

# خواص نوری الیاف

۶

## فصل

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- اهمیت خواص نوری الیاف را بیان کند.
- ۲- رفتار الیاف در مقابل تابش نور را توضیح دهد.
- ۳- جلای الیاف را تعریف کرده و دلایل و اثرات آن را توضیح دهد.
- ۴- مطالعه ساختمان الیاف از روی رفتار آن‌ها در مقابل نور را توضیح دهد.

# خواص نوری الیاف

## ۱-۶- اهمیت خواص نوری الیاف

خواص نوری الیاف نساجی یکی از ویژگی‌های مهم الیاف نساجی است که علاوه بر تأثیر در زیبایی و کیفیت بصری محصولات نساجی از نظر فنی و کاربرد منسوجات حائز اهمیت می‌باشد. خواص نوری الیاف علاوه بر اینکه در مصرف منسوجات به‌عنوان پوشاک اهمیت دارد، در کاربرد محصولات نساجی به‌عنوان منسوجات با مصارف ویژه مثل منسوجات صنعتی قابل توجه است.

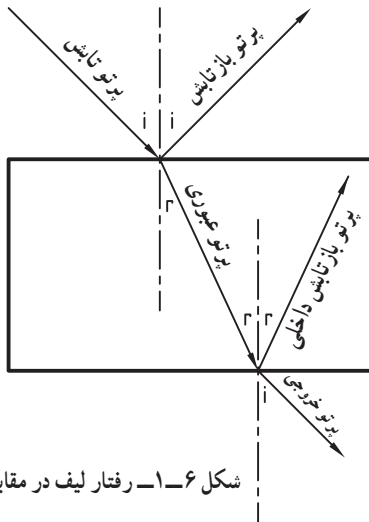
## ۲-۶- رفتار الیاف در مقابل نور

چنان‌که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است، وقتی که نور به سطح یک لیف می‌تابد، رفتار لیف در مقابل نور تابیده شده به سه شکل زیر می‌تواند باشد:

۱- بازتابش نور از سطح لیف

۲- جذب نور توسط لیف

۳- عبور نور از لیف



شکل ۱-۶- رفتار لیف در مقابل تابش نور

یعنی اگر نور سفید رنگی به سطح یک لیف تابیده شود، بخشی از نور توسط سطح لیف بازتاب می‌شود و نور بازتاب شده به رنگ نور تابیده شده یعنی نور سفید می‌باشد. نوری که وارد لیف می‌شود، بسته به رنگ لیف، بخشی از رنگ‌های نور ورودی توسط مولکول‌های رنگی لیف جذب می‌شود و بخش دیگر از نور ورودی از لیف خارج می‌شود و رنگ نور خارج شده از لیف، نشان‌دهنده رنگ لیف می‌باشد.

سه نوع رفتار لیف در مقابل تابش نور، یعنی بازتاب، جذب و عبور نور از داخل لیف، تعیین‌کننده ظاهر و کیفیت بصری لیف می‌باشد. هرگاه لیفی بخش عمده نور تابیده شده به خود را عبور دهد، این لیف، لیف شفاف گفته می‌شود. اگر لیف نتواند نور تابیده شده را از خود عبور دهد، این لیف، لیف غیرشفاف است. و اگر رفتار لیفی در مقابل نور تابیده شده، بین شفاف و غیرشفاف باشد، به این لیف، لیف نیمه‌شفاف گفته می‌شود.

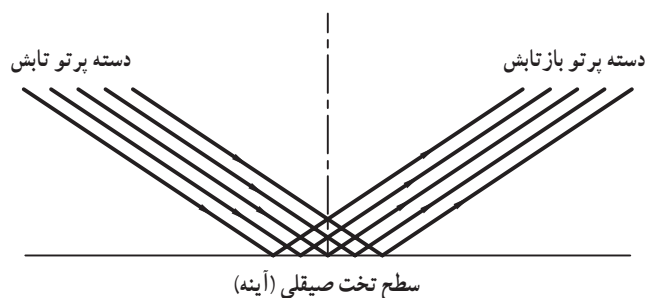
الیاف طبیعی مثل پنبه و پشم غیرشفاف هستند و نور را از خود عبور نمی‌دهند. ولی، الیاف مصنوعی می‌توانند به‌دلخواه به‌صورت شفاف، غیرشفاف یا نیمه شفاف تولید شوند. با این حال، بیشتر الیاف نساجی مورد استفاده در نساجی به‌صورت غیرشفاف تولید می‌شوند.

## ۳-۶- جلا و ظاهر الیاف

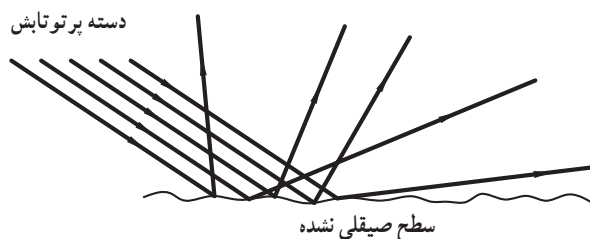
شکل ۲-۶ بازتاب نور از یک سطح صاف و صیقلی شده و شکل ۳-۶ بازتاب نور از روی یک سطح ناصاف و صیقلی نشده را نشان می‌دهد. به کیفیت انعکاس نور و براقیت سطح لیف، جلای لیف گفته می‌شود. براساس کیفیت انعکاس نور از سطح الیاف، الیاف نساجی به دو دسته براق (با جلا یا جلادار) و مات تقسیم می‌شوند. اگر سطح لیف طوری باشد که نور را به صورت منظم و یکنواخت منعکس نماید، لیف براق و سطح لیف با جلا خواهد بود. و اگر انعکاس نور از سطح لیف در جهت‌های مختلف باشد و بازتابش به صورت نامنظم و پراکنده باشد، سطح لیف مات خواهد بود.

الیاف براق و جلادار، جلوه خاصی در محصولات نساجی مثل نخ، پارچه و لباس ایجاد کرده و پارچه‌های تولید شده و لباس دوخته شده از الیاف براق، دارای جلوه رنگ بهتری هستند. الیاف پشم و پنبه که الیافی طبیعی هستند، به دلیل ویژگی‌های سطحی، الیافی غیربراق و بدون جلا هستند. اما، با مرسریزه کردن پنبه و همچنین با انجام برخی عملیات شیمیایی بر روی پشم که منجر به برداشتن فلس‌ها از روی الیاف پشم می‌شود، می‌توان جلای این الیاف را افزایش داد. از میان الیاف طبیعی، از آنجا که ابریشم دارای سطح مقطع مثلثی و دیواره‌های طولی صاف و یکنواخت می‌باشد، دارای جلای بسیار بالایی است. همچنین الیاف موهر به دلیل نداشتن فلس یا کوچک بودن آن‌ها و همچنین بعضی الیاف ساقه‌ای از جلا و براقیت مناسبی برخوردارند.

الیاف مصنوعی براساس سفارش می‌توانند به صورت براق یا مات (با درجات براقیت مختلف و دلخواه) تولید شوند. براقیت الیاف مصنوعی براساس افزودنی‌هایی که در هنگام تولید به مواد اولیه الیاف اضافه می‌شود یا عملیات حرارتی، مکانیکی و سطحی که در حین تولید بر روی آن‌ها انجام می‌شود، تعیین می‌گردد.



شکل ۲-۶- بازتاب نور از روی سطح صاف و صیقلی شده.



شکل ۳-۶- بازتاب نور از روی سطح ناصاف و صیقلی نشده.

## ۴-۶- مطالعه ساختمان لیف از روی رفتار آن‌ها در مقابل نور

رفتار الیاف نساجی در مقابل نور بستگی به ساختار داخلی الیاف دارد. مثلاً، میزان بی‌نظمی زنجیرهای مولکولی در داخل لیف، یا آرایش یافتگی مولکولی لیف، در رفتار لیف در مقابل نور مؤثر است. یکی از تأثیرات ساختمان داخلی الیاف بر رفتار آن‌ها در مقابل نور، اثر بی‌نظمی زنجیرهای مولکولی الیاف بر کاهش سرعت نور در الیاف است. بنابراین، از همین تأثیر ساختمان داخلی لیف بر روی سرعت نور در داخل آن‌ها، برای مطالعه ساختمان داخلی لیف استفاده می‌شود.

- ۱- دو اهمیت رفتار الیاف در مقابل نور را بنویسید.
- ۲- رفتارهای ممکن لیف در مقابل تابش نور را بیان کنید.
- ۳- رفتار الیاف شفاف، غیرشفاف و نیمه‌شفاف در مقابل تابش نور چگونه است؟
- ۴- از نظر شفافیت، الیاف طبیعی و مصنوعی چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟
- ۵- از نظر جلا، الیاف طبیعی و مصنوعی چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟
- ۶- دلایل جلای ابریشم را بنویسید.
- ۷- جلای الیاف پنبه و پشم را چگونه می‌توان افزایش داد؟
- ۸- آیا می‌توان از رفتار الیاف در مقابل تابش نور به عنوان عامل شناسایی و شناخت آن‌ها استفاده کرد؟ توضیح دهید.

# رطوبت و جذب رطوبت الیاف

## ۷

### فصل

#### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- اهمیت رطوبت و جذب رطوبت الیاف را توضیح دهد.
- ۲- رطوبت محیط را تعریف کرده و اثرات آن را توضیح دهد.
- ۳- رطوبت مطلق، رطوبت اشباع و رطوبت نسبی را تعریف کند.
- ۴- تعادل در جذب و دفع رطوبت مواد نساجی را توضیح دهد.
- ۵- تعادل دینامیکی بین مواد نساجی و محیط را توضیح دهد.
- ۶- رطوبت باز یافته و رطوبت موجود الیاف نساجی را تعریف کرده روابط آن‌ها را بنویسد.
- ۷- رابطه بین رطوبت باز یافته و رطوبت موجود الیاف را بنویسد.
- ۸- مقادیر رطوبت باز یافته و رطوبت موجود را به یکدیگر تبدیل نماید.
- ۹- اضافه وزن مجاز مواد نساجی را تعریف کرده، اهمیت آن را بیان کند.
- ۱۰- روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت الیاف نساجی را توضیح دهد.
- ۱۱- روش‌های مختلف خشک کردن الیاف نساجی را توضیح دهد.
- ۱۲- خطای خشک کردن الیاف را تعریف کرده و اثرات آن‌ها را توضیح دهد.
- ۱۳- روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت باز یافته الیاف نساجی را توضیح دهد.
- ۱۴- تأثیر رطوبت نسبی محیط بر رطوبت باز یافته الیاف نساجی را توضیح دهد.
- ۱۵- رطوبت باز یافته الیاف مختلف را با یکدیگر مقایسه کند.
- ۱۶- آثار جذب رطوبت الیاف را نام ببرد.
- ۱۷- حرارت جذب را تعریف کرده و روش‌های اندازه‌گیری آن را توضیح دهد.
- ۱۸- تورم الیاف را توضیح داده و اهمیت تورم در الیاف نساجی را بیان کند.
- ۱۹- انواع تورم الیاف نساجی را تعریف کند و روابط آن‌ها را بنویسد.

# رطوبت و جذب رطوبت الیاف

## ۱-۷- اهمیت رطوبت و جذب رطوبت الیاف

حیات همه موجودات عالم بر آب بنا نهاده شده است و آب در زندگی بشر نقش منحصر به فردی دارد. از این رو مطالعه آب و اثرات آن اهمیت دارد. وجود آب در مواد و محیط رطوبت نامیده می‌شود. وجود رطوبت در مواد سبب تغییرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی در آن‌ها شده و در نهایت موجب تغییر در رفتارهای شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی مواد می‌شود. لذا، مطالعه تأثیر رطوبت بر محیط و مواد حائز اهمیت است.

شناخت اثر آب و رطوبت به قدمت حیات بشر می‌باشد. ولی شواهد مکتوب موجود، شروع مطالعه جذب رطوبت الیاف نساجی را قرن ۱۵ میلادی نشان می‌دهد. در قرن ۱۵ میلادی جذب رطوبت الیاف پنبه توسط لئوناردو داوینچی (Leonardo da Vinci) و جذب رطوبت الیاف پشم توسط نیکولاس (Nicholas) مورد مطالعه و اندازه‌گیری قرار گرفته شده است. جذب رطوبت الیاف مصنوعی نیز بعد از ظهور و کاربرد آن‌ها در صنعت نساجی و پوشاک مورد مطالعه واقع شده است. در قرن بیستم و بین سال‌های ۱۹۲۴ تا ۱۹۳۲ جذب رطوبت الیاف پنبه، ویسکوز ریون و استات توسط آرکوهارت (Urquhart) و همکارانش مورد بررسی قرار گرفته است.

