

## پودمان ۳

### شکل دهی شیشه



فرایند تولید شیشه مسیر تکاملی از یک هنر و حرفه دستی تا رسیدن به فناوری پیشرفته را طی کرده است. روش‌های مختلف شکل دهی شیشه، امکان تولید محصولات شیشه‌ای متنوع را فراهم کرده است.

## واحد یادگیری ۳

### شایستگی شکل دهی شیشه و کسب مهارت آن

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت شکل دهی مذاب شیشه به روش دستی و دستگاهی است که براساس آن مراحل شکل دهی انواع روش ها به همراه نکات فنی و عملی توضیح داده شده است. کسب مهارت شکل دهی بدنه های مختلف شیشه ای در این واحد مورد توجه قرار دارد.

#### استاندارد عملکرد

شکل دهی بدنه شیشه های تزئینی، آزمایشگاهی، مهره های شیشه ای، ساخت الیاف شیشه ای، برش لوله برای روش شیشه گری با شعله، ساخت گوی شیشه ای به روش دستی.

محصولات شیشه‌ای با روش‌های دستی و دستگاهی شکل دهی می‌شوند. در شکل ۱ دو روش شکل دهی شیشه نشان داده شده است.



روش دستگاهی



روش دستی

شکل ۱

## شیشه‌گری دستی

شیشه‌گری هنر شکل دادن مذاب شیشه است. در این روش محصولات مختلفی از مذاب شیشه به وسیله دست و ابزارهای متعدد تولید می‌شود. برخی از محصولات شیشه‌گری دستی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- محصولات تولید شده به روش شیشه‌گری دستی

تولید شیشه به روش دستی با روش‌های متعددی انجام می‌شود که پرکاربردترین آنها در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱

هر یک از روش‌های شیشه‌گری دستی به وسایل و ابزارهایی نیاز دارد. ابزار کار شیشه‌گری دستی بسیار مختصر و ساده است. در جدول ۱ مهم‌ترین ابزارهای شیشه‌گری نشان داده شده است.

جدول ۱- انواع ابزارهای شیشه‌گری دستی

نام ابزار	تعریف و کاربرد ابزار	تصویر
لوله دم	لوله‌ای توخالی که برای برداشتن مذاب از کوره و شکل‌دهی شیشه به روش دمیدن مورد استفاده قرار می‌گیرد.	
قاشق	این وسیله نقش قالب را دارد و معمولاً از جنس چوب یا گرافیت است.	
قالب تخته	این وسیله از دو تخته چوبی یا گرافیتی ساخته شده و در مواردی مانند شکل دادن و کنترل پایه ظروف مورد استفاده قرار می‌گیرد.	

	<p>این وسیله برای صاف کردن مذاب و شکل دهی قسمت های مختلف قطعه شیشه ای استفاده می شود.</p>	<p>انبر</p>
	<p>برای بریدن مذاب اضافی یا ایجاد لبه در ظروف و جدا کردن قطعه از میله دم استفاده می شود.</p>	<p>قیچی</p>
	<p>برای شکل دهی مذاب شیشه روی آن استفاده می شود.</p>	<p>سنگ کار</p>
	<p>برای شکل دهی یا بریدن قطعه شکل دهی شده از میله دم مورد استفاده قرار می گیرد.</p>	<p>کاردک</p>

افرادی که در کارگاه شیشه گری فعالیت می کنند با مذاب دما بالا و حرارت مستقیم سروکار دارند؛ بنابراین ایمنی در هنگام کار و استفاده از وسایل ایمنی ضرورت دارد. در جدول ۲ ابزار و تجهیزاتی که برای ایجاد ایمنی در هنگام شیشه گری به کار می رود آمده است.

جدول ۲- وسایل ایمنی مورد نیاز در شیشه‌گری

نام وسیله	تصویر
عینک شیشه‌گری	
دستکش نسوز	
پیش‌بند آستین‌دار نسوز	
نیم‌چکمه نسوز ریخته‌گری	

### شیشه‌گری به روش دمیدن

مراحل شیشه‌گری به روش دمیدن به شرح زیر است:

**۱ برداشتن مذاب از کوره با میله دم:** مهم‌ترین وسیله شیشه‌گری دستی لوله‌ای توخالی است که به آن «دم» گفته می‌شود و برای برداشتن مذاب شیشه از داخل کوره مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فرو بردن و چرخاندن دم داخل مذاب شیشه، مقدار مورد نظر ماده مذاب روی میله قرار می‌گیرد و روی نوک میله ثابت می‌شود. پس از دمیدن در دم، گوی کوچکی که به آن «گوی اول» گفته می‌شود، به دست می‌آید.



شکل ۳- ایجاد گوی اول بر روی میله دم



**۲ افزایش قطر گوی مذاب:** بعد از کمی سرد و سفت شدن گوی اول، بار دیگر لوله دم به داخل شیشه مذاب فرو برده شده و مذاب شیشه بیشتری برای ساخت قطعه مورد نظر برداشته می شود که اصطلاحاً به آن **بار** یا **لقمه** گفته می شود. گردی گوی اول باعث می شود تا مقدار مذاب شیشه که در مرحله دوم برداشته می شود در تمام جهت ها دارای قطر مساوی باشد.

شکل ۴- افزایش قطر گوی اول با برداشتن مذاب بیشتر

**۳ دمیدن در میله:** پس از افزایش قطر گوی، با دمیدن درون میله دم حبابی در گوی مذاب ایجاد می شود.



شکل ۵- ایجاد حباب در لقمه مذاب با دمیدن

**۴ سرد کردن گوی و قرار دادن آن درون قاشق:** با ایجاد حرکات متناوب و دورانی سعی می شود که گوی حاصل از مرحله قبل کمی سرد شود تا بتواند شکل اولیه خود را حفظ کند و برای مرحله بعد آماده شود. در این مرحله گرانیروی مذاب شیشه زیاد و قطر آن کم است. به همین دلیل گوی شیشه ای برای رسیدن به یکنواختی بیشتر، داخل قاشق قرار می گیرد.



قرار گیری گوی مذاب درون قاشق



سرد کردن گوی با ایجاد حرکات متناوب و دورانی





برای اینکه قاشق نسوزد و همچنین مذاب به قاشق نچسبد، هر چند دقیقه یکبار قاشق درون آب قرار داده می‌شود.



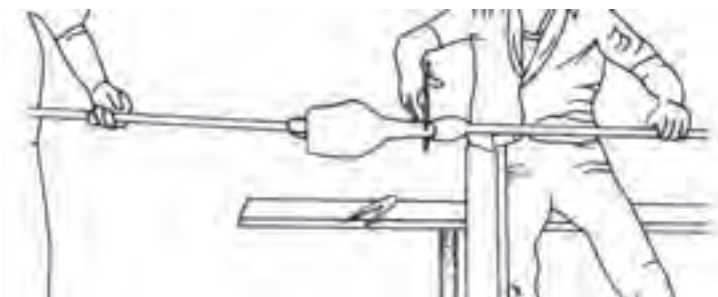
شکل ۷- شکل‌دهی گوی با کمک ابزار

**۵ شکل‌دهی گوی شیشه‌ای:** پس از حرارت‌دهی مجدد، با توجه به ابعاد و شکل قطعه مورد نظر درون میله دم‌دمیده می‌شود تا گوی کره‌ای شکل به وجود آید. سپس مذاب به کمک انبر یا چرخاندن بر روی تخته کار شکل داده می‌شود.



آیا جنس تخته‌ای که در مرحله شکل‌دهی استفاده می‌شود، اهمیت دارد؟

**۶ جدا کردن قطعه از میله دم:** برای جدا کردن قطعه از میله دم از میله دم دیگری که حاوی مقدار کمی شیشه مذاب است و به آن واگیره گفته می‌شود، استفاده می‌شود. پس از اینکه لقمه مذاب به شکل موردنظر را به دست می‌آورد، فرد دیگری به آرامی انتهای قطعه ساخته شده را به واگیره می‌چسباند. سپس با قلم موی مرطوب یا قیچی روی شیشه خط می‌اندازد و با ضربه ملایمی آن را از لوله اصلی جدا می‌کند.



شکل ۸



شیشه شکل‌دهی شده در مجاورت هوای عادی پس از دقایقی به علت سرد شدن سطح شیشه و گرم ماندن درون آن می‌شکند و به همین دلیل اشیاء ساخته شده به گرمخانه منتقل می‌شوند تا به تدریج خنک شوند.





