بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای هنرآموز

تولید شیشه

رشتهٔ سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز تولید شیشه ـ ۲۱۲۹۱۱

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: ناصر ضیاییان مفید، محمدحسن نجاری، غلامرضا امامی میبدی و ندیٰ دیده‌ور (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
ناصر ضیاییان مفید، الهام صمدبین، سمیرا دادستان و ندیٰ دیده‌ور (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ خدیجه محمدی (صفحه‌آرا)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

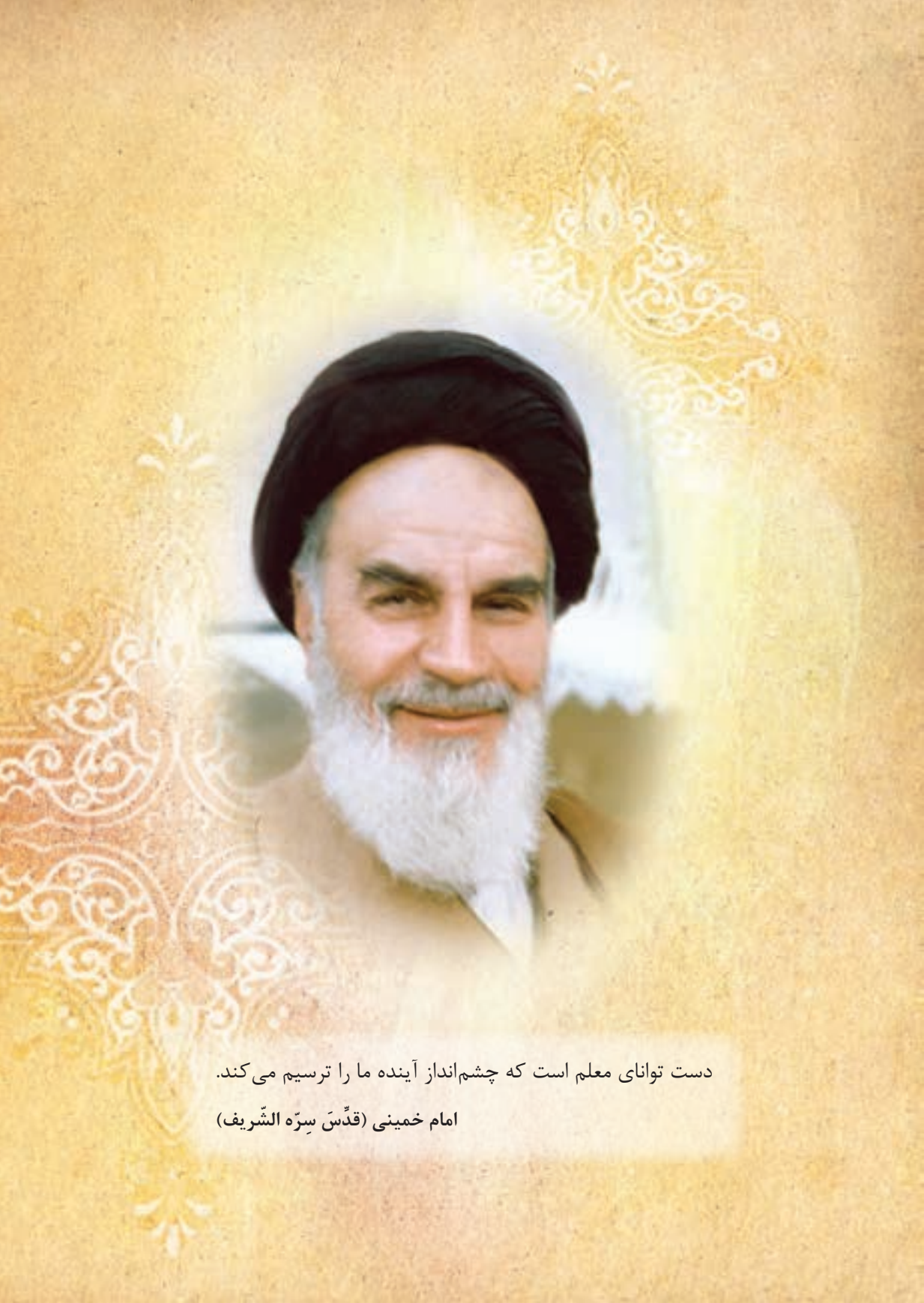
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)، تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۵-۳۳۳۴-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3334–5**



دست توانای معلم است که چشم‌انداز آینده ما را ترسیم می‌کند.

امام خمینی (قدِّسَ سِرّه الشّریف)

فهرست

فصل اول: آماده‌سازی مواد اولیهٔ شیشه ۱

فصل دوم: ساخت مذاب ۴۱

فصل سوم: شکل‌دهی شیشه ۶۹

فصل چهارم: عملیات تکمیلی شیشه ۹۵

فصل پنجم: تزئین شیشه ۱۲۱

منابع ۱۴۱

سخنی با هنرآموز

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به‌عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و .... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صبر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

فصل اول

آماده‌سازی مواد اولیهٔ شیشه

تصویر ورودی فصل، تصویری از دپو پودر سیلیس پس از آسیاب را نشان می‌دهد.

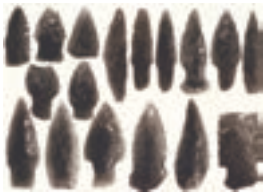
شکل ۱ صفحه ۳ در قسمت (الف) محصولات مختلف شیشه‌ای آمده است. در قسمت (ب) مواد اولیه آمیز (بچ) شیشه که شامل موادمعدنی سیلیس، دولومیت و خرده شیشه است.

پیش از توضیح دربارهٔ ساختار آمورف شیشه‌ها، مواد اولیه‌ای که برای تهیه آمیز شیشه مورد استفاده قرار می‌گیرند و حالت شیشه‌ای ندارند را به هنرجویان نشان داده و بیان این مطلب که این مواد هنگامی که ذوب می‌شوند و با سریع سرد شدن مذاب، حالت شیشه‌ای پیدا می‌کنند.

الف) محصولات شیشه‌ای

ب) مواد اولیه

شکل ۲ صفحه ۳ اولین ابزارهای شیشه‌ای دست‌ساز انسان که از تراشیدن سنگ‌های شیشه‌ای به دست می‌آمدند و این شیشه‌ها از گدازه‌های خروجی آتشفشان‌ها که سختی بالایی دارند ساخته شده‌اند.



در شکل ۳ صفحه ۴ دو نوع شیشه طبیعی نشان داده شده است، (الف) سنگ آبسیدین که ساختار آن آمورف (شیشه‌ای) است و از سریع سرد شدن گدازه‌های خروجی از آتشفشان حاصل شده است. (ب) سنگ‌های حاصل از شهاب‌سنگ‌های رسیده به زمین است که به‌علت سریع سرد شدن در اثر عبور از جو زمین به شیشه تبدیل شده‌اند. هدف از آوردن این تصاویر آن است که مقدمه‌ای برای آموزش ساختار آمورف شیشه‌ها بیان شود.

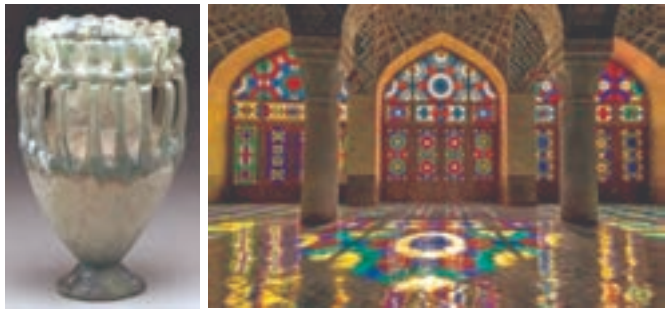
ب الف

شکل ۴ صفحه ۴ در کتب تاریخی سرآغاز دستیابی انسان به هنر شیشه‌سازی را تصادفی بیان کرده است که در بقای محل‌هایی که آتش روشن می‌کردند و پس از خاموش شدن آتش سنگ‌ریزه‌هایی با جلای شیشه‌ای می‌یافتند که به خاطر رنگ و ظاهر زیبای آنها مورد توجه قرار می‌گرفت. سنگ‌ریزه‌ها از جنس سیلیس بودند که با خاکستر حاصل از سوختن گیاهان که حاوی مواد قلیایی است ترکیب می‌شوند. این عامل باعث کاهش دمای ذوب سنگ‌ریزه‌ها شده و به دلیل وجود ناخالصی‌ها در سنگ‌ها به رنگ‌های مختلف و به صورت شیشه‌ای درمی‌آمده‌اند.

مهره‌های شیشه‌ای تاریخی

انسان‌ها کم‌کم با جمع‌آوری این نوع سنگ‌ریزه‌ها و سپس مخلوط کردن آنها با خاکستر گیاهان و حرارت دادن شروع به ساختن مهره‌های شیشه‌ای کردند. چند مورد از تصاویر آنها در شکل ۴ آمده است.

شکل ۵ صفحه ۵ نمونه‌هایی از شیشه‌های رنگی که در ایران باستان ساخته می‌شده است را نشان می‌دهد.



الف) مسجد نصیرالملوک شیراز (دوره قاجار) **ب) جام شیشه‌ای (دوره ساسانیان)**

در شکل ۶ صفحه ۵ سعی شده است به صورت ساده برای هنرجویان تقسیم‌بندی از محصولات شیشه‌ای از لحاظ کاربردهای عمده آورده شود. لازم به ذکر است که در این شکل به طور خلاصه برای هر کاربرد فقط یک تصویر آورده شده است. هنرآموز گرامی می‌توانید در کلاس برای هر تقسیم‌بندی انواع مختلف‌از محصولات شیشه‌ای مثال بزنید و یا از هنرجویان بخواهید برای هریک از موارد مثال‌های دیگری را بیان کنند. (برای مثال در خودرو شیشه‌های درب‌ها و جلو و عقب، آینه‌ها، صفحه‌های نمایشگر، لامپ، سنسور، حباب و درپوش چراغ و...)

برخی از کاربردهای شیشه

در صفحهٔ ۶ دربارهٔ علت به وجود آوردن ساختار آمورفی شیشه از مذاب اشاره شده است. به طور کلی برای اینکه ماده‌ای برای شیشه‌سازی مناسب باشد باید دو ویژگی را دارا باشد:

۱ سرعت کریستالیزاسیون (سرعت جوانه‌زنی و رشد) بسیار بسیارکم

۲ گرانروی بالای مذاب

معمولاً در شرایط شیشه‌سازی بیان می‌شود که مذاب را سریع سرد کنیم تا به شیشه (ساختار غیرمنظم) تبدیل شود و اگر آرام سرد کنیم به بلور تبدیل می‌شود این مطلب ارتباط مستقیم با سرعت کریستالیزاسیون مادهٔ تشکیل‌دهنده مذاب دارد.

بنابراین اگر بخواهیم هر مذابی را به شیشه تبدیل کنیم باید سرعت سرد کردن آن از سرعت کریستالیزاسیون بیشتر باشد تا فرصت تبلور (جوانه زدن و رشد) را نداشته باشد.

در ضمن همیشه پدیده تبلور در محدودهٔ دمای ذوب تا پس از Tg (محدوده شیشه‌ای شدن) رخ می‌دهد. بنابراین برای تولید شیشه از مذاب باید فقط در این محدودهٔ دمایی با سرعتی بیشتر از سرعت تبلور سرد شود و لازم نیست که مذاب تا دمای محیط سریع سرد شود.

(به طور مثال برای آنیل کردن «تنش زدایی» شیشه باید پس از فرایند شکل‌دهی درگرمخانه «لهر» تحت عملیات حرارتی خاص قرار گیرد و با سرعت کنترل شده و آهسته سرد شود. با توجه به اینکه دمای آنیل کمتر از Tg است. بنابراین امکان تبلور در شیشه وجود ندارد و در شیشه تبلوری صورت نمی‌گیرد.)

آیا می‌دانید اگر مذاب سیلیس را با سرعت عادی سرد کنید چرا باز هم به شیشه تبدیل می‌شود؟

زمانی‌که مذاب سیلیس را به طور عادی سرد می‌کنیم به ظاهر آرام سرد می‌کنیم اما مذاب با سرعت بالا در حال سرد شدن است زیرا در این حالت سرعت سرد شدن مذاب از سرعت کریستالیزاسیون آن بسیار بیشتر است زیرا سرعت کریستالیزاسیون سیلیس بسیار بسیار کمتر است.

(ماکزیمم سرعت تبلور سیلیس $۲/۲\times۱۰^{-۷}$ cm/s در دمای ۱۶۷۴° C است.)

آیا می‌دانید اگرمذاب فلزات را با سرعت سریع سرد کنید چرا باز هم به شیشه تبدیل نمی‌شود؟

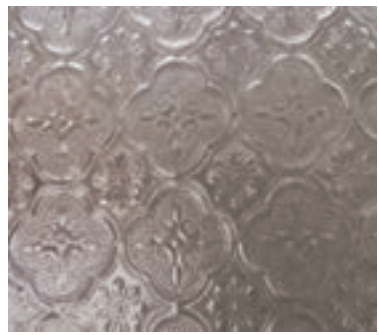
وقتی مذاب فلزات را سریع سرد می‌کنیم به ظاهر سریع سرد می‌شود اما در این حالت مذاب با سرعت آرام در حال سرد شدن است زیرا در این حالت سرعت سرد کردن از سرعت کریستالیزاسیون آن بسیار کمتر است به این دلیل که سرعت کریستالیزاسیون فلزات بسیار بسیار بالا است.

(سرعت تبلور فلزات $۱۰^{۵}$-$۱۰^{۸}$ cm/s است.)

تذکر

برای اینکه از فلزات شیشه تهیه کنند باید سرعت سرد کردن مذاب از سرعت تبلور آنها سریع‌تر باشد.
از فلزات شیشه‌هایی به عنوان شیشه ـ فلز (Metglas)، تولید می‌شود که برای ساخت محصولات خاص که نیاز باشد هم‌زمان خصوصیات فلزی و سرامیکی را باهم دارا باشند تهیه می‌کنند. (جهت کسب اطلاعات بیشتر از کتاب شیشه دکتر مارقوسیان استفاده شود)
چنانچه گرانروی مذاب زیاد باشد باعث می‌شود تحرک اتم‌ها کم شود که این عامل از جابه‌جایی اتم‌ها برای منظم شدن جلوگیری می‌کند.

نکتهٔ صفحهٔ ۶ شکل ۸ شیشه‌ها به خاطر ساختار آمورف شان ذاتاً شفاف هستند و نور را عبور می‌دهند. برای کاهش یا جلوگیری از عبور نور می‌توان به روش‌های مختلف به این هدف رسید. به عنوان مثال در شکل ۸ دو نمونه آورده شده است. شکل (الف) با غلتک نقش‌دار شیشه مشجر شده است. شکل (ب) با تولید درصدی فاز بلوری در شیشه، شیشهٔ اپال شده است که عبور نور این شیشه‌ها کمتر از ۱۰درصد است.



الف) شیشهٔ مشجر

ب) شیشهٔ اُپال

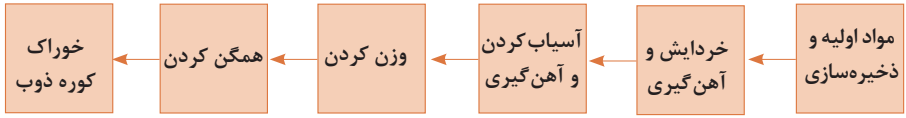
بیشتر بدانید صفحه ۷ و شکل ۹ به این مطلب اشاره دارد که ساختار بلوری نباید حتماً منجر به جلوگیری از عبور نور شود. علت اینکه نور از ساختار مواد بلوری نمی‌تواند عبور کند. شامل موارد زیر است:
۱ وجود مرز دانه‌ها (پلی‌کریستال‌ها) ۲ عیوب کریستالی
بنابراین بلورهایی که ساختار آن تک بلورند و دو مانع بالا را ندارند نور می‌تواند عبور کند.

الف) تک بلور کوارتز

ب) تک بلور آلومینا

ج) سنگ چخماق

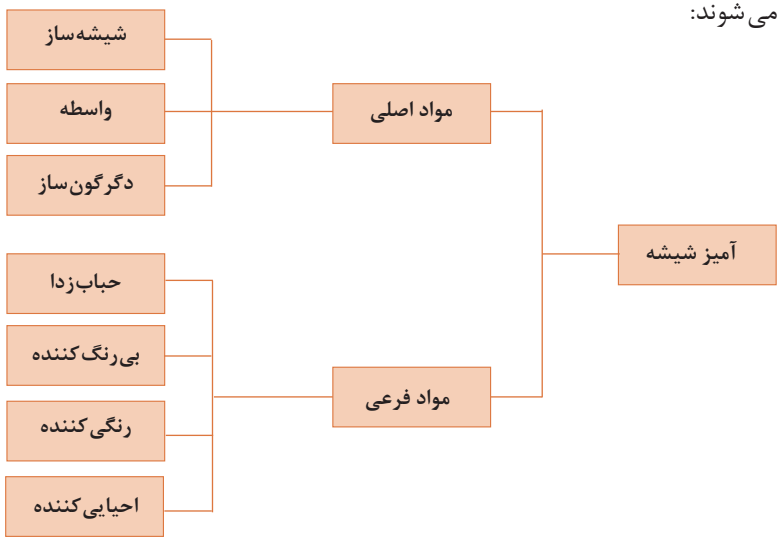
نمودار ۱ صفحهٔ ۷ مراحل آماده‌سازی آمیز (بچ) شیشه است که در ادامه فصل در مورد هر یک از مراحل آن توضیح کامل داده شده است.



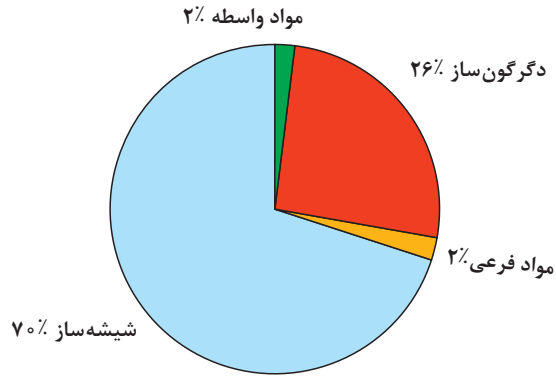
نمودار ۱ــ مراحل تهیهٔ آمیز شیشه

نمودار ۲ صفحه ۷ آمیز شیشه‌ها در دو دسته کلی را معرفی می‌کند: مواد اصلی (که از لحاظ وزنی زیاد استفاده می‌شوند و به عبارتی محصول شیشه را می‌سازند) و مواد فرعی (که از لحاظ وزنی بسیار کم استفاده می‌شوند و در بهبود کیفیت شیشهٔ تولیدی اثرگذار است.)

مواد تشکیل‌دهندهٔ آمیز شیشه در برخی از کتاب‌ها به صورت زیر هم نام‌گذاری می‌شوند:



نمودار ۳ صفحه ۸ محدوده درصد مواد اولیه‌های اصلی و فرعی آمیز (بچ) شیشه است.



نمودار ۳ــ انواع مواد اولیهٔ شیشه

صفحهٔ ۸ و ۹: ویژگی مواد شیشه‌ساز که درصد بالایی از آمیز شیشه را تشکیل می‌دهند را بیان می‌کند. خصوصیت بارز این مواد سرعت کریستالیزسیون بسیار کم (جوانه‌زنی و رشد) است که در فرایند شیشه‌سازی از اهمیت زیادی برخوردار است.

اگر مذاب این مواد را به آرامی سرد کنیم متبلور نمی‌شوند، منظور این است که چون سرعت تبلور آنها بسیار کم است چنانچه فرایند سرد کردن آرام (با سرعت عادی) صورت گیرد فرصت تبلور پیدا نمی‌کنند و شیشه (ساختاری آمورف) خواهد داشت.

مواد شیشه‌ساز باید ویژگی‌های زیر را دارا باشند:

۱ سرعت کریستالیزاسیون کم
۲ ماهیت کووالانت ـ یونی بودن پیوند
۳ داشتن اختلاف الکترونگاتیویته در محدودهٔ ۱/۴ تا ۱/۷
۴ قدرت اتصال تکی بالاتر از ۸۰ کیلو کالری بر مول

به دلایل زیر سیلیس پرمصرف‌ترین شیشه‌ساز است:

۱ فراوانی و دسترسی آسان
۲ سرعت کریستالیزاسیون بسیار کم
۳ تولید شیشه با کیفیت‌های بسیار عالی (قابلیت عبور نور عالی، سختی بالا، مقاومت در برابر شوک حرارتی بسیار عالی، مقاومت شیمیایی عالی و هدایت حرارتی عالی)

(جهت کسب اطلاعات بیشتر به کتاب شیشه دکتر مارقوسیان، مبحث شیشه‌های سیلیسی مراجعه شود)

در کل هر چقدر درصد سیلیس آمیز شیشه‌ای بیشتر باشد آن شیشه از کیفیت بالاتری برخوردار می‌باشد.
لازم به ذکر است مواد دیگری مانند اکسیدهای بور، فسفر، ژرمانیم و وانادیم خاصیت شیشه‌سازی دارند که به علت دارا بودن بعضی از ویژگی‌ها برای تولید شیشه‌های خاص استفاده می‌شوند. به‌طور مثال درآمیز شیشه‌های پیرکس و اپال از اکسید بور، اکسید فسفر برای ایجاد ویژگی پرتوهای نوری با طول موج خاص استفاده می‌شود. همچنین در شیشه‌های دید در شب (عدسی دوربین‌ها) از اکسید ژرمانیم استفاده می‌شود. اگر در آمیز شیشه‌ها از این اکسیدها به تنهایی (سیلیس استفاده نشود) به عنوان شیشه‌ساز استفاده شوند شیشه‌های تولید شده سختی و مقاومت شیمیایی مناسبی ندارد که گاهی قابلیت ارائه به بازار را ندارند. به همین علت در آمیز شیشه‌های خاص علاوه بر این اکسیدها، درصد قابل ملاحظه‌ای سیلیس استفاده می‌شود.
در جدول ۱ صفحه ۹ محدودهٔ درصد سیلیس مصرفی در بعضی از شیشه‌های تجاری آورده شده است تا هنرجویان با درصد وزنی سیلیس در شیشه‌های مختلف آشنا شوند.

جدول ۱ــ درصد سیلیس در شیشه‌های مختلف

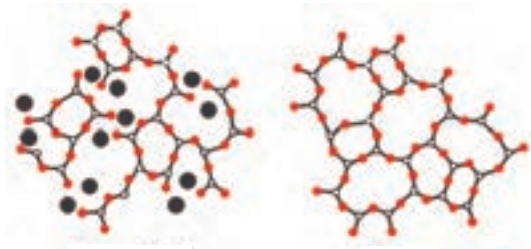
نوع شیشه	درصد سیلیس
شیشهٔ ساختمانی	۷۱ـ۷۳
ظروف غذاخوری بلوری	۶۹ـ۷۳
ظروف شیشه‌ای کریستال	۶۰ـ۷۰
شیشهٔ خودرو	۷۱ـ۷۳

صفحهٔ ۱۰: ویژگی‌های مواد دگرگون‌ساز که شبکه بازکن هستند آورده شده است. این مواد در آمیز شیشه دو نقش کمک ذوبی و کاهش‌دهندهٔ گرانروی مذاب را ایفا می‌کنند. لازم به ذکر است که اکسیدهای قلیایی (R_2O) به تنهایی می‌توانند نقش دگرگون‌سازی را ایفا کنند و هر چقدر درصد استفاده از آنها در آمیز افزایش یابد تأثیر آنها بیشتر خواهد بود.
اما اکسیدهای قلیایی خاکی (RO):

۱ به تنهایی نمی‌توانند به خوبی نقش دگرگون‌سازی را ایفا کنند و حتماً باید با اکسیدهای قلیایی استفاده شوند.

۲ اگر این اکسیدها به آمیز شیشه حتی در درصدهای کم (نهایتاً کمتر از ۱۰٪) اضافه شوند می‌توانند به عنوان دگرگون‌ساز ایفای نقش کنند.
۳ در آمیز شیشه‌هایی که دمای ذوب آنها کمتر از ۱۱۰۰ درجه سلسیوس است به عنوان افزایش‌دهندهٔ دمای ذوب و گرانروی عمل می‌کنند. (به ویژه منیزیم اکسید)

شکل ۱۲ صفحهٔ ۱۰: تأثیر دگرگون‌سازی سدیم اکسید را نمایش می‌دهد. قوی‌ترین اکسیدهای دگرگون‌ساز، اکسیدهای قلیایی هستند که در میان اکسیدهای قلیایی، سدیم اکسید از بقیهٔ این اکسیدها قوی‌تر است به همین دلیل در بیشتر آمیزهای شیشه از این اکسید استفاده می‌شود.



الف) شیشهٔ سیلیسی ب) شیشهٔ حاوی دگرگون‌ساز Na_2O

نقش دگرگون‌سازها در ساختار شیشه

در متن صفحهٔ ۱۱ ویژگی‌های مواد واسطه (دوام‌دهنده یا ثبات‌دهنده) عنوان شده است که این مواد می‌توانند تا حدی به شیشه‌سازی کمک کنند. لازم است هنر آموز محترم این موضوع را بیان کند که این مواد (به تنهایی اصلاً خاصیت شیشه‌سازی ندارند ولی استفاده از آنها در کنار مواد شیشه‌ساز می‌توانند در شیشه‌سازی ایفا نقش کنند) که برای ایجاد این ویژگی باید درصد کمی در آمیز شیشه‌ها استفاده شوند.
در شکل ۱۳ سعی شده است که تأثیر این مواد که کاهش‌دهنده اختلاف‌های بین مواد شیشه‌ساز و دگرگون‌ساز است نمایش داده شود. هنرآموز محترم می‌تواند در کلاس این‌طور توضیح دهد که مواد واسطه خواص و ویژگی‌های شیشه مواد شیشه‌ساز و دگرگون ساز را به سمت تعادل می‌برد..

کنترل خواص شیشه با افزودن مواد واسطه

شکل ۱۴ صفحهٔ ۱۱ دپویی از پودر فراوری شده کائولن را که برای تأمین آلومینیم‌اکسید می‌باشد را نشان می‌دهد. همان‌طور که در متن عنوان شده است شرکت‌های تولید شیشه از آلومینیم‌اکسید استفاده نمی‌کنند و ترجیح می‌دهند به دلایل زیر از کائولن و انواع فلدسپات استفاده کنند.

۱ ارزانی
۲ فراوانی
۳ تأمین‌کننده سایر اکسیدهای آمیز
۴ دمای ذوب پایین‌تر

کائولن

در نکتهٔ صفحه ۱۱ عنوان شده است که سرب‌اکسید در آمیز شیشه‌ها به عنوان واسطه ایفای نقش می‌کند. باید دقت داشت که سرب‌اکسید به علت دمای ذوب بسیار کم (۵۵۰ـ۵۰۰) درجهٔ سلسیوس می‌تواند به عنوان کمک ذوب قوی وحتی کاهش‌دهنده گرانروی مذاب به کار رود و به علت دارا بودن بعضی از ویژگی‌های مواد شیشه‌ساز هم‌زمان به شیشه‌سازی کمک می‌کند، بنابراین به عنوان واسطه در صنعت شیشه استفاده می‌شود. حتی به علت ایفا کردن هر دونقش می‌توان درصد قابل ملاحظه‌ای از آن (۳۲ـ۲۴ درصد) در آمیز شیشه به کار برد.

از این اکسید به عنوان واسطه در ساخت شیشه‌های سربی و کریستال استفاده می‌شود که به علت خاصیت نوری سرب‌اکسید، باعث افزایش خاصیت نوری شیشه‌ها می‌شود. از آنجایی که سرب‌اکسید باعث کاهش سختی شیشه می‌شود بنابراین این شیشه‌ها را می‌توان تراش داد که این ویژگی مطلوبی برای شیشه‌های سربی است.

سرب‌اکسید را عموماً از سرنج (Pb_3O_4) تأمین می‌کنند.

لازم است که هنر آموز محترم به مضرات سرب‌اکسید اشاره و تأکید کند:

۱ سمّی بودن
۲ تبخیر شدن در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰ـ۱۰۵۰ درجهٔ سلسیوس)

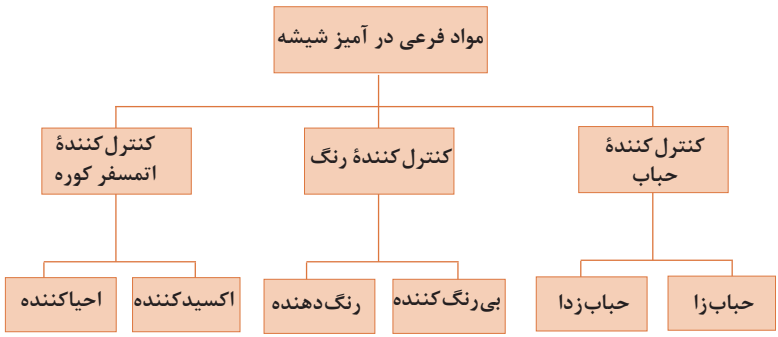
۳ احیایی شدن (تبدیل شدن سرب اکسید به فلز سرب)
۴ ناهمگنی آمیز در فرایند انتقال به دلیل چگالی زیاد اکسیدسرب
(برای اطلاعات بیشتر مراجعه شود به کتاب شیشهٔ دکتر مارقوسیان، مبحث شیشه‌های کریستال، خواص مطلوب و نامطلوب PbO)

فعالیت کارگاهی

کارعملی ۲ صفحه ۱۲: این فعالیت با هدف بررسی تأثیر حرارت بر مواد از لحاظ ذوب شدن در نظر گرفته شده است تا هنرجویان به طور عینی مشاهده کنند که فلدسپات ذوب می‌شود ولی سیلیس و کائولن ذوب نمی‌شود.
با این فعالیت عملی هنرجویان می‌توانند تأثیر مواد قلیایی موجود در فلدسپات به عنوان دگرگون‌ساز را مشاهده کنند.

درصفحه ۱۲دربارهٔ مواد فرعی که برای بهبود کیفیت شیشه‌ها به آمیز شیشه اضافه می‌شود، توضیح داده شده است. اگر این مواد در آمیز شیشه‌ها نباشند شیشه‌های تولید شده از لحاظ کیفیت مانند رنگ و حباب بسیار نامطلوب خواهند بود و در بسیاری از مواقع قابلیت ارائه به بازار را ندارند. این مواد از لحاظ وزنی در آمیز بسیار کم استفاده می‌شوند به همین دلیل به این مواد، فرعی یا جزئی یا غیراساسی نیز گفته می‌شود.

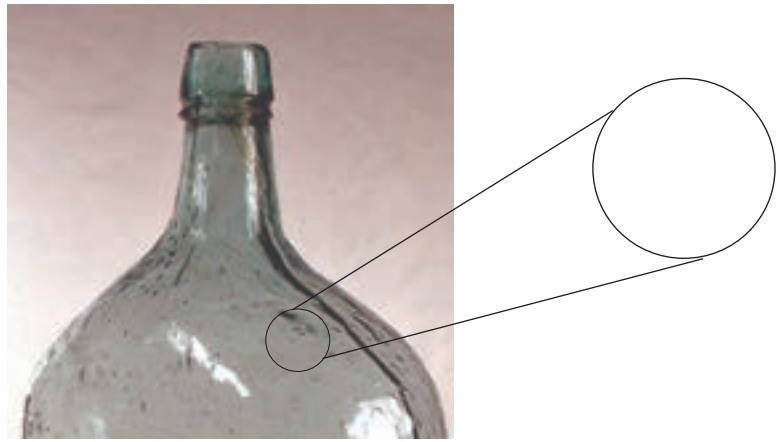
نمودار ۴ صفحهٔ ۱۲ انواع مواد فرعی از لحاظ نقشی که در بهبود کیفیت شیشه ایفا می‌کنند را نشان داده است.



نمودار ۴ــ انواع مواد فرعی

صفحهٔ ۱۳ شکل ۱۵: در این صفحه نقش مواد کنترل‌کنندهٔ حباب (تصفیه‌کننده‌ها) توضیح داده شده است.

یکی از عیوب رایج در شیشه‌ها وجود حباب است. برای از بین بردن حباب‌ها به آمیز شیشه مواد حذف کننده حباب افزوده می‌شود که در صنایع به نام تصفیه‌کننده معروف شده‌اند.



حباب در بدنهٔ شیشه‌ای

عوامل مؤثر بر فرایند حباب‌زدایی (تصفیه) مذاب عبارت‌اند از:

۱ اندازهٔ قطر حباب‌ها
۲ جنس حباب‌ها (نوع گازها)
۳ ترکیب شیشه
۴ گرانروی مذاب
۵ چگالی مذاب
۶ نوع مادهٔ حباب‌زدا و درصد مصرف آن
۷ ارتفاع مذاب در کوره
۸ میزان یکنواختی و هم خوردن مذاب

جدول ۲ صفحهٔ ۱۴: انواع مواد حباب‌زدا با توجه به نوع و ترکیب شیشه مواد آورده شده است. برای هر نوع از شیشه نمی‌توان درصد ثابتی از این مواد ارائه کرد زیرا علاوه بر آمیز شیشه به اتمسفر کوره آن کارخانه بستگی دارد. ولی عموماً درصد مواد حباب‌زدا برای انواع شیشه مطابق زیر است:

- شیشه‌های سیلیکاتی حدود ۰/۷ الی ۱درصد
- بوروسیلیکاتی ۱/۵ الی ۲ درصد
- سربی ۰/۳ الی ۰/۵ درصد

که مطابق با جدول ۲ به آمیز شیشه افزوده می‌شوند.

