

پودمان ۲

تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک



هنرمندان و صنعتگران همواره به فکر بالا بردن کیفیت محصولات سرامیکی از لحاظ زیبایی، بهداشت و کاربرد بوده‌اند. ساخت لعاب تحولی بزرگ در این راستا بوده است که به بهبود این موارد کمک فراوانی کرده است.



چه تفاوتی بین دو محصول سرامیکی نشان داده شده در شکل ۱ وجود دارد؟

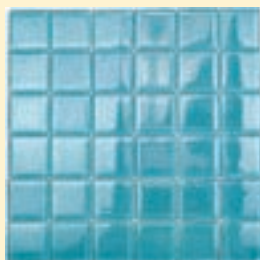
شکل ۱

چند محصول سرامیکی مانند آجر ساختمانی، کاشی و بشقاب چینی تهیه کنید. کیفیت سطوح آنها را بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

فعالیت کلاسی



ج) بشقاب چینی



ب) کاشی

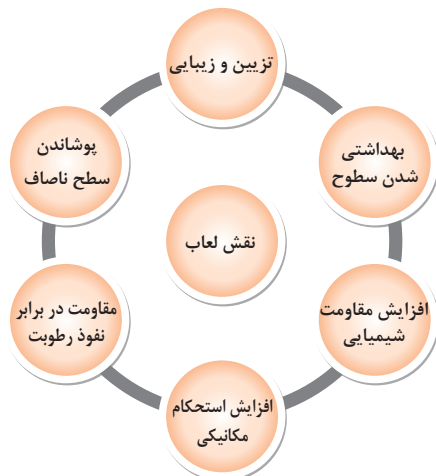


الف) آجر ساختمانی

شکل ۲

لعاب^۱

لعاب آمیزی از مواد اولیه سرامیکی است که به صورت لایه‌ای نازک روی قطعه اعمال می‌شود. این لایه در مرحله پخت ذوب می‌شود و حالت شیشه‌ای پیدا می‌کند. لعاب باعث ایجاد و تقویت ویژگی‌های بیان شده در نمودار ۱ می‌شود.



نمودار ۱



محصولاتی که بر روی آن لعاب اعمال شده است، مشخص کنید.

جدول ۱



تاریخچه لعاب

پیشینه لعاب به حدود ۵۰۰۰ سال قبل و در ایران به دوره هخامنشیان بازمی‌گردد. همچنین در میان جاذبه‌های تاریخی و آثار دوران اسلامی، مسجدها از جمله مکان‌هایی هستند که از کاشی‌های متنوع لعاب‌دار در ساخت آنها استفاده شده است.



شکل ۴- مسجد جامع قزوین



شکل ۳- مسجد جامع یزد



در مورد چند مکان تاریخی شهر خود که در بنای آنها محصولات لعاب‌دار به کار رفته است، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

