



دریچه‌ای رو به دگرگونی

چگونه شیشه، چهره جهان را تغییر داد؟

مهدیه سالار کیا

اشاره

موادی مربوط به دوران فنیکی‌ها در ۵۰۰۰ سال پیش از میلاد یافت. این نمونه‌ها که از سوریه امروزی به دست آمده است به شکل لعاب روی مهره‌های سنگی به کار رفته‌اند. از چند و چون اقدام‌های بشر در زمینه شیشه‌گری اطلاعاتی در دست نیست ولی کشف مهره‌های شیشه‌ای کوچک به جا مانده در مصر و بین‌النهرین گواهی می‌دهد سابقه فناوری ساخت شیشه نباید قدیمی‌تر از هزاره سوم پیش از میلاد باشد. نکته دیگر رنگی بودن شیشه‌ها از آغاز ساخته شدن قدیمی‌ترین انواع آن است که تا قرن پانزدهم میلادی این ویژگی برقرار بوده است و نشان می‌دهد تا چه اندازه پیشرفت در حوزه شیشه‌گری به کندی انجام گرفته و نیازمند زمینه‌سازی‌هایی در زمینه شناخت ترکیب شیمیایی شیشه، مهارت یافتن در روش‌های تولید، آشنایی با مواد افزودنی و نقش آن‌ها بوده است. از جمله محدودیت‌های مهم و اثرگذار در این زمینه می‌توان به کوچک بودن کوره‌های ذوب و دشوار بودن تأمین گرمای مورد نیاز برای ذوب اشاره کرد.

در ادامه، روند تغییرات در عرصه ساخت شیشه را تا تبدیل آن به صنعتی پررونق پی می‌گیریم.

کلیدواژه‌ها: شیشه، تاریخ شیمی، زباله، سیلیسیم اکسید، شیشه‌گری

بسیاری از دست‌سازهای به جا مانده از تمدن‌های کهن، منابع یکسان و مواد خام مشابهی دارند. سلاح‌های سنگی مربوط به دوره پارینه سنگی - نخستین مرحله از مراحل سه‌گانه عصر حجر - دربردارنده همان موادی هستند که مصریان در ساخت مهره‌های شیشه‌ای تزئینی به کار گرفته‌اند. این، شاید شگفت‌انگیز باشد اما نه برای افرادی که با علم مواد سروکار دارند. اینکه ماده‌ای واحد بتواند کاربردهایی بسیار متفاوت از یکدیگر داشته باشد، هرگز برای یک شیمی‌دان، غریب و دور از انتظار نیست زیرا مقوله «ارتباط میان ساختار و عمل»، کاربرد ویژه هر آنچه را که در پیرامون ما ماهیت مادی دارد، توضیح می‌دهد. بنا به اصول شیمیایی، ویژگی‌های نهفته در بطن ساختاری مواد، کاربردهای متعدد و شاید متفاوت آن‌ها را توجیه می‌کند.

مقدمه

در درونی‌ترین لایه‌های حیات بشر می‌توان خاستگاهی ویژه برای شیشه و کاربردهای آن یافت. درواقع، انسان اولیه پیش از آنکه یاد بگیرد چگونه شیشه بسازد با منبع آن سروکار داشت و در ساخت چاقو، نوک نیزه، جواهر و پول از این منبع استفاده می‌کرد. قدیمی‌ترین ردپای شیشه را می‌توان در

شکل ۱ مهره‌های شیشه‌ای رنگی؛ قدیمی‌ترین وسایل شیشه‌ای

رنگی بودند و این روند تا قرن پانزدهم میلادی ادامه داشته است.

شیشه؛ از حضور نامحسوس تا عصر طلایی

چنان‌که اشاره شد در حدود پنج هزار سال پیش از میلاد لعاب دادن مهره‌های سنگی با لایه‌ای از جنس سیلیس در میان سومریان و مصریان رواج داشته است. یعنی هنوز اثری از شیشه در شکل امروزی آن در ساخته‌های بشری دیده نمی‌شد. در حدود ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد، وسایل کوچکی به شکل پلاک، مهره و طلسم از شیشه‌های رنگی ساخته شدند. ساخت ظرف‌های شیشه‌ای تا پانصد سال بعدی، در بین‌النهرین و سپس در مصر توسعه پیدا کرد در حالی‌که هنوز شیشه‌ها تیره و رنگی بودند. به نظر می‌رسد این پیشرفت در سایه آگاهی از نقش کمک‌ذوب‌ها^۱ به دست آمده باشد؛ موادی که نقطه ذوب سیلیس را از 1710°C تا حدود دمای 725°C پایین می‌آورند. چگونگی دستیابی به این آگاهی مشخص نیست اما این رویداد که در حدود ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد روی داده است ارتباطی قوی میان فلزکاری و شیشه‌گری ایجاد کرد. درواقع، موادی همچون آهک و سودا - که در استخراج و خالص‌سازی فلزها نقشی اثرگذار از خود به نمایش گذاشته بودند - به‌عنوان کمک‌ذوب در عرصه شیشه‌گری نیز خوش درخشیدند. باری با همه آهستگی در پیشرفت شیشه‌گری، این صنعت در دوران امپراطوری روم به اوج خود رسید چنان‌که از این دوره به عصر طلایی شیشه یاد می‌شود. در همین دوران، با معرفی روش دمیدن در شیشه از سوی صنعتگران