جدول ۲ـ انواع مواد حباب‌زدا

نوع شیشه	حباب‌زدا
سیلیکاتی	سدیم سولفات (Na_2SO_4) به همراه درصد کمی کُک
بوروسیلیکاتی	نمک طعام ($NaCl$) و فلوئورین (CaF_2) به همراه سدیم نیترات ($NaNO_3$)
کریستال‌های سربی	آرسنیک اکسید (As_2O_5) و آنتیموان اکسید (Sb_2O_5)

فعالیت کلاسی صفحه ۱۴:

فعالیت کلاسی

ظرف بزرگی را آماده کنید و انواع توپ شاملِ پینگ‌پنگ، تنیس، هندبال و فوتبال را به طور جداگانه با اعمال نیرو کاملاً در آب غوطه‌ور کنید.
آیا اندازه توپ‌ها بر مقدار نیرویی که برای غوطه‌وری به کار می‌رود مؤثر است؟

این فعالیت با هدف نشان دادن تأثیر اندازه حباب‌ها بر فرایند تصفیه طراحی شده است. در فرایند تصفیه کردن مذاب بیشترین مشکلات مربوط به خارج کردن حباب‌های ریز است. هر چه اندازه حباب‌ها بزرگ‌تر باشند می‌توانند راحت‌تر از مذاب خارج شوند. با انجام این فعالیت هنرجویان مشاهده می‌کنند که توپ‌های بزرگ‌تر نیروی بیشتری برای فرو بردن در آب لازم دارند و با حذف نیرو سریع‌تر به سطح آب برمی‌گردند. بنابراین خروج حباب‌های ریز دشوارتر است.

فعالیت کلاسی صفحه ۱۴:

فعالیت کلاسی

چند محصول شیشه‌ای مانند بطری یا شیشهٔ تخت را انتخاب کنید و با ذره‌بین حباب‌های احتمالی موجود در آنها را مشاهده کنید و سپس عملکرد مواد حباب‌زدا در مذاب را مورد بررسی قرار دهید.

هدف از این فعالیت کلاسی بررسی چند محصول شیشه‌ای از نظر وجود حباب و میزان حباب‌زدایی آنها پس از فرایند تصفیه است. معمولاً شیشه‌های بطری نوشابه، لیوان، مربا و رب دارای حباب می‌باشند. این نوع شیشه‌ها را برای مشاهده در اختیار هنرجویان قرار دهید.

صفحهٔ ۱۴: دستهٔ دوم مواد فرعی، کنترل‌کننده رنگ است که شامل دو نوع زیر هستند:

۱ بی‌رنگ‌کننده
۲ رنگی‌کننده

بی‌رنگ کننده‌ها

اگر چه باید مواد با خلوص بالا برای شیشه‌سازی استفاده شود اما شیشه جسم شفافی است و مقدار اندکی از ناخالصی‌های رنگ‌زا باعث تولید رنگ در شیشه می‌شود و کیفیت شیشه تولید شده کاهش می‌یابد.

به دو روش می‌توان رنگ نامطلوب شیشه را از بین برد:

۱ **شیمیایی**: در این روش ترکیبات و اکسیدها به آمیز افزوده می‌شوند که این مواد در دمای بالای کوره اکسیژن آزاد می‌کنند و باعث می‌شوند اتمسفر کوره اکسیدی شود. در این اتمسفر اکسیدآهن دو ظرفیتی که باعث ایجاد رنگ سبز مایل به آبی که از لحاظ شدت رنگ قوی می‌شود به اکسیدآهن سه ظرفیتی که با رنگ زرد روشن مشابه به زرد کاهی تبدیل می‌شود.

۲ **فیزیکی**: با استفاده از قانون مکمل نورها، رنگ‌ها در شیشه محو می‌شود.

مکانیزم‌های شیمیایی و فیزیکی در قسمت بیشتر بدانید صفحه ۱۵ و ۱۶ توضیح داده شده است.

تحقیق کنید صفحهٔ ۱۵

تحقیق کنید

۱ رنگ نامطلوب در محصولات شیشه‌ای چه تأثیری بر کاربرد آنها می‌تواند داشته باشد؟

۲ ترکیبات آهن و کروم به ترتیب باعث ایجاد چه رنگ‌هایی در شیشه می‌شوند؟

رنگ حاصل از ناخالصی می‌تواند:

۱ میزان عبور نور را کاهش دهد.

۲ باعث پخش ناهمگن نور شود. در شیشهٔ خودرو باعث کاهش دید راننده و خستگی چشم شود.

۳ در عدسی‌ها ولنز باعث آسیب رساندن به چشم شود.

۴ در عدسی‌ها و لنزهای دوربین باعث کاهش کیفیت تصویر می‌شود.

۵ در مانیتورها باعث کاهش کیفیت نمایش می‌شود.

۶ در لوازم آشپزخانه‌ای اثر نامطلوبی بر جلوهٔ خوراکی‌ها و نوشیدنی‌های درون آن دارد.

صفحهٔ ۱۶ شکل ۱۸: دربارهٔ مواد رنگ‌دهنده شیشه توضیح داده شده است. برای تولید شیشهٔ رنگی، به آمیز آن اکسیدهای فلزات عناصر واسطه در جدول تناوبی یا رنگدانه‌های معدنی (پیگمنت) اضافه می‌شود.

شیشه‌های رنگی

صفحهٔ ۱۷ و شکل‌های ۱۹، ۲۰، ۲۱ مربوط به مواد فرعی احیایی‌کننده است. در این شیشه‌ها هدف از رنگی کردن شیشه زیبایی شیشه نیست بلکه هدف از ایجاد رنگ جلوگیری از نفوذ و عبور اشعه‌های نوری است زیرا نور باعث فاسد شدن یا تغییر ماهیت شیمیایی مواد درون شیشه می‌شود. برخی از کاربردهای این شیشه شامل: شیشه‌های دارویی، نوشابه، نگهداری مواد شیمیایی و صنعتی است. بسیاری از این شیشه‌ها یکبار مصرف هستند بنابراین باید ارزان تهیه شوند حال چنانچه بخواهند با مواد رنگ‌دهنده تولید شوند قیمت تمام شده گران خواهد بود، به همین دلیل از روش احیایی که بسیار ارزان‌تر است تولید می‌شوند.

برای تولید این شیشه‌ها اقدامات زیر را انجام می‌دهند:

۱ مواد اولیه آمیز شیشه از مواد آهن‌دار که بسیار ارزان‌تر است انتخاب می‌شود.

۲ به آمیز مواد بی‌رنگ‌کننده افزوده نمی‌شود.

۳ ترکیبات حاوی کربن زیاد افزوده می‌شود که سعی می‌شود ارزان باشند.

۴ اتمسفر کوره در حالت احیایی تنظیم می‌شود.

شیشه‌های احیایی

ظرف شیشه‌ای مواد دارویی

ظروف شیشه‌ای و نگهداری مواد شیمیایی و آزمایشگاهی

گفت‌وگو کنید

صفحهٔ ۱۸: علاوه بر مواد اولیهٔ اصلی و فرعی معمولاً از خُرده شیشه نیز در ترکیب آمیز استفاده می‌شود. دربارهٔ دلایل استفاده از آن گفت‌وگو کنید.

در کارخانه‌های شیشه‌سازی برای اینکه ترکیب آمیز شیشه ثابت باشد فقط خرده شیشه مربوط به ضایعات تولید شده از کارخانه خود را استفاده می‌کنند اما در کارگاه‌های شیشه‌سازی ضایعات جمع‌آوری شده بازار که در اغلب مواقع متنوع هستند، به کار می‌رود.

دلایل استفاده از خرده شیشه در آمیز:

۱ به عنوان کمک ذوب (کاستن از دمای ماکزیمم کوره)
۲ کاهش‌دهنده گرانروی مذاب
۳ تشکیل مذاب اولیه
۴ افزایش سرعت ذوب
۵ صرفه‌جویی در مصرف انرژی
۶ افزایش تولید
۷ کاهش هزینه‌های تولید
۸ جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی

فکر کنید

صفحهٔ ۱۹: در صورت کافی نبودن یکی از مواد اولیهٔ آمیز در سیلوهای ذخیره‌سازی، چه مشکلاتی در روند تولید ایجاد می‌شود؟

هدف از طراحی این سؤال ایجاد زمینهٔ ذهنی و تمرکز هنرجویان بر روی نکات زیر است:

۱ اکثر کارخانه‌های شیشه به صورت مداوم کار می‌کنند.
۲ تولید روزانه بالا (گاهی از ۱۰۰ تن تا ۸۵۰ تن) دارند.
۳ اهمیت هموژن و یکنواخت شدن موادی که از معدن تهیه می‌شود.

به دلایل بالا باید حتماً متناسب با مقدار مصرفی از هر نوع مادهٔ اولیه در کارخانه ذخیره‌سازی انجام شود.

خردایش و آهن‌گیری مواد اولیه

پرسش و متن صفحهٔ ۲۰ و ۲۱: مواد کلوخه‌ای اغلب به کمک سنگ‌شکن فکی خرد می‌شود و سپس در سیلوهای اتاقکی ذخیره می‌شوند. پس از عملیات خردایش در مسیرهای انتقال مواد به سیلوها که با نوار نقاله صورت می‌گیرد با قرار دادن چند آهن‌ربای قوی سعی می‌شود تا آهن‌های موجود در مواد اولیه تا حد ممکن گرفته شود.

پرسش

چرا مواد اولیهٔ شیشه باید آهن‌گیری شود؟

ظرفیت تولید و مصرف مواد اولیه در کارخانه‌های شیشه بالاست و سیلیس و فلدسپات‌ها سختی بالایی دارند بنابراین برای خردایش از سنگ‌شکن‌های فکی که ظرفیت خردایش بالایی دارند استفاده می‌شود. برای این سنگ‌شکن‌ها عموماً ظرفیتی پیش‌بینی می‌شود تا طی یک شیفت کاری بتواند پاسخگوی نیاز و حتی ذخیره هم باشد.

فرایند آهن‌گیری در تمامی مراحل شامل انتقال دادن مواد با نوار نقاله‌ها صورت می‌گیرد. در این روش با نصب آهن‌رباهای الکتریکی با فاصله کمی از مواد در مسیرهای انتقال بر روی نوار نقاله‌ها یا بر روی الک‌های تعیین اندازه مواد انجام می‌شود. این آهنربا معمولاً در مسیرها و الک‌های خروجی مواد اولیه از سنگ‌شکن و آسیاب قرار دارند.

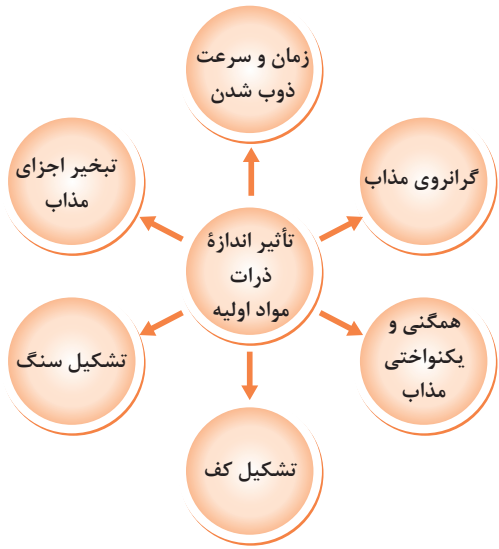
شکل ۲۶ صفحهٔ ۲۰: این تصویر الکی را نشان می‌دهد که هم‌زمان با عبور دادن مواد اولیه با دانه‌بندی معین عمل آهن‌گیری هم انجام می‌شود. (در کارخانه‌ها ماندهٔ روی الک‌ها به صورت سیکل بسته برای خردایش بیشتر به آسیاب یا سنگ‌شکن بازگردانده می‌شود.)

خردایش و آهن‌گیری مواد اولیه

صفحه ۲۱:

گفت‌وگو کنید

تأثیر اندازهٔ ذرات مواداولیه بر فرایند ذوب در نمودار ۵ آمده است در مورد هر یک از این عوامل در کلاس گفت‌وگو کنید.



نمودار ۵

تأثیر محدودهٔ دانه‌بندی آمیز شیشه که اهمیت به سزایی بر فرایند ذوب و حتی کیفیت مذاب دارد به‌صورت خلاصه بیان شده است تا هنرجویان اهمیت محدودهٔ دانه‌بندی را درک کنند. توضیح تأثیر هریک از این عوامل نیاز به ارائه مطالب علمی دارد که در سطح هنرجویان نیست و باعث افزایش حجم مطالب تئوری این فصل می‌شود بنابراین از آوردن آنها صرف‌نظر شده است.

برای مثال:

۱ اگر مواد بیش از حد ریز شوند باعث می‌شود در حین فرایند ذوب ترکیباتی کف مانند روی مذاب به وجود آورند که باعث ایجاد عیوب خواهد شد. بنابراین باید این کف‌ها را از مذاب جدا کرد. (البته لازم به ذکر است تشکیل کف دلایل دیگری هم دارد.)

۲ گاهی بعضی از مواد در فرایند ذوب در مخزن ذوب کوره به هم می‌چسبند و تشکیل ذرات سنگ مانند می‌دهند. این سنگ‌ها کاملاً ذوب نشده و به صورت سنگ در مذاب باقی می‌مانند. البته یکی از عوامل مؤثر در تشکیل آن نامناسب

بودن محدودهٔ دانه‌بندی مواد اولیه است. محصولات شیشه‌ای نباید حاوی سنگ باشند که از لحاظ استاندارد قابل قبول نمی‌باشد. لازم به ذکر است گاهی سنگ‌های به وجود آمده در مذاب به اندازهٔ ذرات کوچکی هستند اما گاهی به صورت تکه‌هایی مانند شناور بودن یخ در آب در مخزن ذوب کوره قابل رؤیت هستند.

۳ اگر مواد بیش از حد ریزدانه شوند به ویژه کمک ذوب‌ها در فرایند ذوب شروع به تبخیر شدن می‌کنند که باعث تغییر ترکیب آمیز شیشه می‌شود. همچنین بخارات حاصل از آن باعث آسیب رساندن و کاهش عمر مفید کوره و تجهیزات آن می‌شود.

صفحهٔ ۲۱: امروزه درکارخانه‌ها در فرایند آماده‌سازی مواد اولیه برای جلوگیری از ایجاد گرد و غبار مستقیماً به آن آب نمی‌زنند بلکه با دستگاهی آب را به گونه‌ای اسپری می‌کنند که به حالت مه درآید که به این دستگاه‌ها مه آب می‌گویند.

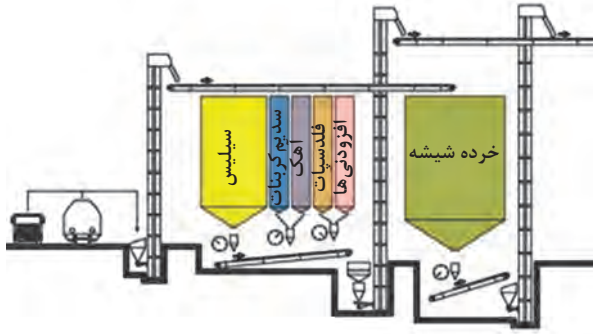
جلوگیری از ایجاد گردوغبار با سیستم مه آب

مزیت‌های استفاده از سیستم مه آب شامل موارد زیر است:

۱ صرفه‌جویی در آب مصرفی (هم از لحاظ مصرف آب و خروج و تشکیل بخارات در کوره)

۲ نچسبیدن مواد به نوار نقاله و سایر تجهیزاتی که مواد با آنها در تماس هستند.

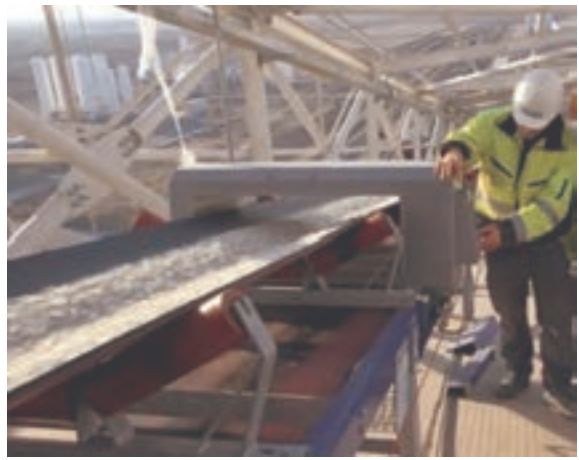
شکل ۲۹ صفحه ۲۲: مواد اولیه پس از آسیاب کردن و آهن‌گیری به سیلوهای فلزی قبل از بچ پلانت (مخلوط‌کن بچ) منتقل می‌شود که خروجی این سیلوها متصل به توزین اتوماتیک است و از اتاق کنترل بچ‌پلانت قابل برنامه‌ریزی و فرمان دادن است.



انتقال مواد با نوار نقاله و بالابر به سیلوهای سرپوشیده

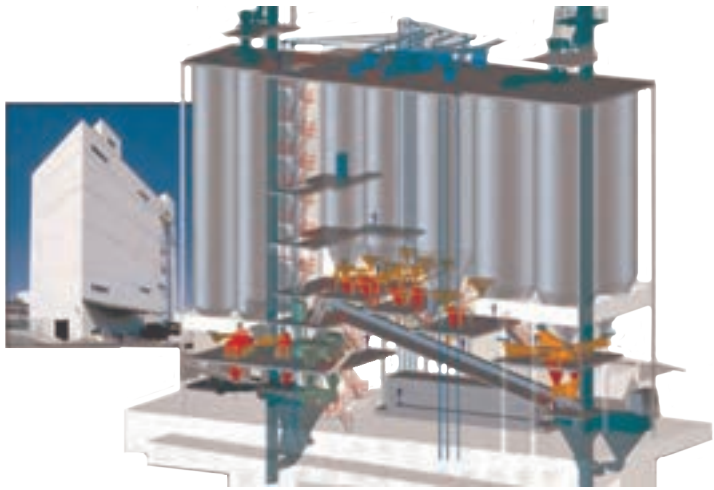
شکل ۳۰ صفحهٔ ۲۳: تصویر سالن ذخیرهٔ سیلیس‌های پودر شده است که به صورت هموژن انبار می‌شود سپس برای منتقل شدن به قسمت بچ‌پلانت به صورت برشی با دستگاه برداشته می‌شود.

شکل ۳۱ صفحهٔ ۲۳: آهن‌گیری از مواد اولیه در حین انتقال را نشان می‌دهد.



فرایند آهن‌گیری هنگام انتقال مواد پودر شده

شکل ۳۲ صفحه ۲۴: مجموعه سیلوها، توزین و سیستم‌های انتقال مواد به بچ‌پلانت که از اتاق کنترل واحد بچ‌پلانت قابل کنترل و برنامه‌ریزی است را نشان می‌دهد.



وزن و مخلوط کردن مواد اولیه

شکل ۳۳ صفحهٔ ۲۴ تصویر یک دستگاه بچ پلانت (مخلوط‌کن) است. ظرفیت دستگاه‌های بچ‌پلانت (از ۵۰۰ کیلوگرم تا ۱۰ تن) متناسب با ظرفیت تولید شیشه کارخانه به گونه‌ای طراحی می‌شود که بتواند همیشه بچی به میزان بیشتر از نیاز کوره آماده کند.

در بعضی از کارخانه‌ها ظرفیت بچ‌پلانت را به اندازه‌ای در نظر می‌گیرند تا طی یک شیفت‌کاری، بچ مورد نیاز ۲۴ ساعت خوراک کوره را تأمین کند.

مخلوط‌کن (بچ‌پلانت)

شکل ۳۴ صفحهٔ ۲۵ بچ آماده شده درون دستگاه بچ‌پلانت را نشان می‌دهد.

افزودن آب به آمیز

صفحهٔ ۲۵ و ۲۶: خرده شیشه‌ها متناسب با درصد تعیین شده از طرف آزمایشگاه پس از خارج شدن بچ (آمیز) از بچ‌پلانت به دو صورت به آن افزوده می‌شود:

۱ هنگام انتقال بچ از بچ‌پلانت به سیلوی خوراک‌دهنده کوره، خرده شیشه کم‌کم با برنامه و وزن مشخص بر روی بچ در حال انتقال با نوار نقاله ریخته می‌شود به گونه‌ای که هنگام ریخته شدن بچ حاوی خرده شیشه در سیلو همگنی ایجاد شود.

۲ هنگام ریختن بچ به درون سیلوی خوراک‌دهنده کوره در دهانه ورودی سیلوی خوراک‌دهنده کوره به صورت لایه‌لایه‌ای از بچ و خرده شیشه ریخته می‌شود به گونه‌ای که همگنی به دست آید.

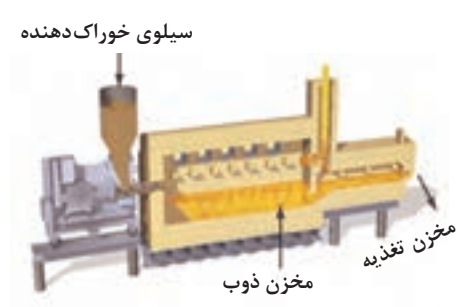
به دلایل زیر در بچ‌پلانت خرده شیشه اضافه نمی‌کنند:

۱ سایش و ضربه خوردن پره‌های دستگاه که منجر به کاهش عمر مفید و صدمه دیدن پره‌ها می‌شود.

۲ سایش پره‌ها منجر به وارد شدن ترکیبات آهن به درون بچ می‌شود.

۳ وزن بیشتری از بچ در هر سیکل آماده می‌شود.

صفحهٔ ۲۶ شکل ۳۶: مجموعهٔ کوره با سیلوی خوراک‌دهنده است. شکل سمت راست شماتیک و شکل سمت چپ یک کارخانهٔ شیشه ظروف که سیلوی خوراک‌دهنده کوره و ساختمان کوره از نمای جانبی مشخص است، را نشان می‌دهد.



کوره و سیلوی خوراک‌دهنده

صفحهٔ ۲۷شکل ۳۷: طرز برداشتن مقداری نمونه از بچ برای بررسی آن آموزش داده شده‌است.

۱

۲

۳

۴

مراحل نمونه‌برداری از آمیز

صفحهٔ ۲۷ کار عملی ۳:

فعالیت کارگاهی

در این فعالیت هنرجویان آماده‌سازی آمیزی از خرده شیشه را انجام می‌دهند. می‌توانید از شیشه‌های شکسته موجود در هنرستان یا با آوردن شیشه‌های خالی مربا یا رب به وسیله هنرجویان این آمیز را تهیه کنید.

تذکر

شیشه‌ها قبل از مصرف شست‌وشو داده شوند تا عاری از آلودگی به ویژه گرد و خاک باشند.

در هنگام استفاده از خرده شیشه‌ها به موارد زیر توجه کنید:

۱ از شیشه‌های حاوی چربی و مواد خوراکی استفاده نکنید زیرا:

الف) خرده شیشه به هاون و الک چسبیده و مراحل آماده‌سازی را کُند می‌کند.

ب) این مواد هنگام ذوب شدن باعث تولید گازهای بد بو و آلودگی زیست‌محیطی شده و حتی اگر با کوره الکتریکی فرایند ذوب را انجام دهید منجر به احیایی شدن اتمسفر کوره و باعث صدمه دیدن المنت‌ها می‌شود.

۲ گرد و خاک موجود در بچ خرده شیشه باقی‌مانده و باعث کاهش کیفیت مذاب و شیشه تولید شده می‌شود.

در نمودار ۶ صفحهٔ ۲۸ برای یادگیری مناسب‌تر هنرجویان سعی شده است که انواع پرمصرف شیشه که شامل موارد زیر است آورده شود:

۱ سدیمی، کلسیمی (سودا، آهکی یا سودا لایم)

۲ بوروسیلیکاتی (پیرکس)

۳ سربی (کریستال)

۴ اُپال

در ادامه فصل دربارهٔ این شیشه‌ها از نظر آمیز و خصوصیات و کاربرد توضیح داده شده است و برای تهیه‌آمیزی مشابه هر یک از این شیشه‌ها فعالیت‌های کارگاهی درنظر گرفته شده است.

صفحهٔ ۲۸ و ۲۹: شکل ۳۸ مربوط به شیشه‌های سودا لایم است که تمامی شیشه‌های در و پنجره، خودرو و محصولات شیشه‌ای روزمره از این جنس هستند. به همین دلیل بیشترین شیشهٔ تولیدی در دنیا (حدود ۹۰ درصد شیشه‌ها) محسوب می‌شود.
(کلمه لایم از نام لاتین آهک اقتباس شده است.)
شیشهٔ سودا آهکی: حدوداً ۹۰ درصد از محصولات شیشه‌ای که برای مصارف روزمره مانند شیشه‌های در و پنجره ساختمان، خودرو، انواع بطری، ظروف پذیرایی، آشپزخانه‌ای و تزئینی کاربرد دارند از نوع شیشه‌های سودا ـ آهکی هستند.

الف ب ج

برخی از کاربردهای شیشه سودا ـ آهکی الف) شیشه‌های ساختمانی ب) ظروف شیشه‌ای ج) بطری عطر

صفحهٔ ۳۰ جدول ۳: محدودهٔ آنالیز شیمیایی (محدودهٔ تجاری) شیشه‌های سودالایم آورده شده است. اکثر کارخانه‌های شیشه در ایران تقریباً ترکیبی در این محدوده به کار می‌برند. بعضی از کارخانه‌ها درصدی از پتاسیم‌اکسید را جایگزین سدیم‌اکسید می‌کنند و در برخی از موارد درصد جزئی از اکسیدهای دیگر در ترکیب شیشه استفاده می‌کنند.

نکته

دمای ذوب آمیزهای شیشه‌های سودالایم ۱۴۰۰ الی ۱۶۰۰ درجهٔ سلیسیوس است.

جدول ۳ـ محدودهٔ آنالیز شیمیایی شیشه‌های سودالایم

اکسید	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	CaO	MgO
درصد	۷۰ـ۷۳/۵	۰/۶ـ۲	۱۳ـ۱۵	۶ـ۱۱	۳/۵ـ۴/۵

صفحهٔ ۳۰: انواع روش‌های تهیه آمیز در کارگاه‌های شیشه‌سازی آورده شده است. این کارگاه‌ها دارای کوره‌های سنتی (که دمای کارکرد کوره‌ها حداکثر به ۱۳۵۰ـ۱۳۰۰ درجهٔ سلسیوس می‌رسد) هستند. در این کارگاه‌ها آمیز به گونه‌ای تنظیم می‌شود تا در دماهای پایین‌تر از شیشه‌های سودالایم ذوب شوند و حتی گرانروی مذاب کم شود. برای دستیابی به این موضوع در بعضی از کارگاه‌ها:

۱ فقط از ضایعات شیشه (خرده شیشه) جمع‌آوری شده از بازار استفاده می‌شود.

۲ از درصد زیادی خرده شیشه (گاهی ٪۵۰ و حتی بیشتر) و مواد اولیه استفاده می‌کنند.

۳ به مواد اولیه‌ای که استفاده می‌شود، عیار می‌گویند.

در حالت سوم آمیز مواد اولیه نسبت به محدوده شیشه‌های سودالایم، با درصد سیلیس کمتر و کمک ذوب بیشتر و حتی درصدی بوراکس و یا بوریک اسید یا سرنج تنظیم می‌کنند که باعث کاهش دمای ذوب و گرانروی می‌شوند.

صفحهٔ ۳۰ کارعملی ۴: .

فعالیت کارگاهی

آماده‌سازی آمیزی مشابه شیشه سودالایم است. درصد مصرف مینرال‌ها به گونه‌ای تنظیم شده است که با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب شود. این رنج مینرالی در محدودهٔ ۱۱۰۰ الی ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شود

نکته

هنرآموز محترم همان‌طور که می‌دانید هر چقدر درصد سیلیس و دولومیت کمتر و در مقابل هر چه درصد سدیم‌کربنات و فلدسپات بیشتری برای آمیز انتخاب کنید می‌توانید در دمای پایین‌تری مذاب را تهیه کنید.

صفحه ۳۱ شکل‌های ۴۰ و ۴۱: شیشه‌های بوروسیلیکاتی که با نام تجاری پیرکس معروف شده‌اند را نشان می‌دهد.

شیشهٔ بوروسیلیکاتی

شیشه‌های بوروسیلیکاتی: آمیز اصلی شیشه‌های بوروسیلیکاتی را سیلیس و بوراکسید تشکیل می‌دهد که علاوه بر این آلومینیوم‌اکسید، سدیم‌اکسید و پتاسیم‌اکسید نیز استفاده می‌شود. شیشه‌های بوروسیلیکاتی در مقایسه با شیشه‌های سوداآهکی از مقاومت بالاتری در برابر شوک حرارتی، مقاومت شیمیایی و تا حدی از سختی برخوردار هستند.

شیشه‌های پیرکس برای مصارف آزمایشگاهی دارویی، صنعتی و حرارتی (پیرکس) تولید می‌شوند و قابلیت استفاده در معرض حرارت مستقیم را دارند.

الف

ب

ج

شیشهٔ بوروسیلیکاتی الف) آزمایشگاهی ب) حرارتی و ج) آزمایش حرارتی شیشه

این شیشه‌ها در مقایسه با شیشه‌های سودالایم از کیفیت و خواص بالاتری بخصوص از لحاظ مقاومت شیمیایی و مقاومت در برابر شوک حرارتی برخوردار هستند اما از لحاظ قیمت تمام شده بسیار گران‌تر از سودالایم‌ها هستند که برای تولید شیشه‌های روزمره مقرون به صرفه نمی‌باشد.

۱ آمیز این شیشه‌ها به خاطر مینرال‌های تأمین‌کننده بوراکسید گران‌تر است.

۲ بوراکسید در محدوده دمایی ۱۰۵۰ الی ۱۱۵۰ درجهٔ سلسیوس تبخیر می‌شود.

برای تولید این شیشه‌ها نیاز به کوره‌های الکتریکی (بوستری) با اتمسفر کنترلی است که باعث می‌شود هزینهٔ تولید به میزان زیادی افزایش یابد.

صفحهٔ ۳۲ جدول ۴: محدودهٔ آنالیز شیمیایی (محدودهٔ تجاری) شیشه‌های پیرکس آورده شده است. ترکیب اکثر کارخانه‌های شیشه در ایران تقریباً در این محدوده است و شاید درصد جزئی از اکسیدهای دیگر نیز در ترکیب شیشه استفاده می‌شود.

نکته

دمای ذوب آمیزهای شیشه‌های پیرکس ۱۶۰۰ الی ۱۷۰۰ درجهٔ سلسیوس است.

جدول ۴ـ ترکیب شیمیایی شیشه‌های پیرکس

اکسید	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	Na_2O	K_2O
درصد	۷۹/۵ـ۸۰/۵	۱۲ـ۱۳	۲ـ۲/۸	۲ـ۲/۵	۰ـ۱/۱

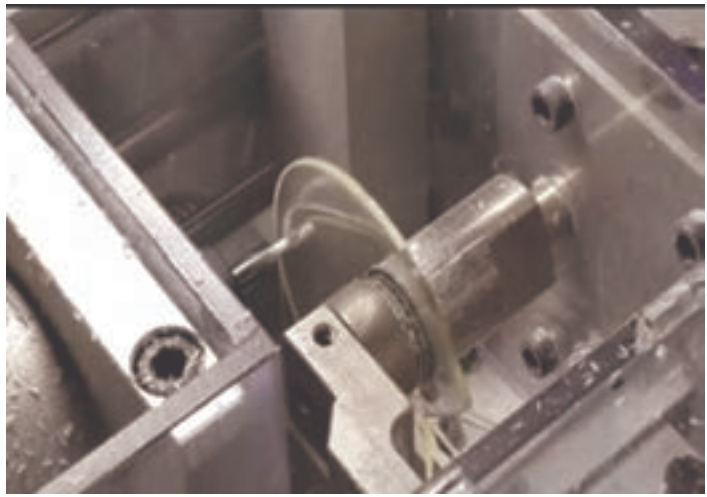
صفحهٔ ۳۲ فعالیت کارگاهی ۵: آماده‌سازی بچی مشابه شیشه بورسیلیکاتی است. درصد مصرف مینرال‌ها به گونه‌ای تنظیم شده است که با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب شود.
آمیز با این رنج مینرالی در محدوده ۱۱۰۰ الی ۱۲۰۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

تذکر

الف) مقداری آمیز درون بوته بریزید که تقریباً نصف حجم بوته خالی باشد و سرعت حرارت دادن در مرحلهٔ اولیهٔ آهسته باشد:
۱ زیرا بوراکس در ابتدای مرحله حرارت دادن افزایش حجم زیادی دارد.
۲ آب ساختاری زیادی از آمیز در حال خارج شدن است که باعث پاشیدن آمیز به بیرون از بوته نشود.
۳ در ابتدای فرایند ذوب شدن روی آمیز کف ایجاد می‌شود.
ب) هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد مذاب را در حرارت نگه ندارید زیرا باعث می‌شود که بوراکسید تبخیر شود و این امر باعث تغییر آنالیز شیشه و کدر شدن آن می‌شود.

شکل ۴۲ و متن صفحه ۳۳: شیشه‌های سربی که با نام تجاری کریستال معروف هستند را توضیح می‌دهد.
این شیشه‌ها در مقایسه با شیشه‌های سودالایم از خواص نوری بالاتری برخوردار هستند اما از لحاظ قیمت تمام شده گران‌تر از سودالایم‌ها هستند و به دلیل سمی بودن ترکیبات سرب برای تولید شیشه‌های روزمره مطلوب نیستند.
۱ آمیز این شیشه‌ها به علت مینرال‌های تأمین‌کننده سرب‌اکسید گران‌تر است.
۲ سرب‌اکسید در محدوده دمایی ۱۰۵۰ الی ۱۱۵۰ درجه سلسیوس تبخیر می‌شود برای تولید این شیشه‌ها نیاز به کوره‌های الکتریکی (بوستری) اتمسفر کنترلی است که باعث می‌شود هزینهٔ تولید به میزان زیادی افزایش یابد.

شکل ۴۳ صفحهٔ ۳۳ تراش دادن شیشه سربی را نشان می‌دهد.



