

## فصل چهارم

### عملیات تکمیلی شیشه

در این پودمان انواع عملیاتی که پس از شکل‌دهی شیشه برای کاربردهای مختلف شیشه انجام می‌شود آمده است.

در ابتدای پودمان روش حذف تنش و آنیل کردن شیشه پس از شکل‌دهی آمده است تا هنرجو اهمیت این فرایند و روش اجرای آن را فرا گیرد.

در صفحه ۱۱۵ تا ۱۲۲ روش تمپرینگ در افزایش استحکام آمده است و انواع روش‌های آن و فرایند اجرا آمده است.

در صفحه ۱۲۳ روش‌های تهیه شیشه مشجر (طرح‌دار) آمده است و انواع روش‌های ساخت آن آورده شده است.

صفحه ۱۲۵ انواع روش‌های برش شیشه معرفی شده است و مهارت کار با شیشه بر توضیح داده شده است.

در صفحه ۱۳۲ روش تولید شیشه‌های لمینیت و انواع کاربردهای آن توضیح داده شده است. همچنین فرایند و روش تولید این شیشه بیان شده است.

صفحه ۱۳۷ توضیح شیشه‌های دو جداره و فرایند تولید صنعتی آن بیان شده است.

صفحه ۱۴۱ روش‌های مختلف مونتاژ شیشه معرفی شده است و به کمک تصاویر این فرایند و روش اجرای آنها توضیح داده شده است.

در انتهای این پودمان روش مات کردن شیشه با روش اسید شویی آمده است و نکات ایمنی کار با اسید مطرح شده است.

تصویر ورودی پودمان نمونه‌ای از شیشه‌ای که عملیات تکمیلی بر روی آن انجام شده است را نشان می‌دهد. این شیشه طلقی (لمینیت) است که سوراخکاری نیز شده است. در ادامه پودمان هر یک از فرایندهای عملیات تکمیلی لمینیت و برشکاری توضیح داده شده است.



با توجه به کاربرد شیشه در زمینه‌های مختلف مانند شیشه اتومبیل، شیشه ضدگلوله و شیشه هواپیما لازم است که برخی از ویژگی‌های مکانیکی، نوری و شیمیایی شیشه با توجه به نوع کاربرد بهبود یابد. پس از شکل‌دهی شیشه با انجام عملیات تکمیلی می‌توان تغییراتی در خواص، ابعاد و شکل ظاهری شیشه ایجاد کرد.

در صفحه ۱۰۹ با بیان نکاتی و آوردن تصاویر، اهمیت عملیات تنش زدایی و فرایند آنیل کردن آورده شده است تا هنرجو انگیزه و آمادگی ذهنی نسبت به آموزش مبحث آنیل کسب کند و علت ایجاد تنش در شیشه پس از شکل دهی را فراگیرد. هدف از آوردن شکل ۱ آن است که هنرجو تغییر دمای شدید شیشه پس از شکل دهی را درک کند و دریابد که این تغییر دما باعث ایجاد تنش و افت استحکام در شیشه می شود.



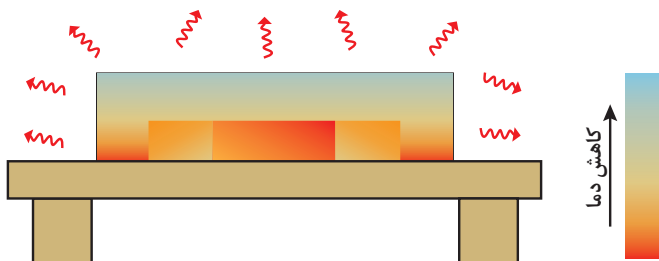
ب) شکل دهی به روش دستگاهی



الف) شکل دهی به روش دستی

شکل ۲ به صورت شماتیک نشان می دهد که سطح شیشه سرد شده و به رنگ آبی درآمده است اما مرکز شیشه همچنان گرم است که به رنگ قرمز نشان داده شده است. با توجه به این تصویر هنرآموز محترم توضیح دهد که این اختلاف دما در سطح و درون شیشه باعث ذخیره تنش در شیشه می شود و سپس ضرورت انجام عملیات حرارتی تنش زدایی توضیح داده شود.

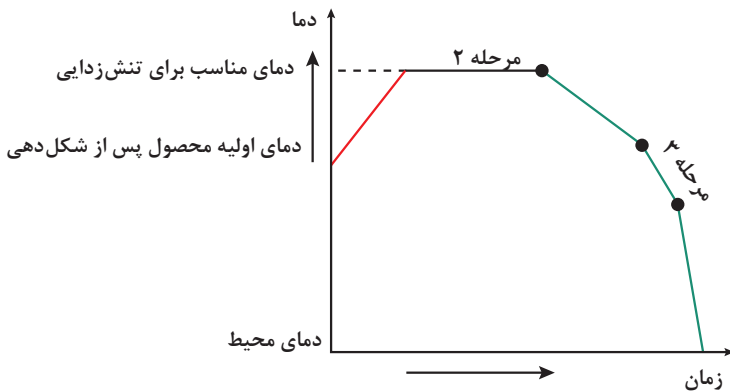
خروج گرما از سطح شیشه



ایجاد تنش در شیشه در اثر اختلاف دما بین سطح و مرکز آن

صفحه ۱۱۰: مراحل عملیات حرارتی آنیل به صورت نمودار و مرحله‌ای توضیح داده شده است. پیشنهاد می‌شود که به این مطلب اشاره شود که آنیل کردن شیشه‌ها به ۳ منظور انجام می‌شود:

- ۱ تنش‌های زیاد باقی مانده در شیشه حتی‌الامکان از بین بروند
- ۲ تنش‌های ایجاد شده در حین فرآیند آنیل در محدوده قابل قبولی باشند
- ۳ تنش‌های موقت ایجاد شده در مرحله پایانی آنیل منجر به شکست نمونه نشوند.



نمودار ۱- عملیات حرارتی تنش زدایی شیشه

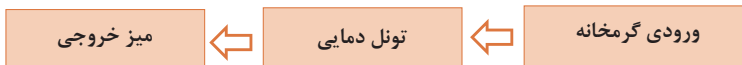
اگر مدت زمان عملیات حرارتی تنش زدایی یک قطعه شیشه‌ای به میزان کافی نباشد چه تأثیری بر استحکام و سایر خواص آن دارد؟

فکر کنید



صفحه ۱۱۰: در صورتی که شیشه به خوبی آنیل نشده باشد در مقابل سرد و گرم شدن متوالی و اعمال ضربه استحکام کافی نخواهد داشت و دچار شکست می‌شود.

