فصل یازدهم

آشنایی با لعاب‌های سرامیکی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ تاریخچه‌ی لعاب را بداند.

۲ــ تعریف لعاب و خواص لعاب را بیان کند.

۳ــ تفاوت لعاب و شیشه را نام ببرد.

۴ــ انواع لعاب‌ها را تقسیم‌بندی کند.

۵ــ محدوده‌ی دمای پخت لعاب‌های خام و فریت را نام ببرد.

۶ــ سه گزینه‌ی اصلی تشکیل‌دهنده‌ی لعاب‌ها را نام ببرد.

۷ــ مواد اولیه‌ی لعاب‌ها را به‌صورت کلی تقسیم‌بندی نماید.

۸ــ مواد اولیه‌ی مصرفی مهم در ساخت لعاب‌ها را بیان کند.

۹ــ مواد اولیه‌ی محلول در آب و سمی لعاب‌ها را نام ببرد.

۱۰ــ آماده‌سازی لعاب خام و لعاب فریتی را توضیح دهد.

۱۱ــ مفهوم و کاربرد «انگوب» را بیان کند.

مقدمه

قِدمت لعاب به هزاره‌ی چهارم قبل از میلاد مسیح می‌رسد. این درحالی است که شیشه حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد به‌عنوان تزیین در مصر و بابل استفاده شده است. قدمت لعاب در ایران به قبل از دوره‌ی هخامنشیان (حدود ۲۵۰۰ سال قبل) می‌رسد.

شیشه و لعاب ابتدا به‌صورت سنتی از خاکستر گیاهان (مانند گیاه کویری اشنون) ساخته می‌شد. ریشه‌ی این گیاهان حاوی سدیم، کلسیم و پتاسیم است. در کشور ما، در چغازنبیل، به شیوه‌ی سنتی لعاب تهیه و روی ظروف اعمال می‌شده است. با گذشت زمان، لعاب‌های رنگی (رنگ آبی و فیروزه‌ای) به‌وجود آمده است. در آن زمان مقدار مواد براساس محاسبات سنتی و تجربی تخمین زده می‌شد. مثلاً ۱/۵ من فریت (مخلوط خاکستر گیاه اشنون که با کوارتز ذوب می‌شد) به

اضافه‌ی یک من سنگ چخماق و نیم من بلور جهت تهیه‌ی نوعی لعاب به‌کار می‌رفته است.

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی و تولید انبوه لعاب، امکان ساخت انواع آن به مقدار زیاد فراهم شده است.

۱ــ۱۱ــ تعریف لعاب

لعاب پوشش شیشه‌ای نازک شفاف (ترانسپارنت) یا کدر (اُپک)، سفید یا رنگی با ضخامتی حدود ۰/۱۵ تا ۰/۵ میلی‌متر است که درنتیجه‌ی ذوب مخلوطی از سیلیکات‌ها روی بدنه اعمال می‌شود. با اعمال لعاب روی بدنه، خواص زیر به‌وجود می‌آید :

۱ــ تزیین و زیبایی ۲ــ صافی سطح ۳ــ مقاومت در برابر نفوذ رطوبت ۴ــ افزایش استحکام ۵ــ افزایش مقاومت شیمیایی ۶ــ بهبود نارسانایی الکتریکی ۷ــ بهداشتی شدن

در هنگام پخت لعابی، لایه‌ی لعاب به بدنه متصل می‌شود. تصاویر زیر شکل ۱ــ۱۱ چند نمونه لعاب را نشان می‌دهد.

(الف)

(ب)

(ج)

(د)

شکل ۱ــ۱۱ــ انواع لعاب؛ الف) لعاب فلز، ب) لعاب کاشی، ج) لعاب ظروف، د) زرین‌فام

۲ــ۱۱ــ تفاوت لعاب و شیشه

لعاب و شیشه هر دو «آمورف»اند و همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، دارای ساختار و نظم مولکولی نیستند و دراثر سردشدن به‌سرعت از حالت مذاب خارج می‌شوند و یک ساختار آمورف تشکیل می‌دهند. تفاوت لعاب و شیشه در این است که اولاً ضخامت لعاب در مقابل ضخامت شیشه بسیار کم‌تر است. ثانیاً مکانیزم تولید آن دو با هم متفاوت است. ثالثاً لعاب و شیشه دارای خواص متفاوت شیمیایی و فیزیکی‌اند. مثلاً لعاب‌ها ضریب انبساط حرارتی کم‌تری دارند. خواص مکانیکی و شیمیایی لعاب‌ها نسبت به شیشه‌ها بهتر است.