تراش دادن شیشه سربی

در جدول ۵ صفحهٔ ۳۴ محدودهٔ آنالیز شیمیایی (محدوده تجاری) شیشه‌های سربی آورده شده است. ترکیب این شیشه در اکثر کارخانه‌های ایران تقریباً در این محدوده است و شاید درصد جزئی از اکسیدهای دیگر در ترکیب شیشه آنها استفاده می‌شود.
دمای ذوب آمیزهای شیشه‌های سربی ۱۳۰۰ الی ۱۴۰۰ درجه سلسیوس است.

صفحهٔ ۳۴ کارعملی ۶:

فعالیت کارگاهی

آماده‌سازی بچی مشابه شیشه سربی است. درصد مصرف مینرال‌ها به گونه‌ای تنظیم شده است که با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب شود.

این رنج مینرالی در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰ الی ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شود. هنرآموز محترم همان‌طور که می‌دانید هر چقدر درصد سیلیس کمتر و در مقابل درصد سرنج و کربنات‌های سدیم و پتاسیم بیشتری برای آمیزتان انتخاب کنید می‌توانید در دمای پایین‌تری مذاب را تهیه کنید. البته سختی شیشهٔ تولیدی بسیار کاهش می‌یابد.

تذکر

هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد مذاب را در حرارت نگه ندارید زیرا باعث می‌شود: سرب‌اکسید تبخیر و احیاء شود و این امر باعث تغییر ترکیب شیشه و کدر شدن آن و آلودگی زیست‌محیطی می‌شود.

احیایی شدن سرب یعنی سرب‌اکسید به فلز سرب تبدیل می‌شود که در واقع حالت شیشه‌ای ندارد. (حالت‌های براده‌ای فلز سرب در نمونه تهیه شده مشاهده می‌شود).

صفحهٔ ۳۵ کارعملی ۷:

فعالیت کارگاهی

در این فعالیت از هنرجویان خواسته شده که چگالی کلی و ظاهری آمیز شیشه‌های کارهای عملی ۴ الی ۶ را اندازه‌گیری و سپس مقایسهٔ کنند.

هنرجویان با مقایسه چگالی‌ها به این نتیجه برسند که کدام گروه با دقت بیشتر و صحیح‌تر آمیز را آماده‌سازی کرده‌اند.

صفحهٔ ۳۵ شکل ۴۴: این صفحه دربارهٔ شیشه‌های اپال است. اساس ساختار این شیشه‌ها به وجود آوردن فاز بلور در بستر فاز آمورف شیشه است که باعث می‌شود از عبور نور جلوگیری کند.

دانش‌افزایی

روش اُپک کردن این شیشه‌ها شامل موارد زیر است:

۱ مایع (شیشه) ـ بلور

۲ مایع ـ مایع (جدایش فازی)

۳ حباب‌دار شدن شیشه

اکثر شیشه‌های اپال از مکانیزم مایع ـ بلور تولید می‌شود که با روش‌های زیر فاز بلورین در بستر فاز آمورف شیشه ایجاد می‌شود:

۱ به آمیز شیشه ترکیباتی که تمایل به بلوری شدن مانند فسفراکسید یا ترکیبات فلوریدی مانند سدیم‌فلورید یا کلسیم‌فلورید اضافه می‌کنند.

۲ پس از فرایند شکل‌دهی، شیشه را در گرم‌خانه تحت عملیات حرارتی قرار می‌دهند تا فرصت جوانه‌زنی و رشد در نهایت ایجاد فاز بلورین در شیشه فراهم شود.
شیشه‌های اپال که با فسفراکسید تولید می‌شوند اپال‌های فسفاتی نیز نامیده می‌شوند (ضریب انبساط حرارتی این گروه در حدود ۴×۱۰^{-۷} است).
شیشه‌های اپال که با ترکیبات فلوریدی تولید می‌شوند اپال‌های فلوریدی نیز نامیده می‌شوند (ضریب انبساط حرارتی این گروه در حدود ۸×۱۰^{-۷} است).
در بعضی از منابع علمی شیشه‌های اپال فلوریدی اپال سنتی نیز گفته می‌شوند.
شیشه‌های اپال به ویژه نوع فسفاتی به دلیل دارا بودن ضریب انبساط حرارتی بسیار پایین، از مقاومت در برابر شوک حرارتی بالایی برخوردار هستند.
(برای اطلاعات بیشتر دربارهٔ این شیشه‌ها به کتاب شیشه دکتر مارقوسیان، مبحث شیشه‌های اپال مراجعه کنید.)

ارزشیابی نهایی

شرح کار:
۱ـ آماده‌سازی وسایل و تجهیزات تهیهٔ آمیز شیشه
۲ـ آماده‌سازی مواد اولیه تهیهٔ آمیز شیشه
۳ـ آماده‌سازی آمیز شیشه‌های سیلیکاتی
۴ـ آماده‌سازی آمیز شیشه‌های بوروسیلیکاتی
۵ـ آماده‌سازی آمیز شیشه‌های سربی

استاندارد عملکرد:
خردایش و دانه‌بندی مواد اولیه (مش ۱۰۰ـ۶۰)، توزین مواد اولیه براساس فرمولاسیون، آماده‌سازی مواد اولیهٔ شیشه‌های سربی، سیلیکاتی و بوروسیلیکاتی براساس آنالیز شیمیایی شیشه.
شاخص‌ها:
۱ـ آماده‌سازی ماشین‌آلات مواداولیه شیشه
۲ـ تهیهٔ آمیز شیشه‌های سیلیکاتی، بوروسیلیکاتی و شیشه سربی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
مکان: کارگاه استاندارد ذوب شیشه
ابزار و تجهیزات: مواد اولیهٔ آمیز شیشه، ترازوف هاون، الک با مش‌های مختلف، انبر، بوته، ماسک، دستکش نسوز، کفش ایمنی، ماسک تنفسی، لباس کار، پیش‌بند مناسب (نسوز یا چرمی)، تجهیزات اطفای حریق

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	آماده‌سازی وسایل و تجهیزات تهیهٔ آمیز شیشه	۱	
۲	آماده‌سازی مواد اولیه تهیهٔ آمیز شیشه	۲	
۳	آماده‌سازی آمیز شیشه‌های سیلیکاتی	۱	
۴	آماده‌سازی آمیز شیشه‌های بوروسیلیکاتی	۱	
۵	آماده‌سازی آمیز شیشه‌های سربی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		*

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

چک لیست ارزشیابی بر مبنای شایستگی

هنرستان:	رشته:	درس:	پایه:
فصل شمارهٔ :	واحد یادگیری شمارهٔ:	عنوان فصل:	هنرآموز:

ردیف	نام و نام خانوادگی هنرجویان	شایستگی‌های غیر فنّی	مراحل کار شایستگی‌های فنّی						نتایج فردی		
حد اقل نمره قبولی		۲	۱_	۲_	۳_	۴_	۵_	۶_	میانگین معیار ها	نمره ارزشیابی شایستگی فنّی از ۳ نمره	مستمر از ۵ نمره	پایانی از ۲۰ نمره
		ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، کار گروهی، اخلاق حرفه‌ای، نظم، رعایت استانداردها، رعایت الزامات تولید، مسئولیت‌پذیری و ...								۲		۱۲
۱												
۲												
۳												
۴												
۵												
۶												
۷												
۸												
۹												
۱۰												
۱۱												
۱۲												
۱۳												
۱۴												

بودجه‌بندی

ردیف	فصل	محتوای قابل ارائه	زمان		نحوه ارائه	مکان
			نظری	عملی		
اول	آماده‌سازی مواداولیه شیشه	آماده‌سازی وسایل و تجهیزات تهیه آمیز شیشه	۲	۸	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		آماده‌سازی مواد اولیه تهیه آمیز شیشه	۳	۹		
		آماده‌سازی آمیز شیشه‌های سیلیکاتی	۲	۱۲		
		آماده‌سازی آمیز شیشه‌های بوروسیلیکاتی	۳	۹		
		آماده‌سازی آمیز شیشه‌های سربی	۳	۹		
دوم	ساخت مذاب	تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی	۲	۱۰	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		تهیه مذاب شیشه‌های بوروسیلیکاتی	۲	۱۰		
		تهیه مذاب شیشه‌های سربی	۲	۱۰		
		تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی موادحباب‌زدا	۲	۱۰		
		تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد بی‌رنگ‌کننده ، رنگ‌کننده و احیاکننده	۲	۱۰		
سوم	شکل دهی شیشه	استفاده از انواع ابزار شیشه‌گری دستی	۳	۱۲	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		برداشتن بار با استفاده از میله دم و شکل‌دهی لقمه مذاب	۳	۱۲		
		شیشه‌گری با شعله	۳	۱۲		
		شکل‌دهی مذاب شیشه در قالب	۳	۱۲		
چهارم	عملیات تکمیلی شیشه	انجام عملیات حرارتی تنش‌زدایی شیشه‌ها	۴	۱۰	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		انجام عملیات حرارتی تمپرینگ بر روی شیشه و آنیل کردن	۳	۱۰		
		انجام عملیات مشجر سازی	۳	۱۰		
		انجام عملیات برش و ساب زنی شیشه	۳	۱۰		
		انجام عملیات مونتاژ قطعات شیشه	۳	۱۰		
پنجم	تزیین شیشه	آماده‌سازی ابزار و تجهیزات شیشه	۲	۶	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		آماده‌سازی مواد تزئین شیشه	۱	۵		
		تزئین شیشه	۸	۲۰		
		پخت	۲	۸		
		کنترل نهایی	۲	۶		

طرح درس سالانه

شاخه: فنی و حرفه‌ای	زمینه: صنعت	رشته/ مهارت: سرامیک	سال تحصیلی: ۹۸ـ۹۷
عنوان درس: تولید شیشه	پایه: دوازدهم	تعداد واحدتئوری: عملی: کل: ۳۶۰ ساعت	
هدف کلی: کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی تولید شیشه		تعداد هفته‌های آموزشی: ۳۷	
نام هنرآموز:	استان:	منطقه/ناحیه:	آموزشگاه:

هفته	فصل	عنوان فصل	زمان (ساعت)	عنوان کلی فعالیت آموزشی
۱	۱	آماده‌سازی مواد اولیه شیشه	۸	تدریس مفاهیم اولیه آشنایی با شیشه، فرایند آماده‌سازی آمیز شیشه، نمودار مواد اولیه شیشه
۲	۱		۸	تدریس مواد اصلی آمیز شیشه (مواد شیشه‌ساز، دگرگون‌ساز و واسطه)، انجام کار عملی ۱ ساخت ماکت ساختار شیشه‌ای
۳	۱		۸	انجام کار عملی ۲ تأثیر حرارت بر مواد اولیه اصلی، تدریس مواد اولیهٔ فرعی آمیز شیشه (کنترل‌کننده حباب، کنترل کننده رنگ)
۴	۱		۸	تدریس ادامه بحث مواد اولیه فرعی آمیز شیشه (رنگ دهنده‌ها، کنترل کننده حالت اکسیداسیون و احیا)، ذخیره‌سازی، خردایش و آهن‌گیری مواد اولیه
۵	۱		۸	تدریس آسیاب کردن و آهن‌گیری، وزن‌کردن مواد اولیه، همگن‌کردن آمیز، تدریس روش نمونه‌برداری از آمیز، انجام کار عملی ۳ آماده‌سازی آمیز خرده شیشه
۶	۱		۸	تدریس انواع شیشه، انجام کار عملی ۴ آماده‌سازی آمیز شیشه سیلیکاتی، انجام کار عملی ۵ آماده‌سازی آمیز شیشه بور و سیلیکاتی
۷	۱		۸	انجام کار عملی ۶ آماده‌سازی آمیز شیشه سربی، انجام کار عملی ۷ مقایسه چگالی کلی و ظاهری آمیز شیشه‌های بور و سیلیکاتی و سربی، تدریس شیشه اپال
۸	۱		۸	مجتمع ساختن ارزشیابی‌های فنی و غیرفنی انجام شده در جلسات فصل ۱
۹	۲	ساخت مذاب	۸	تدریس مراحل ذوب در کوره، ذوب آمیز شیشه، مراحل ذوب شیشه با کوره گازسوز و آزمایشگاهی، انجام کار عملی ۱ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی، تدریس حباب‌زدایی و تصفیه مذاب و انواع حباب از لحاظ اندازه
۱۰	۲		۸	تدریس روش‌های حباب‌زدایی، انجام کار عملی ۲ تهیه مذاب شیشه بور و سیلیکاتی، تدریس انواع کوره در صنعت شیشه (کوره بوته‌ای و مخزنی روزکار)
۱۱	۲		۸	انجام کار عملی ۳ تهیه مذاب شیشه سربی، تدریس کوره‌بانی کوره‌های بوته‌ای و مخزنی روزکار، کوره‌های پیوسته با سامانه بازیافت حرارتی (کوره ریکوپراتوریریجنراتوری)، اجزای مختلف کوره‌های پیوسته مجهز به سامانه بازیافت حرارتی
۱۲	۲		۸	انجام کار عملی ۴ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا، انجام کار عملی ۵ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا و بی رنگ کننده
۱۳	۲		۸	تدریس عوامل موثر بر سرعت ذوب و ظرفیت تولید شیشه، کوره الکتریکی
۱۴	۲		۸	انجام کار عملی ۶ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب‌زدا، بی‌رنگ کننده و رنگی‌کننده، انجام کار عملی ۷ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب‌زدا و احیایی‌کننده
۱۵	۲		۸	مجتمع ساختن ارزشیابی‌های فنی و غیرفنی انجام شده در جلسات فصل ۲

۱۶	۳	شکل‌دهی شیشه	۸	تدریس شیشه‌گری دستی، انواع ابزارهای شیشه‌گری دستی، شیشه‌گری به روش دمیدن،
۱۷	۳		۸	انجام کار عملی ۱ شکل‌دهی گوی شیشه‌ای به روش دمیدن، تدریس دمیدن در قالب به روش دستی
۱۸	۳		۸	انجام کار عملی ۲ شکل‌دهی به روش دمیدن در قالب به روش دستی، تدریس دمیدن در قالب به روش نیمه دستی، شیشه‌گری با شعله مراحل شکل‌دهی شیشه آزمایشگاهی
۱۹	۳		۸	انجام کار عملی ۳ شیشه‌گری با شعله، تئریس تولید شیشه به روش دستگاهی، شیشه تخت و روش‌های شکل‌دهی آن (نورد، کشیدن و شناوری)
۲۰	۳		۸	انجام کار عملی ۴ شکل‌دهی شیشه‌های سیلیکاتی، انجام کار عملی ۵ شکل‌دهی شیشه بور و سیلیکاتی
۲۱	۳		۸	تدریس ظروف شیشه‌ای، تولید ظروف شیشه‌ای به روش پرس، تولید ظروف شیشه‌ای به روش پرس ـ دمش، انجام کار عملی ۶ شکل‌دهی شیشه سربی
۲۲	۳		۸	تدریس ظروف شیشه‌ای به روش پرس ـ دمش، الیاف شیشه‌ای، انجام کار عملی ۷ ساخت مهره‌های شیشه‌ای (شیشه رنگی)، انجام کار عملی ۸ شکل‌دهی الیاف شیشه‌ای
۲۳	۳		۸	مجتمع ساختن ارزشیابی‌های فنی و غیرفنی انجام شده در جلسات آموزش فصل ۳
۲۴	۴	عملیات تکمیلی شیشه	۸	تدریس عملیات حرارتی تنش‌زدایی (آنیلینگ)، نمودار تنش‌زدایی شیشه، انجام کار عملی ۱ تنش‌زدایی شیشه سیلیکاتی
۲۵	۴		۸	انجام کار عملی ۲ تنش‌زدایی شیشه بور و سیلیکاتی، انجام کار عملی ۳ تنش‌زدایی شیشه سربی، تدریس عملیات نشکن‌سازی (تمپرینگ) و تمپر حرارتی
۲۶	۴		۸	انجام کار عملی ۴ تنش‌زدایی مهره‌های رنگی، انجام کار عملی ۵ بررسی شکست شیشه‌های تمپر حرارتی، تدریس شیشه مشجر، انواع روش‌های تولید شیشه مشجر، انجام کار عملی ۶ تعیین استحکام شیشه تمپر شده و شیشه تمپر نشده
۲۷	۴		۸	انجام کار عملی ۷ مشجر کردن شیشه، تدریس برش شیشه، انجام کار عملی ۸ برش شیشه با شیشه‌بر، انجام کار عملی ۹ ساب‌زنی شیشه برش خورده
۲۸	۴		۸	تدریس دستگاه برش حرارتی، برش شیشه با آب (واترجت)، شیشه طلقی (لمینیت)، شیشه دوجداره، فرایند ساخت شیشه دوجداره
۲۹	۴		۸	انجام کار عملی ۱۰ ساخت شیشه طلقی (لمینیت)، تدریس مونتاژ شیشه، مونتاژ شیشه با روش پولیش حرارتی، مونتاژ شیشه با چسب UV، مات کردن شیشه، نکات ایمنی کار با اسید هیدروفلوئوریک، انجام کار عملی ۱۱ مونتاژ شیشه با چسب UV
۳۰	۴		۸	مجتمع ساختن ارزشیابی‌های فنی و غیرفنی انجام شده در جلسات آموزش فصل ۴

۳۱	۵	تزئین شیشه	۸	تدریس روش‌های تزئین شیشه، تراش شیشه و دستگاه تراش شیشه، انجام کار عملی ۱ تراش شیشه با استفاده از فرز مینیاتوری
۳۲	۵		۸	تدریس تزئین شیشه با رنگ‌ها، انجام کار عملی ۲ طراحی نام هنرستان روی شیشه و تزئین آن به روش ویترای، تدریس رنگ‌های گرم، نقاشی
۳۳	۵		۸	انجام کار عملی ۳ نقاشی روی شیشه، تدریس میناکاری شیشه، انجام کار عملی ۴ میناکاری روی شیشه
۳۴	۵		۸	تدریس حرارت مستقیم (لمپ وُرکینگ)، مراحل کار تزئین شیشه به روش حرارت مستقیم (لمپ وُرکینگ)، فیوز شیشه، قالب فیوز شیشه، قالب سرامیکی، سیمان نسوز و حرارت‌دهی، انجام کار عملی ۵ فیوز شیشه با استفاده از تکه‌های خرد شده شیشه
۳۵	۵		۸	انجام کار عملی ۶ ساخت سنگ مصنوعی با روش فیوز شیشه، تدریس روش‌های فیوزینگ شیشه و مات کردن شیشه
۳۶	۵		۸	انجام کار عملی ۷ اسلامپینگ با استفاده از نوارهای شیشه، انجام کار عملی ۸ ساخت کاشی شیشه‌ای با روش فول فیوز
۳۷	۵		۸	مجتمع ساختن ارزشیابی‌های فنی و غیرفنی انجام شده در جلسات آموزش فصل ۵

طرح درس روزانه

عنوان درس: تولید شیشه	رشته : سرامیک	ساعت آموزشی	
هدف کلی: کسب شایستگی‌های فنی و غیر فنی در ارتباط با فرایند تولید شیشه	**پایه** : دوازدهم	کل : ۳۰۰ ساعت آموزشی	هفتگی : ۸ ساعت
عنوان فصل: آماده‌سازی مواد اولیه شیشه	**فصل** : اول	نوع درس : کارگاهی	تعداد واحد : ۸
	سال تحصیلی : ۹۸ـ۹۷	هنرآموز:	جلسه : اول ۴۸۰ دقیقه

محتوا

ردیف	عنوان فعالیت	شرح فعالیت	رسانه آموزشی	بازخورد مورد انتظار	زمان دقیقه
۱	احوالپرسی و حضور و غیاب	کلاس با سلام و احوالپرسی از هنرجویان و بررسی جو کلاس شروع می‌شود و حضور و غیاب انجام می‌شود.	---	هنرجویان در مورد وضعیت روحی و جسمی خود سخن می‌گویند.. اسامی غایبین در دفتر ثبت می‌شود.	۱۰
۲	ارزشیابی ورودی	در رابطه با کاربردهای شیشه، مفاهیم بلور و آمورف و مواد اولیه‌ای‌که قادر به ساخت شیشه هستند از هنرجویان پرسش به عمل می‌آید.	کتاب درسی، وایت برد، ویدئو پروژکتور و نرم افزار و عکس و فیلم آموزشی	از هنرجویان انتظار می‌رود با توجه به مفاهیمی که در درس دانش فنی پایه آموخته‌اند مفاهیم آمورف و بلور را بیان کنند و از مواد اولیه اصلی شیشه به سیلیس اشاره کنند.	۲۵

۳	بیان هدف‌های رفتاری	۱ـ بیان کاربردهای شیشه در زندگی روزمره ۲ـ بیان تفاوت آمورف و بلور ۳ـ بیان چند ماده اصلی شیشه‌ساز ۴ـ بیان شرایط تشکیل شیشه	کتاب درسی، وایت برد، ویدئو پروژکتور و نرم‌افزار و عکس و فیلم آموزشی	واکاوی و مجتمع ساختن دانسته‌های هنرجویان در ارتباط با اطلاعات اولیه مورد نیاز دربارهٔ علم شیشه	۵
۴	فعالیت‌های آموزشی	۱ـ بیان انواع شیشه‌های موجود در طبیعت توسط هنرآموز ۲ـ یادآوری مفاهیم بلور و آمورف توسط هنرآموز ۳ـ بیان چند کاربرد شیشه در زندگی روزمره توسط هنرجویان ۴ـ بیان شرایط اصلی تشکیل شیشه توسط هنرآموز و واداشتن هنرجویان به تفکر درباره اثر گرانروی بالای مذاب جهت تشکیل شیشه	کتاب درسی، وایت برد، ویدئو پروژکتور و نرم‌افزار و عکس و فیلم آموزشی	۱ـ از هنرجویان خواسته می‌شود تا چند کاربرد شیشه در زندگی روزمره را نام ببرد. ۲ـ هنرجو پس از یادگیری شرایط ایجاد شیشه به تفکر در این زمینه می‌پردازد.	۳۶۰
۵	ارزشیابی پایانی	۱ـ بیان کاربردهای شیشه در زندگی روزمره ارزشیابی شود. ۲ـ بیان شرایط اصلی تشکیل شیشه و بازخورد تفکر در این زمینه ارزشیابی شود.	کتاب درسی، وایت برد، ویدئو پروژکتور و نرم‌افزار و عکس و فیلم آموزشی	هنرجویان باید بتوانند پس از تدریس هنرآموز، یک ماده اصلی شیشه‌ساز (به‌عنوان مثال سیلیس) را نام ببرند و وجود گرانروی بالای مذاب در هنگام سرد شدن را به عنوان شرط اصلی ایجاد شیشه بیان کنند.	۳۰
۶	فعالیت‌های پایانی	مشاهده فیلم آموزشی در ارتباط با معرفی کاربردهای شیشه در زندگی روزمره	فیلم آموزشی	پس از مشاهده فیلم آموزشی هنرجویان با کاربردهای شیشه در زندگی روزمره آشنا می‌شوند.	۳۰
توضیحات:					

فصل دوم

ساخت مذاب

ساخت مذاب

تصویر ورودی پودمان، تصویری از باراریز کوره شیشه است.

در شکل ۱صفحهٔ ۳۹مواد اولیهٔ فراوری شده ، مذاب آماده شده و در انتها محصول شیشه‌ای آورده شده است.
هنرآموزان محترم با استفاده از فیلم آموزشی تهیهٔ شیشه که در سایت رشد به آدرس www.Roshd.ir قرار گرفته است می‌توانند پروسهٔ تولید شیشه را به شیوهٔ بهتری آموزش دهند.

نمودار ۱ و متن صفحه۳۹: برای تهیه مذاب باید سه فرایند کلی صورت پذیرد. این سه عملیات در کوره‌های شیشه (از هنگام ریختن آمیز به درون کوره تا انتهای کوره که مذاب ایده آل خارج می‌شود) انجام می‌شود.

۱ تشکیل مذاب (ذوب شدن آمیز)
۲ تصفیه کردن مذاب (حباب زدایی)
۳ هموژن شدن و تنظیم گرانروی مذاب

شکل ۲ صفحه ۳۹: قسمت ورودی کوره که متناسب با ظرفیت کوره آمیز به درون کوره به صورت مرحله به مرحله (به گونه‌ای بچ درون کوره ریخته می‌شود که خاک روی خاک ریخته نشود و فرصت ذوب اولیه را داشته باشند) با مقطعی پیوسته را نشان می‌دهد.

دستگاه بچ‌شارژر(بارریز) در جهت افقی می‌تواند دامنه حرکتی کمی داشته باشد بدین صورت که در برگشت مقدار معینی بچ روی آن ریخته و هنگام حرکت به سمت ورودی کوره بچ‌ها را به‌درون کوره ریخته سپس به عقب برمی گردد تا بچ روی آن ریخته شود. این شیوه باعث تغذیه کوره به‌صورت تدریجی می‌شود.

نمودار ۲ صفحه ۴۰ واکنش‌های انجام شده در آمیز شیشه هنگام ذوب را نشان می‌دهد.

خروج رطوبت
- آب‌های فیزیکی و شیمیایی موجود در آمیز خارج می‌شود.

تجزیه
- ترکیبات کربناتی و سولفاتی تجزیه شده و گاز تشکیل می‌شود.

ذوب
- پس از شکل‌گیری مذاب اولیه، مواد ذوب نشده باقیمانده در مذاب حل و ذوب می‌شوند.

به کمک حرارت تولید شده توسط مشعل‌ها و با افزایش دمای درونی آمیز فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی زیر در آمیز رخ می‌دهد که در نهایت منجر به تولید مذاب می‌شوند.

۱ تبخیر آب‌های موجود در آمیز (آب‌های آزاد، مقید، ساختاری)

۲ تجزیه شدن و سوختن مواد آلی که باعث تشکیل اجزای گازی موجود در مواداولیه مانند(So_3 , So_2 , Co_2 ,Co) که از آمیز خارج می‌شوند.

۳ ذوب شدن کمک ذوب‌ها (چون دمای ذوب آنها پایین است)

۴ ذوب شدن کامل آمیز

نکته

به‌علت بالا بودن دما هنگام ذوب شیشه، اگر مذاب در این دما برای مدت زمان طولانی باقی بماند بعضی از اجزای آن تبخیر می‌شود مانند (PbO, B_2O_3, Na_2O, K_2O)

فعالیت کلاسی

صفحه ۴۰: در این فعالیت از هنرجویان خواسته شده است که دو نوع ماده اولیه کربناتی و سولفاتی را نام ببرند و واکنش تجزیهٔ آنها را بنویسند. هنرجو می‌تواند به واکنش تجزیه شدن مواد کربناتی مانند کربنات‌های سدیم، پتاسیم و دولومیت و مواد سولفاتی مانند سولفات‌های سدیم و کلسیم اشاره کند:

$$Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2O + CO_2$$

$$K_2CO_3 \longrightarrow K_2O + CO_2$$

$$CaMg(CO_3)_2 \longrightarrow CaO.MgO + 2CO_2$$

$$Na_2SO_4 \longrightarrow Na_2O + SO_2.\frac{1}{2}O_2$$

$$CaSO_4 \longrightarrow CaO + SO_2.\frac{1}{2}O_2$$

صفحهٔ ۴۰ و۴۱: نحوهٔ ذوب‌گیری با کوره‌های گاز سوز و الکتریکی توضیح داده شده است.

بهتر است هنرآموزان محترم قبل از انجام فعالیت عملی ذوب، روش صحیح کار با کوره موجود در کارگاه هنرستان را با رعایت نکات ایمنی به هنرجویان آموزش دهند و از تک به تک آنها بخواهید که این مراحل را تحت نظارت شما انجام دهند تا مهارت لازم را فرا گیرند، سپس فعالیت عملی ذوب انجام شود.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۱ در صفحه ۴۱ با عنوان تهیهٔ مذاب شیشه سیلیکاتی مطرح شده است، این آمیز مشابه شیشه سودالایم است که لازم است طبق فعالیت کارگاهی ۴ صفحهٔ ۳۰ پودمان اول توسط هنرجویان و با راهنمایی هنرآموزان آماده‌سازی شود. سپس باید با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب انجام شود.

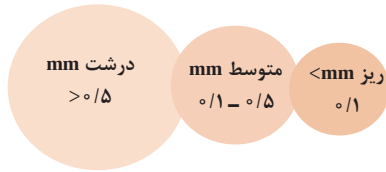
نکته

آمیز ارائه شده در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

صفحه ۴۲ و ۴۳، شکل۳ و ۴ به مشکل وجود حباب‌ها در مذاب شیشه اشاره دارد که باعث بروز عیب و کاهش مقاومت شیشه (سایش و خراش، ضربه‌پذیری، مقاومت شیمیایی) و کیفیت شیشه به‌خصوص در جلوگیری از عبور نور می‌شود.

صفحه ۴۳: نمودار ارائه شده در این صفحه به انواع حباب‌ها اشاره کرده است که از لحاظ اندازه و نام‌های لاتین بیان شده است که در صنایع شیشه نیز این‌گونه مشخص می‌شوند:

۱ ریز (Seed): حباب‌هایی با قطر کمتر از ۰/۱ میلی‌متر
۲ متوسط (Blister): حباب‌هایی با قطر ۰/۱ میلی‌متر تا ۰/۵ میلی‌متر
۳ درشت (Bubble): حباب‌هایی با قطر بزرگ‌تر از ۰/۵ میلی‌متر

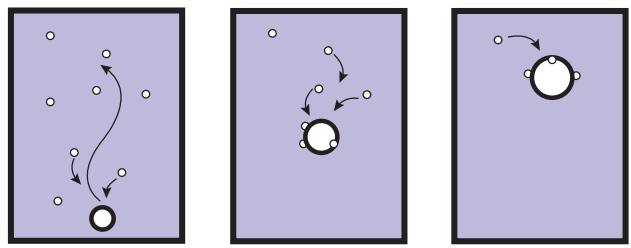


متن صفحهٔ ۴۴: مکانیزم‌های مختلف حل کردن گازها و حباب‌ها درون مذاب را توضیح می‌دهد. لازم به ذکر است فرایند حل شدن در مخزن تصفیه (ریفاینر) کوره و در قسمت اول کانال ایجاد شرایط حرارتی (فورهارث) که نسبت به مخزن ذوب با دمای پایین‌تری انجام می‌شود.
در این قسمت عموماً حباب‌های ریز (Seed) را می‌توان در مذاب تا حدودی حل کرد.

نکته

صفحه ۴۴ به این نکته اشاره شده است که مقدار حباب زدایی مذاب بستگی به کارآیی محصول شیشه‌ای دارد. مثلاً شیشه عدسی عینک یا لنز دوربین‌ها باید ۱۰۰ درصد حباب زدایی شوند ولی یک شیشه نوشابه یا مربا لازم نیست که حتماً ۱۰۰ درصد حباب‌زدایی شود.

حباب‌زدایی کامل شیشه مستلزم صرف زمان، مواد و مکانیزم‌های هزینه‌بر است بنابراین منجر به کاهش تولید و افزایش قیمت تمام شده محصول می‌شود.



شکل ۵ و متن صفحهٔ ۴۴: روش‌های خارج کردن گازها و حباب‌ها از مذاب است.
این روش‌ها عبارت‌اند از :

۱ افزودن مواد حباب‌زا به آمیز شیشه
این مواد در دماهای بالا گاز تولید می‌کنند.

۲ دمیدن هوا (اکسیژن) با دستگاهی به نام بابلر که از سوراخ‌هایی که در قسمت تروت[1] (گلوگاه مابین مخزن ذوب و ریفاینر) تعبیه شده است به درون مذاب انجام می‌شود.

این گازها از مواد حباب زا ایجاد می‌شود و هوا دمیده شده با بابلر باعث بزرگ‌تر و پر فشارتر شدن حباب‌های گیر افتاده در مذاب می‌شود که باعث بالا آمدن حباب‌ها در مذاب و خارج شدن آنها از مذاب می‌شود.

۳ هم زدن بسیار آرام مذاب با همزن مکانیکی

نکته

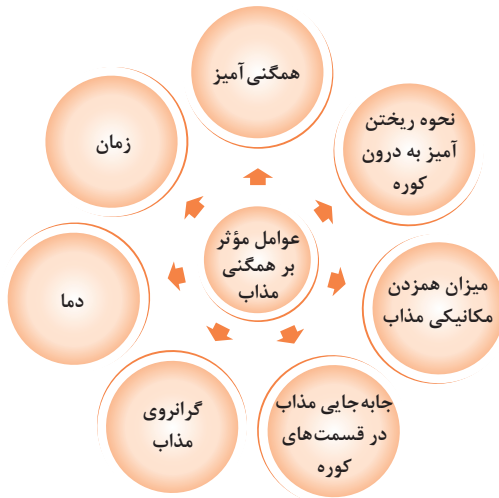
چنانچه همزن مکانیکی که در قسمت ریفاینر کوره در بعضی از کارخانه‌ها استفاده می‌کنند با سرعت بالایی در مذاب حرکت کند باعث وارد شدن هوا درون مذاب می‌شود که منجر به تولید حباب‌های بیشتر درآن می‌شود.

صفحه ۴۵:

فعالیت کلاسی

هنرآموز محترم تعدادی از محصولات شیشه‌ای مختلف را در اختیار هنرجویان قرار دهید تا مقدار و نوع (اندازه) حباب موجود در آنها را بررسی کنند.