در صفحه ۱۱۱ انواع کوره‌های آنیل در کارگاه شیشه‌گری، آزمایشگاه‌ها و کارخانه‌های تولید شیشه نشان داده شده است. همچنین در نمودار ۳ قسمت‌های مختلف گرمخانه‌های صنعتی آمده است. لازم است هنوز در این قسمت فراگیرد که به کوره آنیلینگ گرمخانه نیز گفته می‌شود و با بخش‌های مختلف گرمخانه‌های صنعتی آشنا شود.



نمودار ۲- قسمت‌های مختلف گرمخانه صنعتی

## دانش افزایی

گرمخانه تنش زدایی از یک تونل عایق‌بندی شده تشکیل شده است که قسمت ورودی و خروجی آن باز است. این تونل به طور کامل از یک محفظه فلزی ساخته شده است که بخش‌هایی به یکدیگر متصل شده‌اند و در آن پیش‌بینی‌هایی برای انبساط قطعه در نظر گرفته شده. گرمخانه تنش‌زدایی به چند بخش عمده تقسیم می‌شود. هر بخش دارای جزئیات ساختمانی متفاوت و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی متفاوت است. قسمتی که دارای تونل عایق‌بندی حرارتی بوده و دارای پوشش‌های فلزی است که بخش عایق حرارتی شده نامیده می‌شود. عمل گرم و سرد کردن به صوت غیرمستقیم به وسیله تبادل تشعشعات حرارتی انجام می‌شود. به‌طور کلی در هنگام تنش‌زدایی و سرد شدن بدنه شیشه به عوامل زیر وابسته است:

- المنت‌های سرد و گرم کردن در گرمخانه
- اتمسفر گرمخانه
- تشعشع دیوار سرد گرمخانه
- تماس با غلتک‌های گرمخانه

در صفحه ۱۱۲ مطالبی آمده است که به هنجرو دربارهٔ تنش زدایی برخی از شیشه‌هایی که نیاز به کنترل بیشتری دارند اطلاعاتی را ارائه می‌دهد. شیشه‌هایی که در زیر آورده شده است نیاز به کنترل و دقت بیشتری برای تنش‌زدایی دارند زیرا تمرکز تنش در این شیشه‌ها بیشتر است.



- ۱ شیشه‌هایی که تخت نباشند.
- ۲ شیشه‌هایی که در بدنهٔ آنها اختلاف ضخامت وجود دارد. به عنوان مثال در تصویر روبه‌رو شیشه در قسمت بالایی ضخامت کمتری نسبت به قسمت پایین‌تر آن دارد.




- ۳ شیشه‌هایی که ضریب انبساط حرارتی بالایی دارند مانند شیشه‌هایی که درصد وزنی  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  بالایی دارند.

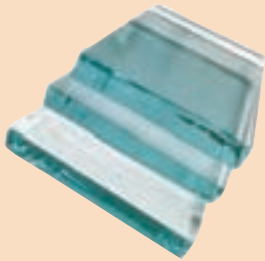
در این قسمت توضیح داده شود که ترکیب یا شکل ظاهری این شیشه‌ها به گونه‌ای است که منجر به تمرکز تنش در شیشه می‌شود و باید سرعت سرمایش در آنیلینگ کنترل شده باشد تا در اثر انبساط و انقباض هنگام سرمایش و گرمایش شیشه نشکند.

صفحه ۱۱۲:

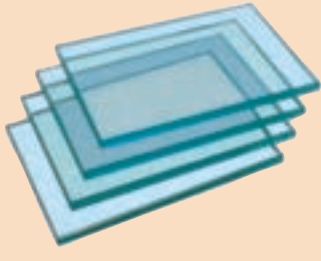
فعالیت کلاسی



دو قطعه شیشه‌ای از جنس یکسان با ضخامت مختلف در نظر بگیرید:



(ب) شیشه تخت با ضخامت زیاد



(الف) شیشه تخت با ضخامت کم

(الف) پس از شکل‌دهی احتمال وجود تنش در کدام قطعه بیشتر است؟ چرا؟  
 (ب) مدت زمان لازم برای تنش‌زدایی این شیشه‌ها را با هم مقایسه کنید.

به منظور درک اثر ضخامت نمونه در فرایند آنیلینگ فعالیت کلاسی مطرح شده است. با افزایش ضخامت محصول شیشه‌ای مدت زمان ماندگاری در دمای آنیل بیشتر می‌شود و همچنین باید سرعت سرد کردن شیشه از دمای آنیل تا دمای محیط آهسته‌تر باشد. زیرا احتمال ذخیره تنش در آن بیشتر می‌شود. کنترل سردکردن در شیشه با ضخامت کم اهمیت بیشتری دارد زیرا شیشه در اثر انبساط و انقباض ممکن است ترک بردارد.

صفحه ۱۱۳ تا ۱۱۶: به منظور کسب مهارت تنش‌زدایی محصولات شیشه‌ای فعالیت‌های کارگاهی برای شیشه‌های با ترکیب شیمیایی مختلف در نظر گرفته شده است. همان‌طور که قبلاً بیان شده است فعالیت‌های کارگاهی کتاب شیشه به صورت پروژه‌ای طراحی شده است شیشه‌ای که در فصل‌های قبل آماده‌سازی، ذوب و شکل‌دهی آن توسط هنرجویان انجام شده است در این فصل هنرجو مهارت انجام عملیات حرارتی آنیل آنها را نیز کسب می‌کند.

**صفحه ۱۱۶:** در این قسمت به کمک تصاویر مقدمه‌ای برای فرایند تمپر مطرح شده است. شکل ۸ و ۹ ویژگی شیشه‌های معمولی را نشان می‌دهد که در اثر ضربه و تغییرات دمایی استحکام کافی ندارند و می‌شکنند. اما در شکل ۱۰ شیشه‌هایی نشان داده شده که در مقابل ضربه مقاوم هستند و نمی‌شکنند. از هنرجویان خواسته شود که در مورد علت این افزایش استحکام گفت‌وگو کنند سپس هنرآموز محترم درباره روشی که با آن می‌توان شیشه را مقاوم کرد توضیحات مقدماتی را ارائه داده و بیان کند که با عملیات حرارتی به نام تمپرینگ می‌توان شیشه را مستحکم‌تر کرد.