لعاب‌ها از نظر تعداد اکسید از شیشه‌ها متنوع‌ترند. لعاب به مثابه‌ی پوشش (قطعات سرامیکی یا فلزی) اعمال می‌شود اما شیشه به‌تنهایی یک محصول را تشکیل می‌دهد. درخصوص فرایند تولید، شیشه را اول ذوب می‌کنند، سپس شکل می‌دهند و لعاب برعکس ابتدا به آن شکل می‌دهند. سپس ذوب و پخت می‌شود. با دقت به شکل ۲ــ۱۱ ظروف شیشه‌ای را با لعاب ظروف مقایسه کنید.

(الف)

(ب)

شکل ۲ــ۱۱ــ مقایسه ظروف شیشه‌ای (شکل الف) با لعاب ظروف (شکل ب)

۳ــ۱۱ــ انواع لعاب‌ها

لعاب‌ها به شیوه‌های گوناگون تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از روش‌ها، تقسیم‌بندی براساس روش ساخت است که با این روش لعاب‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند : ۱ــ لعاب‌های خام ۲ــ لعاب‌های فریتی ۳ــ لعاب‌های نمکی

لعاب خام: اگر مواد اولیه موجود در لعاب بدون مواد محلول در آب یا مواد سمی باشند، لعاب را به‌صورت خام آماده می‌کنند، سپس روی قطعات اعمال و پخت می‌شود.

لعاب‌های فریتی: در این لعاب‌ها برخی از مواد اولیه که ۱ــ محلول در آب یا ۲ــ سمی باشند ابتدا ذوب می‌شوند تا به‌صورت سیلیکات نامحلول در آب و غیرسمی درآیند. به سیلیکات حاصل‌شده فریت گفته می‌شود که پس از سایش در تهیه‌ی لعاب به‌کار می‌رود.

محدوده‌ی دمای پخت لعاب‌های خام بسته به نوع محصول از C ۱۲۰۰ تا C ۱۴۵۰ می‌باشد و محدوده‌ی پخت لعاب‌های فریتی بین C ۸۵۰ تا C ۱۱۵۰ است.

لعاب‌های نمکی (تبخیری) در قدیم جهت تزیین ظروف به‌کار می‌رفته‌اند، که امروزه به‌سبب آلوده‌نمودن محیط زیست و کیفیت پایین، مصرف نمی‌شوند.

روش دیگر تقسیم‌بندی براساس ترکیب لعاب است که شامل دو مورد زیر است :

۱ــ لعاب و فریت‌های سرب‌دار
- لعاب بدون بور
- لعاب بوردار (نیاز به فریت‌شدن دارد زیرا محلول در آب است)

۲ــ لعاب و فریت بدون سرب
- لعاب بدون بور (خام)
- لعاب بوردار (محلول در آب و سمی است)

۴ــ۱۱ــ کاربرد فریت و انواع لعاب

عمده‌ی کاربرد فریت‌ها در صنایع کاشی دیواری است. لعاب‌های خام در چینی‌ها و کاشی‌های کف (استون‌ور) و مینا (لعاب فلز) در صنایع تولید بخاری گازسوز، اجاق‌گاز و ظروف فلزی لعابدار به‌کار می‌روند.

گاهی اوقات از لعاب به منظور پوشاندن رنگ نامطلوب بدنه استفاده می‌شود. به این منظور لعاب‌های کدر (اپک) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقابل، لعاب‌های شفاف (ترانسپارنت) روی بدنه‌های سفیدپخت مانند چینی و کاشی سفیدپخت کاربرد دارد.

