

## پودمان ۴

### رنگرزی الیاف مصنوعی



## واحد یادگیری ۴

### شایستگی رنگرزی الیاف مصنوعی

#### شایستگی‌های فنی

فراگیری اصول رنگرزی الیاف مصنوعی، روش رنگرزی نایلون، مواد و منحنی رنگرزی نایلون، روش‌های یکنواخت‌سازی رنگرزی، فراگیری رنگرزی نایلون به کمک مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس، فراگیری اصول رنگرزی اکریلیک، تعریف ریتارد و کاربرد و کنترل رنگرزی به کمک آن، محاسبه ریتارد و مواد رنگزای بازیک، فراگیری پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس، فراگیری به کار گیری سیستم رنگرزی پد- فولارد

#### شایستگی غیر فنی

هنرجو باید شایستگی‌های غیر فنی زیر را در جهت فراگیری شایستگی‌های فنی به کار گیرد. شایستگی‌های غیر فنی عبارتند از: مهارت خوب گوش دادن- یادگیری- مسولیت‌پذیری- مدیریت زمان در انجام کارها- اخلاق حرفه‌ای در کار- ایفای نقش در تیم- شایستگی محاسبه و ریاضی- استدلال- تنظیم و اصلاح عملکرد- تفکر خلاق

#### استاندارد کار

فراگیری روش‌های رنگرزی الیاف مصنوعی شامل نایلون، اکریلیک و پلی استر، با صرفه اقتصادی و کاملاً ایمن و با توجه به حفظ محیط زیست و جلوگیری از آسیب‌رسانی به طبیعت

## رنگرزی الیاف مصنوعی

بعد از تولید الیاف بازیافتی، در سال‌های بعد راه برای ساخت الیاف مصنوعی هموار گردید. از آنجایی که الیاف بازیافته سلولزی و بازیافته پروتئینی از مواد موجود در طبیعت به دست می‌آیند، روز به روز تهیهی آنها مشکل‌تر و گرانتر گردید، بنابراین با کوشش‌های فراوان متخصصان و دانشمندان، در کنار الیاف بازیافته، الیاف مصنوعی از ترکیبات شیمیایی تولید گردید. تولید الیاف مصنوعی با گستردگی زیاد، کاربرد فراوان و ویژگی‌های منحصر به فرد یک عامل بسیار مهم در پیشرفت‌های اجتماعی و صنعتی می‌باشد. الیاف مصنوعی از پلیمرهای مصنوعی حاصل از ترکیب برخی مشتقات نفت، گاز، زغال سنگ یا ترکیبات شیمیایی دیگر به دست می‌آیند که با خواص فیزیکی و شیمیایی مطلوب برای تهیهی یک لیف نساجی مناسب می‌باشند. این پلیمرها با روش‌های شیمیایی خشک ریسی، تریسی یا ذوب ریسی به الیاف فیلامنت یا استیپل تبدیل می‌شوند. از انواع الیاف مصنوعی می‌توان به الیاف پلی‌آمید (نایلون)، پلی‌استر، پلی‌پروپیلن و پلی‌آکریلونیتریل (آکرلیک) و... اشاره کرد.

الیاف پلی‌آمید نخستین لیف مصنوعی می‌باشد که در سال ۱۹۳۸ در شرکت دوپونت آمریکا با نام نایلون ۶-۶ به تولید انبوه رسید. با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت الیاف مصنوعی با الیاف دیگر، جهت رنگرزی این گونه الیاف از مواد رنگزای مخصوص این الیاف استفاده می‌شود. الیاف پلی‌آمید را می‌توان با مواد رنگزای اسیدی، دیسپرس، متال کمپلکس، راکتیو، کرومی، دیسپرس راکتیو و مستقیم رنگرزی کرد ولی در اغلب کارخانجات رنگرزی از مواد رنگزای دیسپرس، اسیدی و متال کمپلکس ۱:۲ استفاده می‌شود. به علت درجهی بلوری یا کریستالی بالا، خاصیت غیر یونی و غیر آبدوستی بسیار بالا و ساختار شیمیایی خاص پلی‌استر رنگرزی آن با تمامی رنگها به غیر از دیسپرس امکان‌پذیر نمی‌باشد. به کمک مواد رنگزای دیسپرس می‌توان طیف وسیعی از رنگها با قدرت رنگی خوب و ثبات کافی را بر روی پلی‌استر به وجود آورد. الیاف پلی‌آکریلونیتریل هم در صنعت رنگرزی بیشتر با مواد رنگزای بازیکی (کاتیونیک) و دیسپرس رنگرزی می‌گردند. جهت رنگرزی الیاف پلی‌پروپیلن در صنعت اغلب در زمان ذوب ریسی با افزودن مستر بیچ یا گرانول رنگی به پلیمر الیاف عمل رنگی کردن الیاف انجام می‌گردد که از ثبات و یکنواختی بالایی نیز برخوردار می‌باشد.

در صنعت رنگرزی برای رنگرزی نخ پلی‌پروپیلن به چهار روش عمل می‌شود. در روش اول الیاف استیپل (بریده بریده شده) را ابتدا در ماشین رنگرزی الیاف رنگرزی می‌کنند و بعد از مخلوط کردن و انتقال به سالن ریسندگی، تبدیل به نخ رنگی مورد مصرف می‌گردد. در روش دوم، رنگرزی نخ‌های استیپل سفید ریسیده شده می‌باشد که این نخها پس از شل پیچی روی بوبین‌های مشبک، توسط ماشین بوبین رنگ کنی یا ماشین‌های رنگرزی با قابلیت تبدیل به رنگرزی نخ، انجام می‌شود. در روش سوم نخ‌های فیلامنتی (ممتد و طولانی) در مرحلهی ذوب ریسی و قبل از تبدیل شدن به نخ با تغذیهی مستر بیچ یا گرانول‌های

رنگی به پلیمر سازنده‌ی الیاف به رنگ دلخواه در می‌آیند. الیاف پلی پروپیلن اغلب به این روش رنگ می‌شوند. در روش چهارم ابتدا نخ فیلامنت به روش ذوب ریسی تولید می‌شود و بعد از شل پیچی روی بوبین‌های مشبک مخصوص توسط ماشین بوبین رنگ‌کنی رنگ‌ریزی می‌گردد.

رنگ‌ریزی پارچه‌های تولید شده از الیاف مصنوعی را اغلب می‌توان با تمامی ماشین‌آلات رنگ‌ریزی پارچه، رنگ‌ریزی کرد. رنگ‌ریزی برخی از پارچه‌های مصنوعی در دما و فشار بالا در ماشین‌های ژیگر، وینچ و جت‌های در بسته و تحت فشار انجام می‌شود.

پارچه‌های مصنوعی را همچنین می‌توان از طریق انواع ماشین‌های فولارد رنگ‌ریزی کرد. اغلب از ماشین پد-ترموزول برای رنگ‌ریزی پلی استر با مواد رنگ‌زای دیسپرس استفاده می‌گردد. برخی از پارچه‌های مصنوعی بعد از پد یا آغشته شدن به رنگ‌زا در ماشین رنگ‌ریزی فولارد با ورود به قسمت ترموزول یا استنتر حرارتی، رنگ‌زا روی پارچه تثبیت می‌گردد.

با تحقیق میدانی و کتابخانه‌ای، لیستی از ماشین‌آلات رنگ‌ریزی، مواد رنگ‌زاهای مصرفی و کمکی موجود در کارخانجات رنگ‌ریزی الیاف مصنوعی به همراه نام تجاری و کشور سازنده‌ی آن را تهیه و گزارش کنید.

تحقیق کنید



## رنگ‌ریزی پلی آمیدها (نایلون)

الیاف پلی‌آمید جزء الیاف مصنوعی می‌باشند که اولین بار در سال ۱۹۳۸ میلادی توسط شرکت دوپونت به بازار عرضه شد. این الیاف در محیط‌های اسیدی ضعیف مقاوم می‌باشند ولی محیط‌های اسیدی قوی و مواد سفیدکننده باعث تجزیه و متلاشی شدن پلی‌آمید می‌گردد که در زمان رنگ‌ریزی باید به این نکته توجه شود. الیاف پلی‌آمید در برابر حلال‌های خشکشویی و محیط‌های قلیایی مقاوم می‌باشند.

در حال حاضر الیاف نایلون ۶ (پرلون) و نایلون ۶۶ مهم‌ترین الیاف پلی‌آمید می‌باشند که به روش شیمیایی ذوب ریسی تولید می‌شوند. اگر چه این دو نوع نایلون خواص فیزیکی و شیمیایی مشابه‌ای دارند ولی شرایط رنگ‌ریزی این الیاف با همدیگر متفاوت می‌باشد.

میزان تورم و جذب رطوبت استاندارد الیاف پلی‌آمید در مقایسه با الیاف طبیعی کم می‌باشد که همین امر شرایط جذب آب و رنگ‌زا را در زمان رنگ‌ریزی مشکل می‌کند و بر سرعت خشک شدن کالا می‌افزاید. در ضمن تورم کم الیاف سبب می‌شود که ابعاد پارچه در اثر شستشو ثابت باقی بماند.

ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن در نایلون‌ها به علت جذب رطوبت کم، باعث باردار شدن نایلون‌ها (بار مثبت) می‌شود و این امر باعث جذب گرد و غبار و کثافات با بار مخالف (بار منفی یا خنثی) می‌شود.

نایلون‌ها به علت ثبات ابعادی و براقیت بالا، استحکام و خاصیت ارتجاعیت (کشسانی، الاستیسیته) بالا، مقاومت خوب در برابر سایش و پوسیدگی، مقاومت بیولوژیکی بالا و... در تهیه‌ی لباس‌های ورزشی و جوراب کاربرد زیادی دارند. انواع نخ‌های نایلونی در صنایع لاستیک‌سازی، پوشش سیم‌های برق، لباس‌های

بچه‌گانه، مردانه و زنانه، لباس کار، کمر بند ایمنی و زنانه، چتر نجات، سایبان، بادبان قایق، شریان مصنوعی، تور ماهیگیری، نخ بخیه، مسواک و برس، منسوجات بی‌بافت، رومیزی، روتختی، نخ دوزندگی، تسمه، طناب، آستری و... استفاده می‌شود.

ساختمان الیاف نایلون ۶۶ نسبت به نایلون ۶ بلوری‌تر (کریستالی‌تر) و متراکم‌تر می‌باشد. همچنین نقطه‌ی نرم شدن و ذوب شدن نایلون ۶۶ بالاتر از نایلون ۶ می‌باشد. ساختمان بلوری‌تر و متراکم‌تر نایلون ۶۶ سبب کاهش سرعت جذب رنگزا بر روی این لیف می‌گردد.

ساختمان متراکم‌تر الیاف نایلون ۶۶، خواص یکنواختی و مهاجرت مولکول‌های ماده‌ی رنگزا را محدود می‌کند. از این رو در انتخاب نوع ماده‌ی رنگزا و کنترل فرایند رنگرزی به دقت بیشتری نیاز دارد. در انتخاب ماده‌ی رنگزا برای نایلون ۶، مواد رنگزا با مولکول‌های بزرگ‌تر انتخاب می‌شود تا در عملیات تری ثبات خوبی پیدا کنند.

در ساختمان مولکولی نایلون، دو گروه انتهایی، بار مثبت و منفی در شرایط مساعد ایجاد می‌کنند که قابلیت رنگرزی این الیاف را با مواد رنگزای آنیونی و کاتیونی نظیر اسیدی، متال کمپلکس، مستقیم، کرومی و راکتیو فراهم می‌کند. با این حال در انتخاب ماده‌ی رنگزای مناسب برای نایلون به مواردی نظیر مقرون به صرفه بودن رنگزا و روش رنگرزی، ماشین‌آلات رنگرزی موجود، میزان پایداری رنگزا در انبار و تأثیرات رنگزا بر روی الیاف توجه می‌شود.

نایلون همچنین قابلیت رنگرزی با مواد رنگزای دیسپرس را نیز دارا می‌باشد. اغلب از رنگزاهای دیسپرس، جهت ایجاد رنگ‌های روشن بر روی نایلون استفاده می‌شود. جهت ایجاد رنگ‌های تیره (سیر) بهتر است از رنگزاهای اسیدی استفاده شود.

## آماده‌سازی نایلون برای رنگرزی

هنگام تهیه‌ی نایلون، مقداری مواد پارافینی به آن اضافه می‌شود که این مواد در رنگرزی مانع از نفوذ مولکول‌های رنگزا به داخل لیف نایلون می‌گردند. برای از بین بردن این مواد پارافینی، عملیات قبل از رنگرزی نایلون پیشنهاد می‌شود.

جهت برطرف کردن چربی‌های اضافه از روی لیف نایلون از یک حمام شستشو شامل صابون به میزان ۱-۲ گرم در لیتر و کربنات سدیم به میزان ۵/۰ تا ۱ گرم در لیتر استفاده می‌شود. عمل شستشو در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌شود. دمای بالاتر از ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد سبب تثبیت چین و چروک خوردگی‌های درست شده در کالا قبل از مرحله‌ی تثبیت ابعادی در استنتر می‌گردد که حذف و از بین بردن این چین و چروک‌ها در شرایط عادی امکان‌پذیر نمی‌باشد. پس از اجرای مرحله‌ی شستشو، مرحله‌ی ست کردن یا تثبیت ابعادی پارچه به دو روش خشک و مرطوب انجام می‌شود. بهترین دستگاه برای تنظیم کردن به روش خشک، دستگاه استنتر یا کش می‌باشد که به دو صورت سوزنی و گیرهای موجود می‌باشد. زمان تثبیت یا ست کردن بین ۳۰ تا ۴۵ ثانیه در دمای ۱۸۰ تا ۱۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد.

دمای ست کردن برای پرلون (نایلون ۶) ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پایین‌تر از نایلون ۶۶ می‌باشد. در ادامه به رنگرزی نایلون با رنگزاهای اسیدی، اسیدی متال کمپلکس و دیسپرس پرداخته می‌شود.

## رنگرزی نایلون با رنگزاهای اسیدی و اسیدی متال کمپلکس ۱:۲

### الف- رنگرزی نایلون با رنگزاهای اسیدی

الیاف پلی‌آمید و پشم در رنگرزی با رنگزاهای اسیدی مکانیزم رنگرزی مشابه‌ای دارند به طوری که در رنگرزی نایلون با رنگزاهای اسیدی همانند پشم بین آنیون رنگزای اسیدی و کاتیون گروه آمینه که در محیط اسیدی حمام تشکیل می‌شود، پیوند یونی یا نمکی ایجاد می‌گردد. تمایل مواد رنگزای آنیونی نسبت به الیاف نایلون متغیر می‌باشد. به طور کلی تمامی آنها در بین PH ۳ تا ۷ در رنگرزی نایلون به کار می‌روند. مواد رنگزای اسیدی جزء مواد رنگزای آنیونی می‌باشد که در شرایط مساعد با کاتیون گروه‌های آمینه‌ی انتهایی الیاف نایلون پیوند برقرار می‌کنند.

رنگزاهای اسیدی که برای رنگرزی نایلون به کار می‌روند به سه دسته تقسیم می‌شوند.

- ۱- مواد رنگزای اسیدی قوی که تحت شرایط اسیدی قوی با PH ۲ تا ۳ رقم‌کشی خوبی دارند.
- ۲- مواد رنگزای اسیدی ضعیف که تحت شرایط اسیدی ضعیف با PH ۳ تا ۵ رقم‌کشی خوبی دارند.
- ۳- مواد رنگزای اسیدی ضعیف تا خنثی که تحت شرایط اسیدی ضعیف تا خنثی با PH ۵ تا ۷ رقم‌کشی خوبی دارند.

۱- مواد رنگزای اسیدی قوی یا لولینگ دارای قدرت یکنواخت شوندگی خوبی می‌باشند ولی در رنگرزی نایلون کمتر استفاده می‌گردد زیرا جذب رنگزای اسیدی قوی بر روی نایلون مستلزم به کارگیری یک اسید قوی با PH حدود ۲ تا ۳ مثل اسید سولفوریک می‌باشد که باعث تجزیه و از بین رفتن نایلون می‌گردد. این رنگزاهای دارای ثبات نوری خیلی خوب و ثبات شستشویی پایین بر روی نایلون می‌باشد.

در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی لولینگ، میزان جذب رنگزای بر روی کالا به PH محلول رنگرزی بستگی دارد. در PHهای بالا سرعت جذب رنگزای بر روی کالا کم می‌باشد و در نهایت رقم‌کشی کمتری حاصل می‌شود. در PHهای پایین مقدار رقم‌کشی بیشتری حاصل می‌گردد و بر میزان جذب ماده‌ی رنگزای بر روی کالا افزوده می‌شود. به هر حال باید به این نکته توجه شود که PH محلول رنگرزی را نباید از یک حد مشخصی پایین‌تر برد زیرا شرایط اسیدی قوی باعث کاهش استحکام و از بین رفتن و تجزیه‌ی نایلون می‌گردد. مناسب‌ترین PH پیشنهادی برای عملیات رنگرزی نایلون با رنگزاهای اسیدی قوی در محدوده‌ی ۴ تا ۶ می‌باشد. بنابراین باید از رنگزاهای اسیدی استفاده شود که در این محدوده PH پیشنهادی، بهترین نتیجه را بدهد.

۲- مواد رنگزای اسیدی ضعیف یا میلینگ، بزرگ‌ترین گروه رنگزای اسیدی برای رنگرزی نایلون می‌باشد. قدرت یکنواخت شوندگی این دسته از رنگزاهای اسیدی نسبت به گروه اسیدی قوی کمتر می‌باشد. در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی ضعیف یا میلینگ از اسید فرمیک یا اسید استیک به میزان ۳ تا ۵ درصد جهت تأمین PH ۳ تا ۵ استفاده می‌شود. در مقایسه با رنگرزی پشم، در رنگرزی نایلون با مواد

رنگزای اسیدی از سولفات سدیم (نمک گلابر) استفاده نمی‌شود زیرا در PH بیشتر ممکن است به جای شتاب دادن به کند شدن رمق‌کشی بینجامد. استفاده از مواد یکنواخت‌کننده نظیر تینگال پی. آ. اس و یونیوآمید پی.آ.و... نیز در حمام رنگرزی به میزان ۱ تا ۳ درصد جهت حصول رنگرزی استفاده می‌شود. جهت رنگرزی کالا را در دمای محیط وارد حمام رنگرزی می‌کنند و درجه حرارت حمام را به تدریج افزایش می‌دهند تا در مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه به جوش برسد. رنگرزی در دمای جوش به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه ادامه پیدا می‌کند. پس از اتمام رنگرزی، دمای حمام رنگرزی را ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسانند و در نهایت کالا با آب سرد آبکشی می‌شود.

۳- مواد رنگزای اسیدی ضعیف تا خنثی یا سوپرمیلینگ دارای مولکول‌های بزرگ و پیچیده‌ای می‌باشند. این رنگزاهای در فاصله‌ی PH حدود ۵ تا ۷ جذب نایلون می‌گردد و رنگرزی یکنواختی ندارند و در زمان کاربرد به کنترل و مراقبت بیشتری نیاز می‌باشد. ثبات شستشویی و نوری این رنگزاهای بر روی نایلون رضایت‌بخش می‌باشد.

برای رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی سوپر میلینگ از ۱ تا ۳ درصد اسید استیک ۸۰ درصد به جای اسید فرمیک استفاده می‌شود. البته گاهی مواقع به جای اسید فرمیک از ۱ تا ۳ درصد استات آمونیوم نسبت به وزن کالا استفاده می‌شود. جهت حصول رنگرزی یکنواخت به میزان ۲ تا ۳ درصد یکنواخت‌کننده نیز استفاده می‌شود.