شکسته شدن شیشه تنش‌زدایی شده در اثر ضربه

امروزه بسیاری از صفحات شیشه‌ای مانند شیشه گوشی‌های همراه و ساعت‌های مچی در برابر شکستن مقاوم هستند. چگونه استحکام این شیشه‌ها در برابر شکستن افزایش می‌یابد؟



نمونه‌هایی از شیشه‌های مقاوم در برابر ضربه

**صفحه ۱۱۶:** در نمودار ۴ انواع روش‌های تمپرینگ آمده است و سپس فرایند تمپر حرارتی توضیح داده شده است. با توجه به این که توضیح کامل فرایند تمپر حرارتی باعث سنگینی مطلب می‌شود و باید با توجه به انواع تنش‌های فشاری

و کشتی توضیح داده شود، در متن کتاب سعی شده است که این مطلب تا حد امکان سبک و در حد هنرجویان ارائه گردد.

مهم‌ترین مطلبی که در این قسمت هنرجو باید درک کند آن است که در فرایند تمپر حرارتی در سطح شیشه به صورت عمده تنش‌های فشاری در سطح شیشه به صورت دائمی ذخیره می‌شود که از رشد ترک جلوگیری می‌کند.

**صفحه ۱۱۷:** در این صفحه به این مطلب اشاره شده است که شیشه باید قبل از فرایند تمپر برش داده شود. برای هنرجویان این موضوع شرح داده شود که در اثر تمپرینگ تنش‌هایی در سطح شیشه ذخیره می‌شوند که در برابر برش مقاومت می‌کنند و در صورت برش شیشه، این تنش‌ها ناگهانی آزاد شده و این آزاد شدن تنش‌ها باعث شکست شیشه می‌شوند بنابراین باید قبل از تمپرینگ اگر نیاز به برش یا سوراخکاری است، این عملیات انجام شود.

در صورتی که شیشه نیاز به برش یا عملیاتی مانند سوراخ‌کاری و سنگ‌سابی داشته باشد باید قبل از تمپر کردن انجام شود.

نکته



**صفحه ۱۱۸:** درباره برخی از عوامل مؤثر بر سرعت سرد شدن شیشه مطالبی آمده است. در متن زیر سایر عوامل مؤثر بر فشار جریان هوای سرد (کوئنچ) معرفی شده است.

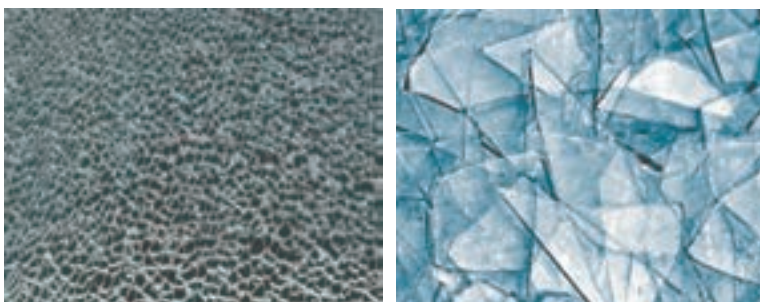
## دانش‌افزایی

طراحی محفظه نازل پاشش هوای کوئنچ، چگالی شیشه، چگالی و دمای هوای پاشش از دیگر عوامل تعیین‌کننده جریان هوای سرد است که بر میزان تمپر شدن شیشه نیز اثرگذار است.

سیستم فشار هوای کوئنچ به این صورت است که مقداری هوای سرد را برحسب کیلوگرم بر ثانیه بر روی شیشه می‌پاشد و موجب خروج گرما از شیشه شده و همچنین با جایگزینی هوای گرم با هوای سرد و تازه، بازدهی سیستم را افزایش دهد. مقدار انرژی که از شیشه خارج می‌شود با ضریب انتقال حرارتی آن مشخص می‌شود. در سیستم‌های قدیمی کوئنچ، نیاز به فشار هوا در حدود ۶/۹۷ کیلوپاسکال برای تمپر شیشه ۴ میلی‌متری بود. بازده سیستم‌های امروزی بهبود یافته و این میزان به حدود ۳/۷۳ کیلوپاسکال رسیده است. با افزایش ضخامت شیشه میزان فشار هوای مورد نیاز کاهش می‌یابد.



صفحه ۱۱۹: در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ تفاوت نحوه شکست شیشه معمولی و شیشه تمپر شده به همراه تصاویر توضیح داده شده لازم است هنرجو تفاوت شکست شیشه‌های معمولی با تمپر شده را درک کند و علت نامگذاری شیشه‌های تمپر شده به نام سکوریت را نیز فراگیرد.



ب

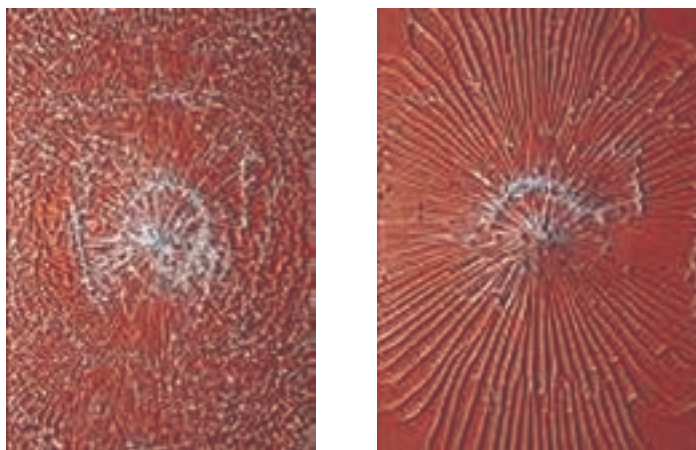
الف

الگوی شکست شیشه الف) بدون تمپر، ب) تمپر شده

فکر کنید



با توجه به الگوی شکست در شیشه‌های شکل ۱۵ مشخص کنید کدام یک درجه تمپر بالاتری دارد؟ چرا؟



ب

الف

فکر کنید



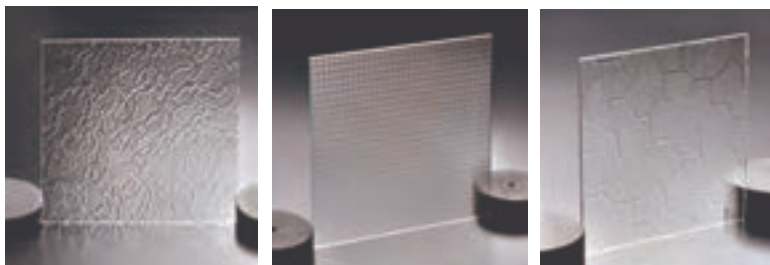
صفحه ۱۱۹: به منظور درک اثر میزان تمپر شدن (از نظر میزان تنش ایجاد شده در سطح شیشه) بر نحوه شکست این شیشه‌ها سؤالی در این قسمت مطرح شده است. هر چه شیشه شکسته شده دارای ذرات و پولک‌های ریزتری باشد درجه تمپر بالاتری دارد و شکل ب میزان تمپر بالاتری دارد.