جذب رطوبت یکی از ویژگی‌های ارزشمند پوشاک می‌باشد. خاصیت جذب رطوبت الیاف نه تنها منجر به جذب عرق از روی پوست و خشک نگه‌داشتن بدن می‌شود، بلکه جذب رطوبت پوشاک باعث می‌شود تا پوشاک به‌عنوان نگه‌دارنده گرما، و عاملی برای حفاظت بدن از تغییرات ناگهانی شرایط محیط مثل حرارت و رطوبت، شناخته شود. اما، در کنار مزیت‌های فراوان جذب رطوبت الیاف، یکی از معایب جذب رطوبت الیاف، دشواری خشک کردن این الیاف و پارچه‌ها و پوشاک تهیه شده از این الیاف می‌باشد. چون الیافی مثل پنبه، پشم و ویسکوز ریون که جذب رطوبت بالایی دارند، بعد از خیس شدن به راحتی خشک نمی‌شوند، ولی الیافی مثل پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و پلی‌اتیلن که دارای جذب رطوبت پایینی هستند، بعد از خیس شدن، نسبت به الیاف طبیعی آسان‌تر و زودتر خشک می‌شوند.

## ۲-۷- رطوبت محیط

قبل از اینکه به جذب رطوبت الیاف و تعاریف آن پرداخته شود، لازم است نسبت به رطوبت محیط و تعاریف آن اطلاعاتی داشته باشیم. هوای محیط و هوای فضاهای مختلف همواره همراه با مقداری بخار آب است که بخار آب موجود در هوا را رطوبت هوا می‌نامند. مقدار رطوبت هوا در مکان‌های مختلف متفاوت است. مثلاً رطوبت هوا در کنار دریا معمولاً بیشتر از رطوبت هوا در بیابان و مناطق دور از سواحل است. همچنین رطوبت هوای جنگل معمولاً بیشتر از رطوبت هوا در کویر می‌باشد. به همین صورت رطوبت هوای فضاهای صنعتی مثل سالن‌های تولید، تجاری مثل فروشگاه‌ها و نمایشگاه‌ها، اقامتی مثل منازل و هتل‌ها، فرهنگی و آموزشی مثل سالن‌های نمایش و کلاس‌های آموزشی از نظر فنی و راحتی حایز اهمیت است.

جذب رطوبت باعث تغییر در خواص الیاف می‌شود. جذب رطوبت الیاف سبب تورم الیاف شده، که تورم الیاف نیز موجب

تغییر ابعاد الیاف خواهد شد و در نتیجه تورم موجب می‌شود تا اندازه‌های شکل، سختی و سفتی و نفوذپذیری نخ و پارچه تغییر کند. خواص مکانیکی و خواص اصطکاکی الیاف با جذب رطوبت تغییر می‌کند، در نتیجه جذب رطوبت سبب تغییر رفتار الیاف در انجام عملیات و حین استفاده به‌عنوان پوشاک می‌شود. جذب رطوبت الیاف یکی از عوامل مهم در تعیین خواص الکتریکی آن‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که، جذب رطوبت باعث کاهش تمایل الیاف به ایجاد الکتریسیته ساکن می‌شود.

برای درک مفهوم رطوبت هوا و استفاده از مقادیر مربوط به رطوبت هوا در مسایل فنی و تجاری سه تعریف رطوبت مطلق، رطوبت اشباع و رطوبت نسبی در نظر گرفته می‌شود. این تعاریف به‌صورت زیر هستند :

**۱- رطوبت مطلق :** رطوبت مطلق که با  $h$  نشان داده می‌شود، عبارت است از جرم آب موجود در واحد حجم هوا. رطوبت مطلق در واقع نشان‌دهنده جرم بخار آب موجود در واحد حجم هوا می‌باشد. واحد رطوبت مطلق در دستگاه بین‌المللی SI گرم در متر مکعب ( $g/m^3$ ) می‌باشد. از دیگر واحدهای رطوبت مطلق گرین در فوت مکعب ( $gr/ft^3$ ) است. رطوبت مطلق از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$h = \frac{\text{جرم بخار آب موجود در فضای معلوم (گرم)}}{\text{حجم فضای معلوم (متر مکعب)}} \quad (h) \text{ رطوبت مطلق}$$

**۲- رطوبت اشباع :** رطوبت اشباع که با  $h_s$  نشان داده می‌شود، عبارت است از حداکثر رطوبتی که واحد حجم هوا با دما و فشار معین می‌تواند در خود نگه‌دارد. واحد رطوبت اشباع همان واحد رطوبت مطلق یعنی گرم بر متر مکعب ( $g/m^3$ ) یا گرین بر فوت مکعب ( $gr/ft^3$ ) بوده و نشان‌دهنده جرم حداکثر بخار آب است که واحد حجم هوا با دما و فشار معین می‌تواند در خود نگه‌دارد. لازم به توضیح است که اگر هوای یک محیط به اشباع برسد، یعنی رطوبت آن در حالت اشباع باشد، و اگر بخار آب به داخل آن محیط وارد شود، بخار آب اضافی به‌صورت قطرات آب در می‌آید، چون هوای محیط مربوطه دیگر ظرفیت نگهداری بخار آب بیشتر را ندارد. با تغییر دما و فشار یک محیط، ظرفیت آن محیط برای نگهداری بخار آب یا رطوبت نیز تغییر می‌کند. لذا، با تغییر دما و فشار یک محیط، رطوبت اشباع محیط نیز تغییر می‌کند. یعنی رطوبت اشباع یک محیط بستگی به دما و فشار آن محیط دارد. بر این اساس، اگر دمای یک محیط زیاد شود، رطوبت اشباع آن محیط نیز زیاد می‌شود. اما اگر فشار یک محیط زیاد شود، رطوبت اشباع آن کم می‌شود.

اگر در فضایی با دما و فشار معین مقداری رطوبت وجود داشته باشد ولی رطوبت در حد اشباع نباشد، چنانچه دمای این فضا را به تدریج کاهش دهیم، در نهایت به دمایی خواهیم رسید که در آن دما رطوبت فضای مورد نظر به حد اشباع خواهد رسید. با رسیدن رطوبت فضا به حد اشباع، چنانچه دمای این فضا را همچنان کم کنیم، رطوبت موجود در این فضا به شکل قطرات آب در آمده و بر روی دیواره‌های فضای مورد نظر یا روی اجسام موجود در آن فضا خواهند نشست که به این قطرات آب «شبنم» و به دمایی که در آن دما شبنم ایجاد می‌شود «نقطه شبنم» می‌گویند.

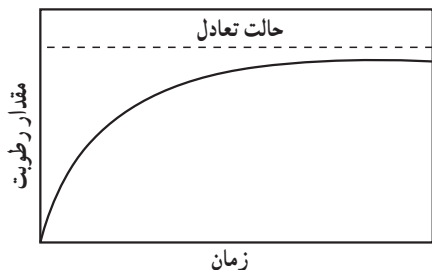
**۳- رطوبت نسبی :** رطوبت نسبی که با  $r.h$  نشان داده می‌شود، عبارت است از نسبت رطوبت مطلق هوا در یک شرایط معین دما و فشار به رطوبت اشباع هوا در همان شرایط دما و فشار، و معمولاً به درصد بیان می‌شود. درصد رطوبت نسبی از رابطه زیر حساب می‌شود :

$$\%r.h = \frac{h}{h_s} \times 100$$

رطوبت نسبی در واقع نشان می‌دهد که رطوبت مطلق که در هوا وجود دارد، چند درصد از رطوبت اشباع آن هوا (با شرایط دما و فشار معین) است.

از آنجا که رطوبت هوا در خواص و رفتار الیاف تأثیر دارد و با تغییر در رطوبت هوا، رفتار الیاف نیز تغییر می‌کند، بنابراین آزمایش بر روی الیاف نساجی باید در یک شرایط کنترل شده انجام شود. برای این منظور یک شرایط محیطی استاندارد برای آزمایش‌های الیاف نساجی تعریف شده است که این شرایط با رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای ۲۰°C می‌باشد که به شرایط استاندارد معروف است. چون کنترل رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای ۲۰°C برای شرایط استاندارد دشوار است، لذا یک محدوده قابل چشم‌پوشی مجاز که به تولرانس (tolerance) نامیده می‌شود، برای رطوبت نسبی و دما در شرایط استاندارد در نظر می‌گیرند. بنابراین شرایط استاندارد را به صورت ۶۵±۲٪ رطوبت نسبی و ۲۰±۲°C نشان می‌دهند.

### ۳-۷- تعادل در جذب و دفع رطوبت



شکل ۱-۷- رسیدن به تعادل در جذب و دفع رطوبت

چنان‌که در شکل ۱-۷ دیده می‌شود، هرگاه یک ماده نساجی مثل لیف، نخ یا پارچه در یک هوای معین (با دما و رطوبت معلوم) قرار داده شود، این ماده با سرعتی که به تدریج کم می‌شود، از هوا رطوبت جذب می‌کند یا رطوبت از دست می‌دهد تا با محیط به تعادل برسد، و حالت تعادل زمانی است که دیگر در رطوبت ماده نساجی مورد نظر تغییری ایجاد نشود.

تعادلی که بدین‌گونه حاصل می‌شود، یک تعادل دینامیکی می‌باشد. این تعادل،

به این دلیل تعادل دینامیکی نامیده می‌شود که، در یک زمان معین، تعداد مولکول‌های آب تبخیر شده از روی نمونه ماده نساجی، برابر تعداد مولکول‌های آب جذب شده توسط آن می‌باشد.

### ۴-۷- جذب رطوبت الیاف

مقدار رطوبت جذب شده توسط یک نمونه از الیاف به دو صورت «رطوبت باز یافته» و «رطوبت موجود» بیان می‌شود. رطوبت باز یافته که با R نشان داده می‌شود، عبارت است از نسبت جرم آب جذب شده به جرم نمونه خشک الیاف و به درصد بیان می‌شود. درصد رطوبت باز یافته از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\%R = \frac{\text{جرم آب جذب شده به وسیله نمونه (g)}}{\text{جرم نمونه خشک (g)}} \times 100$$

$$\%R = \frac{W}{D} \times 100$$

یا

در رابطه فوق:

W: جرم آب جذب شده

D: جرم نمونه خشک

رطوبت موجود که با M نشان داده می‌شود، عبارت است از نسبت جرم آب جذب شده به جرم نمونه مرطوب و به درصد بیان

می‌شود. درصد رطوبت موجود از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$\%M = \frac{\text{جرم آب جذب شده به وسیله نمونه (g)}}{\text{جرم نمونه مرطوب (g)}} \times 100$$

$$\%M = \frac{W}{W + D}$$

یا



در رابطه فوق :

W : جرم آب جذب شده

D : جرم نمونه خشک

رطوبت بازیافته و رطوبت موجود براساس روابط زیر با یکدیگر ارتباط دارند :

$$R = \frac{100 \cdot W}{D}$$

$$M = \frac{100 \cdot W}{D+W} = \frac{100 \cdot W/D}{1+W/D} = \frac{R}{1+R/100}$$

$$M = \frac{100 \times R}{100 + R}$$

## ۷-۵- اضافه وزن مجاز رطوبت محموله‌های نساجی

در معاملات تجاری مواد نساجی و منسوجات مثل الیاف و پارچه، یک حدی از رطوبت جذب شده توسط کالای نساجی مجاز شمرده می‌شود و به عنوان «اضافه وزن مجاز» بین خریدار و فروشنده مورد توافق قرار می‌گیرد. یعنی در خرید و فروش محموله‌های نساجی، وزن محموله با رطوبت بازیافته معین مورد توافق طرفین قرار گرفته و در اسناد مربوط به خرید و فروش درج می‌گردد. لازم به اشاره است که مقدار اضافه وزن مجاز فقط برای آسانی در عملیات تجاری نظیر توزین و پرداخت و دریافت ارزش محموله مورد نظر بوده، و معمولاً مقدار اضافه وزن مجاز طوری انتخاب می‌شود که در عمل کارهای مربوط به خرید و فروش تسهیل شود، و لزوماً اضافه وزن مجاز برابر رطوبت بازیافته در شرایط استاندارد در نظر گرفته نمی‌شود. رطوبت بازیافته برای اضافه وزن مجاز بعضی از الیاف در جدول زیر درج شده است.

جدول ۷-۱- رطوبت بازیافته برای اضافه وزن مجاز الیاف

نوع لیف	درصد رطوبت بازیافته برای اضافه وزن مجاز
پنبه	۸/۵
کنف	۱۲
کتان	۱۲
جوت	۱۳/۷۵
ویسکوز ریون	۱۳
استات سلولز ثانوی	۹
ابریشم	۱۱
پشم	۱۴-۱۹
نایلون ۶۶ و نایلون ۶	۵/۷۵ یا ۶/۲۵
پلی استر	۱/۵ یا ۳

## ۷-۶- اندازه‌گیری رطوبت بازیافته

برای تعیین رطوبت بازیافته الیاف نساجی دو روش کلی وجود دارد یکی از روش‌های کلی «روش مستقیم» و دیگری «روش

غیرمستقیم» است.

## ۷-۶-۱- روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته

در روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته، از توزین برای تعیین جرم رطوبت و جرم الیاف خشک استفاده می‌شود. بعد از تعیین جرم رطوبت و جرم الیاف خشک، رطوبت بازیافته محاسبه می‌شود. در زیر یک روش از روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته الیاف توضیح داده می‌شود.