شکل ۹- قرارگیری شیشه در گرمخانه

در کارگاه شیشه‌گری، صنعتگر، استادکار و کارگران وردست چه وظایفی دارند؟

تحقیق کنید



**کار عملی ۱:** شکل دهی گوی شیشه‌ای به روش دمیدن

**مواد و ابزار:** خرده شیشه، ترازوی آزمایشگاهی، الک‌های مش ۴۰ تا ۱۲۰، هاون چینی، سرتاس، بوته دیرگداز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش نسوز، میله دم، قاشق، انبر، حوضچه آب، سنگ کار

فعالیت  
کارگاهی



**شرح فعالیت:**

خرده شیشه را آماده‌سازی و ذوب کنید و سپس مطابق مراحل شکل دهی به روش دمیدن، گوی شیشه‌ای را شکل دهی کنید.

نکات ایمنی



- در هنگام شیشه‌گری از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروفی که درون آنها مذاب است بپرهیزید.
- تشعشعات داخل کوره و مذاب شیشه خطرناک است بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام دمیدن، هوای داغ را به درون دهان خود نکشید زیرا بخارات و هوای داغ منجر به سوختگی دهان و اجزای درونی بدن می‌شود.
- در هنگام شیشه‌گری نباید محیط اطراف شیشه‌گر شلوغ باشد.
- فرد شیشه‌گر باید در فاصله مشخصی از کوره باشد تا حرارت منجر به سوختگی او نشود.



مشخص کنید هر یک از تصاویر جدول ۳ چه مرحله‌ای در شیشه‌گری دستی را نشان می‌دهد.

جدول ۳

توضیحات	تصویر
	
	
	

### دمیدن در قالب به روش دستی

این روش شباهت زیادی به روش دمیدن دارد. برخی از محصولات شکل‌دهی شده با این روش در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



ب



الف

شکل ۱۰- محصولات شکل‌دهی شده با روش دمیدن در قالب

خلاصه مراحل شکل دهی به روش دمیدن در قالب در زیر بیان آمده:

- ۱ در ابتدا گوی شیشه‌ای با روش دمیدن ایجاد می‌شود.
- ۲ گوی ایجاد شده داخل قالب قرار داده می‌شود. سپس درون میله دم می‌دمند تا مذاب شیشه شکل قالب را به خود بگیرد. همزمان فرد دیگری وظیفه باز و بسته کردن قالب را به عهده دارد.



ب) مسئول کنترل قالب و باز و بسته کردن آن

الف) شیشه‌گر در حال دمیدن در قالب

شکل ۱۱- شکل دهی گوی شیشه‌ای با روش دمیدن در قالب

در برخی از کارگاه‌های شیشه‌گری به منظور داغ شدن قالب و جلوگیری از چسبیدن مذاب درون آن، مقداری گازوئیل یا آرد داخل قالب پاشیده می‌شود که در هنگام تماس با مذاب سوخته و شعله‌ور می‌شود.



شکل ۱۲- ایجاد شعله در اثر تماس قالب آغشته به گازوئیل با مذاب

نکته





**کار عملی ۲:** شکل دهی به روش دمیدن در قالب به روش دستی  
مواد و ابزار: خُرده شیشه، ترازوی آزمایشگاهی، الک های مش ۴۰ تا ۱۲۰، هاون چینی، سرتاس، بوته دیرگاز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش، میله دم، قاشق، انبر، حوضچه آب، سنگ کار، قالب، آرد

### شرح فعالیت:

طبق کار عملی ۳ در پودمان اول خُرده شیشه را آماده سازی و ذوب کنید و سپس مطابق مراحل به روش دمیدن در قالب به روش دستی شکل دهی را انجام دهید.



- در هنگام شیشه گری از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروفی که درون آنها مذاب است بپرهیزید.
- تشعشعات نوری کوره و مذاب شیشه خطرناک است بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام دمیدن، هوای داغ را به درون دهان خود نکشید زیرا بخارات و هوای داغ منجر به سوختگی دهان و اجزای درونی بدن می شود.
- در هنگام شیشه گری نباید محیط اطراف شیشه گر شلوغ باشد.
- فرد شیشه گر باید در فاصله مشخصی از کوره باشد تا حرارت منجر به سوختگی او نشود.
- در هنگام قرارگیری لقمه مذاب درون قالب امکان شعله ور شدن وجود دارد؛ بنابراین باید شیشه گر در فاصله ایمنی قرار گیرد.



شباهت ها و تفاوت های روش دمیدن و دمیدن در قالب به روش دستی را در جدول ۴ یادداشت کنید.

جدول ۴

تفاوت	شباهت
.....	.....
.....	.....

## دمیدن در قالب به روش نیمه دستی

در این روش از قالب های پرس بادی استفاده می شود که برای تولید محصولاتی مانند بطری و گلدان به کار می رود.



شکل ۱۳- قالب پرس بادی

مراحل شکل دهی با دمیدن در قالب به روش نیمه دستی به شرح زیر است:

۱ مقدار مناسبی مذاب با میله دم از کوره برداشته می شود و آن را بسیار سریع از میله دم جدا کرده و در قالب پرس قرار می دهند.

۲ با بستن قالب فشار هوا از دستگاه پمپ هوا به درون آن وارد می شود و مذاب شکل قالب مورد نظر را می گیرد.

۳ سپس به سرعت قطعه شکل دهی شده از قالب خارج می شود. به منظور جلوگیری از ایجاد تنش و کنترل سرعت سرد شدن، شیشه در گرمخانه قرار داده می شود.

## شیشه گری با شعله

بسیاری از محصولات تزئینی شیشه ای و شیشه های آزمایشگاهی مانند استوانه مدرج به وسیله مشعل شکل دهی می شوند.



شکل ۱۴- شیشه گری با شعله

در شکل‌دهی دستی با شعله، لوله‌های شیشه‌ای توپر و توخالی به صورت آماده تهیه شده و به کمک مشعل با دمیدن و ابزارهای شیشه‌گری شکل‌دهی صورت می‌گیرد. مشعل‌های شیشه‌گری انواع مختلفی دارند که برخی از آن‌ها در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵

جنس لوله شیشه‌ای که در روش شیشه‌گری با شعله به کار می‌رود اهمیت دارد و معمولاً از جنس بوروسیلیکاتی (پیرکس) است.

نکته

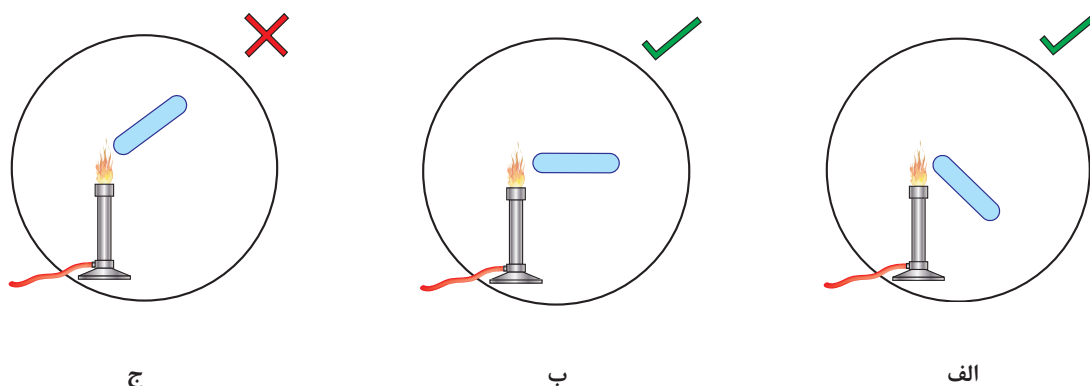


در شکل ۱۶ برخی از محصولات شکل‌دهی شده با شعله نشان داده شده است. با این روش می‌توان آثار هنری زیبایی را تولید کرد.



شکل ۱۶- برخی از محصولات شیشه‌گری با شعله

شیوه صحیح و ناصحیح قرارگیری لوله شیشه‌ای در مقابل شعله در شکل ۱۷ نشان داده شده است:



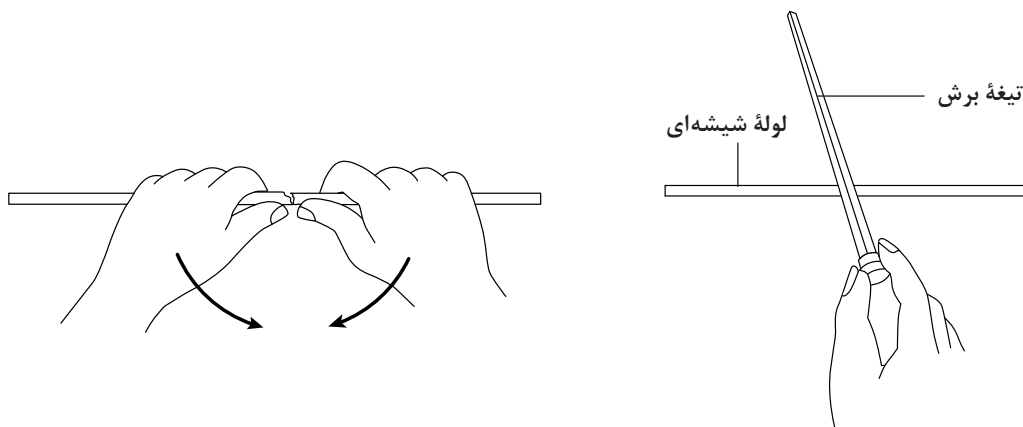
شکل ۱۷- نحوه قرارگیری لوله شیشه‌ای در روش شیشه‌گری با شعله

چرا لوله شیشه‌ای مطابق شکل ۱۷ قسمت ج نباید مقابل شعله قرار داده شود؟

فکر کنید



شیوه برش لوله شیشه‌ای برای شیشه‌گری با شعله



۱- روی دیواره لوله شیشه‌ای به کمک تیغه خط یا شیار  
ایجاد کنید.  
۲- انگشتان دو دست خود را در دو طرف شیار که در مرحله  
قبل ایجاد کرده بودید قرار دهید. انگشتان خود را بچرخانید تا  
برش ایجاد شود.