در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی گروه سوم یا اسیدی ضعیف تا خنثی، ابتدا اسید استیک، یکنواخت‌کننده و آب مورد نیاز به حمام افزوده می‌شود و دمای حمام را افزایش می‌دهند تا به ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برسد. کالا را در این دما به حمام رنگرزی وارد می‌کنند و در این دما به مدت ۱۵ دقیقه عمل می‌کنند. پس از ۱۵ دقیقه کالا از حمام خارج می‌شود و ماده‌ی رنگزا را به حمام رنگرزی اضافه می‌شود. پس از ۵ دقیقه دمای حمام را به تدریج افزایش می‌دهند تا در طی ۳۰ تا ۴۵ دقیقه به جوش برسد. عمل رنگرزی در دمای جوش به مدت ۴۵ دقیقه ادامه می‌یابد. اغلب جهت رمق‌کشی کامل به میزان ۲ تا ۴ درصد اسید فرمیک پس از این مدت به حمام اضافه می‌شود. در نهایت دمای حمام را تا ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خنک می‌کنند و کالا را با آب سرد شستشو می‌دهند و در نهایت آبگیری و خشک می‌کنند. جهت رنگرزی یکنواخت نایلون با مواد رنگزای اسیدی، چند عامل باید مورد توجه قرار گیرد که عبارت‌انداز:

- ۱- انتخاب ماده‌ی رنگزا
- ۲- سرعت افزایش درجه‌ی حرارت
- ۳- محلول رنگرزی
- ۴- مواد کمکی مورد نیاز در حمام رنگرزی

هر چند در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی، استفاده از رنگزا با قدرت مهاجرت بالا، منجر به افزایش یکنواختی می‌گردد ولی ثبات رنگ در برابر عملیات تر کاهش می‌یابد. بنابراین جهت افزایش ثبات رنگ در برابر عملیات تر از رنگزای اسیدی با ساختمان پیچیده‌تر و قدرت مهاجرت کمتر استفاده می‌شود. در زمان رنگرزی هر قدر سرعت افزایش دما کم شود، سرعت جذب رنگزا بر روی کالا نیز کم می‌گردد که این امر منجر به افزایش یکنواختی رنگرزی می‌شود. در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی با تمایل به جذب پایین تا متوسط، بهتر است دمای محلول رنگرزی از درجه حرارت محیط تا دمای جوش با شیب حرارتی حدود ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یابد. در مورد رنگزای اسیدی با تمایل به جذب بالا، جهت کسب رنگرزی یکنواخت در زمان رنگرزی، شیب حرارتی باید کم گردد و به ۱ تا ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در دقیقه رسانده شود.

جهت افزایش حلالیت رنگزا در فاز آبی و افزایش یکنواختی رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی، باید سرعت جذب رنگزا بر روی لیف کاهش یابد. برای رسیدن به این هدف اغلب از مواد کمکی یکنواخت‌کننده در حمام رنگرزی استفاده می‌شود.

مواد کمکی یکنواخت‌کننده با ایجاد کمپلکس با رنگزا و افزایش اندازه‌ی مولکولی سبب کاهش جنبش مولکولی به طور موقت می‌گردد.

مواد یکنواخت‌کننده از لحاظ ساختار شیمیایی به دو صورت آنیونی و کاتیونی موجود می‌باشند. از لحاظ ساختمان و اندازه‌ی مولکولی اغلب یکنواخت‌کننده‌های آنیونی که در حمام رنگرزی به کار گرفته می‌شوند در مقایسه با مواد رنگزای اسیدی مصرفی اندازه‌ی مولکولی کوچکتری دارند. در ابتدای عمل رنگرزی قدرت مهاجرت این مواد کمکی به مراتب بیشتر از مواد رنگزای اسیدی مصرفی در حمام رنگرزی می‌باشد. بنابر این این مواد کمکی، پایه‌های مثبت لیف را اشغال می‌کنند و با افزایش تدریجی درجه حرارت حمام رنگرزی و کاهش قدرت فعالیت آنها، مولکول ماده‌ی رنگرزی به تدریج جایگزین مواد یکنواخت‌کننده می‌گردند.

هنگامی که از یک یکنواخت‌کننده‌ی کاتیونی در حمام رنگرزی استفاده می‌شود، در درجه‌های حرارتی کم بین مولکول رنگزا و یکنواخت‌کننده‌ی کاتیونی یک کمپلکس شیمیایی کاتیون- آنیون ایجاد می‌شود. کمپلکس حاصل شده ناپایدار می‌باشد و در درجات حرارتی بالا و با افزایش تدریجی درجه حرارت حمام رنگرزی، کمپلکس حاصله به تدریج شکسته می‌شود و مولکول ماده‌ی رنگزا به تدریج آزاد می‌گردد و این امر تدریجی آزاد شدن ماده‌ی رنگزا باعث افزایش یکنواختی رنگرزی می‌گردد. نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که مواد کمکی یکنواخت‌کننده‌ی آنیونی عملکرد بهتری دارد و بیشتر مصرف می‌شود. زیرا در مورد مواد کمکی کاتیونی در برخی موارد کمپلکس حاصله بین رنگزا و یکنواخت‌کننده به خوبی شکسته نمی‌شود و در نتیجه مولکول رنگزای مصرفی به طور کامل آزاد نمی‌گردد.





### بررسی اثر اسید در رنگرزی پارچه‌ی نایلونی با مواد رنگزای اسیدی

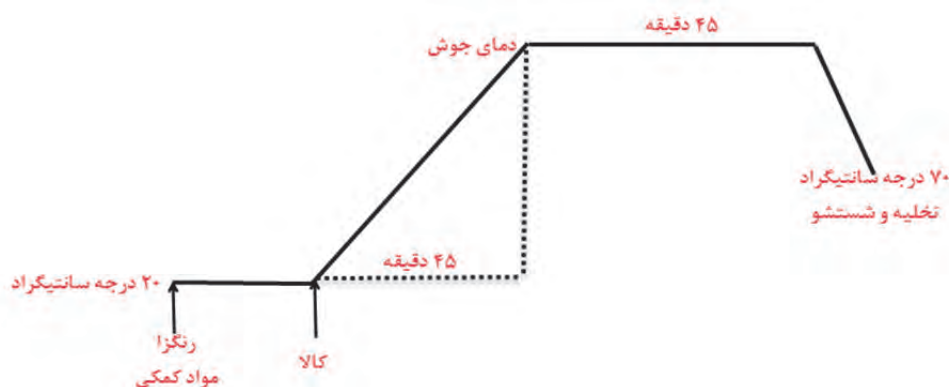
کالای نساجی مورد نیاز: چهار عدد پارچه‌ی نایلونی هر یک به وزن ۴ گرم  
 مواد مصرفی مورد نیاز: ماده رنگزای اسیدی (تهیه محلول ۱ درصد)، اسید سولفوریک (تهیه محلول ۱ درصد)،  
 یکنواخت کننده، سولفات آمونیوم (تهیه محلول ۱ درصد)، اسید فرمیک (تهیه محلول ۱ درصد)، آب نرم  
 وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز: بشر یا لیوان آزمایشگاهی، داماسنج مخصوص، همزن شیشه‌ای، پیپت ساده  
 ۱۰ سی سی، پیپت پرکن (پوآر)، وسایل ایجاد حرارت، ترازو، کرنومتر یا ساعت، استوانه مدرج

نسخه رنگرزی: میزان مواد مصرفی برحسب درصد نسبت به وزن کالا در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ میزان مواد مصرفی جهت رنگرزی نایلون با رنگزای اسیدی

مواد مصرفی	حمام ۱	حمام ۲	حمام ۳	حمام ۴
رنگزای اسیدی ۱ درصد	۱٪	۱٪	۱٪	۱٪
اسید سولفوریک ۱ درصد	۳٪	---	---	---
اسید فرمیک ۱ درصد	---	۳٪	---	---
سولفات آمونیوم ۱ درصد	---	---	۳٪	---
یکنواخت کننده	۲٪	۲٪	۲٪	۲٪
ضد کف	۰/۲٪	۰/۲٪	۰/۲٪	۰/۲٪

نمودار رنگرزی: در شکل ۱ تصویر نمودار رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی نشان داده شده است.



شکل ۱ تصویر نمودار رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی

جهت رنگرزی کالای نایلونی با مواد رنگزای اسیدی بر طبق نسخه و نمودار رنگرزی و محاسبات انجام شده، ۴ حمام رنگرزی را با آب، رنگزا، و مواد کمکی با نسبت مایع به کالا (L:R)، ۱:۴۰ در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد آماده کنید. قبل از ورود کالای نایلونی به حمام رنگرزی باید آن را به آرامی بشویید و آن

را در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۵ دقیقه بعد از شروع آزمایش به داخل حمام وارد کنید. دمای حمام را طوری افزایش دهید تا دمای محلول رنگرزی در مدت زمان ۴۵ دقیقه به نقطه‌ی جوش برسد. رنگرزی را در این دما به مدت ۴۵ دقیقه ادامه دهید. در پایان رنگرزی کالا را شستشو، آبکشی و خشک کنید.

مقایسه و استدلالات



۱- پس از خشک شدن چهار نمونه در دمای محیط یا در درون آن آنها را با همدیگر از نظر میزان یکنواختی رنگرزی و میزان فام و شید رنگ (کم‌رنگی یا پررنگی) در زیر نور استاندارد مقایسه کنید و به تحلیل نتایج پردازید.

۲- در پایان آزمایش حجم پساب‌ها را در چهار عدد استوانه‌ی مدرج با آب به حجم یکسان ۳۰۰ سی‌سی برسانید و با همدیگر از نظر پررنگی و کم‌رنگی در زیر نور استاندارد مقایسه کنید و به تحلیل نتایج پردازید.

بحث کنید



- ۱- به نظر شما تفاوت در رنگ پساب‌های رنگرزی و نمونه‌های رنگرزی شده چه علتی می‌تواند داشته باشد؟
- ۲- به نظر شما تغییر در کدام یک از پارامترهای آزمایش به نتایج مشابه این آزمایش منجر می‌گردد؟
- ۳- بهترین شرایط بهینه‌ی دما و شرایط رنگرزی برای این آزمایش را تحقیق و بررسی کنید.

بهداشت و ایمنی



از بوکردن مستقیم (استنشاق)، چشیدن و لمس کردن مواد شیمیایی در آزمایشگاه خودداری کنید.

زیست‌محیطی



از ریختن پساب رنگی در فاضلاب خودداری کنید.

فکر کنید



چرا پساب رنگی، حتی اگر سمی هم نباشد را نباید در فاضلاب ریخت؟

## ب- رنگرزی نایلون با رنگزای اسیدی متال کمپلکس ۱:۲

انواع مواد رنگزای متال کمپلکس ۱:۲ از نظر رنگرزی بر روی نایلون مشابه مواد رنگزای اسیدی عمل می‌کنند و با تمایل به جذب بالا بر روی نایلون، بیشتر جهت ایجاد رنگ‌های کدر و سیر (تیره) بر روی نایلون با ثبات نوری و شستشویی بالا، به کار می‌روند. این رنگزاهای ارزان می‌باشند و بیشتر جهت رنگرزی

نایلون در فرم‌های باز، فتیله و نخ استیپل (بریده بریده) به کار گرفته می‌شوند و در مقابل تثبیت گرمایی (ترمو فیکس) مقاوم می‌باشند.

در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای متال کمپلکس ۱:۲ PH حمام رنگرزی بین ۴ تا ۱۰ متغیر می‌باشد. از آنجایی که میل جذبی پلی‌آمید برای این رنگرها بسیار بالاست، بنابراین لازم است که ابتدا رنگرزی در محیط قلیایی شروع شود تا سرعت جذب کم شود و پس از مدتی محیط اسیدی شود. همچنین جهت افزایش یکنواختی رنگرزی، سرعت افزایش درجه حرارت حمام رنگرزی، باید به کندی و به تدریج انجام شود. در شیده‌های تیره جهت رمق‌کشی کامل از استات آمونیوم به میزان ۱ تا ۳ درصد یا دی هیدروژن آمونیوم فسفات استفاده می‌شود. همچنین استفاده از مواد یکنواخت‌کننده به میزان حدود ۳ درصد و مواد ضد کف به میزان حدود ۰/۲ درصد جهت نتیجه‌ی مطلوب‌تر توصیه می‌شود.

جهت رنگرزی نایلون با مواد رنگزای متال کمپلکس ۱:۲ حمام رنگرزی تحت فشار شامل تمام مواد کمکی در دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد آماده می‌شود. محلول ماده‌ی رنگزا پس از ده دقیقه وارد حمام می‌شود. دمای حمام با شیب دمایی ۱ درجه‌ی سانتی‌گراد در دقیقه در ظرف مدت ۶۵ دقیقه تا دمای ۱۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. رنگرزی در این دما به مدت حدود ۶۰ دقیقه ادامه می‌یابد. در پایان پس از سرد کردن حمام، عملیات تخلیه و شستشوی کالا انجام می‌شود.

با توجه به تشریح عملکرد رنگرزی نایلون با مواد رنگزای متال کمپلکس ۱:۲، نمودار رنگرزی آن را در دفتر رسم کنید.

فعالیت کلاسی



### رنگرزی پارچه‌ی نایلونی با مواد رنگزای اسیدی متال کمپلکس ۱:۲

با ماشین نمونه رنگ کنی تحت فشار آزمایشگاهی

کالای نساجی مورد نیاز: سه عدد پارچه‌ی نایلونی هر یک به وزن ۴ گرم

مواد مصرفی مورد نیاز: ماده رنگزای اسیدی متال کمپلکس ۱:۲ (تهیه محلول ۱ درصد)، ضد کف، استات آمونیوم، آب نرم

وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز: ماشین رنگرزی آزمایشگاهی تحت فشار، همزن شیشه‌ای، پیپت ساده ۱۰ سی سی، پیپت پرکن (پوآر)، ترازو، کرنومتر یا ساعت، استوانه مدرج

فعالیت کارگاهی



نسخه رنگرزی: میزان مواد مصرفی برحسب درصد نسبت به وزن کالا در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ میزان مواد مصرفی جهت رنگرزی نایلون با رنگزای اسیدی متال کمپلکس ۱:۲

مواد مصرفی	حمام ۱	حمام ۲	حمام ۳
رنگزای متال کمپلکس ۱:۲ (۱ درصد) قرمز	۱٪	----	----
رنگزای متال کمپلکس ۱:۲ (۱ درصد) آبی	----	۱٪	----
رنگزای متال کمپلکس ۱:۲ (۱ درصد) زرد	----	----	۱٪
استات آمونیوم ۱ درصد	۲٪	۳٪	۳٪

در شکل ۲ یک عدد ماشین رنگرزی آزمایشگاهی تحت فشار نشان داده شده است.



شکل ۲ یک عدد ماشین رنگرزی آزمایشگاهی تحت فشار

سه عدد لیوان استیل یا فولاد ضد اسید و ضدزنگ مخصوص و دردار را از روی ماشین رنگرزی آزمایشگاه باز کنید. داخل هر سه لیوان مواد مصرفی و کالا با نسبت مایع به کالا (L:R): ۴۰:۱ را اضافه کنید. هر سه لیوان را با درهای مخصوص واشردار محکم ببندید و در محل مخصوص قرار دهید (پیچ کنید). دستگاه را استارت کنید. مشاهده می‌کنید که همزمان با استارت دستگاه لیوان‌ها در درون ظرف گلیسرین ماشین شروع به چرخش می‌کنند تا رنگرزی یکنواخت حاصل شود. طبق برنامه‌هایی که از طریق پروگرامر دستگاه، قبل از رنگرزی به آن داده شده است، عملیات رنگرزی بر طبق نمودار رنگرزی، انجام می‌شود، به طوری که دمای حمام از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، ظرف مدت ۶۵ دقیقه با شیب دمایی ۱ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در پایان بر طبق برنامه‌ی دستگاه، ظرف مدت ۲۰ دقیقه دمای حمام رنگرزی تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. در پایان کالاها را شستشو دهید و رنگ نمونه‌ها و پساب‌ها را مقایسه و بررسی کنید.

چرا در داخل مخزن ماشین نمونه رنگ کنی تحت فشار آزمایشگاهی به جای آب از گلیسرین استفاده می‌شود؟

فعالیت کلاسی



## رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس

مواد رنگزای دیسپرس دارای میل جذبی بالایی نسبت به الیاف پلی آمید می باشد به طوری که رنگرزی با این رنگزها در دمای کمتر از جوش و در غیاب ماده‌ی کاریر امکان پذیر می باشد. رنگزهای دیسپرس در رنگرزی پلی آمید دارای قدرت جابه جایی بسیار خوبی می باشند. ثبات نوری این رنگزها بر روی پلی آمید اغلب خوب و در محدوده‌ی ۴ تا ۶ می باشد. ثبات شستشویی این رنگزها بر روی نایلون در رنگهای روشن و تیره متفاوت می باشد به طوری که در برخی از رنگزهای تیره از عدد ۲ تجاوز نمی کند ولی در رابطه با رنگزهای روشن تر میزان ثبات نوری به عدد ۴ هم می رسد. در جدول ۳ ثبات نوری و شستشویی تعدادی از مواد رنگزای دیسپرس بر روی الیاف نایلون نشان داده شده است.

جدول ۳ ثبات نوری و شستشویی تعدادی از مواد رنگزای دیسپرس بر روی الیاف نایلون

نام تجاری ماده‌ی	شماره‌ی کالر ایندکس رنگزای دیسپرس	ثبات رنگرزی	
		نوری	شستشویی
Cibacet Yellow GBA	Disperse Yellow ۳	۶	۴
Setacy <sup>۱</sup> Yellow ۲ GNE	Disperse Yellow ۸	۵-۴	۳
Disperse Fast Orange G	Disperse Orange ۸	۵-۴	۲
Cibacet Scarlet BRN	Disperse Red ۱	۴	۳
Setacy <sup>۱</sup> Blue ۲ GS	Disperse Blue ۱	۳	۳

رنگزهای دیسپرس اغلب جهت رنگرزی نخهای پلی آمید تکسچره شده، پارچه‌ی کشفاف نایلونی، ساتین و پارچه‌ی چتر باران و... مورد استفاده قرار می گیرد. جهت شیدهای متوسط و سیر (تیره) نباید از رنگزهای دیسپرس بر روی نایلون استفاده شود و بهتر است در این موارد از رنگزهای اسیدی استفاده شود. اکثر رنگزهای دیسپرس برای رنگرزی پلی آمید مناسب می باشند و به طور نسبی دارای رمق کشی، قدرت رنگی، خواص یکنواختی و مهاجرت خوبی روی کالای نایلونی می باشند. شرکت‌های معتبر تجاری، مناسبترین رنگزهای دیسپرس مناسب برای نایلون را با تغییر نام به بازار عرضه می کنند. در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس از مواد دیسپرس کننده و معلق کننده به همراه اسید استیک جهت تأمین PH ۵/۵ تا ۶ استفاده می شود. افزایش بیش از حد ماده دیسپرس کننده در حمام رنگرزی سبب کاهش درصد جذب رنگزای دیسپرس بر روی نایلون می گردد. در مواد رنگزای دیسپرس به فرم پودری، خمیری یا مایع جدید که در بازار موجود می باشد، مواد دیسپرس کننده تحت نام مواد افزودنی توسط سازندگان به رنگزا اضافه شده است که در زمان رنگرزی دیگر نیازی به اضافه کردن مواد دیسپرس کننده نمی باشد.

**نکته مهم:** در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس جهت حصول رنگرزی یکنواخت، ابتدا پودر ماده‌ی رنگزا را به صورت دیسپرس و پراکنده در آب در می‌آورند. جهت دیسپرس کردن رنگزا (معلق و پراکنده کردن رنگزا) به میزان ۱۰ تا ۲۰ برابر رنگزای مصرفی به آن آب ۵۰ تا ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد اضافه می‌شود. در ضمن باید از جوشاندن مخلوط رنگزا و آب قبل از انجام عملیات رنگرزی خودداری شود. زیرا عمل جوشاندن سبب تجمع ذرات ماده‌ی رنگزا می‌شود که تبدیل ذرات مجتمع شده به صورت دیسپرس و پراکنده امکان‌پذیر نمی‌باشد. پس از دیسپرس کردن رنگزا به عنوان نمونه، رنگرزی به شیوه‌ی زیر انجام می‌شود:

حمام رنگرزی حاوی ۰/۲۵ تا ۰/۵ گرم در لیتر دیسپرس‌کننده نظیر Albatex PON به همراه رنگزای دیسپرس و مقداری اسید استیک جهت تأمین PH ۵/۵ تا ۶ آماده می‌شود. دمای حمام رنگرزی در ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم می‌شود. کالا را در داخل حمام قرار می‌دهند و دمای حمام را به تدریج افزایش می‌دهند و در مدت ۳۰ دقیقه به دمای جوش می‌رسانند. رنگرزی در دمای جوش به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه ادامه می‌یابد. در پایان دمای حمام تا ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خنک می‌شود و کالا با آب سرد آبکشی و شستشو و خشک می‌شود.

#### آیا می‌دانید مواد رنگزای دیسپرس راکتیو چیست؟

اولین بار شرکت ICI در سال ۱۹۶۸ میلادی تعدادی از مواد رنگزای دیسپرس تحت عنوان پروسینیل Procinyl تولید کرد. مولکول مواد رنگزای پروسینیل حاوی گروه‌های فعال می‌باشند و قادرند تحت شرایط قلیایی یا خنثی با گروه‌های آمید یا آمین در نایلون اتصال کووالانت برقرار کنند.

