این دو ماده می‌توان یک کوپلیمر که حاوی ۸۸٪ وینیل کراید و ۱۲٪ وینیل استات است، یک پلیمر به نام وینیون تولید کرد که لیف حاصل از وینیون بسیار مناسب مصارف نساجی می‌باشد. از ترکیب چند ماده می‌توان کوپلیمرهایی تهیه کرد که این کوپلیمرها قابلیت رسیدن و تبدیل به الیاف را داشته و خواص و رفتاری را از خود بروز بدهند که مناسب استفاده برای انواع منسوجات به ویژه منسوجات صنعتی باشند. در بعضی از کوپلیمرها می‌توان با استفاده از مونومرهای ویژه، خواص و ویژگی‌هایی را در پلیمر (کوپلیمر) تولید شده ایجاد کرد که مثلاً مقاومت آنها در مقابل کشش، نورخورشید، مواد شیمیایی و... افزایش یافته یا اینکه رنگ پذیری، جذب رطوبت و خاصیت کشسانی آنها بیشتر شود.

### روش‌های پلیمریزاسیون

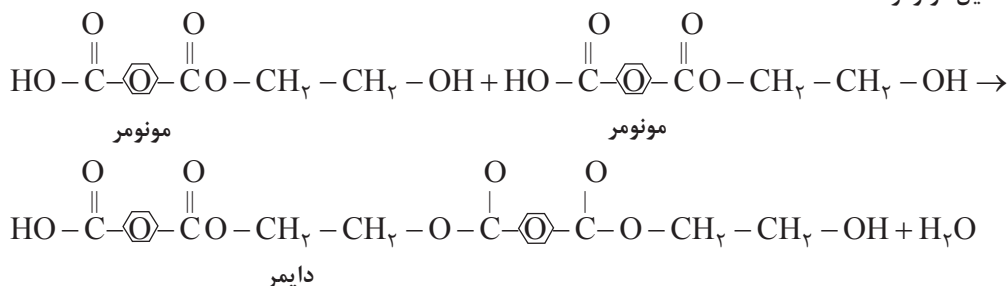
چنان‌که پیش‌تر اشاره شده است، پلیمرها مولکول‌های بزرگی هستند که از به هم پیوستن و اتصال تعداد زیادی مولکول کوچک ایجاد می‌شوند. در عمل پلیمریزاسیون مولکول‌های کوچک به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول بزرگ یعنی پلیمر را به وجود می‌آورند. به‌طور کلی دوروش پلیمریزاسیون وجود دارد که عبارت‌اند از روش پلیمریزاسیون تراکمی (condensation polymerization) و روش پلیمریزاسیون اضافه (additional polymerization).

### پلیمریزاسیون تراکمی

کاروترز (carothers) که یک شیمی‌دان آمریکایی بود و برای شرکت آمریکایی دوپونت (Dupont) کار می‌کرد برای اولین بار متوجه این روش پلیمریزاسیون شده است. او متوجه شده است که موادی که دارای گروه فعال در دو طرف ساختمان مولکولی خود هستند، در شرایط مناسب دو مولکول از این مواد می‌توانند با هم ترکیب شده یا پیوند برقرار کنند و یک مولکول بزرگ‌تر با حدود دو برابر طول یک مولکول اول ایجاد نمایند. گروه‌های ترکیبی فعال نظیر گروه‌های الکلی و استری و غیره هستند که می‌توانند در دو سر یک مونومر وجود داشته باشند. در پلیمریزاسیون تراکمی در مرحله اول تعداد دو مونومر به یکدیگر متصل می‌شوند که مولکول حاصل به دimer (dimer) معروف است و ضمن تولید دimer یک مولکول کوچک مثل مولکول آب از واکنش استخراج می‌شود. در مرحله دوم، دimer حاصل می‌تواند به یک مونومر یا به یک دimer دیگر متصل شود و مولکول بزرگ‌تری را ایجاد نماید. برای مثال در معادله شیمیایی شماره ۱ یک واحد دی‌آمین و یک واحد دی‌اسید نشان داده شده است.

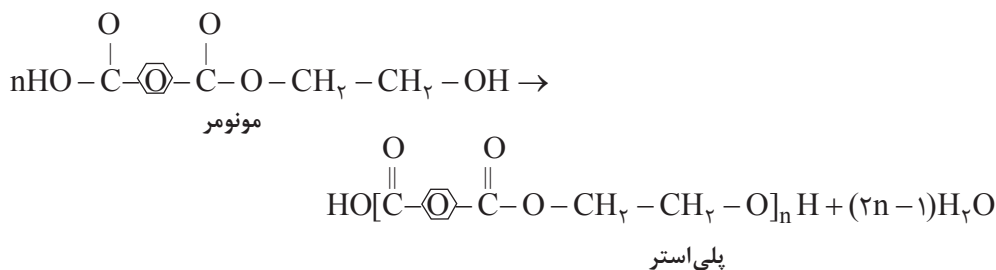


معادله ۱- تشکیل مونومر



معادله ۲- تشکیل داایمر

چنان که در معادله ۳- نشان داده شده است در طرف اول معادله تعداد n واحد از یک دی آمین با گروه میانی R، با تعداد n واحد از یک دی اسید با گروه میانی R' ترکیب می شود و در این عملیات یک دیمر با یک مولکول آب تولید می شود. در واقع در اینجا ضمن تولید یک دیمر که حاصل ترکیب دو مونومر یعنی یک دی آمین و یک دی اسید می باشد، یک مولکول آب نیز تولید می شود. اگر در معادله ۱، R را ۴ واحد CH<sub>2</sub> در نظر بگیریم معادله ۱ به صورت معادله ۲ در خواهد آمد.



معادله ۳- تشکیل پلیمر پلی استر

در معادله ۲ دی آمین موجود به نام هگزامتیلن دی آمین و دی اسید موجود به نام اسید ادیپیک می باشد که از ترکیب آنها یک دیمر نایلون ۶۶ ایجاد شده است. چنان که در نتیجه واکنش معادله ۲ دیده می شود، تعداد ۱۲ کربن یعنی ۶ کربن از هگزامتیلن دی آمین و ۶ کربن اسید ادیپیک در دیمر نایلون ۶۶ می باشد. اصولاً پلیمریزاسیون تراکمی، پلیمریزاسیونی است که در آن واکنش بین دو گروه فعال از دو مونومر ایجاد می شود و دو مونومر به یک دیگر متصل می شوند و مولکول جدید به وجود آمده دیگر خاصیت هیچ یک از دو مولکول اولیه یعنی مونومرهای تشکیل دهنده را ندارد. دلیل نام گذاری این پلیمریزاسیون به پلیمریزاسیون تراکمی آن است که در این روش حداقل یک مولکول کوچک در جریان فرایند پلیمریزاسیون تولید و از محیط پلیمریزاسیون خارج (استخراج) می شود و در واقع دو مولکول مونومر وقتی باهم ترکیب می شوند، متراکم

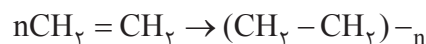
می‌شوند. دو ویژگی مهم پلیمریزاسیون تراکمی به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- وقتی مونومرها با هم ترکیب می‌شوند یک مولکول متراکم ایجاد می‌شود و معمولاً مولکول‌های کوچک‌تری مانند آب، اسید کلریدیک یا آمونیاک از محیط فرایند پلیمریزاسیون استخراج می‌شود.
- ۲- معمولاً تعداد اتم‌ها در مولکول پلیمر از مجموع اتم‌های موجود در مونومرهای تشکیل دهنده آن پلیمر کمتر است.

۳- پلیمرهای حاصل از روش پلیمریزاسیون تراکمی، خطی هستند چون پیوندهای بین دو مونومر در طول محور مونومرها انجام می‌شود و به صورت مستقیم در ساختمان پلیمر قرار می‌گیرند و این سبب می‌شود که یک بعد پلیمر از ابعاد دیگر بلندتر بوده و مولکول پلیمر به صورت خطی شکل بگیرد. خطی بودن پلیمر از شرایط مهم قابلیت یک پلیمر برای تبدیل شدن به لیف می‌باشد. از مهم‌ترین پلیمرهایی که به روش تراکمی پلیمریزه می‌شوند، پلیمرهای نایلون و پلی‌استر هستند.

### پلیمریزاسیون اضافی

در این روش، با اضافه شدن یک مولکول به مولکول دیگر، مولکول پلیمر ایجاد می‌شود. در این روش تعداد اتم‌های مولکول پلیمر برابر مجموع تعداد اتم‌های مونومرهای تشکیل دهنده آن پلیمر است و هیچ مولکول کوچکی در جریان پلیمریزاسیون تولید نشده و از محیط پلیمریزاسیون استخراج نمی‌شود. در پلیمریزاسیون اضافی معمولاً از ترکیبات آلی اشباع نشده، به ویژه اتیلن و مشتقات آنکه دارای باندهای دوگانه در مولکول هستند، استفاده می‌شود. ساده‌ترین پلیمر که به روش پلیمریزاسیون اضافی تولید می‌شود، پلی‌اتیلن است که از گاز اتیلن به دست می‌آید. معادله ۴ پلیمریزه شدن اتیلن را نشان می‌دهد.



معادله ۴- تشکیل پلی‌اتیلن  
پلی‌اتیلن                      اتیلن

چنان‌که در معادله ۴ دیده می‌شود هر مولکول اتیلن دارای دو اتم کربن است که هر کربن علاوه بر پیوند با دو هیدروژن یک پیوند دوگانه یا مضاعف با کربن دیگر نیز دارد. در فرایند پلیمریزاسیون پیوند دوگانه دو مولکول اتیلن را باز می‌کنند تا شرایط اتصال بین دو مولکول اتیلن فراهم شود. با باز شدن پیوندهای دوگانه دو مولکول اتیلن، این مولکول‌ها با یکدیگر پیوند برقرار کرده و یک دیمر را به وجود می‌آورند معادله ۵ نحوه تشکیل یک دیمر در تولید پلی‌اتیلن را نشان می‌دهد.

معادله ۵ .....

در پلیمریزاسیون اضافی - هرچه تعداد مونومرهای شرکت کننده در زنجیر یک پلیمر بیشتر باشد، وزن مولکولی پلیمر بیشتر شده و نقطه ذوب پلیمر بالاتر می‌رود. یکی از عوامل تعیین کننده خواص پلیمرها، وزن مولکولی پلیمر می‌باشد. لذا کنترل وزن مولکولی که همان طول زنجیره پلیمر می‌باشد، در تعیین خواص پلیمر و لیف بسیار مهم است. پلیمرهایی که دارای وزن مولکولی پایین هستند، شرایط مناسب تولید لیف را ندارند و وزن مولکولی پلیمر حداقل باید ۱۰/۰۰۰ باشد تا بتوان از آن لیف مناسب برای نساجی را تولید کرد. در پلیمریزاسیون اضافی، برای باز کردن پیوندهای دوگانه می‌توان از دمای بالا، فشار بالا و انواع کاتالیزورهای شیمیایی یا نوری استفاده کرد. پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌اکریلونیتریل از مهم‌ترین پلیمرهایی هستند که به روش اضافی پلیمریزه می‌شوند.

## خواص پلیمرها

چنان که پیش تر اشاره شده است، همه الیاف نساجی از پلیمرها ساخته می‌شوند. بسته به نوع و جنس الیاف مانند انواع الیاف طبیعی مثل پنبه، پشم، ابریشم و الیاف بازیافته و مصنوعی، پلیمر تشکیل دهنده این الیاف تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند. با این حال هر ماده پلیمری که قرار است به لیف قابل استفاده در نساجی تبدیل شود باید دارای خواصی باشد. خواصی از پلیمرها که باید در هریک از آنها وجود داشته باشد تا آن پلیمر قابلیت تبدیل به لیف و مصرف در نساجی را داشته باشد عبارت‌اند از:

۱- پیوندهای بین مولکولی

۲- وزن مولکول

۳- شکل مولکول‌ها

۴- سختی زنجیره‌های مولکولی

۵- آرایش یافتگی مولکول‌ها در پلیمر یا لیف

۶- میزان کریستالی بودن پلیمر

اهمیت هریک از این خواص به شرح زیر می‌باشد:

**پیوندهای بین مولکولی:** پیوندهای بین مولکولی پیوندهایی هستند که بین دو مولکول پلیمر شکل می‌گیرد و به پیوندهای عرضی معروف‌اند. پیوندهای عرضی سبب به هم چسبیدن دو زنجیره پلیمری کنار هم می‌شوند. هرچه پیوندهای عرضی بین دو مولکول پلیمر قوی‌تر باشد، پلیمر حاصل سخت‌تر و اگر پیوند عرضی بین مولکول‌ها ضعیف باشد، پلیمر نرم و ضعیف می‌شود. یکی از عوامل تعیین‌کننده سختی یا نرمی پلیمر نوع و استحکام پیوندهای عرضی بین مولکول‌ها است. مثلاً اگر پیوندهای عرضی بین مولکول‌های پلیمر ضعیف باشد، پلیمر حاصل نقطه ذوب پایینی داشته و به راحتی در حلال‌ها حل می‌شود. از سوی دیگر تعداد و استحکام بیش از اندازه پیوندهای عرضی سبب سختی زیاد پلیمر شده و ممکن است سبب کاهش کشسانی پلیمر شود.

انواع پیوندهای عرضی که بین زنجیره‌های مولکولی پلیمرها می‌توانند ایجاد شوند عبارت‌اند از:

- پیوندهای یونی

- پیوندهای کووالانسی

- پیوندهای هیدروژنی

- پیوندهای واندروالس

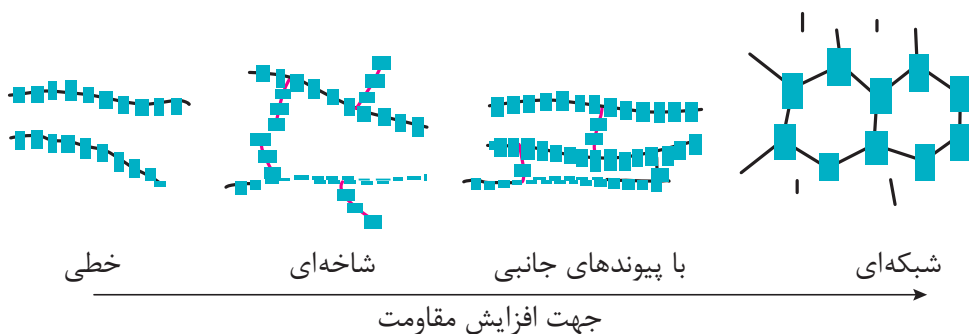
**وزن مولکولی:** وزن مولکولی نشان‌دهنده طول زنجیر و سنگینی یک مولکول پلیمر و تعیین‌کننده بسیاری از خواص یک پلیمر می‌باشد. ارتباط بین وزن مولکولی و خواص فیزیکی لیفی که از آنها تهیه می‌شود در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- رابطه بین وزن مولکولی پلیمر و خواص فیزیکی لیف تهیه شده از آن

وزن مولکولی	خواص فیزیکی
$< 240000$	امکان تشکیل لیف وجود ندارد.
4000-6000	لیف تولید شده شکننده و ضعیف است.
6000-8000	الیاف تولید شده شکننده و ضعیف ولی الیاف بلندتر می‌توانند تشکیل شود.
8000-10/000	مقاومت و انعطاف پذیری لیف بیشتر می‌شود.
$10/000 <$	مقاومت و انعطاف پذیری لیف مناسب مصرف نساجی است.

چنان‌که از روی جدول ۱ دیده می‌شود و پیشتر اشاره شده است. وزن مولکولی یک پلیمر برای اینکه قابلیت تبدیل به لیف قابل مصرف در نساجی را داشته باشد باید بیشتر از  $10/000$  باشد. معمولاً وزن مولکولی الیاف نساجی بین  $10/000$  و  $20/000$  می‌باشد و هرچه وزن مولکولی بیشتر باشد لیف سخت‌تر و نقطه ذوب آن بالاتر می‌رود. در صنایع تولید لیف، وزن مولکولی پلیمر چنان در نظر گرفته می‌شود که ضمن دستیابی به خواص فیزیکی و مکانیکی مثل مقاومت و انعطاف‌پذیری مناسب برای لیف، نقطه ذوب پلیمر در حدی باشد که در عملیاتی مثل ذوب‌ریسی یا عملیات حرارتی الیاف، نخ و پارچه ایجاد مشکل نکند. همچنین افزایش بیش از اندازه وزن مولکولی لیف، در عملیات ریسندگی محلول یا خشک‌ریسی نیز ایجاد اشکال می‌کند، چون با افزایش وزن مولکولی پلیمر، حلالیت آن کاهش می‌یابد. بنابراین، وزن مولکولی الیاف معمولاً پایین‌تر از  $20/000$  در نظر گرفته می‌شود.

**شکل مولکول‌ها:** یکی از عوامل تعیین‌کننده خواص و رفتار پلیمر نحوه پیوند اتم‌ها و زنجیرها در مولکول پلیمر است. مولکول‌های پلیمر می‌توانند دارای ساختار یک بعدی (خطی)، دو بعدی (صفحه‌ای) و سه بعدی باشند. بیشتر مولکول‌های پلیمری به صورت یک بعدی و خطی هستند و پلیمرهای مناسب تولید لیف نساجی نیز باید دارای ساختمان خطی باشند. شکل ۱ ساختمان‌های مولکول‌های پلیمرها را نشان می‌دهد. پلیمرهای شناخته‌ای مناسب ساخت لیف نساجی نیستند.