**صفحه ۱۲۰:** به منظور کسب مهارت انجام تمپر حرارتی شیشه و آشنایی با نحوه شکست شیشه‌های تمپر شده فعالیت‌های کارگاهی مطرح شده است که در آن باید شیشه تا دمای بالا گرم شود و سپس سریع سرد شود. لازم به ذکر است که خروج شیشه با دمای بالا و سپس سریع سرد کردن سطح آن نیازمند دقت و توجه به نکات ایمنی است بنابراین هنرآموز محترم باید نظارت دقیق بر نحوه اجرای کار عملی داشته باشد. هنرجو با انجام این فعالیت عملی مهارت انجام تمپر حرارتی را کسب می‌کند و به‌طور عملی با نحوه شکست شیشه‌های تمپر شده آشنا شود.

**صفحه ۱۲۱:** در این قسمت تمپر شیمیایی به صورت بیشتر بدانید توضیح داده شده است تا هنرجویان با این فرایند آشنا شوند. در این قسمت سعی شده است که تمپر شیمیایی به صورت ساده و خلاصه بیان شود. لازم است که هنرآموز محترم برای هنرجویان توضیح دهد که روش تمپر شیمیایی برای شیشه‌های صنعتی و نازک کاربرد دارد و استحکام شیشه‌ای که با این روش تمپر می‌شود در مقایسه با روش تمپر حرارتی بسیار بالاتر است.

جهت کسب اطلاعات بیشتر، پیشنهاد می‌شود هنرآموزان محترم به مبحث تمپرینگ شیشه از کتاب شیشه دکتر مارقوسیان مراجعه کنند.

**صفحه ۱۲۴:** این قسمت از متن شیوه تولید و کاربردی‌های شیشه مشجر و طرح دار توضیح داده شده است. در ابتدا به کمک تصاویر نورد کردن مذاب شیشه با غلتک‌های طرح‌دار (معمولاً غلتک بالایی نقش‌دار است) آمده و تصویر انواع محصولات شیشه‌های مشجر نشان داده شده است. روشی که بیشتر امروزه برای طرح‌دار کردن شیشه‌ها استفاده می‌شود روش اسیدشویی است که در این قسمت این روش نیز توضیح داده شده است. با روش اسیدشویی می‌توان طرح‌های ظریف‌تری را بر روی شیشه ایجاد کرد.



شیشه‌های مشجر

**صفحه ۱۲۴:** به منظور کسب مهارت طرح‌دار کردن شیشه فعالیت کارگاهی مطرح شده است. هنرجو باید شیشه گرم شده را از کوره بیرون آورد و فرد دیگری هم‌زمان بر روی آن غلتک‌هایی طرح‌دار قرار دهد تا طرح آن بر روی شیشه ایجاد شود. استفاده از لباس و وسایل ایمنی بسیار اهمیت دارد و باید قرار دادن غلتک با احتیاط و دقت کافی تحت نظارت هنرآموز انجام شود.

**صفحه ۱۲۵:**

تحقیق کنید



درباره انواع طرح‌های شیشه‌های مشجر و نام آنها گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.



انواع شیشه‌های مشجر

به منظور حضور فعال‌تر هنرجو در کلاس و همچنین آشنایی با شیشه‌های مشجر که اغلب طرح‌های متنوع و جالبی دارند پرسشی درباره انواع شیشه‌های مشجر و نام آنها مطرح شده است. از جمله این طرح‌ها برفی، کندو، کاراتاچی، بازبندی، ذره‌بینی و برگ بیدی است که تصاویر آن در منابع اینترنتی نیز موجود می‌باشد.

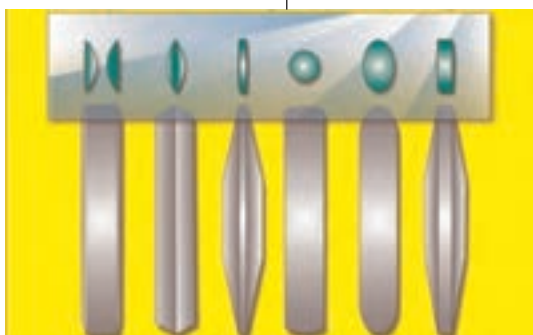


**صفحه ۱۲۵:** تصاویر این صفحه برش‌های مختلف بر روی شیشه را نشان می‌دهد. سپس در جدول ۵ انواع ابزار وسایلی که برای برش شیشه به کار می‌رود معرفی شده که در ادامه هر یک از آنها توضیح داده شده است.

برش شیشه در شکل‌های گوناگون

صفحه ۱۲۶ و ۱۲۷: هنرآموز محترم با توجه به تصاویر آورده شده نحوه عملکرد شیشه بر را توضیح دهد و انواع شیشه برها را معرفی کند. همچنین در شکل ۲۶ تصویر انواع برش ها روی شیشه با توجه به تیغه شیشه بر نشان داده شده است.

انواع شکل های ایجاد شده در اثر تیغه برشی



انواع تیغه های برشی و شکل حاصل از آن بر روی شیشه

صفحه ۱۲۸: به منظور آشنایی با نحوه صاف کردن و شیوه از بین بردن لبه تیز ناشی از برش شیشه دستگاه ساب زنی معرفی شده است. لازم است نحوه کار و عملکرد دستگاه ساب زنی و اهمیت آن پس از برش شیشه به صورت عملی توضیح داده شود. همچنین در این قسمت بر رعایت شایستگی های غیرفنی و توجه به اصول ایمنی تأکید شود.



دستگاه ساب زنی

صفحه ۱۲۹ و ۱۳۰: به منظور کسب مهارت کار با شیشه بر و دستگاه ساب زنی در این قسمت فعالیت های کارگاهی در نظر گرفته شده است. هنرآموز محترم لازم است علاوه بر بیان نحوه کار با دستگاه ساب زنی بر ضرورت رعایت نکات ایمنی در

حین کار با دستگاه اشاره شود. همچنین در قسمت تأکید بر بازرسی و بررسی سالم بودن این دستگاه قبل از شروع کار شود.

**صفحه ۱۳۰:** دستگاه برش حرارتی با توجه به تصاویر معرفی شده است و هنرجو در این قسمت با توجه به متن درس با دستگاه برش حرارتی و سی‌ان‌سی آشنا شود.