— خشک کردن به روش توزین: روش توزین، روش اصلی تعیین رطوبت بازیافته و رطوبت موجود در الیاف می‌باشد و روش‌های غیرمستقیم تعیین رطوبت الیاف، با روش توزین مقایسه و سنجیده می‌شوند. در روش توزین، نمونه مورد نظر ابتدا توزین می‌شود، سپس خشک شده و مجدداً توزین می‌شود. با داشتن وزن نمونه قبل از خشک کردن و پس از خشک کردن، درصد رطوبت بازیافته نمونه به صورت زیر حساب می‌شود:

$$W+D = m_1 = \text{جرم نمونه پیش از خشک شدن}$$

$$D = m_2 = \text{جرم نمونه خشک شده}$$

$$\% R = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad \text{بنابراین درصد رطوبت بازیافته } (\%R) \text{ نمونه به روش روبه‌رو حساب می‌شود.}$$

در این روش، هنگام توزین اولیه برای تعیین جرم نمونه مرطوب مشکل خاصی به وجود نخواهد آمد، اما توزین نمونه خشک شده ممکن است با مشکلاتی همراه باشد، چون در هنگام توزین یا جایجایی نمونه، ممکن است رطوبت محیط جذب نمونه شود. در اینجا به چند روش خشک کردن اشاره می‌شود:

### الف) خشک کردن با استفاده از پنتا اکسید فسفر

برای دستیابی به نتایج دقیق در تعیین رطوبت بازیافته الیاف، لازم است نمونه الیاف در یک فضای بسته و در مجاورت مواد جاذب الرطوبه مثل پنتا اکسید فسفر و در دمای اطاق قرار داده شود. از آنجا که تمایل به جذب رطوبت این ماده خیلی زیاد است، لذا بدون اینکه دمای فضای مورد نظر تغییر کند، نمونه الیاف کاملاً خشک می‌شود. اما، این روش یک روش بسیار طولانی است و ممکن است هفته‌ها طول بکشد. با این حال، این روش برای اهداف تحقیقاتی خیلی دقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ب) خشک کردن با آون

روش معمول برای خشک کردن نمونه استفاده از آون با دمای حدود  $110^\circ\text{C}$  است. افزایش دمای هوای داخل آون سبب پایین آمدن رطوبت نسبی داخل آن می‌شود. بنابراین، اگرچه رطوبت مطلق داخل آون تقریباً ثابت می‌ماند، رطوبت اشباع داخل آون به شدت افزایش می‌یابد. بنابراین، رطوبت از داخل نمونه الیاف تبخیر می‌شود تا اینکه تعادلی بین رطوبت داخل الیاف و رطوبت داخل آون، برقرار شود. این روش خشک کردن به سرعت قابل انجام است و زمان آن طولانی نیست. در روش خشک کردن با آون دو منبع خطا وجود دارد. این دو منبع خطا عبارت‌اند از «رطوبت بازیافته باقیمانده» و «تلفات دائمی».

### — خطای رطوبت بازیافته باقیمانده: در روش خشک کردن با آون، رطوبت نسبی داخل آون پایین می‌آید ولی، هرگز به صفر

نمی‌رسد. بنابراین، در دمای  $110^\circ\text{C}$  داخل آون که رطوبت نسبی داخل آون بسیار ناچیز است، مقداری ناچیز رطوبت در داخل نمونه الیاف باقی می‌ماند که به «رطوبت بازیافته باقیمانده» معروف است. و همین «رطوبت بازیافته باقیمانده» منبع خطا در اندازه‌گیری رطوبت بازیافته بوده و باعث کمتر محاسبه شدن رطوبت بازیافته الیاف می‌شود.

### — خطای تلفات دائمی: دمای بالای داخل آون سبب می‌شود تا موادی غیر از آب مانند روغن‌ها و واکس‌ها (موم‌ها) که در

داخل الیاف هستند از داخل الیاف بیرون بیایند و خارج شدن این مواد از داخل الیاف به «تلفات دائمی» معروف بوده و منبع خطا در

محاسبه رطوبت بازیافته الیاف می‌شود. برعکس خطای «رطوبت بازیافته باقیمانده» که سبب کمتر محاسبه شدن رطوبت بازیافته الیاف می‌شود، خطای «تلفات دائمی» باعث بیشتر محاسبه شدن رطوبت بازیافته الیاف می‌گردد.

### ج) خشک کردن با جریان هوای داغ

برای خشک کردن نمونه‌های تجاری و معمولی، عموماً از یک آون ویژه استفاده می‌شود. این آون دارای یک سبب با ظرفیت حدود ۱ کیلوگرم الیاف بوده و سبب حاوی الیاف قابل توزین است. الیاف داخل سبب در مقابل جریان هوای داغ (حدود  $150^{\circ}\text{C}$ ) قرار می‌گیرد تا رطوبت داخل الیاف خارج شده و وزن الیاف ثابت شود. بعد از ثابت شدن وزن الیاف، جریان هوای داغ قطع شده و نمونه الیاف توزین می‌شود. این روش دارای خطاهایی مثل اختلاف وزن هوای گرم و سرد می‌باشد.

### د) روش خشک کردن سریع در آزمایشگاه

یک روش سریع خشک کردن نمونه الیاف در آزمایشگاه، استفاده از آون شیمیایی در دمای  $150^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. در این روش نمونه الیاف در داخل یک ظرف دردار (دسیکاتور) قابل توزین قرار می‌گیرد، سپس دسیکاتور حاوی نمونه و مواد جاذب الرطوبه در داخل آون با دمای  $150^{\circ}\text{C}$  قرار داده می‌شود تا نمونه به خوبی خشک شود. سپس دسیکاتور از آون خارج و در آن باز می‌شود تا الیاف خشک شده و توزین می‌شوند. این روش نیز دارای خطاهایی می‌باشد.

جدول ۷-۲ رطوبت بازیافته اندازه‌گیری شده به روش‌های مختلف را برای الیاف پشم نشان می‌دهد.

جدول ۷-۲- تعیین رطوبت بازیافته پشم

روش	میانگین رطوبت بازیافتی %	محدوده تغییرات مقادیر درصد رطوبت بازیافته سه آزمایش
خشک کردن با پنتا اکسید فسفر	۷/۱۳	۰/۲۲
خشک کردن با آون $110^{\circ}\text{C}$	۷/۱۶	۰/۱۹
خشک کردن با جریان هوای داغ $150^{\circ}\text{C}$	۷/۲۷	۰/۱۵
خشک کردن سریع در آزمایشگاه	۷/۳۳	۰/۱۶

### ۷-۶-۲- روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته

در تعیین رطوبت بازیافته الیاف به روش غیرمستقیم، از توزین یا اندازه‌گیری جرم رطوبت و الیاف استفاده نمی‌شود. در اینجا به چند روش غیرمستقیم برای اندازه‌گیری رطوبت بازیافته الیاف اشاره می‌شود.

۱- روش مقاومت الکتریکی: یکی از روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته الیاف نساجی، استفاده از روش مقاومت الکتریکی است. در این روش از اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الیاف برای تعیین رطوبت بازیافته آن‌ها استفاده می‌شود. برای این کار، یک مدار الکترونیکی مقاومت بین دو الکترود که در توده الیاف فرو برده می‌شوند را اندازه‌گیری می‌کند و مقاومت اندازه‌گیری شده به مقدار رطوبت بازیافته الیاف بستگی دارد. با تغییر رطوبت، مقاومت الکتریکی الیاف سریعاً تغییر می‌کند، لذا این روش، روش حساسی می‌باشد.

۲- روش خازن الکتریکی: در این روش از یک خازن الکتریکی برای اندازه‌گیری رطوبت بازیافته الیاف استفاده می‌شود. در روش خازن الکتریکی الیاف مورد آزمایش به‌عنوان دی‌الکتریک در داخل خازن قرار داده می‌شوند و براساس تغییر در ظرفیت یا ثابت دی‌الکتریک خازن، میزان رطوبت الیاف اندازه‌گیری می‌شود.

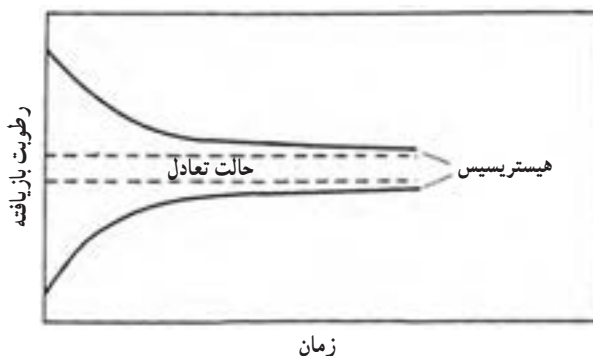
۳- روش گاز/استیلین: یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری رطوبت بازیافته، تکان دادن مخلوط حاوی وزن معینی از الیاف با کاربید کلسیم (Calcium Carbide) در داخل یک محفظه دربسته است. واکنش رطوبت داخل الیاف با کاربید کلسیم باعث تولید

گاز استیلین (acetylene) می‌شود. از مقدار فشار گاز استیلین داخل محفظه، می‌توان رطوبت بازیافته الیاف مورد آزمایش را حساب کرد.

۴- روش ترازویی: در این روش، اگرچه از ترازو استفاده می‌شود، ولی وزن الیاف یا رطوبت اندازه‌گیری نمی‌شود. بلکه فقط تغییر وزن الیاف که ناشی از تغییر رطوبت در آن‌ها است نشان داده می‌شود. در روش ترازویی، از دستگاهی استفاده می‌شود که در آن از یک وسیله شبیه ترازو و برای آویختن نمونه الیاف قرار دارد. تغییر رطوبت محیط و در نتیجه با تغییر رطوبت بازیافته الیاف، وزن الیاف تغییر کرده و بدین وسیله مقدار رطوبت بازیافته نمونه الیاف مستقیماً بر روی عقربه یا شاهین ترازو نشان داده می‌شود. از این دستگاه در سالن‌های ریسندگی برای تعیین وزن خشک الیاف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۷-۷- تأثیر رطوبت نسبی محیط بر رطوبت بازیافته الیاف

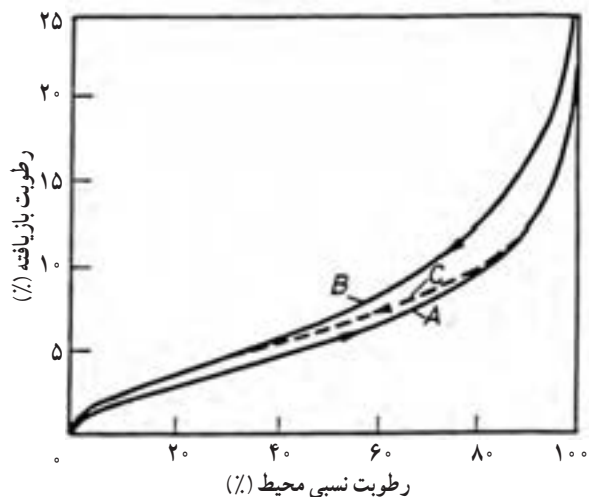
هرگاه یک نمونه مرطوب از الیاف و یک نمونه خشک از همان الیاف را در یک محیط با رطوبت نسبی معین قرار دهیم، نمونه مرطوب به تدریج رطوبت از دست می‌دهد و نمونه خشک به تدریج رطوبت جذب می‌کند. از دست دادن نمونه مرطوب و جذب رطوبت نمونه خشک در طول زمان انجام می‌شود، و این عمل دفع و جذب رطوبت ادامه می‌یابد تا اینکه هر دو نمونه یعنی نمونه‌های مرطوب و خشک از نظر رطوبت با محیط به تعادل برسند. عمل از دست دادن رطوبت نمونه مرطوب و جذب رطوبت نمونه خشک در یک محیط با رطوبت نسبی معین در شکل ۷-۲ نشان داده شده است. چنان‌که از روش شکل ۷-۲ دیده می‌شود. نمونه الیافی که ابتدا مرطوب بودند، در حالت تعادل با محیط دارای رطوبت بازیافته بیشتری نسبت به الیافی هستند که در ابتدا خشک بوده‌اند. یعنی اگر دو نمونه مرطوب و خشک از یک نوع لیف را در یک محیط با رطوبت نسبی معین قرار دهیم، دو نمونه به ترتیب با دفع و جذب رطوبت با محیط به تعادل می‌رسند ولی در حالت تعادل همواره نمونه‌ای که در ابتدا مرطوب بوده است دارای رطوبت بازیافته بیشتری نسبت به نمونه‌ای است که در ابتدا خشک بوده است. این پدیده که به پیشینه و گذشته دو نمونه الیاف مربوط می‌شود، به هیستریسیس معروف است.



شکل ۷-۲- حالت هیستریسیس در جذب و دفع رطوبت

شکل ۷-۳ منحنی‌های جذب و دفع رطوبت توسط الیاف پنبه نسبت به رطوبت نسبی محیط در دمای ثابت را نشان می‌دهد. منحنی A نشان‌دهنده جذب رطوبت نمونه خشک الیاف می‌باشد. چنان‌که دیده می‌شود اگر یک نمونه خشک از الیاف پنبه را در محیط با دمای ثابت و رطوبت نسبی ۱۰٪ قرار دهیم، با افزایش رطوبت نسبی محیط (محور افقی از ۰٪ تا ۱۰۰٪) نمونه خشک الیاف شروع به جذب رطوبت می‌کند و این جذب رطوبت ادامه می‌یابد تا با محیط به تعادل برسد. همین‌طور، اگر یک نمونه مرطوب

از الیاف پنبه را در محیط با همان دما ولی رطوبت نسبی ۱۰۰٪ قرار دهیم و رطوبت نسبی را به تدریج کم کنیم (محور افقی از ۱۰۰٪ تا ۰٪)، الیاف مرطوب شروع به دفع رطوبت کرده و روند کاهشی رطوبت بازیافته از منحنی B پیروی می‌کند. اختلاف بین مسیرهای جذب و دفع رطوبت (اختلاف بین منحنی‌های A و B) در واقع اثر پدیده هیستریسیس در جذب و دفع رطوبت توسط الیاف پنبه می‌باشد.