شکل ۶ و متن صفحه ۴۵: مربوط به همگنی مذاب از لحاظ شیمیایی (ترکیب آمیزمذاب) و هم از لحاظ فیزیکی (به‌خصوص گرانروی) است که تأثیر مستقیم بر تمامی خصوصیات و ویژگی‌های محصول تولیدی می‌گذارند. عوامل مختلفی در ایجاد مذاب همگن مؤثرند که در نمودار زیر اشاره شده است:



۱ـ Throat گلوله‌گاه

در متن کتاب عوامل مؤثر بر همگنی مذاب بیان نشده است و سعی شده است به‌صورت خلاصه در حد سه پارامتر بیان شود.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۲ صفحه ۴۵ تهیه مذاب شیشه بور و سیلیکاتی است، این بچ مشابه شیشه بوروسیلیکاتی است که طبق فعالیت کارگاهی ۵ صفحه ۳۲ پودمان اول هنرجویان با راهنمایی هنرآموزان محترم مواد اولیه را آماده سازی کرده و سپس با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب را انجام می‌دهند.
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰تا ۱۲۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

نکات مورد توجه :

الف) به دلایل اشاره شده در زیر، لازم است به قدری آمیز درون بوته ریخته شود که تقریباً نصف حجم بوته خالی باشد و سرعت حرارت دادن در مرحله اولیه آهسته باشد:

۱ بوراکس در ابتدای مرحله حرارت دادن افزایش حجم زیادی دارد.

۲ آب ساختاری زیادی از آمیز خارج می‌شود باعث پاشیدن آمیز به بیرون از بوته نشود.

۳ در ابتدای فرایند ذوب شدن آمیز کف می‌کند.

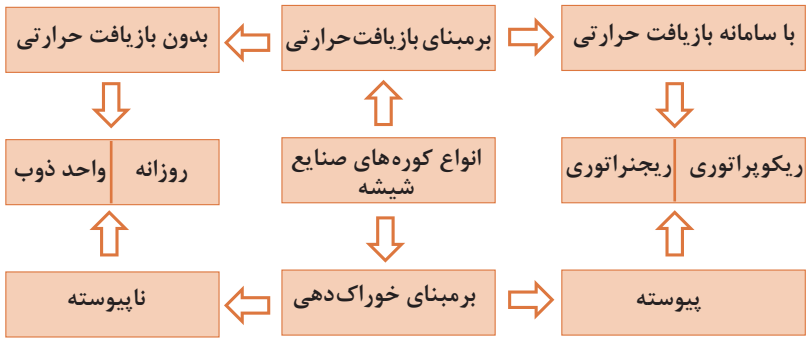
ب) هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد مذاب در حرارت نگه داشته نشود زیرا باعث می‌شود بور اکسید تبخیر شود واین امر باعث تغییر آنالیز شیشه و کدر شدن آن می‌شود.

صفحهٔ ۴۶ و جدول ۳: انواع کوره‌هایی که در صنایع شیشه‌سازی استفاده می‌شود از جنبه‌های زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

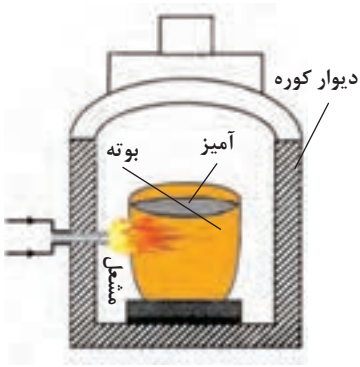
۱ پیوسته بودن یا ناپیوسته بودن

۲ دارای سیستم بازیافت حرارت

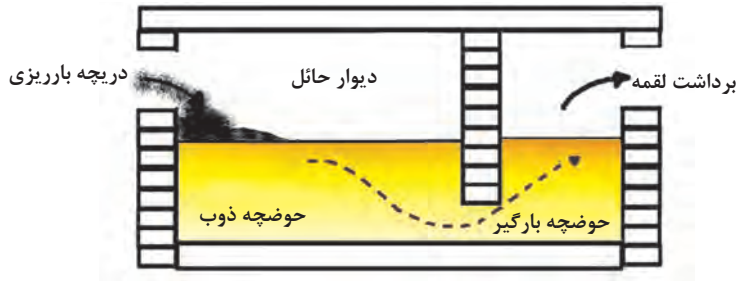
انواع کوره‌های مورد استفاده در صنعت شیشه‌سازی در نمودار زیر آمده است:

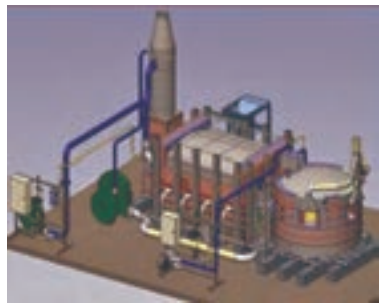


شکل ۷ صفحه ۴۷: کورهٔ بوته‌ای را نشان می‌دهد. این کوره‌ها به‌صورت پاتیلی و بوته‌ای ساخته می‌شوند. حجم کوره‌های بوته‌ای بسیار کوچک است و ظرفیت تولید مذاب در آنها کمتر از ۱ تن در روز است. بیشتر از این نوع کوره‌ها برای تولید محصولات شیشه‌ای کوچک استفاده می‌شود.



شکل‌های ۸ و ۹ و۱۰ و۱۱ صفحه‌های ۴۷ و ۴۸ و ۴۹: نمایی از کوره‌های روزکار را نشان می‌دهد.





دلیل نام‌گذاری این کوره‌ها به دلیل فعالیت آن در طول روز است که در کارگاه‌های شیشه‌سازی عموماً در یک و گاهی به‌ندرت در دو نوبت‌کاری از این کوره‌ها مذاب برداشت می‌شود اگر چه کوره به‌صورت دائم و پیوسته روشن است. نحوهٔ کار با این کوره‌ها بدین صورت است که آمیز می‌تواند به سه صورت تغذیه شود:

۱ فقط از ضایعات شیشه (خرده شیشه) جمع‌آوری شده از بازار.

۲ زیادی خرده شیشه (گاهی ۵۰ درصد و حتی بیشتر) همراه با مواد اولیه

۳ مواد اولیه: درآمیز مواد اولیه نسبت به محدوده شیشه‌های سودا لایم، با تنظیم میزان سیلیس کمتر و کمک ذوب بیشتر و حتی درصدی بوراکس یا بوریک اسید یا سرنج که باعث کاهش دمای ذوب وگرانروی می‌شوند، مواد آماده شده و سپس در حوضچه ذوب ریخته می‌شود. پس از تشکیل مذاب و ورود مذاب در حوضچه بارگیر کمی دما کاهش می‌یابد که منجر به افزایش گرانروی مذاب (تنظیم گرانروی مذاب برای شکل‌دهی) می‌شود. از سوراخ‌هایی که در دیوارهٔ حوضچهٔ بارگیر تعبیه شده است از مذاب لقمه گرفته شده و عملیات شکل‌دهی انجام می‌شود. به محض اینکه حجم مذاب (ارتفاع مذاب) کاهش یافت مجدداً آمیز به درون حوضچه ذوب ریخته می‌شود.

در کارگاه‌های شیشه‌سازی اگر چه کوره‌ها به‌صورت پیوسته روشن است ولی عملیات شکل‌دهی به صورت مقطعی و در نوبت‌های روز انجام می‌شود.

این کوره‌ها به دو صورت کار می‌کنند:
۱ سنتی بدون تجهیزات سیستماتیک (دستی و با تجربه‌های شخصی ساخته‌می‌شود.)
۲ صنعتی با تجهیزات سیستماتیک (با نقشه‌های طراحی شده و محاسباتی ساخته می‌شود.)
کارگاه‌های شیشه‌سازی کشورمان اغلب کوره‌ها از نوع سنتی هستند که با تجربه استادکاران شیشه‌گر که کوره را با آجرهای دیرگداز دست دوم موجود در بازار یا خشت‌هایی که خودشان از ترکیبات سیلیسی تهیه می‌کنند می‌سازند.

نکته

۱ دیرگدازهای کف و دیواره‌های کوره‌های صنعتی از جنس آجرهای زاگ با ابعاد بزرگ است که به روش ذوب و ریخته‌گری تهیه شده اند و سقف آنها از جنس سیلیسی است.
۲ علت اینکه آجرهای کف و دیوار به‌خصوص تا ارتفاع بارریز (ارتفاع مذاب) باید دارای ابعاد بزرگ باشند این است که درز مابین آجرها کمتر باشد تا از خوردگی ونفوذ مذاب جلوگیری شود.

کار عملی ۳ صفحه ۴۹:

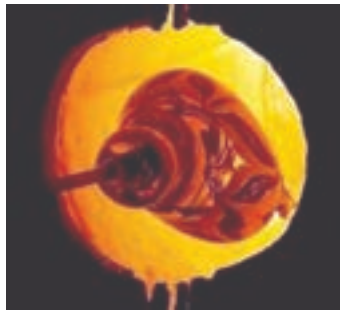
فعالیت کارگاهی

این فعالیت در مورد تهیه مذاب شیشه سربی است که بچی مشابه شیشه سربی دارد و طبق فعالیت کارگاهی۶ صفحهٔ ۳۴ پودمان اول هنرجویان باید مواد اولیه را آماده سازی کنند، سپس با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب کنند.
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

تذکر

هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد به دلایل زیر نباید مذاب را در آن حرارت بالا نگه داشت :
۱ سرب اکسید تبخیر می‌شود واین امر باعث :
الف) تغییر آنالیز شیشه و کدر شدن شیشهٔ تولیدی می‌شود.
ب) بخارات سرب اکسید وارد محیط شده که منجر به آلودگی زیست محیطی می‌شود.
۲ احیا شدن سرب، بدین معنی که سرب اکسید به فلز سرب تبدیل می‌شود. فلز سرب خواص شیشه‌ای ندارد. اکسیدهای سربی که به فلز سرب تبدیل می‌شوند به‌صورت براده‌های فلز سرب در نمونهٔ شیشه تهیه شده وجود دارند. به دلیل این تبدیلات به شدت کیفیت شیشه کاهش می‌یابد. حتی چنانچه این تبدیلات از حدی بیشتر شود مذاب به شیشه تبدیل نمی‌شود.

شکل ۱۲ و متن و نکته صفحهٔ ۵۰ مراحل و نحوه کوره بانی کوره‌های بوته‌ای و مخزنی روزکار را از ابتدای بارگیری تا انتها، که برداشتن لقمه است را تشریح می کند.



دانش افزایی

پس از ساخت کورهٔ مخزنی روزکار قبل از بارگیری، باید کوره روشن شود و طی چند روز با اتمسفر احیایی به گونه‌ای که بر روی سطوح داخلی آجرهای کوره لایه‌ای از دوده بنشیند، بسیار آرام حرارت داده می‌شود. در بعضی از کارگاه‌ها برای ایجاد اتمسفر احیایی در این مرحله درون کوره ضایعات لاستیک یا پلاستیک ریخته می‌شود.

چنانچه دیوار کوره دوداندود شود مانع از خوردگی آجرها به‌وسیله مذاب شیشه می‌شود.

پس از دودی شدن دیواره‌ها، دمای کوره افزایش داده می‌شود تا کوره گرم شود (حدوداً ۹۰۰ درجه سلسیوس) سپس آمیز به صورت مرحله به مرحله به درون قسمت بار ریز ریخته شده و هم زمان دما را افزایش می‌دهند.

پس از ریختن آمیز تا ارتفاع مورد نظر طی چند روز (گاهی تا ۳ روز) کوره حرارت داده می‌شود تا با حرارت آن آمیز کاملاً ذوب شده وتبدیل به مذابی با گرانروی مناسب شود. در این حالت مذاب با عبور از کانال گلوگاه به قسمت حوضچه بارگیر وارد شود.

در قسمت حوضچهٔ بارگیر با زمان دادن به مذاب چند ساعت تا یک روز سعی می‌شود تا مذاب کاملاً تصفیه شود. پس از تصفیه شدن مذاب دما را کمی کاهش می‌دهند تا گرانروی مذاب مقداری افزایش یابد و برای شکل دهی به روش‌های دستی آماده شود.

نکته

با نمونه‌برداری لقمه شیشه و شکل دادن وضعیت گرانروی مذاب را برای شکل‌دهی بررسی می‌کنند.
اگر گرانروی مذاب برای شکل‌دهی ایده‌آل باشد قدرت حرارت دهی مشعل‌ها ثابت نگه داشته می‌شود تا دما ثابت باشد و گرانروی مذاب بدون تغییرتا پایان مرحله شکل دهی باقی بماند.

فعالیت کارگاهی

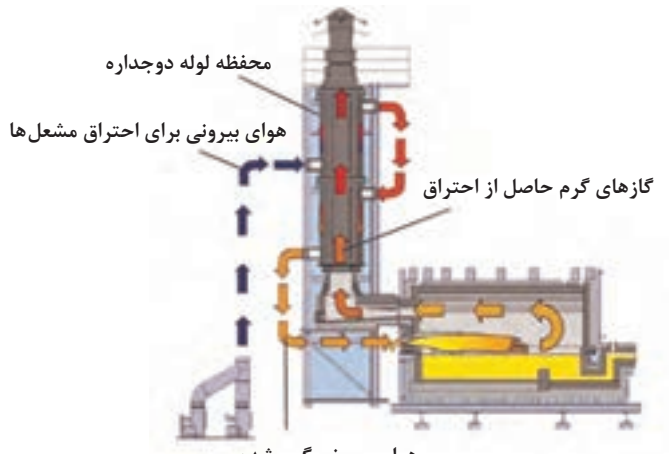
کار عملی۴ صفحه ۵۱ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا است که آمیزی مشابه شیشه سودا لایم دارد و باید طبق کار عملی ۴ صفحهٔ ۳۰ پودمان اول هنرجویان آماده‌سازی کنند و به آن به میزان ۰/۵ الی۱ درصد مواد حباب زدا شامل (ارسنیک اکسید یا آنتیموان اکسید یا سدیم سولفات یا سدیم نیترات) اضافه شود و پس از آماده سازی آمیز با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب کنند.

نکته

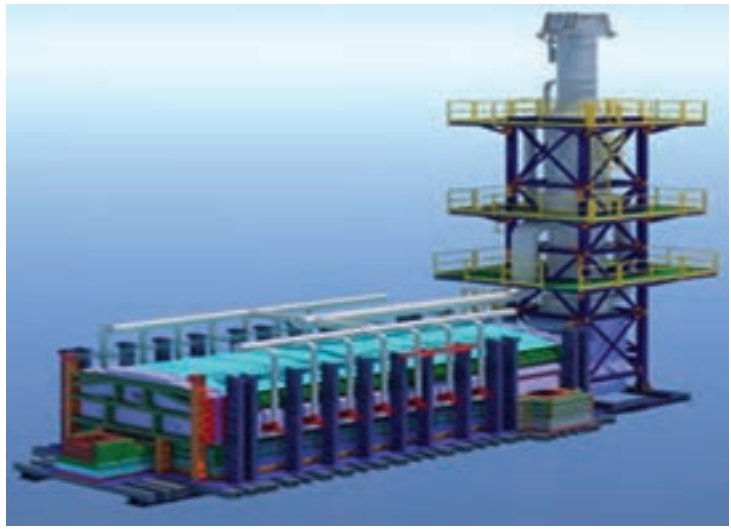
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰تا ۱۲۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

متن صفحهٔ ۵۱ و ۵۲ مربوط به کوره‌های پیوسته است که دارای سیستم بازیافت حرارتی هستند و شناخته‌ترین سامانه‌های بازیافت حرارتی عبارت‌اند از ریکوپراتوری و ریجنراتوری. کوره‌های ریکوپراتوری و ریجنراتوری از لحاظ ساختمان درونی مشابه هم بوده و تنها تفاوت آنها در سامانه‌های بازیافت حرارتی است.

شکل۱۳ صفحهٔ ۵۲ کوره‌های ریکوپراتوری که برای کارخانه‌هایی با ظرفیت روزانه ۱۰ الی ۶۰ تن شیشه است را نشان می‌دهد.



یک روش ساده گرم کردن هوای مورد نیاز برای عمل احتراق مشعل‌ها استفاده از سامانهٔ ریکوپراتوری است این سامانه از دو محفظهٔ (لوله) درون هم تشکیل شده است.



کورهٔ ریکوپراتوری

از محفظهٔ درونی گازهای خروجی (گازهای حاصل از احتراق مشعل‌ها و تجزیه‌مواد) بسیار داغ عبور می‌کند و از محفظهٔ بیرونی هوای مورد نیاز برای مشعل‌ها با دمای محیط، عبور می‌کند. جنس لوله درونی از فلزاتی ساخته می‌شود که دارای خاصیت هدایت حرارتی بالایی باشند.

ریکوپراتور

هوای مورد نیاز برای احتراق پس از گرم شدن در اثر تبادل حرارتی از یک کانال عایق‌بندی شده به صورت مداوم و یکنواخت به سمت مشعل‌ها هدایت می‌شود. مشعل‌ها در کوره‌های ریکوپراتوری در ابتدای کوره یا در دیواره‌های جانبی نصب می‌شوند که هوای مورد نیاز احتراق مشعل‌ها که به‌وسیله ریکوپراتور (داغ شده است) تأمین می‌شود.

ظرفیت تولید مذاب در کوره‌های ریکوپراتوری	۱۰ الی ۶۰ تن در روز
دمای هوای مورد استفاده برای مشعل	۴۰۰ الی ۸۵۰ درجه سلسیوس

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد کوره‌های ریکوپراتوری موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

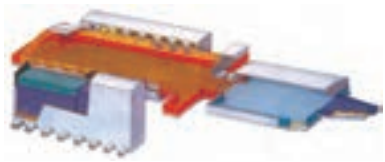
۱ مطالعهٔ بخش کوره‌ها از مجموعه سه جلدی شالوده صنعت شیشه ،ناشر شرکت شیشه قزوین

۲ بازدید از کارخانه‌های شیشه ظروف

فکر کنید

صفحهٔ ۵۲ در زمینهٔ جنس لولهٔ درونی کوره ریکوپراتوری، هر چقدر هدایت حرارتی لوله داخلی ریکوپراتور بیشتر باشد راندمان تبادل حرارتی مابین دودها و هوای ورودی افزایش می‌یابد که منجر به افزایش دما هوای مورد مصرف در احتراق مشعل‌ها می‌شود.

در صفحهٔ۵۳، شکل‌های ۱۴ و ۱۵ کوره‌های ریجنراتورکه سیستم بازیافت حرارتی این کوره‌ها چکر است را از لحاظ موقعیت قرار گیری چکرها نشان می‌دهد که به دو صورت پشت گذر و پهلوگذر (کنار گذر) وجود دارند.

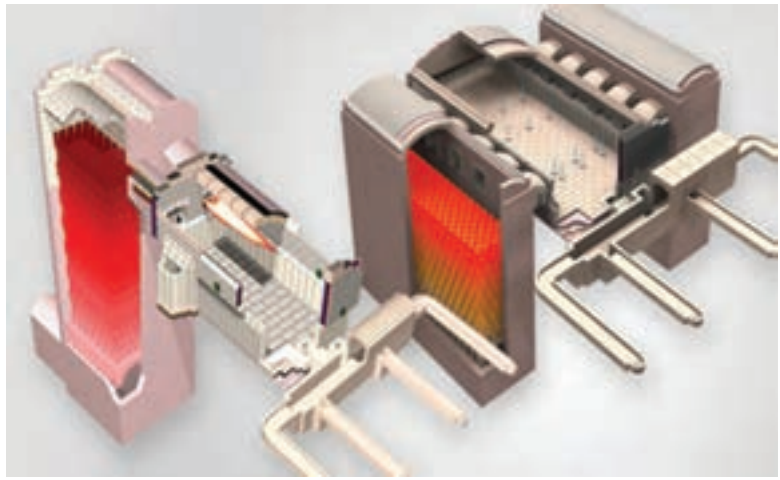


نکته

برای تولید شیشه در مقادیر ۱۰۰ تا ۱۲۰ تن از کوره‌های ریجنراتور با چکر پشت گذر و برای ظرفیت‌های زیادتر از کوره‌ها با چکرهای پهلوگذر استفاده می‌شود.

در کوره‌های ریجنراتوری (Regeneratore) برای گرم کردن هوای مورد نیاز احتراق مشعل‌ها از سامانه چکر استفاده می‌شود.

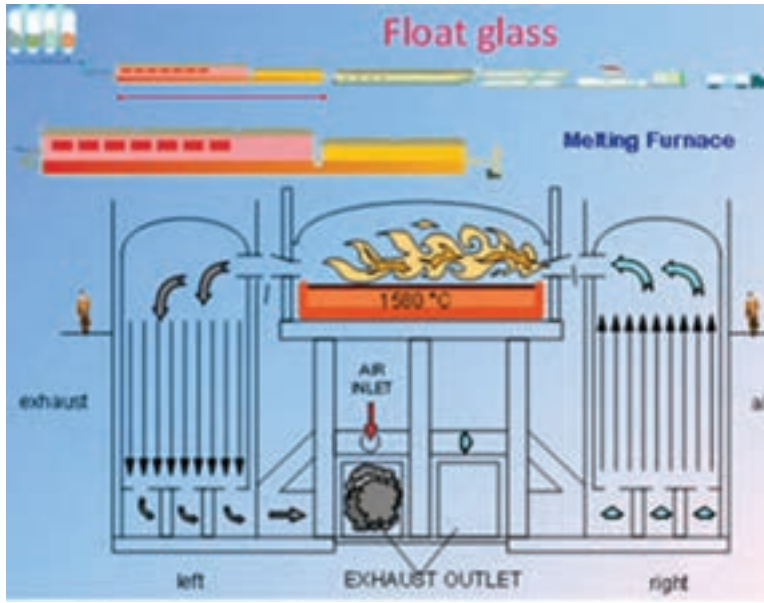
چکرها به صورت دوتایی و شامل محفظه اتاقکی هستند که در ابتدای کوره (پشت‌گذر) یا دو طرف طول جانبی کوره (پهلوگذر) ساخته می‌شوند این محفظه‌ها با ابعاد بزرگ به‌خصوص از لحاظ ارتفاع با آجرهای دیرگداز ساخته شده است. درون این چکرها از آجرهای دیرگداز استفاده شده است که به صورت مشبک چیده می‌شوند، به طوری که هوا می‌تواند از لابه لای این آجرها عبور کند.
در زمان روشن بودن کوره از درون یکی از چکرها گازهای خروجی (گازهای‌حاصل از احتراق و تجزیه مواد) عبور کرده و هم‌زمان از چکر دیگر هوای مورد نیاز مشعل‌ها وارد می‌شود. وظیفه چکرها به‌صورت سیکل‌های زمانی ۱۰ الی ۲۰دقیقه‌ای به‌طور مداوم تغییر می‌یابد.



کوره ریجنراتوری

با عبور گازهای خروجی داغ از لابه‌لای آجرهای دیرگداز در درون چکر در مدت زمان تعیین شده، آجرها گداخته می‌شوند، سپس در مرحله بعد با تغییر یافتن وظیفه چکرها از چکری که به علت عبور گازهای خروجی آجرهایش گداخته شده هوای مورد نیاز احتراق مشعل‌ها عبور داده می‌شود و از چکر دیگر گازهای خروجی عبور داده شده و خارج می‌شوند.
با عبور هوا از لابه لای این آجرهای گداخته، هوای بسیار داغ به سر مشعل‌ها می‌رسد.
با افزایش دمای هوای کوره با توجه به ابعاد چکرها، طرز چیدن و جنس آجرهای مصرفی درون چکرهای این کوره‌ها و همچنین سیکل زمانی جابه‌جایی وظیفه چکرها، معمولاً هوا به میزان ۸۵۰ تا ۱۳۵۰ درجه سلسیوس گرم می‌شود.

چیدمان آجرهای درون چکر



طرز کار چکرها

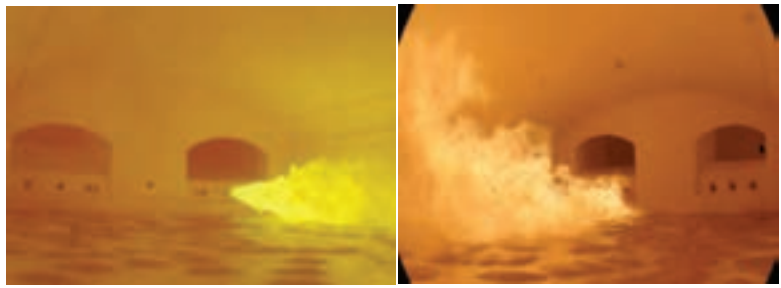
سامانهٔ باز یافت حرارتی کوره‌های ریجنراتوری در مقایسه با ریکوپراتوری‌ها بسیار قوی‌تر است بنابراین ظرفیت تولید مذاب دراین کوره‌ها بسیار بیشتر است. ظرفیت این کوره‌ها از حدود ۶۰ تن تا ۸۵۰ تن در روز است.

دانش افزایی

انواع کوره‌های ریجنراتوری

پشت گذر

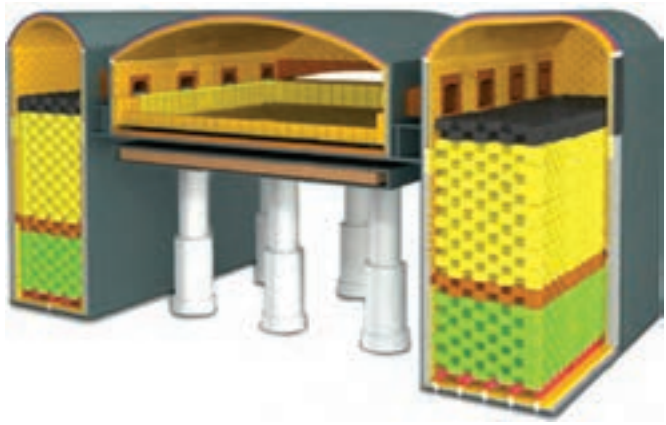
در کوره‌های پشت گذر، چکرها در ابتدای کوره و به اندازه عرض کوره در کنار هم ساخته شده است که به‌وسیلهٔ گذرهایی (پورت) به مخزن ذوب متصل می‌شوند .در کارخانه‌های تولید شیشه‌های ظروف و بطری (جار) که میزان مذاب کمتر است (۶۰ تا ۱۰۰تن و نهایتاً ۱۲۰ تن) از این نوع کوره‌ها بیشتر استفاده می‌شود.



داخل مخزن ذوب کوره ریجنراتوری پشت گذر در حال کار

کنار گذر (پهلوگذر)

در کوره‌های کنارگذر، چکرها در دو طرف دیواره‌های جانبی به طول قسمت مخزن ذوب کوره ساخته شده است که به وسیله تعدادی گذرهایی (پورت) به مخزن ذوب متصل هستند. در این کوره‌ها با توجه به مساحت مخزن ذوب کوره ومیزان مذاب تولیدی از هر چکر، از ۳ تا ۸ گذر استفاده می‌شود.



کوره ریجنراتوری کنار گذر

در کارخانه‌های شیشه برای تولید محصولات با تناژ بالا مانند شیشه‌های جام (تخت)، ظروف و بطری (جار) از کوره‌های کنارگذر استفاده می‌شود.

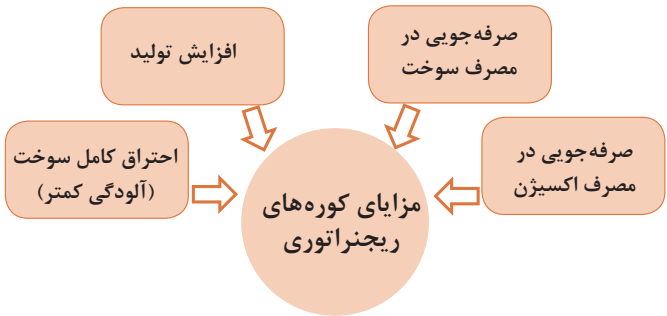
تذکر

هنرآموز محترم رنگ‌های آجر دمای مربوط به جنس و ویژگی‌های دیر گدازهای این قسمت‌ها است. پیشنهاد می‌شود که هنرآموزان محترم به هنرجویان متذکر شوند که متناسب با شرایط هر قسمت کورهٔ شیشه، جنس دیرگداز آن انتخاب و ساخته می‌شود.

داخل مخزن ذوب کوره ریجنراتوری کنارگذر در حال کار

مقدار تولید شیشه‌های جام (تخت) و ظروف:

شیشه‌های ظروف	۶۰ تا ۱۲۰ تن
شیشه‌های جام	۶۰۰ تا ۸۵۰ تن



طبق جدول ۶ صفحهٔ ۵۳ دما و ظرفیت تولید کوره‌های ریجنراتوری بالاتر است. زیرا هوای داغ خروجی کوره باید از لابه‌لای آجرهای دیرگداز درون چکرها عبور کند باعث می‌شود این آجرها بسیار گداخته شوند. در مرحله تأمین هوای مورد نیاز مشعل‌ها، هوای ورودی به چکر که دمای محیط را دارد، از لابه‌لای آجرهای گداخته عبور می‌کند. این امر باعث می‌شود هوای بسیار داغ و به خاطر ابعاد و حجم قابل توجه چکرها با حجم زیادی توسط چکرها نسبت به ریکوپراتور تأمین شود.

فعالیت کارگاهی

کار عملی۵ صفحهٔ ۵۴ تهیه مذاب شیشه بورو سیلیکاتی حاوی مواد حباب‌زدا است و آمیزی مشابه شیشه بور و سیلیکاتی دارد که باید طبق فعالیت کارگاهی ۵ صفحه ۳۲ پودمان اول توسط هنرجویان آماده شود و به آن به میزان۰/۵ الی۱/۵درصد مواد حباب زدا شامل (آرسنیک اکسید یا آنتیموان اکسید یا سدیم سولفات یا سدیم نیترات یا نمک طعام)، اضافه شود سپس با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب شود.
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

نکات مورد توجه:

الف) به دلایل اشاره شده در زیر، لازم است به قدری آمیز درون بوته ریخته شود که تقریباً نصف حجم بوته خالی باشد و سرعت حرارت دادن در مرحله اولیه آهسته باشد:

۱ بوراکس در ابتدای مرحله حرارت دادن افزایش حجم زیادی دارد.

۲ آب ساختاری زیادی از آمیز خارج می‌شود باعث پاشیدن آمیز به بیرون از بوته نشود.

۳ در ابتدای فرایند ذوب شدن آمیز کف می‌کند.

ب) هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد مذاب در حرارت نگه داشته نشود زیرا باعث می‌شود بور اکسید تبخیر شود واین امر باعث تغییر فرمولاسیون شیشه و کدر شدن آن می‌شود.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۵ صفحهٔ ۵۴ تهیه مذاب شیشه سربی حاوی مواد حباب زدااست که آمیزی مشابه شیشه سربی است و طبق کار عملی ۶ صفحه ۳۴ پودمان اول توسط هنر جویان آماده می‌شود و به آن به میزان ۰/۵ الی ۰/۸ درصد مواد حباب زدا شامل (آرسنیک اکسید یا آنتیموان اکسید یا سدیم سولفات یا سدیم نیترات) اضافه می‌شود و پس از آماده سازی با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب انجام می‌شود.
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

تذکر

هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد مذاب نباید در دمای بالا نگهداری شود زیرا:
۱ سرب اکسید تبخیر می‌شود که این امر باعث موارد زیر می‌شود:
الف)تغییر آنالیز شیشه و کدر شدن شیشه تولیدی می‌شود.
ب) بخارات سرب اکسید وارد محیط شده که منجر به آلودگی زیست محیطی می‌شود.
۲ احیا شدن سرب، یعنی سرب اکسید به فلز سرب تبدیل می‌شود که فلز سرب خواص شیشه ای ندارد. اکسیدهای سربی که به فلز سرب تبدیل می‌شوند به‌صورت براده‌های فلز سرب در نمونه شیشه تهیه شده وجود دارند. به دلیل این تبدیلات به شدت کیفیت شیشه کاهش می‌یابد حتی چنانچه این تبدیلات از حدی بیشتر شود مذاب اصلاً تبدیل به شیشه نمی‌شود.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۵ صفحه ۵۴ در مورد تهیهٔ مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا و بی‌رنگ کننده است. لازم است هنرجویان آمیزی مشابه کارعملی ۴ صفحهٔ طبق همین پودمان آماده کنند، سپس مواد بی‌رنگ‌کنندهٔ شیمیایی (آرسنیک اکسید یا آنتیموان اکسید یا منگنز اکسید) تا ۰/۵ درصد و فیزیکی (کبالت اکسید، کبالت کربنات، کبالت سیلیکات، سلنیم اکسید، سلنیم کربنات) مجموعاً ۰/۰۱ الی ۰/۰۳ درصد اضافه شود و پس از آماده‌سازی با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب شود.

تذکر

درصد بی‌رنگ‌کننده‌های فیزیکی و منگنز اکسید باید بسیار کمتر از بی‌رنگ‌کننده‌های شیمیایی باشد تا باعث ایجاد رنگ در شیشه نشوند.
این آمیز در محدوده دمایی ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

در صفحات ۵۵ الی ۵۷ و شکل‌های ۱۶الی ۲۲ اجزا مختلف کوره‌های پیوسته مجهز به سامانهٔ بازیافت حرارتی (ریکوپراتوری و ریجنراتوری) توضیح داده شده است این دو مدل کوره از لحاظ اجزا داخلی مشابه هم بوده و تنها تفاوت آنها فقط در سامانه‌های بازیافت حرارتی است.
متناسب با ظرفیت تولید مذاب، حجم و ابعاد کوره‌ها (اجزا داخلی و خارجی کوره) طراحی و ساخته می‌شوند.

دانش افزایی

قسمت‌های مختلف کوره‌های شیشه و وظایف آنها:

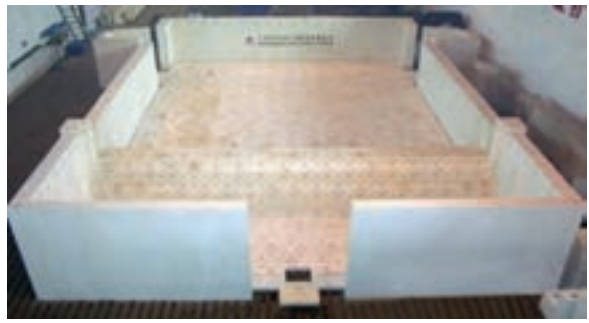
۱ **دریچه بارریز** (Dog house): در ابتدای مخزن ذوب کوره در ارتفاع کمی بالاتر از سطح مذاب قرار دارد که از این محل آمیز به درون مخزن ذوب ریخته می‌شود و ابعاد آن بستگی به ظرفیت تولید مذاب کوره دارد.