در تهیه‌ی برخی لعاب‌های خاص برای بهتر جلوه‌دادن آن می‌توان فرایند تولید را به سمت تشکیل کریستال سوق داد. روش دیگر تولید لعاب‌های خاص پدیدآوردن لایه‌ی نازک فلزی در سطح لعاب است. این نوع لعاب با بهره‌گرفتن از بخارات برخی از نمک‌های نقره، مس و بیسموت ایجاد می‌شود. به این قبیل لعاب‌ها زرین‌فام گویند.

۵ــ۱۱ــ مواد اولیه‌ی لعاب

قبلاً گفته شد که ساختمان لعاب از سه گروه اکسیدهای اصلی تشکیل شده، که عبارت‌اند از :

۱ــ شبکه‌سازها (اکسیدهای شبکه‌ساز با فرمول عمومی R_2O_5 ، R_2O_3 مانند B_2O_3 و RO_2 مانند SiO_2)

۲ــ دگرگون‌سازهای شبکه (اکسیدهای دگرگون‌ساز با فرمول عمومی R_2O و RO مانند Na_2O ، K_2O و CaO)

۳ــ کمک شبکه‌سازها (اکسیدهای واسطه با فرمول عمومی R_2O_3 مانند Al_2O_3)

برای تأمین اکسیدها بایستی از مواد اولیه‌ی مناسب استفاده نمود که به شرح زیر تقسیم می‌شوند :

۱ــ۵ــ۱۱ــ مواد اولیه‌ی پلاستیک[1]: معمولاً از رس‌های سفید، مانند انواع کائولن، که دارای خلوص بالا و سفیدرنگ‌اند، جهت تأمین اکسیدهای آلومینیم و سیلیسیم (مطرح در شبکه‌سازها و واسطه‌ها) استفاده می‌کنند (کائولینیت $Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$)

استفاده از رس‌های غیرسفید پخت (کرم، شیری و ...) به دلیل وجود ناخالصی در شفافیت و رنگ پس از پخت لعاب و دمای ذوب آن تأثیر منفی دارد.

تذکر: نتیجه می‌گیریم این ماده‌ی اولیه، به دلیل رنگ بعد از پخت غیرسفید (نامطلوب) آن برای تهیه‌ی لعاب مناسب نیست. مواد اولیه‌ی پلاستیک نقش ماده‌ی تعلیق‌کننده‌ی ذرات لعاب را نیز بر عهده دارند و مقدار مصرف آن‌ها در لعاب ۵ تا ۱۰ درصد وزنی است که در صورت نیاز به مقدار بیش‌تر مواد رسی، باید به‌صورت کائولن پخته وارد لعاب شوند.

۱ــ جهت کسب اطلاعات بیش‌تر به فصل سوم کتاب «مواد اولیه‌ی سرامیک» مراجعه کنید.

۲ــ۵ــ۱۱ــ مواد اولیه‌ی غیرپلاستیک: این مواد اولیه اغلب جهت جلوگیری از بروز عیوب، مانند جمع‌شدگی بعد از پخت لعاب، به لعاب اضافه می‌شوند، که از مهم‌ترین آن‌ها سیلیس است.

جهت تأمین اکسید سیلیسیم (SiO_2) به‌عنوان مهم‌ترین ماده‌ی اولیه لعاب، معمولاً SiO_2 را از طریق سیلیس آزاد و یا سیلیس واردشده از طریق آلومینوسیلیکات‌ها (کائولن) و یا آلومینوسیلیکات‌های قلیایی (فلدسپات‌ها) تأمین می‌شود.

خالص‌ترین نوع سیلیس آزاد، کوارتز صخره‌ای است که سیلیس به‌صورت بلورهای کریستالی در آن وجود دارد. سایر مواد اولیه‌ی سازنده لعاب‌ها یا محلول و یا غیرمحلول در آب و برخی از آن‌ها سمّی‌اند. این مواد به منزله‌ی کاهش‌دهنده‌ی دمای ذوب، بهبوددهنده خواص لعاب یا به عامل رنگ‌کننده‌ی لعاب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