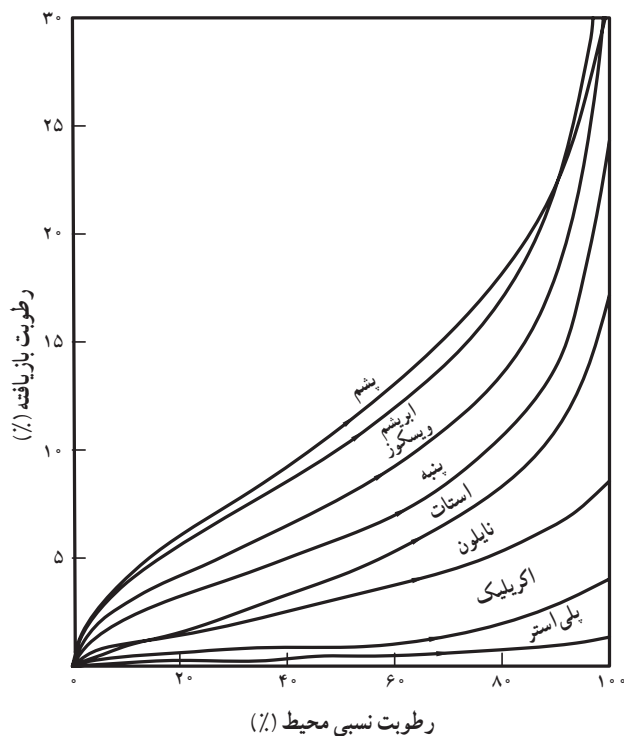


A: منحنی جذب، B: منحنی دفع، C: منحنی میانی

شکل ۳-۷- نمودار جذب و دفع رطوبت الیاف پنبه نسبت به رطوبت نسبی محیط در دمای ثابت

اما منحنی میانی C در شکل ۷-۳ نشان‌دهنده خشک

شدن یک نمونه از الیافی است که ابتدا با افزایش رطوبت نسبی محیط رطوبت جذب کرده و منحنی جذب آن از منحنی A پیروی می‌کند، و پس از جذب رطوبت تا حد معینی، با کاهش رطوبت نسبی محیط، شروع به دفع رطوبت می‌کند و منحنی برگشت (دفع رطوبت) از منحنی میانی C پیروی می‌کند تا اینکه بعد از تلاقی با منحنی B، در ادامه دفع رطوبت، از منحنی B پیروی می‌کند.



شکل ۴-۷- نسبت بین رطوبت بازیافته الیاف نساجی و رطوبت نسبی محیط

## ۷-۸- مقایسه رطوبت بازیافته الیاف مختلف

شکل ۷-۴ نسبت بین رطوبت نسبی محیط و رطوبت بازیافته الیاف مختلف را نشان می‌دهد. چنان‌که از روی این شکل دیده می‌شود، منحنی رطوبت بازیافته الیاف پشم و سپس الیاف ویسکوز بالاتر از همه الیاف قرار دارد. بعد از این دو لیف، الیاف ابریشم، پنبه و سپس استات بیشترین جذب رطوبت را داشته و در نهایت الیاف مصنوعی نایلون، اکریلیک و پلی‌استر قرار دارد. میزان جذب رطوبت الیاف بستگی به نوع مولکول‌ها یا اتم‌های تشکیل‌دهنده و ساختار فیزیکی زنجیرهای مولکولی آن‌ها دارد. مقدار رطوبت بازیافته الیاف نساجی در شرایط ۶۵٪ رطوبت نسبی و  $20^{\circ}\text{C}$  در جدول ۷-۳ درج شده است.

الیاف نساجی از نظر جذب رطوبت به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. این دو دسته عبارت‌اند از الیاف آب‌دوست یا هیدروفیل و الیاف آب‌گریز یا هیدروفوب. الیاف هیدروفیل الیافی هستند که جذب رطوبت آن‌ها بالاست و تمایل به جذب رطوبت دارند. از الیاف هیدروفیل می‌توان به الیاف پنبه، پشم و ویسکوز ریون اشاره کرد. الیاف هیدروفوب الیافی هستند که جذب رطوبت و تمایل آن‌ها به جذب رطوبت آن‌ها کم است. از الیاف هیدروفوب می‌توان به الیاف پلی‌استر و پلی‌اتیلن اشاره کرد.

جدول ۷-۳- رطوبت بازیافته الیاف نساجی در شرایط ۶۵٪ رطوبت نسبی و ۲۰°C

نوع الیاف	رطوبت بازیافته (%)
پنبه	۸
پنبه مرسریزه	۱۲
کنف	۸
کتان	۷
جوت	۱۲
ویسکوزیون	۱۴
استات نانوی	۶/۵
تری‌استات	۴/۵
ایریشم	۱۰
پشم	۱۶
نایلون (۶ و ۶۶)	۴/۵
پلی‌استر	۰/۴
اکریلیک	۲
PVC (پلی‌وینیل کلراید)	۰
PVA (پلی‌وینیل الکل)	۵
شیشه و پلی‌اتیلن	۰

## ۹-۷- اثرات جذب رطوبت الیاف

جذب رطوبت توسط الیاف نساجی، آثاری را به همراه دارد که بعضی از این آثار در رفتار این الیاف دیده می‌شود. از جمله این آثار می‌توان به ایجاد گرما در اثر جذب رطوبت، ایجاد تورم در اثر جذب رطوبت و تغییر در رفتار فیزیکی و مکانیکی الیاف در اثر جذب رطوبت نام برد. در اینجا به دو اثر از آثار جذب رطوبت یعنی حرارت جذب و تورم پرداخته می‌شود.

**۹-۷-۱- حرارت جذب:** وقتی الیاف نساجی رطوبت جذب می‌کنند، حرارت یا گرما تولید می‌شود. یعنی پدیده جذب رطوبت در الیاف نساجی یک پدیده گرمازا است. وقتی مولکول‌های آب جذب مولکول‌های لیف می‌شوند، در اثر نیروهای جاذبه‌ای که بین مولکول‌های آب و مولکول‌های لیف به وجود می‌آید گرما ایجاد می‌شود. از طرف دیگر، وقتی که همین مولکول‌های آب به صورت بخار جذب الیاف می‌شوند، گرمایی به واسطه تقطیر بخار آب (یعنی تبدیل بخار آب به مایع آب) به وجود می‌آید که همان گرمای نهان تبخیر می‌باشد. معمولاً گرمای ناشی از جذب رطوبت توسط الیاف نساجی به دو روش گرمای جزئی جذب و گرمای کلی جذب بیان می‌شود.

**۱- گرمای جزئی جذب:** گرمای جزئی جذب که با Q نشان داده می‌شود، عبارت است از گرمایی که وقتی یک گرم آب به وسیله مقدار زیادی از الیاف با رطوبت بازیافته معین جذب می‌شود و برحسب ژول بر گرم آب (واحد J/g) بیان می‌شود. گاهی اوقات گرمای جزئی جذب به «گرمای جذب» نامیده می‌شود.

**۲- گرمای کلی جذب:** گرمای کلی جذب که با W نشان داده می‌شود، به گرمای حاصل از جذب رطوبت یک نمونه الیاف با جرم خشک ۱ گرم و با رطوبت بازیافته معین که آنقدر رطوبت جذب می‌کند تا تر شود گفته می‌شود. گرمای کلی جذب به گرمای تر شدن نیز نامیده می‌شود و برحسب ژول بر گرم الیاف (واحد J/g) بیان می‌شود.

گرمای تر شدن بعضی از الیاف نساجی از حالت رطوبت بازیافته  $^{\circ}\text{C}$  در جدول ۷-۴ نشان داده شده است.

جدول ۷-۴- گرمای تر شدن الیاف نساجی از رطوبت بازیافته  $^{\circ}\text{C}$

نوع لیف	گرمای تر شدن (J/g)
پنبه	۴۶
ویسکوزیون	۱۰۶
استات	۳۴
پشم	۱۱۳
ابریشم	۶۹
نایلون	۳۱
پلی استر	۵
اکریلیک	۷
پنبه مرسریزه	۷۳
کتان	۵۵

۷-۹-۲- تورم الیاف: وقتی که الیاف نساجی رطوبت جذب می‌کنند، ابعاد این الیاف تغییر می‌کند و این الیاف در جهت

عرضی (سطح مقطع) و طولی متورم می‌شوند. تغییر در ابعاد الیاف در جهت طول و عرض که ناشی از جذب رطوبت می‌باشد را تورم می‌گویند. تورم الیاف در اثر جذب رطوبت دارای اثرات فنی در نخ و پارچه می‌باشد. مثلاً، تورم عرضی الیاف که باعث افزایش قطر الیاف می‌شود، جمع‌شدگی نخ را به همراه دارد.

همچنین تورم الیاف باعث می‌شود تا قطر نخ بافته‌شده در پارچه افزایش یابد، و همین افزایش قطر نخ در پارچه سبب مسدود

شدن خلل و فرج و منافذ پارچه شده و در نهایت نفوذ آب و هوا در داخل پارچه کاهش می‌یابد.

اثر تورم الیاف است که باعث می‌شود، الیاف نساجی در شیلنگ‌های آب

استفاده شوند. وقتی آب از داخل شیلنگ‌های آب پارچه‌ای عبور می‌کند، جذب آب و در نتیجه تورم الیاف باعث مسدود شدن منافذ شیلنگ پارچه‌ای شده و آب از داخل شیلنگ به بیرون تراوش نمی‌کند. همچنین در بعضی از پارچه‌های بارانی نیز از اصل تورم الیاف برای ضدآب کردن آن‌ها استفاده می‌شود. هرگاه باران بر روی پارچه‌های بارانی ضدآب می‌بارد، الیاف پارچه بارانی با جذب آب متورم می‌شوند و منافذ این پارچه‌های بارانی مسدود کرده و آب به داخل لباس نفوذ نمی‌کند.

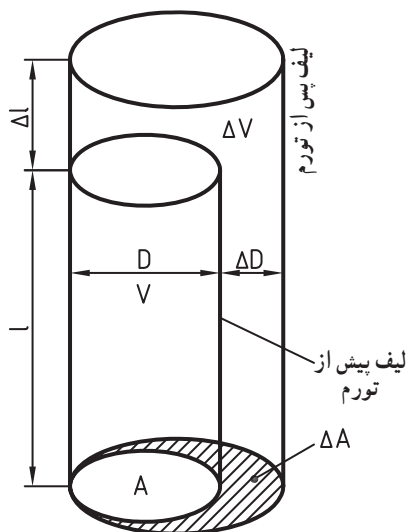
۱- تعاریف تورم: وقتی الیاف در اثر جذب رطوبت متورم می‌شوند،

قطر، مساحت مقطع، طول و حجم آن‌ها زیاد می‌شود. از این‌رو، تورم ممکن است براساس افزایش در قطر، سطح مقطع، طول یا حجم بیان شود. شکل

۷-۵ ابعاد یک لیف را در حالت قبل از تورم و بعد از تورم نشان می‌دهد. مقدار

تورم قطری، سطحی، طولی و حجمی الیاف با توجه به شکل ۷-۵ به صورت

زیر تعیین می‌شوند:



شکل ۷-۵- تغییر در ابعاد الیاف در اثر تورم

$$S_D = \frac{\Delta D}{D}$$

الف) تورم قطری

در رابطه فوق؛

$S_D$ : تورم قطری

$\Delta D$ : افزایش قطر در اثر تورم

$D$ : قطر لیف قبل از تورم

$$S_A = \frac{\Delta A}{A}$$

ب) تورم سطحی

در رابطه فوق؛

$S_A$ : تورم سطحی

$\Delta A$ : افزایش مساحت مقطع عرضی لیف در اثر تورم

$A$ : مساحت مقطع عرضی لیف قبل از تورم

$$S_l = \frac{\Delta l}{l}$$

ج) تورم طولی

در رابطه فوق؛

$S_l$ : تورم طولی

$\Delta l$ : افزایش طول در اثر تورم

$l$ : طول اولیه قبل از تورم

$$S_V = \frac{\Delta V}{V}$$

د) تورم حجمی

در رابطه فوق؛

$S_V$ : تورم حجمی

$\Delta V$ : افزایش حجم در اثر تورم

$V$ : حجم اولیه لیف قبل از تورم

لازم به توضیح است که روابط تورمی که در بالا اشاره شده اند به صورت نسبت، نشان داده شده اند، مثلاً، تورم حجمی براساس نسبت افزایش حجم به حجم اولیه بیان شده است. با این حال، در بیان مقدار تورم می توان از درصد نیز استفاده کرد. شکل سطح مقطع یک فیلامنت ویسکوزیون در حالت خشک و تورم بعد از جذب رطوبت در شکل ۶-۷ نشان داده شده است.