در کوره‌های تولید بطری و شیشه‌های ظروف به صورت دریچه‌ای مربعی مشابه دهانه‌های کانال کولر که در دیوار پهلو و یا پشت مخزن ذوب واقع شده است وجود دارند. این دریچه در کوره‌های تولید شیشه تخت که تولید بالاست (کوره‌های با ظرفیت ۶۰۰ تا ۸۵۰ تن) در دیوار پشت (عرض) مخزن ذوب، به اندازه عرض کوره واقع شده است.

۲ **مخزن ذوب** (Tank melting): حوضچه‌ای است که به کمک حرارت‌های تولیدی مشعل‌ها در آن واکنش‌های ذوب رخ داده و آمیز کاملاً ذوب می‌شودو ابعاد آن بستگی به ظرفیت کوره دارد.

۳ **دیوارحایل** (محافظ یا سایبان) (Bridge wall): دیواری است که ما بین مخزن ذوب و مخزن تصفیه قرارگرفته و این دو مخزن را از هم جدا می‌کند. علاوه بر وظیفه جدا کردن این دو مخزن از هم، این دیوار وظایف زیر را نیز دارد:

۱ از ورود مواد ذوب نشده یا سنگ‌های احتمالی و کف موجود در مذاب به مخزن تصفیه جلوگیری می‌کند.



دیوار حایل

۲ از انتقال حرارت مخزن ذوب به مخزن تصفیه جلوگیری می‌کند.

۴ **گلوگاه** (Throat): کانالی است که در دیوار حایل تعبیه شده است تا از طریق آن، مذاب از مخزن ذوب به مخزن تصفیه منتقل شود. گلوگاه علاوه بر انتقال مذاب دو نقش دیگر نیز ایفا می‌کند:

۱ باعث افت دمایی حدود ۲۰۰ درجه سیلسیوس با دمیدن هوا به درون مذاب

می‌شود که به فرایند حباب زدایی کمک می‌کند.
۲ کم کردن ارتفاع مذاب و ایجاد جریان کنوکسیونی در مذاب که به فرایند حباب‌زدایی کمک‌می‌کند.
۵ **مخزن تصفیه** (Refiner): مخزنی است که با تلاطم و جریان کنوکسیونی که به خاطر عبور مذاب از گلوگاه در مذاب پدید می‌آید و همچنین راکد گذاشتن و زمان دادن به مذاب وحتی کاستن کمی از دمای مذاب در آن شرایطی مهیا می‌شود تا مذاب تصفیه (حباب‌زدایی) و همگن شود.

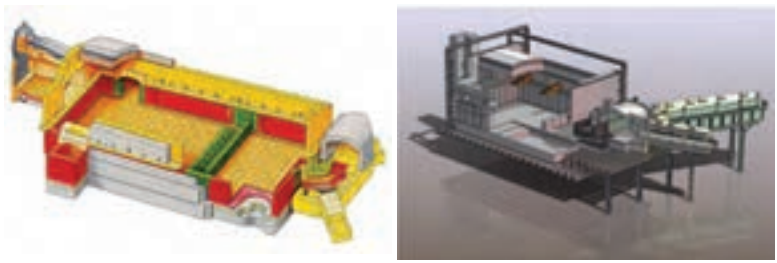
نکته

در بعضی از کارخانجات شیشه در مخزن تصفیه از همزن مکانیکی برای تصفیه و همگن کردن مذاب بهره می‌گیرند.

۶ **کانال ایجاد شرایط حرارتی** (Fore hearth)
کوره‌هایی که برای تولید شیشه ظروف یا بطری طراحی می‌شود در انتهای مخزن تصفیه به کانال‌هایی متصل می‌شوند که مذاب را به سمت دستگاه‌های شکل دهی هدایت می‌کند که براساس تعداد خطوط شکل دهی کارخانه این کانال‌ها ساخته می‌شوند.
ساختمان این کانال از دوقسمت تشکیل می‌شود:
۱ در قسمت اول کانال با روباز گذاشتن کانال یا دمیدن هوا به مذاب، گرانروی مذاب برای شکل دهی تنظیم می‌شود.
۲ در قسمت دوم با ایزوله کردن کانال گرانروی مذاب را ثابت نگه داشته وکم کم مذاب به دستگاه لقمه‌گیر ریخته می‌شود.

نکته

کوره‌های تولید شیشه تخت فاقد کانال شرایط حرارتی می‌باشد و تنظیم گرانروی مذاب در انتهای مخزن تصفیه انجام می‌شود.
محدودهٔ گرانروی مذاب شیشه‌ها برای شکل‌پذیری مناسب 10^{4} تا $10^{7/6}$ پواز است.



کوره با کانال تنظیم گرانروی (فورهارت)

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۵ صفحهٔ ۵۴ تهیه مذاب شیشه بور و سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا و بی‌رنگ‌کننده است. هنرجویان باید آمیزی مشابه کارعملی ۵ همین پودمان آماده کنند، سپس مواد بی‌رنگ‌کننده شیمیایی (آرسنیک اکسید یا آنتیموان اکسید یا منگنز اکسید) تا ۰/۵ درصد و بی رنگ کننده فیزیکی (کبالت اکسید، کبالت کربنات، کبالت سیلیکات، سلنیم اکسید، سلنیم کربنات) مجموعاً ۰/۰۱ الی ۰/۰۳ درصداضافه می‌شود و پس از آماده‌سازی با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب انجام می‌شود.

نکته

درصد بی رنگ‌کننده‌های فیزیکی و منگنز اکسید از بین بی رنگ‌کننده‌های شیمیایی باید بسیارکم باشد تا باعث ایجاد رنگ در شیشه نشوند.
این آمیز در محدوده دمایی ۱۱۰۰ تا۱۲۰۰درجه سلسیوس ذوب می‌شود.

لازم است هنرآموزان نکات زیر را به هنرجویان یادآوری کنند:
الف) مقداری آمیز درون بوته بریزید که تقریباً نصف حجم بوته خالی باشد و سرعت حرارت دادن در مرحله اولیه آهسته باشد:

۱ زیرا بوراکس در ابتدای مرحله حرارت دادن افزایش حجم زیادی دارد.
۲ به دلیل اینکه آب ساختاری زیادی از آمیز خارج می‌شود باعث پاشیدن آمیز به بیرون از بوته نشود.
۳ در ابتدای فرایند ذوب شدن آمیز کف می‌کند.

ب) هنگامی که آمیز کاملاً ذوب شد مذاب را در حرارت نگه ندارید زیرا باعث می‌شود بور اکسید تبخیر شود و این امر باعث تغییر آنالیز شیشه و کدر شدن آن می‌شود.

در جدول ۸ صفحهٔ ۵۸ عوامل اصلی مؤثر بر سرعت ذوب و ظرفیت تولید به‌صورت مختصر بیان شده است.
هنر آموز محترم علاوه بر عوامل مطرح شده دراین جدول عوامل دیگری نیز برسرعت ذوب وظرفیت تولید مذاب تأثیر گذارند که شامل موارد زیر است:

۱ دمای کوره
۲ نوع کوره
۳ نوع شیشه
۴ آمیز شیشه
۵ رنج دانه‌بندی آمیز
۶ درصد و اندازه خرده شیشه‌ها
۷ میزان همگنی آمیز (میزان تفکیکی آمیز)

۸ نحوه بارگیری آمیز (نحوه ریختن آمیز به درون کوره)
۹ شعلهٔ مشعل‌ها

۱ دمای کوره

مؤثرترین عامل در سرعت ذوب و تشکیل مذاب ، دما است. هر چقدر بتوان دما کوره را افزایش داد زمان برای ذوب شدن آمیز کاهش یافته و در نتیجه سرعت ذوب افزایش می‌یابد

۲ نوع کوره

سیستم بازیافت حرارت کوره عمده‌ترین عامل در میزان دما و حجم حرارت است در بین کوره‌های صنایع شیشه کوره‌های ریجنراتوری که دارای چکرهای پهلوگذر هستند بالاترین بازدهی حرارت را دارند که تأثیر مستقیم بر عملیات ذوب و در نهایت باعث افزایش سرعت ذوب می‌شود. کوره‌های ریکوپراتوری در مقایسه با ریجنراتوری سرعت ذوب شان پایین‌تر است. کمترین سرعت ذوب را کوره‌های روزکار دارند.

۳ نوع شیشه

به ترتیب شیشهٔ سربی و سپس سودالایم بیشترین و شیشه بوروسیلیکاتی کمترین سرعت ذوب را دارد. دمای ذوب، گرانروی مذاب و هدایت حرارتی مذاب شیشه تأثیر مستقیم بر سرعت ذوب دارند.

۴ آمیز شیشه

چنانچه درآمیز شیشه‌ای درصد Al_2O_3 و SiO_2 کم و درصد اکسیدهای دگرگون ساز زیاد باشد باعث افزایش سرعت ذوب می‌شود.

۵ محدودهٔ دانه بندی آمیز

در صورتی که اندازهٔ دانه اجزای آمیز نزدیک به هم و به ویژه در محدودهٔ مش ۴۰ تا ۶۰ باشد، همگنی افزایش می‌یابد و ذوب شدن آمیز سریع تر انجام می‌شود.

۶ درصد و اندازهٔ خرده شیشه

تمامی کارخانجات شیشه به آمیزحدود ۱۵ تا ۳۵ درصد و حداکثر ۴۰ درصد خرده شیشه اضافه می‌کنند که نقش کمک ذوب را دارند.

اندازه خرده شیشه‌ها باید خیلی درشت‌تر از اندازه سایر مواد اولیه آمیز باشد.

در بسیاری از کارخانجات سایز خرده شیشه مش ۶ تا ۲۰ در نظر گرفته می‌شود تا مذاب سرعت ذوب مطلوبی داشته باشد.

۷ میزان همگنی آمیز

باید در فرایند آماده‌سازی آمیز(واحد بچ پلانت) و انتقال آن تا هنگام ریختن در مخزن ذوب به گونه‌ای فرایند انجام شود تا هیچ گونه تفکیک و ناهمگنی در آمیز صورت نگیرد. چنانچه آمیز ورودی به مخزن ذوب کاملاً همگن باشد سرعت ذوب افزایش می‌یابد.

۸ نحوهٔ شارژآمیز

ریختن آمیز به درون مخزن ذوب کوره باید به صورتی باشد که شرایط زیر در آن

ایجاد شود:
۱ گرد و غبار ایجاد نشود.
۲ باعث تفکیک آمیز نشود.
۳ باعث ایجاد سنگ نشود.
عملیات ریختن آمیز به درون کوره به صورت مرحله به مرحله، مداوم و براساس میزان ظرفیت خروج مذاب از کوره انجام می‌گیرد. ریختن مقطعی مواد به گونه‌ای است که فرصت داده می‌شود تا مواد کمی حرارت ببینند و ذوب اولیه صورت گیرد که این امرباعث می‌شود مواد به هم نچسبند و از تشکیل سنگ جلوگیری شود.

نکته

چنانچه فرایند ذوب شدن آمیز به خوبی انجام نشود مواد در حالت خمیری به هم چسبیده و تکه‌ای سنگ مانند ایجاد می‌شود.

روش‌های شارژ آمیز به درون کوره
۱ مارپیچی
۲ قالیچه‌ای
۳ فشاری

۹ شعلهٔ مشعل‌ها
مشعل‌ها با زاویهٔ کمی بالاتر از سطح مذاب در دیوار مخزن مذاب قرار می‌گیرند تا بیشترین انتقال حرارت به درون مذاب انجام شود.
برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد عوامل مؤثر بر سرعت ذوب و ظرفیت تولید مطالعه مجموعه سه جلدی شالوده صنعت شیشه، ناشر شرکت شیشه قزوین پیشنهاد می‌شود.
صفحهٔ ۵۹

کنجکاوی

۱ خرده شیشه‌ها در مرحلهٔ اولیهٔ ذوب، بستری(قطرانی) از مذاب به‌وجود می‌آورند تا ذرات آمیز درون آن ذوب شوند(نقش کمک ذوبی بیشتر) و همچنین باعث کاهش گرانروی مذاب می‌شود.
۲ عموماً در کارخانه‌ها با تغییرات اندازهٔ خرده شیشه و بررسی میزان تأثیر آنها بر روی سرعت ذوب، بهترین رنج اندازه آن را تعیین می‌کنند. (تا حدی اندازه‌ها متفاوت و متغیر است).
(در خیلی از کارخانجات سایز خرده شیشه را مش ۶ الی ۲۰ در نظر می‌گیرند).

بیشتر بدانید

صفحهٔ ۵۹ در برخی کوره‌ها، از اکسیژن به‌جای هوا برای سوختن مشعل‌ها استفاده می‌شود. به دلیل اینکه هوا از اکسیژن تشکیل شده است بلکه ترکیبی از گازهای مختلف است. در حالی که فقط اکسیژن خالص باعث افزایش راندمان احتراق و حتی کم شدن حجم گازهای خروجی (دود) (در کوره‌ها با خارج کردن گازهای حاصل از احتراق میزان زیادی کالری گرمایی به هدر می‌رود) و تصفیه مناسب‌تر شیشه می‌شود.
درکارخانه‌های تولید شیشه‌های با ارزش مانند اپال، سرنگ ،عدسی و .... از اکسیژن برای احتراق مشعل‌ها استفاده می‌شود.

شکل ۲۴ و متن صفحهٔ ۵۹: کوره‌های الکتریکی که در صنایع شیشه به‌خصوص شیشه‌های اپال ،اپتیک و شیشه‌های خاص کاربرد دارند نشان می‌دهد. این کوره‌ها از جفت، جفت الکترود (بوستر) که یکی نقش آند (منفی) و دیگری نقش کاتد (مثبت) و آمیز شیشه که به عنوان مقاومت مابین این دو ایفا نقش می‌کند تشکیل شده‌اند. میدان الکتریکی که بین الکترودها به‌وجود می‌آید باعث بالا رفتن دما و ذوب شدن آمیز می‌شود.
امروزه علاوه بر بعضی از شرکت‌های تولیدی مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاهی از این نوع کوره‌ها برای تولید شیشه استفاده می‌کنند.
این کوره‌ها برای تولید حجم مذاب کم و سرعت بالای ذوب بسیار مطلوب می‌باشند.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۶۰ کار عملی۶: این فعالیت دربارهٔ تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا، بی‌رنگ و رنگ‌کننده است. باید هنرجویان آمیزی مشابه کارعملی ۵ صفحه ۵۴ همین پودمان آماده کنند سپس به آن ۱ الی ۵ درصد اکسید رنگی یا رنگ‌دانه اضافه کرده پس از آماده‌سازی با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب کنند.
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شود.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۶۱ کار عملی۷: در این فعالیت تهیه مذاب شیشه سیلیکاتی حاوی مواد حباب زدا و احیایی‌کننده خواسته شده است. آمیزی مشابه کارعملی ۴ صفحه ۵۱ همین پودمان هنرجویان آماده کنند سپس به آن ۵ الی ۱۰ ٪ مواد حاوی کربن مانند (ضایعات لاستیک و پلاستیک یا روغن سوخته یا زغال چوب) اضافه کرده و پس از آماده‌سازی با کوره‌های موجود در هنرستان ذوب کنند.
این آمیز در محدودهٔ دمایی ۱۱۰۰ الی ۱۲۰۰درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شود.

تذکر

۱ به هیچ وجه ازکورهٔ الکتریکی برای ذوب آمیز حاوی مواد احیایی کننده استفاده نشود زیرا اتمسفر احیایی باعث از بین رفتن المنت‌های کوره می‌شود.
۲ اگر هنگام عملیات ذوب کردن آمیز مواد احیایی کننده سوخته از آمیز خارج می‌شوند می‌توانید در همان مرحله دوباره این مواد را اضافه کنید.
۳ در مرحلهٔ ذوب کردن آمیز میزان هوای ورودی کوره را کاهش دهید.

ارزشیابی نهایی

شرح کار:
۱ـ تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی، بوروسیلیکاتی و سربی
۲ـ تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد حباب‌زدا
۳ـ تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد بی‌رنگ‌کننده
۴ـ تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد رنگ‌کننده
۵ـ تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد احیاکننده

استاندارد عملکرد:
ساخت مذاب شیشه با توجه به فرمولاسیون، محاسبهٔ مقدار مواد حباب‌زدا، رنگی‌کننده و بی‌رنگ‌کننده، همگن‌سازی مذاب.
شاخص‌ها:
تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی، بورسیلیکاتی و سربی
تهیه مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد حباب‌زدا بی‌رنگ‌کننده، مواد رنگ‌کننده و یا احیاکننده

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
مکان: کارگاه استاندارد ذوب شیشه
ابزار و تجهیزات: مواد اولیهٔ آمیز شیشه، کوره گازی یا الکتریکی ذوب شیشه، بوته ذوب شیشه، انبر، بوته، دستکش نسوز، ماسک، عینک ضد اشعه و لوازم حفاظت فردی، لباس کار

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	تهیهٔ مذاب شیشه‌های سیلیکاتی	۲	
۲	تهیهٔ مذاب شیشه‌های بوروسیلیکاتی	۱	
۳	تهیهٔ مذاب شیشه‌های سربی	۱	
۴	تهیهٔ مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد حباب‌زدا	۱	
۵	تهیهٔ مذاب شیشه‌های سیلیکاتی حاوی مواد بی‌رنگ‌کننده، و احیاکننده	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		*

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

فصل سوم

شکل‌دهی شیشه

شکل‌دهی شیشه

تصویر صفحهٔ ورودی این پودمان شکل دهی شیشه بطری به روش دمش ـ دمش را نشان می‌دهد.

تصویر ورودی پودمان سوم

در صفحهٔ ۶۵ انواع روش‌های شکل دهی شیشه‌ها آمده است که در ادامه هر یک از این روش‌ها توضیح داده شده است. هنرآموز محترم به کمک تصاویر روش‌های شکل‌دهی شیشه را معرفی کند. در این صفحه هنرجو انواع روش‌های تولید شیشه را می‌شناسد و به کمک تصاویر و توضیحات هنرآموز انگیزه لازم برای آموزش و کسب مهارت آن را کسب می‌کند.

شکل‌دهی شیشه به روش دستی

شکل‌دهی شیشه به روش دستگاهی

صفحه ۶۵ با توضیح تولید شیشه به روش دستی با تصاویر محصولات مختلف این روش‌ها آغاز شده است. در این قسمت هنرآموز محترم می‌تواند توضیحات کلی درباره شیشه‌گری دستی به هنرجویان به این صورت ارائه دهد که در این روش مذاب شیشه به صورت لقمه از کوره برداشته می‌شود و با میله توخالی و ابزارهای دیگر شکل دهی انجام می‌شود. پیشنهاد می‌شود از هنرجویان بخواهید که آنچه از این روش می‌دانند را بیان کنند.
به منظور کسب اطلاعات بیشتر درباره تولید شیشه به روش دستی به کتاب «شیشه‌گری دستی در ایران» نوشته حسین یاوری مراجعه کنید. همچنین پیشنهاد می‌شود که از فیلم آموزشی استفاده کنید.

جدول ۱ صفحهٔ ۶۷: شیشه‌گری به روش دستی به ابزارهای ساده ای نیاز دارد که شیشه‌گر با مهارت و توانایی خود به شکل‌دهی مذاب شیشه می‌پردازد. انواع ابزارهای شیشه گری با تصویر در جدول ۱ آمده است و توضیحاتی درباره جنس و کاربرد آن نیز شرح داده شده است. هنرجویان در این قسمت با مهم‌ترین و کاربردی‌ترین ابزارها در شیشه‌گری شامل میله دم، قیچی، کاردک و تخته کار آشنا می‌شوند، در صورت امکان ابزارها به کلاس آورده شوند و به‌صورت عملی به هنرجویان نشان داده شوند.

جدول ۱ــ انواع ابزارهای شیشه‌گری دستی

نام ابزار	تعریف و کاربرد ابزار	تصویر
لولهٔ 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 تختهٔ چوبی یا گرافیتی ساخته شده و در مواردی مانند شکل دادن و کنترل پایه ظروف مورد استفاده قرار می‌گیرد.	

جدول ۲ صفحه ۶۸ : هنرآموز محترم هنگام تدریس حتماً بر این نکات ایمنی تأکید کند زیرا در شیشه‌گری دستی دمای مذاب و کوره بسیار بالاست بنابراین نیاز است که هنرجویان به اهمیت نکات ایمنی پی‌ببرند. به دلیل اهمیت این موضوع تجهیزات ایمنی در جدول ۲ آمده است. لازم است که هنرآموز محترم اهمیت ایمنی و خطرات احتمالی در هنگام کار با مذاب را به طور کامل بیان کند. از جمله این خطرات: سوختگی دست و لباس و آسیب به چشم در اثر حرارت و نور کوره است. همچنین احتمال ریختن مذاب بر روی بدن یا سطح کوره از دیگر مواردی است که باید هنرجویان به آن توجه کنند.

جدول ۲ــ وسایل ایمنی مورد نیاز در شیشه‌گری

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

صفحه ۶۸ و ۶۹: در این قسمت مراحل اصلی شیشه‌گری دستی به روش دمیدن به کمک تصاویر آن و نکات تکمیلی آمده است.

لازم است هنرجو شیوهٔ کار با میله دم و شیوه به‌کارگیری سایر ابزارهای شیشه‌گری در روش دمیدن را فراگیرد. هم‌چنین اهمیت ایجاد گوی اول و افزایش قطر گوی به صورت مرحله‌ای را یاد گیرد. جهت تکمیل فرایند آموزش پیشنهاد می‌شود از فیلم آموزشی شیشه‌گری دستی که برروی سایت رشد به آدرس www.Roshd.ir بارگذاری شده است استفاده کنید.

شیشه‌گری به روش دمیدن

مراحل شیشه‌گری به روش دمیدن به شرح زیر است:

برداشتن مذاب از کوره با میله دم: مهم‌ترین وسیلهٔ شیشه‌گری دستی لوله‌ای

ایجاد گوی اول بر روی میله دم

توخالی است که به آن «دم» گفته می‌شود و برای برداشتن مذاب شیشه از داخل کوره مورد استفاده قرار می‌گیرد بار فرو بردن و چرخاندن دم داخل مذاب شیشه، مقدار موردنظر از 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، به‌دست می‌آید.

صفحهٔ ۷۰: در این قسمت شکل‌دهی مذاب شیشه در روش دمیدن تکمیل می‌شود که توضیحات آن به صورت مرحله‌ای به کمک تصاویر آمده است. هنرآموز محترم در این قسمت توضیح دهد که پس از ایجاد گوی اول باید مذاب شیشه به خوبی بر روی میز کار غلتانده شود تا کاملاً همگن و شکل‌دهی کامل شود.

شکل‌دهی گوی شیشه‌ای: پس از حرارت‌دهی مجدد، با توجه به ابعاد و شکل قطعهٔ موردنظر درون میلهٔ دم دمیده می‌شود تا گوی کره‌ای شکل به‌وجود آید. سپس مذاب به کمک انبر یا چرخاندن بر روی تختهٔ کار شکل داده می‌شود.

شکل‌دهی گوی با کمک ابزار

گفت‌وگو کنید

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

گفت‌وگو کنید صفحهٔ ۷۰:

به منظور توجه و درک اهمیت انتخاب جنس میزکار دربارهٔ جنس میزکار سؤال طرح شده است. مذاب شیشه دمای بالایی دارد و قرارگیری بر روی میزکار چوبی یا پلاستیکی باعث سوختن و چسبیدن مذاب به آن می‌شود. مناسب‌ترین تختهٔ کار برای شیشه‌گری میزهای فلزی از جنس چدن یا استیل است.

نکته صفحه ۷۰: پس از شکل دهی شیشه مراحلی شامل ایجاد تزئینات و جدا کردن شیشهٔ شکل دهی شده از میله و انتقال آن به گرمخانه انجام می‌شود. در این قسمت به‌طور مختصر توضیحاتی دربارهٔ گرمخانه و علت قرار دادن شیشه‌ها درون آن آمده است. لازم به ذکر است که در پودمان بعدی گرمخانه‌و تنش‌زدایی شیشه‌ها توضیح داده می‌شود.

قرارگیری شیشه در گرمخانه

تحقیق کنید

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

تحقیق کنید صفحهٔ ۷۱: در کارگاه شیشه‌گری افراد زیادی مشغول به‌کار هستند که هر یک با توجه به مهارت و توانایی خود مسئولیتی در شیشه گری به عهده دارند. به منظور آشنایی هنرجویان با افراد و مسئولیت‌های آنان در کارگاه شیشه‌گری و هم‌چنین یادگیری روش تحقیق و پژوهش این پرسش بیان شده است.

کارگران وردست معمولاً وظایفی نظیر آماده‌سازی گوی اول، برداشتن مذاب اولیه از کوره، جدا کردن شیشه از واگیره و انتقال شیشه‌های شکل دهی شده به گرمخانه را بر عهده دارند.

پس از آماده شدن گوی اول توسط کارگران وردست میله دم به صنعتگر داده می‌شود. گِردی گوی اول به صنعتگر کمک می‌کند تا مقدار شیشه‌ای که در مرحله دوم بر می دارد در تمام نقاط دارای قطر مساوی بوده و شیء‌ای که ساخته می‌شود در تمام نقاط قطر یکسان داشته باشد.

سپس میله دم به استاد کار داده می‌شود. استادکار وظیفهٔ شکل دهی گوی آماده شده و ایجاد شکل مورد نظر را دارد. مهارت استادکار در این زمینه بسیار مورد توجه و مهم است.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۷۱: به منظور کسب مهارت شیشه‌گری به روش دمیدن فعالیت کارگاهی مطرح شده است. هنرآموز محترم می‌تواند این فعالیت را هنگام بازدید از کارگاه شیشه‌گری اجرا و آموزش دهد.
در این قسمت توجه به نکات ایمنی و بیان دقیق آنها مورد توجه قرار دارد.

فعالیت کلاسی

صفحهٔ ۷۲: در این قسمت به منظور تثبیت یادگیری مراحل روش شیشه گری دستی به روش دمیدن فعالیت کلاسی مطرح شده است. در این فعالیت باید هنرجو به کمک تصاویر نوع فعالیت در هر مرحله را مشخص کند. پاسخ این فعالیت به شرح زیر است:

تصویر	توضیحات
	دمیدن در گوی
	قاشقی کردن گوی
	شکل دادن و پرداخت دهانه

صفحهٔ ۷۳: به کمک تصاویر روش دمیدن در قالب به روش دستی توضیح داده شده است و برخی از محصولات شکل‌دهی شده با این روش نشان داده شده است. این روش مشابه روش دمیدن است تنها تفاوت آن است که استادکار گوی را درون قالب قرار می‌دهد و سپس در میله دم می‌دمد. در این صورت گوی متقارن‌تری به‌دست می‌آید.
هنرجو باید تفاوت روش دمیدن و روش دمیدن در قالب به روش دستی را درک کند و با محصولات این روش آشنا شود.

مراحل شکل‌دهی به روش دمیدن در قالب در زیر آمده است:
در ابتدا گوی شیشه‌ای با روش دمیدن ایجاد می‌شود.
گوی ایجاد شده در قالب قرار داده می‌شود. سپس درون میلهٔ دم می‌دمند تا مذاب شیشه شکل قالب به خود بگیرد هم‌زمان فرد دیگری وظیفه باز و بسته کردن قالب را به عهده دارد.

نکته

صفحهٔ ۷۳: در این صفحه شیوهٔ دمیدن درون قالب توضیح داده شده است و نکات تکمیلی در زمینه آغشته کردن قالب با آرد یا گازوئیل به منظور نچسبیدن مذاب به درون قالب توضیح داده شده است. شکل ۱۲ شعله ور شدن قالب در هنگام تماس مذاب با قالب را نشان می‌دهد. در این صفحه هنرجو شیوهٔ دمیدن درون قالب در روش دمیدن در قالب به روش دستی را فراگیرد و به کمک تصاویر و فیلم‌های آموزشی نحوهٔ دمیدن در قالب و نقش کارگر وردست در باز و بسته کردن قالب را درک کند.همچنین اهمیت افزودن آرد یا گازوئیل به قالب در این روش، توضیح داده شود.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۷۴: به منظور کسب مهارت شیشه‌گری به روش دمیدن در قالب فعالیت کارگاهی مطرح شده است. هنرآموز محترم می‌تواند این فعالیت را در هنگام بازدید از کارگاه شیشه‌گری اجرا کند.
در هنگام انجام کار عملی بر توجه به نکات ایمنی و الزام رعایت آنها توسط هنرجویان تأکید شود.

فعالیت کلاسی

صفحهٔ ۷۴: به منظور درک بهتر شباهت و تفاوت‌های روش دمیدن ودمیدن در قالب و تثبیت یادگیری این فعالیت کلاسی مطرح شده است.
شباهت‌ها و تفاوت‌های روش دمیدن و دمیدن در قالب به روش دستی در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴

شباهت‌ها	تفاوت
مراحل ایجاد گوی اول، افزایش قطر گوی، قاشقی کردن بار	در روش دمیدن با غلتاندن گوی بر روی تخته کار و دمیدن و به کمک انبر و سایر ابزارهای شیشه‌گری شکل‌دهی انجام می‌شود اما در روش دمیدن در قالب گوی ایجاد شده با دمیدن درون قالب شکل‌دهی می‌شود.

صفحهٔ ۷۵: به‌صورت مرحله‌ای فرایند شیشه‌گری به روش دمیدن در قالب به‌روش نیمه‌دستی توضیح داده شده است. در این روش توسط پرس بادی لقمه مذاب شکل‌دهی می‌شود. هنرآموز محترم در این قسمت به خوبی تفاوت این روش را با روش دمیدن در قالب به روش دستی تبیین کند. در این روش به جای آن که شیشه‌گر درون قالب بدمد توسط پمپ هوا لقمه مذاب به شکل قالب در می‌آید.

قالب پرس بادی

صفحهٔ ۷۵: توضیحاتی دربارهٔ روش شیشه‌گری با شعله ذکر شده و مهم‌ترین وسایل و ابزارهای این روش آمده است.
همان‌طور که در نکتهٔ صفحهٔ ۷۶ آمده است هنرآموز محترم تأکید کند که هر نوع لولهٔ شیشه‌ای قابلیت شیشه‌گری با شعله را ندارد و حتماً باید جنس لولهٔ شیشه‌ای پیرکس باشد.

انواع مشعل‌های شیشه‌گری با شعله

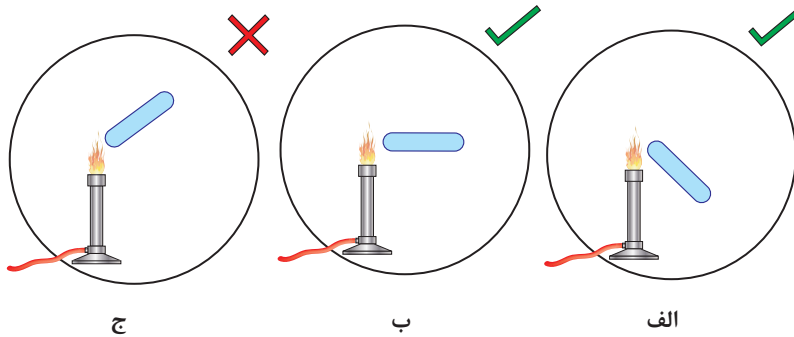
نکته

جنس لولهٔ شیشه‌ای که در روش شیشه‌گری با شعله به‌کار می‌رود اهمیت دارد و معمولاً از جنس بوروسیلیکاتی (پیرکس) است. زیرا از لحاظ گرانروی ایجاد شده راحت‌تر می‌توان شکل‌دهی را انجام داد.

صفحه ۷۶: در ابتدای مطلب شیشه‌گری با شعله تصاویری از محصولات این روش نشان داده شده است تا انگیزه لازم برای یادگیری این درس ایجاد شود. در این قسمت پیشنهاد می‌شود که دربارهٔ انواع محصولات شیشه‌گری با شعله که بیشتر محصولات هنری و آزمایشگاهی هستند توضیحاتی بیان شود که این محصولات در بازار مورد توجه قرار دارند.

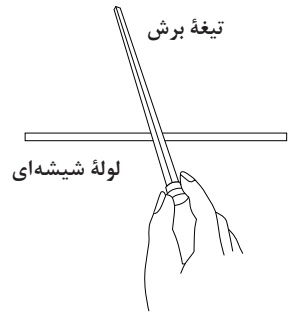
برخی از محصولات شیشه‌گری با شعله

شکل ۱۷ صفحه ۷۷: هنرآموز می‌تواند با کمک تصاویر شیوهٔ صحیح قرارگرفتن لولهٔشیشه‌ای در مقابل شعله را آموزش دهد. شیوهٔ گرفتن لوله‌ای شیشه‌ای نباید به‌صورتی باشد که حرارت از درون لوله به دست برسد. در قسمت ج شیب قرارگیری لولهٔ شیشه‌ای به سمت بالا است که منجر به عبور حرارت و رسیدن آن به دست می‌شود اما در قسمت الف و ب می‌توان با ایمنی بیشتری شکل‌دهی را انجام داد.

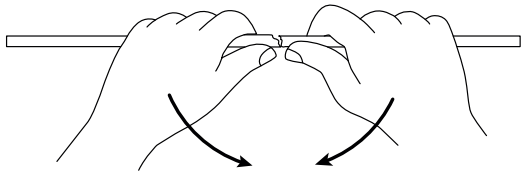


نحوهٔ قرارگیری لولهٔ شیشه‌ای در روش شیشه‌گری با شعله

در شکل ۱۸ شیوهٔ برش لولهٔ شیشه‌ای نشان داده شده است. پیشنهاد می‌شود که با فراهم کردن نمونه‌ای از لوله شیشه‌ای این روش به‌صورت عملی آموزش داده شود.