از ترکیبات قلیایی نیز برای کاهش‌دادن دمای ذوب استفاده می‌شود. هم‌چنین، جهت ایجاد رنگ در لعاب‌ها از برخی اکسیدها که در ترکیب با مواد اولیه‌ی لعاب رنگ‌های مختلف ایجاد می‌کنند، کمک می‌گیرند. در مواردی نیز از رنگینه‌ها (استین‌ها) که تلفیقی از چند اکسیدند جهت ایجاد رنگ در لعاب استفاده می‌کنند. خصوصیت رنگینه‌ها پایداربودن رنگ آن‌ها در هنگام پخت لعاب در دماهای بالاست. در شکل ۳ــ۱۱، تعدادی رنگینه مورد استفاده در ساخت لعاب را مشاهده می‌کنید. دکور لعاب‌ها را می‌توان به‌صورت زیرلعابی، داخل لعابی و رولعابی انجام داد. جهت تأمین اکسید پتاسیم (K_2O)، اکسید سدیم (Na_2O) و اکسید کلسیم (CaO) از انواع فلدسپات‌های پتاسیم، سدیم، کلسیم، ولستانیت و نفلین سیانیت استفاده می‌شود، که همگی در آب غیرمحلول‌اند.

شکل ۳ــ۱۱ــ رنگینه‌های مورد استفاده در ساخت لعاب

اکسیدهای کبالت، آهن، مس و ... و ترکیبات غیرمحلول در آب آن‌ها عامل ایجاد رنگ در لعاب هستند.

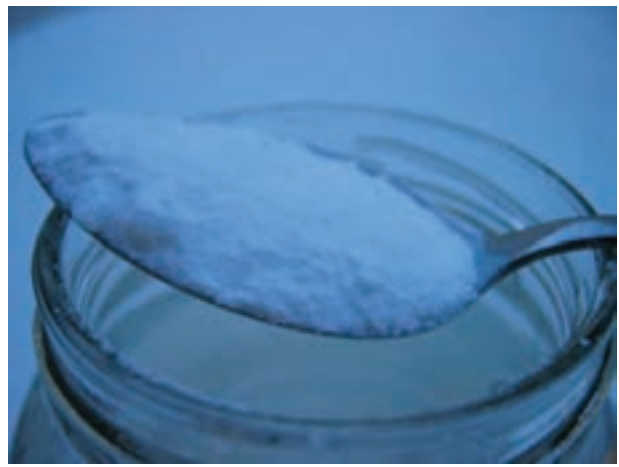
در شکل ۴ــ۱۱ یک نمونه‌ی فلزی تزیین‌شده با لعاب‌های رنگی و در شکل ۵ــ۱۱ لعاب‌های رنگی اعمال شده بر قطعات سرامیکی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۴ــ۱۱ــ نمونه‌ای از استفاده از استین‌ها (رنگینه) در لعاب فلز

شکل ۵ــ۱۱ــ نمونه‌های لعاب رنگی

علاوه بر موارد مذکور، برخی اکسیدهای غیرمحلول در آب، مانند اکسید قلع (SnO) و اکسید تیتانیوم (TiO_2) به اپک‌کردن لعاب‌ها کمک می‌کنند.

۳ــ ۵ــ ۱۱ــ مواد محلول در آب: مواد حاوی بور، مانند بوریک اسید (شکل ۶ــ۱۱)، براکس (شکل ۷ــ۱۱)، کلریدها، پتاسیم کربنات، فسفات‌ها، نیتریدها که محلول در آب‌اند و تأمین‌کننده‌ی اکسیدهای B_2O_3 ، Na_2O ، K_2O ، LiO_2 و برخی اکسیدهای رنگ‌کننده‌ی لعاب‌اند. هم‌چنین، نیترات و کلرور مس، آهن، کبالت و غیرآن‌ها، نمک‌های محلول در آب رنگ‌کننده‌ی لعاب هستند. در عمل به دلیل این‌که لعاب باید فاقد مواد محلول در آب باشد باید این مواد اولیه‌ی محلول در آب، طی عملیات حرارتی مناسب، به مواد غیرمحلول در آب تبدیل شوند.