رنگرزی با این رنگزاها در دمای ۸۵ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد انجام می‌شود و در شروع رنگرزی PH حمام کمی اسیدی می‌باشد. مواد رنگزای دیسپرس راکتیو قبل از این که با لیف واکنش بدهد، دارای قدرت مهاجرت و یکنواختی خوبی می‌باشند. بعد از رنگرزی که در دمای ۸۵ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه انجام می‌شود، محلول ماده‌ی رنگرزی قلیایی می‌شود و بین مولکول ماده‌ی رنگزا و لیف اتصال برقرار می‌گردد و رنگزا تثبیت می‌گردد.

میزان تثبیت رنگزا در داخل لیف نایلون به درجه حرارت حمام رنگرزی در مدت زمانی که محلول رنگرزی، قلیایی می‌شود، بستگی دارد. در طی این مرحله از فرایند، دمای حمام نباید از ۹۵ درجه‌ی سانتی‌گراد کمتر شود.

مواد رنگزای پروسینیل در دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پایدار می‌باشند. تحت این شرایط تثبیت رنگزا بر روی نایلون در تمامی مقادیر PH اتفاق می‌افتد. جهت کسب حداکثر یکنواختی این مواد رنگزا بر روی نایلون لازم است که دمای حمام رنگرزی را تا زمانی که کالا به طور یکنواخت رنگرزی نشده است، بیشتر از ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش ندهید.

مواد رنگزای پروسینیل بر روی نایلون دارای ثبات نوری متوسط تا خوب می‌باشند. ثبات شستشویی این رنگزاها بالاست و در برابر تثبیت حرارتی پایدار می‌باشند.

آیا می‌دانید





### بررسی اثر مقدار دیسپرس کننده در رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس

کالای نساجی مورد نیاز: الیاف یا نخ نایلون هر یک به وزن ۴ گرم  
 مواد مصرفی مورد نیاز: ماده رنگزای دیسپرس (تهیه محلول ۱ درصد)، دیسپرس کننده (تهیه محلول ۱۰ درصد)، اسید استیک (تهیه محلول ۱۰ درصد)، آب نرم  
 وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز: بشر یا لیوان آزمایشگاهی، دماسنج مخصوص، همزن شیشه‌ای، پیپت ساده ۱۰ سی سی، پیپت پرکن (پوآر)، وسایل ایجاد حرارت، ترازو، کرنومتر یا ساعت، استوانه مدرج، بالن ژوژه

**نسخه رنگرزی:** مواد مصرفی برحسب درصد نسبت به وزن کالا و گرم در لیتر نسبت به حجم مایع رنگرزی در جدول ۴ نشان داده شده است:

جدول ۴ میزان مواد مصرفی مورد نیاز رنگرزی نایلون با رنگزای دیسپرس

مواد مصرفی	حمام ۱	حمام ۲	حمام ۳	حمام ۴
رنگزای دیسپرس (درصد)	%۳	%۳	%۳	%۳
دیسپرس کننده (گرم در لیتر)	-----	۰/۵	۲	۴
اسید استیک (درصد)	۱	۱	۱	۱

میزان آب مصرفی، محلول رنگزا و دیسپرس کننده را با انجام محاسبات رنگرزی به دست بیاورید.

## روش تهیه دیسپرسیون ماده‌ی رنگزا

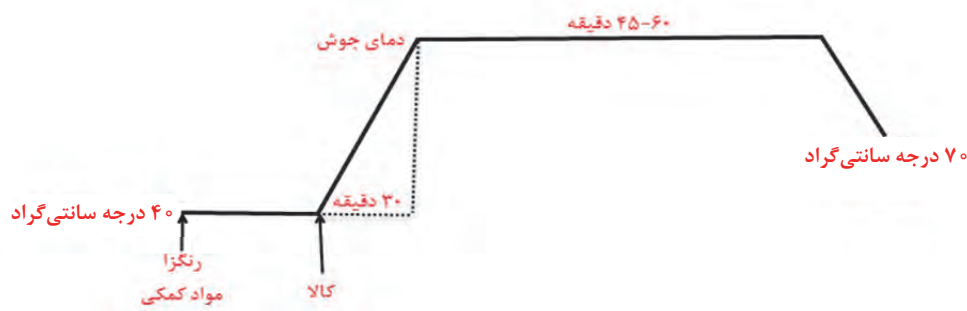
در یک عدد بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری یک گرم رنگزای دیسپرس بریزید. مقدار ۱۵ سی سی آب ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به بشر اضافه کنید و خوب به هم بزنید تا ماده‌ی رنگزا در آب پخش شود. محتویات بشر را به یک بالن ژوژه انتقال دهید و آن را به حجم ۱۰۰ سی سی برسانید. بالن ژوژه را خوب تکان دهید و از این محلول یک درصد در رنگرزی استفاده کنید.

### روش آزمایش:

جهت رنگرزی کالای نایلونی با مواد رنگزای دیسپرس با توجه به نسبت مایع به کالا (L:R)، ۱:۵۰ و بر طبق نسخه و نمودار رنگرزی داده شده و محاسبات انجام شده، ۴ حمام رنگرزی را با ماده‌ی رنگزا، اسید استیک، دیسپرس کننده و آب در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد آماده کنید. سپس کالاهای نایلونی را به حمام‌ها اضافه کنید. بعد دمای حمام‌های رنگرزی را طوری افزایش می‌دهند که دمای محلول رنگرزی در

مدت زمان ۳۰ دقیقه به دمای نهایی داده شده در نمودار برسد. رنگرزی را در این دما به مدت ۶۰ دقیقه ادامه دهید و سپس کالا را از حمام خارج کرده و شستشو، آبکشی و خشک کنید.

**نمودار رنگرزی:** در شکل ۳ تصویر نمودار رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس شده است.



شکل ۳ تصویر نمودار رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس

- ۱- پس از خشک شدن چهار نمونه در دمای محیط یا در درون آن آنها را با همدیگر از نظر میزان یکنواختی رنگرزی و میزان فام و شید رنگ (کم‌رنگی یا پررنگی) در زیر نور استاندارد مقایسه کنید و به تحلیل نتایج پردازید.
- ۲- در پایان آزمایش حجم پساب‌ها را در چهار عدد استوانه‌ای مدرج با آب به حجم یکسان ۳۰۰ سی سی برسانید و با همدیگر از نظر پررنگی و کم‌رنگی در زیر نور استاندارد مقایسه کنید و به تحلیل نتایج پردازید.

مقایسه و استدلال



- ۱- به نظر شما تفاوت در رنگ پساب‌های رنگرزی و نمونه‌های رنگرزی شده چه علتی می‌تواند داشته باشد؟
- ۲- به نظر شما تغییر در کدام یک از پارامترهای آزمایش به نتایج مشابه این آزمایش منجر می‌گردد؟
- ۳- بهترین شرایط بهینه‌ی دما و شرایط رنگرزی برای این آزمایش را تحقیق و بررسی کنید.

بحث کنید



## رنگرزی پلی آکریلونیتریل‌ها (آکرلیک)

قسمت اعظم ماده‌ی اولیه‌ی الیاف آکرلیک را ماده‌ی آکریلونیتریل (وینیل سیانید) تشکیل می‌دهد. به طور کلی الیاف مصنوعی که دارای حداقل ۸۵ درصد آکریلونیتریل باشد را آکرلیک می‌نامند ولی اگر مقدار آکریلونیتریل بین ۵۰ تا ۸۵ باشد، مد آکرلیک نامیده می‌شوند.

الیاف پلی آکریلونیتریل در برابر محیط‌های اسیدی معدنی و حلال‌های معمولی مقاوم می‌باشند. این الیاف همچنین در برابر مواد اکسیدکننده مقاوم می‌باشند، به همین علت برای افزایش سفیدی این الیاف، می‌توان از حمام حاوی مواد سفیدکننده مثل کلریت سدیم استفاده کرد. الیاف آکرلیک در برابر محیط‌های قلیایی به خصوص در درجه حرارت‌های بالا مقاومت چندانی ندارند. مقاومت الیاف آکرلیک در برابر حرارت خوب می‌باشد به طوری که اگر دو روز در معرض دمای ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار بگیرد،



مقاومت اولیه‌ی آن کم نمی‌شود. این الیاف در دمای ۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد زرد می‌شوند و در دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به رنگ قهوه‌ای در می‌آیند. بهترین حلال یا معرف آکرلیک دی متیل فرم آمید (DMF) می‌باشد.

الیاف آکرلیک در شرکت‌های مختلف با نام‌های تجاری مختلفی تولید می‌گردند. در جدول ۵ تعدادی نام تجاری و کشور سازنده‌ی الیاف آکرلیک نشان داده شده است.

جدول ۵ تعدادی نام تجاری و کشور سازنده‌ی الیاف آکرلیک

نام تجاری	ارلون	کورتل	اکریلان	درالون	مونته فیبره	پلی اکریل
کشور سازنده	آمریکا	انگلستان	آمریکا	آلمان	اسپانیا	ایران

الیاف آکرلیک دارای شفافیت و درخشندگی زیادی می‌باشند و به رنگ سفید تولید می‌شوند. استحکام و خاصیت ارتجاعیت و برگشت‌پذیری این الیاف بسیار خوب است و در مقابل چین و چروک مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهد. الیاف آکرلیک همچنین یک عایق حرارت خوب نیز می‌باشند، از این رو یک جایگزین بسیار خوب برای الیاف پشم می‌باشد.

جذب رطوبت الیاف آکرلیک بسیار کم می‌باشد، بنابراین رنگرزی این الیاف مثل الیاف مصنوعی دیگر مشکل می‌باشد.

به علت زبردست نرم و گرم، یکی از مصارف عمده‌ی آکرلیک در تریکو بافی، تهیه‌ی بلوز و نخ‌های پفکی می‌باشد. از الیاف آکرلیک در تهیه‌ی نخ خاب فرش ماشینی، لباس زمستانی، لحاف، کیسه‌ی خواب، البسه‌ی ورزشی، کشفای ضخیم، پتو و یا مخلوط با الیاف پشم، پنبه، ویسکوز، نایلون و... استفاده می‌شود.

یکی از مشکلات اصلی الیاف آکرلیک خطرات زیست‌محیطی پساب‌های کارخانجات تولید الیاف آکرلیک می‌باشد که همین امر باعث کاهش تولید آن در سال‌های اخیر شده است. همچنین به دلیل وجود گروه‌های نیتریل در ساختار این الیاف، خطر سرطان زایی این لیف وجود دارد. پرزدهی نخ خاب فرش ماشینی یک تهدید جدی بهداشتی برای ریه‌ی افراد به خصوص اطفال و بزرگسالان می‌باشد.



اگر چه مواد رنگزای بازیگ بهترین و مهمترین گزینه برای رنگرزی الیاف آکرلیک می‌باشد ولی از مواد رنگزای دیسپرس هم جهت ایجاد طیف وسیعی از شیدهای روشن در کالای مخلوط آکرلیک با الیاف دیگر استفاده می‌شود. مواد رنگزای دیسپرس دارای خاصیت یکنواخت شوندگی و قدرت مهاجرت خوبی بر روی کالای آکرلیک می‌باشد و به هنگام استفاده از این رنگزها بر روی آکرلیک نیازی به مواد یکنواخت‌کننده و کندکننده (ریتارد) نمی‌باشد.

جهت رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای دیسپرس، حمامی حاوی رنگزا، ۲درصد اسید استیک ۳۰ درصد، ۲ درصد دیسپرس‌کننده در دمای ۶۰ درجه آماده می‌شود و بعد از وارد کردن کالا در حمام، دمای حمام ظرف مدت ۴۰ دقیقه به جوش رسانده می‌شود. رنگرزی در دمای جوش حدود ۶۰ دقیقه ادامه می‌یابد و بعد ظرف مدت ۲۰ دقیقه تا دمای ۶۰ درجه خنک و شستشو می‌شود.

## رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیک (کاتیونیک)

مواد رنگزای بازیک بهترین و مهمترین گزینه برای رنگرزی الیاف آکرلیک می‌باشد. گروه‌های انتهایی در ماکرو مولکول الیاف پلی آکریلونیتریل دارای گروه‌های آنیونی (بار منفی) می‌باشند که این گروه‌ها قابلیت رنگرزی با مواد رنگزای کاتیونی را دارا می‌باشد. از این رو بهترین گزینه برای رنگرزی این الیاف، مواد رنگزای بازیک یا کاتیونیک می‌باشد. در رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیک، بین آنیون‌های لیف و کاتیون رنگزا یک پیوند قوی شکل می‌گیرد که باعث افزایش ثبات شستشویی رنگزا بر روی آکرلیک می‌گردد. اگر چه مواد رنگزای بازیک بر روی الیاف پنبه و پشم ثبات نوری و شستشویی بسیار پایینی دارند اما خواص ثابتی آنها بر روی الیاف آکرلیک خوب می‌باشد.

در جدول ۶ خواص ثابتی تعدادی از مواد رنگزای بازیک بر روی الیاف آکرلیک را نشان می‌دهد.

جدول ۶ خواص ثابتی تعدادی از مواد رنگزای بازیک بر روی الیاف آکرلیک

نام تجاری رنگزای بازیک	درجه‌ی ثبات در برابر نور	درجه‌ی ثبات در برابر نور
Remacry\ Golden Yellow RL	۵	۷-۶
Maxilon Red۲ GL	۵-۴	۷-۶
Basacry\ Blue X ۳ GL	۵-۴	روشن ۶
	۵-۴	متوسط ۷
	۵-۴	سیر ۷
Domacry\ Red RGLS	۵	۷-۶

مواد رنگزای بازیک که برای رنگرزی کالای آکرلیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تحت نام‌های تجاری مختلفی به بازار عرضه می‌شوند. در جدول ۷ نام تجاری تعدادی از این مواد رنگزا نشان داده شده است.

جدول ۷ نام تجاری تعدادی از مواد رنگزای بازیک

نام تجاری رنگزا	نام کارخانه سازنده	نام کشور سازنده
Astrazon	بایر Bay	آلمان
Basacryl	بی. آ. اس. اف. Basf	آلمان
Remacryl	هوخست Hoe	آلمان
Maxilon	سیبا گایگی Ciba	سوئیس
Sandocryl	ساندوز Sandoz	سوئیس
Yoracryl	یورکشای Ycl	انگلستان

بر طبق تحقیقات رنگرزی الیاف آکرلیک با مواد رنگزای بازیک در طی سه مرحله انجام می‌شود:

۱- ماده‌ی رنگزا جذب سطح الیاف می‌شود.

۲- ماده‌ی رنگزا از سطح الیاف به داخل الیاف نفوذ می‌کند.

۳- ماده‌ی رنگزا در داخل الیاف تثبیت می‌شود.

هنگام رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیگ در دمای بیش از ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، میل جذبی رنگزای بازیگ به الیاف آکرلیک به حدی افزایش می‌یابد که تمام مولکول‌های رنگزای حاضر در حمام رنگرزی در فاصله‌ی زمانی کمی توسط الیاف جذب و تثبیت می‌شود و رنگرزی نایکنواختی ایجاد می‌شود. جهت کسب یکنواختی در این رنگرزی از ریتاردرها استفاده می‌شود.

در رنگرزی الیاف آکرلیک با مواد رنگزای بازیگ جهت حصول رنگرزی یکنواخت از مواد کمکی استفاده می‌شود. اگر چه استفاده‌ی از الکترولیت‌ها نظیر سولفات سدیم در حمام رنگرزی تا حدودی بر یکنواختی رنگرزی می‌افزاید ولی آزمایشات نشان می‌دهد که فقط تا درصد مشخصی از یکنواخت‌کننده‌ی سولفات سدیم در حمام رنگرزی تاثیرگذار می‌باشد و مقدار بیش از اندازه‌ی الکترولیت چندان مؤثر نمی‌باشد. جهت بر طرف کردن این مشکل از مواد کمکی دیگر به نام ریتاردر (کندکننده، ترمزکننده) استفاده می‌شود. ریتاردرها با کاهش سرعت جذب رنگزا در دمای بحرانی (۹۰-۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد) سبب کنترل برداشت رنگزا و کسب رنگرزی یکنواخت‌تر می‌شوند.

در زمینه‌ی غلظت ریتاردرها در حمام رنگرزی، بررسی‌های مفصلی انجام شده است. نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف بیش از اندازه‌ی ریتاردر در حمام رنگرزی، علاوه بر کاهش نسبت جذب ریتاردر بر روی کالا سبب کاهش جذب رنگزای بازیگ مصرفی بر روی کالای آکرلیکی می‌گردد. بنابراین در مورد رنگرزی الیاف آکرلیک، کلیه‌ی مواد کمکی که جهت تأمین یکنواختی مصرف می‌شود، لازم است تحت شرایط معین و حساب شده‌ای که در کاتالوگ آمده است و بر اساس تجربی هم حاصل می‌شود، به حمام رنگرزی اضافه شود.

الیاف آکرلیکی که به روش ترریسی تولید می‌شود دارای نرخ جذب رنگزای بازیگ بالاتری نسبت به روش خشک ریسی می‌باشد؛ بنابراین جهت رنگرزی به ریتاردر بیشتری نیاز می‌باشد.

نکته



جهت رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیگ، حمامی حاوی ماده‌ی رنگزا، ریتاردر به مقدار ۰ تا ۲ درصد، اسید استیک به مقدار ۱ تا ۲ درصد جهت تأمین PH ۴/۵ تا ۵، سولفات سدیم به مقدار ۰ تا ۱۰ درصد و استات سدیم به مقدار ۰/۵ تا ۲ درصد نسبت به وزن کالا تهیه می‌شود. البته گاهی از ضد کف و نرم‌کننده نیز استفاده می‌شود.

بدون حضور اسید استیک، جذب رنگزا بر روی الیاف سطحی می‌باشد و با یک بار شستشو از الیاف جدا می‌گردد. حضور اسید سبب ایجاد مکان‌های رنگ‌پذیر با بار منفی بر روی الیاف می‌شود.

نکته



کالا را در دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به حمام وارد می‌کنند. درجه حرارت حمام را به تدریج افزایش می‌دهند تا محلول رنگرزی در طی مدت زمان ۲۵ دقیقه به دمای جوش برسد. رنگرزی را در دمای جوش به مدت یک ساعت ادامه می‌یابد.

در پایان رنگرزی دمای حمام رنگرزی را تا دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌دهند و در نهایت کالا شستشو می‌شود.

در مورد رنگرزی الیاف آکرلیک افزایش ماده‌ی دیسپرس‌کننده به مقدار ۰ تا ۲ درصد نسبت به وزن کالا به حمام رنگرزی بازیک نیز پیشنهاد می‌گردد. لازم است به این نکته توجه شود که ماده‌ی دیسپرس‌کننده نقش اساسی در مکانیزم رنگرزی ندارد ولی افزایش آن به حمام رنگرزی سبب بهتر شکسته شدن کمپلکس آنیون- کاتیون می‌باشد. به عنوان مثال دیسپرس‌کننده‌ی ۲۰٪ Irgasol-P و آریا گال WA دو دیسپرس‌کننده‌ی متداول مصرفی در ایران می‌باشد.

از آنجایی که آکرلیک بیشتر در پارچه‌های کشفاف، پتو و فرش استفاده می‌شود، بنابراین خنثی کردن الکتریسیته‌ی ساکن مهم می‌باشد. پس از اتمام رنگرزی، استفاده از ۱/۵ درصد ماده Sapamine OC (مخلوط آنتی استاتیک و نرم‌کننده‌ی کاتیونیک) و ۰/۵ درصد اسید استیک جهت تنظیم PH بر روی عدد ۵ تا ۵/۵ توصیه می‌شود.

بیشتر بدانیم



در کارهای صنعتی، مهندسان دلایل کار خود را به زبردستان خود توضیح نمی‌دهند. اما زبردست همواره باید در خصوص افزودن مواد و دمای آن دستور را اجرا کند. زیرا حتی اگر کار اشتباه باشد، مهندس ناظر باید جوابگو باشد.

نکته



در این باره با هنرجویان دیگر بحث کنید.

بحث کنید



## ریتاردرهای کاتیونی و آنیونی

ریتاردرها موادی هستند که باعث کند شدن سرعت رنگرزی و در نتیجه افزایش یکنواختی در رنگرزی می‌گردند.