۱ــ روی دیوارهٔ لوله شیشه‌ای به کمک تیغه خط یا شیاری ایجاد کنید.



۲ــ انگشتان دو دست خود را در دو طرف شیاری که در مرحله قبل ایجاد کرده بودید قرار دهید. انگشتان خود را بچرخانید تا برش ایجاد شود.

شیوهٔ برش لولهٔ شیشه‌ای برای شیشه‌گری با شعله

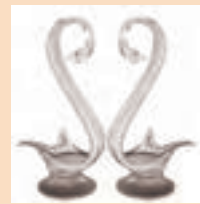
فیلم

صفحهٔ ۷۹: به منظوردرک بهتر و تسلط بیشتر روش شیشه‌گری با شعله فیلم آموزشی درنظر گرفته شده است. از هنرجویان بخواهید در هنگام نمایش فیلم مراحل شکل‌دهی در فیلم را یادداشت کنند و در انتهای فیلم سؤالاتی مطرح کنید. به عنوان مثال سؤالات زیر پیشنهاد می‌شود:

- شیشه‌گر از چه وسیله‌ای برای شکل‌دهی شیشه استفاده کرد؟
- چگونه شیشه‌گر دسته‌هایی برای میله شکل داد؟
- چگونه شیشه‌گر ظرف را تزیین کرد؟

فعالیت کلاسی

صفحهٔ ۸۰: در این قسمت هنرجو باید با توجه به تصاویر، مطالب و کارهای عملی روش‌های شکل‌دهی مناسب برای هر نوع محصول را تعیین کند.

محصول	روش شکل‌دهی
	روش دمیدن یا شیشه‌گری با شعله
	روش دمیدن در قالب نیمه‌دستی
	روش دمیدن یا روش شیشه‌گری با شعله

بیشتر بدانید

صفحهٔ ۸۰: شیشه‌گری دستی در کشورما دارای سابقه طولانی است که این موضوع را می‌توان از محصولات متنوعی که از دوره‌های باستانی کشف شده است دریافت. به منظور آشنایی و ایجاد ذهنیت درباره قدمت شیشه‌گری در کشورمان به‌صورت بیشتر بدانید تاریخچه مختصری به همراه تصاویری از ظروف شیشه‌ای کشف شده آمده است تا هنرجو پس از مطالعه بیشتر بدانید و توضیحات هنرآموز ذهنیتی درباره تاریخچه شیشه‌گری در ایران کسب کند.

صفحهٔ ۸۱: به منظور درک روش‌های شیشه‌گری و آشنایی هنرجویان با محیط کارگاه‌های شیشه‌گری در این قسمت بازدید از این کارگاه‌ها در نظر گرفته شده است تا از این فرصت برای آموزش و کسب مهارت استفاده شود. از هنرجویان بخواهید که مراحل و وظایف افراد در این کارگاه را یادداشت کنند و گزارشی به کلاس ارائه دهند.

صفحهٔ ۸۱: تصاویری از محصولات شیشه‌ای تولید شده به روش دستگاهی آورده شده تا هنرجو درک کند که روش تولید بیشتر محصولات شیشه‌ای با روش دستگاهی انجام می‌شود و نمی‌توان دقت و کیفیت مناسب برای این محصولات را با روش دستی به‌دست آورد.

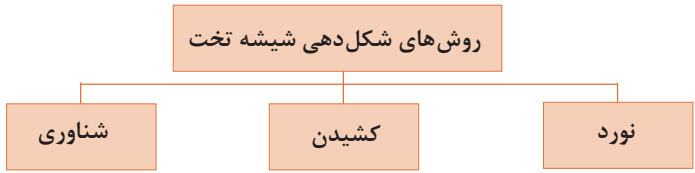
الف

ب

ج

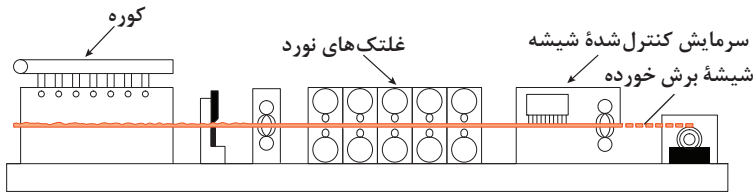
در این صفحه توضیحات کلی دربارهٔ روش دستگاهی آمده است و مهم‌ترین محصولات تولید شیشه به روش دستگاهی شامل شیشه‌های تخت و ظروف شیشه‌ای معرفی شده است.

صفحهٔ ۸۲: مهم‌ترین روش‌های تولید شیشه تخت در نمودار آمده است تا هنرجو به کمک نمودار با مهم‌ترین روش‌های تولید شیشه تخت آشنا شود. امروزه روش‌های کشیدن و نورد کاربرد چندانی ندارد و روش شناوری عمده ترین روش در تولید شیشه‌های تخت است.



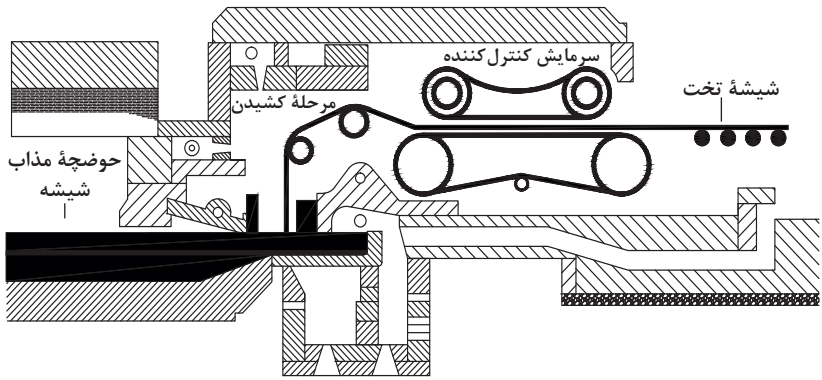
نمودار ۲

صفحهٔ ۸۲: تولید شیشه به روش نورد توضیح داده شده است که از قرارگیری مذاب شیشه بین غلتک‌ها شکل‌دهی انجام می‌شود. شیشهٔ تخت تولید شده با این روش معمولاً سطح ناصافی دارد و از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست.
باید هنرجو روش شکل‌دهی شیشه تخت به روش نورد را فراگیرد و دلیل عدم کاربرد گسترده این روش را نیز درک کند.



شکل‌دهی شیشه تخت به روش نورد

صفحهٔ ۸۳: تولید شیشه به روش کلبرن بیان شده که از جمله روش‌های شکل‌دهی شیشه تخت است. به منظور درک شیوه شکل‌دهی و سرد کردن شیشه با این روش نیز توضیحاتی به همرا تصویر بیان شده است. هنرآموز محترم به کمک شکل روش را توضیح می‌دهد به این صورت که مذاب بین غلتک‌ها قرار گرفته و نحوه قرارگیری غلتک‌ها سبب شده که مذاب خم و کشیده شود.



روش کشیدن در تولید شیشهٔ تخت

فکر کنید

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

فکر کنید صفحهٔ ۸۴:

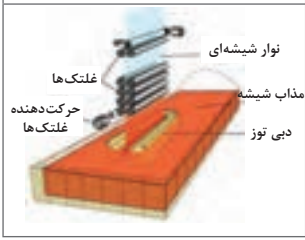
به منظور توجه هنرجو به اثر سرعت کشش بر شیشهٔ نهایی سؤالی در این زمینه مطرح شده است. با افزایش سرعت کشش ضخامت شیشه تولیدی کاهش می‌یابد و با کاهش سرعت کشش ضخامت افزایش می‌یابد. سرعت کشش باید کنترل شود و مقدار آن در حد مطلوب باشد. سرعت کشش کم باعث کاهش کیفیت سطح شیشه می‌شود و سرعت کشش زیاد باعث کاهش ضخامت و استحکام شیشه می‌شود.

تحقیق کنید

نوع دیگر از روش کشیدن به نام فورکُلت است. دربارهٔ این روش و کاربرد آن تحقیق کنید.

تحقیق کنید صفحهٔ ۸۴:

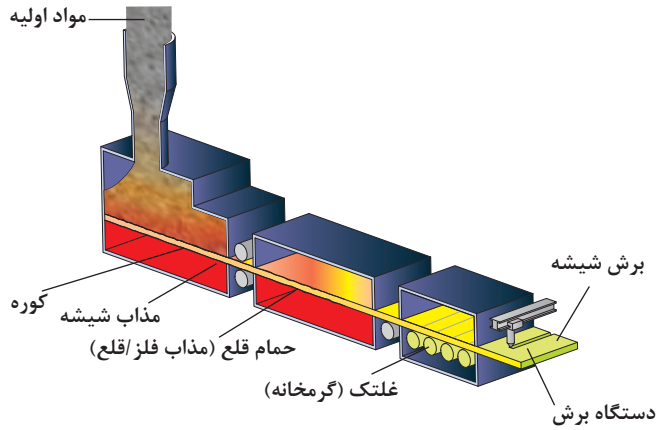
به منظور آشنایی با روش‌های قدیمی‌تر سؤالی در تحقیق کنید مطرح شده است که روش فورکلت را بررسی کنند. روش فورکلت در زیر با تصویر توضیح داده شده است:

۱ـ در این روش یک بلوک دیرگداز بزرگ به نام دبی توز به کار می‌رود که در وسط آن شکافی وجود دارد.	
۲ـ این بلوک روی مذاب شیشه قرار می‌گیرد	
۳ـ بر اثر فشار مذاب بالا می‌آید.	
۴ـ با دمش هوا مذاب بالا آمده کمی سرد می‌شود؛ سپس به طور عمودی وارد چند غلتک می‌شود و شیشه با کنترل دما و سرمایش شکل می‌گیرد.	

صفحهٔ ۸۴: کاربردی‌ترین روش شکل‌دهی شیشه تخت به نام روش شناوری توضیح داده شده است که در صنعت به نام فلوت معروف است. برای فعال کردن ذهن هنرجو و درک اثر حمام قلع در شکل‌دهی شیشه تخت مثالی از دو مایع غیرقابل انحلال در هم آورده شده است. این دو مایع وقتی در تعادل با هم باشند

به‌صورت صاف و یکنواخت روی هم قرار می‌گیرند. هنرآموز محترم می‌تواند با انجام عملی این مثال اثر حمام قلع در روش شناوری را توضیح دهد، در این حالت مذاب شیشه و مذاب قلع در تعادل با هم هستند که منجر به قرارگیری شیشه برروی حمام قلع به‌صورت تخت و یکنواخت می‌شود.

شکل ۲۵ صفحهٔ ۸۵: تصویری از فرایند شکل‌دهی شناوری آمده است تا هنرجو ذهنیت کلی نسبت به این روشِ به‌دست آورد. سپس با توجه به اهمیت و کاربرد این روش هر یک از مراحل آن کاملاً توضیح داده شده است. انتظار می‌رود که هنرجو با مشاهده شکل ۲۵، مراحل فرایند شکل‌دهی شیشه به روش فلوت را فراگیرد.



تولید شیشه به روش فلوت

صفحه ۸۶ و ۸۷: توضیحات تکمیلی در مورد روش شکل‌دهی شیشه تخت به روش فلوت آمده است. همچنین به منظور معرفی انواع فلزاتی که مانند قلع می‌توانند در حمام فلوت در شکل‌دهی شیشه تخت به‌کار روند پرسشی در قالب تحقیق کنید مطرح شده است . فلزاتی که دارا خواص زیر باشند:

۱ دانسیته بالایی داشته باشند.

۲ در محدودهٔ دمایی $105^{\circ}C$ ـ ۵۰۰ مذاب باشند.

۳ در محدودهٔ دمایی $105^{\circ}C$ ـ ۵۰۰ نجوشند.

۴ به راحتی اکسید نشوند نیز می‌توانند مانند قلع در حمام فلوت به‌کار روند.

صفحهٔ ۸۸: از موارد بسیار مهم در تولید شیشه به روش فلوت کنترل اتمسفر حمام قلع است که بر کیفیت شیشه نهایی مؤثر است. همچنین به منظور توجه و درک بهتر اهمیت اتمسفر حمام فلوت در این زمینه نکته‌ای آمده است تا هنرجو اهمیت کنترل اتمسفر حمام قلع را نیز درک کند.

نکته

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

راه‌حل:

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

فیلم

صفحهٔ ۸۹: فیلم کارخانه تولید شیشه تخت به روش فلوت درنظر گرفته شده تا هنرجویان پس از مشاهده این فیلم فرایند فلوت را بهتر فراگیرند و با مراحل تولید صنعتی آن آشنا شود.

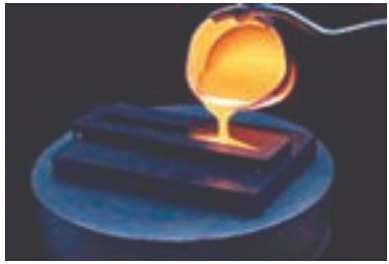
فیلم تولید شیشه که بر روی سایت رشد به آدرس www.Roshd.ir بارگذاری شده است قابل استفاده هنرآموزان و هنرجویان می‌باشد.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۸۹ و ۹۰: به منظور کسب مهارت شکل‌دهی شیشه تخت در این قسمت فعالیت‌های کارگاهی طراحی شده است. لازم به ذکر است که فعالیت‌های کارگاهی در این کتاب به‌صورت پروژه‌ای طراحی شده است؛ به این صورت که هنرجو در پودمان اول مواد اولیه شیشه را آماده‌سازی کرده و در پودمان دوم مهارت تولید مذاب شیشه را کسب کرده و در پودمان سوم مذاب شیشه را شکل‌دهی می‌کند.

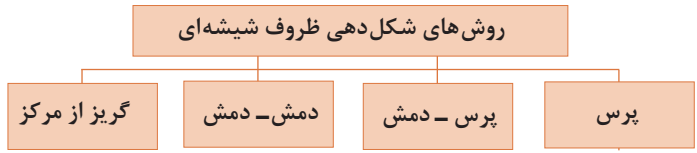
در این فعالیت تصاویری مربوط به برداشتن بوته از قالب و ریختن مذاب داخل قالب نیز نشان داده شده است تا هنرجویان مراحل اجرای این کار عملی را بهتر درک کنند.

الف) برداشتن بوته از کوره



ب) شکل‌دهی مذاب شیشه درون قالب

صفحهٔ ۹۱ و ۹۲: ظروف شیشه‌ای عمدتاً با روش دستگاهی تولید می‌شوند. در این قسمت به منظور معرفی انواع محصولات ظروف شیشه‌ای تصاویری آورده شده است. همچنین به کمک نمودار انواع روش‌های دستگاهی ظروف شیشه‌ای معرفی شده است که در ادامه هریک توضیح داده شده است.



نمودار ۳

صفحهٔ ۹۲: کاربردی‌ترین روش دستگاهی ظروف شیشه‌ای به‌صورت مرحله‌ای در فرایند پرس شیشه آمده است. انتظار می‌رود که هنرجو فرایند تولید ظروف شیشه‌ای به روش پرس را به کمک شکل فراگیرد. می‌توان برای توضیح این روش این گونه توضیح داد که این روش مشابه روش پرس پودر است که سنبه‌ای بر روی قالب قرار گرفته و در اثر اعمال فشار مواد داخل قالب شکل قالب را به خود می‌گیرد.

صفحهٔ ۹۳: با هدف آشنایی با انواع قالب‌های پرس مذاب شیشه تصاویری از آنها آمده است و روش پولیش حرارتی ظروف شیشه‌ای به‌صورت نکته آورده شده است. هنرجو در این قسمت درک کند که لبهٔ شیشهٔ شکل‌دهی شده ناصافی یا تیزی دارد که پس از شکل‌دهی در هنگام انتقال به گرمخانه با اعمال شعلهٔ مستقیم صاف و یکدست می‌شوند.
در شکل ۳۵ چند نمونه قالب پرس شیشه نشان داده شده است. قالب پرس شیشه دو تکه یا چند تکه است و برخی از قالب‌های چند حفره‌ای نیز قابلیت پرس هم‌زمانِ چند نمونه را دارد. جنس قالب‌های به‌کار رفته در پرس شیشه، فلزی و معمولاً از جنس چدن است.

الف) قالب دو تکه

ب) قالب سه تکه

ج) قالب چند تکه‌ای طرح‌دار

د) قالب چند حفره‌ای

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۹۴: به منظور کسب مهارت شکل‌دهی مذاب شیشه فعالیت کارگاهی مطرح شده تا هنرجویان مهارت شکل‌دهی مذاب شیشه را کسب کند و با انجام پرس دستی مذاب را شکل دهد. هنرآموز محترم بر انجام دقیق شکل‌دهی مذاب شیشه و رعایت دقیق موارد ایمنی نظارت نماید.

فکر کنید صفحهٔ ۹۹: تصویری واقعی از شکل‌دهی بطری شیشه درکارخانه نشان داده شده است که هنرجو با توجه به فرایند شکل‌دهی شیشه به روش دمش ـ دمش باید مرحلهٔ شکل‌دهی را مشخص کند.

فکر کنید

تصویر زیر چه مراحلی از شکل‌دهی بطری‌های شیشه‌ای را نشان می‌دهد؟

این تصویر مربوط به مرحله‌های ۴ و ۵ است یعنی شیشهٔ پیش شکل یافته از قالب اولیه به قالب اصلی منتقل می‌شود و درون قالب اصلی با دمیدن هوای داغ به شکل نهایی تبدیل می‌شود.

فعالیت کلاسی صفحهٔ ۹۹: هدف از طرح این فعالیت آن است که هنرجو با انجام این فعالیت کلاسی با روند تولید ظروف شیشه در کارخانه آشنا شود. در این قسمت تصویر شماتیکی از کارخانه تولید ظروف شیشه‌ای آورده شده است تا هنرجو نوع فعالیت در هر قسمت از کارخانه را مشخص کند و روند کلی تولید در کارخانه را فراگیرد:

فعالیت کلاسی

شکل ۴۰ نمای سادهٔ یک کارخانهٔ تولیدکنندهٔ بطری شیشه‌ای را نشان می‌دهد. مشخص کنید در هر مرحله چه فعالیتی انجام می‌شود؟

مرحله ۱: آماده‌سازی مواد اولیه و تهیه مذاب شیشه
مرحله۲: شکل‌دهی
مرحله ۳: تنش‌زدایی
مرحله۴: سرد کردن کنترل شده و کنترل کیفیت شیشه‌های تولید شده
مرحله۵: بسته‌بندی

نکته صفحه ۹۹: به منظور مقایسه بین انواع روش‌های دستگاهی و آشنایی با پرکاربردترین روش تولید ظروف شیشه‌ای، برتری‌های روش پرس توضیح داده شده است.

فعالیت کارگاهی

در صفحهٔ ۱۰۰: فعالیت کارگاهی برای شکل‌دهی مهره‌های شیشه‌ای رنگی مطرح شده است. در ابتدا باید هنرجو قالبی توخالی از جنس نسوزهای آلومینایی (سرامیک برد) برای ریختن مذاب تهیه کند و سپس مذاب را درون آن ریخته‌گری نماید. همزمان فرد دیگری درون مهره‌ها سوراخی را به کمک میله ایجاد کند. از آنجایی که مذاب شیشه حرارت بالایی دارد هنرآموز محترم تأکید کند که هنرجویان دستکش نسوز و روپوش پوشیده باشند و در هنگام کار با مذاب فاصله ایمنی را رعایت کنند. نباید میزکار و اطراف افراد در هنگام ریخته‌گری شلوغ و پرازدحام باشد.

صفحهٔ ۱۰۱ تا ۱۰۴: یکی از زمینه‌های شغلی ومحصولات پرکاربرد شیشه، الیاف شیشه‌ای است. به منظور آشنایی و درک مراحل شکل‌دهی الیاف شیشه‌ای توضیحاتی در این قسمت آمده است. انتظار می‌رود پس از مطالعهٔ بیشتر بدانید اطلاعاتی در زمینهٔ الیاف شیشه‌ای و فرایند تولید و محصولات تولید شده با آن کسب شود.

الیاف شیشه‌ای

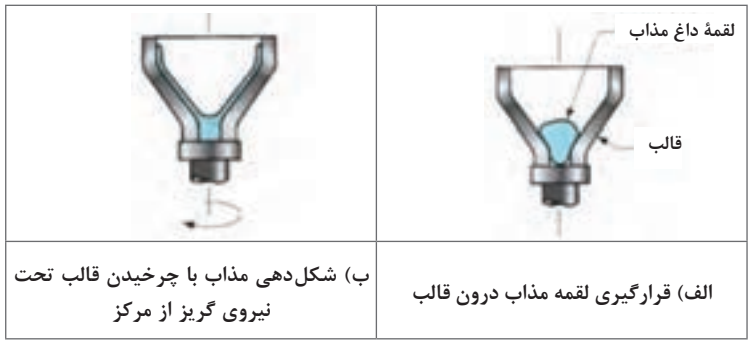
صفحهٔ ۱۰۴: به منظور کسب مهارت شکل‌دهی الیاف شیشه‌ای در این قسمت فعالیت کارگاهی طراحی شده است. هنرجو با انجام فعالیت‌های کارگاهی فصل اول و دوم مهارت آماده سازی مواد اولیه و تهیه مذاب را کسب کرده است و در این فعالیت به کمک انبر و کشیدن مذاب، الیاف شیشه‌ای تولید می‌کند. هنرجو در این فعالیت با انبر مقداری مذاب را برداشته و با کشیدن به سمت بالا مذاب را نازک و به شکل الیاف در آورد.

از آنجایی که ممکن است در هنگام کار با مذاب شیشه، خطراتی هنرجو را تهدید کند بنابراین نکات ایمنی در این قسمت آورده شده تا با راهنمایی و نظارت هنرآموز از خطرات احتمالی جلوگیری شود. در هنگام کار با مذاب از تجمع هنرجویان خودداری کنید.

دانش افزایی

اُپال‌ها در واقع محصولات شیشه‌ای با ظاهر چینی مانند هستند که از شیشه‌های معمولی زیباتر و در مقایسه با ظروف چینی سبک‌تر و ناک‌ترند. علت سفید بودن شیشه‌های اپال وجود ترکیباتی مانند فلوراید یا فسفات در ترکیب مواد اولیهٔشیشه است که منجر به بروز پدیده جدایش فازی در مقیاس میکروسکوپی است. این پدیده باعث انکسار نور و درنتیجه کدر شدن شیشه می‌شود. در برخی از انواع

شیشه اپال، به دام افتادن حباب‌های ریز گازی در شیشه باعث کدر شدن می‌شود. این دسته از شیشه‌های اپال، «اپال حباب‌دار» نامیده می‌شوند.
مواد اولیهٔ این شیشه در دمای ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه سلسیوس ذوب شده و با استفاده از نیروی گریز از مرکز، به شکل ظرف مورد نظر در می‌آیند. به همین دلیل ظروف اپال بسیار نازک‌تر از ظروفی هستند که با استفاده از قالب و پرس ساخته می‌شوند. در شکل زیر شکل‌دهی شیشه اپال نشان داده شده است.



الف) قرارگیری لقمه مذاب درون قالب

ب) شکل‌دهی مذاب با چرخیدن قالب تحت نیروی گریز از مرکز

پس از این مرحله، ظروف تحت عملیات حرارتی «آنیل» قرار گرفته و مقاومت بیشتری در برابر حرارت کسب می‌کنند؛ بنابراین بیشتر این نوع از ظروف را می‌توان در ماکروفر قرار داد. در همین مرحله عملیات حرارتی دیگری انجام می‌شود که ظروف به‌وسیله عکس برگردان‌های مقاوم به حرارت، منقوش می‌شوند. این ظروف از نظر بهداشتی سالم بوده و برای سلامتی انسان مضر نیستند.

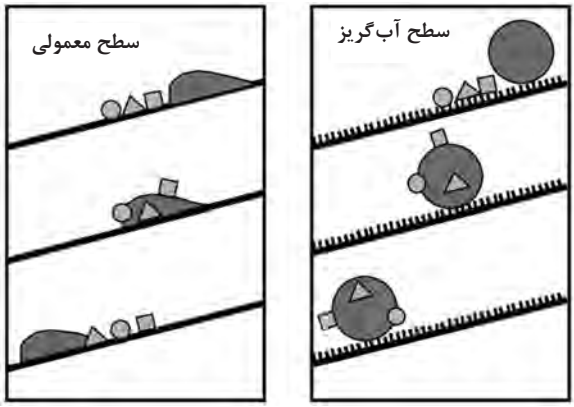
تحقیق کنید

صفحه ۱۰۴: به منظور آشنایی با شیشه‌های پیشرفته از هنرجویان خواسته شده که در زمینهٔ شیشه‌های خود تمیز شونده و شیشه‌های هوشمند تحقیق و جست‌وجو در منابع اطلاعاتی مختلف انجام دهند.

شیشهٔ خود تمیز شونده

این شیشه‌ها از سال ۲۰۰۲ در بازار در دسترس بوده‌اند و هـر روز نیاز و تقاضا برای استفاده از این شیشه‌ها افزایش می‌یابد.
مکانیزم عملکرد این شیشه‌ها آب‌دوستی یا آب‌گریزی است. برای ایجاد خاصیت خود تمیز شوندگی پوششی از تیتانیا که یک ماده نیمه‌هادی است بر روی شیشه اعمال می‌شود. در روش آب گریزی با به کار بردن پوشش‌های خاص، امکان

افزایش کشش سطحی شیشه وجود دارد؛ به دلیل افزایش کشش سطحی آب دفع شده و به شکل دانه‌هایی جریان می‌یابد. عمل تمیزکنندگی این پوشش‌ها به این علت است که نه تنها آب، بلکه لکه‌های چربی و آلودگی‌ها نیز قادر به چسبیدن به سطح نیستند و همین باعث می‌شود که اگر بر روی سطح آب ریخته شود یا بعدها باران ببارد، سطح شسته می‌شود (لکه‌های چربی دفع می‌گردند و سطح به راحتی تمیز می‌شود). مکانیزم این شیشه‌ها درشکل زیر آمده است:



مقایسه شیشهٔ معمولی با شیشه‌های پوشش دار با عملکرد آب گریزی

در مکانیزم آب دوستی کشش سطحی کم می‌شود. در چنین حالتی قطرات آب بر روی سطح پخش شده و یک لایهٔ بسیار نازک از آب بر روی سطح تشکیل می‌دهند.

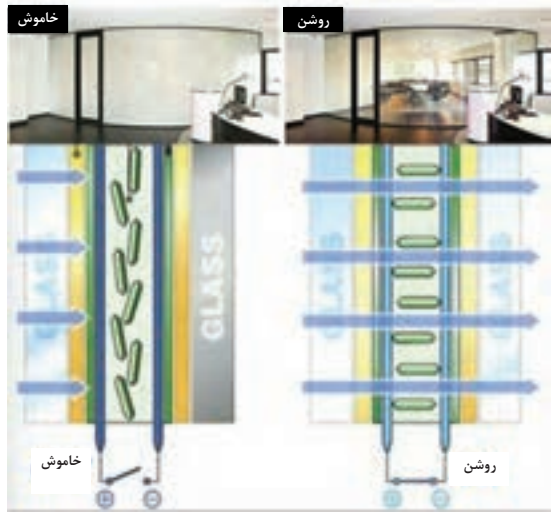
شیشهٔ هوشمند

شیشه هوشمند به گونه‌ای ساخته می‌شود که با استفاده از جریان الکتریسیته، شیشـه قابلیت عبور و جلوگیری از عبور نور خورشید به درون ساختمان را داشته باشد و تا ۹۸ درصد اشعهٔ ماورا بنفش و مادون قرمز را حذف کرده و امکان کنترل نور و روشنایی به درون خانه نیز وجود دارد.

فرض کنید که در یکی از گرم‌ترین روزهای آفتابی در تابستان، نور خورشید مستقیماً به اتاق شما می‌تابد و هیچ راه گریزی به جز استفاده از پنجره‌هایی با شیشه‌های دودی برای متعادل‌تر کردن گرما و نور اتاق ندارید. همچنین دوست دارید تا تنها زمانی که نور شدت دارد شیشه درست مانند عینک‌های فتوکرومیک دودی شوند.

شیشه‌های الکتروکروماتیک: دسته‌ای از شیشه‌های هوشمند از الکتروکروماتیک‌ها بهره می‌برند. الکتروکروماتیک‌ها موادی هستند که رنگ آنها در اثر جریان

الکتریکی تغییر می‌کنند. جریان الکتریسیته با ایجاد واکنش شیمیایی سبب تغییرات خصوصیات مواد می‌شود و کاری می‌کند تا آنها نور را جذب یا منعکس کنند. نور خورشید به شیشه‌ها می‌تابد، اما از طرفی جریان الکتریکی برقرار شده، سبب می‌شود تا یون‌ها از لایه ذخیره یونی به سمت لایه هدایت یونی حرکت کرده و به لایه الکتروکروماتیکی برگردند و شیشه را شفاف کنند. با قطع الکتریسیته فرایند برعکس عمل کرده و شیشه مجدداً تیره می‌شود.



نحوهٔ عملکرد شیشه‌های هوشمند

ارزشیابی نهایی

شرح کار:
۱ـ استفاده از انواع ابزار شیشه‌گری دستی
۲ـ برداشتن بار با استفاده از میله دم و شکل‌دهی لقمه مذاب
۳ـ شیشه‌گری با شعله
۴ـ شکل‌دهی مذاب شیشه در قالب

استاندارد عملکرد:
شکل‌دهی بدنه شیشه‌های تزئینی، آزمایشگاهی، مهره‌های شیشه‌ای، ساخت الیاف شیشه‌ای، برش لوله برای روش شیشه‌گری با شعله، ساخت گوی شیشه‌ای به روش دستی.

شاخص‌ها:
کار با ابزار شیشه‌گری دستی
برداشتن بار و شکل‌دهی قطعات ساده به روش دمیدن
شیشه‌گری با شعله برای تولید شیشه‌های تزئینی و شیشه‌های آزمایشگاهی
شکل‌دهی مذاب شیشه با استفاده از قالب جهت تولید بدنه‌های شیشه‌ای و مهره‌های شیشه‌ای

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
مکان: کارگاه استاندارد عملیات حرارتی و تکمیلی مجهز به تجهیزات ایمنی و سیستم تهویه
ابزار و تجهیزات: کورهٔ الکتریکی، ابزار برش و ساب شیشه، قالب شکل‌دهی مذاب، ابزار شکل‌دهی مذاب شیشه، ابزار پرداخت لقمهٔ مذاب، ابزار برداشت لقمهٔ مذاب، قیچی برش لقمهٔ مذاب

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	استفاده از انواع ابزار شیشه‌گری دستی	۱	
۲	برداشتن بار با استفاده از میله دم و شکل‌دهی لقمه مذاب	۱	
۳	شیشه‌گری با شعله	۱	
۴	شکل‌دهی مذاب شیشه در قالب	۲	
۵			
	شایستگی‌های غیرفنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		*

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

فصل چهارم

عملیات تکمیلی شیشه

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 وانواع 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 شیشه‌بر توضیح داده شده است.
در صفحهٔ ۱۳۲روش تولید شیشه‌های لمینیت و انواع کاربردهای آن توضیح داده شده است. همچنین فرایند و روش تولید این شیشه بیان شده است.
صفحهٔ ۱۳۷ توضیح شیشه‌های دو جداره و فرایند تولید صنعتی آن بیان شده است.
صفحهٔ 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 برروی 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.

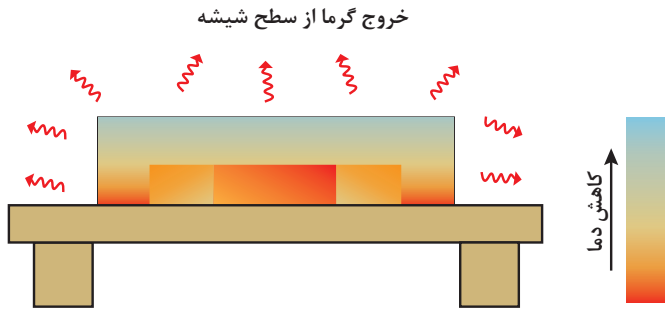
با توجه به کاربرد شیشه در زمینه‌های مختلف مانند شیشهٔ اتومبیل، شیشهٔ ضدگلوله و شیشهٔ هواپیما لازم است که برخی از ویژگی‌های مکانیکی، نوری و شیمیایی شیشه با توجه به نوع کاربرد بهبود یابد. پس از شکل‌دهی شیشه با انجام عملیات تکمیلی می‌توان تغییراتی در خواص، ابعاد و شکل ظاهری شیشه ایجاد کرد.

در صفحهٔ ۱۰۹ با بیان نکاتی و آوردن تصاویر، اهمیت عملیات تنش‌زدایی 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 شکل‌دهی را فراگیرد. هدف از آوردن شکل ۱ آن است که هنرجو تغییر دمای شدید شیشه پس از شکل‌دهی را درک کند و دریابد که این تغییر دما باعث ایجاد تنش و افت استحکام در شیشه می‌شود.

الف) شکل‌دهی به روش دستی

ب) شکل‌دهی به روش دستگاهی

شکل ۲ به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد 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 ذخیرهٔ تنش در شیشه می‌شود و سپس ضرورت انجام عملیات حرارتی تنش زدایی توضیح داده شود.