شکل ۱۸- برش لوله شیشه‌ای



در جدول ۵ مراحل شکل دهی یک نمونه شیشه آزمایشگاهی به روش شیشه گری با شعله نشان داده شده است.  
**جدول ۵- مراحل شکل دهی شیشه آزمایشگاهی**

شماره	شرح فعالیت	تصویر
۱	انتخاب لوله شیشه اولیه و برش آن در ابعاد مورد نظر	
۲	حرارت دهی اولیه با شعله	
۳	شکل دهی و دمیدن همزمان به لوله گرم شده	
۴	حرارت دهی مجدد	
۵	شکل دهی و دمیدن مجدد و ایجاد انحنا (این مرحله چندین بار تکرار می شود)	
۶	بریدن دو انتهای لوله پس از شکل دهی	
۷	محصول نهایی	

نکات ایمنی



شیشه‌گری با شعله با استفاده از کپسول‌های گازهای خطرناک (گاز پروپان و اکسیژن) انجام می‌شود و از سوی دیگر کار با حرارت مستقیم و دمای بسیار بالای شعله نیازمند مهارت، رعایت اصول ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی است.

از جمله خطراتی که در هنگام شیشه‌گری با آن‌ها مواجه هستید، شامل موارد زیر است:

- سوختگی دست و لباس
- آسیب به چشم (احتمال ایجاد بیماری‌هایی نظیر زخم قرنیه و آب مروارید)
- خطرات ناشی از گاز و نشت آن

نمایش فیلم



فیلم مربوط به شیشه‌گری با شعله را مشاهده کنید.

فعالیت  
کارگاهی



### کار عملی ۳: شیشه‌گری با شعله

مواد و ابزار: لوله شیشه‌ای پیرکس، مشعل، انبر، قیچی، تخته

#### شرح فعالیت:

- ۱ طبق روش بیان شده در شکل ۱۸ لوله شیشه‌ای را به طول ۱۵ سانتی‌متر برش دهید.
  - ۲ با رعایت اصول ایمنی شیر مربوط به گاز مشعل را باز کنید.
- نکته: شیر مربوط به مشعل را به میزان کم باز کنید و در هنگام روشن کردن آن صورت خود را دور از مشعل قرار دهید.
- ۳ لوله شیشه‌ای را با شعله شکل‌دهی کنید.

نکات ایمنی



- در هنگام شیشه‌گری با شعله مراقب باشید تا حرارت باعث سوختن لباس یا دست‌هایتان نشود.
- در هنگام شیشه‌گری لباس با آستین گشاد یا شال گردن نپوشید.
- تشعشعات شعله و مذاب شیشه خطرناک است، بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام دمیدن، هوای داغ را به درون دهان خود نکشید، زیرا بخارات و هوای داغ منجر به سوختگی دهان و اندام‌های داخلی بدن می‌شود.
- در هنگام شیشه‌گری نباید محیط اطراف شیشه‌گر شلوغ باشد.
- فرد شیشه‌گر باید در فاصله مشخصی از شعله قرار گیرد تا حرارت منجر به سوختگی او نشود.



با توجه به روش‌هایی که تاکنون آموخته‌اید روش شکل‌دهی هر یک از محصولات شیشه‌ای جدول ۶ را مشخص کنید.

جدول ۶

روش شکل‌دهی	محصول
	
	
	



### تاریخچه شیشه‌گری در ایران

شیشه‌گری یکی از قدیمی‌ترین صنایعی است که بشر به آن پرداخته است. براساس کاوش‌های صورت گرفته، شیشه‌گری در ایران باستان قدمت داشته است. بطری‌های شیشه‌ای کشف شده از حفاری‌های معابد چغازنبیل (خوزستان)، نشان‌دهنده قدمت شیشه‌گری در کشورمان است. با کشف اشیای شیشه‌ای در دوره اشکانیان و ساسانیان می‌توان گفت صنعت شیشه‌سازی در ایران رواج داشته و روش «دمیدن» و «دمیدن در قالب» استفاده می‌شد. دوره غزنویان و سلجوقیان را می‌توان دوره شکوفایی هنر و صنعت شیشه‌گری در ایران نامید. ظرف‌های شیشه‌ای بسیار زیبا با تزئینات مختلف به صورت تراشیده یا با نقوش افزوده از این دوره‌ها کشف شده است.

طبق بررسی‌های انجام شده با روی کار آمدن سلسله صفوی و توجه خاص به این رشته، کارگاه‌های شیشه‌گری در اصفهان و شیراز ساخته شد.



شکل ۱۹- نمونه‌هایی از شیشه‌های باستانی

### بازدید

از کارگاه‌های شیشه‌گری در شهرستان خود بازدید کرده و گزارشی در کلاس ارائه کنید.

### تولید شیشه به روش دستگاهی

در هر یک از محصولات نشان داده شده در شکل ۲۰ از شیشه استفاده شده است که به روش دستگاهی تولید می‌شوند. آیا می‌توان این شیشه‌ها را با روش دستی شکل‌دهی و تولید کرد؟



ج



ب



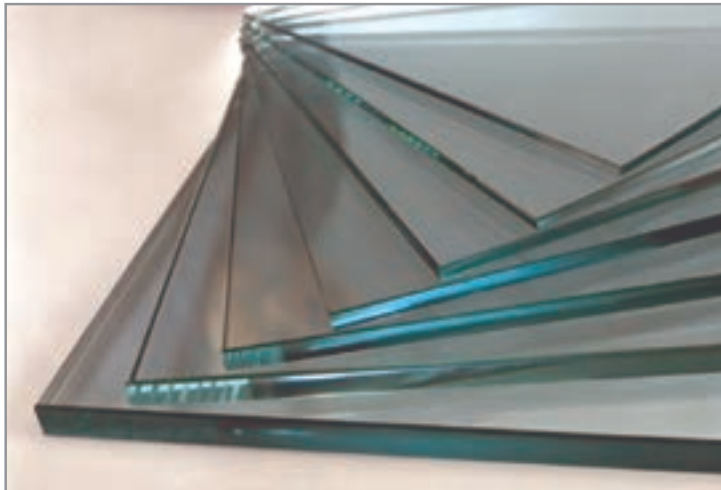
الف

شکل ۲۰

امروزه اغلب محصولات شیشه‌ای با روش دستگاهی تولید می‌شوند و تعداد محدودی از کارگاه‌های شیشه‌گری به روش دستی فعالیت دارند. در تولید شیشه به روش دستگاهی تمام مراحل تولید شیشه به صورت خودکار انجام می‌شود. طراحی دستگاه‌های خط تولید به گونه‌ای است که محصول مورد نظر، در زمان کوتاهی شکل گیرد. مهم‌ترین تولیدات شیشه به روش دستگاهی شیشه تخت و ظروف شیشه‌ای هستند.

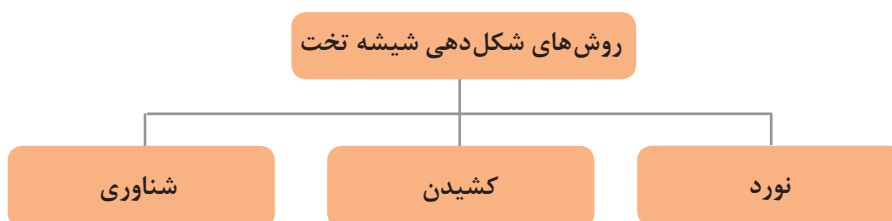
## شیشه تخت

شیشه تخت کاربردهای متنوعی مانند شیشه اتومبیل، آینه و شیشه‌های مصرفی ساختمان دارد. در فرایند ساخت این شیشه‌ها هدف تولید شیشه‌ای با دو سطح کاملاً موازی و بدون اعوجاج در ظاهر آن است.