ریتاردرها را بر اساس ساختار شیمیایی به دو دسته تقسیم می‌کنند:

۱- ریتاردر آنیونی

## ۲- ریتارد در کاتیونی

به طور کلی دو نوع ریتارد در کاتیونی موقت و دائمی موجود می‌باشد. ریتاردرها در حقیقت مولکول‌های بی‌رنگی می‌باشند که دارای خواص مشابه با مولکول رنگزای بازیک می‌باشند. ریتاردرها ممکن است میل جذبی بالایی نسبت به الیاف آکرلیک داشته باشند ولی در عین حال به آسانی از الیاف جدا می‌شوند و به حمام رنگرزی بر می‌گردند. در رنگرزی، این مولکول‌ها سریع‌تر از مولکول‌های رنگزا جذب الیاف می‌گردند و سپس در طی رنگرزی به تدریج جای خود را با مولکول‌های رنگزا جابه‌جا می‌کنند. به این نوع ریتارد، ریتارد موقت می‌گویند.

نوع دیگر ریتارد در مقایسه با مولکول‌های رنگزا، میل جذبی و نیروی بین مولکولی رنگینه و لیف مساوی دارند و به این ترتیب مولکول‌های ریتارد در مثل مولکول‌های رنگینه، خود جایی را اشغال می‌کنند و از قرار گرفتن رنگزا در آن موضع جلوگیری می‌کند. این نوع ریتارد را که همانند مولکول‌های رنگزا برای همیشه در الیاف باقی می‌مانند را ریتارد دائم می‌نامند.

در حال حاضر استفاده از ریتاردرهای کاتیونی متداول‌تر می‌باشد. ریتاردرهای کاتیونی همانند مواد رنگزای بازیک می‌باشند که گروه رنگی ندارند و در حمام رنگرزی همانند رنگزای بازیک عمل می‌کنند؛ یعنی جهت نشستن روی گروه‌های منفی لیف با ماده‌ی رنگزای بازیک رقابت می‌کنند.

نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که در مورد ریتاردرهای کاتیونی، انتشار جذبی این دسته از ریتاردرها به مراتب بیشتر از قدرت انتشار جذبی رنگزای بازیک بر روی الیاف آکرلیک می‌باشد. بنابر این در شروع عملیات رنگرزی، ابتدا ریتارد در جذب الیاف آکرلیک می‌شود و با افزایش دما، به تدریج ماده‌ی رنگزای بازیک جایگزین آن می‌شود. بدین ترتیب یک رنگرزی یکنواخت حاصل می‌شود.

ریتاردرهای آنیونی در حمام رنگرزی در درجه حرارت پایین ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد با ماده‌ی رنگزای بازیک، یک کمپلکس شیمیایی کاتیون- آنیون تشکیل می‌دهند. با افزایش درجه حرارت حمام رنگرزی، کمپلکس حاصل شکسته می‌شود و به تدریج مولکول ماده‌ی رنگزا از کمپلکس جدا می‌گردد و جذب کالای آکرلیک می‌گردد. بالا بردن درجه حرارت حمام رنگرزی در طی یک سیکل منظم انجام می‌شود که این عمل سبب شکسته شدن تدریجی کمپلکس می‌گردد. قابل توجه این که ریتاردرهای آنیونی به هیچ‌وجه فعالیت شیمیایی با الیاف انجام نمی‌دهند.

## بررسی پارامترهای ویژه در رنگرزی آکرلیک با رنگزای بازیک

در رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیک جهت صرفه‌جویی و ایجاد یک رنگرزی یکنواخت با حداکثر یکنواختی لازم است به فاکتورها یا پارامترهای مهمی از قبیل عدد ترکیبی رنگزا یا درجه‌ی سازگاری رنگزای بازیک (K)، درجه یا ارزش اشباع لیف آکرلیک (SF)، فاکتور اشباع رنگزای بازیک (F) و سرعت جذب رنگزا توسط لیف (V) توجه شود. مقدار برخی از این پارامترها اغلب در کاتالوگ، بروشور و جداول کمپانی سازنده رنگزا و الیاف آکرلیک درج می‌گردد. در ادامه به بررسی برخی از این پارامترها پرداخته می‌شود.

۱- سرعت جذب رنگزا توسط لیف (V) تعیین کننده‌ی مقدار ریتارد در لازم در رنگریزی می‌باشد، به طوری که با افزایش سرعت جذب رنگزا بر روی آکرلیک، جهت کنترل یکنواختی رنگریزی، لازم است از مقدار ریتارد بیشتری استفاده شود.

۲- عدد ترکیبی یا درجه‌ی سازگاری رنگزای بازیک (K) یا (The K Value) در حقیقت سرعت جذب رنگزا توسط لیف خاص می‌باشد و این عدد در زمان مخلوط کردن رنگزاها اهمیت پیدا می‌کند. درجه‌ی سازگاری هر رنگزا، عددی بین ۱ تا ۵ می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی رفتار رنگزای بازیک در زمان ترکیب کردن رنگزاها می‌باشد. مواد رنگزایی که دارای درجه‌ی سازگاری مشابه باشند، سرعت جذب برابری دارند. در ضمن درجه‌ی ۱ معادل سرعت رنگریزی بالا (جذب+ نفوذ یا انتشار رنگ) و درجه‌ی ۵ معادل سرعت رنگریزی پایین (جذب+ نفوذ رنگ) می‌باشد. در ترکیب سه رنگزای اصلی جهت رنگ همانندی نباید اختلاف درجه‌ی سازگاری رنگزاها بیشتر از عدد ۰/۵ باشد. همچنین در ترکیب ماده‌ی رنگزا با همدیگر لازم است که اختلاف درجه‌ی سازگاری رنگزاها کمتر از عدد ۱/۵ باشد. در رنگریزی با ترکیب رنگ‌ها، رنگ با (K) کمتر، ابتدا جذب لیف می‌شود، در حالی که رنگ‌ها با (K) بیشتر، رمق‌کشی آهسته‌تری دارند.

اختلاف بالای عدد ترکیبی رنگزایی که با یکدیگر مخلوط می‌شوند، سبب می‌شود که رنگزای با عدد ترکیبی کمتر سریع‌تر از رنگزای با عدد ترکیبی بیشتر جذب لیف شود و در پایان رنگریزی، مقداری از رنگزای با عدد ترکیبی بالاتر در حمام رنگریزی باقی می‌ماند که اثر نامطلوبی در ترکیب رنگزاها می‌گذارد.

۳- ارزش یا درجه‌ی اشباع لیف آکرلیک (SF) یا (Fibre Saturation Value) نشان‌دهنده‌ی مقدار ماکزیمم رنگزای جذب شده توسط آکرلیک می‌باشد که به تعداد گروه‌های آنیونی (منفی یا اسیدی) جذب کننده‌ی رنگزا در لیف وابسته می‌باشد. در جدول ۸ سرعت جذب رنگزا توسط الیاف (V) و درجه اشباع (SF) چند لیف آکرلیک تجاری نشان داده شده است.

جدول ۸ سرعت جذب رنگزا توسط الیاف (V) و ارزش یا درجه اشباع (SF) چند لیف آکرلیک تجاری

V	SF	نام تجاری لیف	V	SF	نام تجاری لیف
۶/۱	۱/۲	Acribel	۷/۱	۱/۲	Dralon
۵/۳	۵/۱	Acrilan ۱۶	۴/۶	۲/۲	Exlan DK
۶/۳	۱/۲	Cashmilon F	۲/۲	۲/۱	Exlan L
۷/۴	۷/۱	Creslan ۶۱	۶/۱	۱/۲	Orlon 42
۴/۱	۲	Crylor ۲۰	۴/۱	۱/۲	Redon
۲/۱	۲/۲	Dolan	۵/۲	۲/۱	Vonnel V17

۴- حداکثر ارزش یا درجه‌ی اشباع لیف آکرلیک (CS) یا (The Saturation Concentration) نشان‌دهنده‌ی درصد وزنی لیف آکرلیکی است که ماکزیمم مقدار رنگزای بازیک را جذب می‌کند. جهت

محاسبه‌ی حداکثر ارزش اشباع لیف آکرلیک (CS)، درجه یا ارزش اشباع لیف آکرلیک (SF) را بر درجه‌ی اشباع شونده‌ی رنگزای بازیک (F) تقسیم می‌شود.

۵- فاکتور یا درجه‌ی اشباع رنگزای بازیک (F) (Dye Saturation Value) مقدار ثابتی است که از حاصل تقسیم ارزش یا درجه‌ی اشباع لیف آکرلیک (SF) بر حداکثر ارزش اشباع لیف آکرلیک (CS) حاصل می‌شود. این فاکتور وزن مولکولی رنگزای مورد نظر و درصد خلوص آن را در نظر می‌گیرد.

با داشتن ارزش اشباع لیف SF و فاکتور اشباع رنگزا F می‌توان مقدار حداکثر درصد رنگزایی را که لیف می‌تواند از طریق پیوند یونی در خود نگه دارد را از طریق فرمول:

{درجه یا فاکتور اشباع رنگزا ÷ درجه اشباع لیف درالون = حداکثر درصد رنگزا} محاسبه نمود و با این کار از مصرف بیشتر رنگزا که قادر به تشکیل پیوند با لیف نبوده و باعث کاهش ثبات می‌گردد، خودداری نمود.

مسئله: اگر ارزش اشباع SF برای لیف آکرلیک درالون آلمان ۱/۲ و فاکتور اشباع رنگزای بازیک (F) با نام تجاری Astrazon Blue NBL 200% معادل ۰/۶ باشد. حداکثر چند درصد رنگزا از طریق پیوند یونی جذب لیف درالون می‌شود؟

$۳/۵ = ۲/۱ ÷ ۰/۶$  درجه یا فاکتور اشباع رنگزا ÷ درجه اشباع لیف درالون = حداکثر درصد رنگزا به عبارتی اگر ۳/۵ درصد وزن لیف درالون از رنگزای ذکر شده، استفاده شود، تمامی آنیون‌های لیف درالون را اشباع می‌سازد. رنگزای بیشتر، نمی‌تواند مثل بقیه با لیف پیوند یونی برقرار کند و در شستشوی بعدی از لیف جدا می‌شود.

محاسبه کنید



در جدول ۹ فاکتور اشباع F و عدد ترکیبی K برخی رنگزاهای تجاری آسترزون Astrazon نشان داده شده است.

جدول ۹ فاکتور اشباع و عدد ترکیبی برخی رنگزاهای تجاری آسترزون

K	F	رنگزای تجاری	K	F	رنگزای تجاری
۱	۳۳/۰	Orange 3RL	۵/۳	۲۴/۰	Gelb 8GL
۵/۱	۱۵/۰	Violet F3RL	۵/۲	۳/۰	Gelb 7GLL
۳	۳۴/۰	Rot RL	۱	۵۲/۰	Orange G



زمانی که از مواد رنگزای بازیگ با قدرت و غلظت زیادتر استفاده می‌شود، درجه‌ی اشباع شوندگی رنگزا، متناسب با قدرت رنگزا تغییر می‌کند. به عنوان مثال با تغییر رنگزای بازیگ از Maxilon Brilliant  $\frac{10}{100}$  GFF 300 به رنگزای بازیگ  $\frac{10}{100}$  GFF 300 Flavine به رنگزای بازیگ  $\frac{10}{100}$  GFF 300 Maxilon Brilliant قدرت و غلظت رنگزای مصرفی ۳ برابر می‌شود و بنابراین درجه‌ی اشباع شوندگی رنگزا نیز سه برابر می‌شود؛ یعنی از عدد  $\frac{0}{22}$  به عدد  $\frac{0}{66}$  تغییر می‌کند.

## محاسبه‌ی مقدار درصد ریتارد در

درصد ریتارد مصرفی مورد نیاز در رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیگ با درصد ماده‌ی رنگزای مصرفی ارتباط معکوس دارد، به طوری که اگر درصد یا غلظت رنگزای مصرفی بالا باشد، درصد ریتار مصرفی کمتر می‌شود.

(درجه یا فاکتور اشباع رنگزا  $\times$  درصد رنگزا) - درجه یا ارزش اشباع لیف = درصد ریتارد در صورت استفاده از چند رنگینه، لازم است مجموع حاصل ضرب‌های درصد هر رنگزا در فاکتور اشباع آن، حداکثر مساوی ارزش اشباع لیف باشد در غیر این صورت مقدار ریتارد مصرفی عددی منفی می‌شود که خلاف واقع می‌باشد.

مسئله: ارزش اشباع لیف آکرلیکی (SF) عدد  $\frac{2}{7}$  و فاکتور اشباع دو رنگزای بازیگ مصرفی (F) به ترتیب عدد ۲ و  $\frac{2}{2}$  می‌باشد. اگر درصد رنگزای مصرفی به ترتیب  $\frac{0}{5}$  و  $\frac{1}{5}$  باشد. مقدار ریتارد را حساب کنید.

بر طبق فرمول:  $2/7 - [1 + 3/3] = -1/6$   $= 2/7 - [(0/5 \times 2) + (1/5 \times 2/2)]$  = درصد ریتارد چون مقدار ریتارد منفی می‌باشد، بنابراین از ریتارد نمی‌توان استفاده کرد.



## بررسی اثر ریتارد در رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیگ

کالای نساجی مورد نیاز: کالای آکرلیک هر یک به وزن ۴ گرم  
 مواد مصرفی مورد نیاز: ماده رنگزای بازیگ (تهیه محلول ۱ درصد) \*\* ریتارد \*\* اسید استیک (تهیه‌ی محلول ۱ درصد) \*\* آب نرم \*\* استات سدیم \*\* سولفات سدیم  
 وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز: بشر یا لیوان آزمایشگاهی \*\* دماسنج مخصوص \*\* همزن شیشه‌ای \*\* پیپت ساده ۱۰ سی سی \*\* پیپت پرکن (پوآر) \*\* وسایل ایجاد حرارت \*\* ترازو \*\* کرنومتر یا ساعت  
 \*\* استوانه مدرج \*\* بالن ژوژه





**نسخه رنگرزی:** مواد مصرفی برحسب درصد نسبت به وزن کالا و گرم در لیتر نسبت به حجم مایع رنگرزی در جدول ۱۰ نشان داده شده است:

جدول ۱۰ میزان مواد مصرفی در رنگرزی آکرلیک با رنگزای بازیک

حمام ۴	حمام ۳	حمام ۲	حمام ۱	مواد مصرفی
%۱	%۱	%۱	%۱	رنگزای بازیک (درصد)
۱/۵	۱	۰/۵	-----	ریتارد (درصد)
۲	۲	۲	۲	اسید استیک (درصد)
۱	۱	۱	۱	استات سدیم (درصد)
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	سولفات سدیم (درصد)

میزان آب مصرفی، محلول رنگزا و مواد کمکی را با انجام محاسبات رنگرزی به دست بیاورید.

محاسبه کنید



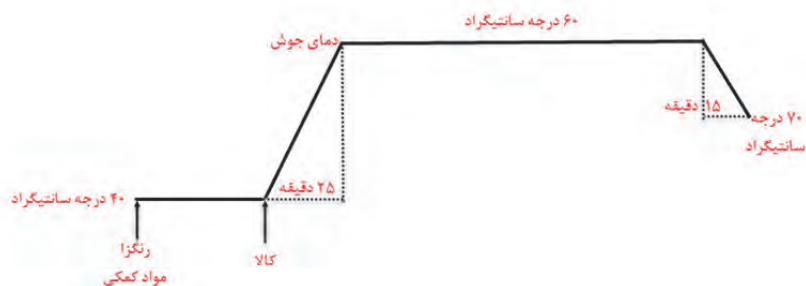
### روش آزمایش:

جهت رنگرزی کالای آکرلیکی با مواد رنگزای بازیک بر طبق نسخه و نمودار رنگرزی و نسبت مایع به کالای

(L:R): ۵۰:۱

داده شده و محاسبات رنگرزی انجام شده، ۴ حمام رنگرزی را با ماده‌ی رنگزا، مواد کمکی و آب در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد آماده می‌کنند. سپس کالای آکرلیکی را به حمام‌ها اضافه می‌کنند. بعد دمای حمام‌های رنگرزی را طوری افزایش می‌دهند که دمای محلول رنگرزی در مدت زمان ۲۵ دقیقه به دمای نهایی داده شده در نمودار برسد. رنگرزی را در این دما به مدت ۶۰ دقیقه ادامه می‌دهند. در پایان رنگرزی دمای حمام رنگرزی را تا ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خنک می‌کنند و سپس کالا را از حمام خارج می‌کنند و شستشو، آبکشی و خشک می‌کنند.

**نمودار رنگرزی:** در شکل ۴ تصویر نمودار رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیک نشان داده شده است.



شکل ۴ تصویر نمودار رنگرزی آکرلیک با مواد رنگزای بازیک



۱- پس از خشک شدن چهار نمونه در دمای محیط یا در درون آن آنها را با همدیگر از نظر میزان یکنواختی رنگریزی و میزان فام و شید رنگ (کم‌رنگی یا پررنگی) در زیر نور استاندارد مقایسه کنید و به تحلیل نتایج بپردازید.

۲- در پایان آزمایش حجم پساب‌ها را در چهار عدد استوانه‌ای مدرج با آب به حجم یکسان ۳۰۰ سی سی برسانید و با همدیگر از نظر پررنگی و کم‌رنگی در زیر نور استاندارد مقایسه کنید و به تحلیل نتایج بپردازید.



۱- به نظر شما تفاوت در رنگ پساب‌های رنگریزی و نمونه‌های رنگریزی شده چه علتی می‌تواند داشته باشد؟  
۲- به نظر شما تغییر در کدام یک از پارامترهای آزمایش به نتایج مشابه این آزمایش منجر می‌گردد؟  
۳- بهترین شرایط بهینه‌ی دما و شرایط رنگریزی برای این آزمایش را تحقیق و بررسی کنید.



بعد از رنگریزی با رنگزاهای تیره، حمام رنگریزی را با چه موادی شستشو و آماده جهت رنگزاهای روشن می‌کنند.



درباره فاکتور اشباع رنگزای بازیگ و ارتباط آن با نوع الیاف و درصد مواد رنگزا و نتایج آن ابتدا تحقیق و سپس با هم بحث کنید.

## رنگریزی پلی استر

الیاف پلی استر جزء الیاف مستحکم مصنوعی می‌باشد که تحت نام‌های تجاری ترویرا، ترگال، تترون، داکرون، تریلن و... در کشورهای مختلف تولید می‌شود. الیاف پلی استر دارای درجه‌ی بلوری یا کریستالی بالایی می‌باشند و غیر آبدوست و غیر یونی می‌باشند و جذب رطوبت بسیار کمی دارند، بنابراین رنگریزی این الیاف بسیار مشکل می‌باشد و مواد رنگزا به سختی در کالا نفوذ می‌کنند. درخشندگی و شفافیت الیاف پلی استر بسیار زیاد می‌باشد و خاصیت برگشت‌پذیری یا الاستیسیته‌ی این الیاف بسیار خوب می‌باشد به همین علت پارچه‌های پلی استری چروک‌پذیر نمی‌باشند.

الیاف پلی استر در مقابل اسیدهای ضعیف در حالت جوش و در مقابل اسیدهای قوی و سرد مقاوم می‌باشد. قلیای‌های رقیق بر روی الیاف پلی استر تاثیری ندارند ولی قلیای‌های قوی و گرم به پلی استر آسیب می‌رسانند. الیاف پلی استر در مقابل مواد اکسیدکننده و سفیدکننده‌ها مقاومت خوبی دارند. الیاف پلی استر به تن‌هایی و یا مخلوط با الیاف دیگر در تهیه‌ی پارچه‌های نازک پرده‌ای، ساتن، پیراهن، بلوز، بشور و بیوش و... استفاده می‌شوند.

از آنجایی که الیاف پلی استر دارای ساختمان بسیار بست‌های می‌باشد و جذب رطوبت آن خیلی کم می‌باشد، بنابراین نفوذ مولکول‌های رنگزا به داخل الیاف پلی استر در شرایط عادی بسیار مشکل می‌باشد. برای افزایش جذب رنگزا بر روی الیاف پلی استر از مواد متورم کننده الیاف، نظیر کاریر یا روش رنگرزی در دمای بالاتر از دمای جوش و تحت فشار استفاده می‌شود. پلی استر را می‌توان به هر دو روش مداوم و غیر مداوم رنگرزی کرد. مهمترین و متداول‌ترین رنگزا جهت رنگرزی پلی استر در حال حاضر مواد رنگزای دیسپرس می‌باشد که جهت رنگرزی به صورت تعلیق در آب تبدیل می‌شود.

### رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس

به علت ساختار شیمیایی و فیزیکی خاص الیاف پلی استر و جذب رطوبت خیلی کم این الیاف، رنگرزی پلی استر با اغلب طبقات مواد رنگزا غیر ممکن می‌باشد. در عمل الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس رنگرزی می‌شوند و طیف وسیعی از رنگ‌ها با قدرت رنگی و ثبات خوب و کافی برای اکثر مصارف به وجود می‌آورند. میزان جذب یا رمق‌کشی ماده‌ی رنگزای دیسپرس تحت شرایط عادی رنگرزی بر روی الیاف پلی استر بسیار کم می‌باشد و سرعت نفوذ ماده‌ی رنگزا در داخل این الیاف خیلی کم می‌باشد. بنابر این برای ایجاد یک رنگرزی رضایت‌بخش بر روی کالای پلی استری لازم است زمان رنگرزی افزایش یابد. از آنجایی که زمان رنگرزی طولانی بر روی پلی استر غیر ممکن و مقرون به صرفه نمی‌باشد، می‌توان سرعت رنگرزی الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس را تا حدود زیادی که از نظر تجاری قابل قبول می‌باشد، افزایش داد. رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس در حمامی که ماده رنگزا در آن به طور پراکنده و معلق در آب در آمده است انجام می‌شود. برای اینکه ذرات بسیار ریز ماده رنگزا به طور مداوم و یکنواخت به حالت پراکنده و معلق در آیند از مواد کمکی دیسپرس‌کننده در حمام رنگرزی استفاده می‌شود. افزایش بیش از حد ماده دیسپرس‌کننده سبب کاهش درصد جذب ماده رنگزا به لیف می‌گردد. بنابراین هنگام مصرف دیسپرس‌کننده باید دقت نمود که مقدار آن کم یا زیاد نشود. معمولاً مقدار ماده دیسپرس‌کننده مصرفی در رنگرزی الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس حدود ۰/۵٪ تا ۱٪ نسبت به وزن کالا است. میزان مصرف دیسپرس‌کننده‌ها در کاتالوگ شرکت‌های سازنده و عرضه‌کننده مواد رنگزای دیسپرس نشان داده شده است. افزایش ۰/۵ تا ۳٪ اسید استیک به حمام رنگرزی الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس برای تأمین pH مناسب (۵/۵-۶) لازم و ضروری است. آزمایشات تحقیقاتی نشان داده است که بعضی از مواد رنگزای دیسپرس در برابر قلیا حساس هستند و هنگامی که در حضور مواد قلیایی با pH بالا به کار می‌روند به آسانی تجزیه می‌شوند. در این صورت بازده رنگرزی کاهش می‌یابد. در عمل می‌توان سرعت رنگرزی الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس را با انجام روش‌های زیر تا حدودی افزایش داد:

- ۱- استفاده از مواد رنگزای دیسپرس با اندازه‌ی مولکولی کوچک
- ۲- استفاده از مواد کمکی متورم‌کننده‌ی کاریر
- ۳- انجام رنگرزی در درجه حرارت بالا

۴- انجام رنگرزی به روش پد- ترموزول

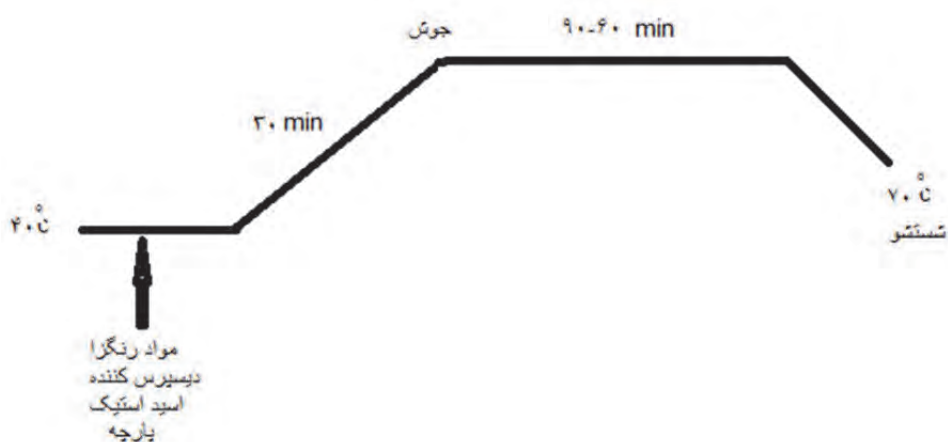
### رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس با اندازه‌ی مولکولی کوچک

استفاده از مواد رنگزای دیسپرس با اندازه‌ی مولکولی کوچک، سرعت نفوذ رنگزا را به داخل الیاف در مدت زمان کم و در دمای جوش افزایش می‌دهد. با انتخاب این مواد رنگزا که دارای سرعت نفوذ سریعی می‌باشند، شیدهای روشن تا متوسط را در حالت جوش و در مدت زمان معقول می‌توان به دست آورد. معمولاً برای ایجاد یک شید متوسط بین ۲ تا ۵ درصد ماده رنگزا لازم است. این دسته از مواد رنگزا که عموماً دارای ساختارهای شیمیایی ساده‌ای می‌باشند، بیشتر در کارگاه‌های کوچک که مجهز به تجهیزات و ماشین‌آلات تحت فشار نیستند، برای رنگرزی پوشاک به کار می‌رود.

در روش رنگرزی مواد رنگزای دیسپرس با اندازه‌ی مولکولی کوچک کالای پلی استر در حمامی حاوی ماده رنگزای دیسپرس، دیسپرس‌کننده و اسید استیک قرار داده شده و مطابق جدول ۱۱ مواد مصرفی و نمودار شکل ۵ عمل رنگرزی انجام می‌شود. کالا پس از رنگرزی در حمامی حاوی شوینده به میزان ۵ گرم در لیتر و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد شستشو داده می‌شود.

جدول ۱۱ مواد مصرفی در رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس کوچک مولکول

نوع ماده	میزان مصرف (%)
ماده رنگزای دیسپرس	۲ تا ۵
دیسپرس‌کننده	۱ تا ۰/۵
اسید استیک	۱ تا ۳



شکل ۵ نمودار رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس کوچک مولکول

## رنگری پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس به کمک کاریرها (Carrier)

امروزه با گسترش ماشین‌آلات رنگری با درجه حرارت بالا و استفاده از مواد رنگری با اندازه‌ی مولکولی کوچک، رنگری پلی استر بسیار سهل و آسان شده است. در برخی از موارد به علت حضور الیاف دیگر در پارچه‌ی مخلوط و یا عدم تجهیزات رنگری از ماده‌ی کمکی کاریر استفاده می‌شود. استفاده از کاریر در رنگری پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس، سرعت رنگری را تا حد معمول افزایش می‌دهد ولی کاریرهای باقیمانده بر روی کالا سبب کاهش ثبات نوری رنگزاهای دیسپرس بر روی پلی استر می‌شوند. کاریرها، مواد کمکی در رنگری پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس می‌باشند که در دمای کمتر از جوش سبب متورم شدن و باز نمودن ساختمان الیاف پلی استر در زمان رنگری می‌گردند تا ماده‌ی رنگزای دیسپرس راحت‌تر، سریع‌تر و آسان‌تر جذب الیاف پلی استر گردد. کاریرها از طریق باز کردن ساختمان داخلی الیاف به ماده‌ی رنگزا این اجازه را می‌دهند که ماده‌ی رنگزا با سرعت بیشتر و در زمان کوتاه‌تری به داخل الیاف نفوذ کنند.

بعد از اتمام رنگری لازم است کاریرها به طور کامل از الیاف زدوده شوند زیرا وجود این ماده بر روی کالا در زمان مصرف باعث خارش و حساسیت‌های پوستی می‌گردد. امروزه استفاده از کاریرها به علت آسیب رسانی به محیط زیست و عواقب جبران‌ناپذیر آن در برخی کشورها ممنوع و محدود شده است. رنگری با ماده‌ی کمکی کاریر بهتر است در ماشین‌های درسته‌ی ژيگر و وينچ انجام شود تا از آلوده شدن محیط کار، در حد امکان جلوگیری شود. کاریرهای مصرفی قدیمی، اکثراً سمی و آلوده‌کننده محیط زیست می‌باشند. لذا توصیه می‌شود از کاریرهایی در رنگری الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس استفاده شود که سمی نبوده و خود باعث آلودگی محیط زیست نشوند.

زیست‌محیطی



در زمان مصرف کاریر لازم است از مصرف کم یا زیاد کاریر در حمام رنگری خودداری شود زیرا این امر باعث کاهش جذب رنگزا بر روی لیف می‌گردد. به عبارتی دیگر غلظت بیش از حد نیاز کاریر سبب می‌شود که کاریر اضافی یک فاز ثابتی به نام کاریر غیر محلول تشکیل می‌دهد که در جذب ماده‌ی رنگزا با لیف پلی استر رقابت می‌کند. اگر مقدار کاریر مصرفی کمتر از حد مطلوب باشد تورم لیف کمتر شده لذا جذب ماده رنگزای دیسپرس به الیاف پلی استر کاهش می‌یابد.

کاریرهای مصرفی باید پس از رنگری از روی کالا زدوده شوند تا هم سمیت آنها در کالا از بین برود و هم ویژگی‌های رنگی کالا از قبیل ثبات شستشویی و نوری تحت تاثیر قرار نگیرد و کاهش نیابد. جهت حذف کاریرهای مصرفی از روی کالا از روش شستشوی احیایی استفاده می‌شود که به آن کاریرزدایی می‌گویند. روش کاریرزدایی دقیقاً مانند آنچه در فصل قبل در مورد شستشوی احیایی گفته شد، انجام می‌گیرد.

اغلب جهت کسب شیدهای سیرتر (پررنگ‌تر) به مقدار بیشتری در حدود ۲ تا ۳ برابر شیدهای روشن، کاربرد مصرف می‌شود.

در رنگری با کاربرد، مقدار کاربرد، درجه حرارت حمام رنگری و مقدار PH از مهمترین عوامل موثر در جذب رنگزا می‌باشند. اغلب در PH به میزان ۴-۵/۵، راندمان رنگزای دیسپرس بر روی پلی استر بیشتر می‌باشد. کاربرهایی که در رنگری کالای پلی استری با مواد رنگزای دیسپرس به کار می‌روند خیلی زیاد می‌باشند و دارای ساختمان شیمیایی متفاوتی می‌باشند. در جدول ۱۲ نام تجاری برخی از این کاربرهای مخصوص پلی استر نشان داده شده است.

جدول ۱۲ نام تجاری برخی کاربرهای مخصوص پلی استر

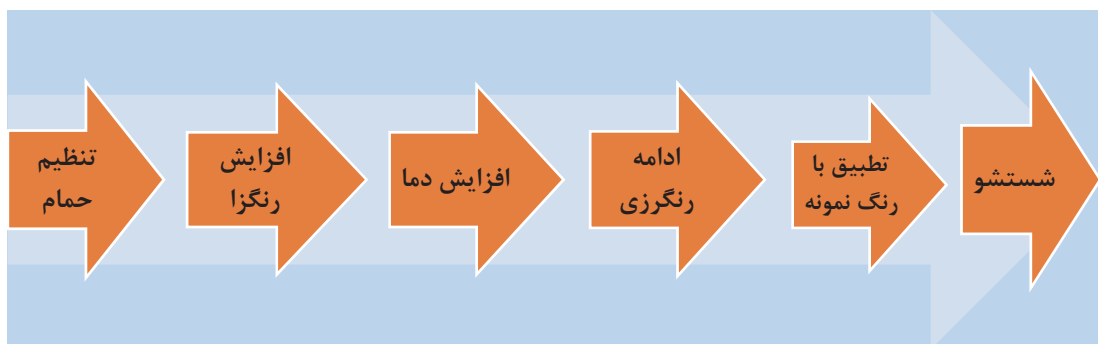
نام تجاری کاربر	کروئید تنا تکس	رمول تی. آر. اف	لوگال پی. تی	اینوالن تی. سی
Carolide Tanatex	Remol TRF	Levegal PT	Invalon TC	

در ادامه در جدول ۱۳ یک نمونه نسخه رنگری پلی استر با رنگزاهای دیسپرس با ماده‌ی کمکی کاربرد نشان داده شده است:

جدول ۱۳ نمونه‌ی نسخه‌ی رنگری پلی استر با رنگزاهای دیسپرس با ماده‌ی کمکی کاربرد

ماده‌ی مصرفی	رنگزای سامارون	کاربر رمول	یکنواخت‌کننده	اسید استیک
Samaron	Remol N. T. G	Eganal SME		
بر حسب سفارش	۳ درصد	۲ تا ۳ گرم بر لیتر	PH=5-5/5	

رنگری کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس در درجه حرارت جوش و در حضور ماده‌ی کمکی کاربرد شامل شش مرحله می‌باشد که در شکل ۶ مراحل رنگری نشان داده شده است.



شکل ۶ مراحل رنگری پلی استر با رنگزای دیسپرس با ماده‌ی کمکی کاربرد در جوش

در مرحله‌ی اول کالا در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد وارد حمام رنگری می‌شود. مقدار ۰/۵ تا ۱ گرم در لیتر ماده‌ی دیسپرس‌کننده و ۴ تا ۶ گرم در لیتر کاربرد و به مقدار مورد نیاز اسید استیک جهت تأمین  $PH = 5-5/5$  به حمام اضافه می‌شود.

در مرحله‌ی دوم ماده‌ی رنگرای دیسپرس شده به حمام اضافه می‌شود. بعد از ۱۰ دقیقه در مرحله‌ی سوم دمای حمام به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که مایع رنگری در طی مدت ۳۰ دقیقه به جوش برسد. در مرحله‌ی چهارم رنگری به مدت ۶۰ تا ۹۰ دقیقه در دمای جوش ادامه می‌یابد. در مرحله‌ی پنجم رنگ کالا با رنگ نمونه تطبیق داده می‌شود. اگر رنگ کالا کم‌رنگ‌تر از رنگ نمونه باشد، مقداری ماده‌ی رنگرای به حمام اضافه می‌شود و رنگری به مدت ۳۰ دقیقه در دمای جوش ادامه می‌یابد. بعد از سرد کردن حمام رنگری در دمای ۵۰ تا ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، حمام رنگری تخلیه می‌گردد. در مرحله‌ی ششم کالا با صابون ۰/۵ گرم در لیتر در حرارت جوش شستشو می‌شود. جهت بر طرف کردن کاربرد از کالا عمل شستشو به کمک حمام احیاء که محتوی سود سوزآور و هیدروسولفیت سدیم است، انجام می‌شود.

### بررسی اثر کریر در رنگری الیاف پلی استر با مواد رنگرای دیسپرس

لوازم و تجهیزات مورد نیاز: استوانه مدرج، پیپت، ترازو، بالن ژوژه، بشر، دماسنج، همزن شیشه‌ای، وسایل ایجاد حرارت  
مواد مورد نیاز: ماده رنگرای دیسپرس مناسب روش رنگری کریر، کریر، اسید استیک ۱٪، دیسپرس‌کننده ۱٪، هیدرو سولفیت سدیم، هیدروکسید سدیم ۳۶ درجه بومه، شوینده ۱٪.

**روش کار:** سوسپانسیون مناسبی از ماده رنگرای را در آب مطابق روش گفته شده در قبل تهیه کنید (محللول مادر ۰/۵٪).

سه تکه پارچه پلی استری هر یک به وزن یک گرم را با محللول شوینده ۵ گرم در لیتر شستشو دهید. شستشو را با L. R برابر ۵۰:۱ در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه انجام دهید. کالاها را پس از شستشو آبکشی کرده و خوب بچلانید تا آماده رنگری گردد.

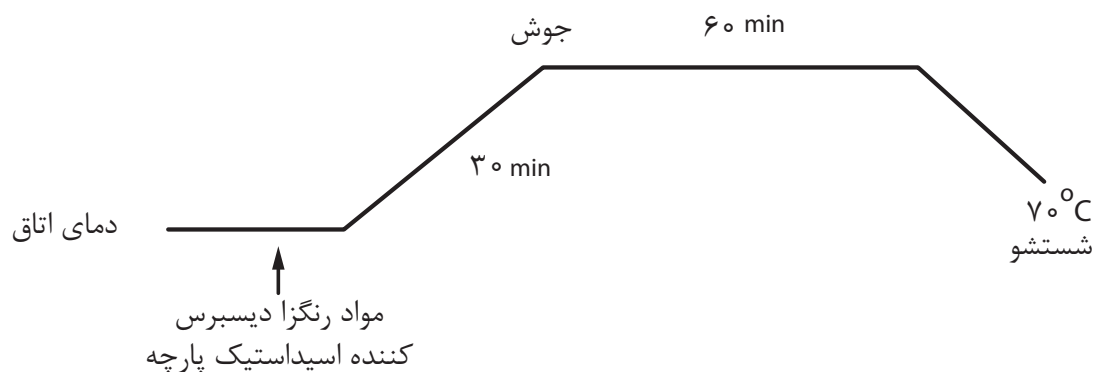
سه حمام رنگری مطابق با جدول ۱۴ مواد مصرفی تهیه کنید. رنگری را مطابق نمودار رنگری شکل انجام دهید. L. R رنگری‌ها را برابر ۴۰:۱ بگیرید. کالاها را از حمام‌ها خارج کرده و آنها را پس از آبکشی در حمام احیا شستشو دهید. کالاها را خشک کرده و به گزارش کار خود الصاق نمایید. اختلاف رنگ بین نمونه‌ها را مشاهده کرده و در مورد آن بحث کنید.



جدول ۱۴ مواد مصرفی در رنگرزی الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس

ماد مصرفی	حمام ۱	حمام ۲	حمام ۳
ماده رنگزای دیسپرس (%)	۰/۵	۱	۲
کریر (g/l)	-	1	5
دیسپرس کننده (%)	۰/۵	۰/۵	۰/۵
اسید استیک (%)	۱	۱	۱

در شکل ۷ نمودار رنگرزی پلی استر در دمای جوش در حضور کاریرها نشان داده شده است.



شکل ۷ نمودار رنگرزی کالای پلی استر در درجه حرارت جوش در حضور کریر

در پایان رنگ پساب باقیمانده و نمونه‌های رنگرزی شده را پس از خشک کردن در شرایط استاندارد نوری مقایسه کنید و به تحلیل نتایج پردازید.

مقایسه و استدلال



بهداشت و ایمنی



توصیه می‌شود این آزمایش زیر هود انجام شود.



## رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس در درجه حرارت بالا یا H. T

برای رنگرزی الیاف پلی استر به روش دما بالا از ماشین‌های رنگرزی توده الیاف، نخ و پارچه استفاده می‌شود. عموماً الیاف در ماشین رنگرزی توده الیاف و نخ به صورت بوبین رنگرزی می‌شود. پارچه‌ها نیز اغلب در ماشین‌های رنگرزی بیم و جت رنگرزی می‌شوند. گرچه ماشین‌های رنگرزی پارچه که بتوانند دمای مورد نظر را تأمین کنند قادرند پلی استر را رنگرزی نمایند ولی جهت کسب درجه حرارت‌های بالا (۱۲۰ تا ۱۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) لازم است از ماشین‌های در بسته‌ی مخصوص که فشار حاصل از این دما را تحمل می‌کند، استفاده شود. ماشین‌های رنگرزی در بسته با قابلیت رنگرزی تحت فشار بالای ۱ اتمسفر، ممکن است ماشین‌هایی نظیر جت، الیاف رنگ کنی و بوبین رنگ کنی و... باشد که در زمان کار کردن با این ماشین‌ها باید به اقدامات ایمنی و پیشگیرانه توجه شود. در اغلب ماشین‌های رنگرزی دمای بالا، کنترل فشار و دما به صورت اتوماتیک طبق برنامه‌های که به پروگرامر ماشین داده می‌شود، صورت می‌گیرد.

در زمان کار با ماشین‌آلات رنگرزی به خصوص در دمای بالا و تحت فشار، لازم است فشارسنج و ترمومتر حمام رنگرزی به طور مرتب کنترل و مراقبت شود زیرا در صورت عمل نکردن کنترل اتوماتیک و سوپاپ اطمینان، ماشین به گرم کردن حمام ادامه می‌دهد و فشار زیاد حاصل شده، باعث انفجار مخزن و خسارات جبران‌ناپذیر می‌گردد. همچنین لازم است که درب ماشین رنگرزی تا قبل از رسیدن ترمومتر به دمای ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و عقربه‌ی فشار سنج به ۱ اتمسفر، باز نشود، زیرا مایع داخل حمام بر اثر فشار روی آن با سرعت زیادی به بیرون پرتاب می‌شود و درب دستگاه نیز تحت تاثیر فشار بالا، با سرعت زیادی باز می‌گردد که ممکن است منجر به بروز خطرات جانی یا مالی گردد.

رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس در درجه حرارت بالا امکان استفاده از مولکول‌های با اندازه‌های بزرگتر را فراهم می‌سازد. رنگرزی‌هایی که در درجه حرارت کم صورت می‌گیرد، مدت زمان طولانی‌تری جهت رنگرزی احتیاج دارند. برای مثال، رنگرزی پلی استر در دمای ۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد با عمق متوسط به چند روز زمان احتیاج دارد. با افزایش دما، سرعت رنگرزی افزایش می‌یابد ولی در محدوده‌ی دمای ۹۵ تا ۱۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد سرعت رنگرزی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. برای مثال به ازای افزایش هر ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد در محدوده‌ی ۹۵ تا ۱۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، سرعت رنگرزی دو برابر می‌شود. برای رنگرزی پلی استر در درجه حرارت بالا نیاز به ماشین‌آلات مخصوص تحت فشار و در بسته می‌باشد. برای افزایش دمای رنگرزی تا ۱۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد حدود ۴ اتمسفر فشار در ماشین رنگرزی اعمال می‌شود.

در پایان رنگرزی پارچه‌ی پلی استر لازم است از سرد کردن سریع حمام رنگرزی جلوگیری شود زیرا این عمل در پارچه‌هایی که به فرم طنابی رنگرزی می‌شوند سبب تثبیت چروک در پارچه می‌گردد.

نکات ایمنی



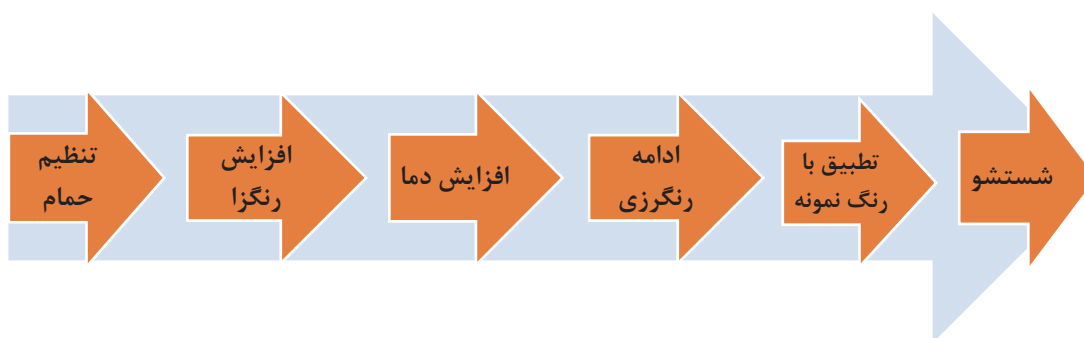
نکته



رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس در دمای بالا در مقایسه با روش استفاده از کاریر دارای مزایای زیر می‌باشد:

- ۱- کاهش زمان رنگرزی و راندمان رنگی بالاتر
- ۲- نفوذ بهتر رنگزا در کالا و یکنواختی بیشتر در رنگرزی
- ۳- عدم وجود مشکلات ناشی از کاریر

روش رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس در درجه حرارت بالا شامل ۶ مرحله می‌باشد که در شکل ۸ نشان داده شده است.

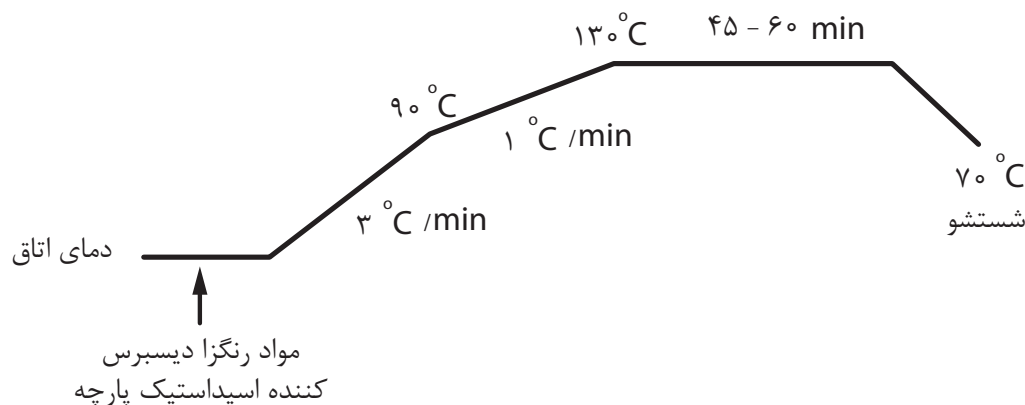


شکل ۸ مراحل رنگرزی پلی استر با رنگزای دیسپرس در درجه حرارت بالا

در مرحله اول و دوم ماشین رنگرزی آزمایشگاهی آماده شده و به آن آب، مواد رنگزای دیسپرس، دیسپرس‌کننده و اسید استیک در دمای اتاق اضافه می‌شود. میزان مصرف مواد رنگزای دیسپرس به عمق رنگی مورد نیاز بستگی دارد. برای مثال ممکن است برای به دست آوردن یک رنگ آبی روشن فقط به ۰/۵٪ ماده رنگزا بر روی وزن کالا نیاز داشته باشد در حالی که برای دستیابی به رنگ آبی سیر با همان ماده رنگزا نیاز به ۲٪ ماده رنگزا باشد. دیسپرس‌کننده در حدود ۰/۵٪ تا ۱٪ و اسید استیک حدود ۰/۵٪ تا ۳٪ برای تأمین  $\text{PH} = 5-5.5$  استفاده می‌شود.

در مرحله سوم کالا در حمام رنگرزی قرار داده شده و رنگرزی از دمای اتاق شروع شده و دما با شیب ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه افزایش می‌یابد تا دما به ۹۰ درجه سانتی‌گراد برسد. افزایش دما در این مرحله به تدریج و با شیب ۱ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه ادامه می‌یابد تا دمای محلول رنگرزی به ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد برسد.

در مرحله چهارم رنگری به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد ادامه می‌یابد. نمودار رنگری در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹ نمودار رنگری پلی استر به روش دمای بالا

در مرحله پنجم رنگ به وجود آمده بر روی کالا با رنگ نمونه تطبیق می‌شود. اگر رنگ کالا روشن‌تر از رنگ نمونه باشد، حمام را سرد کرده تا دما به ۹۰ درجه سانتی‌گراد برسد. سپس رنگری در این دما به مدت ۳۰ دقیقه ادامه می‌یابد.

در مرحله ششم کالای رنگری شده با صابون یک گرم در لیتر در دمای جوش به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه شسته می‌شود. در صورتی که کالا با رنگزای تیره (سیر) رنگری شده باشد یا از کالای رنگ شده درجه ثبات رنگ خیلی بالایی انتظار داشته باشیم باید عمل شستشو در حمام احیاء که pH قلیایی دارد انجام گیرد. به این عمل شستشوی احیایی یا رداکشن کلیرینگ (reduction clearing) گویند که در فصل قبل به آن پرداخته شده است.

### رنگری الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس به روش دمای بالا یا H. T

کالای نساجی مورد نیاز: کالای پلی استر هر یک به وزن ۴ گرم  
 مواد مصرفی مورد نیاز: ماده رنگزای دیسپرس (تهیه محلول ۱ درصد) \*\* دیسپرس‌کننده \*\* اسید استیک (تهیه محلول ۱ درصد) \*\* آب نرم  
 وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز: ماشین رنگری آزمایشگاهی H. T \*\* بشر یا لیوان آزمایشگاهی \*\* دماسنج مخصوص \*\* همزن شیشه‌ای \*\* پیپت ساده ۱۰ سی سی \*\* پیپت پرکن (پوآر) \*\* وسایل ایجاد حرارت \*\* ترازو \*\* کرنومتر یا ساعت \*\* استوانه مدرج \*\* بالن ژوژه

**نسخه رنگری:** مواد مصرفی برحسب درصد نسبت به وزن کالا و گرم در لیتر نسبت به حجم مایع رنگری در جدول ۱۵ نشان داده شده است:



جدول ۱۵ میزان مواد مصرفی در رنگرزی پلی استر در دمای بالا

مواد مصرفی	حمام ۱	حمام ۲	حمام ۳	حمام ۴
رنگزای دیسپرس (درصد)	۰/۵	۱٪	۱/۵٪	۲٪
دیسپرس کننده (گرم بر لیتر)	۱	۱	۱	۱
اسید استیک (درصد)	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵

محاسبه کنید



میزان آب مصرفی، محلول رنگزا و مواد کمکی را با انجام محاسبات رنگرزی به دست بیاورید.

### روش انجام کار

۰/۵ گرم ماده رنگزای دیسپرس را با یک ترازوی دقیق وزن کرده و به یک بشر که حاوی ۶۰ میلی لیتر آب است به آرامی و همراه با همزدن اضافه کنید. همزدن را به مدت ۵ دقیقه ادامه دهید تا سوسپانسیون مناسبی از ماده رنگزا در آب تهیه شود. محتویات بشر را به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری انتقال دهید. داخل بشر را با مقدار ۱۵ میلی لیتر آب شستشو داده و به بالن ژوژه اضافه کنید. این عمل را یک بار دیگر تکرار کنید. بالن ژوژه را با آب به حجم برسانید و تکان دهید. بدین ترتیب محلول مادر ماده رنگزا ساخته می شود. از این محلول برای رنگرزی استفاده کنید.

جهت رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس بر طبق نسخه و نمودار رنگرزی داده شده، نسبت مایع به کالا (L:R) : ۱:۵۰ و محاسبات انجام شده، ۴ حمام رنگرزی را با ماده‌ی رنگزا، مواد کمکی و آب آماده می کنند. سپس کالای پلی استری را به حمامها اضافه می کنند. محتویات داخل بشر را به داخل ظرفهای فولادی دردار مخصوص ماشین رنگرزی منتقل می کنند. بعد دمای حمامهای رنگرزی را به سرعت افزایش می دهند تا دمای حمام به ۹۵ درجه‌ی سانتی گراد برسد. سپس حرارت را طوری تنظیم می کنند که بر طبق نمودار رنگرزی داده شده به پروگرامر ماشین، دمای محلول رنگرزی داخل لیوانها در مدت زمان ۳۵ دقیقه به دمای ۱۳۰ درجه‌ی سانتی گراد برسد. رنگرزی را در این دما به مدت ۶۰ دقیقه ادامه می دهند. در پایان رنگرزی دمای حمام رنگرزی را تا ۷۰ درجه‌ی سانتی گراد خنک می کنند و سپس کالا را از حمام خارج می کنند و شستشو، آبکشی و خشک می کنند.

در پایان رنگ پساب باقیمانده و نمونه‌های رنگرزی شده را پس از خشک کردن در شرایط استاندارد نوری مقایسه کنید و به تحلیل نتایج پردازید.

مقایسه و استدلال





درباره شکل خاص منحنی رنگرزی (شکل ۹) با هم بحث کنید.

## رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس به روش پد- ترموزول

جهت رنگرزی پلی استر خالص یا مخلوط پلی استر با الیاف سلولزی می توان از روش رنگرزی پد- ترموزول استفاده کرد. در این روش، ماده‌ی رنگزا پس از پد یا آغشته شدن بر روی پارچه در قسمت فولارد، در دمای حدود ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک می‌شود و در دستگاه ترموزول یا استنتر عمل تثبیت رنگزا بر روی کالا در دمای ۱۷۵ تا ۲۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. در این دما ساختمان داخلی الیاف پلی استر نرم و باز می‌شود و پلیمر پلی استر شروع به ارتعاش کردن می‌کند، بنابراین ورود مولکول‌های ماده‌ی رنگزا به داخل لیف آسان‌تر می‌گردد و حبس فیزیکی رنگزا اتفاق می‌افتد. از طرف دیگر ماده‌ی رنگزا در این دما تصعید می‌شود و به صورت بخار در می‌آید و به شدت جذب الیاف می‌گردد و در بین زنجیرهای مولکولی واقع می‌شود. پس از تثبیت رنگزا و خنک کردن کالای رنگرزی شده، کالا را با محلول صابون یا شوینده در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه شستشو می‌دهند تا مواد رنگزای اضافی سطحی و مواد کمکی از روی پارچه زدوده شوند.

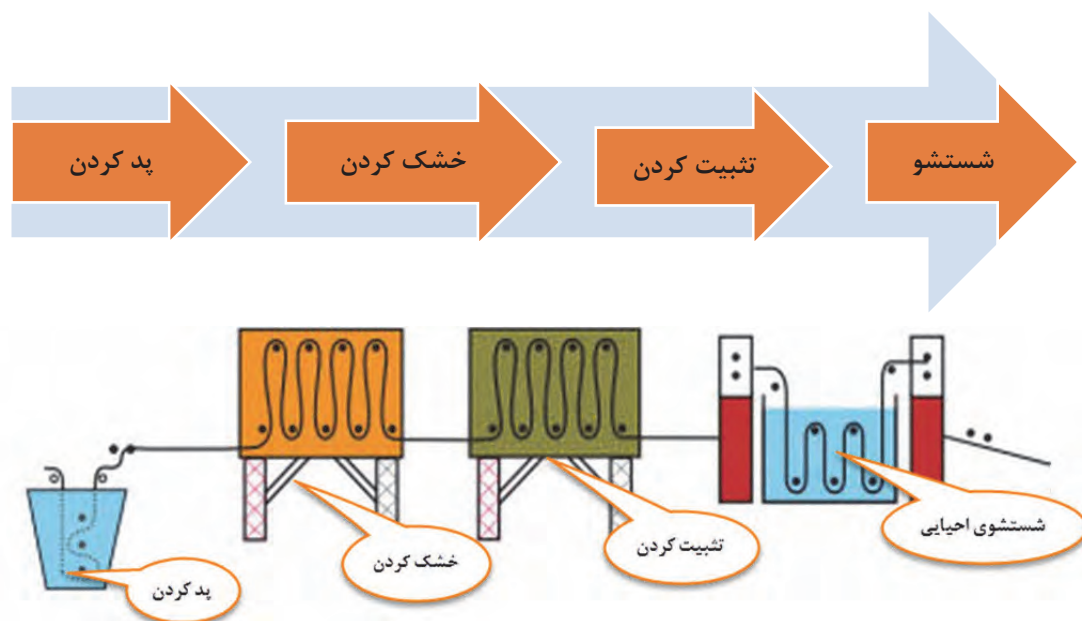
مهمترین مزایای رنگرزی پلی استر با رنگزاهای دیسپرس با ماشین پد- ترموزول عبارت‌اند از:

- ۱- فرایند رنگرزی پد- ترموزول مداوم و برای مترای زیادی پارچه مقرون به صرفه می‌باشد.
- ۲- امکان ایجاد شیدهای عمیق و پر رنگ (سیر) با ثبات عالی بر روی کالا وجود دارد.
- ۳- تثبیت حرارتی و رنگرزی کالا به طور هم‌زمان انجام می‌شود.
- ۴- عدم نیاز به ماده‌ی کمکی کاربر
- ۵- امکان برداشت بالای رنگزا
- ۶- مصرف کمتر آب و انرژی
- ۷- امکان رنگرزی پارچه با عرض باز و عدم تشکیل چین و چروک و رگه رگه شدن

استفاده از روش رنگرزی پد- ترموزول محدودیت‌هایی نیز دارد. مثلاً از تمامی مواد رنگزای دیسپرس به این روش نمی‌توان استفاده کرد، زیرا ممکن است دمای بالا باعث تجزیه و از بین رفتن برخی از مواد رنگزا شود.

حضور الیاف دیگر مثل پشم در مخلوط با پلی استر نیز سبب می‌شود تا از این روش نتوان برای رنگرزی مخلوط دو کالا استفاده شود، زیرا الیاف پشم نسبت به حرارت حساس بوده و تغییر رنگ می‌دهد و استحکامش کاهش می‌یابد.

در شکل ۱۰ مراحل اصلی رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس به روش پد-ترمزول نشان داده شده است.



شکل ۱۰ مراحل رنگرزی کالای پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس به روش پد-ترمزول

## مواد ضد مهاجرت (ضد جابه‌جایی)

جهت جلوگیری از جابه‌جایی و مهاجرت رنگزا در مرحله‌ی خشک کردن پارچه بعد از عبور از فولارد از مواد شیمیایی کمکی به نام ضد مهاجرت نظیر کربوکسی متیل سلولز رنگزا استفاده می‌شود. این مواد اغلب در گرمای حاصل از خشک‌کن پلیمریزه می‌شوند و یک سد فیزیکی در مقابل عبور و حرکت رنگزا از نقطه‌های به نقطه‌ی دیگر به وجود می‌آورند.

مراحل خشک کردن پارچه بعد از پد شدن پارچه در روش‌های مداوم از نظر یکنواختی رنگرزی بسیار اهمیت دارد زیرا چنانچه حرارت روی پارچه یا حاشیه‌ی آن از زیر پارچه یا حاشیه‌ی دیگر بیشتر باشد آن قسمت زودتر خشک می‌شود و در نتیجه مقداری محلول رنگرزی از قسمتی که هنوز خشک نشده است به طرف قسمت خشک شده حرکت می‌کند و در آن قسمت، رنگزای بیشتری انباشته می‌گردد به این حرکت رنگزا مهاجرت یا جابه‌جایی رنگزا گفته می‌شود.

داشتن درجه حرارت یکنواخت در پشت و روی پارچه و همچنین در عرض پارچه، شرط اساسی کسب رنگرزی یکنواخت می‌باشد. جهت به حداقل رساندن جابه‌جایی رنگزا بر روی سطح پارچه بهتر است حتی المقدور از پیک آپ یا برداشت حدود ۶۰ درصد و از درجه حرارت ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در

خشک‌کن استفاده شود. افزایش دو عامل مذکور سبب جابه‌جایی و مهاجرت بیشتر رنگزا بر روی سطح پارچه و افزایش نایکنواختی در رنگرزی می‌گردد.

### رنگرزی الیاف پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس به روش پد- ترموزول

کالای نساجی مورد نیاز: ۵ قطعه پارچه‌ی پلی استری به ابعاد ۳۰ × ۵ متر مربع

مواد مصرفی مورد نیاز: ماده رنگزای دیسپرس (تهیه محلول ۱ درصد) \*\* ماده‌ی ضد مهاجرت \*\* آب نرم و سایل آزمایشگاهی مورد نیاز: بشر \*\* همزن شیشه‌ای \*\* پیپت ساده ۱۰ سی سی \*\* پیپت پرکن (پوآر) \* ترازو \* کرنومتر یا ساعت \* استوانه مدرج \* بالن ژوژه \* ماشین رنگرزی آزمایشگاهی ترموزول \* فولارد آزمایشگاهی

فعالیت کارگاهی



در داخل یک عدد بشر ۱۰۰۰ سی سی مقدار ۸ گرم ماده‌ی ضد مهاجرت و ۱۲ گرم ماده‌ی رنگزای دیسپرس می‌ریزند و حجم آن را با آب به ۶۰۰ میلی لیتر می‌رسانند. (روش تهیه‌ی محلول دیسپرسیون را قبلاً آموخته‌اید.) پارچه‌ها را در داخل بشر قرار می‌دهند و خوب هم می‌زنند تا کالا به طور کامل به مایع رنگرزی آغشته شود. کالاها را از بشر خارج می‌کنند و بلافاصله از میان جفت غلتک‌های فولارد آزمایشگاهی عبور می‌دهند. میزان پیک آپ ماشین فولارد روی ۷۰ درصد تنظیم می‌باشد.

پس از پایان مراحل گفته شده یکی از پارچه‌ها را بردارید و در دمای اتاق خشک کنید. سه عدد پارچه‌ی باقیمانده را توسط گیره‌های مخصوص به ریل دستگاه ترموزول آزمایشگاهی متصل کنید. پارچه‌ها را در این ماشین در دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه خشک کنید. یکی دیگر از پارچه‌ها را به عنوان نمونه نگه دارید. در مرحله‌ی بعدی دمای ماشین ترموزول را بر روی ۱۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم کنید. یکی دیگر از پارچه‌ها را بعد از ۴۵ ثانیه از ماشین ترموزول خارج کنید. دمای ماشین ترموزول را برای پارچه‌ی بعدی در دمای ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۵ ثانیه عبور دهید. آخرین پارچه‌ی خشک شده را در دمای ۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۵ ثانیه از ترموزول عبور دهید.