شکل ۶ــ۱۱ــ بوریک اسید

شکل ۷ــ۱۱ــ براکس پودری

۴ــ۵ــ۱۱ــ مواد اولیه‌ی سمی: در مجموعه‌ی مواد اولیه‌ی محلول یا غیرمحلول در آب ممکن است مواد اولیه‌ی سمی وجود داشته باشد. مواد غیرمحلول در آب حاوی سرب مانند سرنج (شکل ۸ــ۱۱)، اکسید سرب سفید، هم‌چنین، ترکیباتی نظیر کروم اکسید، باریم کربنات و آرسنیک اکسید و غیر آن‌ها، و مواد اولیه محلول در آب مانند سدیم کربنات، سرب استات و موادی که حاوی کروم‌اند مانند کروم‌اکسید (عامل رنگ‌کننده)، اگر به‌طور مستقیم در لعاب استفاده شوند و یا تنفس شوند و یا به‌نحوی وارد خون شوند، برای سلامتی مضر هستند.

روش غیرسمی نمودن این ترکیبات سمی نیز به‌صورت فریت درآوردن آن‌هاست. نحوه‌ی ساخت فریت را با هم خواهیم آموخت.

شکل ۸ــ۱۱ــ پودر سرنج

۶ــ۱۱ــ آماده‌سازی لعاب خام

مواد اولیه‌ی این نوع لعاب‌ها در آب نامحلول‌اند، که مواد اولیه پس از توزین دقیق به‌صورت ترساب در آسیاها (بال میل) با پوشش داخلی مناسب (آلومینایی، سایلکسی، استاتیتی و پرسلانی) ساییده می‌شوند تا به دانه‌بندی مناسب، که معمولاً دانه‌بندی کم‌تر از الک مش ۲۳۰ تا ۲۷۰ و پس از تنظیم دانسیته مناسب دوغاب لعاب ($1/6 g/cm^3$ــ۱/۳)، بسته به نوع محصول بر روی قطعات اعمال می‌شود و در دمای مناسب پخت بدنه، پخت لعاب صورت می‌گیرد.

۷ــ۱۱ــ آماده‌سازی فریت

مواد اولیه‌ی محلول در آب و مواد سمی، پس از توزین دقیق، براساس فرمول، با یک‌دیگر به‌صورت خشک کاملاً مخلوط می‌شود (هموژن) و در کوره‌های فریت‌سازی (شکل ۹ــ۱۱) در دمای مناسب معمولاً بیش از ۱۲۰۰ درجه سلسیوس ذوب می‌گردد. مذاب در آب سرد تخلیه می‌شود و به قطعات ریز شیشه‌ای تبدیل می‌گردد. پس از خشک‌کردن و افزودن کائولن لازم جهت تعلیق و افزودن آب فریت را در آسیاب به‌صورت ترساب یا خشک‌ساب نرم می‌کنند تا دوغاب مناسب حاصل شود و متناسب با نوع بدنه با روش مناسب بر روی قطعات اعمال گردد.

شکل ۹ــ۱۱ــ کوره‌ی فریت‌سازی

چون رنگ بدنه، که روی آن فریت اعمال می‌شود، همیشه سفید نیست، برای سفید جلوه‌دادن بدنه و صرفه‌جویی در مصرف اپک‌کننده‌ی لعاب، به آوردن لایه‌ای بین لعاب و بدنه اقدام می‌گردد که به «انگوب» معروف است.

انگوب معمولاً ترکیبی از لعاب و بدنه سفید پخت است، که قسمت عمده‌ی آن‌را لعاب تشکیل می‌دهد. پس از آماده‌سازی، که مشابه آماده‌سازی لعاب است و قبل از اعمال لعاب، روی بدنه قرار می‌گیرد. پس از اعمال لعاب و پخت انگوب، با پوشاندن رنگ غیرسفید و بعد از پخت بدنه اتصال لعاب به بدنه به‌خوبی صورت می‌گیرد. انگوب از بروز عیوب ناشی از هم‌خوانی بدنه و لعاب نیز جلوگیری و رفتار این دو (لعاب و بدنه) را به یک‌دیگر نزدیک می‌کند.