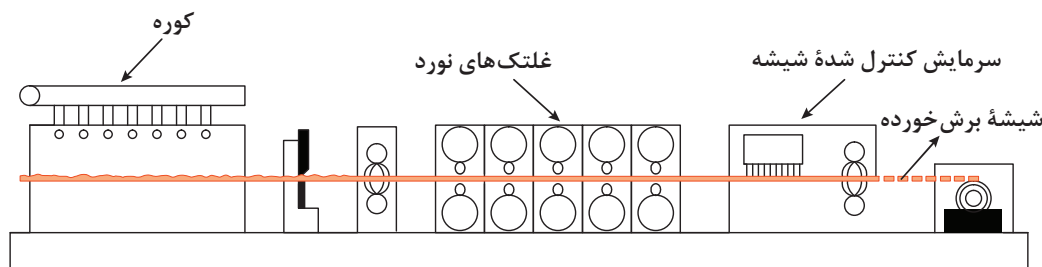
شکل ۲۱

شیشه تخت با روش‌های مختلفی قابل تولید است که برخی از این روش‌ها در نمودار ۲ بیان شده است:



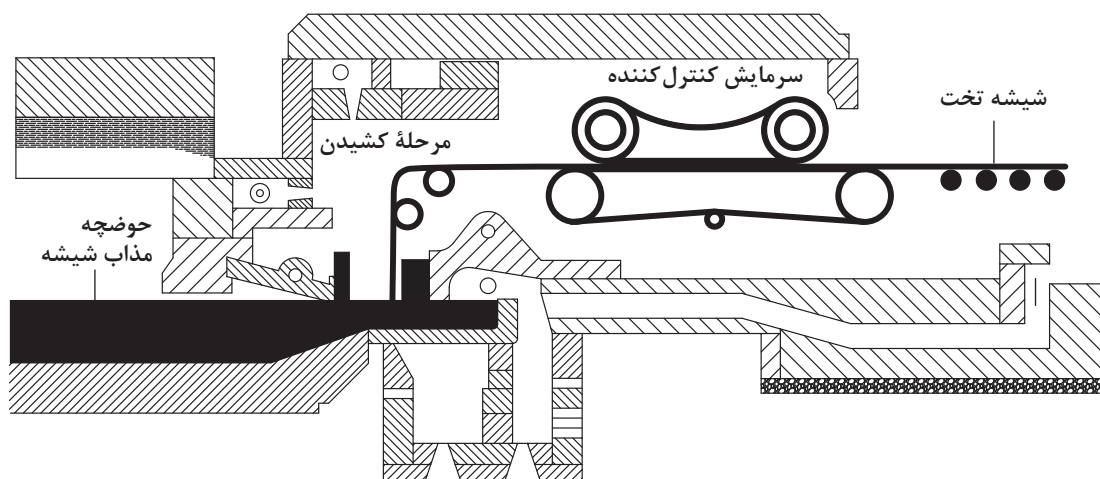
نمودار ۲

**روش نورد:** در روش نورد شیشه تخت با قرارگیری مذاب بین غلتک‌های فولادی شکل می‌گیرد. در این روش مذاب از بین غلتک‌های دوتایی که در خلاف جهت هم در حال حرکت هستند، عبور می‌کند. در شکل ۲۲ فرایند شکل‌دهی شیشه تخت به روش نورد نشان داده شده است.



شکل ۲۲- شکل‌دهی شیشه تخت به روش نورد

روش کشیدن (کَلِپَرن<sup>۱</sup>): در شکل ۲۳ مراحل تولید شیشه تخت به صورت کلی نشان داده شده است.



شکل ۲۳

- ۱ مذاب به وسیله قلاب‌هایی به سمت بالا کشیده می‌شود.
- ۲ مذاب کمی سرد شده و سپس بر روی غلتک‌های افقی هدایت می‌شود. نحوه قرارگیری غلتک‌ها به گونه‌ای است که مذاب شیشه خم شده و سپس کشیده می‌شود.
- ۳ پس از قرارگیری شیشه بر روی غلتک‌ها با کنترل دما شیشه تولید می‌شود و پس از خروج از گرمخانه شیشه‌ها برش داده می‌شوند.

برای کنترل دما و سرد کردن مذاب شیشه در روش کشیدن، داخل غلتک لوله‌هایی وجود دارد که آب در آن‌ها جریان دارد. بنابراین با عبور مذاب از روی غلتک‌ها با انتقال حرارت به آب درون غلتک، مذاب کمی سرد می‌شود. در برخی از کارخانه‌ها نیز به کمک جریان یکنواخت هوای سرد، مذاب سرد می‌شود.

نکته



فکر کنید



دو حالت زیر را برای تولید شیشه به روش کشیدن در نظر بگیرید، در کدام حالت ضخامت شیشه نهایی کمتر خواهد بود؟  
الف) غلتک با سرعت کم  
ب) غلتک با سرعت زیاد

تحقیق کنید



نوع دیگر از روش کشیدن به نام فورکلت<sup>۱</sup> است. درباره این روش و کاربرد آن تحقیق کنید.

**روش شناوری<sup>۲</sup> (فلوت):** روش شناوری (فلوت) پیشرفته‌ترین روش در تولید شیشه تخت است که امروزه کاربرد فراوانی دارد. در روش شناوری از این ویژگی استفاده می‌شود که با ریختن دو مایع غیرقابل انحلال در هم، مایع بالایی به صورت لایه‌ای با ضخامت یکنواخت بر روی مایع زیرین شناور می‌شود. فرض کنید که مقداری روغن روی آب مانند شکل ۲۴ ریخته‌اید، چرا روغن روی آب به این شکل قرار می‌گیرد؟



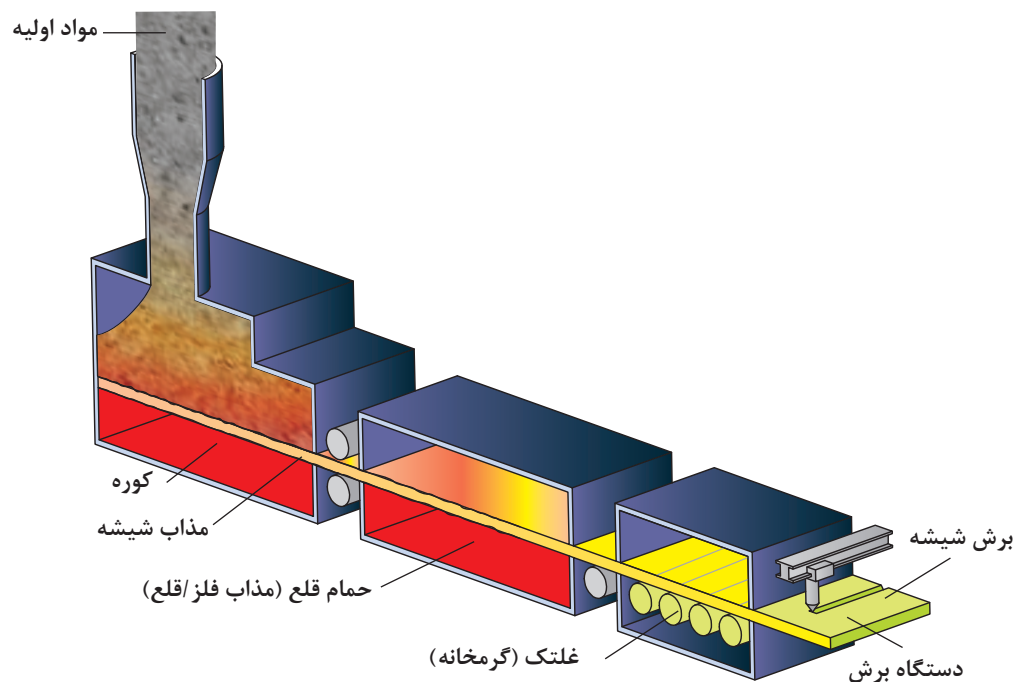
شکل ۲۴- شناوری لایه روغن بر روی آب

۱- Four Cault

۲- Float



در شکل ۲۵ مراحل تهیه شیشه تخت با روش شناوری (فلوت) نشان داده شده است:



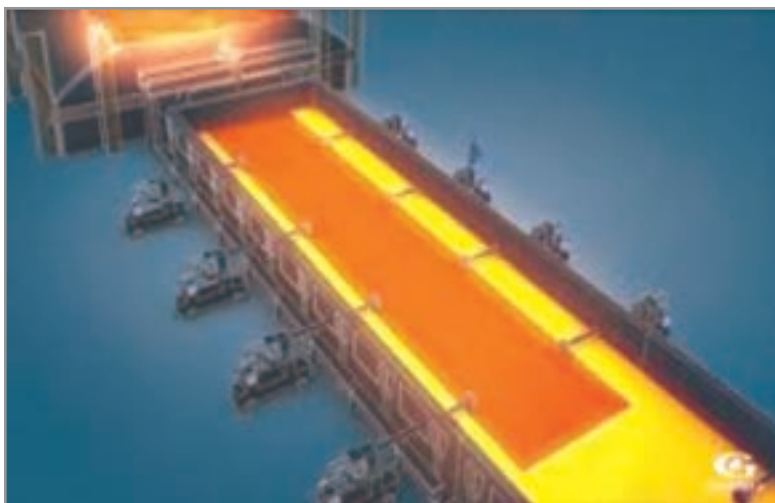
شکل ۲۵- تولید شیشه به روش فلوت

۱ مذاب شیشه به طور پیوسته متناسب با عرض و ضخامت شیشه تولیدی بر روی مذاب فلز قلع در مکانی سرپوشیده به نام حمام قلع ریخته می شود. شناوری لایه مذاب شیشه بر روی قلع مشابه شناوری لایه روغن بر روی آب است.