در پایان این آزمایش ۵ عدد پارچه‌ی رنگرزی شده خواهید داشت:

۱- پارچه‌ی شماره ۱ آغشته شده و پد شده که در دمای محیط خشک شده است.

۲- پارچه‌ی آغشته شده و پد شده شماره ۲ که در دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک شده است.

۳- پارچه‌ی آغشته شده و پد شده شماره ۳ که در دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک شده و

در دمای ۱۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تثبیت شده است.

۴- پارچه‌ی آغشته شده و پد شده شماره ۴ که در دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک شده و

در دمای ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تثبیت شده است.

۵- پارچه‌ی آغشته شده و پد شده شماره ۵ که در دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک شده و

در دمای ۲۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تثبیت شده است.

بعد از اتمام رنگرزی هر یک از پارچه‌ها را به دو قسمت تقسیم کنید و یک قسمت آنها را به گزارش کار خود الصاق کنید. قسمت دیگر پارچه‌ها را در داخل حمام احیا شستشو دهید و سپس کالاها را خارج و آبکشی کنید. پارچه‌ها را پس از خشک شدن به گزارش کارهای خود الصاق کنید.

## ماشین رنگرزی پد- ترموزول (ترمو فیکس) (حرارت خشک)

ماشین رنگرزی پد- ترموزول آزمایشگاهی از دو قسمت فولارد و منطقه‌ی حرارتی تشکیل شده است. آغشته‌سازی مواد رنگزا و برداشت معین محلول مواد رنگزا توسط کالا توسط بخشی از دستگاه پد- ترموزول انجام می‌گیرد که به آن فولارد گویند.

در قسمت فولارد که از مخزن محلول رنگرزی و جفت غلتک‌های فشار دهنده تشکیل شده است، کالا به محلول رنگرزی آغشته یا پد می‌شود و پس از جذب ماده‌ی رنگزا به مقدار مناسب و تعیین شده (برداشت یا پیک آپ معین) که توسط فشار غلتک‌ها تعیین می‌شود، وارد منطقه‌ی حرارتی می‌شود. در داخل مخزن محلول رنگرزی، غلتک‌های هدایت‌کننده قرار دارد که باعث می‌شود کالا به شیوه‌ی بهتری از داخل محلول رنگرزی عبور می‌کند. کالا پس از عبور از قسمت فولارد، در قسمت حرارتی، خشک و بعد تثبیت می‌شود. قسمت حرارتی شامل گرم‌کن‌های الکتریکی، مادون قرمز و مولد گرما و... می‌باشد. در این ماشین، فن‌هایی تعبیه شده است که باعث جریان یافتن هوا از روی گرم‌کن‌ها می‌شود. در نتیجه، هوا گرم می‌شود و به روی کالا جریان می‌یابد.

جهت رنگرزی پارچه‌ی پلی استر یا مخلوط آن با پنبه با رنگزاهای دیسپرس به روش پد- ترموزول، پارچه‌های که قبل از رنگرزی شستشو داده شده است، وارد ظرف محتوی ماده‌ی رنگزای دیسپرس، دیسپرس‌کننده و آب می‌گردد. پس از آن که پارچه به خوبی به ماده‌ی رنگزا آغشته یا پد شد از بین جفت غلتک‌های فولارد که فاصله‌ی بین آنها از قبل بر اساس پیک آپ یا برداشت تنظیم شده است، عبور داده می‌شود و رنگزای مازاد تعیین شده به حمام رنگرزی بر می‌گردد. به این عمل پد یا آغشته کردن می‌گویند. ماشین ترموزول از یک فولارد دقیق و حساس به نام کوسترز تشکیل شده است که از سه جهت چپ و راست از طریق جک تعبیه شده و فشار قسمت وسط از طریق خود فولارد تأمین می‌شود. معمولاً میزان برداشت پارچه از محتویات ظرف بین ۶۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد؛ یعنی وزن پارچه‌ی آغشته شده به محلول رنگرزی پس از عبور از بین غلتک‌های فولارد به میزان ۶۰ تا ۷۰ درصد افزایش می‌یابد.

پارچه پس از عبور از بین غلتک‌های فولارد و طی مسافت حدود ۴ متر، پارچه وارد اطاقک‌های خشک‌کن می‌شود. جهت عدم مهاجرت رنگزا در زمان عبور پارچه از مواد ضد مهاجرت استفاده می‌شود. قبل از خشک‌کن اغلب سیستم پیش خشک‌کن به نام Infra Red یا اشعه‌ی مادون قرمز قرار دارد که مانند یک المنت نورانی مقدار حدود ۴۰ درصد از رطوبت پارچه را قبل از ورود به اطاقک‌های خشک‌کن اصلی می‌گیرد. پارچه پس از عبور از این مرحله وارد قسمت اول خشک‌کن با دمای حدود ۸۰ تا ۱۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌شود و پس از آن وارد قسمت دوم خشک‌کن با دمای ۱۷۵ تا ۲۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌گردد. کالا در



این دما به مدت ۳۰ تا ۶۰ ثانیه در معرض این دما قرار می‌گیرد تا ماده‌ی رنگزا بر روی کالا تثبیت شود. در این مرحله جذب و تثبیت رنگزا بر روی کالا انجام می‌شود. در برخی از ماشین‌آلات جهت تأمین حرارت تثبیت بعد از خشک‌کن اولیه یک عدد استنتر تعبیه شده است که عمل تثبیت رنگزا و تثبیت ابعادی پارچه را هم‌زمان در دمای ۱۸۰ تا ۲۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد میسر می‌سازد.

روش رنگرزی ترموزول برای پلی‌استر تکسچره شده مناسب نمی‌باشد زیرا حجم نخ در حرارت خشک کاهش می‌یابد.

نکته



در واقع پد- ترموزول دستگاهی است که مجهز به قسمت آغشته‌سازی کالا به مواد رنگزا و کمکی و سامانه حرارتی ۱۰۰ تا ۲۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد جهت خشک کردن و تثبیت رنگزا بر روی پارچه می‌باشد. پارچه پس از آغشته شدن به محلول مواد رنگزا در داخل خشک‌کن با عرض باز حرکت می‌کند. در طی این عمل پارچه رطوبت خود را از دست داده و خشک می‌گردد و مواد رنگزای دیسپرسی که بر روی کالا قرار گرفته‌اند به داخل الیاف نفوذ می‌کنند. در واقع عملیات پد-ترموزول شامل مراحل آغشته‌سازی کالا به مواد رنگزا، برداشت کالا از مواد رنگزا، خشک کردن کالا و تثبیت مواد رنگزا بر روی کالا می‌باشد. توجه کنید که در صورت رنگرزی کالای پلی‌استری با روش ترموزول به غیر از تثبیت ماده‌ی رنگزا، در بخش تثبیت رنگزا و پارچه با استنتر، عملیات تثبیت حرارتی و فیکسه کردن ابعاد پارچه را نیز هم‌زمان انجام می‌دهند.

در مورد سامانه‌ی حرارتی و پیش‌خشک‌کن I. R (مادون قرمز) تحقیق و بررسی کنید.

تحقیق کنید



### روش کار با دستگاه پد-ترموزول آزمایشگاهی

فعالیت کارگاهی



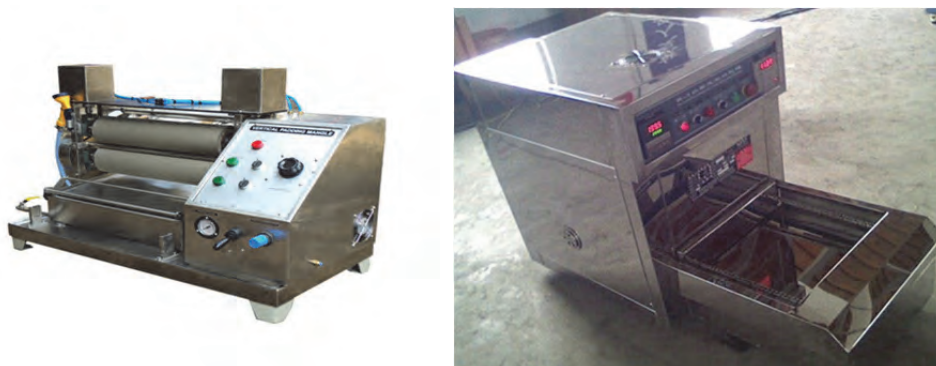
دو تکه پارچه‌ی آستری را که دارای طول حدود ۵ متر می‌باشد، تهیه کنید و یکی از آنها را از میان مخزن محلول رنگرزی و غلتک‌های فولارد یا پد عبور دهید. پس از آن پارچه را از قسمت حرارتی عبور دادید در سمت دیگر ماشین به دور غلتک جمع‌کننده‌ی پارچه بپیچید. سپس کالای اصلی را به پارچه‌ی آستری بدوزید. آستری دوم را به انتهای کالا بدوزید تا هربار نیاز به عبور پارچه‌ی آستری از قسمت‌های مختلف دستگاه نباشد. در مرحله‌ی بعدی رگولاتور تنظیم درجه حرارت را روی دمای مورد نظر تنظیم کنید و کلید موتور فن را نیز روشن کنید. گرم‌کن دستگاه هرگاه که به درجه حرارت مطلوب برسد به‌طور

اتوماتیک قطع می‌شود. هنگامی که درجه حرارت به دمای مطلوب رسید، کلید موتور را برای راه‌اندازی ماشین فشار دهید.

سپس کمپرسور باد که در غلتک‌های برداشت ایجاد فشار می‌کنند، را روشن کنید تا فشار مطلوب بین غلتک‌ها اعمال شود.

سرعت حرکت مطلوب پارچه را با دستگیره‌ی تغییر دهنده‌ی سرعت و کلاچ دو حالته تغییر دهید. تغییر سرعت اهرم کلاچ در حین کار انجام می‌شود. اگر کلاچ در موقعیت دور تند باشد، با دستگیره‌ی تغییردهنده‌ی سرعت دستگاه، زمان حرکت پارچه از ۳۰ ثانیه تا ۱۲۰ ثانیه تنظیم می‌شود. در حالی که اگر کلاچ در موقعیت کند باشد زمان عبور پارچه از ۱/۵ تا ۶ دقیقه قابل تغییر می‌باشد. فشار روی غلتک‌ها اغلب در فشار ۲ تا ۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تنظیم می‌شوند.

در شکل ۱۱ ماشین رنگرزی ترموزول و فولارد آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۱۱ ماشین رنگرزی ترموزول و فولارد آزمایشگاهی

رنگرزی با روش‌های پد- ترموزول، پد- بچ و پد استیم را با یکدیگر مقایسه و کاربرد هر کدام را گزارش کنید.

تحقیق کنید



یکی از مهمترین بخش‌های ماشین پد- ترموزول، قسمت فولارد می‌باشد که در ادامه به این بخش پرداخته می‌شود.

### ماشین رنگرزی فولارد (Pad Dyeing Machine)

در ماشین رنگرزی فولارد، پارچه ابتدا در یک ظرف یا مخزن رنگرزی به مواد رنگزا آغشته می‌شود. در مرحله‌ی بعد پارچه از بین جفت غلتک استوانه‌ای به هم فشرده با فشار معین عبور می‌کند تا محلول رنگزا به داخل پارچه نفوذ کند و محلول اضافی رنگزا از روی پارچه گرفته شود. در این ماشین پارچه‌ها به صورت عرض باز وارد ماشین می‌گردد و بنابراین احتمال چین، چروک، خط و رگه روی پارچه خیلی کم می‌شود.

## رنگرزی الیاف مصنوعی

در ماشین رنگرزی فولارد پارچه به صورت عرض باز از روی یک غلتک سوار بر خرک باز می‌شود و با کنترل، هدایت و راهنمایی غلتک‌هایی در طول مسیر، وارد ماشین فولارد می‌گردد و بعد از عبور از فولارد در سمت دیگر ماشین به دور غلتک دیگری که بر خرک سوار است پیچیده می‌شود یا توسط سیستم تا کن ماشین در داخل واگن یا گاری حمل پارچه جمع‌آوری می‌گردد.

البته در سیستم‌های مداوم رنگرزی، پارچه بعد از عبور از ماشین فولارد وارد ماشین‌های خشک‌کن و تثبیت پارچه می‌گردد.

در زمان کار با ماشین رنگرزی فولارد به این نکته باید توجه کرد که پارچه بهتر است به صورت خشک وارد ماشین گردد، زیرا آب موجود در پارچه به تدریج باعث رقیق شدن محلول ماده‌ی رنگزا می‌گردد و همچنین به علت حرکت مولکول‌های آب که از الیاف به درون محلول نفوذ می‌کنند، سبب کند شدن نفوذ محلول رنگرزی در الیاف می‌گردد.

قسمت‌های اصلی یک ماشین فولارد شامل جفت غلتک فولارد یا فشار، مخزن رنگزا و غلتک‌های هدایت و کنترل می‌باشد که در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲ قسمت‌های اصلی یک ماشین فولارد شامل جفت غلتک فولارد یا فشار

## مخزن یا شاسی ماشین‌های رنگرزی فولارد

مخزن رنگزا در ماشین فولارد، ظرفی فولادی است که مایع رنگرزی مورد نیاز با غلظت معین درون آن ریخته می‌شود و تا حد امکان این مخزن کوچک انتخاب می‌شود ولی مسیر آغشته شدن پارچه به محلول تا حد امکان طولانی می‌باشد.

برای طولانی‌تر کردن مسیر آغشته شدن پارچه به محلول رنگرزی در مخزن فولارد دو راهکار وجود دارد:

۱- اضافه کردن تعداد غلتک‌های درون مخزن رنگرزی

۲- قرار دادن یک قطعه‌ی کوچک‌کننده در داخل مخزن رنگرزی

هدف از طولانی‌تر کردن مسیر آغشته شدن پارچه به محلول رنگرزی این است که کالا به طور کامل خیس شود و مواد مصرفی به اندازه‌ی کافی در آن نفوذ کنند.

هدف از انتخاب مخزن کوچک‌تر با حجم محلول کمتر این است که محلول اضافی در مخزن باقی نماند، بلکه به تدریج مصرف شود و محلول جدید در منبع اصلی به مخزن فولارد اضافه شود. بدین ترتیب از کثیف شدن محلول که ممکن است در اثر عبور زیاد پارچه به وجود آید جلوگیری می‌کند.

در برخی از ماشین‌های رنگرزی فولارد برای کاهش حجم محلول، مخزن را طوری در زیر غلتک‌های فشار قرار می‌دهند که بخشی از غلتک‌های قسمت زیر در داخل محلول مخزن قرار می‌گیرد. به این ترتیب حجم مخزن کم می‌شود و محلول به طور مرتب به هم زده می‌شود تا غلظت و حرارت در تمام نقاط مخزن یکسان شود.

جهت گرم کردن محلول رنگرزی درون مخزن به طور غیر مستقیم از لوله‌های بخار یا مخازن دو جداره استفاده می‌شود. گرم کردن مستقیم محلول رنگرزی داخل مخزن باعث تبدیل بخار به آب و تغییر غلظت محلول می‌گردد.

از آنجایی که امکان آماده کردن تمام محلول رنگرزی لازم برای پد کردن در خود مخزن رنگرزی وجود ندارد، بنابراین از یک مخزن بزرگ مجهز به همزن و لوله‌های آب و بخار در کنار ماشین فولارد و بالاتر از مخزن رنگرزی ماشین جهت نگه داری و آماده کردن محلول رنگرزی با غلظت معین و یکنواخت استفاده می‌شود. منبع بزرگ نگهداری محلول رنگرزی توسط لوله‌های مخصوصی به مخزن اصلی متصل می‌شوند که با باز کردن شیرهای مخصوص بدون احتیاج به پمپ، محلول از منبع به طرف مخزن جریان پیدا می‌کند. مقدار محلولی که از منبع به مخزن وارد می‌شود بر اساس مقدار رنگزای جذب شده در هر متر مربع پارچه تعیین و تنظیم می‌شود. در ماشین‌های مدرن این کار به طور اتوماتیک انجام می‌شود.

مخزن فولارد و منبع محلول و غلتک‌ها باید بلافاصله پس از اتمام رنگرزی شسته و تمیز گردند زیرا باقی ماندن مواد مصرفی به مدت زیاد باعث افزایش چسبندگی و غلظت در آنها می‌شود و کار تمیز کردن را دشوار می‌کند.

نکته



## غلتک‌های فشار در ماشین فولارد

جنس جفت غلتک‌های فشار در ماشین‌های فولارد در زمان گذشته از چوب یا فلزات مختلف بوده است. امروزه جنس غلتک‌های فولارد از جنس آهن با روکش لاستیک مقاوم و فشرده می‌باشد. اغلب روکش لاستیکی غلتک زیر، سخت‌تر از روکش غلتک بالایی می‌باشد. سختی روکش غلتک‌ها به موارد مصرف آنها بستگی دارد. به عنوان مثال در پارچه‌های مصنوعی بهتر است روکش غلتک‌ها نرم و ضخیم باشد و در برابر مواد شیمیایی مصرفی مقاومت خوبی داشته باشند. در موقع استفاده از غلتک‌ها لازم است به درجه حرارت محلول، فشار، غلظت و نوع مواد شیمیایی موجود در حمام رنگرزی توجه شود.

طول غلتک‌های ماشین رنگرزی فولارد متغیر و در حدود ۱۶۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر می‌باشد. حداکثر فشاری که بر روی غلتک‌ها اعمال می‌گردد در حدود ۱۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. جهت اعمال فشار بر غلتک‌های فولارد از نیروی فنر، فشار روغن، فشار هوا، فشار آب و یا یک اهرم استفاده می‌شود. حرکت غلتک‌های فشاردهنده به این صورت می‌باشد که، یکی از غلتک‌ها (اغلب غلتک زیری) توسط نیروی موتور به حرکت در می‌آید و بنابر این غلتک دوم که در تماس با غلتک اول می‌باشد نیز حرکت می‌کند.

غلتک‌های فشاردهنده‌ی مدرن مجهز به وسایلی می‌باشند که در مواقع ضروری مثل تاخوردن پارچه، گره داشتن پارچه، همراه بودن مواد سخت (میخ، اجسام آهنی و...) در پارچه و یا در مواردی که اتفاقی برای اپراتور دستگاه بیفتد (مثل رفتن انگشت دست یا آستین لای غلتک) از حرکت غلتک‌ها جلوگیری می‌کند تا از ایجاد خطر و خرابی در غلتک‌ها جلوگیری شود.

برای نگهداری و جلوگیری از خراب شدن غلتک‌های فولارد لازم است به نکاتی توجه شود که این نکات عبارت‌اند از:

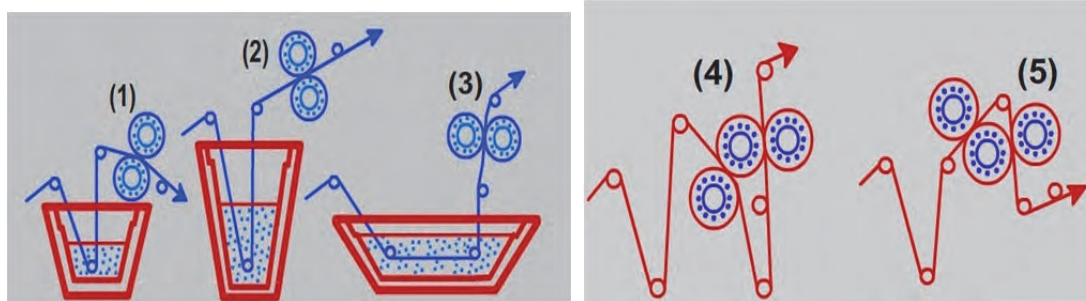
۱- در پایان کار ماشین فولارد و با خارج شدن پارچه از ماشین رنگرزی باید بلافاصله فشار روی غلتک‌ها قطع شود.

۲- برای اتصال پارچه‌ها به یکدیگر نباید از روش گره زدن یا سوزن زدن به پارچه‌ها استفاده شود.

۳- در صورتی که ماشین رنگرزی فولارد به مدت چند ماه بدون استفاده باقی بماند، برای استفاده‌ی مجدد از این ماشین غلتک‌های فشار را با محلول ۱/۵ درصد جوش شیرین (بیکربنات سدیم) شستشو دهید تا لکه‌هایی که در اثر توقف ماشین، ایجاد شده است پاک شود. پس از آن باید غلتک‌ها با آب گرم آبکشی شوند. برای تمیز کردن غلتک‌ها نباید از حلال‌های قوی مثل بنزن استفاده شود. بهترین وسیله برای تمیز کردن غلتک‌ها برس‌های نرم مویی با آب نیمه گرم به همراه دترجنت‌های ضعیف می‌باشد.