آب‌سیدین؛ منبع آتش‌فشانی شیشه

نام شیشه از واژه‌ای انگلیسی^۱ گرفته شده است که خود ریشه در یک واژه قدیمی آلمانی^۲، به معنی درخشیدن و درخشش دارد. نخستین شناخت مردمان عصر حجر از شیشه نیز نتیجه آشنایی با سنگی آتش‌فشانی و درخشنده در رنگ‌های سیاه، نارنجی، خاکستری و سبز بوده است که با کناره‌های تیز و قابلیت خاص خود در شکل‌پذیری، توجه جوامع ماقبل تاریخ را به‌عنوان منبعی بی‌نظیر برای ساخت ابزار و سلاح جلب کرد. این سنگ آتش‌فشانی که از آن به شیشه طبیعی نیز یاد می‌شود در همه جاهایی که سنگ‌های غنی از سیلیسیم اکسید، SiO_2 ، در برابر گدازه‌های آتش‌فشانی، فرایند ذوب را تجربه کرده‌اند، یافت می‌شود. هنگامی که مواد مذاب در برابر آب، به سرعت سرد می‌شوند، بافتی شیشه‌ای در زمینه این سنگ‌ها شکل می‌گیرد. چنین سنگ‌هایی آب‌سیدین^۳ خوانده می‌شوند.

تنوع آب‌سیدین و رنگ‌های گوناگون آن از وجود ناخالصی‌های متفاوت ناشی می‌شود چنان‌که وجود آهن و منیزیم به آن رنگ سبز تا سیاه می‌بخشد. از آنجا که در آغاز مسیر تهیه شیشه، هنوز روش‌های خالص‌سازی شناخته نشده بود، باقی ماندن این ناخالصی‌ها سبب می‌شد که فرایند تولید شیشه، تنها انواع رنگی آن را در پی داشته باشد. از این‌رو، همه شیشه‌های مربوط به هزاره سوم پیش از میلاد

شکل ۲ آب‌سیدین، معروف به شیشه سیاه آتش‌فشانی



بارونمایی از قصر ژوزف پاکستونز در سال ۱۸۵۱ بود که شیشه به عنوان یکی از مصالح ساختمانی در معماری جدید مورد توجه قرار گرفت



شکل ۴ قصر شیشه‌ای جوزف پاکستونز

شیشه، سرب را در فرایند تولید شیشه، با مواد خام همراه کرد. به این ترتیب پس از اختراع روش دمیدن در شیشه، رویداد مهم دیگری در تاریخ شیشه ثبت شد. این اقدام سبب نرم‌تر شدن شیشه‌ها شد و افزون بر درخشندگی بیشتر، شکل‌پذیری آن‌ها در ساخت وسایل تزئینی را آسان‌تر کرد. این ویژگی‌ها که تولید فراورده‌های مرغوب و زیباتر را در پی داشت توجه صنعت اپتیک را به خود جلب کرد، چنانچه این اختراع برجسته ساخت عدسی در کیفیت‌های مناسب را برای وسایلی همچون تلسکوپ‌ها و میکروسکوپ‌ها امکان‌پذیر کرد.

در آغاز قرن هجدهم، ساخت شیشه برای پنجره با تقاضای فراوان همراه بود. با اینکه پس از کسب مهارت در ساخت شیشه‌های تزئینی، استفاده آن در بناهای مذهبی دوره رومیان و سپس در کلیساها، در قرن سیزدهم و چهاردهم مورد توجه قرار گرفته بود، برای نخستین بار با بارونمایی از قصر شیشه‌ای ژوزف پاکستونز^۷ در سال ۱۸۵۱ بود که شیشه به عنوان یکی از مصالح ساختمانی در معماری جدید مورد توجه قرار گرفت.