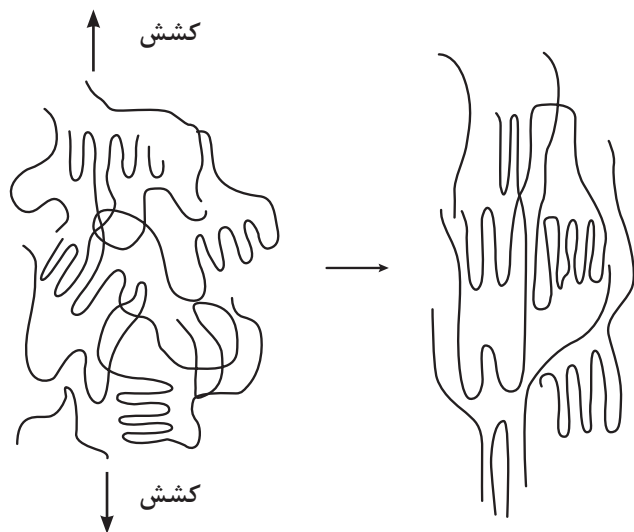


شکل ۱- انواع ساختمان‌های مولکولی پلیمرها



**سختی زنجیره‌های مولکولی:** همه پلیمرها با توجه به اتم‌های تشکیل‌دهنده آنها، نوع پیوندهای بین اتم‌ها و ساختمان مولکولی پلیمر دارای سختی معینی می‌باشند. پلیمرهایی که برای ساخت الیاف نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید دارای سختی مناسبی باشند تا ضمن داشتن انعطاف‌پذیری مناسب دارای سختی قابل قبولی در مقابل تغییر شکل باشند. برای مثال در ساختمان پلی استری که به صورت  $\dots\text{CH}_2\text{COOCH}_2\dots$  است اگر به جای  $\text{CH}_2$  سمت چپ یک حلقه بنزنی به صورت  $\dots$  قرار گیرد، حلقه بنزنی در ساختمان مولکول سبب سختی زیادی در مولکول شده و باعث افزایش نقطه ذوب این پلیمر نیز می‌شود. علاوه بر گروه‌های بنزنی و برخی گروه‌های ویژه، پیوندهای جانبی بین زنجیره‌ها نیز سبب سختی پلیمر می‌شود.

**آرایش یافتگی مولکول‌ها در پلیمر یا لیف:** آرایش یافتگی مولکولی در پلیمرها، همان موازی بودن و هم‌جهت بودن زنجیره‌های مولکولی بایکدیگر است. شکل ۲ مولکول‌های یک پلیمر را در دو حالت بدون آرایش‌یافتگی و آرایش‌یافته نشان می‌دهد. همه پلیمرهایی که برای ساخت الیاف نساجی به کار می‌روند باید یک آرایش‌یافتگی قابل قبولی باشند. البته در فرایند تولید لیف، با اعمال کشش به لیف نیز می‌توان مولکول‌های لیف آرایش یافته کرد. در شکل ۲ عمل آرایش‌یافتگی مولکولی به وسیله اعمال کشش انجام شده است. آرایش‌یافتگی مولکولی سبب افزایش مقاومت، کاهش ازدیاد طول تا حد پارگی، کاهش جذب رطوبت، افزایش مدول کشتی و افزایش درخشندگی لیف می‌شود.



شکل ۲- زنجیره‌های مولکولی در دو حالت بدون آرایش‌یافتگی و با آرایش‌یافتگی

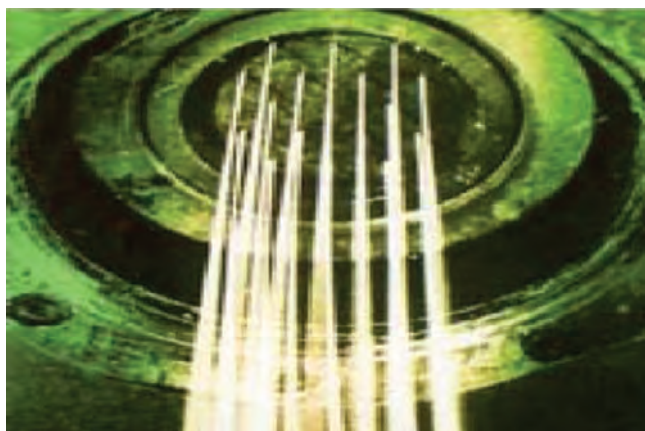
**میزان کریستالی بودن پلیمر:** ساختمان داخلی پلیمرها از نظر نظم و فشردگی مولکول‌ها به دو بخش کریستالی (بلوری) و بی‌نظم (آمورف) تقسیم می‌شود. چنان‌که در شکل ۲ نشان داده شده است، در نواحی کریستالی زنجیرها با یکدیگر موازی هستند و پیوندهای جانبی زیادی بین زنجیرهای این نواحی برقرار بوده و نفوذ رطوبت و مواد رنگ‌زا در داخل کریستال تقریباً ناممکن است. ولی در نواحی بی‌نظم و آمورف، زنجیرهای مولکولی نظم خاصی ندارند و مولکول‌ها به‌طور نامنظم در این نواحی قرار دارند و در واقع جذب رطوبت یا مواد رنگ‌زا در این نواحی از الیاف صورت می‌گیرد. ساختمان داخلی الیاف نساجی ترکیبی از نواحی کریستالی و بی‌نظم است. درصد و نسبت میزان کریستالی و بی‌نظم در ساختمان یک لیف بر رفتار و خواص لیف بسیار با اهمیت است. کریستال‌ها باعث افزایش مقاومت و سختی لیف می‌شوند، در عین حال اگر میزان کریستالی بودن لیف بیش از حد باشد، سبب کاهش انعطاف‌پذیری و به اصطلاح خشک شدن لیف می‌شود.

### ریسندگی الیاف شیمیایی

اولین بار در قرن هفدهم میلادی دانشمندانی در اروپا با الهام از تولید فیلامنت ابریشم توسط کرم ابریشم، تحقیقاتی را برای تولید رشته‌های بسیار ظریف که قابلیت استفاده در نساجی را داشته باشد آغاز کردند. هدف تحقیقات این دانشمندان تولید مایعی مناسب و ابداع روشی عملی برای تولید الیاف نساجی از طریق عبور مایع تولید شده از یک صفحه سوراخ‌دار و سپس انعقاد رشته تولید شده به‌صورت لیف با قابلیت مصرف در نساجی بوده است. در ادامه، در قرن نوزدهم صنعتگری انگلیسی موفق شد شیشه مذاب را از منافذی ظریف عبور داده و بعد از سرد کردن رشته‌های شیشه‌ای تولید شده به الیاف شیشه دست پیدا کرد. پس از مطالعات و تحقیقات علمی و تلاش‌های فنی انجام شده، چند تن از دانشمندان انگلیسی موفق شدند تا با حل کردن سلولز به‌دست آمده از چوب درختان در داخل یک حلال مناسب و عبور محلول به‌دست آمده از یک صفحه سوراخ‌دار، رشته‌های بسیار باریکی تولید کنند که این رشته‌های باریک پس از انعقاد به شکل الیاف سلولزی درآمدند. فناوری تولید الیاف مصنوعی سال به سال توسعه یافت تا اینکه در دهه ۱۹۲۰ تولید الیاف سلولزی از مواد گیاهی به اوج خود رسیده و این الیاف به‌صورت تجارتي تولید و عرضه شدند. در همین دهه پژوهشگرانی از کشور آلمان در دستیابی به پلیمرهای مصنوعی و حلال‌های آنها به موفقیت‌هایی رسیدند و توانستند محلول‌هایی از پلیمرهای مصنوعی را از منافذ ریز عبور داده و الیاف مصنوعی تولید نمایند. در سال ۱۹۳۶ انواع الیاف مصنوعی مانند پلی‌استر، نایلون، پلی‌وینیل و وینیل استات به‌صورت تجارتي تولید و وارد بازار مصرف شدند. به‌طور کلی بعد از جنگ جهانی دوم تحقیقات فراوانی در زمینه توسعه تولید الیاف مصنوعی از جمله روش‌های پلیمریزاسیون و فناوری ماشین‌آلات تولید انجام شده، به‌طوری‌که این تحقیقات منجر ساخت و تولید الیاف مصنوعی با شکل‌ها و خواص مختلفی شده است.

برای تولید الیاف شیمیایی لازم است پلیمر را به‌صورت مایع درآورد. به دو روش می‌توان یک پلیمر را به‌صورت مایع درآورد، یکی حل کردن پلیمر در حلال خودش و دیگری حرارت دادن به پلیمر و ذوب کردن آن. پس از اینکه پلیمر به‌صورت مایع درآمد (از طریق انحلال یا ذوب)، مایع پلیمر را با فشار از یک صفحه سوراخ‌دار به‌نام ریسنده یا اسپینترت عبور می‌دهند تا مایع پلیمر به‌صورت رشته‌های باریک از روزنه‌ها یا سوراخ‌های رشته‌ساز خارج شود. پس از خارج شدن رشته‌های باریک مایع پلیمر از سوراخ‌های رشته‌ساز، رشته خروجی به‌روش‌های مختلف مثل عبور از محیط داغ (در خشک‌ریسی)، عبور از محیط خنک (در ذوب‌ریسی) یا عبور از حمام انعقاد (در ترریسی) به‌صورت جامد در می‌آید، شکل ۳ یک رشته‌ساز را نشان می‌دهد. همه الیاف

شیمیایی اعم از الیاف بازیافته و الیاف مصنوعی به این روش ریسیده می‌شوند.



شکل ۳- رشته‌ساز (اسپینرت) مورد استفاده در ریسندگی الیاف شیمیایی

پس از اینکه رشته‌های پلیمر از رشته‌ساز خارج شد و به صورت جامد درآمدند تحت عملیات مختلف کشش و روغن‌زنی قرار گرفته تا خصوصیات لازم برای مصرف در نساجی را داشته باشند. رشته‌ساز یا اسپینرت یک دیسک فلزی (صفحه‌ای گرد) است که از آلیاژهای خاصی از فولاد ساخته می‌شود. بر روی صفحه رشته‌ساز حدود ۱۰۰ سوراخ با قطر یکسان وجود دارد که دارای قطری از ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۴ اینچ می‌باشند. قطر سوراخ‌ها برای الیاف با نمره‌های مختلف را می‌توان عوض کرد و برای همین خاطر رشته‌سازهای با قطر سوراخ متفاوت ساخته و عرضه می‌شوند. برای تولید فتیله‌هایی از الیاف که به آنها تاو (Tow) گفته می‌شود. رشته‌سازهای ویژه‌ای ساخته می‌شوند که تعداد سوراخ‌های آنها حدود ۳۰۰۰ سوراخ می‌باشد. قطر یا نمره نهایی الیاف ریسیده شده به وسیله رشته‌ساز به عواملی مانند قطر سوراخ رشته‌ساز، فشار مایع پلیمر در پشت رشته‌ساز، میزان کشش وارده به رشته بعد از خروج از رشته‌ساز بستگی دارد.

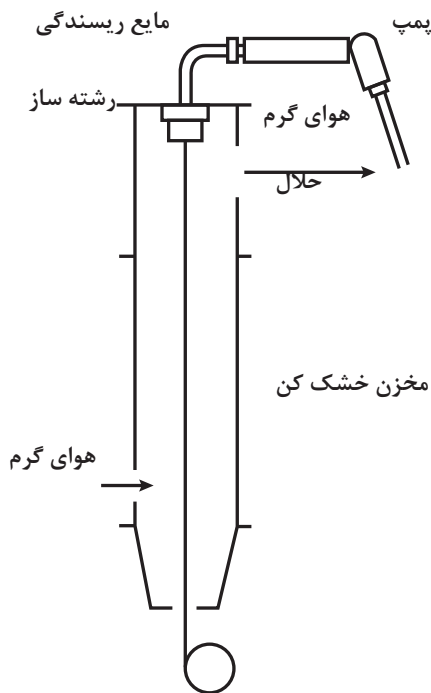
به عملیات ساخت رشته‌های الیاف از مایع پلیمر و انعقاد رشته‌های الیاف بعد از عبور از رشته‌ساز، ریسندگی می‌گویند. بسته به نوع مایع پلیمر و روش انعقاد رشته‌های خروجی از رشته‌ساز سه نوع ریسندگی وجود دارد که عبارت‌اند از:

- ۱- ترریسی (ریسندگی مرطوب)
- ۲- خشک‌ریسی (ریسندگی خشک)
- ۳- ذوب‌ریسی (ریسندگی مذاب)

**ترریسی:** در روش ترریسی، پلیمر در حلال خود حل می‌شود و مایع پلیمر بعد از خروج از سوراخ‌های رشته‌ساز وارد ظرفی حاوی محلولی از نمک مناسب به نام حمام انعقاد می‌شود و در واقع مایع پلیمر در حمام انعقاد و از طریق فعل و انفعالات شیمیایی منعقد شده و به صورت جامد یا ژل‌های سفت در می‌آید. در شکل ۵-۶ نمای ترسیمی یک روش ترریسی نشان داده شده است. مهم‌ترین لیفی که به روش ریسندگی مرطوب یا ترریسی ریسیده می‌شود، لیف ویسکوززیون و کوپرامونیوم و سایر الیاف بازیافته سلولزی هستند. در عملیات ترریسی

غلظت مواد منعقد کننده در حمام انعقاد بسیار مهم است، از این رو در طول عملیات ریسندگی باید مراقبت لازم در ثابت ماندن غلظت اسید و نمک در حمام انعقاد صورت گیرد تا همواره الیاف در حال تولید دارای خواص یکسان باشند. از دیگر عوامل مؤثر در خواص و یک‌نواختی الیاف در ویسکوزیون، دمای حمام انعقاد می‌باشد. در طول عملیات ریسندگی باید سعی شود تا دمای حمام انعقاد در محدوده‌ای قابل قبول تنظیم و ثابت بماند تا الیاف یک‌نواخت تولید شوند.

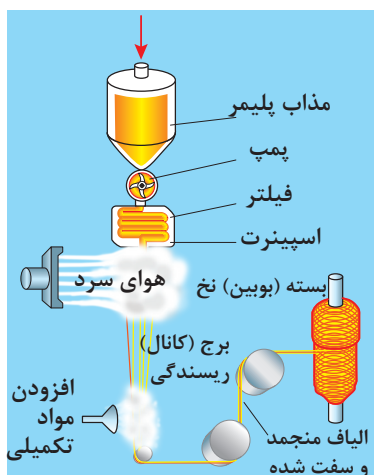
**خشک‌ریسی:** در خشک‌ریسی برای تولید مایع ریسندگی، پلیمر در حلال خود حل می‌شود، ولی بر خلاف روش ترریسی، در خشک‌ریسی برای انعقاد رشته پلیمر بعد از خروج از رشته‌ساز، از حمام انعقاد استفاده نمی‌شود، بلکه از حرارت و گرما برای تبخیر حلال پلیمر که ماده‌ای فرار است بهره گرفته می‌شود. در روش خشک‌ریسی، پس از حل کردن پلیمر در حلال، مایع پلیمر با فشار از رشته‌ساز عبور داده می‌شود، سپس رشته‌های تولید شده در یک اتاقک حرارت داده می‌شوند تا حلال پلیمر تبخیر و از آن خارج شود و در این صورت رشته مایع پلیمر منعقد شده و به صورت جامد در می‌آید. شکل ۴ نمای ترسیمی از روش خشک‌ریسی را نشان می‌دهد. اساس روش خشک‌ریسی، حل شدن پلیمر در یک حلال مناسب می‌باشد. حلالی برای تهیه محلول پلیمر مناسب است که دارای خواص زیر باشد:



شکل ۴- خشک‌ریسی الیاف مصنوعی

- دارای نقطه جوش پایین باشد تا تبخیر و بازیابی آن آسان باشد.
  - سبب تجزیه مولکول‌های پلیمر نشود.
  - با مولکول پلیمر ترکیب نشود.
- از معایب خشک‌ریسی، خطرات آتش‌گیری حلال پلیمر و هزینه بالای بازیابی و استفاده مجدد حلال پلیمر می‌باشد. الیاف اکریلیک (پلی اکریلونیتریل) و تریاستات سلولز به روش خشک‌ریسی ریسیده می‌شوند.

**ذوب‌ریسی:** برخلاف دو روش ترریسی و خشک‌ریسی، در روش ذوب‌ریسی از هیچ حلالی برای تولید مایع پلیمر استفاده نمی‌شود، بلکه در روش ذوب‌ریسی از طریق حرارت دادن به پلیمر و ذوب کردن آن، مایع



شکل ۵- نمای ترسیمی یک واحد ذوب‌ریسی

پلیمر مناسب ریسیدن تولید می‌شود. در روش ذوب‌ریسی، پس از ذوب کردن پلیمر، پلیمر مذاب با فشار از رشته‌ساز عبور داده و رشته‌های پلیمر تولید می‌شود و برای منعقد کردن رشته‌های پلیمر از دمیدن هوای سرد به رشته‌های مذاب استفاده می‌شود. در شکل ۵ نمای ترسیمی یک واحد ریسندگی مذاب یا ذوب‌ریسی نشان داده شده است. الیاف نایلون و پلی‌استر معمولاً به روش ذوب‌ریسی تولید می‌شوند.

در روش ذوب‌ریسی از حرارت بالا برای ذوب کردن پلیمر استفاده می‌شود، لذا، پلیمر مورد استفاده برای ذوب‌ریسی باید مقاوم در مقابل حرارت بوده و در مقابل حرارت بالا مولکول‌های آن تخریب نشده یا تجزیه نگردد و همچنین در مقابل حرارت بالا تغییر رنگ ندهد.

در فرایند ذوب‌ریسی، یک‌نواختی حرارت و فشار مذاب در هنگام ریسندگی بسیار با اهمیت است، چون تغییر فشار یا حرارت مذاب پلیمر سبب تغییرات در یک‌نواختی الیاف شده و این ناپیک‌نواختی بر روی کیفیت کالای نهایی مثل پارچه یا لباس تأثیر می‌گذارد.

### الیاف بازیافته

الیاف بازیافته الیافی هستند که مواد اولیه آنها که به شکل پلیمر یا به صورت‌های دیگر است، در طبیعت وجود داشته ولی به صورت لیف نیستند. الیاف بازیافته به روش‌های صنعتی از پلیمرهای طبیعی مثل سلولز و انواع پروتئین ساخته می‌شوند. مواد اولیه الیاف بازیافته از سه منبع طبیعی می‌توانند به دست آیند این ۳ منبع مواد اولیه الیاف بازیافته عبارت‌اند از:

- ۱- مواد سلولزی (منابع گیاهی)
- ۲- مواد پروتئینی (منابع حیوانی یا گیاهی)
- ۳- مواد معدنی (منابع معدنی و فلزی)

**الیاف بازیافته سلولزی:** الیاف بازیافته سلولزی از منابع سلولزی تهیه می‌شوند، سه نوع لیف ویسکوزیون، پلی‌نوزیک و کوپرامونیم از منابع سلولزی طبیعی تهیه می‌شوند. این ۳ نوع لیف بازیافته با توجه به منبع مشترک و تفاوت در تولید، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند.