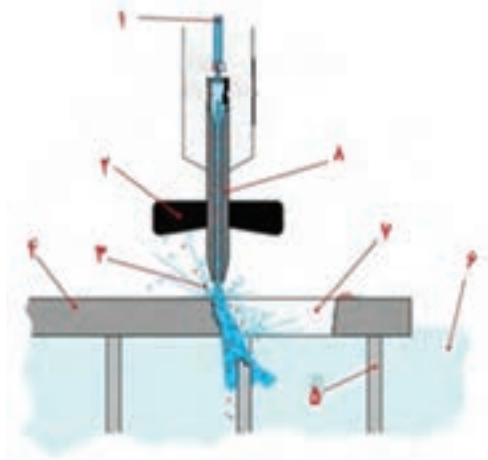
دستگاه برش حرارتی

از جمله شایستگی‌های غیرفنی که لازم است در اینجا بر رعایت آنها تأکید شود شامل موارد زیر است:

- از دستکش و عینک ایمنی استفاده کنید.
- قبل از روشن کردن دستگاه روش صحیح روشن کردن و کار با دستگاه را بیاموزید.
- مراقب باشید که در اثر حرکت صفحه ساب‌زنی، شیشه به اطراف یا به سمت صورتتان پرتاب نشود.
- در هنگام ساب‌زنی مراقب باشید که دست یا آستین لباس با صفحه سایش برخورد نکند.

**صفحه ۱۳۱:** یکی دیگر از ابزارهای برش شیشه با نام واترجت معرفی شده است و به کمک تصاویر نحوه کار و کاربردهای آن آورده شده است. دستگاه واترجت علاوه بر برش شیشه و سرامیک برای برش مواد غذایی و پلاستیک نیز کاربرد دارد.

در شکل زیر نحوه کار واترجت و اجزای آن نشان داده شده است.



نحوه کار و اجزای واترجت

۱- آب (یا به همراه مواد ساینده) ۲- نگهدارنده ۳- محل خروج آب ۴- قطعه مورد نظر  
۵- پایه‌های نگهدارنده ۶- آب انباشته شده ۷- محل برش داده شده ۸- لوله هدایت آب

واترجت نسبت به سایر روش‌های برش مزیت‌هایی دارد. مزیت مهم واترجت قابلیت آن برای برش مواد مختلف بدون تغییر خواص ذاتی و آسیب زدن به آن است زیرا در این روش مواد تحت عملیات حرارتی قرار نمی‌گیرند.

قابلیت دیگر دستگاه‌های واترجت در برش‌های پیچیده است. واترجت‌ها می‌توانند شکل‌های پیچیده را با سرعت و دقت بالا و به صورت اقتصادی تولید کنند. این کار به وسیله اهرم‌های سه‌بعدی و نرم‌افزار مخصوص قابل انجام است.

واترجت یک فناوری پاک یا سبز محسوب می‌شود. در این روش ضایعات خطرناک و زیادی تولید نمی‌شود و هزینه ضایعات کاهش می‌یابد. با توجه به عرض برش بسیار کم در این روش می‌توان حداکثر استفاده را از قطعات کرد و در نتیجه از هزینه مواد مصرفی کاسته می‌شود.

دستگاه‌های واترجت مصرف آب کمی (نیم گالن تا یک گالن در دقیقه) با توجه به اندازه روزنه نازل دارند که این مقدار آب مصرفی قابل بازیافت از طریق سیستم حلقه بسته می‌باشد. مواد ساینده، طبیعی و غیرسمی بوده و قابلیت استفاده مجدد را دارند. واترجت‌ها ذرات گرد و غبار موجود در هوا که حاصل عملیات برش هستند را ایجاد نمی‌کنند.

صفحه ۱۳۲: چرا هنگامی که شیشه جلوی اتومبیل می‌شکند نمی‌ریزد و در جای خود باقی می‌ماند؟



شیشه‌ی طلقی (لمینیت) از جمله شیشه‌های ایمن است که از روی هم قرار گرفتن دو یا چند لایه شیشه تمپر شده تخت تشکیل شده است و بین لایه‌های شیشه‌ای لایه‌ی پلیمری قرار دارد. لایه‌های شیشه و پلیمر درون اتوکلاو قرار گرفته و حرارت داده می‌شوند، سپس تحت نیروی مشخصی به هم اتصال می‌یابند.

## دانش افزایی

دستگاه اتوکلاو یک دستگاه فولادی بزرگ است که به‌عنوان یک محفظه‌ی فشار برای فرایندهای صنعتی که به دما و فشار بالا نیاز دارند استفاده می‌شود در واقع فشار بالایی که درون محفظه ایجاد می‌شود شیشه‌های لمینیتی در اتوکلاو تحت فشار قرار می‌گیرند که باعث می‌شود هوای مابین آنها خارج شده و لایه‌های شیشه‌ای به لایه‌ی پلیمری به‌خوبی بچسبند.

صفحه ۱۳۴: به منظور ایجاد ذهنیت بهتر از شیشه‌های طلقی نمونه‌هایی از مواردی که در زندگی روزمره کاربرد دارند و ساختاری مشابه با این شیشه‌ها دارند آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۳۷ آمده است مثال‌هایی از ساندویچ چند لایه‌ای و کیک چند لایه نشان داده شده است. که ساختاری مشابه شیشه‌هایی طلقی دارند و چند لایه‌ای هستند. همچنین در صفحه ۱۳۴ کاربردهای مختلف این شیشه‌ها به‌طور دقیق‌تری دسته‌بندی شده و تصاویر آن برای یادگیری بهتر آورده شده است تا هنرجو کاربردهای مختلف شیشه طلقی را فراگیرد.



کاربردهای مختلف شیشه طلقی

## دانش افزایی

شیشه لمینیت در سال ۱۹۰۳ توسط یک شیمیدان فرانسوی به نام «ادوارد بندیکناس» به صورت تصادفی اختراع شد، وی در هنگام کار در آزمایشگاه مشاهده کرد که فلاسک شیشه‌ای پوشش داده شده با نیترات سلولز (نوعی پلاستیک) بعد از شکست متلاشی نشده و قطعات شکسته شده به صورت پیوسته در کنار یکدیگر باقی ماندند. بنابراین از این مشاهده الهام گرفت و از آن جهت تهیه شیشه لمینیت استفاده کرد. از این اختراع برای اولین بار در جنگ جهانی اول برای تهیه شیشه ماسک گاز استفاده شد و سپس در سال ۱۹۳۹ کمپانی فورد به کاربردن شیشه لمینیت را در صنعت خودروسازی آغاز کرد.