در دهه ۱۸۲۰، اختراعی جدید، تولید بطری و فلاسک‌های شیشه‌ای با روش دمیدن را پایان داد و آن، ساخت یک ماشین دستی بود. سپس در دهه ۱۸۷۰ نخستین ماشین نیمه‌خودکار تولید بطری شیشه‌ای اختراع شد و در سال ۱۸۸۷ با ظرفیت تولید ۲۰۰ بطری در ساعت توسط اشلی^۸ در ایالت یورکشایر توسعه یافت. سرانجام بیست سال بعد، اونز^۹ در ایالات متحده ماشین تمام‌خودکاری به این منظور طراحی و اختراع کرد که آن را در کارخانه‌اش در منچستر به کار گرفت. این ماشین قادر به تولید ۲۵۰ بطری در ساعت بود. در فاصله میان دو اختراع اشلی و اونز، طراحی و راه‌اندازی ماشینی ثبت شده است که تولید ورقه‌های شیشه‌ای، مناسب پنجره‌ها را امکان‌پذیر کرد. اروین کولبرن^{۱۰} در ۱۹۰۲ دست به این اختراع زد. در سال ۱۹۵۹، سر الستر پیلکینگتون^{۱۱} موفق به ساخت شیشه‌ای شد.



شکل ۳ با معرفی روش دمیدن در شیشه، یک قرن پیش از میلاد، انقلابی بزرگ در تاریخ شیشه روی داد.

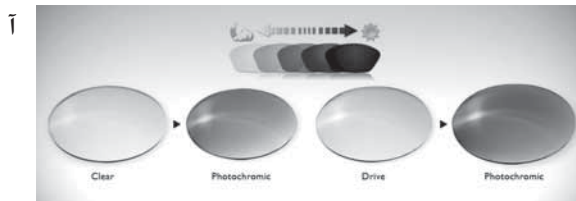
سوریه، انقلابی بزرگ روی داد و تولید شیشه را در شکلی ساده‌تر، با سرعت بیشتر و هزینه کمتر امکان‌پذیر کرد. این رویداد در یک قرن پیش از میلاد باعث تولید وسایل تزئینی شیشه‌ای در نواحی تحت حکمرانی امپراطوری روم شد و در نتیجه، مصر، سوریه و ایتالیای کنونی به عنوان مراکز ساخت شیشه شهرت یافتند. سرانجام در سایه پیشرفت‌هایی در علم و فناوری، در نخستین قرن میلادی، تولید شیشه بی‌رنگ ممکن شد و از آن پس با افزودن مواد رنگی به شیشه‌های شفاف و بی‌رنگ، انواع رنگی شیشه ساخته می‌شد.

سرگذشت شیشه، پس از میلاد

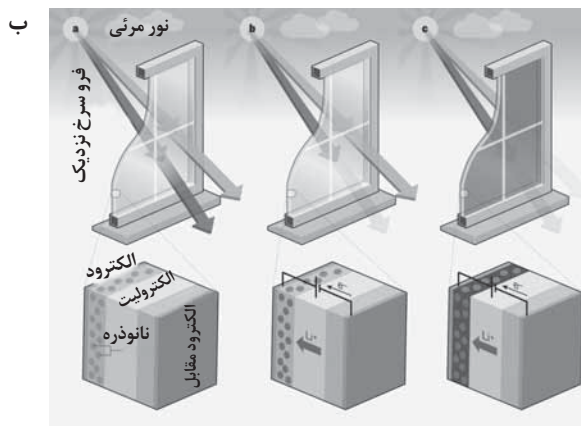
مهارت ساخت شیشه که پیش از فروپاشی امپراتوری روم تنها در نواحی مدیترانه‌ای رواج داشت، با فروپاشی آن در ۴۷۶ سال پیش از میلاد، به سراسر اروپا و خاورمیانه توسعه یافت. در پایان جنگ‌های صلیبی یعنی سال ۱۲۹۱، تجهیزات ساخت شیشه از ونیز به جزیره مورانو منتقل شد. شیشه‌گران ونیز و مورانو در نتیجه تلفیق روش‌های رایج در عهد رومیان با شیوه‌های جدید، به چنان مهارت و توانایی‌های هنری در ساخت بطری‌های شیشه‌ای دست یافتند که باعث شهرت گرفتن ونیز به عنوان مرکز تولید شیشه در غرب شد.

پیشرفت در شناسایی روش‌های جداسازی و خالص کردن مواد در خلال قرن پانزدهم، موفقیت تهیه نمونه‌های شفاف و بلوری شیشه را نصیب آنجلو باراویر^{۱۲} کرد. تا پایان این قرن، ونیزی‌ها با مهاجرت به شمال اروپا، نخستین کارخانه‌های شیشه‌سازی را در این نواحی، به ویژه در انگلیس بنا نهادند.