شکل ۲۶- مذاب شیشه در حمام قلع

۲ مذاب شیشه بر روی مذاب قلع پهن شده و کم کم به کمک چرخنده‌هایی که در دو طرف حمام قلع وجود دارد به شکل تخت درآمده و به سمت جلو منتقل می‌شود.



شکل ۲۷

تمامی قسمت‌های کارخانه شیشه به ویژه کوره و حمام قلع به وسیله دوربین و حسگرهایی در اتاق فرمان کنترل می‌شود.



شکل ۲۸- اتاق فرمان (کارخانه شیشه اردکان)

در روش شناوری از این اصل استفاده می‌شود که مذاب شیشه که از نوع سرامیکی است در مذاب قلع که از جنس فلز است هیچ گاه حل نمی‌شود. از سوی دیگر مذاب با چگالی کمتر بر روی مایع با چگالی بیشتر به صورت نواری شکل گسترده می‌شود.

نکته





در حمام فلوت به جز قلع به کارگیری چه نوع فلز دیگری امکان پذیر است؟

۳ در حمام قلع، مذاب شیشه به شکل تخت با سطوحی کاملاً صاف درمی آید و در حین حرکت به سمت جلو به آرامی و کنترل شده سرد می شود. بنابراین شیشه، در هنگام خروج از حمام قلع شکل خود را کاملاً حفظ می کند.



شکل ۲۹

۴ شیشه تخت تولید شده برای تنش زدایی به گرمخانه منتقل می شود. طول گرمخانه گاهی به ۱۵۰ متر می رسد. شیشه در گرمخانه با کنترل دما و زمان کاملاً تنش زدایی می شود. شیشه در هنگام عبور از این قسمت کم کم سخت و به حالت صلب تبدیل می شود. پس از خروج شیشه از گرمخانه به ابعاد معینی برش داده می شود.



شکل ۳۱- شیشه تخت پس از برش



شکل ۳۰- گرمخانه تنش زدایی شیشه

۵ سپس شیشه از لحاظ کیفیت مورد بررسی قرار می‌گیرد تا معایب آن شناسایی شود.



شکل ۳۲- کنترل و بازرسی شیشه

چرا در بین روش‌های تولید شیشه تخت، روش نورد کاربرد کمتری دارد؟

فکر کنید



اتمسفر حمام قلع اهمیت زیادی در تولید شیشه تخت دارد. در حضور اکسیژن و گوگرد در حمام قلع و ترکیب آنها با قلع ترکیباتی مانند  $\text{SnO}$  و  $\text{SnS}$  ایجاد می‌شود که پس از تبخیر و قرارگیری روی مذاب شیشه، باعث ایجاد کدری سطح شیشه یا لکه‌های چسبنده روی سطح شیشه می‌شود.

نکته



راه حل:

باید اتمسفر حمام قلع کنترل شود. اتمسفری که در حمام قلع به کار می‌رود احیایی است و حاوی ۳٪ گاز هیدروژن و ۹۷٪ گاز نیتروژن است تا از اکسید شدن قلع جلوگیری شود.

شیشه تخت تولید شده به روش شناوری در مقایسه با روش نورد و کشیدن مزایایی دارد که عبارت‌اند از:

۱ در فرایند شناوری می‌توان شیشه تخت با کیفیت بالا در محدوده ضخامتی ۵/۰ تا ۲۵ میلی‌متر با عرض بیش از ۵ متر تولید کرد.

۲ فرایند تولید شیشه به روش شناوری ظرفیت تولید بالاتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

۳ سطح شیشه تولید شده به روش شناوری صاف و صیقلی‌تر از سایر روش‌ها است.

۴ ضخامت شیشه تولیدی با روش شناوری در تمامی قسمت‌ها یکنواخت است و سطح آن بدون تاب است.

۵ فرایند شناوری ایمن‌تر از دیگر فرایندهای تولید شیشه است زیرا اکثر مراحل این فرایند به صورت اتوماتیک است.

فیلم مربوط به فرایند ساخت شیشه تخت را ببینید و در مورد فرایند ساخت این نوع شیشه گزارشی به کلاس ارائه کنید.

نمایش فیلم



فعالیت  
کارگاهی



#### کار عملی ۴: شکل دهی شیشه‌های سیلیکاتی

مواد و ابزار: سیلیس، کائولن، فلدسپات، سدیم کربنات، دولومیت، کلسیم کربنات، ترازوی آزمایشگاهی، الک‌های مش ۴۰ تا ۱۲۰، هاون چینی، سرتاس، بوته دیرگداز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش، قالب فلزی استیل، دستکش، انبر، آهنربا.

۱ مواد اولیه آمیز را مطابق جدول ۷ وزن کنید.

#### جدول ۷- محدوده مینرالی شیشه سیلیکاتی

ترکیب	سیلیس	سدیم کربنات	دولومیت	کلسیم کربنات	کائولن	فلدسپات
درصد وزنی	۴۵-۵۵	۳۵-۴۵	۱۲-۱۸	۴-۸	۲-۴	۲-۴

۲ خاک‌ها را درون‌هاون چینی ریخته و بسایید.

۳ آمیز ساییده شده را از الک عبور دهید.

۴ با چرخاندن آهن‌ربا در آمیز، آهن‌گیری کنید.

۵ آمیز آماده شده را در درون بوته بریزید.

**نکته:** به آمیز آماده شده می‌توانید ۲۰ تا ۴۰ درصد خرده شیشه موجود در کارگاه که از جنس سودا-آهکی است اضافه کنید.

۶ ابتدا بر روی دیرگدازهای کف کوره مقداری پودر آلومینا بریزید.

۷ بوته دیرگداز حاوی آمیز شیشه سیلیکاتی را درون کوره قرار دهید.

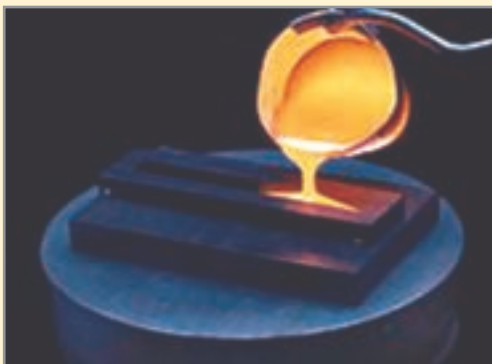
۸ با رعایت نکات ذکر شده در مورد روش کار کوره آزمایشگاهی، مذاب شیشه را تهیه کنید.

۹ قالب فلزی را داخل خشک‌کن با دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار دهید تا پیش‌گرم شود.

**نکته:** قرار دادن قالب فلزی در دماهای بالاتر از ۲۰۰-۱۵۰ درجه سلسیوس باعث اکسید شدن و خراب شدن قالب می‌شود.

۱۰ مطابق شکل ۳۳ مذاب را درون قالب ریخته‌گری کنید.

۱۱ با انبر سطح مذاب داخل قالب را پرداخت کنید و نقش‌هایی بر روی سطح آن ایجاد کنید.



ب) شکل دهی مذاب شیشه درون قالب



الف) برداشتن بوته از کوره

شکل ۳۳

#### نکات ایمنی



- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروفی که درون آنها مذاب شیشه است بپرهیزید.
- تشعشعات داخل کوره و مذاب شیشه خطرناک است، بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه نباید محیط اطراف فرد شلوغ باشد.
- در هنگام برداشتن مذاب شیشه باید در فاصله مشخصی از کوره قرار بگیرید تا حرارت منجر به سوختگی نشود.