**الیاف ویسکوزیون:** دو تن از دانشمندان انگلیسی که مطالعاتی در زمینه سلولز و ساختمان آن انجام داده بودند، روش ساخت الیاف ویسکوزیون را در دهه ۱۸۹۰ میلادی کشف و به ثبت رساندند. پس از کشف روش تهیه ویسکوزیون از سلولز، سال‌ها طول کشید تا لیف ویسکوزیون به صورت تجاری تولید و برای مصارف نساجی و تولید پارچه وارد بازار شود. یکی از معایب الیاف ویسکوزیون اولیه کاهش استحکام آنها در اثر جذب رطوبت بود، چون جذب رطوبت الیاف ویسکوزیون بالا و بیشتر از الیاف پنبه می‌باشد. ویسکوزیون اولیه

هنگام شست‌وشو در آب، حل و از بین می‌رفت. علت این پدیده، شکستن مولکول‌های سلولز در هنگام تهیه محلول ریسندگی ویسکوزیون و کوتاه شده مولکول‌های پلیمر سلولز بوده است. بنابراین تلاش‌هایی صورت گرفت که شکستن مولکول‌های سلولز و کوتاه شدن زنجیرهای مولکولی محدود و تحت کنترل قرار گیرد.

**مواد اولیه برای تولید ویسکوزیون:** همه گیاهان و نباتات که به مقدار کافی حاوی سلولز باشند می‌توانند برای تولید ویسکوزیون مورد استفاده قرار گیرند. کیفیت یک گیاه یا بخشی از یک گیاه برای تولید ویسکوزیون به درصد سلولز آن بستگی دارد. اما در صنعت بیشتر از چند ماده خاص برای تهیه ویسکوزیون مورد استفاده می‌شود و استفاده از این مواد در هر کشور یا منطقه‌ای بستگی به میزان یافت شدن و مقدار در دسترس این مواد بستگی دارد. در اینجا به عمده منابع مواد اولیه تولید ویسکوزیون اشاره می‌شود:

**۱- چوب درختان:** از چوب تنه درختان که به صورت الوار در آمده‌اند برای تهیه ویسکوزیون استفاده می‌شود. از این دست درختان می‌توان به کاج، صنوبر، سرو و سایر درختانی که عمده مواد تشکیل‌دهنده آنها سلولزی با زنجیرهای بلند می‌باشد اشاره کرد، در واقع مقدار سلولز موجود در چوب این درختان حدود ۹۵-۸۰ درصد می‌باشد. استفاده از هر یک از این درختان برای ویسکوزیون بستگی به وجود و وفور این درختان در منطقه یا کشور مورد نظر دارد.

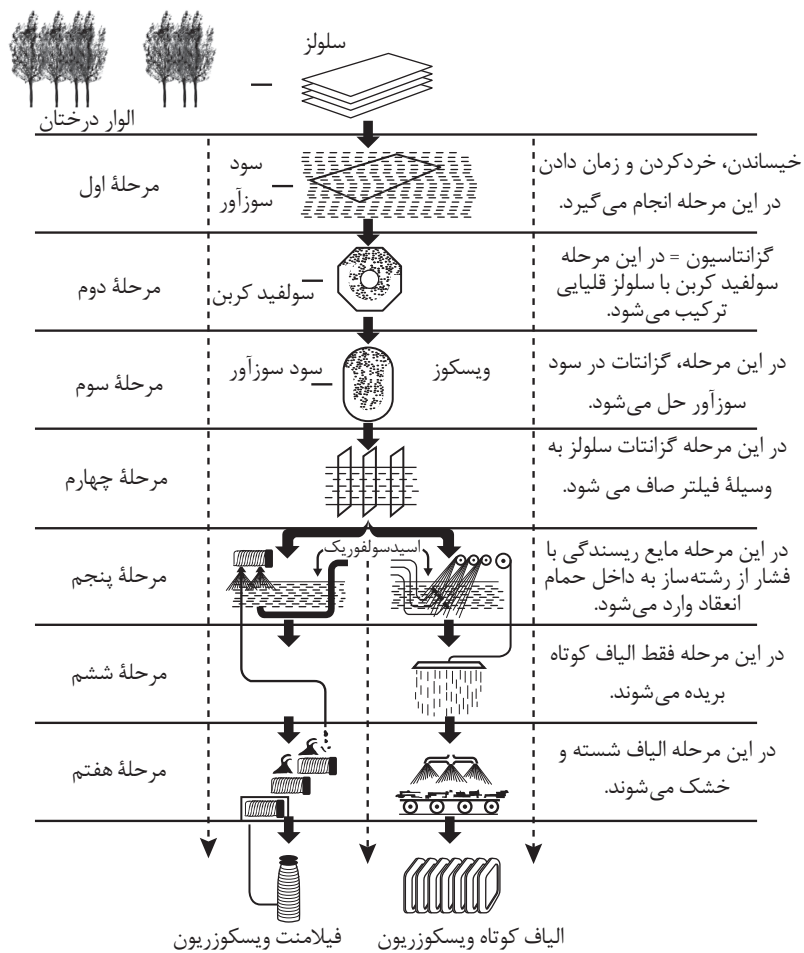
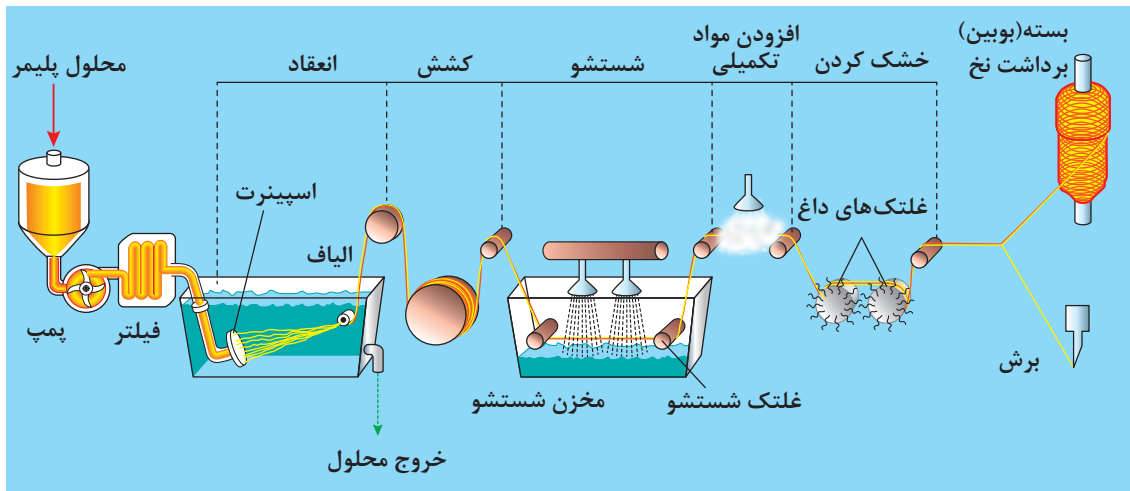
**۲- لینتر پنبه:** لینتر پنبه الیاف بسیار کوتاه و پرزمانندی هستند که بعد از جدا شدن الیاف بلند پنبه از روی تخم پنبه یا پنبه دانه، بر روی پنبه دانه باقی می‌مانند. لینتر پنبه به دلیل کوتاهی طول، مناسب تولید نخ در ریسندگی نیستند و این الیاف بسیار کوتاه به وسیله ماشین‌های مخصوص از پنبه دانه جدا می‌شوند، و به دلیل اینکه حدود ۹۹٪ حاوی سلولز هستند، مناسب تولید الیاف ویسکوزیون می‌باشند.

**۳- ضایعات سلولزی یا تفاله نیشکر:** بعد از اینکه آب نیشکر از ساقه این گیاه جدا شد، باقیمانده ساقه نیشکر به صورت ضایعات سلولزی است که به تفاله نیشکر نامیده می‌شود. تفاله نیشکر به دلیل اینکه تا ۵۰٪ حاوی سلولزی است می‌تواند برای تهیه ویسکوزیون مورد استفاده قرار گیرد. در ایران نیز به دلیل وجود مزارع پهناور نیشکر، تفاله فراوانی از نیشکر به جا می‌ماند که این تفاله‌ها صرف تولید محصولات غیر ویسکوزیون مانند انواع صفحات و تخته‌های سلولزی می‌باشد.

**۴- گیاهان دیگر:** گیاهان دیگر مانند کاه انواع غلات مانند کاه برنج، گندم و جو و همچنین ساقه‌ها و شاخه‌های دیگر گیاهان و درختچه‌ها که حاوی سلولز هستند نیز می‌توانند برای تولید ویسکوزیون مورد استفاده قرار گیرند. ولی تولید الیاف ویسکوزیون از این مواد معمول نمی‌باشد.

اصولاً ویسکوزیون از موادی تولید می‌شود که درصد بیشتر آن مواد از سلولز خالص با طول زنجیرهای مولکولی بلند بوده و تبدیل این مواد به الیاف ویسکوزیون به آسانی و با هزینه قابل قبولی انجام شود. امروزه بیشتر الیاف ویسکوزیون از چوب و تنه درختان نظیر کاج تولید می‌شود.

**روش تولید ویسکوزیون:** تولید الیاف ویسکوزیون زمان‌بر و در طی مراحل مختلفی انجام می‌شود. همه مراحل تولید ویسکوزیون باید با دقت، در دما و فشار معین و شرایط فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای انجام شود. مراحل تولید الیاف ویسکوزیون از چوب درختان و جدول عملیات آن در شکل ۶ نشان داده شده است.

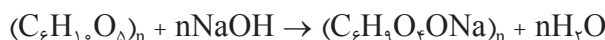


شکل ۶- مراحل تهیه ویسکوزیون

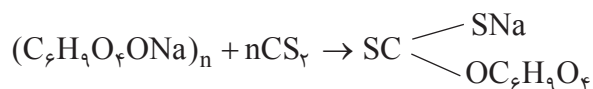
۱- **خیساندن در سود سوزآور:** در این مرحله صفحه‌ها و ورقه‌های چوب درخت که حاوی بیش از ۸۰٪ سلولز است را در داخل یک مخزن فلزی مستطیل شکل که به وسیله جداکننده‌های شبکه به محفظه‌های جداگانه تقسیم شده است می‌چینند. سپس محلول سود سوزآور ۱۷/۵٪ با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد وارد مخزن حاوی صفحه‌های چوبی می‌شود. به طوری که این صفحه‌ها به مدت ۱ ساعت در داخل محلول سود شناور می‌مانند. بعد از ۱ ساعت که صفحه‌های چوبی در داخل محلول سود خیس خوردند، صفحه‌های چوبی خیس خورده به وسیله دستگاهی ویژه تحت فشار قرار می‌گیرد تا محلول سود از چوب خارج شود.

۲- **خرد کردن:** بعد از اینکه محلول سود سوز آور در اثر فشار از چوب خارج شد، صفحه‌های چوبی به وسیله یک ماشین که دارای یک جفت غلتک مارپیچی می‌باشد خرد می‌شود تا سود داخل تکه‌های چوب اثر سریع‌تر و بهتری بر روی خرده‌های چوب داشته باشد.

۳- **زمان دادن:** در این مرحله به خرده‌های چوب که تحت اثر سود سوز آور می‌باشند، به مدت ۳۰-۲۴ ساعت فرصت داده می‌شود تا سود سوز آور به خوبی بر روی سلولز چوب اثر کند و سلولز چوب به سلولز قلیایی تبدیل می‌شود. این مرحله که همان فرصت دادن برای اثر سود سوز آور بر سلولز چوب اثر کند و سلولز چوب به سلولز قلیایی تبدیل می‌شود. این مرحله که همان فرصت دادن برای اثر سود سوز آور بر سلولز چوب می‌باشد، زمان دادن نامیده می‌شود. در مرحله زمان دادن سلولز مجال می‌یابد تا با عامل‌های هیدروکسیل (OH) سلولز ترکیب شود و مطابق فرمول زیر سلولز قلیایی تولید گردد.



به عمل ترکیب شدن سولفید کربن ( $CS_2$ ) با مولکول سلولز قلیایی را گزانتاسیون می‌نامند. برای گزانتاسیون، ابتدا سلولز قلیایی وارد ماشین گزانتاسیون که به گزانتاتور معروف است شده و در مخزن این ماشین که مخزنی ۸ ضلعی است انباشته می‌شود و ماشین گزانتاتور شروع به دوران می‌کند. در همین حین سولفید کربن به سلولز قلیایی اضافه می‌شود و عملیات ترکیب سولفید کربن و سلولز قلیایی در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۰-۸ ساعت انجام می‌شود. حاصل این مرحله ماده‌ای به نام گزانتات سلولز است که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد:



شکل ۷- نمای ترسیمی مراحل مختلف تولید الیاف ویسکوزیون

۴- **حل کردن گزانتات سلولز:** گزانتات سلولز حاصل از مرحله قبل، در این مرحله در سود سوز آور رقیق حل می‌گردد تا محلول سدیم گزانتات سلولز به دست آید.



۵- **ریسندگی:** در مرحله ریسندگی محلول به دست آمده که همان محلول سدیم گزانتات سلولز می‌باشد، چند عمل باید انجام شود. اعمالی که در مرحله ریسندگی انجام می‌شود عبارت‌اند از فیلتر کردن یا صاف کردن سدیم گزانتات سلولز، عبور محلول از رشته ساز یا تولید رشته‌های الیاف و سومین عمل، عمل انعقاد رشته‌های تولید شده در حمام انعقاد می‌باشد.

در مرحله فیلتراسیون یا صاف کردن، محلول سدیم گزانتات سلولز از فیلترهای مخصوصی عبور داده می‌شود تا ناخالصی‌های آن گرفته و جدا شود و سپس محلول صاف شده وارد دستگاه ریسندگی می‌شود، در دستگاه ریسندگی محلول به وسیله پمپ مخصوصی از سوراخ رشته‌ساز یا اسپینرت خارج شده و تبدیل به رشته‌های نازک می‌شود، و این رشته‌های نازک برای انعقاد وارد حمامی حاوی محلول اسید سولفوریک، سولفات سدیم، سولفات روی و گلوکز می‌شود. رشته‌هایی که از حمام حاوی این محلول خارج می‌شود، الیافی منعقد شده می‌باشند و پس از خروج از این حمام الیاف بلند (فیلامنت) ویسکوزیون جمع‌آوری و بر روی بوبین پیچیده می‌شود. در شکل ۸ خروج الیاف از حمام انعقاد و پیچش الیاف را نشان می‌دهد.

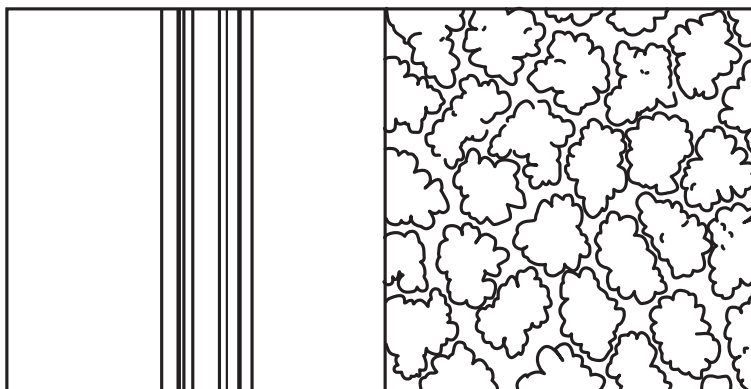


شکل ۸- خروج الیاف از حمام انعقاد و پیچش الیاف

در صورتی که لازم باشد الیاف کوتاه ویسکوزیون تولید شود، فتیله‌های فیلامنتی ویسکوزیون که در طول‌های دلخواه (حدود ۴۰ میلی‌متر) برش داده شده و به صورت عدل بسته‌بندی و به کارخانه‌های ریسندگی الیاف کوتاه حمل می‌شود.

**خصوصیات الیاف ویسکوزیون:** الیاف ویسکوزیون از نوع الیاف بازیافته سلولزی هستند و از آنجا که الیاف پنبه نیز از الیاف سلولز ساخته شده‌اند، لذا، سیکوزیون شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با الیاف پنبه خواهد داشت. ویژگی‌های الیاف ویسکوزیون به شرح زیر است:

۱- **نمای ظاهری ویسکوزیون:** برای مشاهده نمای ظاهری یک لیف ویسکوزیون از میکروسکوپ استفاده می‌شود. نمای طولی الیاف ویسکوزیون در زیر میکروسکوپ به صورت یک میله صاف و مستقیم است و برخلاف الیاف پنبه دارای پیچ و تاب نیست و سطح مقطع عرضی الیاف ویسکوزیون در زیر میکروسکوپ به صورت دندانه دندانه است. نمای طولی و عرضی الیاف ویسکوزیون در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹- نمای طولی و عرضی ویسکوزریون

**۲- طول و قطر ویسکوزریون:** چون ویسکوزریون یک لیف بازیافته است و به روش‌های صنعتی ساخته و تولید می‌شود، لذا طول و قطر این الیاف قابل کنترل است و این الیاف به هر طول و قطر دلخواه می‌توانند تولید شوند. الیاف ویسکوزریون هم به صورت فیلامنتی تولید می‌شود (طول یکسره) و هم به صورت الیاف بریده - بریده یعنی هم الیاف کوتاه (در حد طول الیاف پنبه) و هم الیاف بلند (در حد طول پشم). لذا الیاف ویسکوزریون هم می‌توانند در سیستم ریسندگی الیاف کوتاه (پنبه‌ای) ریسیده شوند و هم می‌توانند در تولید نخ‌های فالتونی در مخلوط با الیاف پشم مصرف شوند.