۴- اغلب پس از مدتی کارکرد غلتک‌های فشاردهنده اگر در نگهداری آنها دقت نشود، در سطح غلتک‌ها گودی ایجاد می‌شود که سبب برداشت نایک‌نواخت در سطح پارچه می‌گردد. گودی کم در سطح غلتک‌ها را می‌توان با دستگاه مخصوص تزریق خمیر پلاستیک از نوع روکش غلتک، بازسازی و اصلاح کرد. اگر عمق گودی‌های روکش غلتک زیاد باشد یا قسمت بزرگی از روکش کنده شده باشد در این حالت باید غلتک تعویض شود.

ماشین رنگرزی فولارد از نظر تعداد غلتک‌های فولارد فشاردهنده استفاده شده در آن به سه دسته‌ی ماشین رنگرزی فولارد دو غلتکی، ماشین رنگرزی فولارد سه غلتکی و ماشین رنگرزی فولارد چهارغلتکی تقسیم می‌شوند که اغلب فولاردها دو یا سه جفت غلتکی معمول می‌باشند. در شکل ۱۳ مسیر حرکت پارچه در شماتیک فولارد دو و سه غلتکی نشان داده شده است.

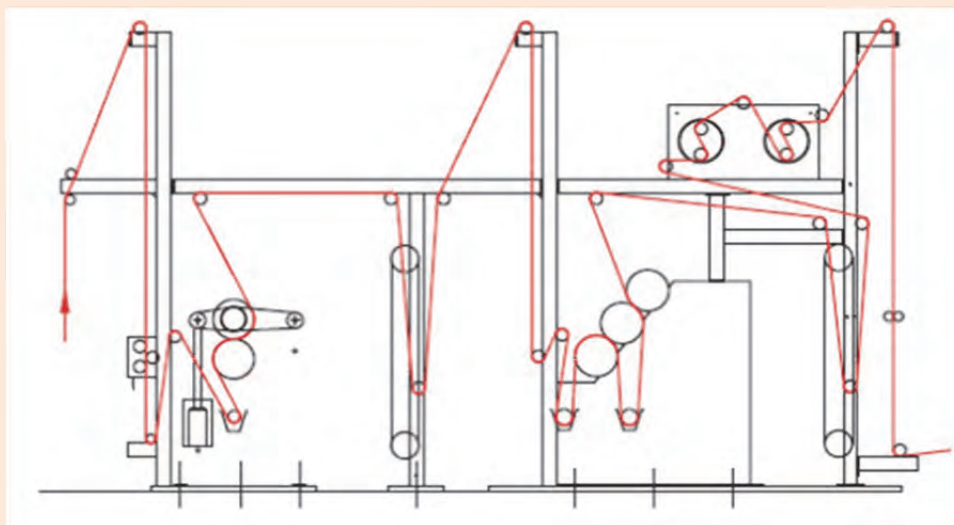


دو غلطکی

سه غلطکی

شکل ۱۳ مسیر حرکت پارچه در شماتیک فولارد دو و سه غلتکی

شکل ۱۴ نمای شماتیک از یک فولارد مرکب می‌باشد. اجزای اصلی آن را مشخص کنید.



شکل ۱۴ نمای شماتیک از یک فولارد مرکب

در بیشتر کارخانجات رنگرزی، فولاردهای دو غلتکی معمول می‌باشد ولی برخی از کارخانجات از فولاردهای سه یا چهار غلتکی نیز استفاده می‌کنند. در ماشین فولارد سه غلتکی، تعداد سه عدد غلتک فشاردهنده بعد از مخزن رنگزا موجود می‌باشد.

فعالیت کلاسی



این غلتک‌ها به شکل V در یک مخزن در مجاورت همدیگر واقع شده‌اند به طوری که غلتک وسط محرک (حرکت‌دهنده) و دو غلتک مجاور آن متحرک می‌باشند و از غلتک وسطی حرکت می‌گیرند. اغلب از غلتک‌های کنترل و هدایت‌کننده و قطعات اضافی دیگر برای کوچک‌تر کردن حجم مخزن استفاده می‌شود. این نوع فولارد دو جداره می‌باشد و محلول در صورت نیاز توسط بخار غیر مستقیم گرم می‌شود. سرعت فولارد سه غلتکی از ۱۰ تا ۶۰ متر در دقیقه قابل تنظیم می‌باشد. از این ماشین می‌توان به عنوان فولارد دو غلتکی نیز استفاده کرد. برای نفوذ بهتر محلول در لابه‌لای الیاف می‌توان قبل از ورود پارچه به محلول رنگری، هوای داخل پارچه توسط فشار غلتک‌هایی گرفته شود.

از فولارد سه غلتکی می‌توان با دومخزن نیز استفاده کرد. در صورت لزوم می‌توان محلول را از یک مخزن به مخزن دیگر منتقل کرد. در مورد پارچه‌های ضخیم و سنگین که محلول رنگری را دیر جذب می‌کنند می‌توان پارچه را طوری از بین غلتک‌ها عبور داد که پارچه دو بار وارد مخزن شود.

ماشین فولارد چهار غلتکی فاقد مخزن رنگری مجزا می‌باشند و محلول رنگری مورد استفاده در وسط چهار غلتک و یا بین دو غلتک بالایی (که توسط ورقه‌ها و واشرهای لاستیکی مخصوص مسدود شده‌اند) قرار می‌گیرد. محلول رنگری توسط پمپ از لوله‌ی مشبکی که در سراسر طول فولارد قرار گرفته است، عبور می‌کند و در حالی که به هم زده می‌شود به مخزن می‌ریزد.

اگر محلول رنگری مابین چهار غلتک ریخته شود دو غلتک بالایی به عنوان هواگیر پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت می‌توان پارچه را دو بار در محلول وارد کرد. در ماشین فولارد چهار غلتکی در صورت نیاز می‌توان محلول را هم در بین غلتک‌های بالایی و هم در میان چهار غلتک قرار داد که این عمل باعث می‌شود عمل پد کردن به دفعات بیشتری انجام شود.

یکی از محاسن این نوع فولارد، کوچک بودن مخزن محلول رنگری می‌باشد. همچنین می‌توان تا آخرین لیتر محلول را مورد استفاده قرار داد. در ضمن از سرازیر شدن محلول اضافی که ممکن است روی پارچه ریخته شود و باعث لکه‌دار شدن آن گردد، جلوگیری می‌شود.

نوعی از فولارد چهار غلتکی وجود دارد که از دو فولارد دو غلتکی مجزا تشکیل شده است. از این فولارد می‌توان در موارد مختلف استفاده کرد. به عنوان مثال از فولارد اول به عنوان خیس‌کننده و از فولارد دوم برای آغشته کردن کالا به محلول رنگری استفاده می‌شود.

### میزان برداشت یا پیک آپ (Pick up) در ماشین رنگری فولارد

میزان برداشت یا پیک آپ عبارت است از مقدار محلولی که پارچه پس از عبور از فولارد به خود جذب می‌کند که مقدار محلولی که پارچه پس از عبور از فولارد به خود جذب می‌کند. مقدار محلول جذب شده توسط پارچه را به وسیله‌ی مقایسه‌ی وزن پارچه‌ی آغشته شده به محلول رنگری نسبت به وزن پارچه‌ی خشک محاسبه می‌کنند و میزان این برداشت رنگزا را بر حسب درصد بیان می‌کنند.

به عنوان مثال برداشت ۱۰۰ درصد یعنی ۱۰۰ کیلوگرم پارچه‌ی خشک باید پس از خروج از فولارد ۲۰۰ کیلوگرم وزن داشته باشد و یا برداشت ۸۰ درصد یعنی هر ۱۰۰ کیلوگرم پارچه‌ی خشک، ۸۰ کیلوگرم محلول رنگرزی را جذب می‌کند و وزن آن پس از خروج از ماشین فولارد ۱۸۰ کیلوگرم می‌شود.

میزان پیک آپ یا برداشت رنگزا بر روی پارچه در ماشین فولارد از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:  
وزن پارچه‌ی خشک ÷ { ۱۰۰ × (وزن پارچه‌ی خشک - وزن پارچه پس از عبور از فولارد) } = درصد پیک آپ یا برداشت

مقدار پیک آپ یا برداشت به فشار غلتک‌ها بر روی پارچه در زمان عبور از آنها بستگی دارد. با اضافه کردن فشار غلتک‌ها بر روی پارچه، محلول رنگرزی بیشتری از پارچه‌ی در حال عبور از فولارد گرفته می‌شود و درصد برداشت کم می‌شود. برعکس با کاهش فشار غلتک‌ها بر روی پارچه در زمان عبور، محلول رنگرزی بیشتری در پارچه‌ی خروجی باقی می‌ماند و درصد برداشت زیاد می‌گردد. بنابراین با تنظیم غلتک‌ها به صورت دستی یا اتوماتیک می‌توان میزان درصد برداشت را تغییر داد.

اغلب در کارخانجات توسط ماشین رنگرزی فولارد آزمایشگاهی که یک نمونه‌ی آن در شکل نشان داده شده است، پیک آپ مورد نظر را به دست می‌آورند. برای تعیین درصد پیک آپ، مقداری از پارچه‌ی خشک مستطیل شکل را به طور دقیق وزن می‌کنند و آن را به مدت چند ثانیه در محلول رنگرزی قرار می‌دهند و بعد این پارچه را از لای غلتک‌های فولارد عبور می‌دهند و بلافاصله دو مرتبه آن پارچه را وزن می‌کنند. از فرمول تعیین میزان برداشت یا پیک آپ، میزان درصد برداشت را محاسبه می‌کنند.

یکی از موارد بسیار مهم در ماشین رنگرزی فولارد، یکنواختی برداشت رنگزا بر روی عرض پارچه می‌باشد. برای آزمایش یکنواختی برداشت، سه قسمت مساوی و هم وزن پارچه را به طور یکنواخت در محلول رنگرزی قرار می‌دهند و هر کدام از این سه پارچه را به ترتیب از قسمت‌های کناری و وسط عبور می‌دهند و بلافاصله سه پارچه را وزن می‌کنند. اگر سه پارچه دارای وزن یکسان باشند، میزان پیک آپ یا برداشت یکنواخت می‌باشد. در صورت اختلاف در وزن پارچه‌های خروجی از فولارد، میزان فشار غلتک‌ها در طرفین غلتک‌ها تنظیم می‌شود.

میزان برداشت برای پارچه‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال برای پارچه‌ی پنبه و کتان میزان برداشت را ۶۰ تا ۸۰ درصد در نظر می‌گیرند. میزان برداشت برای پارچه‌ی پشمی به علت حساس بودن و احتمال نمدی شدن در برابر فشار بیشتر از پنبه و در محدوده‌ی ۸۰ تا ۱۴۰ درصد می‌باشد که مستلزم فشار کمتر غلتک‌ها می‌باشد. در مورد پارچه‌های با جنس ویسکوز نیز به علت حساس بودن به فشار نسبت به پنبه دارای میزان برداشت بیشتر در حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ درصد می‌باشد که مستلزم فشار کمتر غلتک‌ها می‌باشد.

نکته





به طور کلی میزان برداشت یا پیک آپ در یک ماشین رنگری فولارد به عواملی بستگی دارند که عبارتند از:

۱- جنس پارچه

۲- سرعت ماشین فولارد

۳- درجه حرارت محلول رنگری

۴- مصرف مواد کمکی مانند نفوذدهنده‌ها

۵- نوع ماشین فولارد از نظر دو، سه یا چهار غلتکی

در ماشین رنگری فولارد برعکس ماشین‌های رنگری دیگر نظیر وینچ و ژیگر، مقدار ماده‌ی رنگزای مصرفی بر حسب گرم در لیتر محاسبه می‌شود.

برای تبدیل درصد به گرم در لیتر از فرمول زیر استفاده می‌شود.

میزان پیک آپ یا برداشت ÷ { ۱۰۰۰ × (درصد نسبت به وزن کالای رنگزای مصرفی) } = غلظت رنگزا بر حسب گرم در لیتر

مثال: پارچه‌های در ماشین ژیگر با ۱ درصد نسبت به وزن کالا رنگری می‌شود. مقدار گرم در لیتر این رنگزا را جهت به دست آوردن همان شید رنگ در ماشین فولارد با پیک آپ ۸۰ و ۱۰۰ درصد محاسبه کنید.

میزان پیک آپ یا برداشت ÷ { ۱۰۰۰ × (درصد نسبت به وزن کالای رنگزای مصرفی) } = غلظت رنگزا بر حسب گرم در لیتر

$$۱۰ = \{ ۱ \times ۱۰۰۰ \} \div ۱۰۰ = \text{غلظت رنگزا بر حسب گرم در لیتر با برداشت } ۱۰۰ \text{ درصد}$$

$$۱۲/۵ = \{ ۱ \times ۱۰۰۰ \} \div ۸۰ = \text{غلظت رنگزا بر حسب گرم در لیتر با برداشت } ۸۰ \text{ درصد}$$

همان گونه که مشاهده می‌کنید با کم شدن مقدار درصد پیک آپ یا برداشت در ماشین رنگری فولارد، مقدار درصد رنگزای مصرفی افزایش می‌یابد تا همان شید رنگ مورد نظر در ماشین‌های رنگری دیگر حاصل شود.

### تبدیل گرم در لیتر به درصد نسبت به وزن کالا

اگر غلظت رنگزا در حمام ماشین فولارد بر حسب گرم در لیتر داده شده باشد، درصد رنگزا نسبت به وزن کالا را با توجه به میزان پیک آپ قابل محاسبه می‌باشد. این کار جهت مطابقت و مقایسه‌ی گرم در لیتر رنگزا در ماشین فولارد با درصد نسبت به وزن کالا در نسخه‌های رنگری دیگر می‌باشد.

$$۱۰۰۰ \div (\text{گرم در لیتر رنگزا} \times \text{پیک آپ}) = \text{درصد رنگزا نسبت به وزن کالا}$$

مثال: در یک رنگری مداوم غلظت محلول رنگزا در ماشین فولارد ۵۰ گرم در لیتر می‌باشد. اگر میزان پیک آپ رنگزا بر روی پارچه ۷۰ درصد باشد، درصد رنگزای مصرفی بر روی کالا را محاسبه کنید.

$$۳/۵ \text{ درصد} = ۱۰۰۰ \div (۷۰ \times ۵۰) = \text{درصد رنگزا نسبت به وزن کالا}$$



### موارد ایمنی و حفاظتی برای کار با ماشین فولارد:

- ۱- در موقع کار با ماشین فولارد از پوشیدن لباس‌های گشاد، دو تیکه و آستین بلند خودداری کنید.
- ۲- از نزدیک کردن دست‌ها به سمت غلتک‌های فشار در حال حرکت خودداری کنید.
- ۳- در زمان تمیز کردن غلتک‌ها ماشین را خاموش کنید و فشار روی غلتک‌ها برداشته شود.
- ۴- روغن و مواد لغزنده دیگر ریخته شده در اطراف ماشین فولارد را به سرعت پاکسازی کنید.
- ۵- از پوشیدن کفش‌های روغنی و لغزنده در زمان کار خودداری کنید.
- ۶- اطراف ماشین فولارد را همواره تمیز و مرتب نگه دارید.
- ۷- کلید خاموش کننده‌ی ماشین را در دسترس قرار دهید.



هنرجویان در زمان مراجعه به کارخانجات رنگرزی یا مشاهده‌ی فیلم، عکس، کانالوگ، تصاویر متحرک انیمیشنی و... عملکرد ماشین‌های رنگرزی فولارد، پد- ترموزول صنعتی و آزمایشگاهی، مراحل و نحوه‌ی کار و اقداماتی که در رابطه‌ی با ماشین‌ها انجام می‌شود را به همراه تحقیقات تکمیلی و موارد زیر گزارش کنند.

- ۱- بررسی مراحل راه‌اندازی، شستشو و تنظیم دستگاه و غلتک‌های پیچشی و فولارد و راهنمای پارچه قبل از شروع به کار
- ۲- بررسی مراحل آماده کردن و بازدید ماشین، مخزن فولارد و غلتک‌های فولارد
- ۳- بررسی مراحل ساخت رنگزا و مواد کمکی و ریختن آن در مخازن رنگرزی ماشین جهت تزریق به قسمت فولارد
- ۴- بررسی نحوه‌ی کار با پنل و پروگرامر و انواع کلیدهای ماشین رنگرزی
- ۵- بررسی نحوه‌ی کنترل حرارت، زمان، فشار و سرعت پارچه در ماشین رنگرزی
- ۶- بررسی وسایل دوخت و دوز پارچه‌ی آستری به اصلی و دوختن سر طاقه‌ها با روش‌های (دستی، پای و موتوری)
- ۵- بررسی نحوه‌ی کنترل عبور صحیح کالا در ماشین و جلوگیری از ایجاد لبه و چروک
- ۶- بررسی نحوه‌ی کار انواع پمپ‌ها، شیرها و لوله‌های بخار و آب به کار رفته در ماشین
- ۷- بررسی دستورالعمل مراحل شستشوی کالا بعد از رنگرزی
- ۸- بررسی وسایل ایمنی و بهداشتی و اصول پیشگیری و حفاظتی از حوادث ناشی از کار با ماشین‌ها
- ۹- ترسیم شکل شماتیک ماشین‌ها به همراه مشخصات و جزئیات ماشین
- ۱۰- بررسی نحوه‌ی قبول سفارش و ورود کالا به قسمت رنگرزی و نحوه‌ی تحویل و خروج کالا از این قسمت
- ۱۱- بررسی نام تجاری رنگزاهای مصرفی به لاتین همراه با شماره ایندکس آنها
- ۱۲- بررسی نام تجاری مواد شیمیایی و تعاونی مصرفی (به لاتین) و کاربرد هر یک
- ۱۳- بررسی تولید روزانه قسمت پد- ترموزول

- ۱۴- بررسی مدل و سازنده ماشین‌های رنگرزی موجود در سالن همراه با شرح کلی آنها و نحوه‌ی استفاده از آنها
- ۱۵- بررسی حرارت قسمت‌های مختلف ماشین پد- ترموزول و درجه حرارت هر بخش
- ۱۶- بررسی راه‌های انتقال حرارت به سطح پارچه‌ی رنگرزی شده در درون ماشین
- ۱۷- بررسی نحوه‌ی خنک کردن پارچه پس از تثبیت رنگزا
- ۱۸- بررسی خطرات دستگاه‌های پد- ترموزول و راه‌های پیشگیری از حوادث ناشی از اعمال و شرایط ناایمن
- ۱۹- بررسی درجه حرارت بخش تثبیت رنگزا بر روی کالا
- ۲۰- بررسی نحوه‌ی اعمال فشار بر غلتک‌های فولارد آبگیری
- ۲۱- بررسی نحوه‌ی تثبیت ابعادی پارچه در قبل از رنگرزی یا همزمان با رنگرزی
- ۲۲- بررسی میزان برداشت یا پیکاپ در قسمت پد یا فولارد دستگاه
- ۲۳- بررسی سیستم تولید حرارت و مکش و انتقال بخارات و دود به بیرون از ماشین
- ۲۴- بررسی نحوه‌ی نظافت و سرویس دوره‌های ماشین
- ۲۵- بررسی سیستم انتقال پارچه در درون ماشین و موتورهای مربوط
- ۲۶- بررسی نکات ایمنی، بهداشتی، حفاظتی و زیست‌محیطی در کار با ماشین پد ترموزول
- ۲۷- بررسی سیستم‌های کنترل مکانیکی و الکترونیکی در ماشین
- ۲۸- بررسی نحوه‌ی سیستم گرمایشی ماشین و فن‌ها و رادیاتورها و...
- ۲۹- بررسی سرعت حرکت پارچه در شرایط مختلف
- ۳۰- بررسی عیوب کیفی و فنی در زمان کار با ماشین پد ترموزول

### معیار شایستگی

نمره هنرجو	حداقل نمره قبولی از ۳	مرحله کار	ردیف
	۱	رنگرزی نایلون با مواد رنگزای اسیدی	۱
	۲	رنگرزی نایلون با مواد رنگزای دیسپرس	۲
	۱	رنگرزی اکریلیک با مواد رنگزای بازیک	۳
		رنگرزی پلی استر با مواد رنگزای دیسپرس	۴
	۲	رنگرزی با ماشین‌های پد- فولارد	۵
	۲	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: 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 است.