**کار عملی ۵:** شکل‌دهی شیشه بوروسیلیکاتی  
مواد و ابزار: سیلیس، فلدسپات پتاسیک، بوراکس، ترازوی آزمایشگاهی، الک‌های مش ۴۰ تا ۱۲۰، هاون چینی، سرتاس، بوتۀ دیرگداز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش، قالب فلزی استیل، انبر مواد اولیه‌ی آمیز را مطابق جدول ۸ وزن کنید. سپس طبق کار عملی ۴ مذاب شیشه را در قالب فلزی شکل‌دهی کنید.

جدول ۸- محدوده مینرالی شیشه بوروسیلیکاتی

ترکیب	سیلیس	بوراکس آبدار	فلدسپات پتاسیک
درصد وزنی	۵۰-۶۰	۴۰-۶۰	۶-۱۰



- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروفی که درون آنها مذاب شیشه است پرهیزید.
- تشعشعات داخل کوره و مذاب شیشه خطرناک است، بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه نباید محیط اطراف فرد شلوغ باشد.
- در هنگام برداشتن مذاب شیشه باید در فاصله مشخصی از کوره قرار بگیرید تا حرارت منجر به سوختگی نشود.

## ظروف شیشه‌ای

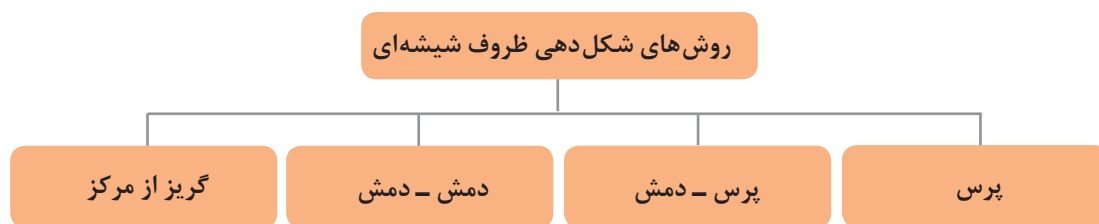
در شکل ۳۴ ظروف شیشه‌ای تولید شده با روش دستگاهی نشان داده شده است. برخی از ظروف شیشه‌ای با روش دستی نیز قابل تولید و شکل‌دهی هستند. به نظر شما تولید ظروف شیشه‌ای به روش دستگاهی در مقایسه با روش دستی چه مزیت‌هایی می‌تواند داشته باشد؟



شکل ۳۴- ظروف شیشه‌ای



در نمودار ۴ انواع روش‌های شکل‌دهی ظروف شیشه‌ای نشان داده شده است:

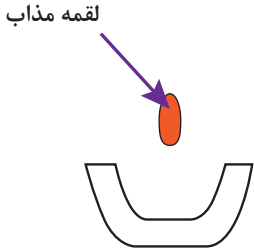
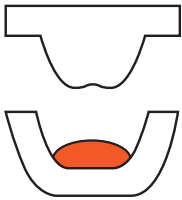



نمودار ۳

### تولید ظروف شیشه‌ای به روش پرس

مراحل شکل‌دهی شیشه به روش پرس در جدول ۹ بیان شده است:

جدول ۹

	<p><b>۱</b> تعدادی قالب پرس در نظر گرفته می‌شود و درون هر قالب لقمه مذاب قرار می‌گیرد.</p>
	<p><b>۲</b> سپس سنبه پرس بر روی لقمه درون قالب قرار می‌گیرد.</p>
	<p><b>۳</b> با اعمال نیرو، مذاب شکل قالب را به خود می‌گیرد. در این مرحله قالب با جریان آب سرد خنک می‌شود تا بدنه شیشه‌ای مستحکم به دست آید.</p>



همان طور که در شکل ۳۴ می بینید شیشه ها پس از شکل دهی برای انتقال به گرمخانه بر روی نوارهایی قرار می گیرند و در هنگام انتقال با اعمال شعله به لبه های شیشه، لبه های تیز و غیریکنواخت از بین می روند که به آن پولیش حرارتی می شود.

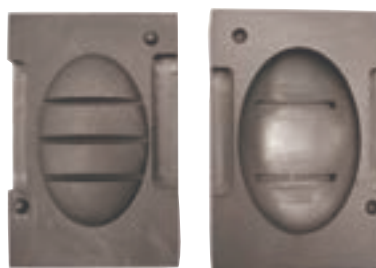


شکل ۳۵- پولیش حرارتی

در شکل ۳۵ چند نمونه قالب پرس شیشه نشان داده شده است. قالب پرس شیشه دو تکه یا چند تکه است و برخی از قالب های چند حفره ای نیز قابلیت پرس همزمان چند نمونه را دارد. جنس قالب های به کار رفته در پرس شیشه، فلزی و معمولاً از جنس چدن است.



(ب) قالب سه تکه



(الف) قالب دو تکه



(د) قالب چندحفره ای



(ج) قالب چند تکه ای طرح دار

شکل ۳۶

برخی از محصولات تولید شده به روش پرس در شکل ۳۶ نشان داده شده است. شیشه‌های با کاربرد نوری مانند شیشه عینک نیز با روش پرس شکل داده می‌شوند.



شکل ۳۷- محصولات شیشه‌ای تولید شده به روش پرس

فعالیت  
کارگاهی



### کار عملی ۶: شکل‌دهی شیشه سربی

**مواد و ابزار:** سیلیس، سرنج، سدیم کربنات، پتاسیم کربنات، روی اکسید، ترازوی آزمایشگاهی، الک‌های مش ۴۰ تا ۱۲۰، هاون چینی، سرتاس، بوته دیرگداز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش نسوز، صفحه نسوز آلومینایی، انبر

### شرح فعالیت:

۱- مواد اولیه آمیز را از هر خاک مطابق جدول ۱۰ وزن کنید.

### جدول ۱۰- آمیز شیشه سربی

ترکیب	سیلیس	سرنج	پتاسیم کربنات	سدیم کربنات	روی اکسید
درصد وزنی	۵۵-۶۰	۲۵-۳۵	۱۵-۱۸	۳-۵	۱-۲

۲- یک قالب فلزی انتخاب کنید.

۳- سپس طبق کار عملی ۴ مذاب شیشه را در قالب فلزی شکل‌دهی کنید.

۴- با یک سنبه فلزی بر روی قالب فشار آورید تا مذاب با روش پرس دستی کاملاً به شکل قالب درآید.

۵- شیشه شکل‌دهی شده را از قالب خارج کنید.



- در هنگام شکل‌دهی مذاب شیشه از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروفی که درون آن‌ها مذاب شیشه است بپرهیزید.
- تشعشعات داخل کوره و مذاب شیشه خطرناک است بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه نباید محیط اطراف فرد شلوغ باشد.
- در هنگام برداشتن مذاب شیشه باید در فاصله مشخصی از کوره قرار بگیرید تا حرارت منجر به سوختگی نشود.

### تولید ظروف شیشه‌ای به روش پرس - دمش<sup>۱</sup>

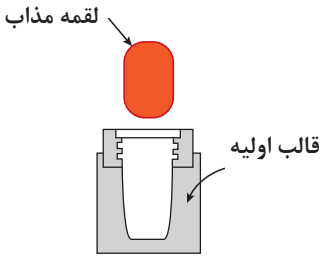
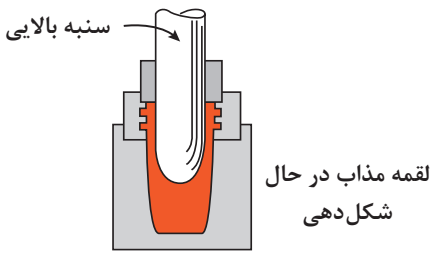
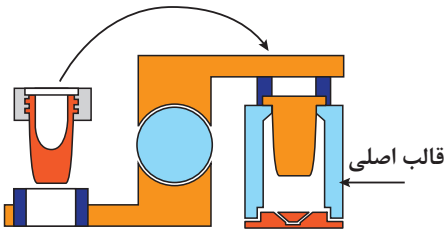
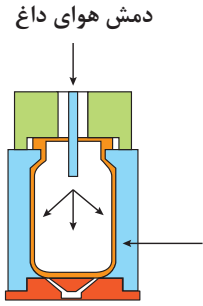
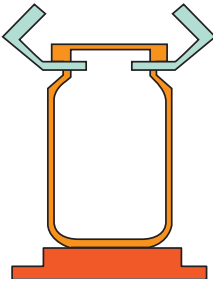
این روش برای تولید محصولات توخالی که دهانه آنها از سایر قسمت‌ها اندکی باریک‌تر است، کاربرد دارد. مرسوم‌ترین محصول تولیدی با این روش شیشه‌های مربا (جار) هستند.