۸ــ۱۱ــ ترکیب لعاب‌ها و فریت‌ها

در زمان قدیم به روش سنتی براساس تجربه (روش سعی و خطا) ترکیب و مواد اولیه‌ی لعاب‌ها را به‌دست می‌آوردند. اما امروزه به روش محاسباتی فرمول زگر (که در کتاب محاسبات در سرامیک با آن آشنا شده‌اید) با استفاده از روابط ریاضی ترکیب لعاب‌ها محاسبه می‌شود و از طریق محاسبه، میزان مواد اولیه‌ی مورد نیاز معین می‌گردد.

پرسش و تمرین

۱ــ شیوه‌ی ساخت لعاب در قدیم به روش سنتی چگونه بوده است؟

۲ــ لعاب را تعریف کنید.

۳ــ خواص لعاب‌ها را نام ببرید.

۴ــ تفاوت لعاب و شیشه را نام ببرید.

۵ــ لعاب‌ها را از جهات مختلف تقسیم‌بندی کنید.

۶ــ سه گروه اصلی مواد تشکیل‌دهنده‌ی لعاب‌ها را با فرمول عمومی و مثال بیاورید.

۷ــ چند ماده‌ی اولیه‌ی مورد مصرف در لعاب‌ها را نام ببرید.

۸ــ چگونه مواد سمی را هنگام ساخت لعاب به مواد غیرسمی تبدیل می‌کنیم؟

۹ــ چند ماده محلول در آب را نام ببرید.

۱۰ــ آماده‌سازی لعاب خام را شرح دهید.

۱۱ــ آماده‌سازی فریت را شرح دهید.

۱۲ــ فواید استفاده از انگوب را بیان کنید.

واژه‌نامه

A

alkaline metals	فلزهای قلیایی
alkaline - earth metals	فلزهای قلیایی خاکی
alkaline - earth ions	یون‌های قلیایی خاکی
alkaline ions	یون‌های قلیایی
allotrop	آلوتروپ
alloy	آلیاژ
amorphous	آمورف
anisotropic	انیزوتروپ، ناهمسان‌گردی
anion	آنیون
atomic bond	پیوند اتمی
atomic mass	جرم اتمی
atomic number	عدد اتمی
atomic radius	شعاع اتمی

B

balancing	موازنه
bond power	قدرت پیوند
biochemical application	کاربرد بیوشیمیایی
bioglass	بیوشیشه
boiling point	نقطه‌ی جوش
bond length	طول پیوند
borax	براکس
burn	سوختن

C

calcination	تکلیس
catalyst	کاتالیزور
cation	کاتیون
cement	سیمان
cesium oxide	اکسید سزیم
chemical change	تغییر شیمیایی
chemical composition	ترکیب شیمیایی
chemical equilibrium	تعادل شیمیایی
chemical properties	خواص شیمیایی
chemical reaction	واکنش شیمیایی
chemical resistance	مقاومت شیمیایی
chemical stability	پایداری شیمیایی
compound material	مواد مرکب
concentration	غلظت
coordination number	عدد همسایگی
copper	مس
corrosion	خوردگی
covalent bond	پیوند کووالانسی
covalence compound	ترکیب کووالانسی
crystalline	متبلور
crystallization	بلوری‌شدن

D

diamond	الماس
dilute	رقیق‌کردن

E

elastic deformation	تغییر شکل کش‌سان (الاستیکی)
electrical conductivity	رسانایی الکتریکی
electrical properties	خواص الکتریکی
electrolysis	برق کافت (الکترولیز)
electron configuration	آرایش الکترونی
electronegativity	الکترونگاتیویته
electron orbitals	مدارهای الکترونی
electron sea	دریای الکترون
element	عنصر
endothermic reaction	واکنش گرماگیر
energy levels	انرژی
engobe	انگوب
exothermic reaction	واکنش گرمازا

F

fine ceramics	سرامیک‌های ظریف
flux	گدازآور
frit glaze	لعاب فریتی

G

glass	شیشه
glaze	لعاب
gips	گچ

H

hardness	سختی

heat capacity	ظرفیت گرمایی
hetrogeneous mixture	مخلوط غیرهمگن
hofman furnace	کوره حلقه‌ای
homogeneous mixture	مخلوط همگن
hydration	آب‌پوشی سیمان
hydrogen bond	پیوند هیدروژنی