**۳- جرم مخصوص ویسکوزریون:** جرم مخصوص الیاف ویسکوزریون حدود  $1/5$  تا  $1/53$  گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

**۴- درخشندگی و جلای ویسکوزریون:** سطح الیاف ویسکوزریون صاف است و مثل پنبه پیچ و تاب ندارد، لذا انتظار می‌رود جلای الیاف ویسکوزریون بیشتر از الیاف پنبه باشد. به صورت واقعی نیز، سطح الیاف ویسکوزریون درخشنده است و به دلیل عدم وجود پیچ و تاب بر روی الیاف ویسکوزریون، اصطکاک بین الیاف و سیکوز - و سیکوز کمتر از اصطکاک بین الیاف پنبه - پنبه است. لذا انتظار می‌رود در شرایط یکسان مقاومت نخ ویسکوزریون کمتر از مقاومت نخ پنبه‌ای باشد.

**۵- جذب رطوبت ویسکوزریون:** چنان‌که قبلاً توضیح داده شده است، جذب رطوبت الیاف در نواحی بی‌نظم و آمورف انجام می‌شود و نواحی کریستالی الیاف هیچ‌گونه جذب رطوبت و مواد رنگ‌زا ندارند، لذا چون میزان نواحی کریستالی ویسکوزریون کمتر از نواحی کریستالی و بلوری الیاف پنبه می‌باشد، بنابراین میزان جذب رطوبت الیاف ویسکوزریون بیشتر از الیاف پنبه است. جذب رطوبت الیاف ویسکوزریون در شرایط استاندارد (۶۵٪ رطوبت نسبی و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) حدود ۱۳٪ می‌باشد.

**۶- خاصیت ارتجاعی و کشسانی ویسکوزریون:** به طور کلی خاصیت کشسانی الیاف سلولزی کم می‌باشد. مثلاً خاصیت ارتجاعی الیاف پنبه کمتر از الیافی مثل پشم است. خاصیت ارتجاعی الیاف ویسکوزریون از الیاف پنبه هم کمتر است. یعنی بعد از اینکه الیاف ویسکوزریون تحت کشش قرار می‌گیرند تمایل کمی به بازگشت پذیری دارند.

**۷- افزایش طول تا حد پارگی و یسکوزیون:** اصولاً افزایش طول تا حد پارگی الیاف بستگی به عواملی مثل میزان کریستال‌ها و مقدار آرایش‌یافتگی مولکولی آنها دارد. هر چه میزان کریستال‌ها و مقدار آرایش‌یافتگی مولکولی الیاف بیشتر باشد، مقدار افزایش طول تا حد پارگی آنها کمتر است. بنابراین چون مقدار کریستال‌ها و میزان آرایش‌یافتگی مولکول‌های ویسکوزیون کمتر از الیاف پنبه است، بنابراین انتظار می‌رود میزان افزایش طول تا حد پارگی الیاف ویسکوزیون بیشتر از الیاف پنبه باشد. افزایش طول تا حد پارگی الیاف ویسکوزیون در حالت خشک ۱۷-۲۵ درصد و در حالت مرطوب ۳۲-۳۳ درصد می‌باشد.

**۸- مقاومت ویسکوزیون:** در بدو پیدایش ویسکوزیون، مقاومت این الیاف کم بود، ضمن اینکه وقتی الیاف اولیه از این دست خیس می‌شدند مقاومت آنها بسیار کاهش می‌یافت تا حدی که بعضی از قسمت‌های لیف در آب حل می‌شد. تحقیقات و پژوهش‌های علمی و صنعتی منجر به افزایش مقاومت و استحکام این الیاف شده است. استحکام الیاف ویسکوزیون در حالت خشک ۵/۲ گرم بر دنیر می‌باشد در حالی که مقاومت پنبه ۴ گرم بر دنیر است. مقاومت الیاف ویسکوزیون در حالت مرطوب ۰/۷ گرم بر دنیر است.

#### **اثر عوامل مختلف بر ویسکوزیون**

عوامل محیطی مانند نور، حرارت و رطوبت بر روی الیاف ویسکوزیون تأثیر دارند و انواع مواد شیمیایی مانند انواع قلیاها و اکسیدکننده‌ها نیز بر روی الیاف ویسکوزیون اثرات متفاوت دارند. اثرات این عوامل در زیر توضیح داده شده است.

**۱- اثر رطوبت:** جذب رطوبت سبب کاهش مقاومت، بیشتر شدن افزایش طول تا حد پارگی و کاهش مدول اولیه الیاف ویسکوزیون می‌شود.

**۲- اثر نور خورشید:** اگر الیاف ویسکوزیون به مدت کوتاهی در مقابل آفتاب و نور خورشید قرار گیرند، در این مدت کوتاه تغییری در خواص آنها ایجاد نخواهد شد، ولی اگر این الیاف به مدت طولانی در مقابل نور خورشید قرار گیرند، رنگ آنها تغییر کرده و استحکام آنها کم می‌شود.

**۳- اثر حرارت:** از آنجا که الیاف ویسکوزیون از جنس سلولز هستند لذا مثل پنبه یا چوب در مقابل حرارت حساسیت‌هایی دارند. در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد این الیاف تغییر رنگ داده و استحکام خود را از دست می‌دهند و در حرارت ۱۸۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه شده و تبدیل به ذغال می‌شوند. الیاف ویسکوزیون در اثر حرارت آتش گرفته و شعله‌ور می‌شوند و مثل کاغذ سوخته خاکستر نرمی از آنها باقی می‌ماند.

**۴- اثر اسیدها:** اسیدها بر روی ویسکوزیون اثر مخربی دارند و اثر مخرب اسیدها بر روی ویسکوزیون شدیدتر از اثر این مواد بر الیاف پنبه است. اسیدهای معروفی مثل اسید کلریدریک یا اسید سولفوریک در حالت گرم و رقیق و سرد و غلیظ الیاف ویسکوزیون را در خود حل می‌کنند. اسیدهای آلی با غلظت‌های پایین مثلاً ۱-۲ درصد، تأثیری بر الیاف ویسکوزیون ندارند.

**۵- اثر مواد قلیایی:** مقاومت ویسکوزیون در مقابل مواد قلیایی و بازی خوب است ولی این مواد می‌توانند سبب کاهش استحکام الیاف ویسکوزیون شده و آنها را متورم کنند.

۶- اثر حلال‌های آلی: حلال‌های آلی بر روی الیاف ویسکوزیون تأثیری ندارند، برای همین عمل خشک‌شویی که به وسیله حلال‌های آلی انجام می‌شود، تأثیری بر این الیاف ندارد. البته کوپرا آمونیوم که یک حلال آلی است می‌تواند الیاف ویسکوزیون را در خود حل نماید.

۷- اثر مواد اکسیدکننده: مواد اکسیدکننده به ویژه آنهایی که در حرارت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توانند به استحکام الیاف ویسکوزیون صدمه بزنند. آب اکسیژنه در حرارت بالا سبب کاهش استحکام الیاف ویسکوزیون می‌شود، از این رو برای سفیدگری ویسکوزیون از آب ژاول سرد و رقیق استفاده می‌شود. ویسکوزیون تقویت‌شده: یکی از ضعف‌های الیاف ویسکوزیون استحکام آنها به ویژه در حالت مرطوب می‌باشد. لذا، تولیدکنندگان الیاف ویسکوزیون همواره در تلاش هستند که مقاومت این الیاف را افزایش دهند. همان‌طور که قبلاً اشاره شده است یکی از دلایل کاهش استحکام الیاف ویسکوزیون کوتاه شدن طول زنجیرهای مولکولی، از بین رفتن نقاط کریستالی و به هم خوردن آرایش‌یافتگی مولکولی در هنگام انحلال سلولز در عملیات تولید ویسکوزیون و اثرات سود سوزآور و مواد مختلف می‌باشد.

در صنعت و در حین تولید الیاف ویسکوزیون، به روش‌های مختلف می‌توان استحکام الیاف ویسکوزیون را افزایش داد. دو روش عمده برای تقویت و افزایش استحکام الیاف ویسکوزیون، کنترل حمام انعقاد و اعمال کشش به الیاف بعد از خروج از حمام می‌باشد. بنابراین در حمام انعقاد علاوه بر حرارت، غلظت و درصد مواد حاضر در حمام انعقاد و میزان اسیدیته یا PH حمام نیز باید تحت کنترل باشد. اعمال کشش الیاف بعد از خروج از حمام سبب افزایش آرایش‌یافتگی مولکولی در الیاف شده و در شرایط متناسب سبب افزایش درصد کریستالی الیاف نیز خواهد شد.

تصویر مقطع عرضی الیاف ویسکوزیون تقویت‌شده صاف‌تر از ویسکوزیون معمولی است و دندان‌های سطح آن به خوبی دیده نمی‌شود.

تفاوت‌های بین الیاف ویسکوزیون و پنبه: از آنجا که الیاف ویسکوزیون و الیاف پنبه هر دو از الیاف سلولزی هستند و محصولات تولید شده از این دو لیف تقریباً خواص تشابه دارند، لذا معمولاً برای مقایسه، این دو لیف با یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند. به بعضی از تفاوت‌های الیاف ویسکوزیون و الیاف پنبه در زیر اشاره می‌شود:

۱- طول زنجیرهای مولکولی ویسکوزیون کوتاه‌تر از طول زنجیرهای مولکولی پنبه است و این به دلیل عملیات شیمیایی و حلال‌هایی است که در عملیات تولید ویسکوزیون برای قطعات چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل مقاومت الیاف ویسکوزیون کمتر از الیاف پنبه است.

۲- میزان نواحی کریستالی و فشردگی مولکول‌های ویسکوزیون کمتر از الیاف پنبه است و به همین دلیل میزان جذب رطوبت و مواد رنگ‌زا در الیاف ویسکوزیون بیشتر از الیاف پنبه است.

۳- الیاف ویسکوزیون درخشان‌تر از الیاف پنبه هستند و این به دلیل پیچ و تاب روی الیاف پنبه است که در آن سطح انعکاس نور در اثر پیچ و تاب از حالت صافی خارج شود.

۴- تورم الیاف ویسکوزیون در اثر جذب رطوبت بیشتر از تورم الیاف پنبه است. و این به دلیل کم بودن میزان کریستالی و فشردگی کمتر مولکول‌ها در الیاف ویسکوزیون است.

مصارف ویسکوزیون: الیاف ویسکوزیون به دلیل داشتن جذب رطوبت بالا و کاهش استحکام در اثر جذب رطوبت مصارف خاص و در عین حال محدودی دارند، به طوری که این الیاف برای تولید پارچه‌هایی که در

محیط‌های مرطوب و محیط‌هایی که از مواد شیمیایی استفاده می‌شود قابل استفاده نیستند یا اینکه عملکرد آنها ضعیف است. با این حال، این الیاف برای تولید پارچه‌های لباسی، پارچه‌های خانگی نظیر پرده، پارچه‌های رو مبلی، رومیزی و انواع پوشاک زنانه، مردانه و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بسیاری از محصولات، این الیاف می‌توانند جایگزین الیاف پنبه شوند. به طوری که در برخی از پارچه‌های لباسی حتی لباس‌های رو و ورزشی، این الیاف می‌توانند با بعضی از الیاف مصنوعی مثل نایلون و پلی‌استر مخلوط شوند که از این طریق از یک سو الیاف مصنوعی جبران کم بودن مقاومت الیاف ویسکوزیون را به ویژه در حالت مرطوب جبران می‌کنند و از سوی دیگر، الیاف ویسکوزیون در مخلوط با این الیاف، جبران کم بودن جذب رطوبت الیاف پلی‌استر و نایلون را نموده و از این طریق پارچه راحتی از نظر پوشش تولید خواهد شد.

**الیاف پلی‌نوزیک:** یکی از انواع الیاف بازیافته سلولزی، الیاف پلی‌نوزیک هستند. الیاف پلی‌نوزیک در مقایسه با الیاف ویسکوزیون، به الیاف پنبه نزدیک‌تر است. روش تولید الیاف پلی‌نوزیک مشابه به تولید الیاف ویسکوزیون است و فرق چندانی با یکدیگر ندارند.

تفاوت اساسی پلی‌نوزیک با الیاف ویسکوزیون معمولی در برخی ویژگی‌های مولکولی و خواص است. درجه پلیمریزاسیون یا طول مولکول‌های الیاف پلی‌نوزیک بیشتر از الیاف ویسکوزیون است. در مقایسه با پنبه که درجه پلیمریزاسیون آن  $10/000-2/000$  است، درجه پلیمریزاسیون ویسکوزیون  $270-250$  بوده و این در حالی است که درجه پلیمریزاسیون الیاف پلی‌نوزیک  $700-500$  می‌باشد.

تفاوت مهم دیگر لیف ویسکوزیون و پلی‌نوزیک در آن است که الیاف پلی‌نوزیک مثل الیاف پنبه دارای ساختمان فیبری و میکروفیبری منظم است در حالی که الیاف ویسکوزیون ساختمان فیبریلی یا میکروفیبری ندارند. این به دلیل آن است که در تولید پلی‌نوزیک سعی می‌شود از شدت عملیات و حلال شیمیایی کاسته شود و حتی‌الامکان درجه پلیمریزاسیون بالا نگه داشته شود و برای حفظ ساختمان میکروفیبری سعی می‌شود که عمل انعقاد به آرامی و به صورت یکنواخت انجام شود در حالی که در تولید ویسکوزیون عمل انعقاد به سرعت انجام می‌شود. برخی از ویژگی‌های الیاف پلی‌نوزیک به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- نسبت به ویسکوزیون دارای درجه پلیمریزاسیون بالاتری هستند
- ۲- در حالت مرطوب مقاومت بیشتری نسبت به ویسکوزیون دارند
- ۳- مقاومت آنها در مقابل سود سوزآور بیشتر از ویسکوزیون است
- ۴- دارای ساختمان فیبریلی و میکرو فیبریلی هستند

**طرز تهیه الیاف پلی‌نوزیک:** روش تهیه پلی‌نوزیک با کمی تفاوت به همان شیوه تولید الیاف ویسکوزیون است. در تهیه پلی‌نوزیک مقدار مصرف سولفید کربن کمتر از روش تهیه ویسکوزیون می‌باشد و مرحله گزانتاسیون در تهیه پلی‌نوزیک  $2/5$  ساعت و در حالی که این مرحله در تهیه ویسکوزیون  $10-8$  ساعت است. دمای گزانتاسیون برای پلی‌نوزیک  $20$  درجه سانتی‌گراد و برای ویسکوزیون  $30-25$  درجه سانتی‌گراد است.- ۲- در تهیه ویسکوزیون برای تولید مایع ریسندگی گزانتات سلولز را وارد سود سوزآور می‌کنند ولی برای تولید پلی‌نوزیک برای تهیه مایع ریسندگی، گزانتات سلولز را در آب می‌ریزند.

۳- در حمام انعقاد برای پلی‌نوزیک از اسید سولفوریک رقیق (۱٪) و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شود ولی برای ویسکوزیون از حمام حاوی اسید سولفوریک ۱۰٪، سولفات روی ۱٪، سولفات سدیم ۱۸٪ با دمای ۴۵-۵۵ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شود. لذا، انعقاد الیاف پلی‌نوزیک آرام‌تر از الیاف ویسکوزیون انجام می‌شود.

۴- در تولید الیاف پلی‌نوزیک، بعد از انعقاد الیاف به آنها کشش داده می‌شود.

**خواص الیاف پلی‌نوزیک:** از آنجا که از نظر جنس و روش تولید، الیاف پلی‌نوزیک و ویسکوزیون مشابه هم هستند لذا از نظر خواص این دو لیف با یک دیگر مقایسه می‌شوند.

۱- میزان کریستالی الیاف پلی‌نوزیک حدود ۵۵٪ ولی برای ویسکوزیون ۴۵٪-۴۰٪ می‌باشد این در حالی است که الیاف پنبه ۷۰-۸۰ درصد کریستالی هستند.

۲- میزان آرایش‌یافتگی پلی‌نوزیک بیشتر از ویسکوزیون است.

۳- مقطع عرضی الیاف پلی‌نوزیک به صورت دایره صاف است و نمای طولی الیاف پلی‌نوزیک نیز صاف می‌باشد.

۴- میزان جذب رطوبت و تورم الیاف پلی‌نوزیک کمتر از الیاف ویسکوزیون و بیشتر از الیاف پنبه است.

۵- میزان بازگشت‌پذیری و خاصیت ارتجاعی پلی‌نوزیک از الیاف ویسکوزیون و حتی پنبه بهتر است.

۶- استحکام الیاف پلی‌نوزیک در دو حالت خشک و تر بیشتر از الیاف ویسکوزیون و کمتر از الیاف پنبه است.

مقاومت الیاف پلی‌نوزیک در حالت خشک ۳/۲-۴ گرم بر دنیر و در حالت تر ۲-۳ گرم بر دنیر می‌باشد.

۷- مقاومت الیاف پلی‌نوزیک در مقابل مواد قلیایی بیشتر از الیاف ویسکوزیون و تورم آنها نسبت به الیاف ویسکوزیون کمتر است.

۸- مقاومت الیاف پلی‌نوزیک در مقابل مواد اسیدی و اکسیدکننده‌ها بیشتر از الیاف ویسکوزیون و کمتر از پنبه می‌باشد.

**مصارف الیاف پلی‌نوزیک:** الیاف پلی‌نوزیک از نظر مقاومت و استحکام چه در حالت خشک و چه در حالت مرطوب بهتر از الیاف ویسکوزیون می‌باشند، لذا مصرف این الیاف در تهیه پارچه، دوخت انواع لباس‌ها به ویژه لباس‌های زنانه، انواع رومیزی، پیراهن‌های مردانه، دستمال، پارچه‌های تزئینی، انواع پرده، و... می‌باشد. **الیاف کوپرا‌مونیوم:** کوپرا‌مونیوم نیز از الیاف بازیافته سلولزی است که ظاهری شبیه به ابریشم دارد و از این نظر به آن ابریشم مصنوعی گفته می‌شود. در تولید الیاف کوپرا‌مونیوم، از لینتر پنبه که همان الیاف کوتاه پنبه هستند استفاده می‌شود و از طرف دیگر از کوپرا‌مونیوم برای حل کردن سلولز استفاده می‌شود. تولید تجاری الیاف کوپرا‌مونیوم از سال ۱۹۱۹ شروع شده و این الیاف به دلیل خواصی منحصر به فرد، اهمیت ویژه‌ای در صنایع نساجی دارند.