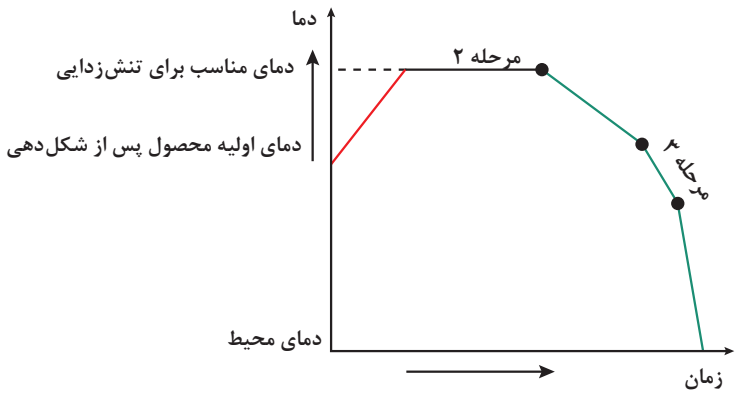
ایجاد تنش در شیشه در اثر اختلاف دما بین سطح و مرکز آن

صفحهٔ ۱۱۰: مراحل عملیات حرارتی آنیل به‌صورت 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 محدودهٔ قابل قبولی باشند

۳ تنش‌های موقت ایجاد شده در مرحلهٔ پایانی آنیل منجر به شکست نمونه نشوند.



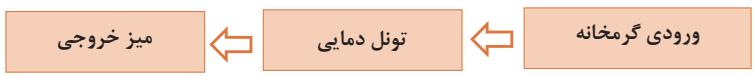
نمودار ۱ــ عملیات حرارتی تنش‌زدایی شیشه

فکر کنید

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

صفحهٔ ۱۱۰: در صورتی‌که 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 صفحهٔ 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 هنرجو در این قسمت فراگیرد که به کورهٔ آنیلینگ گرمخانه نیز گفته می‌شود و با بخش‌های مختلف گرمخانه‌های صنعتی آشنا شود.



نمودار ۲ــ قسمت‌های مختلف گرمخانه‌صنعتی

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 درنظر گرفته شده. گرمخانه تنش‌زدائی به چند بخش عمده تقسیم می‌شود. هر بخش دارای جزئیات ساختمانی متفاوت و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی متفاوت است. قسمتی که دارای تونل عایق بندی حرارتی بوده و دارای پوشش‌های فلزی است که بخش عایق حرارتی شده نامیده می‌شود. عمل گرم وسرد کردن به‌صوت غیرمستقیم به وسیله تبادل تشعشات 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 صفحه۱۱۲ مطالبی آمده است که به هنرجو 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 Na_2O و K_2O بالایی دارند.

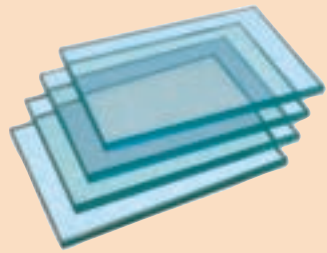
محصول شیشه‌ای با بدنهٔ انحنادار

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.

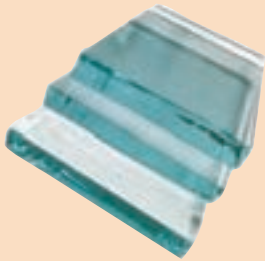
صفحه ۱۱۲:

فعالیت کلاسی

دو قطعهٔ شیشه‌ای از جنس یکسان با ضخامت مختلف درنظر بگیرید:



الف) شیشهٔ تخت با ضخامت کم



ب) شیشهٔ تخت با ضخامت زیاد

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.

صفحهٔ ۱۱۳ تا ۱۱۶: به منظور کسب مهارت تنش زدایی محصولات شیشه‌ای فعالیت‌های کارگاهی برای شیشه‌های با ترکیب شیمیایی مختلف درنظر گرفته شده است. همان‌طورکه قبلاً بیان شده است فعالیت‌های کارگاهی کتاب شیشه به‌صورت 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.

صفحهٔ 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 دربارهٔ روشی که با آن می‌توان شیشه را مقاوم کرد توضیحات مقدماتی را ارائه داده و بیان کند که با عملیات حرارتی به‌نام تمپرینگ می‌توان شیشه را مستحکم‌تر کرد.

شکسته شدن شیشه تنش‌زدایی شده در اثر ضربه

امروزه بسیاری از صفحات شیشه‌ای مانند شیشهٔ 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

صفحهٔ 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 کششی 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 به‌صورت عمدی تنش‌های فشاری در سطح شیشه به‌صورت دائمی ذخیره می‌شود که از رشد ترک جلوگیری می‌کند.
صفحهٔ 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.

نکته

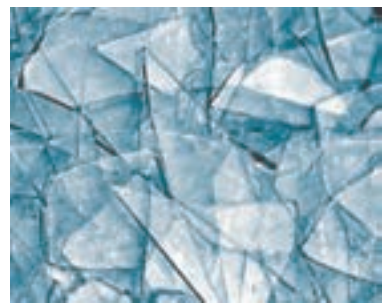
در صورتی‌که شیشه نیاز به برش یا عملیاتی مانند سوراخ‌کاری و سنگ‌سابی داشته باشد باید قبل از تمپرکردن انجام شود.

صفحهٔ ۱۱۸: دربارهٔ 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.

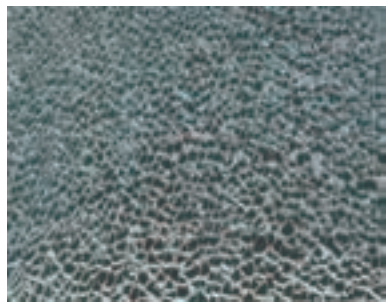
دانش‌افزایی

طراحی محفظهٔ نازل پاشش هوای کوئنچ، چگالی شیشه، چگالی و دمای هوای پاشش از دیگر عوامل تعیین‌کنندهٔ 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.

صفحهٔ ۱۱۹: در شکل‌های ۱۳و ۱۴ تفاوت نحوهٔ شکست شیشهٔ معمولی و شیشهٔ تمپر شده به همراه تصاویر توضیح داده شده است 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.



الف

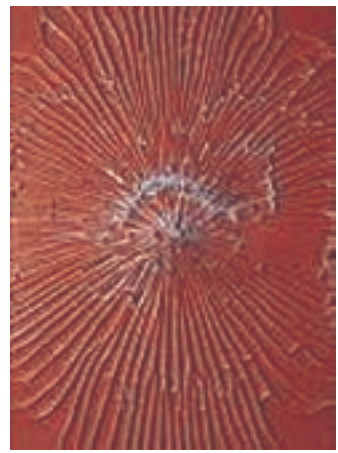


ب

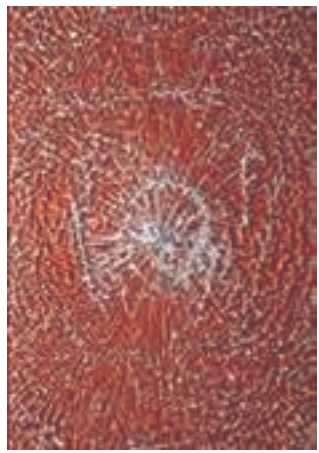
الگوی شکست شیشه الف) بدون تمپر، ب) تمپر شده

فکر کنید

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



الف



ب

فکر کنید

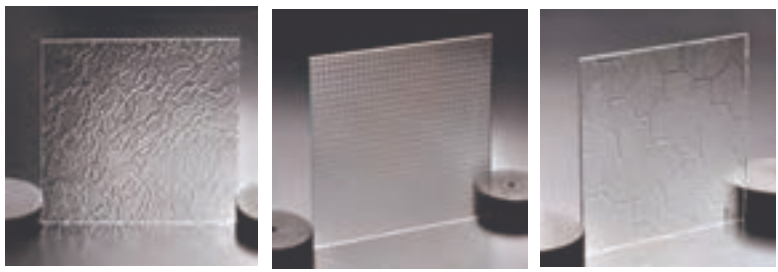
صفحهٔ ۱۱۹: به منظور درک اثر میزان تمپر شدن (از نظر میزان تنش ایجاد شده در سطح شیشه) بر نحوهٔ شکست این شیشه‌ها سؤالی در این قسمت مطرح شده است. هر چه شیشهٔ شکسته شده دارای ذرات و پولک‌های ریزتری باشد درجهٔ تمپر بالاتری دارد و شکل ب میزان تمپر بالاتری دارد.

صفحهٔ ۱۲۰: به منظور کسب مهارت انجام تمپر حرارتی شیشه و آشنایی با نحوهٔ 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 نحوهٔ اجرای کارعملی داشته باشد.
هنرجو با انجام این فعالیت عملی مهارت انجام تمپر حرارتی را کسب می‌کند و به‌طور عملی با نحوهٔ شکست شیشه‌های تمپر شده آشنا شود.

صفحهٔ ۱۲۱: در این قسمت تمپر شیمیایی به‌صورت بیشتر بدانید توضیح داده شده است تا هنرجویان با این فرایند آشنا شوند. در این قسمت سعی شده است که تمپر شیمیایی به‌صورت 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.

صفحهٔ ۱۲۴: این قسمت از متن شیوهٔ تولید و کاربردی‌های شیشهٔ 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.

صفحهٔ ۱۲۵:

تحقیق کنید

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

انواع شیشه‌های مشجر

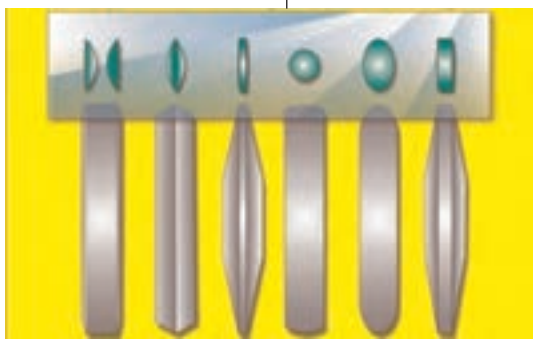
به منظور حضور فعال‌تر هنرجو در کلاس و همچنین آشنایی با شیشه‌های مشجر که اغلب طرح‌های متنوع و جالبی دارند پرسشی دربارهٔ انواع شیشه‌های مشجر و نام آنها مطرح شده است. از جملهٔ این طرح‌ها برفی، کندو، کاراتاچی، بازوبندی، ذره‌بینی و برگ بیدی است که تصاویر آن در منابع اینترنتی نیز موجود می‌باشد.

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

برش شیشه در شکل‌های گوناگون

صفحهٔ ۱۲۶ و ۱۲۷: هنرآموز محترم با توجه به تصاویر آورده شده نحوهٔ عملکرد شیشه‌بر را توضیح دهد و انواع شیشه‌برها را معرفی کند. همچنین در شکل ۲۶ تصویر انواع برش‌ها روی شیشه با توجه به تیغهٔ شیشه‌بر نشان داده شده است.

انواع شکل‌های ایجاد شده در اثر تیغه برشی



انواع تیغه‌های برشی و شکل حاصل از آن بر روی شیشه

صفحهٔ ۱۲۸: به منظور آشنایی با نحوهٔ صاف کردن و شیوهٔ از بین بردن لبهٔ تیز ناشی از برش شیشه دستگاه ساب زنی معرفی شده است. لازم است نحوهٔ کار و عملکرد دستگاه ساب‌زنی و اهمیت آن پس از برش شیشه به‌صورت عملی توضیح داده شود. همچنین در این قسمت بر رعایت شایستگی‌های غیرفنی و توجه به اصول ایمنی تأکید شود.

دستگاه ساب‌زنی

صفحهٔ ۱۲۹ و ۱۳۰: به منظور کسب مهارت کار با شیشه‌بر و دستگاه ساب‌زنی در این قسمت فعالیت‌های کارگاهی درنظر گرفته شده است. هنرآموز محترم لازم است علاوه بر بیان نحوهٔ کار با دستگاه ساب‌زنی 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.

صفحهٔ ۱۳۰: دستگاه برش حرارتی با توجه به تصاویر معرفی شده‌است و هنرجو در این قسمت با توجه به متن درس با دستگاه برش حرارتی و سی‌ان‌سی آشنا شود.

دستگاه برش حرارتی

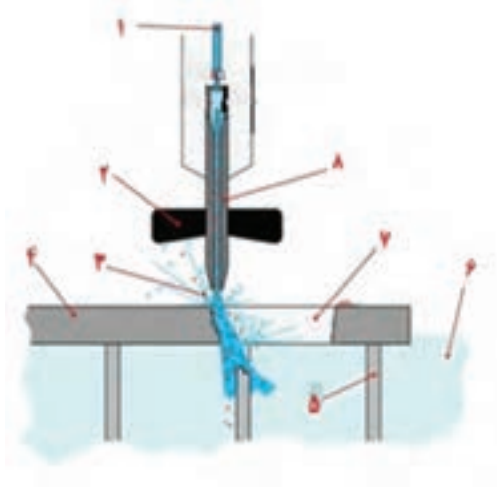
از جمله شایستگی‌های غیرفنی که لازم است در اینجا بر رعایت آنها تأکید شود شامل موارد زیر است:

- 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.

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

دانش افزایی

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



نحوه کار و اجزای واترجت

۱ـ آب (یا به همراه مواد ساینده) ۲ـ نگهدارنده ۳ـ محل خروج آب ۴ـ قطعه مورد نظر ۵ـ پایه‌های نگهدارنده ۶ـ آب انباشته شده ۷ـ محل برش داده شده ۸ـ لولهٔ 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 به‌صورت اقتصادی تولید کنند. این کار به‌وسیلهٔ 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.

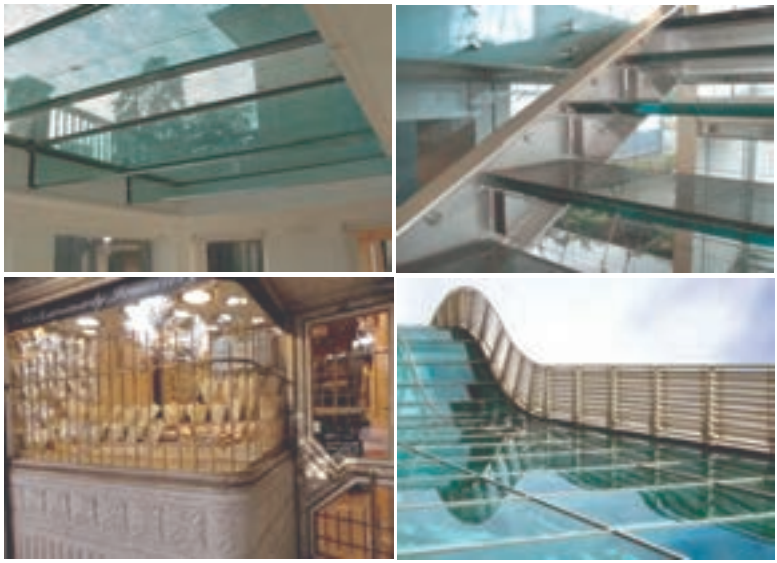
صفحهٔ ۱۳۲: چرا هنگامی که شیشه جلوی اتومبیل می‌شکند نمی‌ریزد و در جای خود باقی می‌ماند؟

شیشهٔ 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 لایهٔ 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 محفظهٔ 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 لایهٔ پلیمری به‌خوبی بچسبند.

صفحهٔ 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 صفحهٔ 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 شیشهٔ طلقی

دانش افزایی

شیشهٔ لمینیت در سال ۱۹۰۳ توسط یک شیمیدان فرانسوی به‌نام «ادوارد بندیکناس» به‌صورت 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 به‌صورت پیوسته در کنار یکدیگر باقی‌ماندند. بنابراین از این مشاهده الهام گرفت و از آن جهت تهیهٔ شیشه لمینیت استفاده کرد. از این اختراع برای اولین بار در جنگ جهانی اول برای تهیهٔ شیشه ماسک گاز استفاده شد و سپس در سال ۱۹۳۹ کمپانی فورد به‌کاربردن شیشهٔ لمینیت را درصنعت خودروسازی آغاز کرد.

ابتدا لمینیت کردن لایه‌های شیشه‌ای به‌وسیلهٔ رزین انجام می‌گرفت. اما به علت بروز مشکلاتی مانند جدا شدن لایه‌های شیشه از یکدیگر و زرد شدن شیشه‌ها به مرور زمان، این شیوهٔ لمینیت در اروپا و امریکا منسوخ گردید. لمینیت کردن به‌وسیله 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.

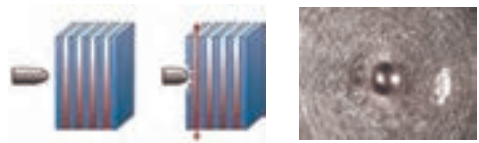
فعالیت کلاسی

صفحهٔ 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 نحوهٔ 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 مشخصهٔ شیشه‌های لمینیت الگوی شکست آنهاست. شیشه‌ها در اثرضربه به‌صورت تقریباً پولکی شکل مشابهٔ شیشه تمپر شده می‌شکنند اما تکه‌های شکسته به میان لایه چسبیده و شیشه یکپارچگی خود را حفظ می‌کند.

شیشه طلقی پس از شکستن

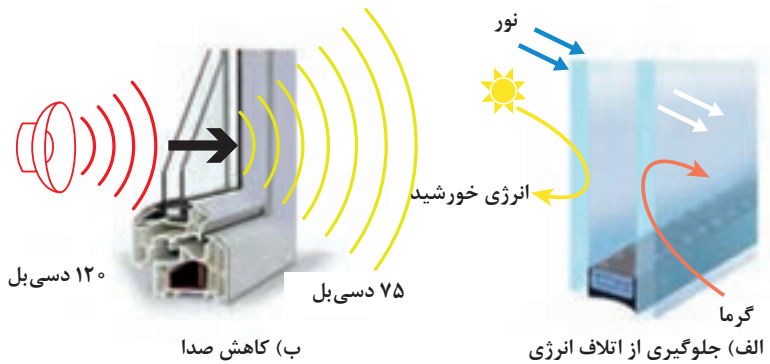
بیشتر بدانید

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

شیشهٔ معمولی	
شیشهٔ ضدگلوله	

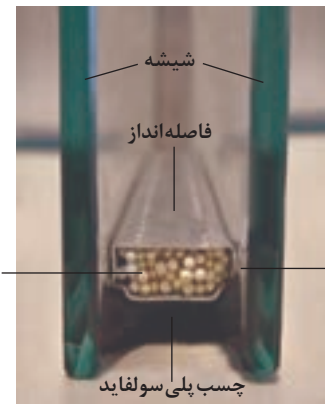
صفحهٔ ۱۳۷: به منظور کسب مهارت عملی و آشنایی بیشتر با ساخت شیشه‌های طلقی فعالیت کارگاهی طرح شده است تا هنرجویان به‌صورت عملی شیشه‌های طلقی را در کارگاه بسازند. اگرچه در صنعت برای ساخت شیشه طلقی تجهیزاتی مانند اتوکلاو نیاز است اما در این کار عملی هنرجویان می‌توانند اصول ساخت شیشه‌های طلقی را کسب کنند.

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 به ۷۵ دسی بل کاهش یافته است و همچنین از ورود اشعه‌های مضر مانند فرابنفش به درون اتاق جلوگیری می‌کنند.



عایق حرارتی و صوتی شیشهٔ دو جداره

شکل ۴۳ **صفحهٔ 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.



رطوبت‌گیر به منظور جذب رطوبت بین شیشه‌ها قرار داده می‌شود در غیراین‌صورت 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 به‌کار می‌رود.

صفحهٔ 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 پنجرهٔ دو جداره از گازی پر می‌شود که رسانایی حرارتی خیلی کمی داشته باشد. هوای معمولی دارای رسانایی حرارتی بسیار پایین است اما پر کردن فاصلهٔ دو شیشه دو جداره با گازی با رسانایی کمتر از هوا، مانند آرگون، سطح عایق‌بندی حرارتی شیشهٔ 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 به‌وجود نمی‌آورد. آرگون، گازی بدون بو، مزه و غیرآتش‌زا است که علاوه بر کاهش رسانایی گرمایی بین دو شیشهٔ پنجرهٔ دو جداره، با کمتر کردن مقدار همرفت در فضای دو شیشه از اتلاف گرمایی بیشتر جلوگیری می‌کند. علاوه بر این تهیهٔ آرگون آسان و ارزان است. بنابراین می‌توان به‌صورت گسترده و صنعتی از آن استفاده کرد. غلظت گاز درون پنجرهٔ دو جداره باید بیش از ۹۰ درصد باشد. در طول زمان این غلظت کم می‌شود. مقدار کم شدن این غلظت چیزی حدود ۰/۵ تا ۱ درصد است. کیفیت پنجرهٔ دو جداره‌ای که از آرگون پر شده باشد تا زمانی که غلظت گاز آرگون به ۷۵ درصد نرسد تغییری نخواهد کرد. بنابراین پنجرهٔ دوجداره‌ای که با گاز آرگون پر شده باشد حداقل ۲۰ سال نارسانایی 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 هگزافلورید، کربن‌دی‌اکسید) استفاده کرد اما استفاده از این گازها در عایق‌بندی گرمایی تأثیر منفی دارد.

فعالیت کلاسی

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

کاربرد	نوع شیشه
	شیشه تمپر شده به روش شیمیایی ــ زیرا این شیشه باید مقاومت مناسبی در برابر ضربه و جابه‌جایی داشته باشد.
	شیشهٔ آنیل شده ـ شیشهٔ آینه از پشت جیوه اندود شده و این شیشه‌ها پس از آنیلینگ استحکام مناسب را برای جابه‌جایی دارند.
	شیشهٔ طلقی ـ با توجه به کاربرد این شیشه‌ها که باید ضدگلوله باشند که با لمینیت‌کردن می‌توان استحکام مناسب را ایجاد کرد.
	شیشهٔ طلقی ـ 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 چسبانده شدن آنها با چسب PVB دارند.

صفحهٔ 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 دربارهٔ روش اتصال اجزای شیشه از هنرجویان سؤال کند، سپس روش مونتاژ شیشه‌ها و انواع روش‌های مونتاژ بیان شود.

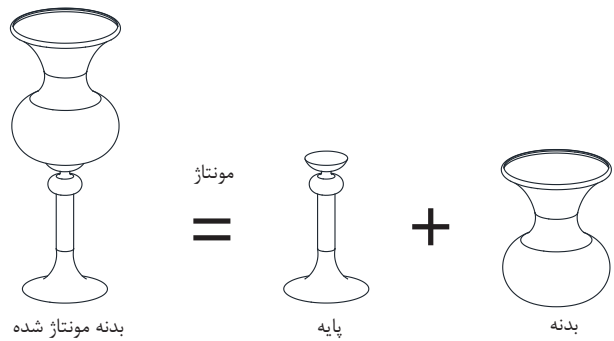
مونتاژ شیشه

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

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

صفحهٔ 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.

صفحهٔ 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 به‌صورت 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.



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

جدول ۸

	۱ سطح مورد نظر باید کاملاً تمیز و خشک باشد.
	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.
	۳ سپس قطعهٔ چسبیده شده در زیر لامپ UV به مدت ۳ تا ۵ دقیقه قرار داده می‌شود.

دانش افزایی

چسب‌های UV یا فرابنفش

به نوعی از چسب‌های شیمیایی اطلاق می‌شود که با جذب نور فرابنفش سخت شده و پس از سخت‌شدن 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 لامپ‌های‌هالوژن و پوشش‌دادن 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 شئ یا موادی که به شیشه چسبانده می‌شود
- میزان ضخامت و رنگ شیشه
- غلظت چسب

صفحهٔ ۱۳۴: مات‌کردن 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 به‌کار می‌رود که با توجه به مضرات این اسید باید از رقیق شده آن (آمونیوم 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 بی‌نظمی‌حرکات عضله قلب و آسیب‌های چشمی‌می‌شوند. 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.

دانش‌افزایی

یکی دیگر از روش‌های مات‌کردن شیشه سندبلاست است.

واژهٔ 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 می باشد. 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:

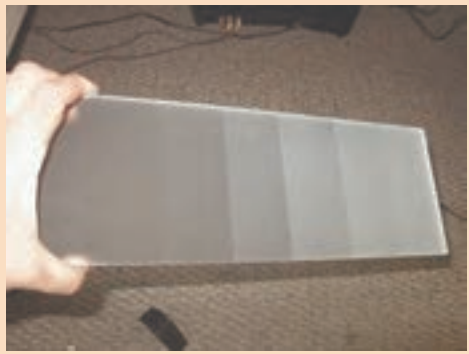
- زبر کردن و مات کردن سطوح قطعات (مانند قطعات لوستر و زیوآلات)

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

صفحهٔ ۱۴۵:

گفت‌وگو کنید

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



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

شرح کار:
۱ـ انجام عملیات حرارتی تنش‌زدایی شیشه
۲ـ انجام عملیات حرارتی تمپرینگ بر روی شیشه
۳ـ مشجرسازی شیشه
۴ـ برش و ساب‌زنی شیشه
۵ـ انجام عملیات مونتاژ قطعات شیشه

استاندارد عملکرد:
آنیل، تمپرینگ و لمینیت شیشه و بررسی شیشه‌هایی که تحت عملیات حرارتی قرار گرفته‌اند با استفاده از دستگاه استحکام‌سنج مکانیکی و نوع خرد شدن آنها.
شاخص‌ها:
انجام عملیات حرارتی تنش‌زدایی، تمپرینگ و مشجرسازی شیشه براساس ویژگی‌های موردنظر
برش قطعهٔ شیشه‌های براساس اندازهٔ معین و استفاده صحیح از دستگاه ساب‌زنی
مونتاژ قطعات شیشه‌ای براساس بدنهٔ شیشه‌ای مورنظر

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 ساب‌زنی شیشه، لوازم حفاظت شخصی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ 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	
	شایستگی‌های غیرفنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		*

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

فصل پنجم

تزئین شیشه

تزئین شیشه

تصویر ورودی پودمان، تصویری از گلدان شیشه‌ای دوپوست را نشان می‌دهد که در آن چند تزئین مختلف با هم (استفاده از رنگ و تراش) استفاده شده است. هنرآموزان گرامی می‌توانند ذهن هنرجو را به این موضوع معطوف کنند که امکان انجام تزئین‌های مختلف با هم بر روی بدنه وجود دارد و باعث افزایش زیبایی اثر و قیمت آن می‌شود.

شکل ۱ صفحهٔ ۱۴۹ یک محصول شیشه‌ای بدون تزئین با محصولات مشابه که به روش‌های مختلف تزئین برروی آنها انجام شده است را نشان می‌دهد که هنرجو با دقت در این تصاویر متوجه این موضوع می‌شود. مواردی مانند استفاده از رنگ، مات‌کردن قسمت‌هایی از بدنه و حکاکی و تراش که باعث افزایش زیبایی بدنه‌ها شده است مواردی است که هنرجویان باید به آن اشاره کنند.

در این قسمت هنرآموزان می‌توانند به وقت، هنر و تلاشی که برای انجام این تزئینات توسط هنرمندان صرف شده است اشاره کنند و ذهن هنرجویان را برای ورود به موضوع ارزش افزوده آماده کنند.

فکر کنید

صفحهٔ ۱۴۹ هدف از مطرح شدن فکر کنید در مورد ارزش افزوده، اشاره و آشنایی مختصر هنرجو با تاثیر تزئین در قیمت و ارزش محصولات شیشه‌ای است. ارزش افزوده به معنای بهای دستمزد کاری است که بر روی قطعهٔ اولیه انجام شده است. در تمامی محصولات سرامیکی و شیشه‌ای می‌توان با تزئین، ارزش یا به عبارتی قیمت فروش آن را افزایش داد.

با تزئین شیشه می‌توان گاهی تا چند برابر، ارزش افزوده یک محصول شیشه‌ای را افزایش داد.
هنرآموزان محترم می‌توانند با آموزش‌صحیح تئوری و عملی روش‌های تزئین شیشه شرایطی فراهم آورند که هنرجویان پس از فارغ التحصیلی بتوانند با حداقل امکانات کارآفرینی کنند.

در صفحهٔ ۱۴۹ در نمودار ۱ روش‌های متداول تزئین شیشه آورده شده است.

نمودار۱

هنرآموزان محترم بهتر است برای راهنمایی هنرجویان نکات زیر را مد نظر قرار دهند :
۱ روش‌های تزئین شیشه گسترده است و در این پودمان متداول‌ترین روش‌های

تزئین شیشه آورده شده است.

۲ در منابع مختلف گاهی انجام بعضی از روش‌های تزئین شیشه، به روش متفاوت که در این پودمان نگارش شده است ارائه می‌شود.

۳ این روش‌ها گاهی با اسامی متفاوت دیگری در کتب، شرکت‌ها و بازار عنوان می‌شوند.

۴ گاهی یک شیشه همزمان با ادغام دو یا چند روش تزئین می‌شود.

۵ علاوه بر روش‌های ذکر شده برخی از هنرمندان به روش‌های منحصر به فرد و ابتکاری محصولات شیشه‌ای را تزئین می‌کنند.

در شکل ۲ صفحه ۱۵۰ تصاویر قسمت (الف) ظروف شیشه‌های ساده و تصاویر قسمت (ب) همان محصولات شیشه‌ای را به‌صورت تراش خورده نشان می‌دهد.

الف

ب

روش تراش شیشه اغلب روی سطوح خارجی محصولات شیشه‌ای انجام می‌شود. این روش ساده‌ترین و متداول‌ترین روش تزئین شیشه است که با حداقل تجهیزات و با کمی مهارت قابل انجام است. در تصاویر شکل ۳ محصولات شیشه‌ای تخت و با سطح انحنادار آمده است تا هنرجو به این نکته دقت کند که امکان تراش دادن هم در سطح صاف و هم انحنادار وجود دارد.

کنجکاوی

صفحهٔ ۱۵۱: کنجکاوی در مورد دلیل تزئین بدنه شیشه‌ای به روش تراش با استفاده از تکرار یک طرح بر روی آن بیان شده است تا ذهن هنرجو در زمینهٔ نحوهٔ اجرای طرح بر روی بدنه با روش تراش متمرکز شود.

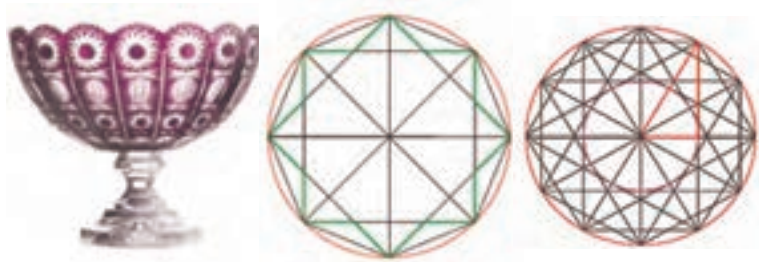
تکرار یک طرح بر روی محصول باعث می‌شود که تعداد زیادی محصول در واحد زمان تولید شود. هم‌چنین دلایل اشاره شده در زیر می‌توانند توسط هنرجویان ارائه شوند:

۱ از به هم پیوستن طرح‌ها می‌توان طرح‌های بسیار زیبایی به‌وجود آورد.

۲ برای ایجاد یک طرح بزرگ و فراگیر در سطح محصول نیاز به کسب مهارت زیاد نیست و فرد می‌تواند با داشتن کمی مهارت با ایجاد یک طرح ساده و تکرار آن، طرح را در ابعاد بزرگ ارائه کند.

۳ گاهی این طرح‌ها علاوه بر زیبایی با ایجاد خطای دید مثبت باعث بزرگ‌تر به نظر آمدن محصول می‌شوند.

شکل ۵ صفحهٔ ۱۵۱ : این شکل طراحی نقوش هندسی شمسه‌های هشت پر و دوازده پر که برای تزئین شیشه‌ها کاربرد فراوان دارند همراه با ظرف شیشه‌ای دوپوست که با این نقوش تزئین شده است را نشان می‌دهد.



هنرآموزان محترم می‌توانند در کلاس از هنرجویان بخواهند طرح شمسه‌ها را بر روی کاغذ به‌صورت تمرین در ابعاد مختلف طراحی کنند تا مهارت لازم در کشیدن این نوع طرح‌ها را کسب کنند.

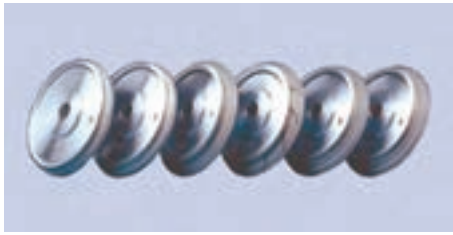
نکته

صفحهٔ ۱۵۲: در نکته بیان شده طبق شکل ۶، تزئین شیشهٔ دو پوست با روش تراش نشان داده شده است. در تراش شیشه دو پوست، تزئین بسیار زیبا و چشم‌گیر خواهد شدو در هنگام تراش این شیشه‌ها عمق تراش باید به مقداری باشد تا به پوسته اول برسد و رنگ پوسته اول در طرح‌های تراشیده شده نمایان شود.

دانش‌افزایی

در شکل‌دهی شیشه‌های دوپوست که رنگ لایهٔ درونی با لایه بیرونی آن متفاوت است، از دو مذاب شیشه که از لحاظ رنگ متفاوت هستند، استفاده می‌شود. لقمهٔ اولیه با یک رنگ که در اکثر مواقع شیشه بی‌رنگ یا سفید است، آغاز می‌شود و سپس با لقمهٔ دوم با هر رنگ دلخواه کار شکل‌دهی تکمیل می‌شود.
در روش دستی ابتدا مقداری مذاب شیشه به‌صورت گوی ناقص (از لحاظ وزن مذاب گوی) با چرخاندن میله در مذاب آماده برای شکل دهی برداشته شده و سپس این گوی شیشه را در مخزن مذاب رنگی فرو برده می‌چرخانند تا مذاب رنگی بر روی گوی مذاب قبلی به مقدار معین قرار بگیرد و به اندازه مورد نظر برای شکل دهی شیشه برسد. سپس شیشه شکل‌دهی می‌شود. محصول شیشه‌ای شکل‌دهی شده از درون و بیرون دارای دو رنگ است که به آن شیشهٔ دو پوست گفته می‌شود.

صفحهٔ ۱۵۲ شکل ۷: این تصویر مربوط به دستگاه تراش شیشه و دیسک‌های ساینده است.