شکل ۶-۷- نمای مقطع عرضی فیلامنت ویسکوزیون قبل و بعد از تورم



۲- تورم الیاف در داخل آب: جدول ۷-۵ درصد تورم الیاف مختلف را وقتی در آب قرار می‌گیرند نشان می‌دهد. در این جدول، درصد تورم بعضی از الیاف با چند عدد درج شده است. این به دلیل اندازه‌گیری تورم به وسیله چند نفر و اعلام اعداد مختلف توسط آن‌هاست. چنان‌که از روی اعداد روی جدول دیده می‌شود، می‌توان فهمید که تورم الیاف طبیعی بیشتر از تورم الیاف مصنوعی است، و این به دلیل جذب رطوبت بیشتر الیاف طبیعی است. از سوی دیگر، هرچه جذب رطوبت الیاف بیشتر باشد، معمولاً تورم آن‌ها نیز بیشتر است. یکی از نکات قابل توجه در جدول ۷-۵، آن است که به استثنای نایلون، تورم عرضی همه الیاف بیشتر از تورم طولی آن‌هاست. در الیاف نایلون، به دلیل وجود پوسته محکم این الیاف که مانع از تورم عرضی می‌شود، تورم طولی بیشتر از تورم عرضی است.

جدول ۷-۵- تورم الیاف در آب

نوع لیف	تورم قطری (%)	تورم سطحی (%)	تورم طولی (%)	تورم حجمی (%)
پنبه	۲۳ و ۲۰ و ۷	۲۱ و ۴۲ و ۴۰	-	-
کتان	-	۴۷	۰/۱ و ۰/۲	-
جوت	۲۱ و ۲۰	۴۰	-	-
پنبه مرسریزه	۱۷	۲۴ و ۴۶	۰/۱	-
ویسکوز ریون	۲۵ و ۳۵ و ۵۲	۱۱۴ و ۱۱۳ و ۶۶ و ۶۷ و ۵۶ و ۵۰	۳/۷ و ۴/۸	۱۰۹ و ۱۱۷ و ۱۱۵ و ۱۱۹ و ۱۲۳ و ۱۲۶ و ۷۴
فورتیزان	-	۲۲	-	-
استات	۹ و ۱۱ و ۱۴	۶ و ۸	۰/۱ و ۰/۳	-
پشم	۱۴/۸ و ۱۷	۲۵ و ۲۶	-	۳۶ و ۳۷ و ۴۱
ابریشم	۱۶/۵ و ۱۶/۳ و ۱۸/۷	۱۹	۱/۶ و ۱/۳	۳۰ و ۳۲
نایلون	۱/۹ و ۲/۶	۱/۶ و ۳/۷	۲/۷ و ۶/۹	۸/۱ و ۱۱

- ۱- مطالعه تأثیر رطوبت بر مواد نساجی چه اهمیتی دارد؟
- ۲- یکی از معایب جذب رطوبت بالای الیاف طبیعی را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۳- رطوبت مطلق، رطوبت اشباع و رطوبت نسبی را تعریف کنید.
- ۴- در یک فضای با رطوبت مطلق معین، وقتی دما را افزایش می‌دهیم، رطوبت مطلق و رطوبت نسبی چه تغییری می‌کنند؟ توضیح دهید.
- ۵- شرایط استاندارد را تعریف کنید.
- ۶- تعادل دینامیکی در جذب و دفع رطوبت را توضیح دهید.
- ۷- نقطه شبنم را توضیح دهید.
- ۸- رطوبت موجود و رطوبت بازیافته الیاف را تعریف کرده و روابط هریک را بنویسید.
- ۹- توضیح دهید که رطوبت بازیافته از رطوبت موجود بیشتر است یا برعکس؟
- ۱۰- «اضافه وزن مجاز» را تعریف کنید و بنویسید در کجا از آن بهره گرفته می‌شود؟
- ۱۱- روش‌های مستقیم و غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته را بنویسید.
- ۱۲- دو روش از روش‌های مستقیم اندازه‌گیری رطوبت بازیافته را نام برده و توضیح دهید.
- ۱۳- سه روش خشک کردن الیاف را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۱۴- دو منبع خطا در روش خشک کردن با آون را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۱۵- چهار روش از روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۱۶- هیستریسیس در جذب رطوبت الیاف را بنویسید.
- ۱۷- هیدروفیل و هیدروفوب به چه الیافی گفته می‌شود.
- ۱۸- دو اثر از آثار جذب رطوبت الیاف را نام ببرید.
- ۱۹- گرمای جزئی جذب و گرمای کلی جذب را توضیح دهید و واحد آن‌ها را بیان کنید.
- ۲۰- تورم الیاف را تعریف کنید.
- ۲۱- انواع تورم در الیاف را بنویسید.
- ۲۲- کدامیک از تورم‌ها (تورم قطری یا تورم طولی) در الیاف بیشتر است.
- ۲۳- چرا در الیاف نایلون تورم طولی بیشتر از تورم قطری است؟
- ۲۴- روابط تورم قطری، سطحی، طولی و حجمی را بنویسید.
- ۲۵- توده‌ای از یک نوع لیف با جرم خشک ۶۰ گرم در یک محیط قرار داده می‌شود تا جرم آن به ۶۴ گرم برسد. رطوبت موجود و رطوبت بازیافته را حساب کنید.
- ۲۶- یک محموله از الیاف پنبه به جرم ۲۵۰۰۰ کیلوگرم و رطوبت بازیافته ۷/۵ درصد می‌باشد. بعد از حمل این محموله، رطوبت بازیافته محموله به ۴ درصد کاهش می‌یابد. وزن محموله در مقصد چند کیلوگرم است.
- ۲۷- یک محموله ۱۰۰ تنی از پارچه فاستونی (۴۵٪ پشم، ۵۵٪ پلی‌استر) خریداری شده است. اگر رطوبت بازیافته پشم ۱۳/۵٪ و رطوبت بازیافته پلی‌استر ۵/۰٪ باشد، وزن پشم و پلی‌استر در حالت خشک را حساب کنید. وزن آب جذب شده توسط این محموله چند کیلوگرم است.

# خواص کششی الیاف

## ۸

### فصل

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- اهمیت خواص کششی الیاف را توضیح دهد.
- ۲- منحنی بار-افزایش طول و تنش- کرنش الیاف و قسمت‌های مختلف آن را توضیح دهد.
- ۳- تنش را تعریف کند و رابطه آن را بنویسد.
- ۴- کرنش را تعریف کند و رابطه آن را بنویسد.
- ۵- تنش مخصوص را تعریف کند و رابطه آن را بنویسد.
- ۶- اصطلاحات مربوط به کشش الیاف را تعریف کند و روابط بین آن‌ها را بنویسد.
- ۷- نقطه تسلیم را تعریف کرده و روش تعیین آن را توضیح دهد.
- ۸- روش‌های مختلف بارگذاری و اثرات آن را بر رفتار الیاف نساجی توضیح دهد.
- ۹- محاسبات مربوط به رفتار کششی الیاف را از روی نمودار یا داده‌های آزمایش انجام دهد.
- ۱۰- اثرات زمان در رفتار کششی الیاف را توضیح دهد.
- ۱۱- خزش و افت تنش در الیاف نساجی را تعریف کند.
- ۱۲- اثرات رطوبت و حرارت بر رفتار کششی الیاف را توضیح دهد.
- ۱۳- اثرات تابش نور و اشعه‌ها را بر روی الیاف نساجی توضیح دهد.

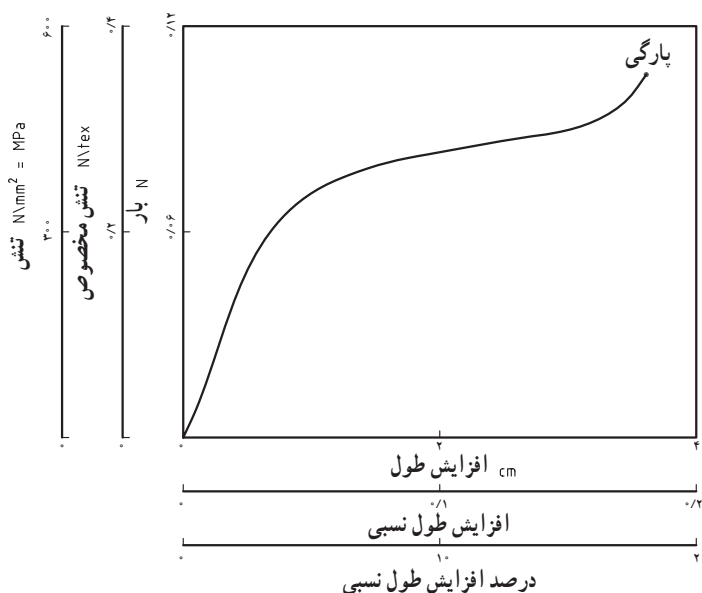
# خواص کششی الیاف

## ۸-۱- اهمیت خواص کششی الیاف

خواص مکانیکی الیاف نساجی (یعنی رفتار الیاف نساجی در مقابل نیروی وارده یا تغییر شکل) از نظر فنی مهم‌ترین خاصیت آن‌ها می‌باشد. خواص مکانیکی الیاف نساجی از دو منظر دارای اهمیت است، یکی رفتار آن‌ها در حین عملیات ریسندگی، بافندگی و ... و دیگری خواص محصول نهایی یعنی نخ، پارچه و لباس. خواص یک محصول نساجی مثل نخ یا پارچه به پیچیدگی روابط بین چگونگی قرار گرفتن الیاف در داخل ساختمان منسوج و رفتار الیاف بستگی دارد. بنابراین، برای تحلیل رفتار یک منسوج مثل نخ یا پارچه فقط دانستن رفتار الیاف به کار رفته در آن کافی نیست. چون بعضی از الیاف دارای یک ویژگی ذاتی هستند که این ویژگی ذاتی آن‌ها در مقابل بعضی خواص الیاف مجاور آن‌ها تغییر می‌کند. بنابراین خواص ذاتی الیاف تا حدی در خواص نخ یا پارچه تأثیر دارد. مثلاً مقاومت یک نخ هیچ‌گاه از مجموع مقاومت‌های الیافی که آن را تشکیل می‌دهند بیشتر نخواهد بود.

خواص مکانیکی یک لیف حاصل عوامل مختلفی است، ترکیب همین عوامل مختلف است که یک ویژگی خاص آن لیف را تعیین می‌کند. در استفاده از الیاف و کاربرد آن‌ها، باید بدانیم که کدام خاصیت آن مناسب مصرف نهایی لیف می‌باشد. مثلاً لیفی که دارای مقاومت سایشی مناسبی است برای لباس‌های روی ورزشی، الیافی که دارای جذب رطوبت خوبی هستند برای لباس زیر و الیافی که دارای مقاومت کششی خوبی هستند برای مصارف صنعتی به کار می‌روند.

به دلیل شکل خاص الیاف، مهم‌ترین خاصیت مکانیکی الیاف، رفتار کششی آن‌ها یعنی رفتار آن‌ها در مقابل نیروی محوری وارده و تغییر شکل در جهت طول الیاف می‌باشد. بر این اساس، ساده‌ترین روش برای مطالعه خواص مکانیکی الیاف، بررسی افزایش طول و پارگی الیاف تحت بارگذاری تدریجی می‌باشد.



## ۸-۲- منحنی‌های بار - افزایش طول و

### تنش - کرنش

چنان‌که در شکل ۸-۱ دیده می‌شود، رفتار یک لیف در مقابل نیرویی که به تدریج به آن وارد می‌شود، به وسیله یک منحنی بار - افزایش طول که در انتهای آن نقطه پارگی لیف مشخص شده است می‌تواند نشان داده شود. در اینجا، نیرو می‌تواند برحسب نیوتن یا گرم نیرو و افزایش طول برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شود. ولی اگر قرار باشد که انواع مختلف الیاف را بدون در نظر گرفتن ابعاد آن‌ها

شکل ۸-۱ - منحنی بار - افزایش طول برای یک نمونه با طول ۲ cm، نمره ۳/۰ tex و جرم حجمی ۱/۵ g/cm<sup>۳</sup>.

با یکدیگر مقایسه کنیم، لازم است از دیگر واحدها مثلاً واحدهای تنش استفاده کنیم. بنابراین در بیشتر محاسبات فیزیکی و مهندسی، به جای بار از تنش استفاده می‌کنند. تنش عبارت است از نیرو تقسیم بر سطحی که نیرو بر آن اثر می‌کند. تنش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{F}{A}$$

در رابطه فوق؛

S: تنش بر حسب نیوتن بر مترمربع؛

F: بار بر حسب نیوتن؛

A: مساحت سطح مقطع بر حسب مترمربع.

در دستگاه SI واحد تنش نیوتن بر مترمربع ( $N/m^2$ ) می‌باشد که پاسکال (Pa) نیز نامیده می‌شود.