**طرز تهیه الیاف کوپرا‌مونیوم:** روش تهیه کوپرا‌مونیوم مشابه شیوه تولید ویسکوزیون و پلی‌نوزیک است و چنان‌که اشاره شده است، در کوپرا‌مونیوم به جای چوب درختان از الیاف کوتاه پنبه یا لینتر پنبه استفاده می‌شود. شکل ۶ مراحل تولید الیاف کوپرا‌مونیوم را نشان می‌دهد.

برای خالص‌سازی و تصفیه سلولز، ابتدا لینتر پنبه را وارد سود سوزآور رقیق کرده و مخلوط را می‌جوشانند و سپس آن را با هیپوکلریت سدیم سفیدگری می‌کنند. سپس مواد تصفیه شده را در محلول کوپرا‌مونیوم و در مجاورت سود سوزآور حل می‌کنند، سپس محلول به دست آمده را برای تصفیه از فیلترهای ویژه‌ای عبور

می‌دهند. پس از فیلتر کردن مواد حاصل، محلول را در داخل مخزنی می‌ریزند تا هوای داخل آن خارج شود. پس از خروج هوا و گازهای دیگر، محلول آماده ریسندگی می‌باشد. پس از اینکه مواد از رشته‌ساز خارج شدند وارد حمامی حاوی آب خالص می‌شوند. آب داخل حمام بیشتر مس و آمونیاک رشته‌های ریسیده شده را جذب و سلولز منعقد می‌شود. بعد از این حمام، الیاف وارد حمام دیگری که حاوی نمک‌های فلزی است می‌شوند و در این حمام، باقی‌مانده فلز مس و آمونیاک از الیاف جدا شده و سلولز خالص در الیاف باقی می‌ماند. این الیاف را می‌توان به صورت یکسره (فیلامنت) یا الیاف کوتاه مورد استفاده قرار داد. شکل ۱۰ قسمتی از کارخانه تولید الیاف را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- قسمتی از کارخانه تولید الیاف

**خواص الیاف کوپر آمونیوم:** از آنجا که مواد تشکیل دهنده و روش تولید کوپر آمونیوم مثل الیاف ویسکوزیون و پلی‌نوزیک است، لذا انتظار می‌رود که خواص و رفتار این الیاف نیز مشابه سایر الیاف سلولزی باشد. برخی از خواص و ویژگی‌های الیاف کوپر آمونیوم به شرح زیر است:

- ۱- مقطع عرضی الیاف کوپر آمونیوم معمولاً دایره‌ای است و منظر طولی آن در زیر میکروسکوپ صاف است.
- ۲- الیاف کوپر آمونیوم حدود ۱۲/۵٪ جذب رطوبت دارند و در اثر جذب رطوبت استحکام آنها کاهش و طول آنها افزایش می‌یابد.
- ۳- مقاومت الیاف کوپر آمونیوم در مقایسه با الیاف ویسکوزیون و پلی‌نوزیک در وضعیت خوبی است.
- ۴- هرگاه الیاف کوپر آمونیوم مدت طولانی در مقابل نور خورشید قرار بگیرند، مقاومت آنها کم می‌شود.
- ۵- الیاف کوپر آمونیوم وقتی آتش می‌گیرند، خاکستر نرمی از آنها باقی می‌ماند و این الیاف در حرارت ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌شوند.
- ۶- الیاف کوپر آمونیوم در مقابل مواد قلیایی رقیق مقاوم هستند ولی مواد قلیایی غلیظ سبب تورم این الیاف شده و مقاومت آنها را کاهش می‌دهند.
- ۷- الیاف کوپر آمونیوم در اسیدهای گرم و رقیق و سرد و غلیظ حل می‌شوند.
- ۸- مواد اکسیدکننده ضعیف بر روی الیاف کوپر آمونیوم تأثیری ندارند، لذا این الیاف را می‌توان به وسیله آب ژاول سفیدگری کرد. ولی مواد اکسیدکننده قوی به الیاف کوپر آمونیوم صدمه می‌زنند.
- ۹- حلال‌های عالی بر روی الیاف کوپر آمونیوم تأثیری ندارند، لذا حلال‌های خشک‌شویی آسیبی به این الیاف نمی‌زنند.

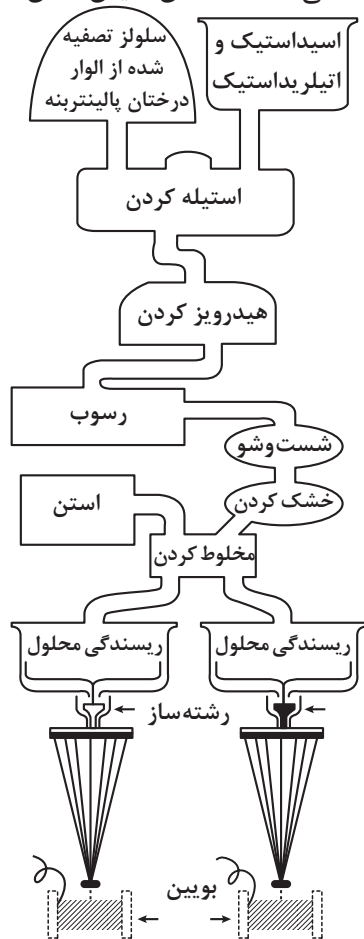
**مصارف الیاف کوپرا آمونیوم:** الیاف کوپرا آمونیوم به دلیل ویژگی‌هایی که دارند به صورت بریده - بریده برای تولید انواع پارچه‌های لباسی، تزئینی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این الیاف برای پارچه‌های ظریف و نرم، انواع رومی‌زی، رو مبلی، پرده‌ای و نخ‌های فانتزی برای گلدوزی و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**الیاف دی استات سلولز:** هرگاه سلولز در اسیداستیک حرارت داده شود، استات سلولز به دست می‌آید. اولین بار در سال ۱۹۲۱ الیاف استات سلولز به صورت تجاری تولید و به بازار عرضه شده‌اند. اصل تولید استات سلولز به این است که با استیله کردن گروه‌های هیدروکسیل روی مولکول سلولز به وسیله گروه‌های استیل استات سلولز تولید می‌شود. با توجه به مولکول سلولز، دیده می‌شود که هر واحد از سلولز دارای یک گروه هیدروکسیل است. با استیله کردن سلولز هر سه گروه هیدروکسیل استیله شده و تری استات سلولز تبدیل می‌شود. و اگر تری استات سلولز را به وسیله قلیاها صابونی کنیم، تری استات به دی استات تبدیل می‌شود که در این صورت دو گروه استیل بر روی هر واحد سلولز باقی مانده و یک گروه استیل به وسیله یک گروه هیدروکسیل جایگزین می‌شود.

**طرز تهیه الیاف دی استات سلولز:** برای تهیه الیاف استات سلولز از لینتر پنبه یا چوب حاوی ۹۸-۹۹ درصد سلولز استفاده می‌شود. مراحل تولید استات سلولز به صورت زیر می‌باشد:

۱- ابتدا سلولز را با اسیداستیک که یک اسید آلی است مخلوط می‌کنند تا ضمن خیس شدن سلولز متورم شده و قابلیت واکنش‌های شیمیایی را داشته باشند.

۲- بعد از خیس شدن سلولز در داخل اسیداستیک باید مرحله استیله کردن آغاز شود. در این مرحله در واقع یک گروه استیل ( $-COOH$ ) جایگزین هیدروژن یک گروه هیدروکسیل ( $-OH$ ) می‌شود. برای استیله کردن کامل سلولز و تبدیل آن به تری استات، سلولز آغشته به اسیداستیک را با انیدریداستیک مخلوط کرده و به ماده حاصل یک کاتالیزور مثل اسیدسولفوریک اضافه می‌کنند و به آن حرارت می‌دهند تا واکنش استیله شدن به خوبی انجام شود. بعد از شروع استیله شدن، ماده در حال واکنش را سرد می‌کنند تا از تجزیه سلولز در مجاورت اسیدها جلوگیری شود. سپس واکنش ادامه پیدا می‌کند تا عمل استیله شدن به طور کامل انجام شود. شکل ۱۱ مراحل تولید استات سلولز را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- مراحل تولید استات سلولز



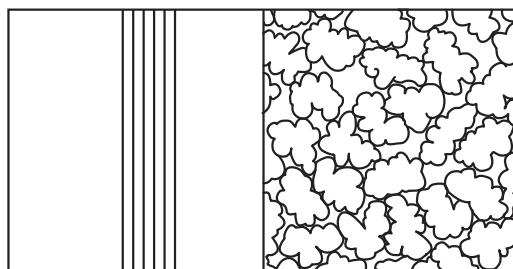
۳- برای تبدیل تری استات سلولز به دی استات سلولز که در استن قابل حل است، از هیدرولیز تری استات استفاده می شود. بدین منظور تری استات سلولز به مدت ۲۰ ساعت و در حرارت نسبتاً بالا در محلول ۹۵٪ اسید استیک قرار داده می شود که در این صورت هیدرولیز اسیدی رخ داده و محصول به دست آمده که دی استات سلولز است در استن به راحتی حل می شود. در پایان فرایند، دی استات سلولز به صورت یک ماده سفید رنگ گچ مانند رسوب می کند.

۴- در این مرحله دی استات جامد را در محلول استن که حاوی مقداری آب است حل می کنند تا به صورت مایعی غلیظ و نیمه شفاف درآید. این مایع به روش ریسندگی خشک یا خشک ریزی ریسیده می شود. یعنی بعد از اینکه مایع از رشته ساز عبور کرد، رشته های تولیدی از اطاقک نسبتاً داغ عبور می کنند که در اثر حرارت، استن از داخل الیاف تبخیر و خارج می شود. سپس استن تبخیر شده جمع آوری و برای مصرف مجدداً بازیافت می شود.

۵- بعد از اینکه الیاف دی استات از اطاقک تبخیر خارج شدند، تحت کشش قرار می گیرند تا مولکول های آنها آرایش یافتگی لازم را یافته و ظرافت آنها نیز به حد مورد نظر برسد.

### خواص الیاف دی استات سلولز

۱- مقطع عرضی الیاف دی استات سلولز دارای فرورفتگی هایی است که سطح آنها را به صورت انحنای برآمده درآورده است. منظر طولی این الیاف به صورت صاف با خطوط تیره یکسره می باشد که در واقع سایه قسمت های فرورفته مقطع عرضی بر روی طول لیف می باشد. شکل ۱۲ مقطع عرضی و نمای طولی الیاف دی استات را نشان می دهد.



شکل ۱۲- نمای مقطع عرضی و طولی الیاف دی استات سلولز

۲- رنگ الیاف دی استات سلولز سفید بوده و به صورت الیاف شفاف، نیمه شفاف و کدر تولید می شوند، ضمناً نرمی و پری الیاف در سطح این الیاف چین خوردگی هایی ایجاد می کند.

۳- وزن مخصوص الیاف دی استات سلولز بستگی به درصد استیل شدن به گروه های هیدروکسیل بستگی دارد. در عین حال چگالی این الیاف کمتر از الیاف پنبه و حدود  $1/32$  گرم بر سانتی متر مکعب است.

۴- جذب رطوبت الیاف دی استات سلولز به خاطر کم شدن تعداد گروه های هیدروکسیل نسبت به جذب رطوبت دیگر الیاف سلولزی مانند پنبه کمتر است.

- ۵- بازگشت پذیری و خاصیت ارتجاعی این الیاف از الیاف ویسکوزیون بهتر است. اگر این الیاف تا حدود ۶/۵٪ کشیده شوند به صورت لاستیک عمل می‌کنند و به حالت اول بر می‌گردد.
- ۶- مقاومت الیاف دی‌استات سلولز بهتر از الیاف ویسکوزیون است به ویژه در حالت مرطوب این الیاف فقط ۳۰٪ از مقاومت خود را از دست می‌دهند.
- از نظر الکتریکی الیاف دی‌استات سلولز عایق الکترسیته بوده و خاصیت عایق الکتریکی آنها بهتر از الیافی مانند پشم، پنبه، ابریشم می‌باشد و این به دلیل جذب رطوبت پایین این الیاف می‌باشد.
- یکی از مصارف دی‌استات سلولز برای عایق سیم‌ها و کابل‌های انتقال برق می‌باشد. اما، در اثر اصطکاک الکتریسیته ساکن در الیاف دی‌استات سلولز تولید می‌شود که این پدیده اشکالاتی را در عملیات ریسندگی و تولید نخ به وجود می‌آورد. برای کم کردن اشکال الکتریسیته ساکن لازم است رطوبت ریسندگی در حد استاندارد نگهداری شود.
- ۷- لیف دی‌استات سلولز، یک لیف ترمو پلاستیک است یعنی این لیف در اثر حرارت ابتدا نرم و سپس ذوب می‌شود. این الیاف در ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد نرم شده و در ۲۳۲ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شوند. دمای اتو برای این الیاف حدود ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد است.
- ۸- خواص شیمیایی الیاف دی‌استات سلولز به میزان استیلیزاسیون بستگی دارد. هر چه میزان استیله شدن سلولز در استات سلولز بیشتر باشد لیف به حالت یک لیف مصنوعی نزدیک‌تر شده و جذب رطوبت و رنگ آن کمتر می‌شود ولی مقاومت آن بیشتر می‌شود.
- مواد اکسیدکننده: الیاف دی‌استات سلولز ذاتاً سفید و روشن هستند و نیازی به سفیدگری ندارند ولی اگر لازم شد از سفیدکننده استفاده شود باید از سفیدکننده‌های ضعیف استفاده شود و در صورت استفاده از کلر برای سفیدگری باید از محلول رقیق این ماده و دمای پایین استفاده شود.
- دی‌استات سلولز نسبت به مواد قلیا حساس می‌باشد. اگر این الیاف در محلول قلیایی جوشانده شوند شفافیت و درخشندگی خود را از دست می‌دهند. دی‌استات سلولز در محلول‌های قلیایی صابونی می‌شود و به سلولز تبدیل می‌گردد و اساساً خاصیت آن تغییر خواهد کرد. اسیدهای ضعیف اثر مخربی بر دی‌استات سلولز ندارند. اما اسیدهای غلیظ آلی مثل اسیداستیک این الیاف را در خود حل می‌کنند.
- مصارف دی‌استات سلولز:** نخ‌های یکسره یا فیلامنتی دی‌استات سلولز به دلیل شفافیت و درخشندگی در تهیه انواع پارچه‌های مناسب، لباس‌های زنانه و مردانه، روسری، دستمال‌ها، آستری، انواع لباس‌ها، رومیزی و رومبلی و... هستند.
- الیاف تری‌استات سلولز:** چنان‌که اشاره شده است، در تهیه استات سلولز ابتدا تری‌استات سلولز تولید می‌شود و این کار با استیله کردن سلولز به وسیله انیدریداستیک انجام می‌شود. در این فرایند سه گروه هیدروکسیل از هر واحد سلولز به ۳ گروه استیل تبدیل می‌شوند. تولید تری‌استات سلولز، بعد از جنگ جهانی اول شروع شد، ولی پس از چندی تولید این الیاف متوقف گردید. دلیل توقف این گونه الیاف یکی خطر حلال آن یعنی کلروفرم که ماده‌ای بی‌هوش‌کننده است و دیگری دشواری رنگ‌رزی این الیاف به وسیله مواد رنگ‌رزی موجود آن زمان بوده است. اما با پژوهش‌های انجام شده که منجر به ساخت حلال جدید به نام کلریدمتیلن و رنگ‌زاهای جدید و مناسب رنگ‌رزی تری‌استات گردید، مجدداً تولید این الیاف به صورت صنعتی و تجاری آغاز گردید. امروزه این الیاف از دهه ۱۹۵۰ در کشورهای نظیر آمریکا و آلمان تولید می‌شوند.

**طرز تهیه الیاف تری استات سلولز:** تهیه الیاف تری استات سلولز در چند مرحله انجام می شود، مراحل به شرح زیر می باشد.

۱- ابتدا سلولز را که به صورت چوب تکه های خرد شده یا لنیتر پنبه است در محلول اسید استیک می خیسانند. سپس به آن انیدرید استیک و کاتالیزوری مثل اسید سولفوریک اضافه می کنند تا واکنش استیله شدن سلولز انجام شود. واکنش استیله شدن همان جایگزینی گروه استیل با هیدروژن گروه هیدروکسیل سلولز می باشد. بعد از مدتی که فرایند استیله شدن سلولز به پایان رسید، تری استات سلولز را که رسوب کرده است شست و شو داده و خشک می کنند.

۲- بعد از جمع آوری تری استات سلولز، آن را در کلرید متیلن که حلال آن است حل می کنند و مایع حاصل را فیلتر کرده و از رشته ساز دستگاه ریسندگی عبور می دهند و بعد از عبور رشته ها از دستگاه رشته ساز، رشته ها را از یک اتاقک نسبتاً داغ عبور می دهند تا حلال کلرید متیلن تبخیر شده و از الیاف خارج شود و بدین روش الیاف تری استات سلولز تولید شده منعقد شده و به صورت جامد درمی آید.

۳- پس از کشش، الیاف تری استات بر روی بوبین های ویژه پیچیده می شوند. باید دقت شود که قبل از پیچش الیاف بر روی بوبین، آنها را به روغن های ضد الکتریسیته ساکن آغشته کرد، چون این الیاف جذب رطوبت کمی دارند و مستعد تولید الکتریسیته ساکن هستند.

### خواص الیاف تری استات سلولز

۱- سطح مقطع عرضی الیاف تری استات سلولز مانند دی استات سلولز دارای فرورفتگی هایی است که سطح مقطع آن را به صورت انحناهای محیطی درمی آورد. منظر طولی این الیاف نیز صاف و با خطوط طولی است که خطوط طولی در واقع سایه خطوط فرورفته بر روی سطح طولی لیف است.