دستگاه تراش (lathe) ماشن ابزاری است که برای تراشیدن و شکل‌دهی انواع شیشه به‌کار می‌رود. به دلیل ارزان بودن و سرعت بالای تراشکاری نسبت به سایر روش‌های تزئین استفاده از ماشین تراش یک روش معمول و پر استفاده در صنعت است.
دستگاه تراش مشابه دستگاه سنگ ساب است که برای تیز کردن و براده برداری ابزار آلات فلزی به‌کار می‌رود. در هر دو دستگاه قسمت بُرنده به صورت دیسک است و به‌وسیلهٔ نیروی الکتروموتور حول محوری می‌چرخد. جنس دیسک ساینده متفاوت است. تراش به عنوان قدیمی‌ترین کار تکمیلی قابل انجام بر روی شیشه به دو دسته تقسیم می‌شود :

- حکاکی فیزیکی شیشه با الماسه (فرز)
- حکاکی فیزیکی با چرخ مسی

دیسک‌های دستگاه‌های تراش شیشه در اندازه و ضخامت‌های مختلفی وجود دارند، بر اساس میزان تراش شیشه و ابعاد طرح از دیسک‌های متفاوتی استفاده می‌شود و عملیات تعویض دیسک‌ها به راحتی قابل انجام است.

معمولاً هنگام تراش‌دادن شیشه در قسمت تراش از مایعی مانند آب استفاده می‌شود که وظیفهٔ خنک‌کردن دیسک را دارد. همچنین آب یا مایع خنک‌کننده باعث می‌شود تا عملیات تراش شیشه راحت‌تر (کاهش اصطکاک) انجام شده و براده‌های (پودرها) شیشه از محل تراش شسته شده و از ایجاد گرد و غبار جلوگیری شود.
سرعت چرخش دیسک تراشکاری بستگی مستقیم به نوع تراش دارد و هرچه عمق تراش مورد نظر بیشتر باشد، سرعت چرخش تراش نیز بیشتر است و در صورتی که تراش سطحی باشد سرعت چرخ تراش نیز کمتر است.

نکات ایمنی

هنرآموزان گرامی لازم است بررعایت نکات ایمنی توسط هنرجویان تأکید کنند:
۱ هنگام کار با دستگاه تراش لازم است تمام نکات ایمنی مانند استفاده از عینک محافظ کاملاً رعایت شود.
۲ آب پسماند حاوی پودرهای حاصل از تراش شیشه نباید مستقیماً به درون لوله‌های فاضلاب ریخته شوند، زیرا پودرهای شیشه به راحتی به دلیل خاصیت غیرپلاستیک بودن در لوله‌ها رسوب کرده و منجر به گرفتگی می‌شوند. برای جلوگیری از بروز این مشکل باید آب به حوضچه‌ای مانند حوضچه‌های سنگ‌بری در ابعاد بسیار کوچک‌تر منتقل شود تا پودرهای شیشه در این حوضچه رسوب کنند.
۳ برای جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی به واسطه پودرهای شیشه حاصل از تراش، می‌توان از این پودرها در تهیه آمیزهای شیشه در فعالیت‌های کارگاهی استفاده کرد.

تحقیق کنید

صفحهٔ ۱۵۲: تحقیق کنید در مورد جنس دیسک‌های تراش آمده است تا هنرجویان به اهمیت ابزارآلات و تجهیزات در تراش شیشه دقت کنند.

هنرجویان باید در این تحقیق به این نکته اشاره کنند که جنس دیسک‌های دستگاه تراش باید از لحاظ سختی، دارای سختی بیشتر از شیشه باشند. سختی شیشه‌ها متناسب با نوع آمیز حدود ۶ الی ۶/۵ است. هر چه سختی دیسک بالاتر از شیشه باشد، عمر مفید دیسک بیشتر خواهد بود و دیرتر ساییده شده و از بین می‌رود. دیسک‌ها عموماً از جنس الماس هستند.

نمونه‌هایی از دیسک تراش شیشه

دستگاه فرزمینیاتوری که به فرز انگشتی نیز معروف است، علاوه بر تراش شیشه، در صنایع دیگر مانند تراش چوب در مبلمان و قاب‌سازی، محصولات پلیمری، محصولات مسی و آلومینیومی نیز استفاده می‌شود. سری‌ها یا فرز فرم‌ها با اشکال گوناگون، برای ایجاد طرح‌های مختلف کاربرد دارند که جنس آنها برای تراش هر نوع محصول متفاوت است..

کار با فرز مینیاتوری نیاز به داشتن مهارت و دقت است و در مقایسه با دستگاه تراش میزان تولید پایین‌تر است.

نکته

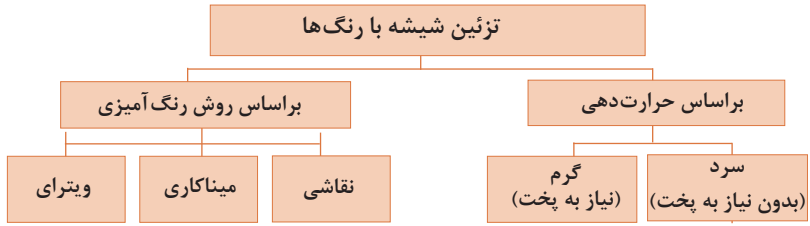
هنرآموزان محترم به این موضوع توجه داشته باشند که امکان خرید و دسترسی به فرز مینیاتوری در بازار با توجه به قیمت پایین آن در مقایسه با سایر تجهیزات تراش شیشه وجود دارد و برای تجهیز کردن کارگاه هنرستان مناسب است.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۱۵۳: فعالیت کارگاهی ارائه شده با عنوان کار عملی ۱ کسب مهارت در تراش شیشه با استفاده از فرز مینیاتوری است.

در انجام این کار عملی بهتر است هنرآموز محترم ابتدا با فرز، خطوطی تصادفی بر روی شیشه تراش دهد و نحوهٔ انجام کار با فرز و رعایت نکات ایمنی را عملاً به هنرجویان آموزش دهد، سپس از هنرجویان بخواهد به‌صورت فعالیت عملی بر روی شیشه خطوط ساده را تراش دهند. لازم است هنرآموز گرامی‌هنگام انجام فعالیت کارگاهی نکات فنی و ایمنی که باید رعایت شوند را به هنرجویان یادآوری کند.

صفحهٔ ۱۵۴: نمودار ۲ روش‌های تزئین شیشه به روش نقاشی را عنوان می‌کند.



متن صفحه ۱۵۵:

در تزئین شیشه با استفاده از رنگ‌های سرد، پس از نقاشی نیاز به پخت (حرارت‌دادن) نیست و پایهٔ این رنگ‌ها از نوع رنگ‌های پلاستیک و روغنی موجود در بازار است.

برای نقاشی بر روی شیشه‌ها عموماً رنگ‌های روغنی مناسب‌ترند زیرا شیشه جذب آب ندارد و اگر چه می‌توان با استفاده از رنگ‌های پلاستیک (آبی) بر روی شیشه نقاشی کرد اما به خاطر نداشتن جذب آب شیشه‌ها بر روی سطح شیشه اتصال مناسبی ندارند و راحت‌تر از سطح شیشه در اثر خراش و اصطکاک، در تماس با آب و سایر مایعات و محلول جدا می‌شوند و هنگام اعمال رنگ امکان شره‌کردن رنگ وجود دارد. هنرآموز محترم لازم است موارد زیر را به هنرجویان متذکر شود:

زمان لازم برای خشک‌شدن نقاشی روی شیشه:

زمان مناسب برای خشک‌شدن رنگ‌های ویترای ۸ ساعت و خمیرهای دورگیری ۳۰ دقیقه است، مکان مناسب برای خشک‌شدن کار، محیطی است که هوای آن خشک و ترجیحاً دور از گرد و غبار باشد.

میزان مقاومت رنگ‌های ویترای در نقاشی روی شیشه:

رنگ‌های ویترای پس از خشک‌شدن دارای استحکام و مقاومت مناسب در مقابل شست‌وشوی آرام و ملایم (نه سنگین خیساندن و غوطه‌ورکردن) هستند، و سطوح تزئین شده با این رنگ‌ها جنبه دکوراتیو دارند و نباید از آنها به‌صورت مداوم استفاده کرد.

صفحهٔ ۱۵۵:

فکر کنید

ویترای روشی آسان و ارزان است اما به مرور زمان در مقابل تابش آفتاب و در مجاورت باد و باران به حالت پوسته‌ای درآمده و جلای خود را از دست می‌دهد. دلیل این اتفاق اتصال ضعیف رنگ با شیشهٔ پایه است. به علت مقاومت کمتر رنگ در برابر این عوامل، رنگ تجزیه شده و جلا و براقیت رنگ از بین رفته و به انسجام رنگ آسیب وارد می‌شود. سپس خود ترکیب رنگ تجزیه می‌شود. برای دوام بیشتر این رنگ‌ها بهتر است از جایگزین‌هایی که بتواند اتصال قوی‌تری به‌وجود آورد و در مقابل عوامل بیرونی مانند تغییرات دما، رطوبت و نور مقاوم باشد، استفاده شود. بهبود این ویژگی‌ها می‌تواند کاربردهای جدیدی برای رنگ ایجاد کند.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۱۵۶: کار عملی ۲ طراحی نام هنرستان روی شیشه و تزئین آن به روش ویترای است. هنر آموزان محترم می‌توانند هر طرح یا نوشته‌ای را از هنرجویان بخواهند تا به روش ویترای بر روی شیشه انجام دهند.

فکر کنید

صفحهٔ ۱۵۷: هدف از طرح فکر کنید در مورد مزایای رنگ‌های پایین پخت، معطوف‌کردن ذهن هنرجویان به موارد اقتصادی، سرعت و سهولت کار است.

مزیت رنگ‌های پخت پایین :

۱ ارزان‌تر از رنگ‌های دما پخت بالا از لحاظ مواد اولیه هستند.

۲ چون در ترکیب این رنگ‌ها درصد مواد آلی زیاد است بنابراین اعمال آن بر روی شیشه راحت‌تر است.

۳ به علت دمای پخت پایین، در فرایند پخت مصرف انرژی کمتر است.

۴ به علت دمای پخت پایین، نیاز به زمان پخت کمتری دارند و راندمان تولید بالاست.

نکته

صفحهٔ ۱۵۷: با افزایش درصد مواد معدنی آمیز رنگ، به دمای پخت بالاتری نیاز است تا رنگ بتواند به تثبیت کامل برسد. می‌توان با پخت رنگ در دماهای مختلف بهترین دمایی که رنگ از لحاظ ظاهری (جلا، شفافیت ورنگ مورد نظر) و مقاومت در برابر اشعه خورشید و سایر عوامل دارای کیفیت مطلوب باشد را تعیین کرد. هنرجویان باید به این نکته دقت کنند که دمای پخت رنگ باید نهایتاً از دمای نرم شوندگی شیشه کمی کمتر باشد تا محصول شیشه‌ای در فرایند پخت دکور تغییر شکل نداشته باشد.

صفحهٔ ۱۵۸: روش نقاشی روی شیشه

نقاشی روی شیشه‌های تخت در روش‌های تزئین شیشه به دو روش روی شیشه و پشت شیشه انجام می‌شود. روش نقاشی بر روی پشت شیشه نیاز به دانش فنی و مهارت بالایی دارد و در این کتاب به آن اشاره نشده است. از لحاظ زمان برای تدریس تئوری و انجام کار عملی نیاز به زمان زیادی دارد. مزیت اصلی این روش در تماس نبودن نقاشی با عوامل خارجی است که این امر باعث جلوگیری از آسیب رسیدن به نقاشی می‌شود.

ذکر این نکته توسط هنرآموزان ضروری است که روش کار در نقاشی پشت شیشه با نقاشی روی بوم نقاشی و روی شیشه فرق دارد. نقاشی پشت شیشه بر خلاف نقاشی

معمولی کار آسانی نیست. زمانی که نقاش روی کاغذ یا بوم نقاشی می‌کند به آنچه که انجام می‌دهد مسلط است و در پایان نیز به سادگی به قلم گیری می‌پردازد. ولی در نقاشی پشت شیشه این روش به‌گونه‌ای دیگر انجام می‌پذیرد، بدین معنی که قسمت‌های پایانی در آغاز کار انجام می‌شود، ابتدا جزئیات و ظرافت‌های کار انجام می‌شود و سپس به رنگ‌های اصلی و رنگ‌آمیزی زمینه پرداخته می‌شود.

دومین تفاوت نقاشی پشت شیشه با نقاشی روی بوم یا هر زمینه دیگر این است که در نقاشی روی بوم اشتباهات را می‌توان با رنگ‌ها رفع کرد اما در نقاشی پشت شیشه رنگ اشتباه را با رنگ دیگر نمی‌توان درست کرد، بلکه باید رنگ‌های زده‌شده را پاک و از نو شروع کرد.

نقاش پشت شیشه باید با مبانی طراحی آشنایی داشته و بتواند انواع طرح‌های منظره (طبیعت بی‌جان) و حیوانات و پرندگان، ابنیه تاریخی و مینیاتور را روی شیشه ساده و مات شده و پلکسی گلس منتقل کرده و سپس نقاشی انواع طرح‌ها در پشت شیشه انجام می‌شود.

موضوعات و طرح‌های مورد استفاده نقاشی پشت شیشه عبارت‌اند از:

حاشیه‌های رنگی، گل، گل و مرغ، وقایع مذهبی و داستان‌های رزمی، نقوش انسانی، حیوانی، هندسی، تصاویر منظره‌ها و نوشته‌ها و خطوط قرآنی.

پرسش

صفحه ۱۵۸: سؤالی در زمینه روش تشخیص نقاشی روی شیشه و پشت آن مطرح شده است. می‌توان با لمس کردن سطح شیشه تشخیص داد که نقاشی بر روی سطح شیشه یا پشت آن کشیده شده است.

روش شناخت نقاشی در پشت و روی شیشه، ساده است زیرا دو طرف (پشت و روی) نقاشی در روی شیشه تقریباً مانند همدیگر است اما پشت و روی نقاشی در پشت شیشه کاملاً متفاوت است. به گونه‌ای که با دیدن پشت نقاشی به سختی می توان موضوع نقاشی را حدس زد. در این روش لایه‌های رنگ یک به یک روی هم‌دیگر می‌آیند و رنگ زیرین را پوشش می‌دهند.

هنرجویان باید بتوانند برای پاسخ به سؤال به نکات زیر اشاره کنند:
۱ اگر سطحی کاملاً صاف و صیقلی باشد. نقاشی پشت شیشه کشیده شده است.
۲ اگر سطحی کاملاً صاف و صیقلی نباشد و طرح‌ها حس شود. نقاشی روی شیشه کشیده شده است.

نکته

می‌توان با تست‌های مخرب مانند خراش دادن یا استفاده از مواد پاک‌کنندهٔ رنگ تشخیص داد ولی به علت آسیب رسیدن به نقاشی نباید انجام شود.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۱۵۸: کار عملی ۳ نقاشی روی شیشه تخت است که طرح‌های مورد استفاده می‌توانند متناسب با علاقه و مهارت هنرجو از لحاظ نقاشی باشند.

صفحهٔ ۱۵۹ شکل ۱۳: تزئین شیشه با میناکاری است که اغلب بر روی ظروف شیشه‌ای و لوسترها انجام می‌شود.

رنگ‌های مینا مخصوص شیشه است و ترکیبی کاملاً متفاوت با سایر لعاب‌های اِنامل فلز دارند و در دمایی حدود ۶۰۰ ـ ۵۰۰ درجه سلسیوس پخت و ثابت می‌شوند.
مطالعهٔ کتاب لعاب فلز، دکتر ابراهیم مسعود، برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌شود.

شکل ۱۴ در صفحه ۱۵۹ نمونه‌ای از پمپ میناکاری را نشان می‌دهد که محفظهٔ پلاستیکی دارند و برای سر آنها از سر سرنگ استفاده می‌شود.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۱۶۰: با عنوان کار عملی ۴ در مورد میناکاری روی شیشه آمده است. هنرآموزان گرامی بهتر است پیش از انجام میناکاری روی نمونه اصلی از هنرجویان بخواهند نحوهٔ کار با پمپ‌های رنگ را روی یک تکه شیشه امتحان کنند تا نحوه رنگ‌آمیزی به‌وسیله پمپ را بیاموزند.
هنگام تهیهٔ رنگ، شرایط پخت (دمای پخت، مدت ماندگاری در دمای بیشینه، سرعت رساندن به دمای بیشینه و سرعت سردکردن) نمونه‌های رنگ مینا را از فروشنده بخواهید تا در اختیار شما قرار دهد. همچنین در صورت امکان می‌توانید در شرایط مختلف پخت را انجام دهید تا بهترین دمای پخت را به‌دست آورید. هنرآموز محترم لازم است به هنرجویان رعایت نکات زیر را متذکر شود:
۱ تا حد ممکن سعی شود غلظت رنگ‌ها و ضخامت طرح‌ها یکسان باشد تا پس از پخت تزئین محصول ایده‌آل باشد.
۲ در چیدن محصولات برای پخت تزئین، سطوح میناکاری شده هیچ تماسی با هم یا ابزارآلات و کف کوره نداشته باشند.

دانش‌افزایی

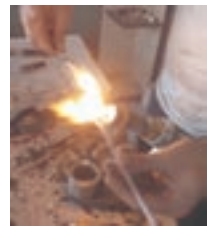
حرارت مستقیم

در این روش با حرارت دادن مستقیم یک میله یا لوله شیشه‌ای می‌توان محصولات شیشه‌ای متنوعی ساخت.
در این روش باید نکات زیر را در نظر گرفت:
۱ میزان حرارت‌دهی به اندازه‌ای است که شیشه گداخته شود. باید دما بین دمای کارپذیری با گرانروی $۱۰^{۷/۶}$ پواز و دمای نرم شوندگی با گرانروی $۱۰^{۴}$ پواز شیشه برسد.
۲ شیشه از جنسی باشد که تغییرات گرانروی براثر دما از نوع محدودهٔ (بُرد) وسیع باشد.
۳ شیشه از جنسی باشد که از خاصیت الاستیک و هدایت حرارتی بالا برخوردار باشد.
شیشه‌ها از لحاظ تأثیر دما بر گرانروی بر اساس نوع آمیز به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:
۱ گرانروی (ویسکوزیته) محدوده (بُرد) کوتاه: در این نوع شیشه، تغییرات گرانروی با دما کم است و به اصلاح شیشه short است.
۲ گرانروی (ویسکوزیته) محدودهٔ (بُرد) وسیع (بلند) : در این نوع شیشه، تغییرات گرانروی با دما (زیاد) است و به اصلاح شیشه long است.

در فرایند شکل‌دهی، به‌خصوص روش‌های دستی، هنری یا عملیات تکمیلی و تزئین هر چقدر تأثیر دما بر گرانروی شیشه از نوع وسیع باشد شرایط کار روی شیشه راحت‌تر و مهیاتر است و فرصت مناسب برای کار بر روی شیشه وجود دارد. شیشه‌های بوروسیلیکاتی ویژگی‌های بالا را دارند به همین علت برای روش حرارت مستقیم مناسب هستند.

صفحهٔ ۱۶۰: شکل ۱۵ مشعل گازی که برای روش حرارت مستقیم استفاده می‌شود را نشان می‌دهد. مشعل‌های مورد استفاده برای کار بر روی شیشه هنگام حرارت دادن نباید دود و آلودگی تولید کند، زیرا آلودگی‌ها با شیشهٔ گداخته شده واکنش داده و باعث تغییر رنگ شیشه و کاهش کیفیت کار می‌شود.

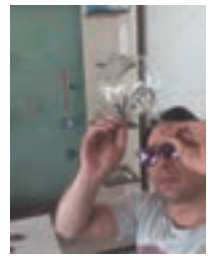
صفحهٔ ۱۶۱: تصاویر شکل‌های۱۶و متن مراحل تزئین شیشه به روش حرارت مستقیم را آموزش می‌دهد. هنرجویان می‌توانند با تهیهٔ لوله یا میله شیشه‌ای بر روی شیشه عملیات تزئین را انجام دهند.



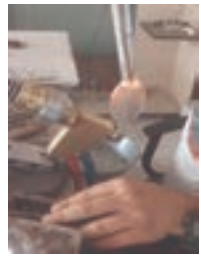
۱

۲

۳



۴



۵

۶

تحقیق کنید

صفحهٔ ۱۶۲: در مورد جنس شیشه‌های مورد استفاده در روش حرارت مستقیم که اغلب بوروسیلیکاتی است آمده است.

هنرآموزان گرامی، لازم است هنرجویان را متوجه این نکته کنند که در روش حرارت مستقیم، شیشه چند بار حرارت داده شده و سرد می‌شود، بدون اینکه بشکند یا تنش در آن ایجاد شود. بنابراین مقاومت در برابر شوک حرارتی ویژگی است که باید در نظر گرفته شوند. شیشه‌های بوروسیلیکاتی دارای ضریب انبساط حرارتی بسیار کم $۳/۳\times۱۰^{-۶}K^{-۱}$ و هدایت حرارتی زیاد هستند. این دو خاصیت منجر می‌شود که مقاومت در برابر شوک حرارتی این شیشه‌ها بسیار بهتر از سودالایم باشد. همچنین وسیع بودن محدودهٔ گرانروی نیز ویژگی مهمی است که باید به آن اشاره شود.

در ترکیب این شیشه‌ها، درصد مواد قلیایی که دارای ضریب انبساط حرارتی زیاد هستند کم است و در مقابل بوراکسید و سیلیس که دارای ضریب انبساط حرارتی کم هستند بیشتر استفاده می‌شوند. این امر در پایین بودن ضریب انبساط حرارتی آن مؤثر است. شیشه‌های کوارتز نیز در شکل‌دهی با حرارت مستقیم قابل استفاده هستند.

دانش‌افزایی

برای اینکه شیشه‌ای از مقاومت در برابر شوک حرارتی بالایی برخوردار باشد باید :

۱ ضریب انبساط حرارتی آن کم باشد.

چنانچه محصول شیشه دارای ضریب انبساط حرارتی کم باشد با تغییرات ناگهانی دما تغییرات حجمی کمتری دارد. دلیل ایجاد شوک در قطعات، تغییرات حجمی زیاد و ناگهانی است.

۲ هدایت حرارتی آن را افزایش داد. اگر محصول شیشه دارای هدایت حرارتی زیاد باشد هنگام گرم شدن قسمتی از شیشه، حرارت به سایر قسمت‌ها منتقل شده و تمامی قسمت‌ها با هم منبسط شده و از بروز تنش جلوگیری می‌شود. به عنوان مثال، علت اینکه یک لیوان یا استکان شیشه‌ای گاهی در زمستان به محض ریختن مایع گرم ترک برمی‌دارد، ضریب انبساط حرارتی بالا است که در اثر دمای مایع داغ سطح درونی آن تمایل به انبساط دارد ولی سطح بیرونی سرد است و تمایل به انبساط ندارد. اختلاف رفتار سطح درونی و بیرونی باعث بروز تنش در شیشه شده و منجر به ترک خوردن یا شکست آن می‌شود. به دلیل پایین بودن هدایت حرارتی، گرمای درون شیشه به سطح بیرونی آن سریع منتقل نمی‌شود.

فکر کنید

صفحهٔ ۱۶۸ در مورد اسلامپینگ آمده است.

۱ ۲ ۳

در تصاویر نشان‌داده شده، شیشه بیشتر از قالب اسلامپیک که سرامیکی است منقبض و جمع شده است که به دلیل ضریب انبساط حرارتی بیشتر آن نسبت به قالب است که به سهولت خارج شدن از قالب کمک می‌کند.
شیشه بیشتر از سرامیک و کمتر از فلز منقبض می‌شود. بنابراین در اسلامپینگ از قالب سرامیکی و در دراپینگ از قالب فلزی استفاده می‌شود. قالب فلزی ضریب انبساط بیشتری نسبت به شیشه دارد بنابراین امکان شکل‌دهی بدون اعمال فشار به شیشه و سهولت جداکردن آن از قالب در دراپینگ وجود دارد.

فعالیت کارگاهی

صفحهٔ ۱۶۹ و ۱۷۰ کار عملی ۷ و ۸: هنرآموزان گرامی‌توجه داشته باشند برنامهٔ ارائه شده کلی نیست و می‌تواند متغیر باشد و تنها مثالی از برنامه عملیات حرارتی پیشنهاد شده است.

برنامهٔ حرارتی پیشنهادی برای اسلامپینگ

سرعت گرمایش و سرمایش (ساعت / درجه)	دما (درجهٔ سلسیوس)	زمان
۱۶۷	۶۳۳	۱۰ دقیقه
کاهش دما با سرعت کمتر از ۲۷۷	۴۸۲	۱ ساعت
۵۶	۳۷۱	بدون توقف
کاهش دما با سرعت کمتر از ۲۷۷	۲۱	بدون توقف

برنامهٔ حرارتی پیشنهادی برای فول فیوز

سرعت گرمایش و سرمایش (ساعت / درجه)	دما (درجهٔ سلسیوس)	زمان
۲۲۲	۶۳۳	۱ ساعت
۳۳۳	۸۱۰	۱۰ دقیقه
کاهش دما با سرعت کمتر از ۲۷۷	۴۸۲	۱ ساعت
۸۳	۳۷۱	بدون توقف
کاهش دما با سرعت کمتر از ۲۷۷	۲۱	بدون توقف

صفحهٔ ۱۶۸:
در روش اسلامپینگ قالب آن به‌صورت توخالی انتخاب می‌شود روش دراپینگ مشابه اسلامپینگ است ولی در این روش از قسمت بیرونی قالب استفاده می‌شود و یا اینکه قالب توخالی نیست و جنس آن با قالب اسلامپینگ متفاوت است. با توجه به تصاویر و محصولات ساخته شده با دراپینگ ذهن هنرجویان به چالش کشیده می‌شود و با هم گروهی‌های خود در مورد نحوهٔ ساخت این محصولات مشورت می‌کنند. باید هنرجویان بتوانند تشخیص دهند که قسمت انتهایی قالب به عنوان تکیه‌گاه این بدنه‌های شیشه عمل کرده و قسمت کناره‌های آن در اثر حرارت و جاذبه زمین افتاده می‌شوند.

قالب فلزی مورد استفاده در روش دراپینگ

نمونه‌های ساخته شده به روش دراپینگ

صفحهٔ ۱۷۰: در فعالیت کارگاهی ۸ برای ساخت کاشی شیشه‌ای هنرجویان باید به این نکته دقت کنند که حتماً ضریب انبساط حرارتی شیشه‌های مورد استفاده برابر یا بسیار به هم نزدیک باشند. همچنین هنرجویان در هنگام خارج‌کردن از کوره باید دقت کافی داشته باشند زیرا با توجه به امکان شکسته‌شدن محصول و عدم اتصال قسمت‌های مختلف آن، امکان آسیب‌دیدگی برای آنها وجود دارد. در صورت ایجاد شکستگی در محصول پس از حرارت، آزمایش را دوباره و در دمای بالاتر تکرار کنند.

دانش‌افزایی

شیشهٔ سندبلاست:

شیشهٔ سندبلاست برای اولین بار در سال ۱۸۷۴ میلادی به‌عنوان یک روش تمیزکاری ثبت‌شد و امروزه نمونه‌های فراوانی از طرح شیشه سندبلاست را می‌توان در نمای ساختمان و درب‌های سکوریت مشاهده کرد. پس از اختراع دستگاه سندبلاست و مکانیزه شدن عملیات شیشه سندبلاست، طراحی روی شیشه برای مات کردن تمام یا بخشی از شیشه بیشتر رواج یافت.

فرایند سندبلاست شیشه:

سندبلاست بر روی شیشه سکوریت به فرایندی گفته می‌شود که با استفاده از پاشیدن پرفشار شن مخصوصی (سیلیسیم اکسید) روی شیشه، لایه نازکی از شیشه برداشته می‌شود و سطح مربوطه نمای مات پیدا می‌کند. سندبلاست بر روی کل سطح شیشه و یا قسمت‌هایی که بعد از عملیات شن‌پاشی باید به‌صورت لوگو، طرح یا نوشته به‌صورت مات نمایش داده شود انجام می‌پذیرد، در حالتی که طرح خاصی باید مات شود ابتدا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوط به طراحی، طرح یا نوشته یا لوگوی مدنظر طراحی‌شده و سپس به دستگاه پلاتر فرستاده می‌شود، روی برچسب طرح موردنظر نقش گرفته و بعد از چسباندن آن بر روی شیشه آمادهٔ فرستاده شدن به اتاق سندبلاست می‌شود، در نهایت شیشه را پس از فرایند سندبلاست، عاری از هرگونه شن و ماسه کرده و مورد شست‌وشو قرار می‌دهند و به محل نصب منتقل می‌کنند. پس از نصب برچسب‌های روی شیشه را برداشته و طرح موردنظر روی شیشه نمایان می‌شود. سندبلاست را شن‌زنی یا ساب پاشی نیز می‌نامند.

مادهٔ اصلی عملیات سندبلاست ساینده‌هایی از جنس شن و ماسه هستند که بسته به نوع شیشه و نوع طرح در اندازه سختی متفاوتی به‌کار می‌روند. سندبلاست یک اصطلاح کلی برای توصیف عمل پاشیدن ذرات ریز شن توسط بخار و یا فشار هوا با سرعت بالا جهت حکاکی و ایجاد طرح بر روی یک سطح است. گاهی اوقات به‌جای شن و ماسه از ذرات ریز مصنوعی یا از جنس پوستهٔ نارگیل در فرایند سندبلاست استفاده می‌شود.

فرایند سندبلاست روی شیشه، متشکل از عمل فرسایش شیشه با استفاده از جریان هوا یا بخار به همراه شن و ماسه با شدت عمل بیشتر است. لوله‌های انتقال جریان هوا برای پاشیدن شن و ماسه دارای سوراخ‌های ریزی در خروجی می‌باشند. شن و ماسه به شدت بر روی سطح پاشیده شده و سطوح را دچار فرسایش می‌کنند.

تغییر اندازه شن و ماسه، حجم و سرعت پاشیدن شن و ماسه و قطر دهانهٔ لولهٔ

انتقال جریان هوا از جمله عوامل تأثیرگذار بر روی فرایند سندبلاست می‌باشد که می‌تواند طراحی روی شیشه را تغییر دهد.
دو نوع سندبلاست‌کننده (ماسه‌پاش) وجود دارد: سیستم بلاست به‌صورت فشار و یا سیستم به‌اصطلاح زانویی قابل حمل. سیستم بلاست فشاری سریع‌تر و بسیار مؤثرتر است ولی کمی‌گران است. دو نوع اصلی ماسه‌پاش عبارت‌اند از اتاقک بلاست (انفجار) و بلاستر قابل‌حمل. انواع متفاوتی از دستگاه‌های سندبلاست وجود دارد که هر کدام نوع کاربرد خاصی دارند.
نکات ایمنی زیر توسط هنرآموزان به هنرجویان یادآوری شود:
ـ هنگامی که دستگاه سنگ‌شکن مشغول به‌کار است از آن فاصله بگیرید زیرا ممکن است به مشکلات ریوی دچار شوید.
ـ استفاده از اتاقک سندبلاست بهترین روش است. این اتاقک باید دارای روشنایی مطلوبی باشد، وجود یک روبنده گردوغبار و دستکش برای حفاظت در هنگام کار در محفظهٔ انفجار بسیار مهم است، با توجه به اینکه عمل انفجار در داخل محفظه صورت می‌گیرد و گردوغبار کنترل می‌شود، بنابراین مشکلات تنفسی کاهش می‌یابد.

ارزشیابی نهایی

شرح کار:
۱ـ آماده‌سازی ابزار و تجهیزات تزئین شیشه
۲ـ آماده‌سازی مواد اولیه تزئین شیشه
۳ـ تزئین شیشه
۴ـ پخت
۵ـ کنترل نهایی

استاندارد عملکرد:
تزئین شیشه به روش‌های تراش، حرارت مستقیم، فیوزینگ و با استفاده از رنگ‌ها و مات‌کردن
شاخص‌ها:
تمیز و آماده‌کار بودن ابزار تزئین
تنظیم و آماده کار بودن دستگاه‌ها
آماده‌سازی مواد اولیهٔ موردنیاز
تزئین شیشه

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
مکان: کارگاه استانداردهای ایمنی
ابزار و تجهیزات: کورهٔ الکتریکی، بوته ذوب شیشه، دستگاه فرز انگشتی، دستگاه ساب و پولیش، مشعل تزئین شیشه و تجهیزات (کپسول گاز، هوا و شیلنگ)، چرخ گردان، انواع ابزار تراش شیشه، بُرد سرامیکی، قالب سرامیکی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	آماده‌سازی ابزار و تجهیزات تزئین شیشه	۱	
۲	آماده‌سازی مواد تزئین شیشه	۲	
۳	تزئین شیشه	۱	
۴	پخت	۱	
۵	کنترل نهایی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات			*

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

منابع

۱ راهنمای برنامه درسی رشته سرامیک (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کار دانش

۲ کتاب درسی تولید شیشه (۱۳۹۷). ناصر ضیائیان مفید، الهامی صمد بین، محمد امین حائری، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کار دانش

۳ استاندارد ارزشیابی حرفه رشته سرامیک (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کار دانش

۴ استاندارد شایستگی حرفه رشته سرامیک (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کار دانش

۵ شیشه «ساختار، خواص، کاربرد »، واهاک مارقوسیان، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۴

۶ صنعت شیشه، فرانسیس جوزف، ترانس مالونی، ترجمه محمدرمضانی، نشر گوتنبرگ، ۱۳۷۹

۷ Introduction to Glass Icience and technologg/ Jane E.Shelly

۸ شیشه‌گری دستی در ایران، حسین یاوری، انتشارات سوره مهر

۹ روش‌های پیشرفته شکل دادن شیشه‌های رنگی، حمید کیا میری، سعید باغشاهی، علیرضا میرحبیبی، ناشر نقش بیان، ۱۳۸۶

۱۰ شالوده صنعت شیشه (۳ و ۲ و ۱)، گروه مترجمین، شیشه قزوین ۱۳۷۲