اما، در نساجی برای مطالعه الیاف بیشتر به وزن یا جرم الیاف توجه می‌شود، نه به شکل و ابعاد الیاف. از سوی دیگر، در نساجی تعیین و بیان مساحت مقطع الیاف بسیار دشوار است و چنان‌که در فصول قبلی اشاره شده است، در بیان سطح مقطع یا قطر الیاف معمولاً از جرم واحد طول یا نمره استفاده می‌شود. بنابراین، در رابطه مربوط به تنش که در بالا به آن اشاره شده است، به جای مساحت مقطع عرضی لیف، از جرم لیف استفاده می‌شود. در این صورت وقتی از جرم لیف برای محاسبه تنش استفاده می‌شود، تنش حاصل به تنش مخصوص معروف است.

$$S_s = \frac{F}{M}$$

در رابطه فوق واحدها بر اساس سیستم SI عبارتند از؛

$S_s$ : تنش مخصوص بر حسب نیوتن متر بر کیلوگرم ( $Nm/kg$  یا  $Pam^3/kg$ )؛

F: بار بر حسب نیوتن (N)؛

M: جرم واحد طول بر حسب کیلوگرم بر متر ( $kg/m$ ).

اما، برای اینکه از رابطه تنش مخصوص بتوانیم در نساجی استفاده کنیم، بهتر است از نمره تکس (Tex) الیاف در این رابطه بهره گرفته شود، که در این صورت واحد تنش مخصوص نیوتن بر تکس ( $N/tex$ ) خواهد بود. برای تنش‌های کوچکتر، از واحدهای سانتی‌نیوتن بر تکس ( $CN/tex$ ) و میلی‌نیوتن بر تکس ( $mN/tex$ ) نیز استفاده می‌شود.

مثال ۸-۱: یک نخ با نمره ۱۶ تکس تحت نیرویی برابر ۸/۵ نیوتن پاره شده است. تنش مخصوص پارگی این نخ را حساب کنید.

$$\text{حل: } (N/tex) = \frac{\text{نیرو}}{\text{نمره تکس نخ}} = \frac{F}{tex}$$

$$S_s = \frac{8/5}{16}$$

$$S_s = 0.53125 N/tex$$

مثال ۸-۲: یک تک فیلامنت از الیاف مصنوعی دارای نمره ۹۹ دنیر می‌باشد. اگر این تک فیلامنت تحت نیروی ۷/۲۶

نیوتن قرار گیرد، تنش مخصوص وارده به تک فیلامنت را بر حسب  $N/tex$  حساب کنید.

حل:

$$tex = \frac{den}{9}$$

ابتدا لازم است نمره تک فیلامنت را به تکس تبدیل کنیم.

$$\text{tex} = \frac{99}{9} = 11$$

رابطه بین تنش مخصوص، بار وارده و نمره به صورت زیر می باشد :

$$S_s = \frac{F \text{ (بار یا نیرو)}}{\text{tex (وزن واحد طول نخ)}} \text{ (تنش مخصوص)}$$

$$S_s = \frac{7/26}{11}$$

$$S_s = 0/66 \text{ N/tex}$$

## ۸-۲-۱- برخی تعاریف در کشش الیاف

برای درک مفاهیم فیزیکی و مکانیکی در کشش الیاف و استفاده آن‌ها در محاسبات، لازم است بعضی تعاریف در اینجا ارایه شوند :

۱- **طول اولیه ( $l_1$ )**: به درازا و بلندی نمونه قبل از وارد شدن بار یا نیرو، طول اولیه می گویند. طول اولیه در واقع به درازای نمونه در حالت مستقیم شده و بدون چین و تجعد گفته می شود.

۲- **افزایش طول ( $\Delta l$ )**: به اختلاف طول نمونه در حالت کشیده شده و طول اولیه، افزایش طول گفته می شود. به عبارت دیگر، وقتی به لیفی نیرو وارد می شود، طول آن در اثر نیروی وارد شده اضافه می شود، به طول اضافه شده در اثر نیروی وارد شده، افزایش طول می گویند. اگر طول اولیه نمونه‌ای  $l_1$  و طول آن پس از وارد شدن نیرو به  $l_2$  برسد، افزایش طول  $\Delta l$  از رابطه زیر به دست می آید :

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

۳- **افزایش طول نسبی یا کرنش ( $\varepsilon$ )**: افزایش طول نسبی یا کرنش، عبارت است از نسبت بین افزایش طول ( $\Delta l$ ) و طول اولیه ( $l_1$ ) و از حاصل تقسیم  $\Delta l$  بر  $l_1$  به دست می آید.

$$\varepsilon = \frac{l_2 - l_1}{l_1} = \frac{\Delta l}{l_1}$$

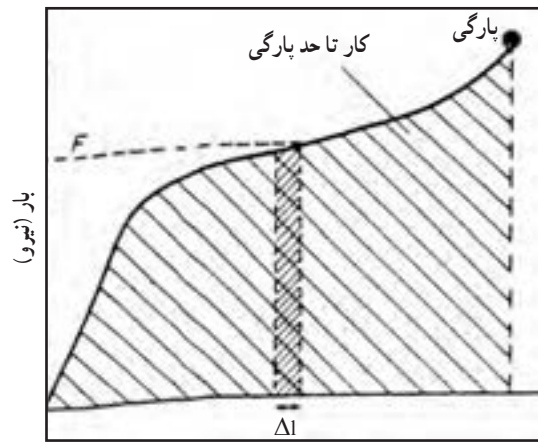
در بیشتر مواقع افزایش طول نسبی به صورت درصد حساب شده و بیان می شود. در این صورت درصد افزایش طول نسبی ( $\varepsilon$ ٪) به صورت زیر حساب می شود :

$$\% \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1} \times 100$$

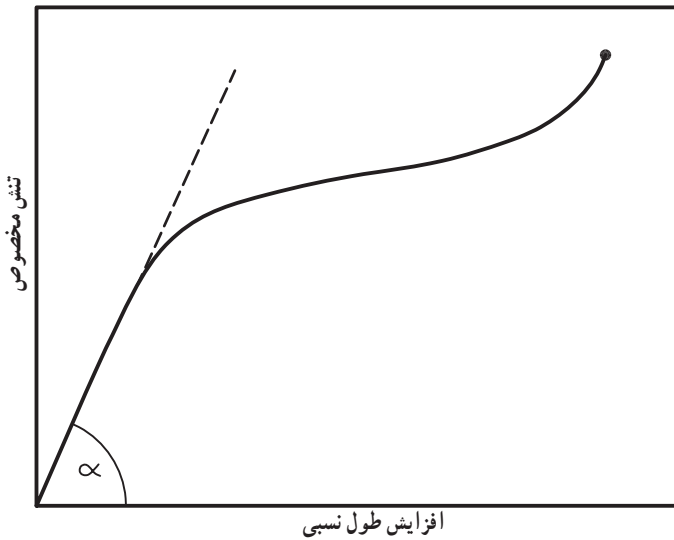
۴- **مقاومت**: به حداکثر نیروی کششی لازم برای پارگی لیف، مقاومت لیف گفته می شود. وقتی که مقاومت یک لیف به تنهایی در نظر باشد، نیرو یا بار پارگی لیف به عنوان مقاومت لیف در نظر گرفته می شود. ولی، وقتی لازم باشد مقاومت دو یا چند لیف را با هم مقایسه کنند، از تنش مخصوص برای بیان مقاومت استفاده می کنند.

۵- **افزایش طول تا حد پارگی**: افزایش طولی که در آن افزایش طول، لیف پاره می شود به افزایش طول تا حد پارگی نامیده می شود. افزایش طول تا حد پارگی ممکن است بر حسب طول اضافه شده، نسبت افزایش طول به طول اولیه یا درصد افزایش طول نسبت به طول اولیه بیان شود.

۶- **کار تا حد پارگی**: به مقدار انرژی لازم برای پاره شدن لیف، کار تا حد پارگی گفته می شود و واحد آن ژول (J) است. چنان که در شکل ۸-۲ نشان داده شده است، کار تا حد پارگی برابر مساحت زیر نمودار بار-افزایش طول می باشد.



شکل ۸-۲- کار تا حد پارگی



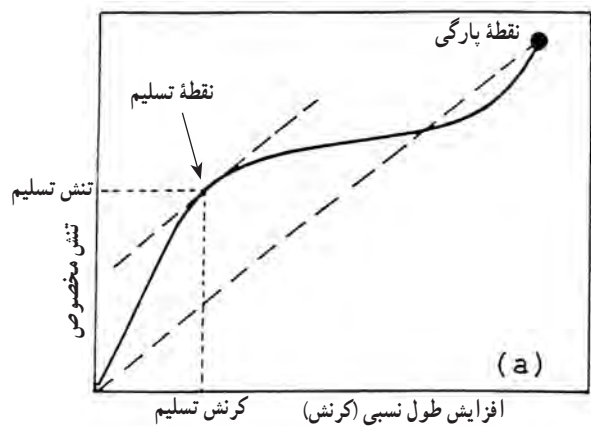
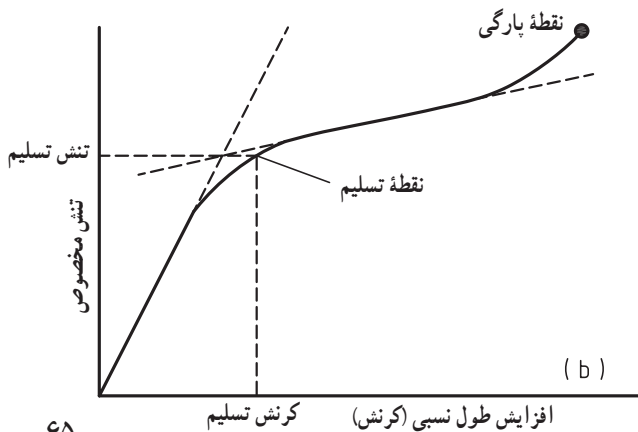
شکل ۸-۳- مدول اولیه  $\tan \alpha =$

۷- مدول اولیه: با توجه به شکل ۸-۳ که نمودار

تنش - کرنش یک لیف را نشان می‌دهد، منحنی تنش - کرنش اغلب الیاف از سه قسمت مشخص تشکیل شده است. قسمت اول، یک قسمت خطی است با شیب زیاد؛ قسمت دوم، قسمتی است که شیب آن ملایم است، و قسمت سوم قسمتی است که شیب منحنی مجدداً زیاد شده و نهایتاً به نقطه پارگی لیف می‌رسد. به شیب قسمت اول منحنی تنش - کرنش مدول اولیه گفته می‌شود. لازم به توضیح است، اگر بارگذاری روی لیف در ناحیه خطی اولیه نمودار تنش - کرنش باشد، بعد از برداشتن بار و نیروی وارده، نمونه لیف به طول اولیه خود بازمی‌گردد.

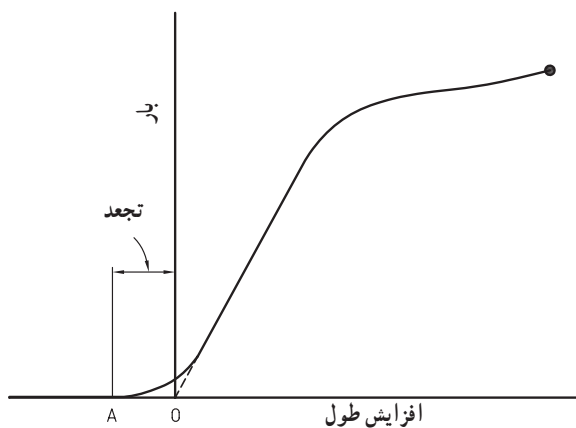
۸- نقطه تسلیم: با توجه به شکل ۸-۴، وقتی منحنی تنش - کرنش الیاف نساجی رسم می‌شود، بین دو قسمت اول منحنی،

یعنی بین قسمت خطی و با شیب زیاد اولیه و قسمت دوم که با شیب ملایم می‌باشد، می‌توان یک نقطه مشخص را در نظر گرفت که این نقطه به نقطه تسلیم معروف است.



شکل ۸-۴- تعیین نقطه تسلیم

برای تعیین نقطه تسلیم، دو روش پیشنهاد می‌شود، در روش اول (قسمت a از شکل ۸-۴) ابتدا خطی بین مبدأ و نقطه پارگی لیف رسم می‌کنیم. سپس خطی موازی خط مذکور طوری رسم می‌کنیم تا مماس بر سطح منحنی در بین دو ناحیه اول (قسمت با شیب زیاد) و دوم (قسمت با شیب ملایم) باشد. نقطه تماس خط مماس رسم شده و منحنی به‌عنوان نقطه تسلیم شناخته می‌شود. اما در روش دوم، قسمت b از شکل ۸-۴ خطی منطبق بر قسمت اول منحنی رسم می‌کنیم و آن را به سمت بالا بصورت خط چین ادامه می‌دهیم، سپس خطی دیگر منطبق بر قسمت دوم منحنی تنش - کرنش رسم می‌کنیم و آن را از سمت چپ ادامه می‌دهیم تا خط چین ترسیم شده منطبق بر قسمت اول را قطع کند. از محل تقاطع دو خط ترسیم شده خطی افقی رسم می‌کنیم تا منحنی تنش - کرنش را قطع نماید. محل تقاطع خط افقی ترسیم شده و منحنی تنش - کرنش به‌عنوان نقطه تسلیم در نظر گرفته می‌شود. لازم به توضیح است که اگر لیف تا حد نقطه تسلیم کشیده شود و بار وارده برداشته شود، لیف به طول اولیه برمی‌گردد. ولی اگر، افزایش طول لیف طوری باشد که لیف بیش از نقطه تسلیم کشیده شود، پس از حذف بار، فقط افزایش طول تا نقطه تسلیم بر می‌گردد و افزایش طول از نقطه تسلیم به بعد، در لیف باقی می‌ماند.