شکل ۳۸- ظروف شیشه‌ای تولید شده به روش پرس - دمش

در این روش ابتدا لقمه مذاب با دستگاه پرس شکل‌دهی اولیه می‌شود و سپس در قالب اصلی با دمش هوای داغ شکل نهایی ایجاد می‌شود. در جدول ۱۱ مراحل شکل‌دهی با روش پرس - دمش نشان داده شده است.

## جدول ۱۱- مراحل شکل دهی با روش پرس - دمش

	<p>۱ لقمه وارد قالب اولیه می شود.</p>
	<p>۲ یک سنبه از بالا به قالب وارد می شود و شکل اولیه لقمه مذاب ایجاد می شود.</p>
	<p>۳ شیشه پیش شکل یافته به وسیله یک اهرم درون قالب اصلی قرار می گیرد.</p>
	<p>۴ درون قالب اصلی هوای داغ دمیده می شود.</p>
	<p>۵ قالب باز شده و قطعه شکل دهی شده از قالب خارج می شود. نکته: برندگی و تیزی لبه های شیشه در حین انتقال به گرمخانه با اعمال شعله مستقیم (پولیش حرارتی) از بین می روند.</p>

### تولید ظروف شیشه‌ای به روش دمش - دمش<sup>۱</sup>

این روش برای تولید انواع بطری‌ها و ظروف شیشه‌ای که قطر دهانه آنها نسبت به بدنه کمتر است به کار می‌رود؛ رایج‌ترین محصولات که به روش دمش - دمش تولید می‌شوند بطری‌های شیشه‌ای هستند.



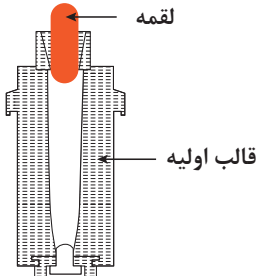
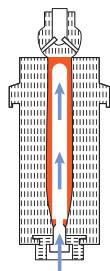
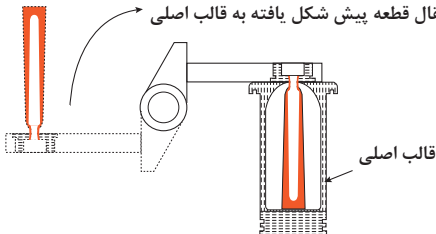
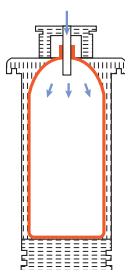
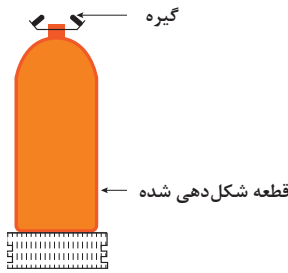
شکل ۳۹- بطری‌های شیشه‌ای

---

<sup>۱</sup> Blow - blow

در روش شکل‌دهی دمش - دمش دو قالب اولیه و اصلی در نظر گرفته می‌شود که شکل‌دهی شیشه مطابق جدول ۱۲ در آنها انجام می‌شود:

جدول ۱۲- مراحل شکل‌دهی با روش دمش - دمش

	<p>۱ لقمه مذاب وارد قالب اولیه می‌شود.</p>
	<p>۳ شیشه پیش‌شکل یافته از قالب اولیه خارج می‌شود.</p>
	<p>۴ شیشه پیش‌شکل یافته پس از خارج شدن از قالب اولیه وارد قالب اصلی می‌شود.</p>
	<p>۵ درون قالب اصلی هوای داغ دمیده می‌شود و قطعه درون قالب اصلی شکل‌دهی می‌شود. <b>نکته:</b> قبل از دمش هوا، قالب حرارت‌دهی می‌شود تا قطعه به سطح قالب نچسبد.</p>
	<p>۶ قالب باز می‌شود و قطعه شکل‌داده شده در مسیر انتقال به گرمخانه پولیش حرارتی می‌شود.</p>



فکر کنید



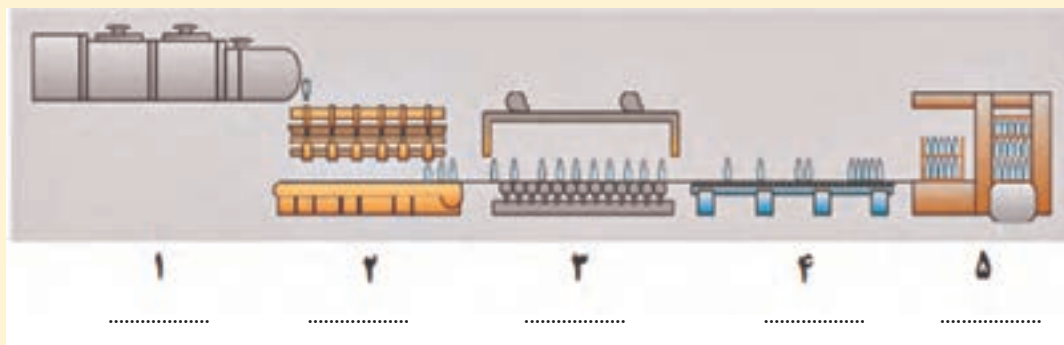
تصویر زیر چه مراحل از شکل دهی بطری های شیشه ای را نشان می دهد؟



شکل ۴۰

شکل ۴۰ نمای ساده یک کارخانه تولیدکننده بطری شیشه ای را نشان می دهد. مشخص کنید در هر مرحله چه فعالیتی انجام می شود؟

فعالیت  
کلاسی



شکل ۴۱

کاربردی ترین روش شکل دهی شیشه، روش پرس است، برخی از مزایای این روش نسبت به روش های پرس - دمش و دمش - عبارت اند از:

- ۱ امکان شکل دهی محصولات مختلف با طراحی قالب مناسب آن وجود دارد.
- ۲ به علت عدم ورود هوا به لقمه مذاب تنش های موجود در قطعه کمتر است.
- ۳ ظرفیت و سرعت تولید این روش بیشتر است.

نکته





## کار عملی ۷: ساخت مهره‌های شیشه‌ای (شیشه رنگی)

**مواد و ابزار:** سیلیس، کائولن، فلدسپات پتاسیک، سدیم کربنات، دولومیت، کلسیم کربنات، ترازوی آزمایشگاهی، الک‌های مش ۴۰ الی ۱۲۰، اکسیدهای رنگی (مس اکسید، کروم اکسید و آهن اکسید)، هاون چینی، سرتاس، بوته دیرگداز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش، انبر، قیچی، میله نازک فلزی، صفحه نسوز (آلومینایی)

### شرح فعالیت:

۱) مواد اولیه آمیز شیشه را مطابق جدول ۱۳ وزن کنید.

جدول ۱۳

ترکیب	سیلیس	سدیم کربنات	دولومیت	کلسیم کربنات	کائولن	فلدسپات پتاسیک	اکسید رنگی
درصد وزنی	۴۵-۵۵	۳۵-۴۵	۱۲-۱۸	۴-۸	۲-۴	۲-۴	۰/۵

۲) با استفاده از صفحه نسوز (آلومینایی) تعدادی قالب دایره‌ای شکل برای ساخت مهره شیشه‌ای آماده کنید.

۳) آمیز شیشه را ذوب کنید.

۴) مذاب را به صورت قطره‌ای شکل درون قالب بریزید.

۵) از هم گروهی خود بخواهید به کمک قیچی مخصوص شیشه‌گری قسمت‌هایی از مذاب که به بوته وصل است را جدا کند.

۶) قبل از سرد شدن مهره‌ها به کمک یک میله نازک فلزی درون هر لقمه مذاب سوراخی ایجاد کنید.



شکل ۴۲- مهره‌های شیشه‌ای



- در هنگام شکل دهی مذاب شیشه از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروفی که درون آنها مذاب شیشه است بپرهیزید.
- تشعشعات داخل کوره و مذاب شیشه خطرناک است بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه نباید محیط اطراف فرد شلوغ باشد.
- در هنگام برداشتن مذاب شیشه باید در فاصله مشخصی از کوره قرار بگیرید تا حرارت منجر به سوختگی نشود.



شکل ۴۳- الیاف شیشه

### الیاف شیشه‌ای

الیاف شیشه‌ای یکی از مهم‌ترین الیاف مورد استفاده در ساخت سازه‌های مختلف کامپوزیتی است که ویژگی‌های مکانیکی مناسب و قیمت پایین آن باعث شده است تا در مقایسه با الیاف گوناگون مانند کربن کاربردهای فراوانی داشته باشد.

برخی از کاربردهای الیاف شیشه‌ای در شکل ۴۴ نشان داده شده است.