۲- جذب رطوبت تری استات سلولز بسیار پایین تر از الیاف دی استات سلولز است. جذب رطوبت تری استات سلولز حدود ۴/۵٪ در حالت عادی و ۳-۲/۵ درصد پس از عملیات حرارتی است. تری استات سلولز در حالت تر حدود ۷۰٪ مقاومت خود را حفظ می کند.

۳- چگالی تری استات سلولز ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب است.

۴- مقاومت تری استات سلولز در حالت خشک ۱/۴-۱/۲ گرم بر دنیر و در حالت تر ۰/۸-۰/۷ گرم بر دنیر است.

۵- رفتار تری استات سلولز در مقابل حرارت مانند رفتار الیاف ترمو پلاستیک است.

۶- بسیاری از حلال های آلی بر روی تری استات بی تأثیر هستند و آسیب قلیاها بر تری استات کمتر از دی استات سلولز است.

۷- مقاومت الیاف تری استات در مقابل نور خورشید بسیار بالاست.

۸- مقاومت الکتریکی تری استات سلولز به ویژه اگر این الیاف آغشته به روغن های ریسندگی باشند بسیار بالاست و مقاومت این الیاف در مقابل الکتریسیته از بسیاری از الیاف نساجی بیشتر است.

۹- مقاومت تری استات در مقابل اسیدهای رقیق بالاست ولی اسیدهای غلیظ به این الیاف آسیب می زنند.

۱۰- استن به عنوان حلال دی استات است، تری استات را حل نمی کند و فقط آن را متورم می کند.

**مصارف الیاف تری استات سلولز:** مصارف الیاف و پارچه های از جنس تری استات به خاطر ویژگی ها و خصوصیات الیاف تری استات سلولز می باشد. از آنجا که جذب رطوبت این الیاف کم است و ثبات حرارتی خوبی دارند و چین و چروک در آنها ایجاد نمی شود، لذا این الیاف برای پارچه های حلقوی تاری مناسب

هستند.

یکی از مصارف تری استات در مخلوط با الیاف پشم است که سبب کاهش چروک پذیری پارچه‌های پشمی می‌شود. این الیاف برای تولید پارچه‌های چین دار و پلیسه دار نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این الیاف در مخلوط با الیاف پنبه، ویسکوز و کتان نیز استفاده می‌شود و در این صورت الیاف تری استات سبب اتوپذیری بیشتر پارچه شده و از چروک پارچه‌های پنبه‌ای و ویسکوزی جلوگیری می‌کنند. پارچه‌های تری استات سلولز به دلیل جذب رطوبت و جذب رنگ کم، در تولید انواع رومیزی‌ها و رومبلی‌ها کاربرد دارند و به سبب درخشندگی خوبی که دارند، جلای آنها نیز موجب زیبایی آنها می‌شود.

**الیاف بازیافته پروتئینی:** ماده اولیه الیاف بازیافته پروتئینی، انواع پروتئین‌ها هستند که از منابع حیوانی یا گیاهی به دست می‌آیند. با توجه به اینکه پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه تشکیل می‌شود. لذا می‌توانیم با پیوند مولکول‌های کوچک اسیدهای آمینه زنجیرهای بلند آنها را برای تهیه مولکول‌های پروتئین تولید نماییم. یکی از الیاف بازیافته از نوع پروتئینی الیاف کازئین هستند که از یک نوع پروتئین به نام کازئین به دست می‌آید. کازئین یک ماده پروتئینی است که در شیر به مقدار فراوانی وجود دارد.

**الیاف کازئین:** اگر چه تحقیقات لازم برای الیاف کازئین در سده ۱۹۰۰ شروع شده است ولی اولین نوع الیاف کازئین در سال ۱۹۳۷ در کشور ایتالیا ساخته شد و به صورت تجاری به بازار عرضه شده است.

**طرز تهیه الیاف کازئین:** ابتدا خامه را از شیر طبیعی جدا می‌کنند، سپس شیر باقی‌مانده را تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد گرم کرده و با اسید لاکتیک مخلوط می‌کنند تا الیاف کازئین موجود در شیر منعقد شده و رسوب نماید. سپس پروتئین منعقد شده را که همان کازئین است از قسمت آبکی شیر جدا می‌کنند و شست‌وشو می‌دهند تا اسید و نمک آن از بین برود، در نهایت پس از آگیری آن را خشک می‌کنند.

در ادامه، کازئین به دست آمده را در محلول سود سوزآور حل می‌کنند. محلول کازئین در داخل سود سوزآور را از فیلترهای مخصوصی عبور داده و وارد مخزنی می‌کنند تا هوا و گازهای موجود در محلول کازئین خارج شود. در مرحله بعد، محلول بدون هوا وارد دستگاه رشته‌ساز سیستم ترریسی می‌شود و رشته‌ها پس از خروج از رشته‌ساز وارد حمام انعقاد که حاوی اسید سولفوریک و مواد دیگر است شده و رشته‌ها منعقد می‌شوند. الیاف کازئین به صورت الیاف کوتاه یا فیلامنت می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

### خواص الیاف کازئین

۱- **نمای مقاطع الیاف کازئین:** چنان که در شکل ۱۳ دیده می‌شود، سطح الیاف کازئین صاف است و نمای عرضی آن دایره‌ای با نقاطی در سطح مقطع می‌باشد.



شکل ۱۳- نمای طولی و الیاف کازئین

۲- رنگ و جلای الیاف کازئین: رنگ الیاف کازئین سفید و این الیاف نیمه مات هستند و از این رو به راحتی می توانند با الیاف پشم مخلوط شوند.

۳- قطر و طول الیاف کازئین: از آنجا که الیاف کازئین الیافی بازیافته هستند و به صورت صنعتی تولید می شوند در طول ها و قطرهای مختلف و دلخواه می توانند تولید شوند.

۴- خاصیت کشسانی و برگشت پذیری الیاف کازئین: برگشت پذیری و خاصیت ارتجاعی این الیاف نسبتاً خوب است، برای همین خاطر پارچه های تهیه شده از این الیاف دیر چروک می شوند.

۵- مقاومت الیاف کازئین: مقاومت این الیاف در حالت خشک ۱-۱/۲ گرم بر دنییر است و در حالت خیس مقاومت آن نصف می شود.

۶- افزایش طول تا حد پارگی الیاف کازئین: افزایش طول این الیاف در حالت خشک ۵۰-۶۰ درصد و در حالت خیس ۶۰-۷۰ درصد می باشد.

۷- جرم مخصوص و جذب رطوبت الیاف کازئین: جرم مخصوص این الیاف ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب و جذب رطوبت آن در شرایط استاندارد حدود ۱۴٪ است.

۸- اثر حرارت و نور خورشید بر الیاف کازئین: اثر نور خورشید بر این الیاف شبیه به الیاف پشم می باشد، اما اگر این الیاف در حرارت قرار بگیرند نرم می شوند و اگر به مدت طولانی و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گیرد رنگ آنها به زردی می گراید و کمی سخت و شکننده می شوند و اگر حرارت به ۱۵۰ درجه سانتی گراد برسد، این الیاف استحکام خود را از دست می دهند.

۹- اثر اسیدها، بازها و حلال های آلی بر الیاف کازئین: این الیاف در مقابل اسیدها و بازهای قوی متورم می شوند و به تدریج تجزیه می شوند. مقاومت این الیاف در مقابل حلال های آلی نسبتاً خوب است.

**موارد مصرف الیاف کازئین:** چنان که اشاره شده است، الیاف کازئین خصوصیات شبیه به پشم دارد. لذا، انتظار می رود که بتوان آن را جایگزین پشم کرده یا اینکه در مخلوط با پشم مورد استفاده قرار بگیرد. از نخ های مخلوط پشم و کازئین برای بافت پارچه های کش باف استفاده می شود. همچنین از نخ های مخلوط الیاف کازئین با الیاف پنبه یا ویسکوزیون می توان برای بافت پارچه های لباس زیر استفاده کرد. الیاف کازئین از نظر قیمت ارزان تر از الیاف پشم هستند و مقاومت آنها در مقابل خاک و موادمعدنی نسبت به الیاف پشم بیشتر است. از الیاف کازئین برای بافت پارچه های بسیار ظریف و کلاه نیز استفاده می شود.

### الیاف بازیافته معدنی

الیاف بازیافته معدنی الیافی هستند که ماده اولیه آنها که از مواد معدنی هستند در طبیعت یافت می شوند، ولی به صورت لیف نیستند. این الیاف در فرایندهای صنعتی تبدیل به لیف شده و مصارف نساجی و غیر نساجی دارند. مهم ترین الیاف بازیافته معدنی، الیاف شیشه و انواع الیاف فلزی هستند.

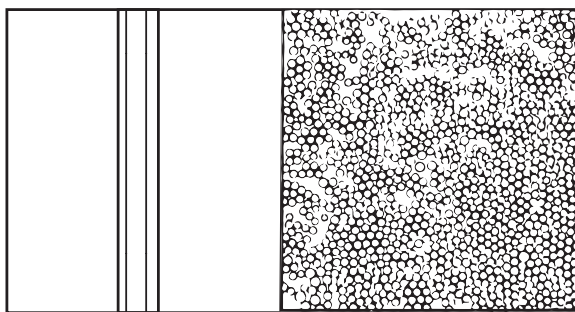
**الیاف شیشه:** از مدت های پیش نظر بر این بود که می توان از شیشه الیافی تولید کرد که مصرف نساجی داشته باشد. در دهه ۱۸۴۰ میلادی ماشین تولید الیاف شیشه در اروپا به معرض نمایش قرار داده شد، ولی به دلیل ابتدایی بودن طراحی و ساخت دستگاه در استفاده از این ماشین موفقیتی حاصل نشد. در دهه ۱۹۳۰ تلاش هایی در جهت تولید الیاف شیشه در کشورهای اروپایی انجام شد ولی موفقیت در آنها حاصل نشد.

بالاخره در سال ۱۹۳۸ یک شرکت آمریکایی موفق به ذوب کردن شیشه و تهیه الیاف از شیشه شد و از آن زمان شرکت‌های زیادی از کشورهای صنعتی دارای تولید و مصرف الیاف شیشه در صنایع نساجی و صنایع دیگر فعالیت دارند.

**نحوه تولید فیلامنت شیشه:** برای تهیه فیلامنت شیشه ابتدا مواد اولیه الیاف شیشه شامل سیلیکا، سنگ آهک، کربنات سدیم و بوراکس را در داخل یک کوره الکتریکی ریخته و حرارت می‌دهد تا در نتیجه ذوب شدن و ترکیب این مواد شیشه به دست آید. شیشه به دست آمده به صورت مهره‌هایی با قطر حدود ۱/۵ سانتی‌متر و وزنی حدود ۱۰ گرم هستند که به آنها اصطلاحاً کولت (cullet) می‌گویند. سپس کولت‌ها را از داخل کوره خارج و آنها را پس از تمیزکردن و جداسازی ناخالصی‌ها در داخل کوره الکتریکی دیگری قرار داده و به آنها تا حد ذوب شدن حرارت می‌دهند، در ادامه و پس از ذوب شدن مهره‌ها، مذاب شیشه را از منافذ رشته‌ساز عبور می‌دهند و در پایین رشته‌ساز، فیلامنت‌های شیشه را جمع‌آوری می‌کنند. سپس به فیلامنت‌ها حرارت ملایمی می‌دهند تا نرم شوند و پس از نرم شدن آنها را کشش می‌دهند تا به نمره یا قطر دلخواه برسند و سپس آنها را بر روی بوبین‌های موردنظر می‌پیچند. بعد از پیچیدن فیلامنت شیشه بر روی بوبین، فیلامنت‌های تولیدی را بر روی یک ماشین تاب‌دهنده تاب می‌دهند.

**نحوه تولید الیاف کوتاه شیشه:** فرایند تولید الیاف کوتاه شیشه تا تهیه مهره‌های شیشه یا همان کولت، شبیه به روش تولید فیلامنت‌های شیشه‌ای می‌باشد. اما روش رسیدن الیاف کوتاه شیشه متفاوت است. فیلامنت‌های شیشه‌ای شکسته و به الیاف به طول ۱۵-۱۴ سانتی‌متر تبدیل شده و رشته‌های الیاف به صورت فتیله درآمده و به همان صورت جمع‌آوری می‌شوند. به این فیتیله‌ها گاهی اوقات تاب نیز می‌دهند.

**خصوصیات الیاف شیشه:** از خصوصیات بسیار مهم الیاف شیشه استحکام کششی و مقاومت آنها در مقابل حرارت و ضدآتش بودن و پایداری آنها در مقابل عوامل بیولوژیک است. الیاف شیشه دارای خاصیت کشسانی نبوده و افزایش طول آنها بسیار بسیار ناچیز و حدود ۰.۲٪ است که این افزایش طول برای مصارف نساجی بسیار کم است. هر چه قطر الیاف و فیلامنت‌های شیشه کمتر باشد، خاصیت خمش آنها بیشتر است. چگالی الیاف شیشه ۲/۷-۲/۵ گرم سانتی‌متر مکعب است که نسبت به الیاف معمولی نساجی بسیار بالاست. از نظر حرارت، اگرچه نقطه ذوب الیاف شیشه بسیار بالاست و در حدود ۸۱۵ درجه سانتی‌گراد است، ولی مقاومت این الیاف در درجه حرارت بالاتر از ۳۱۵ درجه سانتی‌گراد بسیار کاهش می‌یابد. در شکل ۱۴ نمای طولی و عرضی الیاف شیشه را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۴- نمای طولی و مقطع عرضی الیاف شیشه

مصارف الیاف شیشه عمدتاً در پارچه‌ها و مصارف صنعتی و ویژه می‌باشد و از الیاف شیشه در پارچه‌های ویژه لباس‌های ضدآتش و نسوز استفاده می‌شود. به دلایل فنی از الیاف شیشه برای تولید پوشاک معمولی استفاده نمی‌شود. عمده دلایلی که سبب می‌شوند از الیاف شیشه در تولید پارچه‌های لباس مورد استفاده قرار نگیرند به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- مقاومت الیاف شیشه در مقابل سایش کم است، زیرا فیلامنت‌ها در اثر سایش خشن و زبر می‌شود.
- ۲- الیاف شیشه جذب رطوبت ندارند و در نتیجه در تماس با بدن احساس سردی ایجاد می‌کنند.
- ۳- این الیاف دارای افزایش طول بسیار کمی هستند و خاصیت کشسانی آنها پایین است.
- ۴- نفوذ سرهای شکسته الیاف در پوست بدن سبب خارش و سوزش پوست می‌شود.

## الیاف فلزی

الیاف یا نخ‌های فلزی در واقع اولین نخ‌های مصنوعی مورد استفاده در نساجی و تولید لباس می‌باشند. این الیاف یا نخ‌ها هزاران سال قبل از انواع الیاف بازیافته نظیر ویسکوزریون و الیاف شیمیایی تولید شده و مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند در کشورهای با تمدن کهن نظیر ایران، از نخ‌های فلزی مثل نخ‌هایی از جنس طلا و نقره برای پارچه‌های گران قیمت نظیر پارچه‌های زربفت استفاده می‌شده است. ولی امروزه به دلیل گرانی این نوع نخ‌ها از آنها به صورت تجاری برای بافت پارچه استفاده نمی‌شود و فقط برای تولید برخی پارچه‌ها که جنبه فاخر و هنری دارند استفاده می‌شوند.

اما استفاده از این نخ‌ها در پوشاک به علت اینکه در معرض هوا و رطوبت اکسید شده و کدر می‌شوند و جلای اصلی خود را از دست می‌دهند و همچنین به خاطر اینکه در اثر اصطکاک و سایش بریده و پاره می‌شوند و در سطح پوست خراش ایجاد کرده و سبب ناراحتی می‌شوند تقریباً منسوخ و یا محدود می‌باشد.

امروزه پارچه‌هایی از جنس فولاد تهیه می‌شود که کاربرد آنها در لباس‌های ضدآتش و ضدپاشش مذاب فلزات و برای حفاظت از کارگران کارخانه‌های ذوب فلز و فولاد می‌باشد. اما نخ‌های فلزی بیشتر برای پارچه‌های مورد استفاده در دکوراسیون و در بعضی مواد برای لباس‌های زنانه نظیر کت و دامن و بالاپوش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## صابونی کردن الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز

فعالیت  
عملی ۱



مقدمه: الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز از همان مواد اولیه‌ای تهیه می‌شوند که الیاف ویسکوز از آن تهیه می‌گردد. یعنی سلولز موجود در لینترهای پنبه یا چوب درختان منبع بسیار مهمی برای ساخت الیاف بازیافته دی‌استات و تری‌استات سلولز می‌باشد. سلولز موجود در چوب درختان یا لینترهای پنبه پس از خالص‌سازی و سفیدگری با استفاده از انیدریداستیک و اسیداستیک در مجاورت یک کاتالیزور مانند اسید سولفوریک استیل‌دار شده و به تری‌استات تبدیل می‌شود. هیدرولیز تری‌استات منجر به تهیه دی‌استات می‌گردد. هر دو پلیمر تهیه شده را می‌توان در یک حلال مناسب حل کرده و به روش ریسندگی خشک تبدیل به لیف نساجی نمود.

الیاف دی‌استات و تری‌استات سلولز نسبت به قلیا حساس بوده و صابونی می‌شوند، یعنی دوباره به سلولز تبدیل می‌گردند. بنابراین عملیات رنگ‌رزی و یا کلیه عملیات تکمیلی که در مورد این الیاف انجام می‌گیرد

نباید دو pH قلیایی صورت گیرد مگر اینکه منظور خاصی مورد نظر باشد برای مثال در تکمیل S پارچه‌های تری‌استات سلولز را با محلول قلیایی عمل می‌کنند تا سطح پارچه نرم‌تر شود و یا به هنگام اتو زدن کمتر برق بیفتد یا الکتروسیسته ساکن کمتر در آن ایجاد شود.