شکل ۸-۵- نمودار بار - افزایش طول یک لیف مجعد.

**۹- تجعد:** در بررسی رفتار کششی الیاف، فرض شده است که الیاف مستقیم بوده و هیچ‌گونه فروموجی ندارند. اما، بسیاری از الیاف دارای فروموج و تجعد هستند. تجعد موجود در الیاف، در هنگام آزمایش کشش، با نیروی بسیار کمی بر طرف شده و لیف به‌صورت مستقیم در می‌آید. اگر، یک لیف مجعد به‌صورت آزاد و با حالت دارای فروموج در یک دستگاه آزمایش کشش قرار گیرد، نمودار بار - افزایش طول آن به صورت شکل ۸-۵ خواهد بود. یعنی منحنی نمودار از نقطه A که خارج از نقطه صفر است شروع می‌شود.

برای برطرف کردن اثر تجعد لیف در نمودار بار - افزایش طول، خطی منطبق بر قسمت اولیه نمودار که با شیب تند می‌باشد

را در پایین و بصورت خط چین ادامه می‌دهیم تا محور افقی را در نقطه O قطع کند. نقطه O به‌دست آمده به‌عنوان مبدأ و فاصله AO به‌عنوان مقدار تجعد در نظر گرفته می‌شود، و از این طریق می‌توان درصد تجعد لیف را نیز حساب کرد. در این صورت:

$$AO = \text{مقدار تجعد}$$

## ۸-۳- روش‌های مختلف بارگذاری

روش‌های مختلفی برای بارگذاری و آزمایش کشش الیاف وجود دارد. نوع روش بارگذاری مورد استفاده برای آزمایش کشش الیاف، بر رفتار این الیاف تأثیر می‌گذارد. از روش‌های مختلفی که برای بارگذاری در آزمایش کشش الیاف وجود دارد، در اینجا به دو روش مهم که دستگاه‌های آزمایش کشش الیاف براساس آن‌ها شناخته می‌شوند، اشاره می‌شود:

**۱- روش بارگذاری با نرخ افزایش طول ثابت:** در این روش بارگذاری، سرعت افزایش طول لیف ثابت می‌باشد. یعنی افزایش طول لیف در واحد زمان (نرخ افزایش طول) ثابت است.

**۲- روش بارگذاری با نرخ افزایش بار ثابت:** در این روش بارگذاری، سرعت افزایش بار ثابت می‌باشد. یعنی افزایش بار وارده بر لیف در واحد زمان (نرخ افزایش بار) ثابت می‌باشد.

تأثیر دو روش بارگذاری فوق را می‌توان در شکل منحنی تنش - کرنش یا منحنی بار از دید طول دید. یکی دیگر از تفاوت‌های بین دو روش بارگذاری فوق، تأثیر آن‌ها بر رفتار وابسته به زمان الیاف مثل افت تنش و خزش می‌باشد.



## ۸-۴- اثرات زمان در کشش الیاف

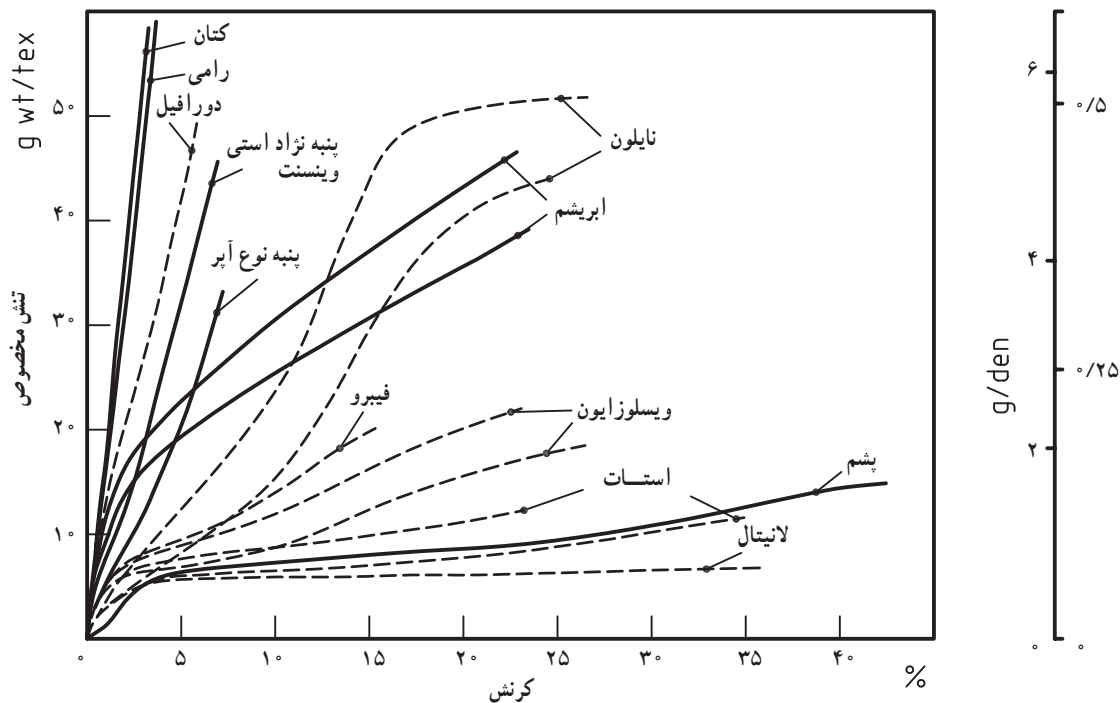
پدیده‌هایی در طبیعت وجود دارند که به آن‌ها پدیده‌های وابسته به زمان می‌گویند. مثلاً رشد گیاه، فاسد شدن میوه، تخمیر مواد، تغییر رنگ در هوای آزاد، پدیده‌هایی هستند که وابسته به زمان هستند. رفتار الیاف نساجی در مقابل بارگذاری نیز وابسته به زمان می‌باشد. از آثار وابستگی به زمان رفتار الیاف نساجی در مقابل بارگذاری، دو پدیده خزش و افت تنش در الیاف نساجی می‌باشد.

**۱- خزش:** هرگاه وزنه‌ای را به یک سر لیف ببندیم و لیف را از سر دیگر آن آویزان کنیم، ابتدا لیف یک افزایش طول اولیه به واسطه سنگینی وزنه خواهد داشت، و طول لیف در مدت زمان آویزان بودن وزنه به تدریج افزایش می‌یابد. این در حالی است که وزنه آویزان شده به لیف ثابت بوده، ولی افزایش طول به تدریج و در جریان زمان اتفاق می‌افتد. به این پدیده، یعنی افزایش طول با تنش ثابت و در طول زمان را «خزش» می‌گویند.

**۲- افت تنش:** هرگاه یک لیف را تحت یک تنش معینی کشیده و دو سر آن را به فاصله معینی از هم در دو جای ثابت ببندیم، تنش موجود در لیف به تدریج کاهش می‌یابد. به این پدیده، یعنی کاهش تنش با طول ثابت و در طول زمان را افت تنش می‌گویند.

## ۸-۵- نتایج آزمایش کشش بر روی الیاف

شکل ۸-۶ نمودار تنش- کرنش بعضی از الیاف نساجی را نشان می‌دهد. لازم به یادآوری است که نمودارهای نشان داده شده در این شکل، مربوط به یک نوع خاص از الیاف مورد نظر می‌باشد، یعنی اگر نوع لیف یا تژاد و منشأ لیف طبیعی یا تولیدکننده لیف مصنوعی تغییر کند، ممکن است شکل منحنی نیز تغییر کند.



شکل ۸-۶- نمودار تنش- کرنش الیاف نساجی در شرایط ۶۵٪ رطوبت نسبی و ۲۰°C.

برخی از خواص کششی الیاف نساجی در جدول ۱-۸ درج شده است.

جدول ۱-۸- خواص کششی الیاف نساجی

نوع لیف	مقاومت (N/tex)	افزایش طول تا حد پارگی (%)	کار تا حد پارگی (mN/tex)	مدول اولیه (N/tex)	تنش نقطه تسلیم (mN/tex)	کرنش نقطه تسلیم (%)
پنبه	۰/۳۲	۷/۱	۱۰/۷	۵	-	-
کتان	۰/۵۴	۳	۸	۱۸	-	-
جوت	۰/۳۱	۱/۸	۲/۷	۱۷/۲	-	-
کنف	۰/۴۷	۲/۲	۵/۳	۲۱/۷	-	-
رامی	۰/۵۹	۳/۷	۱۰/۶	۱۴/۶	-	-
ویسکوز ریون:						
- فیلامنت	۰/۱۸	۲۷/۲	۳۰/۶	۴/۸	۵۷	۲
- مقاومت بالا	۰/۴۱	۱۲	۲۸	۸/۸	-	-
پلی نوزیک	۰/۲۶	۷	۱۱	۱۳/۲	-	-
دی استات	۰/۱۳	۲۳/۷	۲۱/۶	۳/۶	۷۵	۳/۲
تری استات	۰/۱۲	۳۰	۱۸	۳/۱	-	-
ابریشم	۰/۳۸	۲۳/۴	۵۹/۷	۷/۳	۱۵۶	۳/۳
نایلون ۶	۰/۲۹	۴۶	۷۷	۰/۶	-	-
نایلون ۶۶:						
- مقاومت متوسط	۰/۴۸	۲۰	۶۳	۳	-	-
- مقاومت بالا	۰/۶۶	۱۶	۵۸	۴/۴	-	-
- الیاف کوتاه	۰/۳۷	۴۳	۱۰۱	۱	-	-
پلی استر:						
- مقاومت متوسط	۰/۴۷	۱۵	۵۳	۱۰/۶	-	-
- مقاومت بالا	۰/۵۶	۷	۲۲	۱۳/۲	-	-
- الیاف کوتاه	۰/۴۷	۳۷	۱۱۹	۸/۸	-	-
اکریلیک (الیاف کوتاه)	۰/۲۷	۲۵	۴۷	۶/۲	-	-
پشم (۵۶S)	۰/۱۴	۴۲/۹	۳۷/۵	۲/۱	۶۲	۵/۱
پلی وینیل الکل (PVA)	۰/۱۷	۲۶	۲۴	۲/۲	-	-
پلی وینیل کلراید (PVC)	۰/۲۴	۱۷	۲۳	۳/۵	-	-
پلی اتیلن						
مقاومت کم	۰/۰۸	۲۰-۴۰	۱۱-۲۶	۰/۹	-	-
مقاومت بالا	۰/۳۴	۱۰	۱۹	۴/۴	-	-
پلی پروپیلن	۰/۶۵	۱۷	۷۱	۷/۱	-	-
شیشه	۰/۷۵	۲/۵	۹/۸	۲۹/۴	-	-
پلی پورتان	۰/۰۳۰۹	۵۴۰	۶۵	۰/۰۰۷۱	-	-
لاستیک	۰/۰۰۸۸	۵۲۰	۱۴	۰/۰۰۲۶	-	-
فولاد	۰/۲۶	۸	۱۷/۷	۲۸/۵	-	-

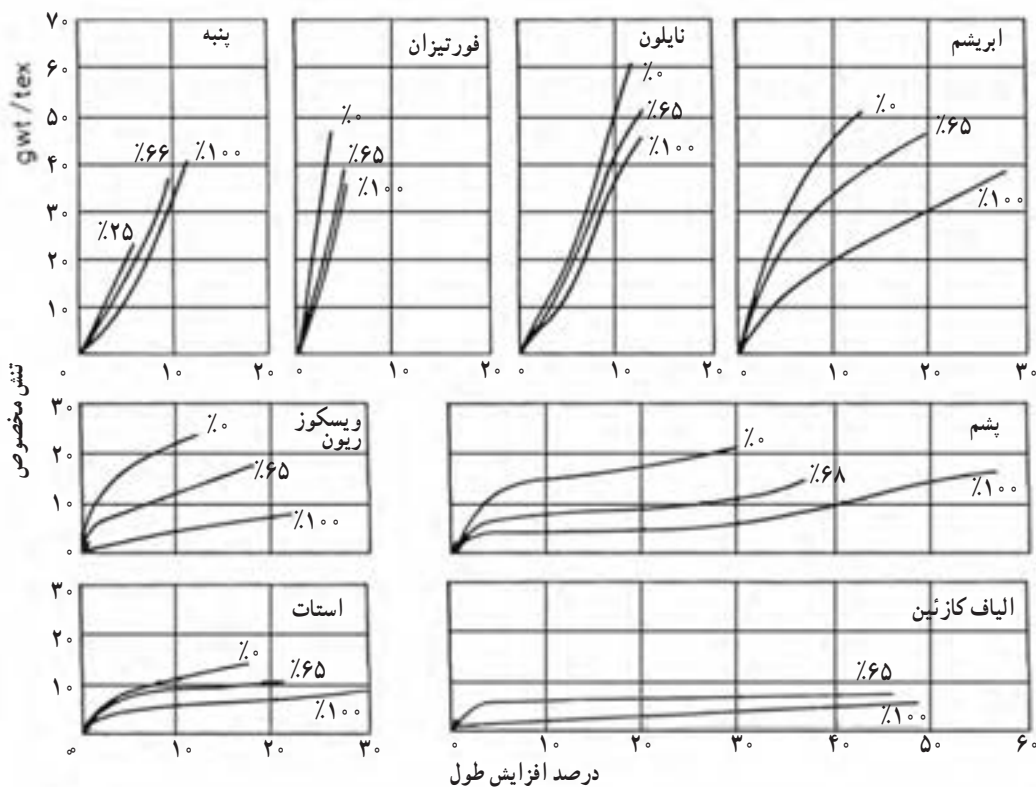
منحنی تنش - کرنش الیاف پنبه نسبت به محور کرنش (افزایش طول نسبی) مقعر بوده و نقطه تسلیم مشخصی ندارد. شواهد نشان می‌دهد که منحنی تنش - کرنش نژادهای مختلف پنبه متفاوت از یکدیگر بوده و الیاف ظریف‌تر پنبه دارای مقاومت و مدول اولیه بیشتری نسبت به الیاف ضخیم‌تر هستند. افزایش طول تا حد پارگی پنبه در محدوده ۱۰-۵٪ بوده و بستگی به ظرافت پنبه ندارد.