پارچه‌های ضد آتش



توربین‌های بادی

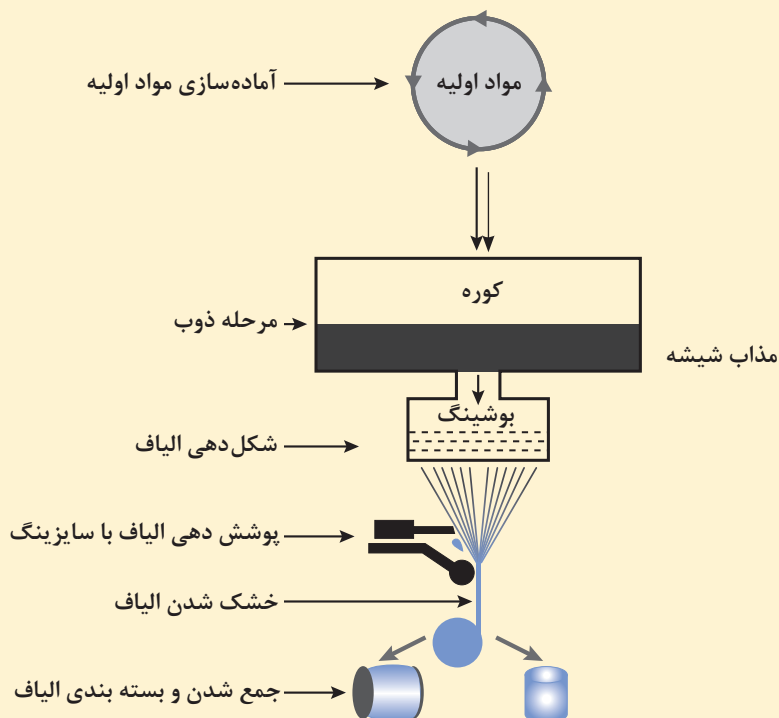


فیبرهای نوری

شکل ۴۴- کاربردهای الیاف شیشه‌ای



در شکل ۴۵ مراحل تولید الیاف شیشه‌ای نشان داده شده است:



شکل ۴۵

**۱ آماده‌سازی مواد اولیه:** مواد اولیه لازم برای تولید الیاف شیشه عبارت‌اند از سیلیس، سنگ آهک، کائولن، کلمانیت و برخی اجزای ترکیبی دیگر به مقدار کم (نظیر منیزیت، دولومیت، فلدسپات، فلوئورین و سدیم سولفات).

**۲ تهیه مذاب شیشه:** مواد اولیه پس از وزن کردن و مخلوط شدن به کوره ذوب منتقل شده و در



شکل ۴۶

دمای بالا ذوب می‌شوند. مذاب تولید شده در واحد ذوب، برای کشش و تهیه الیاف به راه‌گاه‌های مذاب منتقل می‌شود.

**۳ مرحله کشیدن الیاف:** پس از عبور از روزنه‌های ریز الیاف پیوسته و نازک تولید می‌شود. پس از خروج الیاف شیشه از روزنه‌ها بر روی آنها آب پاشیده می‌شود.

**۴ پوشش دهی الیاف با سایزینگ:** الیاف تولید شده پس از شکل دهی وارد محلول سایزینگ<sup>۱</sup> می شوند و پوششی از این محلول بر روی الیاف ایجاد می شود. این پوشش باعث می شود که الیاف در تماس با یکدیگر دچار ساییدگی و خوردگی نشود.

**۵ جمع کردن الیاف و بسته بندی:** الیاف شیشه پس از عبور از مرحله سایزینگ خشک می شوند. سپس بر روی دوک هایی جمع می شوند و به محصولاتی مانند پارچه تبدیل می شوند تا قابل عرضه به بازار باشند.



(ب) پارچه تولید شده از الیاف شیشه



(الف) الیاف شیشه ای پس از جمع شدن

شکل ۴۷

### کار عملی ۸: شکل دهی الیاف شیشه ای

**مواد و ابزار:** سیلیس، کائولن، فلدسپات پتاسیک، سدیم کربنات، دولومیت، کلسیم کربنات، ترازوی آزمایشگاهی، الک های مش ۴۰ الی ۱۲۰، هاون چینی، سرتاس، بوته دیرگداز، عینک ایمنی، ماسک، دستکش، قالب فلزی استیل، دستکش، انبر

### شرح فعالیت:

**۱** مواد اولیه آمیز را مطابق جدول ۱۴ وزن کنید. سپس طبق کار عملی ۴ مذاب شیشه تهیه کنید.

جدول ۱۴

ترکیب	سیلیس	سدیم کربنات	دولومیت	کلسیم کربنات	کائولن	فلدسپات پتاسیک
درصد وزنی	۴۵ - ۵۵	۳۵ - ۴۵	۱۲ - ۱۸	۴ - ۸	۲ - ۴	۲ - ۴

**۲** بوته حاوی مذاب شیشه را از کوره خارج کنید و بر روی میز قرار دهید.

**۳** از هم گروهی خود بخواهید با انبر بوته مذاب شیشه را نگه دارد.

**۴** با انبر دیگری بخشی از مذاب شیشه داخل بوته را گرفته و با دور شدن آن را تا جای ممکن بکشید تا الیاف بلند شیشه ای ایجاد شود.





- در هنگام برداشتن مذاب شیشه از لباس و دستکش نسوز استفاده کنید.
- از دست زدن مستقیم به ظروف و وسایلی که درون آنها مذاب شیشه است بپرهیزید.
- تشعشعات داخل کوره و مذاب شیشه خطرناک است بنابراین حتماً از عینک ایمنی استفاده کنید.
- در هنگام ریخته‌گری مذاب شیشه نباید محیط اطراف فرد شلوغ باشد.
- در هنگام برداشتن مذاب شیشه باید در فاصله مشخصی از کوره قرار بگیرید تا حرارت منجر به سوختگی نشود.
- مراقب باشید در هنگام کشیدن مذاب شیشه بوته به زمین نیفتد.

### تولید ظروف شیشه‌ای به روش گریز از مرکز

این روش بیشتر برای تولید ظروف شیشه‌ای آپال کاربرد دارد. در روش گریز از مرکز، لقمه‌ای از مذاب شیشه‌ای درون قالب قرار می‌گیرد. سپس در حالی که قالب حول محور خود می‌چرخد، لقمه مذاب داخل قالب پخش شود و به شکل قالب در می‌آید. علت استفاده از نیروی گریز از مرکز به جای روش پرس آن است که با این روش می‌توان ظروف نازک‌تر و سبک‌تر را تولید کرد.

در جدول ۱۵ مراحل شکل‌دهی ظروف آپال در کارخانه نشان داده شده است.

جدول ۱۵- مراحل شکل‌دهی شیشه آپال با روش گریز از مرکز

	<p>۱ لقمه‌ای از مذاب شیشه‌ای درون قالب قرار می‌گیرد.</p>
	<p>۲ قالب حول محور خود می‌چرخد، لقمه مذاب داخل قالب پخش می‌شود و به شکل قالب در می‌آید.</p>
	<p>۳ بشقاب‌ها پس از شکل‌دهی از قالب خارج می‌شوند.</p>

درباره روش ساخت و عملکرد شیشه هوشمند و شیشه‌های خود تمیز شونده تحقیق کنید و گزارشی به کلاس ارائه کنید.



## ارزشیابی نهایی

### شرح کار:

- ۱- استفاده از انواع ابزار شیشه گری دستی
- ۲- برداشتن بار با استفاده از میله دم و شکل دهی لقمه مذاب
- ۳- شیشه گری با شعله
- ۴- شکل دهی مذاب شیشه در قالب

### استاندارد عملکرد:

شکل دهی بدنه شیشه های تزئینی، آزمایشگاهی، مهره های شیشه ای، ساخت الیاف شیشه ای، برش لوله برای روش شیشه گری با شعله، ساخت گوی شیشه ای به روش دستی.

### شاخص ها:

کار با ابزار شیشه گری دستی  
برداشتن بار و شکل دهی قطعات ساده به روش دمیدن  
شیشه گری با شعله برای تولید شیشه های تزئینی و شیشه های آزمایشگاهی  
شکل دهی مذاب شیشه با استفاده از قالب جهت تولید بدنه های شیشه ای و مهره های شیشه ای

### شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان : کارگاه استاندارد عملیات حرارتی و تکمیلی مجهز به تجهیزات ایمنی و سیستم تهویه  
ابزار و تجهیزات : کوره الکتریکی، ابزار برش و ساب شیشه، قالب شکل دهی مذاب، ابزار شکل دهی شیشه، ابزار پرداخت لقمه مذاب، ابزار برداشت لقمه مذاب، قیچی برش لقمه مذاب

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	استفاده از انواع ابزار شیشه گری دستی	۱	
۲	برداشتن بار با استفاده از میله دم و شکل دهی لقمه مذاب	۱	
۳	شیشه گری با شعله	۱	
۴	شکل دهی مذاب شیشه در قالب	۲	
۵			
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات			*

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