**وسایل آزمایش:** لوله آزمایش، هم‌زن شیشه‌ای، چراغ گاز بو نزن، پی‌پت

**مواد مصرفی:** هیدروکسید سدیم ۱٪ محلول ماده رنگ‌زای مستقیم ۱/۱g، الیاف دی و تری‌استات سلولز

### شرح آزمایش

در یک لوله آزمایش مقدار کمی از الیاف دی‌استات سلولز را قرار داده و به آن محلول ۱٪ هیدروکسید سدیم بیفزایید. لوله آزمایش را حرارت دهید تا محلول به دمای نزدیک نقطه جوش برسد. حرارت دادن را در این دما به مدت سه دقیقه ادامه دهید. سپس الیاف را از لوله آزمایش خارج نموده و آبکشی نمایید تا محلول هیدروکسید سدیم خارج گردد.

حال یک لوله آزمایش برداشته و به آن ۵ میلی‌لیتر محلول ماده رنگ‌زای مستقیم اضافه کنید. سه الیاف دی‌استات سلولز، پنبه و استات صابونی شده را به داخل لوله آزمایش بیندازید. محلول را تا دمای ۷۵C حرارت دهید. به مدت سه دقیقه در این دما عمل نمایید. هر سه نوع لیف را خوب آبکشی نمایید. این آزمایش را با لیف تری‌استات سلولز انجام دهید.

با توجه به نتایج آزمایش به پرسش‌های زیر پاسخ دهید و با هنجرویان دیگر، بحث کنید.

۱- وقتی استات سلولز با محلول قلیایی عمل شد، چه تغییراتی را مشاهده کردید؟

۲- هنگامی که هر سه لیف (استات سلولز - پنبه - تری‌استات سلولز) صابونی شده را با مواد رنگ‌زای مستقیم رنگ‌رزی کردید. نتایج آزمایش چه بود؟ دلیل این تغییر رنگ‌ها چیست؟ با هم بحث کنید.

۳- نتیجه‌ای را که از این آزمایش می‌گیرید در چند سطر بنویسید.

## تعیین جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

فعالیت  
عملی ۲



جرم مخصوص یک کمیت فیزیکی مهم در مواد می‌باشد که نشان‌دهنده تراکم ماده است. یکی از عوامل تعیین‌کننده مواد در کاربردهای صنعتی و مهندسی، جرم مخصوص آنها می‌باشد. در حالی که جرم مخصوص یک ماده از ویژگی‌های ذاتی آن ماده می‌باشد، ولی سطح مخصوص یک ماده می‌تواند مستقل از جنس ماده باشد یعنی، براساس تعریفی که از سطح مخصوص می‌شود، سطح مخصوص می‌تواند مستقل یا وابسته به جنس ماده باشد.

**جرم مخصوص الیاف:** جرم مخصوص هر ماده نشان‌دهنده چگالی آن ماده بوده و جرم حجمی نیز نامیده می‌شود. چگالی عبارت است از تراکم ماده در یک حجم معین. در واقع جرم مخصوص الیاف نشان‌دهنده مقدار جرم واحد حجم الیاف است. جرم مخصوص الیاف مختلف، متفاوت از یکدیگر است، و جرم مخصوص الیاف یکی از شاخص‌های شناسایی الیاف نساجی می‌باشد. بنابراین، جرم مخصوص الیاف علاوه بر تأثیر بر روی وزن و حجم نخ و پارچه و همچنین نمره و ضخامت نخ، برای شناسایی الیاف نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



واحد جرم مخصوص گرم بر سانتی متر مکعب ( $\text{g/cm}^3$ ) است که با علامت نشان داده می شود، و از تقسیم جرم مواد (برحسب گرم) بر حجم آنها (برحسب سانتی متر مکعب) به دست می آید. یعنی جرم مخصوص الیاف از رابطه زیر به دست می آید:

$$\rho(\text{g/cm}^3) = \frac{\text{جرم } m(\text{g})}{\text{حجم } V(\text{cm}^3)}$$

در بین الیاف نساجی، به استثنای الیاف پلی اتیلن و الیاف پلی پروپیلن، جرم مخصوص بقیه الیاف بیشتر از جرم مخصوص آب (۱ گرم بر سانتی متر مکعب) می باشد. الیاف شیشه که مصارف خاصی در نساجی مثل تهیه لباس های محافظ مانند لباس های ضد آتش دارند، دارای بیشترین جرم مخصوص یعنی ۲/۵ گرم بر سانتی متر مکعب هستند. با تغییر رطوبت نسبی محیط، جرم مخصوص بعضی الیاف نساجی مثل پنبه و پشم و ویسکوزیون که جذب رطوبت نسبتاً بالایی دارند، تغییر می کند.

در فیزیک نساجی، گاهی اوقات به جای جرم مخصوص از حجم مخصوص که با علامت  $V$  نشان داده می شود، استفاده می گردد. حجم مخصوص که عکس جرم مخصوص می باشد، عبارت است از حجم یک گرم از جرم لیف معین برحسب سانتی متر مکعب. واحد حجم مخصوص سانتی متر مکعب بر گرم ( $\text{g/cm}^3$ ) می باشد. جرم مخصوص و حجم مخصوص بعضی از الیاف نساجی در شرایط خشک و رطوبت نسبی ۶۵٪ در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۲- جرم مخصوص و حجم مخصوص الیاف نساجی

جرم مخصوص ( $\text{g/cm}^3$ )		حجم مخصوص ( $\text{g/cm}^3$ )		نوع لیف
خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪	خشک	رطوبت نسبی ۶۵٪	
۱/۵۵	۱/۵۲	۰/۶۴	۰/۶۶	پنبه
۱/۵۲	۱/۴۹	۰/۶۶	۰/۶۷	ویسکوزیون
۱/۳۱	۱/۳۲	۰/۷۶	۰/۷۶	تری استات
۱/۳	۱/۳۱	۰/۷۷	۰/۷۶	پشم
۱/۳۴	۱/۳۴	۰/۷۵	۰/۷۵	ابریشم
۱/۳	۱/۳	۰/۷۷	۰/۷۷	کازئین
۱/۱۴	۱/۱۴	۰/۸۸	۰/۸۸	نایلون ۶۶ و ۶
۱/۳۹	۱/۳۹	۰/۷۲	۰/۷۲	پلی استر
۱/۱۹	۱/۱۹	۰/۸۴	۰/۸۴	اکریلیک
۰/۹۱	-	۱/۰۹	-	پلی پروپیلن
۰/۹۲	-	۱/۰۹	-	پلی اتیلن-چگالی پایین
۰/۹۵	-	۱/۰۵	-	پلی اتیلن - چگالی بالا
۱/۴	-	۰/۷۱	-	پلی وینیل کلراید (PVC)
۲/۲	-	۰/۴۵	-	پلی تترا فلورو اتیلن (تفلون)
۲/۵	۲/۵	۰/۴	۰/۴	شیشه

### سطح مخصوص الیاف

سطح مخصوص به دو صورت سطح واحد حجم با واحد  $(\text{cm}^3/\text{cm}^2)$  و سطح واحد جرم با واحد  $(\text{g}/\text{cm}^2)$  تعریف می‌شود و با حرف S نشان داده می‌شود. وقتی سطح مخصوص برحسب سطح واحد حجم تعریف می‌شود، برای به دست آوردن سطح مخصوص لیف، سطح جانبی لیف را بر حجم لیف تقسیم می‌کنند. یعنی:

$$\text{سطح مخصوص} = \frac{\text{طول لیف} \times \text{محیط مقطع عرضی لیف}}{\text{طول لیف} \times \text{مساحت مقطع لیف}}$$

$$S = \frac{\pi D l}{\frac{\pi D^2}{4} \times l}$$

در رابطه فوق:

S سطح مخصوص برحسب  $\text{cm}^3 / \text{cm}^2$  یا  $\text{cm}^{-1}$ ؛

D قطر لیف برحسب cm؛

l طول لیف برحسب cm.

چنانچه رابطه فوق را ساده کنیم، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{4}{D}$$

رابطه فوق نشان می‌دهد که سطح مخصوص (S) با قطر لیف رابطه عکس دارد. یعنی با کاهش قطر لیف (D)، سطح مخصوص (S) لیف افزایش می‌یابد. یعنی هرچه لیف ظریف‌تر شود، سطح مخصوص لیف بیشتر می‌شود. تعریف دیگر سطح مخصوص که براساس نسبت سطح جانبی لیف به جرم لیف است. کمتر در فیزیک نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

باید توجه داشت که سطح مخصوص یکی از شاخص‌های ذاتی مواد نبوده و بستگی به شکل و فرم ماده، مثلاً صفحه، مکعب مربع، مکعب مستطیل یا مفتول دارد. بنابراین چنانکه از روی جرم مخصوص می‌توان جنس الیاف را شناسایی کرد، از روی سطح مخصوص نمی‌توان جنس الیاف را شناسایی نمود.

### اندازه‌گیری جرم الیاف

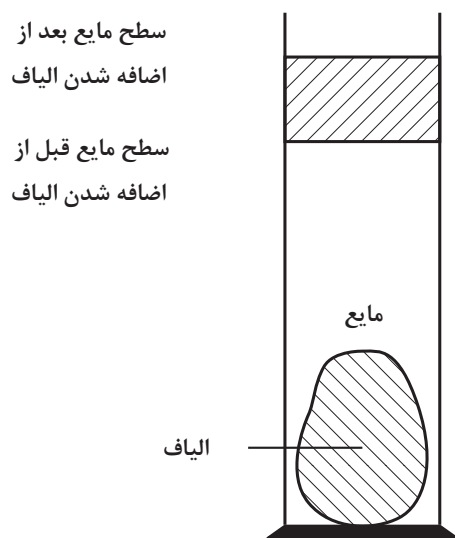
جرم یک نمونه الیاف به آسانی به وسیله یک ترازوی دقیق قابل اندازه‌گیری است. برای این کار کافی است از یک ترازوی دقیق با دقت  $0/001$  یا  $0/0001$  برای اندازه‌گیری جرم الیاف استفاده شود.

بنابراین، اندازه‌گیری حجم، یا اندازه‌گیری مستقیم چگالی الیاف از طریق فرورفتن یا غوطه‌وری لیف در یک مایع انجام می‌شود که در این صورت همه هوای اطراف الیاف از داخل مایع خارج شده و مایع به جای هوا در اطراف الیاف قرار می‌گیرد.

### اندازه‌گیری حجم الیاف

اگرچه اندازه‌گیری جرم الیاف نساجی به آسانی انجام می‌شود، ولی اندازه‌گیری حجم الیاف نساجی به دشواری امکان‌پذیر است. یک دسته از الیاف چه به صورت توده‌ای بی‌نظم و چه در داخل یک گروه منظم مثل نخ، حاوی مقدار زیادی هوا است. لذا، اندازه‌گیری حجم یک دسته از الیاف بدون در نظر گرفتن هوای داخل آن، حتی به صورت فشرده، سنجش واقعی از حجم الیاف را نشان نمی‌دهد. یکی از روش‌های اندازه‌گیری حجم الیاف، روش فرورفتن در مایع است.

شکل ساده‌ای از روش اندازه‌گیری حجم الیاف به روش فرورفتن در مایع در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵- تعیین حجم الیاف به روش فرورفتن در مایع

در این روش، یک مایع که جرم مخصوص آن کمتر از لیف مورد نظر است، در یک استوانه مدرج ریخته می‌شود. با قرار دادن الیاف مورد نظر در داخل مایع، الیاف در داخل مایع فرورفته و سطح مایع بالا می‌آید. با اندازه‌گیری افزایش ارتفاع سطح مایع از روی استوانه مدرج می‌توان پی به حجم الیاف مورد آزمایش برد.

**اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف:** در اینجا به دو روش اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف اشاره می‌شود.

۱- اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف به روش غوطه‌وری

هرگاه جسمی در داخل مایعی قرار داده شود، اگر جرم مخصوص جسم از مایع کمتر باشد، جسم شناور می‌شود؛ و اگر جرم مخصوص جسم بیشتر از مایع باشد، جسم در مایع فرو می‌رود؛ ولی اگر جرم مخصوص جسم برابر جرم مخصوص مایع باشد، جسم در مایع غوطه‌ور می‌شود.

بنابراین، چنانچه یک توده از الیاف در داخل مایعی قرار گیرد و در آن مایع غوطه‌ور شود، این بدان معناست که جرم مخصوص این الیاف برابر جرم مخصوص مایع می‌باشد. براین اساس برای اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف، از مخلوط دو مایع مخلوط شدنی، یکی با جرم مخصوص بیشتر از آب و دیگری با جرم مخصوص کمتر از آب استفاده می‌شود. در این روش، توده‌ای از الیاف معین در داخل مخلوط دو مایع با حجم‌های مساوی قرار داده می‌شود، در این صورت سه حالت زیر ممکن است اتفاق بیفتد:

۱- اگر توده الیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شد، جرم مخصوص لیف با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

۲- اگر توده الیاف بر روی مایع مخلوط شناور ماند، آن قدر از مایع با جرم مخصوص کمتر به مایع مخلوط

اضافه می‌شود تا توده الیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شود. در این صورت جرم مخصوص الیاف مورد نظر با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

۳- اگر توده الیاف در داخل مایع مخلوط فرو رود، آن قدر از مایع با جرم مخصوص بیشتر به مایع مخلوط اضافه می‌شود تا توده الیاف در داخل مایع مخلوط غوطه‌ور شود. در این صورت جرم مخصوص الیاف مورد نظر با جرم مخصوص مایع مخلوط برابر است.

در هریک از حالات فوق، جرم مخصوص لیف از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\rho = \frac{\rho_1 \times v_1 + \rho_2 \times v_2}{v_1 + v_2}$$

در رابطه فوق:

$\rho$ : جرم مخصوص لیف بر حسب  $\text{g/cm}^3$ ؛

$\rho_1$ : جرم مخصوص مایع اول بر حسب  $\text{g/cm}^3$ ؛

$v_1$ : حجم مایع اول بر حسب  $\text{cm}^3$ ؛

$\rho_2$ : جرم مخصوص مایع دوم بر حسب  $\text{g/cm}^3$ ؛

و  $v_2$ : حجم مایع دوم بر حسب  $\text{cm}^3$  است.

### اندازه گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع با جرم مخصوص متغیر

فعالیت  
عملی ۳



در این روش از مخلوط دو مایع، یکی با جرم مخصوص خیلی کم مثل زایلین (xylon) با جرم مخصوص ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب و دیگری با جرم مخصوص نسبتاً بالا مثل پنتاکلرواتان (penta chlor ethane) با جرم مخصوص ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص الیاف، ابتدا دو مایع در داخل یک لوله شیشه‌ای بلند ریخته می‌شوند، مایع سنگین‌تر در پایین و مایع سبک‌تر در بالا قرار می‌گیرد و در طول ستون مایع مخلوط به واسطه اختلاط دو مایع یک ستونی از مخلوط دو مایع تشکیل می‌شود که جرم مخصوص ستون مایع از بالا به پایین افزایش می‌یابد. با قراردادن لیف مورد نظر در داخل این ستون مایع تهیه شده، لیف در ارتفاعی که جرم مخصوص لیف و ستون مایع برابر است غوطه‌ور می‌شود.

برای تعیین جرم مخصوص ستون مایع در ارتفاع‌های مختلف از گلوله‌های شیشه توخالی که دارای جرم مخصوص متفاوت هستند استفاده می‌شود. این گلوله‌های شیشه‌ای توخالی که دارای جرم مخصوص معین هستند در داخل ستون مایع قرار می‌گیرند و در ارتفاعی که جرم مخصوص گلوله شیشه با جرم مخصوص مایع یکسان است غوطه‌ور می‌شوند.

لازم به توضیح است که در تعیین حجم یا جرم مخصوص الیاف به روش‌های فوق باید از مایعاتی استفاده شود که حتی‌الامکان جذب الیاف نشوند. چون اگر از مایعاتی که جذب الیاف می‌شوند استفاده شود، اندازه‌گیری دارای خطا خواهد بود. مهم‌ترین مایعاتی که در دو روش غوطه‌وری و ستون مایع با جرم مخصوص متغیر استفاده می‌شوند عبارت‌اند از نیتروبنزن (Nitrobenzen)، روغن زیتون، تولوئن (toluene)، بنزن (benzene) و تتراکلریدکربن (carbon tetrachloride).

## نکات قابل توجه پیرامون جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف

از آنجا که در تعیین جرم مخصوص الیاف، دو کمیت جرم و حجم شرکت دارند، لذا جرم مخصوص لیف در تعیین نمره و حجم لیف، نمره و حجم نخ، وزن و حجم پارچه حائز اهمیت است. همچنین، سطح مخصوص الیاف در بعضی از رفتارها و عملکردهای الیاف نساجی مؤثر است. بعضی از نکات قابل توجه در زمینه جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف عبارتند از:

- ۱- در تولید یک نخ با نمره معین، اگر از لیف با جرم مخصوص کمتر استفاده شود، حجم نخ افزایش می‌یابد، و برعکس.
- ۲- در بافت یک پارچه معین، با یکسان فرض کردن کلیه شرایط نخ (نمره) و پارچه (طرح بافت و تراکم)، اگر از لیف با جرم مخصوص کمتر استفاده شود، پارچه فشرده‌تر و منافذ آن کمتر خواهد شد و برعکس.
- ۳- کلیه الیاف نساجی به استثنای الیاف پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در آب فرو می‌روند.
- ۴- سطح مخصوص الیاف ظریف‌تر بیشتر از سطح مخصوص الیاف ضخیم‌تر است.
- ۵- یکی از عوامل تعیین‌کننده فاصله تنظیمات در ماشین‌آلات ریسندگی، جرم مخصوص الیاف نساجی می‌باشد.
- ۶- با افزایش سطح مخصوص، سرعت جذب گاز و مایع الیاف افزایش می‌یابد.

جرم مخصوص و سطح مخصوص و حجم مخصوص را تعریف کنید.

پرسش



درباره ارتباط سطح مخصوص و جرم مخصوص و حجم مخصوص و خواص الیاف نساجی با هم بحث کنید و نتیجه را به هنرآموزتان گزارش دهید.

بحث کنید



۱- برای تعیین جرم مخصوص یک لیف با جرم حجمی  $1/34$  گرم بر سانتی‌متر مکعب از دو مایع زایلن با جرم حجمی  $0/9$  گرم بر سانتی‌متر مکعب و پنتاکلرواتان با جرم مخصوص  $1/7$  گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شده است.