الیاف پشم و دیگر الیاف پروتئینی و سایر الیاف نساجی که دارای مولکول‌های تاخوردده هستند، اگرچه مقاومت پایینی دارند، ولی افزایش طول تا حد پارگی آن‌ها بالاست. با وجود پایین بودن مقاومت این الیاف، ولی به دلیل زیاد بودن افزایش طول تا حد پارگی آن‌ها، کار تا حد پارگی این الیاف پایین نمی‌باشد.

خواص کششی الیاف مصنوعی به مقدار زیادی به وزن مولکولی پلیمر و شرایط ریسندگی و کشش آن‌ها در بعد از ریسندگی مربوط می‌شود. اکثر الیاف مصنوعی دارای مقاومت و افزایش طول تا حد پارگی نسبتاً بالایی هستند. البته مقاومت و افزایش طول الیاف مصنوعی در حین تولید آن‌ها قابل اصلاح می‌باشد.

## ۸-۶- اثر رطوبت و حرارت بر رفتار کششی الیاف

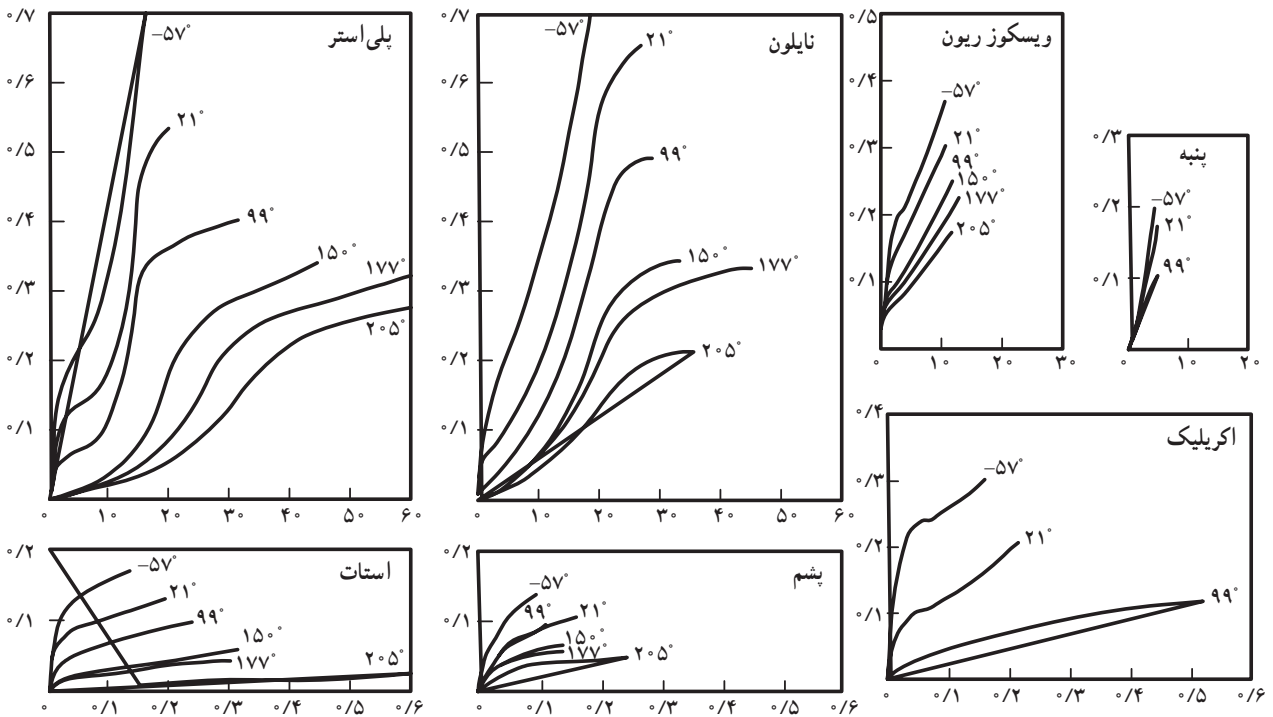
جذب رطوبت الیاف بر روی رفتار آن‌ها تأثیر می‌گذارد. از این رو، با تغییر در رطوبت محیط که باعث تغییر در رطوبت بازیافته الیاف می‌شود، رفتار مکانیکی الیاف مثل رفتار کششی آن‌ها تغییر می‌کند. شکل ۸-۷ نمودار تنش-کرنش بعضی از الیاف را در رطوبت نسبی‌های مختلف نشان می‌دهد. با افزایش رطوبت نسبی محیط و در نتیجه افزایش رطوبت بازیافته الیاف، قابلیت افزایش طول و افزایش طول تا حد پارگی الیاف بیشتر شده ولی مدول کششی الیاف کمتر می‌شود. رفتار الیاف پنبه و دیگر الیاف سلولزی طبیعی در مقابل جذب رطوبت کمی متفاوت از دیگر الیاف می‌باشد. یعنی با افزایش رطوبت نسبی محیط و در نتیجه افزایش رطوبت بازیافته الیاف پنبه و دیگر الیاف سلولزی طبیعی، علاوه بر زیاد شدن افزایش طول تا حد پارگی این الیاف، مقاومت آن‌ها نیز زیاد می‌شود. این در حالی است که در دیگر الیاف نساجی با افزایش رطوبت نسبی محیط و در نتیجه افزایش رطوبت بازیافته، افزایش طول تا حد پارگی این الیاف زیاد می‌شود، ولی مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد.



شکل ۸-۷- نمودار تنش-کرنش الیاف در رطوبت نسبی‌های مختلف

شایان ذکر است که خواص کششی الیاف مصنوعی که دارای جذب رطوبت ناچیز یا هیدروفوب هستند، با تغییر رطوبت نسبی محیط، چندان تفاوت نمی‌کند.

خواص مکانیکی الیاف نساجی با دمای محیط تغییر می‌کند. شکل ۸-۸ اثر درجه حرارت بر روی منحنی تنش - کرنش الیاف نساجی را نشان می‌دهد. چنان‌که از روی این شکل دیده می‌شود، با افزایش حرارت، مقاومت و مدول الیاف کاهش یافته، ولی افزایش طول تا حد پارگی الیاف افزایش می‌یابد. لازم به توضیح است که اگر الیاف نساجی به مدت طولانی در معرض محیط با دمای بالا قرار بگیرند، خواص فیزیکی و مکانیکی نظیر رنگ، کیفیت سطحی، شفافیت، مقاومت و ... را از دست می‌دهند.



شکل ۸-۸- مقایسه منحنی تنش - کرنش الیاف نساجی در دماهای مختلف

## ۸-۷- اثر نور بر خواص کششی الیاف

وقتی الیاف نساجی در معرض نور، اشعه ماورای بنفش یا اشعه مادون قرمز قرار می‌گیرند، کیفیت آن‌ها تنزل یافته و مقاومت و افزایش طول آن‌ها کاهش می‌یابد. مقدار آسیب‌دیدگی و تنزل کیفیت این الیاف بستگی به عوامل زیر دارد:

۱- نوع لیف

۲- ظرافت لیف

۳- مقدار محافظت لیف توسط الیاف مجاور آن

۴- وجود رنگ، مواد تکمیلی یا دیگر مواد شیمیایی همراه لیف

۵- نوع و شدت نور و اشعه تابیده شده

تأثیر نوع و شدت نور و اشعه تابیده شده بر کیفیت الیاف، به چگونگی در معرض قرار گرفتن الیاف در مقابل نور و اشعه بستگی دارد. می‌توان گفت تأثیر نوع و شدت نور و اشعه تابیده شده بر کیفیت الیاف به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- کیفیت نور تابیده شده مثل کاملاً آفتابی، نیمه سایه (نیمه آفتابی)، پشت شیشه، زیر نور مصنوعی

۲- موقعیت جغرافیایی (نیمکره جنوبی یا شمالی، ارتفاع یا کنار دریا، کویر یا جنگل ...)

۳- برهه‌ای از سال که لیف در معرض نور یا اشعه است (ماه‌ها یا فصول سال)

در آزمایش لیاف در مقابل تابش نور و اشعه‌های دیگر، باید توجه داشت که عواملی نظیر کپک، ذرات خاک، قارچ، فوم‌های صنعتی، دود، خم و راست شدن، سایش و ذرات شن همراه وزش باد ممکن است آسیب‌هایی به مراتب بیشتر از تابش نور و اشعه‌های دیگر بر لیاف وارد کنند.

جدول ۸-۲ ترتیب کاهش نسبی مقاومت لیاف در مقابل نور خورشید را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که مضرترین اشعه در نور خورشید اشعه ماورای بنفش می‌باشد، که اگر اثر اشعه ماورای بنفش را نادیده بگیریم، تأثیر منفی نور خورشید بر روی لیاف نساجی به مقدار بسیاری کاهش می‌یابد.

جدول ۸-۲- کاهش نسبی مقاومت لیاف نساجی در مقابل نور خورشید

تابش مستقیم خورشید	تابش خورشید از پشت شیشه
اکریلیک براق	اکریلیک براق
اکریلیک نیمه‌مات	اکریلیک نیمه‌مات
استات براق، پلی‌استر براق، نایلون براق، نایلون مات	پلی‌استر براق
ویسکوزیون براق، پنبه	پلی‌استر نیمه‌مات
پلی‌استر نیمه‌مات	استات براق، نایلون براق، ویسکوز ریون براق، پنبه
ابریشم و بیشتر لیاف نیمه‌مات	ابریشم و بیشتر لیاف نیمه‌مات
بیشتر لیاف مات به استثنای پلی‌استر مات	بیشتر لیاف مات به استثنای پلی‌استر مات

- ۱- تنش را تعریف کنید و بنویسید در چه مواقعی در بیان مقاومت به جای نیرو از تنش استفاده می‌شود.
- ۲- تنش مخصوص را تعریف کنید و واحدهای آن برای بیان مقاومت الیاف را بنویسید.
- ۳- یک نخ فیلامنتی با نمره ۹۹ دنیر و طول  $2^\circ$  سانتی‌متر تحت نیروی ۵۴ نیوتن و پس از افزایش طول ۱۲ سانتی‌متر پاره شده است.
- الف) طول نهایی نخ (در هنگام پارگی) چند سانتی‌متر است؟
- ب) درصد افزایش طول نسبی در هنگام پارگی را حساب کنید.
- ج) مقاومت نخ در هنگام پارگی را برحسب CN/tex حساب کنید.
- ۴- کار تا حد پارگی را تعریف کرده، واحد و چگونگی محاسبه آن را بیان کنید.
- ۵- مدول اولیه در منحنی تنش - کرنش را تعریف کنید.
- ۶- نقطه تسلیم چیست و چگونه تعیین می‌شود.
- ۷- دو روش از روش‌های بارگذاری و اثرات آن‌ها را بیان کنید.
- ۸- خزش و افت تنش را تعریف کنید.
- ۹- یک لیف مستقیم به طول  $2^\circ$  سانتی‌متر را به اندازه ۵ سانتی‌متر می‌کشیم. اگر نقطه تسلیم بعد از افزایش طول ۳ سانتی‌متر اتفاق افتد، طول لیف را پس از برداشتن نیرو حساب کنید.
- ۱۰- جذب رطوبت چه تأثیری بر خواص کششی الیاف دارد.
- ۱۱- جذب رطوبت چه تأثیری بر خواص کششی الیاف پنبه دارد.
- ۱۲- عوامل مؤثر بر کاهش کیفیت الیاف در اثر نور را بنویسید.
- ۱۳- تأثیر نوع و شدت نور و اشعه بر کیفیت الیاف به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۱۴- اثر حرارت بر روی خواص کششی الیاف را بنویسید.