ابتدا لمینیت کردن لایه‌های شیشه‌ای به وسیله رزین انجام می‌گرفت. اما به علت بروز مشکلاتی مانند جدا شدن لایه‌های شیشه از یکدیگر و زرد شدن شیشه‌ها به مرور زمان، این شیوه لمینیت در اروپا و آمریکا منسوخ گردید. لمینیت کردن به وسیله طلق PVB مشکلات مرتبط به لمینیت رزینی را برطرف کرد. اما به منظور بهبود بخشیدن به ویژگی‌های شیشه‌های لمینیت تحقیقات بر روی میان لایه‌ها صورت گرفت و منجر به پیدایش طلق‌های 3D Elastic شد. این نوع طلق‌ها نسبت به PVB از قدرت چسبندگی بالاتری برخوردارند و مقاومت بیشتری در برابر گرما، سرما و رطوبت از خود نشان می‌دهند.



فعالیت کلاسی



**صفحه ۱۳۵:** با توجه به این که شیشه‌های طلقی از اتصال لایه‌های شیشه تمپر شده ساخته می‌شود بنابراین به شکل شیشه‌های تمپر شده دچار شکست می‌شوند. در این فعالیت کلاسی نحوه شکستن این شیشه‌ها با تصویر نشان داده شده است و از هنرجو خواسته شده که با توجه به مطالبی که آموخته اند نحوه شکست این نوع شیشه را تشخیص دهد که مشابه چه نوع شیشه‌هایی است. مهم‌ترین مشخصه شیشه‌های لمینیت الگوی شکست آنهاست. شیشه‌ها در اثر ضربه به صورت تقریباً پولکی شکل مشابه شیشه تمپر شده می‌شکنند اما تکه‌های شکسته به میان لایه چسبیده و شیشه یکپارچگی خود را حفظ می‌کند.



شیشه طلقی پس از شکستن

بیشتر بدانید

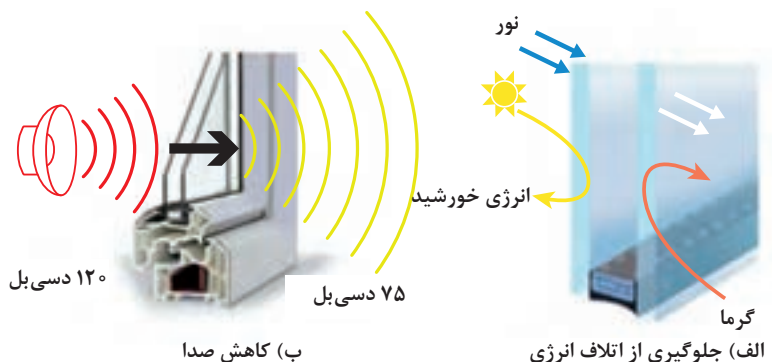


**صفحه ۱۳۶:** کاربرد دیگری از شیشه‌های طلقی، شیشه‌های ضدگلوله است. به منظور آشنایی با کاربرد شیشه‌های ضدگلوله که از جنس شیشه طلقی هستند بیشتر بدانید در این قسمت آمده است. این کاربرد شیشه‌های طلقی نشان‌دهنده استحکام بالای این شیشه‌ها است که با افزایش تعداد لایه‌ها افزایش شدیدتری می‌یابد.

شیشه معمولی	
شیشه ضدگلوله	

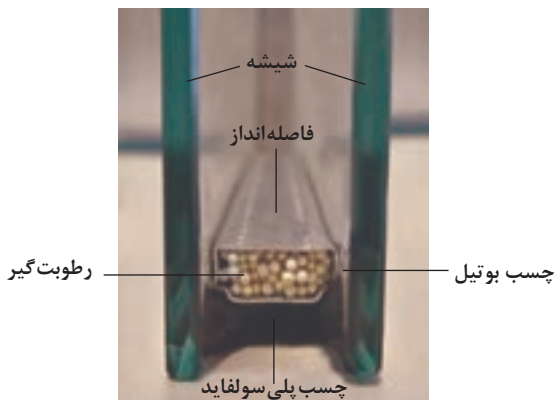
صفحه ۱۳۷: به منظور کسب مهارت عملی و آشنایی بیشتر با ساخت شیشه‌های طلّقی فعالیت کارگاهی طرح شده است تا هنرجویان به صورت عملی شیشه‌های طلّقی را در کارگاه بسازند. اگرچه در صنعت برای ساخت شیشه طلّقی تجهیزاتی مانند اتوکلاو نیاز است اما در این کار عملی هنرجویان می‌توانند اصول ساخت شیشه‌های طلّقی را کسب کنند.

صفحه ۱۳۷: در این صفحه هنرجو با شیشه‌های دو جداره و اثر آنها در جلوگیری از اتلاف انرژی و آلودگی صوتی آشنا شود. همان طور که در شکل ۴۲ نشان داده شده در شیشه‌های دو جداره انرژی صوتی از ۱۲۰ دسی بل کاهش یافته است و همچنین از ورود اشعه‌های مضر مانند فرابنفش به درون اتاق جلوگیری می‌کند.



عایق حرارتی و صوتی شیشه دو جداره

شکل ۴۳ صفحه ۱۳۸: اجزای شیشه دو جداره مشخص شده است. لازم است که هر یک از این اجزا معرفی شود و نقش هر یک از آنها توضیح داده شود.



رطوبت گیر به منظور جذب رطوبت بین شیشه‌ها قرار داده می‌شود در غیراین صورت رطوبت باعث غبار و مات شدگی شیشه می‌شود. فاصله انداز فضایی را برای پر کردن از گاز آرگون فراهم می‌کند. چسب پلی‌سولفاید برای درزگیری و چسباندن شیشه‌ها استفاده می‌شود. چسب بوتیل نیز برای اتصال فاصله‌انداز با شیشه به کار می‌رود.

صفحة ۱۴۰:

تحقیق کنید



به غیر از گاز آرگون امکان تزریق چه گازهایی به درون شیشه دو جداره وجود دارد؟

دلیل استفاده گسترده از پنجره دو جداره، عایق‌بندی مناسب صدایی و گرمایی است. معمولاً بین شیشه‌های پنجره دو جداره از گازی پر می‌شود که رسانایی حرارتی خیلی کمی داشته باشد. هوای معمولی دارای رسانایی حرارتی بسیار پایین است اما پر کردن فاصله دو شیشه دو جداره با گازی با رسانایی کمتر از هوا، مانند آرگون، سطح عایق‌بندی حرارتی شیشه دو جداره را بالا می‌برد.