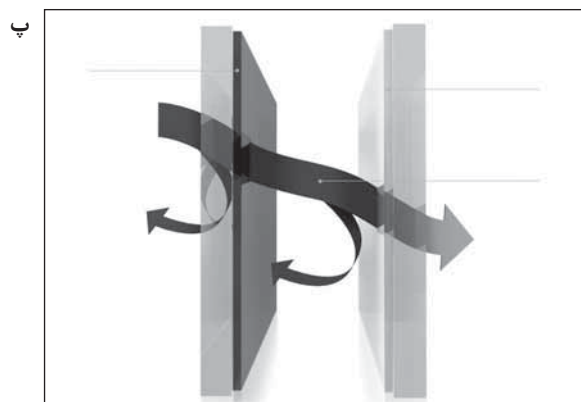
انگلیسی‌ها تا سال ۱۵۷۵ به استفاده از روش‌های شیشه‌گران ونیزی وفادار ماندند ولی پس از آن، نوآوری‌هایی را به کار گرفتند که اختراع شیشه حاوی سرب را در سال ۱۶۷۴ پایه‌گذاری کرد. جورج راونز کرافت^{۱۳} در جست‌وجوی راه‌حلی برای رفع تیرگی



شیشه در همراهی با مواد متنوع دیگر کاربردها و فرایندهای گسترده دیگری را نیز تجربه می‌کند؛ رشته‌های نوری که از سیلیس تهیه می‌شوند معمولاً روکش‌هایی از جنس پلاستیک دارند



شکل ۵ سیلیس در تهیه فیبرهای نوری کاربرد دارد.



شکل ۶ آ. فوتوکرومیک ب. الکتروکرومیک و پ. ترموکرومیک، انواعی از شیشه‌های هوشمند و نمونه‌ای از فناوری‌های امروزی در ساخت شیشه. این شیشه‌ها در نتیجه تغییر محرک‌ها (به ترتیب شدت نور، اختلاف پتانسیل و گرما) به‌طور برگشت پذیر از شفاف تا مات شدن را تجربه می‌کنند.

حال و آینده شیشه

با مروری بر این سرگذشت می‌بینیم که ماده اولیه شیشه همیشه نزدیک و در دسترس بشر بوده است. امروزه حضور شیشه تقریباً در هر جنبه‌ای از زندگی ما نمایان است؛ هر جا که باشیم، در خانه، محل کار و... بطری‌های شیشه‌ای ویژه بسته‌بندی دارو و مواد بهداشتی به‌طور گسترده کاربرد دارند و این ناشی از ویژگی بازیافت پذیری فراورده‌های شیشه‌ای است که در بحث جلوگیری از آنباشته شدن زباله در طبیعت مورد توجه قرار می‌گیرد.

شیشه در همراهی با مواد متنوع دیگر کاربردها و فرایندهای گسترده دیگری را نیز تجربه می‌کند؛ رشته‌های نوری که از سیلیس تهیه می‌شوند معمولاً روکش‌هایی از جنس پلاستیک دارند. شیشه‌ها و سرامیک‌ها به تنهایی یا به‌صورت چندسازه‌ها در عرصه‌های پزشکی و زیست‌شناختی به‌طور فزاینده کاربرد خود را حفظ خواهند کرد. به این مجموعه باید وسایل تلفیقی نوری - الکترونیکی را که با توانایی‌های ویژه خود در انتقال صدا، تصویر و اطلاعات فریبندگی خاصی در دنیای امروزی ایجاد کرده‌اند، افزود. شیشه‌های فوتوکرومیک، الکتروکرومیک^{۱۲} و ترموکرومیک^{۱۳} که به محرک‌های خارجی پاسخ می‌دهند نیز نمونه‌های دیگری از کاربردهای شیشه در زندگی کنونی ما به شمار می‌روند و در مسیر توسعه به سوی معرفی فراورده‌های جدید قرار دارند.

* پی‌نوشت‌ها

1. glas 2. glasam 3. obsidian 4. flux 5. Barover, A.
6. Ravenscraft, J. 7. Joseph Paxtons Crystal Palace
8. Ashley 9. Owens
11. Pilkington, Sir. A.
12. electrochromic
13. thermochromic

* منابع

1. History of glass-British glass
www.britglass.org.uk/history_of_glass
2. The history of glass-Glass facts
www.history_of_glass.com
3. Rasmussen, S. C. "How glass changed the world", Springer Briefs in Molecular Science: History of chemistry
www.springer.com/series/10127