پرسش



اگر حجم زایلن مصرفی ۵ سانتی‌متر مکعب باشد، حجم پنتاکلرواتان مصرفی را حساب کنید.

۲- برای تعیین جرم حجمی پلی‌پروپیلن، از دو مایع زایلن و پنتاکلرواتان استفاده می‌شود. حجم مصرفی کدام یک از دو مایع بیشتر است؟ توضیح دهید.

۱ < جرم مخصوص پلی‌پروپیلن

۱ < جرم مخصوص زایلن

۱ > جرم مخصوص پنتاکلرواتان



## تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف

در تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف، از یک دستگاه اندازه‌گیری که قابل حمل می‌باشد استفاده می‌گردد. مقاومت و استحکام الیاف هم در مرحله ریسندگی و تولید نخ و هم در هنگام استفاده به صورت نخ مثل نخ خیاطی، یا طناب و یا پارچه به صورت پوشاک و لباس و دیگر پارچه‌ها مثل پارچه‌های مورد مصرف در صنایع مختلف مثل چادر صحرائی، بادبان، چتر نجات و... بسیار حائز اهمیت است. از این‌رو، یکی از عوامل تعیین و انتخاب الیاف برای تولید محصولی معین، مقاومت الیاف در مقابل نیروهای کششی یا مقاومت کششی آنها می‌باشد.

### ۲- وسایل مورد نیاز

- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف به روش تک لیف

- پنس

### ۳- شرایط آزمایش

این آزمایش در محیط آزمایشگاه و با شرایط رطوبت نسبی  $2 \pm 65\%$  و دمای  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  انجام شود.

### ۴- روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به روش استاندارد از مجموعه الیاف مورد نظر انجام شود.

### ۵- شرح دستگاه

دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف به روش تک‌لیف از دو قسمت یعنی قسمت اندازه‌گیری و قسمت ثابت که عهده‌دار ترسیم منحنی می‌باشد تشکیل شده است.

این دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف، یک دستگاه قابل حمل بوده و به وسیله آن می‌توان تا  $300$  نمونه در ساعت را مورد آزمایش قرار داد. هم‌زمان با اعمال کشش بر روی نمونه لیف برای تعیین مقاومت، قلم دستگاه ثبات بر روی کاغذ حرکت خواهد کرد، و با به حرکت درآوردن کاغذ دستگاه ثبات می‌توان منحنی نیرو - ازدیاد طول لیف را به‌طور کامل و دقیق بر روی کاغذ رسم کرد.

روی دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الیاف با یک رنگ سیاه و مات پوشیده شده است تا انعکاس نور از سطح دستگاه به حداقل برسد و کار کردن با دستگاه به آسانی انجام شود. بر روی این دستگاه گیره‌های مخصوص نگهداری دو سر لیف، کلید دوار تعیین دامنه، دکمه کنترل صفر و کلید انجام آزمایش قرار دارند. بر روی این دستگاه کلیدی برای انتخاب ولتاژ و همچنین یک کلید برای کنترل کالیبراسیون وجود دارد.

دستگاه ثبات که دستگاهی از نوع گالوانومتری است دارای پهنای  $4$  اینچ بوده و در یک جعبه فلزی که وجه آن از شیشه ساخته شده است قرار دارد. دستگاه ثبات مجزای از دستگاه اندازه‌گیری بوده و این دو دستگاه به‌وسیله یک کابل رشته‌ای به یکدیگر متصل هستند.

### ۶- روش آزمایش

در دستگاه اندازه‌گیری دو گیره که یکی ثابت است و دیگری متحرک، قرار دارد. گیره ثابت به قسمت اندازه‌گیری متصل است و گیره متحرک به‌وسیله یک موتور حرکت می‌کند. برای اندازه‌گیری مقاومت یک

لیف، لازم است یک سر طولی از لیف به درازای ۱ سانتی‌متر را بین دو فک گیره ثابت قرار داده، سپس سر دیگر لیف را در بین فک‌های گیره متحرک قرار داد. در این صورت با فشار دادن کلید انجام آزمایش، گیره متحرک شروع به حرکت می‌کند. با حرکت گیره متحرک و سپس مستقیم شده لیف، گیره ثابت که به قسمت اندازه‌گیری متصل است تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد و کشش وارده به گیره ثابت تبدیل به علامت الکتریکی شده و به قلم دستگاه ثبات منتقل شده و قلم دستگاه ثبات حرکت می‌کند. اگر کاغذ زیر قلم دستگاه ثبات نیز حرکت کند منحنی نیرو - ازدیاد طول بر روی کاغذ دستگاه ثبات رسم می‌شود. پس از هر آزمایش و قبل از شروع آزمایش جدید، لازم است با فشار دادن دکمه کنترل صفر، قسمت اندازه‌گیری متصل به گیره ثابت را به حالت اولیه و آزاد برگرداند. لازم به توضیح است که قبل از آزمایش باید توصیه‌های موجود در راهنمای دستگاه را مطالعه کرده و نکات اشاره شده در راهنمای مربوط را رعایت نمایید. همچنین قبل از شروع آزمایش، لازم است دستگاه را براساس دستورات داده شده در راهنمای دستگاه، کالیبره کرده تا از ایجاد خطای احتمالی در نتایج آزمایش پیشگیری شود.

تعداد ۱۰ نمونه از یک نوع لیف معین را مورد آزمایش قرار دهید و درصد افزایش طول نسبی  $(\frac{\Delta l}{l_1} \times 100)$  و نیروی پارگی را اندازه‌گیری و محاسبه نمایید. میانگین، انحراف معیار و CV٪ درصد افزایش طول نسبی و نیروی پارگی را حساب کنید.

- ۱- تغییر در شرایط محیط آزمایش (دما و رطوبت) چه تأثیری بر نتایج آزمایش می‌گذارد؟ توضیح دهید.
- ۲- سرعت گیره متحرک چه تأثیری بر نتیجه آزمایش دارد؟

پرسش



فعالیت  
عملی ۵



### تعیین خواص کششی الیاف نساجی (به‌وسیله دستگاه اینسترون)

رفتار الیاف نساجی در مقابل نیروهای کششی تعیین‌کننده خواص کششی آنها می‌باشد. از خواص کششی الیاف می‌توان به افزایش طول تا حد پارگی، نیروی پارگی، مدول اولیه و کار تا حد پارگی اشاره کرد. خواص کششی الیاف نساجی نه تنها در خط تولید نخ، پارچه و پوشاک مهم است، بلکه در عملکرد محصول نساجی مثل نخ دوخت، طناب، پوشاک و انواع منسوجات صنعتی مثل نخ تیر اتومبیل، طناب‌های کوهنوردی و دریانوردی، پارچه‌های ویژه صنایع اتومبیل، پارچه‌های ویژه چادرهای صحرایی و... بسیار با اهمیت است. آزمایش تعیین خواص کششی الیاف نساجی به‌وسیله دستگاهی به نام اینسترون (Instron) انجام می‌شود. نام اینسترون برگرفته از نام یک شرکت انگلیسی سازنده دستگاه‌های کشش مواد می‌باشد، و چون اولین دستگاه‌های آزمایش کششی مواد نساجی مورد استفاده در ایران از شرکت اینسترون خریداری شده‌اند، بنابراین در صنایع نساجی ایران این نوع دستگاه‌ها حتی دستگاه‌های ساخت شرکت‌ها و کشورهای دیگر اینسترون نامیده می‌شوند.

دستگاه اینسترون چنان‌که در شکل ۱۶ دیده می‌شود از دو قسمت تشکیل شده است، قسمت الف بخش کشش‌دهنده و قسمت ب بخش کنترل‌کننده می‌باشد. دستگاه اینسترون قابلیت عملیات آزمایش بر روی انواع الیاف، انواع نخ و انواع پارچه را دارا می‌باشد.

## وسایل آزمایش

- دستگاه اینسترون و متعلقات
- پنس ویژه نصب لیف بر روی فکها

شرایط آزمایش: این آزمایش باید در شرایط محیط آزمایشگاه با رطوبت نسبی  $2 \pm 65\%$  و دمای  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  انجام شود.

روش نمونه‌برداری: نمونه‌برداری به روش استاندارد از مجموعه الیاف مورد نظر انجام شود.

شرح دستگاه: چنان‌که اشاره شده و در شکل ۱۳ نشان داده شده است، دستگاه اینسترون از دو بخش کشش‌دهنده و کنترل‌کننده که به طور مجزا ساخته شده‌اند تشکیل شده و به وسیله کابل‌هایی با یکدیگر در ارتباط هستند. امروزه در ماشین‌های جدید کشش، بخش کنترل‌کننده که همان بخش دوم از دستگاه اینسترون می‌باشد، از یک دستگاه کامپیوتر با متعلقات که نرم‌افزار ویژه‌ای بر روی آن نصب شده است تشکیل شده است.

بخش کشش‌دهنده دستگاه اینسترون از یک چهارچوب فولادی تشکیل شده است که در بالای آن گیره ثابت و در بین دو ستون عمودی آن گیره متحرک قرار دارد. در بالای گیره ثابت، دستگاه حس‌کننده بار (load Cell) قرار دارد که دستگاه حس‌کننده و گیره بالایی به صورت یک پارچه بوده و در وسط تیر افقی بالایی چهارچوب دستگاه نصب می‌شوند.

گیره متحرک بر روی یک تیر افقی که در دو طرف بر روی محورهای مارپیچ دورانی قرار دارد نصب شده است. محورهای مارپیچ دورانی هر یک در داخل ستون‌های چهارچوب اینسترون بوده و با دوران خود گیره متحرک را به سمت بالا یا پایین حرکت می‌دهد.

برای کشش نمونه لیف، ابتدا سر بالایی آن در بین فک‌های گیره بالایی قرار گرفته و فک‌ها بسته می‌شوند، سپس گیره پایینی در ارتفاعی قرار می‌گیرد که فاصله لبه فک‌های گیره بالایی و پایینی برابر طول نمونه باشد. در این حالت سر پایینی نمونه در بین فک‌های گیره پایینی قرار گرفته و فک‌ها بسته می‌شوند. پس از بستن نمونه در بین فک‌های گیره‌های بالایی و پایینی، گیره پایینی به سمت پایین حرکت کرده و نیروی کششی به لیف وارد می‌شود.

در حین پایین آمدن گیره پایینی، نیرو یا بار وارد شده به لیف از طریق گیره بالایی به حس‌کننده بار منتقل شده و حس‌کننده بار نیروی وارد شده را در هر لحظه اندازه‌گیری کرده و از طریق کابل ویژه‌ای برای ذخیره و عملیات بعدی نظیر محاسبات، تجزیه و تحلیل و رسم نمودار به بخش دوم دستگاه اینسترون یعنی کامپیوتر ارسال می‌کند. لازم به توضیح است که دستگاه اینسترون بر اساس «نرخ ثابت افزایش طول» یعنی افزایش طول نمونه در زمان ثابت است. البته در دستگاه‌های جدید اینسترون شرایط بارگذاری بر اساس «نرخ ثابت بارگذاری» یعنی CRL (Constant Rate of Loading) نیز فراهم شده است که انتخاب CRE یا CRL از روی بخش کنترل یا همان نرم‌افزار نصب شده بر روی کامپیوتر انجام خواهد شد.

## ۶- روش آزمایش

انتخاب حس‌کننده بار: دستگاه اینسترون برای انواع مواد و محصولات نساجی قابل استفاده می‌باشد. از این رو برای مواد مختلف نساجی مثل الیاف، نخ و پارچه حس‌کننده بار، و فک‌های گیره‌های بالایی و پایینی متفاوت



از یکدیگر می‌باشد. بنابراین برای آزمایش کشش الیاف لازم است گیره، فک‌ها و حس‌کننده بار متناسب با الیاف نساجی انتخاب و بر روی دستگاه نصب گردد.

انواع معمول سلول‌های بار و مورد استفاده آنها به شرح زیر می‌باشد:

- بار در محدوده ۵۰۰ گرم ویژه الیاف.
- بار در محدوده ۵۰ گرم ویژه نخ‌ها.
- بار در محدوده ۵۰۰ کیلوگرم ویژه پارچه‌ها.

**تنظیمات دستگاه:** در دستگاه‌های جدید، کلید تنظیمات دستگاه اینسترون و ورود اطلاعات مربوط به آزمایش و خود نمونه مورد آزمایش از طریق صفحه کلید کامپیوتر وارد نرم‌افزار دستگاه می‌شود و آزمایش براساس اطلاعات وارد شده انجام و اطلاعات مربوط به آزمایش از طریق حس‌کننده بار (نیروی وارده) و میزان جابجایی گیره پایینی (افزایش طول) به کامپیوتر ارسال شده و ذخیره می‌شود. این دستگاه‌ها قابلیت ترسیم نمودار نیرو - ازدیاد طول یا تنش - کرنش را هم‌زمان با انجام آزمایش بر روی صفحه نمایش کامپیوتر (مانیتور) دارا هستند. اطلاعات ذخیره شده حاصل از آزمایش هم به وسیله نرم‌افزار دستگاه اینسترون جهت تجزیه و تحلیل رفتار مواد تحت آزمایش و ترسیم نمودارها قابل استفاده است، و هم این اطلاعات را می‌توان توسط نرم‌افزارهای دیگر مورد بهره‌برداری قرار داد.

چنانچه از مدل‌های قدیمی دستگاه اینسترون برای آزمایش کشش استفاده می‌شود، لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- **تنظیم قلم ترسیم:** در مدل‌های قدیمی دستگاه‌های اینسترون از قلم و کاغذ برای ترسیم نمودار بار - ازدیاد طول مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع دستگاه‌ها، لازم است قبل از شروع آزمایش جدید، قلم ترسیم بر روی نقطه صفر که محل تقاطع خط عمودی سمت چپ (Yها) و خط افقی پایینی (Xها) می‌باشد قرار گیرد.

- **کالیبره کردن:** در اینجا کالیبره کردن دستگاه اینسترون در واقع به منظور تطابق دو بخش دستگاه، یعنی تطابق بخش‌های کشش‌دهنده و کنترل‌کننده انجام می‌شود. کالیبره کردن دستگاه با هدف اطمینان از صحت و دقت انجام آزمایش و دریافت صحیح اطلاعات از بخش کشش‌دهنده و همچنین تطابق اجزای مختلف دو بخش دستگاه با یکدیگر انجام می‌شود. برای کالیبره کردن دستگاه اینسترون لازم است از توصیه‌های راهنمای دستگاه که معمولاً با اویزان کردن وزنه معینی از گیره بالایی و تنظیم قلم ترسیم انجام می‌شود، بهره گرفت. شکل ۱۶ نمونه یک دستگاه اینسترون را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- دستگاه اینسترون

– انتخاب سرعت آزمایش: در دستگاه‌های اینسترون قدیمی برخلاف دستگاه‌های جدید، تغییر سرعت گیره پایینی به وسیله تغییر در چرخ‌دنده‌های انتقال حرکت انجام می‌شود. پس از تعیین سرعت مناسب برای حرکت گیره پایین، از روی راهنمای دستگاه یا محاسبات بر روی چرخ‌دنده‌های انتقال حرکت، چرخ‌دنده مناسب انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد.

– تنظیم فاصله بین فک‌های گیره‌های بالا و پایین: فاصله بین فک‌ها بستگی به طول نمونه مورد آزمایش دارد. براساس طول نمونه مورد آزمایش و با حرکت بالا / پایین گیره پایینی می‌توان فاصله بین فک‌ها را تنظیم کرد. برای دقت در تنظیم فاصله بین فک‌های بالا و پایین می‌توان از یک خط‌کش دقیق استفاده کرد. بستن نمونه و انجام آزمایش: چنان‌که توضیح داده شد، ابتدا نمونه را به صورت مستقیم و عمودی بر روی فک بالایی قرار داده و فک بالایی را محکم ببندید. سپس سر پایینی نمونه را در بین فک‌های پایینی قرار داده و محکم ببندید. مراقب باشید تا نمونه هنگام بستن در بین فک‌های پایینی دچار کشش نشود. پس از اینکه اطمینان حاصل کردید که کلیه تنظیمات (ورود اطلاعات در نرم‌افزار اینسترون‌های جدید و تعیین سرعت کشش و کالیبره کردن اینسترون‌های قدیمی) بر روی دستگاه اینسترون انجام شده است، شروع به آزمایش نمایید. پس از انجام هر آزمایش، دستگاه را برای آزمایش بعدی آماده نمایید.

## فرم ارزشیابی واحد یادگیری ۳- تعیین ویژگی‌های الیاف باز یافته

شرح فعالیت: شناسایی الیاف باز یافتی و تعیین خصوصیات الیاف باز یافتی			
<p>استاندارد عملکرد: تعیین نوع الیاف باز یافتی و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی الیاف به کمک ابزار و دستگاه‌های مشخص شده</p> <p>شاخص‌ها: تعیین خصوصیات الیاف ویسکوزیون - دی استات - تری استات - الیاف کازنین - الیاف ویسکوز تقویت شده مانند کوپر آمونیوم</p>			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</p> <p>فضای کار: آزمایشگاه شناسایی الیاف نساجی</p> <p>تجهیزات: بشر، لوله آزمایش، همزن، پهاش متر، ابزار آزمایشگاه شیمی، ترازو با دقت یکصدم گرم، مقاومت سنج الیاف، اینسترون</p> <p>مواد مصرفی: انواع الیاف نساجی، مواد شیمیایی مرتبط</p>			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انجام عملیات صابونی کردن الیاف دی استات و تری استات سلولز	۱	
۲	تعیین جرم مخصوص و سطح مخصوص الیاف	۱	
۳	اندازه گیری جرم مخصوص الیاف به روش ستون مایع	۲	
۴	تعیین مقاومت الیاف به روش تک لیف	۱	
۵	تعیین خواص کششی الیاف با دستگاه اینسترون	۲	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۲	
	۱- رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲- استفاده از لباس کار و کفش ایمنی ۳- تمیز کردن دستگاه و محیط کار ۴- رعایت دقت و نظم		
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.