استفاده از آرگون در پنجره‌های دو جداره دارای مزایای بسیار زیادی است. آرگون گازی نجیب و بی‌اثر است. بدین معنی که با هیچ ماده‌ای ترکیب شیمیایی به وجود نمی‌آورد. آرگون، گازی بدون بو، مزه و غیرآتش‌زا است که علاوه بر کاهش رسانایی گرمایی بین دو شیشه پنجره دو جداره، با کمتر کردن مقدار همرفت در فضای دو شیشه از اتلاف گرمایی بیشتر جلوگیری می‌کند. علاوه بر این تهیه آرگون آسان و ارزان است. بنابراین می‌توان به صورت گسترده و صنعتی از آن استفاده کرد. غلظت گاز درون پنجره دو جداره باید بیش از ۹۰ درصد باشد. در طول زمان این غلظت کم می‌شود. مقدار کم شدن این غلظت چیزی حدود ۵/۵ تا ۱ درصد است. کیفیت پنجره دو جداره‌ای که از آرگون پر شده باشد تا زمانی که غلظت گاز آرگون به ۷۵ درصد نرسد تغییری نخواهد کرد. بنابراین پنجره دو جداره‌ای که با گاز آرگون پر شده باشد حداقل ۲۰ سال نارسایی عالی خواهد داشت.

گاز کریپتون نیز گازی است که برای استفاده در پنجره‌های چند جداره مناسب است. با توجه به اینکه کریپتون در فاصله‌های کوچک کمتر از ۸ میلی‌متر بهتر عمل می‌کند، در پنجره‌های سه جداره و چهار جداره بیشتر استفاده می‌شود. کریپتون حدود ۲۰۰ برابر از آرگون گران‌تر است، بنابراین استفاده از آن در پنجره‌های دو جداره معمولی دارای صرفه اقتصادی نیست. برای بیشتر کردن مقدار عایق‌بندی صدایی می‌توان از گازهای دیگر (مانند گوگرد هگزا فلورید، کربن دی‌اکسید) استفاده کرد اما استفاده از این گازها در عایق‌بندی گرمایی تأثیر منفی دارد.



صفحه ۱۴۰: در این فعالیت کلاسی هنرجو باید نوع شیشه را با توجه به کاربرد آن مشخص کند. پاسخ این فعالیت به صورت زیر است:

نوع شیشه	کاربرد
شیشه تمپر شده به روش شیمیایی - زیرا این شیشه باید مقاومت مناسبی در برابر ضربه و جابه‌جایی داشته باشد.	
شیشه آنیل شده - شیشه آینه از پشت جیوه اندود شده و این شیشه‌ها پس از آنیلینگ استحکام مناسب را برای جابه‌جایی دارند.	
شیشه طلقی - با توجه به کاربرد این شیشه‌ها که باید ضدگلوله باشند که با لمینیت‌کردن می‌توان استحکام مناسب را ایجاد کرد.	
شیشه طلقی - شیشه‌ای که به عنوان میز کاربرد دارد باید مستحکم و مقاوم در برابر ضربه باشد که شیشه‌های طلقی چند لایه این ویژگی را به دلیل چسباندن آنها با چسب PVB دارند.	

صفحه ۱۴۰: در این قسمت هنرآموز محترم هنرجویان را باید با مفهوم مونتاژ شیشه و اهمیت و کاربرد آن آشنا کند. برای این منظور تصویر و سؤالات انگیزشی مطرح شده است. در تصاویر این قسمت، شیشه‌ها بدون استفاده از شیء خارجی به هم اتصال یافته‌اند. هنرآموز محترم درباره روش اتصال اجزای شیشه از هنرجویان سؤال کند، سپس روش مونتاژ شیشه‌ها و انواع روش‌های مونتاژ بیان شود.

### مونتاژ شیشه

به تصاویر زیر نگاه کنید چگونه صفحات شیشه‌ای به هم متصل شده‌اند؟

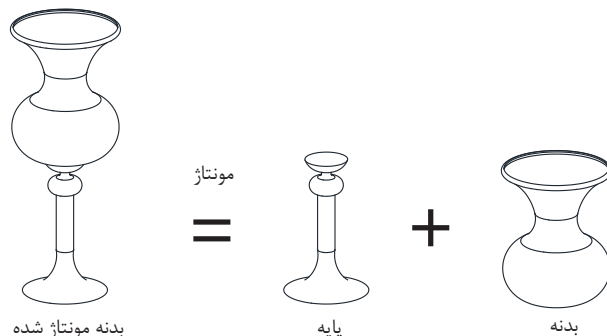


در این قسمت هنرجو درک کند که ساخت شیشه یکپارچه در بسیاری از موارد سخت و دشوار است و ضرورت دارد که اجزای محصول شیشه‌ای به هم مونتاژ شوند.




**صفحه ۱۴۱:** در مورد پولیش حرارتی لیوان شیشه‌ای توضیح داده شده است و از هنرجویان خواسته شده است که مشخص کنند چه قسمت‌هایی مونتاژ شده اند همان‌طور که در شکل مشخص است دسته و پایه آن نیاز به اتصال دارند.

**صفحه ۱۴۱:** در شکل زیر مراحل مونتاژ شیشه‌ای با روش پولیش حرارتی آورده شده است. لازم به ذکر است که برخی از محصول‌های پایه‌دار با روش پرس به صورت یکپارچه تولید می‌شوند که نیازی به مونتاژ ندارند. اما در برخی از بدنه‌ها بدنه و پایه به‌طور جداگانه شکل‌دهی می‌شوند و سپس با روش پولیش حرارتی به هم اتصال می‌یابند.



صفحه ۱۴۲: یکی دیگر از روش‌های مونتاژ شیشه استفاده از چسب UV (فرابنفش) است که در این قسمت نحوه مونتاژ شیشه با این چسب آمده است و مراحل آن با تصویر نشان داده شده است.

### جدول ۸

	<p>۱ سطح مورد نظر باید کاملاً تمیز و خشک باشد.</p>
	<p>۲ محل چسبیدن شیشه‌ها مشخص می‌شود. محل اتصال شیشه‌ها به مقدار کمی چسب UV آغشته شود و به آرامی فشار داده می‌شود تا چسب کاملاً پخش شود.</p>
	<p>۳ سپس قطعه چسبیده شده در زیر لامپ UV به مدت ۳ تا ۵ دقیقه قرار داده می‌شود.</p>

## دانش افزایی

### چسب‌های UV یا فرابنفش

به نوعی از چسب‌های شیمیایی اطلاق می‌شود که با جذب نور فرابنفش سخت شده و پس از سخت شدن هیچ اثری از خود به جای نمی‌گذارند.