I

impure material	مواد ناخالص
inert gases	گازهای بی‌اثر
intermediate oxides	اکسیدهای واسطه
ionic bond	پیوند یونی
ionic compound	ترکیب یونی
ionic radius	شعاع یونی
ionisation energy	انرژی یونش
island silicates	سیلیکات جزیره‌ای
isotope	ایزوتوپ
isotrope	ایزوتروپ

K

kettle furnace	کوره تاوه‌ای

L

lime	آهک
lithium oxide	لیتیم اکسید

M

magnetic properties	خواص مغناطیسی
material (matter)	مواد (ماده)
mass	جرم
mass number	عدد جرمی
mass percent	درصد جرمی
mechanical properties	خواص مکانیکی
melting point	نقطه‌ی ذوب
metallic bond	پیوند فلزی
modifier oxide	اکسید دگرگون‌ساز
molality	مولالیته
molarity	مولاریته
mole	مول
molecular compound	ترکیب مولکولی
molecular formula	فرمول مولکولی
mixture	مخلوط
mixture ingriediant	اجزای مخلوط

N

network former oxide	اکسید شبکه‌ساز
non - conductor	نارسانا
non - polar molecule	مولکول غیرقطبی

O

opacifire	اپک‌کننده
opaque	کدر (اپک)
optical properties	خواص نوری

orbital	اوربیتال
organic compound	ترکیب آلی

P

periodic properties	خواص تناوبی
physical change	تغییر فیزیکی
physical equilibrium	تعادل فیزیکی
plastic deformation	تغییر شکل پلاستیکی
polar molecul	مولکول قطبی
potassium oxide	پتاسیم اکسید
pseudo setting	گیرش کاذب
pure material	ماده‌ی خالص

R

rate of reaction	سرعت واکنش
refractoriness	دیرگدازی
rapid setting	گیرش سریع
reversible	برگشت‌پذیر
rotary kiln	کوره‌ی چرخان
rubidium oxide	روبیدیم اکسید

S

salt glaze	لعاب نمکی
saturation	اشباع
semiconductor	نیمه‌رسانا
setting of plaster	گیرش گچ
shell - electron	لایه‌ی الکترونی

shrinkage	انقباض
sodium carbonate	سدیم کربنات
sodium nitrate	سدیم نیترات
sodium oxide	سدیم اکسید
sodium sulphate	سدیم سولفات
solubility	حلّالیت
specific heat	گرمای ویژه
stability	دوام، پایداری
stain	رنگینه
strain	کرنش
strength	استحکام
stress	تنش
structural formula	فرمول ساختاری
subsidiary energy level	تراز فرعی انرژی
super cooling	ابر سرمایش

T

thermal conductivity	رسانایی حرارتی
thermal expansion	انبساط حراتی
thermal expansion coefficient	ضریب انبساط حرارتی
thermal properties	خواص گرمایی
thermal shock	شوک حرارتی
thermocouple	ترموکوپل
transparent	شفاف

U

unreal setting	گیرش کاذب

V

volence bond	باند ظرفیت
viscosity	ویسکوزیته
volume	حجم
volume percent	درصد حجمی
volume mass concentration	غلظت جرمی حجمی

منابع و مراجع

۱) رحیمی، افسون ؛ متین، مهران، **تکنولوژی سرامیک‌های ظریف**، جلد ۱ و ۲، چ ۱، شرکت خاک چینی ایران، ۱۳۶۹.

۲) سالاریه، محمود، **لعاب، خواص، کاربرد و عیوب**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفرش. ۱۳۸۳.

۳) قصاعی، حسین، **جزوات درسی دانشگاهی**، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۵.

۴) مارقوسیان، واهاک، **شیشه (ساختار، خواص وکاربرد)**، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ ۱، ۱۳۸۱.

۵) ملاردی، محمدرضا، **شیمی (۲) رشته‌ی متالورژی**، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۵.

۶) میرهادی، بهمن، **مواد اولیه لعاب‌ها، رنگ‌ها و محاسبه‌ی آن‌ها**، مرکز نشر پروفسور حسابی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر واحد تفرش، ۱۳۸۰.