از کاربردهای این چسب عبارت‌اند از:

الف) صنایع دکوری و ساخت اشیای تزئینی (ساخت مجسمه‌های شیشه‌ای، ظروف شیشه‌ای و میزهای تزئینی)

ب) کاربردهای پزشکی و تجهیزات (چسباندن سوزن‌های استیل به قسمت انتهایی سرنگ)

ج) کاربردهای الکترونیکی و صنایع وابسته (تولید لامپ‌های هالوژن و پوشش دادن بردهای الکتریکی، همچنین آب‌بندی کردن قطعات مختلف در مدارها و بردها)

د) مصارف عمومی (از این نوع چسب‌ها در چسباندن شیشه به شیشه، فلز و سایر موارد استفاده می‌شود)

در این نوع چسب‌ها مدت زمان خشک شدن و مقاومت بعد از سخت شدن به عوامل زیر بستگی دارد:

■ میزان تابش اشعه یا لامپ

- نوع شیء یا موادی که به شیشه چسبانده می‌شود
- میزان ضخامت و رنگ شیشه
- غلظت چسب

**صفحه ۱۳۴:** مات کردن شیشه یکی دیگر از فعالیت‌های تکمیلی است که بر روی شیشه انجام می‌شود. برای آشنایی بیشتر با شیشه‌های مات تصاویری از این کاربردها آورده شده است. هنرآموز محترم این مطلب را بیان کند که شیشه از جمله موادی است که پایداری مناسبی در برابر اغلب مواد شیمیایی دارد و برای مات کردن شیشه تنها اسید HF به کار می‌رود که با توجه به مضرات این اسید باید از رقیق شده آن (آمونیم هیدروژن بی فلوراید رقیق شده) استفاده شود. همچنین مضرات و آسیب‌هایی که هنرجویان در هنگام کار با این اسید با آن مواجه هستند به‌طور کامل شرح داده شود.

لازم است که هنرآموز محترم بر شایستگی‌های غیرفنی و نکات ایمنی کار با اسید تأکید کند. مهم‌ترین مواردی که لازم است بیان شود شامل موارد زیر است: تماس‌های پوستی و تنفسی با HF باعث عوارضی مانند تخریب و ایجاد زخم در شش‌ها، سوختگی‌های شدید، التهاب، تاول زدن پوست، نارسایی‌های شدید کلیوی، پایین آمدن کلسیم و منیزیم و بی‌نظمی حرکات عضله قلب و آسیب‌های چشمی می‌شوند. تماس طولانی مدت با غلظت‌های پایین این اسید منجر به سوختگی مجاری بینی و تکرار تماس با غلظت‌های بالاتر از مقدار توصیه شده در طول چند سال، به علت ته نشینی فلوراید در استخوان‌ها موجب فلج شدن بدن می‌شود.

## دانش افزایی

یکی دیگر از روش‌های مات کردن شیشه سندبلاست است. واژه سندبلاست (sandblast) یک واژه انگلیسی است، معنی کلمه به کلمه آن عبارت است از: سَند (sand) به معنی ماسه و بلاست (blast) به معنی انفجار و پرتاب می‌باشد. سندبلاست عبارت است از سیلیس پاشی، ماسه پاشی یا پرتاب ماسه و شن با فشار بسیار زیاد هوا را سندبلاست می‌گویند. روش کار سندبلاست به این صورت است که ماسه‌های ساینده که عمدتاً از جنس سیلیس و اکسید فلزات هستند با استفاده از فشارباد کمپرسور شتاب گرفته و بر روی سطح قطعه پاشیده می‌شوند.

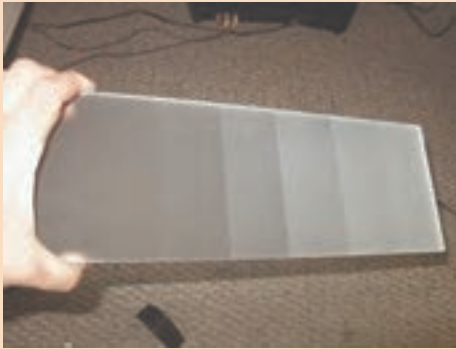
روش سندبلاست عموماً برای موارد زیر استفاده می‌شود:

- زبر کردن و مات کردن سطوح قطعات (مانند قطعات لوستر و زیوآلات)

■ تمیزکاری قطعات حساس به ضربه و پاشش شدید پس از سندبلاست کردن سطح مورد نظر از گرد و خاک و مواد زائد پاک می‌شود.

صفحه ۱۴۵:

شیشه نشان داده شده در شکل ۵۱ با روش اسیدی مات شده است. علت تفاوت میزان مات شدگی در قسمت‌های مختلف شیشه چیست؟



گفت‌وگو کنید



در تصویر نشان داده شده در شکل ۵۱ از چپ به راست شدت ماتی افزایش یافته است؛ براساس مدت زمان قرارگیری شیشه درون اسید میزان مات شدن شیشه تغییر می‌کند. از دیگر عوامل تأثیرگذار بر میزان مات شدگی شیشه غلظت اسید است هر چه غلظت اسید بیشتر باشد میزان مات شدگی نیز افزایش می‌یابد.



## ارزشیابی نهایی

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱- انجام عملیات حرارتی تنش‌زدایی شیشه                  ۲- انجام عملیات حرارتی تمپرینگ بر روی شیشه                  ۳- مشجرسازی شیشه                  ۴- برش و ساب‌زنی شیشه                  ۵- انجام عملیات مونتاژ قطعات شیشه</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>آنیل، تمپرینگ و لمینیت شیشه و بررسی شیشه‌هایی که تحت عملیات حرارتی قرار گرفته‌اند با استفاده از دستگاه استحکام‌سنج مکانیکی و نوع خر شدن آنها.</p> <p><b>شاخص‌ها:</b></p> <p>انجام عملیات حرارتی تنش‌زدایی، تمپرینگ و مشجرسازی شیشه براساس ویژگی‌های موردنظر برش قطعه شیشه‌های براساس اندازه معین و استفاده صحیح از دستگاه ساب‌زنی مونتاژ قطعات شیشه‌ای براساس بدنه شیشه‌ای موردنظر</p>			
<p><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p>مکان: کارگاه استاندارد عملیات حرارتی و تکمیلی مجهز به تجهیزات ایمنی و سیستم تهویه                  ابزار و تجهیزات: کوره الکتریکی، ابزار برش و ساب‌زنی شیشه، لوازم حفاظت شخصی</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انجام عملیات حرارتی تنش‌زدایی شیشه	۱	
۲	انجام عملیات حرارتی تمپرینگ بر روی شیشه و آنیل کردن	۲	
۳	انجام عملیات مشجرسازی شیشه	۱	
۴	انجام عملیات برش و ساب‌زنی شیشه	۱	
۵	انجام عملیات مونتاژ قطعات شیشه	۱	
<p>شایستگی‌های غیرفنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، ...                  دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات،                  مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب</p>			
<p>میانگین نمرات</p>			*

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