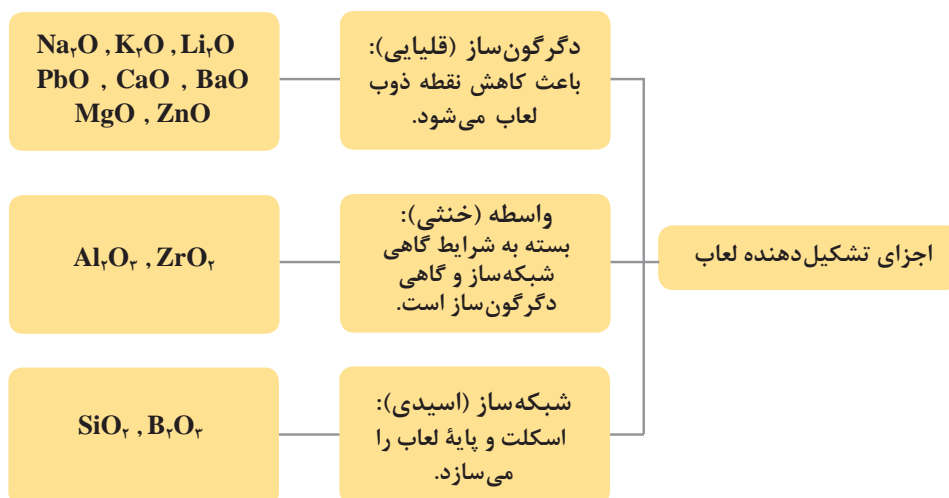


شکل ۵- گیاه کویری اشنون

در سده‌های گذشته در ایران برای تهیه لعاب از سه ماده قلیا، سنگ چخماق و خرده شیشه استفاده می‌کردند. قلیا را از خاکستر گیاه کویری اشنون به دست می‌آوردند. این گیاه حاوی سدیم، کلسیم و پتاسیم است. در کشور ما، منطقه چغازنبیل (استان خوزستان، شهرستان شوش) یکی از مراکز استفاده از لعاب به شیوه سنتی بوده است.

اجزای تشکیل‌دهنده لعاب

آمیز لعاب از سه گروه ماده اولیه تشکیل شده است که این مواد شامل اکسیدهای دگرگون‌ساز^۱، واسطه^۲ و شبکه‌ساز^۳ است که در نمودار ۲ نشان داده شده است:



نمودار ۲- دسته‌بندی اجزای تشکیل‌دهنده لعاب

۱- Modifiers

۲- Intermediates

۳- Network Formers

با توجه به تعریف لعاب و نمودار ۲ مشاهده می‌شود که این مواد شباهت زیادی به مواد اولیه شیشه دارند. اکسیدهای مورد نیاز لعاب را می‌توان از کانی‌ها یا اکسیدهای خالص تهیه کرد.

دگرگون‌سازها

مواد دگرگون‌ساز در لعاب باعث کاهش نقطه ذوب آمیز می‌شوند. معمولاً برای تأمین این مواد، از اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی جدول تناوبی استفاده می‌شود. برخی از این اکسیدها در نمودار ۳ نشان داده شده است:

سدیم اکسید Na ₂ O	پتاسیم اکسید K ₂ O	لیتیم اکسید Li ₂ O	سرب اکسید PbO	کلسیم اکسید CaO	منیزیم اکسید MgO	روی اکسید ZnO	باریم اکسید BaO
---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	------------------	--------------------	---------------------	------------------	--------------------

نمودار ۳- اکسیدهای قلیایی

سدیم اکسید و پتاسیم اکسید (Na₂O, K₂O):

این اکسیدها کمک‌ذوب‌های قوی هستند و نقش مؤثری در کاهش دمای ذوب دارند. سدیم اکسید تأثیر بیشتری نسبت به پتاسیم اکسید در کاهش دمای ذوب لعاب دارد. در بیشتر لعاب‌ها برای تأمین گداز آور از ترکیبات معدنی حاوی سدیم اکسید و پتاسیم اکسید استفاده می‌شود. تأثیر سدیم اکسید و پتاسیم اکسید در لعاب در نمودار ۴ و منابع تأمین سدیم اکسید و پتاسیم اکسید در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- منابع تأمین‌کننده سدیم اکسید و پتاسیم اکسید

سدیم فلدسپات Na ₂ O . Al ₂ O ₃ . ۶SiO ₂	پتاسیم فلدسپات K ₂ O . Al ₂ O ₃ . ۶SiO ₂
سدیم کربنات Na ₂ CO ₃	پتاسیم کربنات K ₂ CO ₃
سدیم نیترات NaNO ₃	پتاسیم نیترات KNO ₃



نمودار ۴- تأثیر سدیم اکسید و پتاسیم اکسید در لعاب

با افزودن اکسیدهای گداز آور سدیم اکسید و پتاسیم اکسید، حلالیت اکسیدهای رنگی در لعاب افزایش می‌یابد.

نکته



لیتیم اکسید (Li_2O):

بعد از سدیم اکسید و پتاسیم اکسید، یکی از اکسیدهای قلیایی که به عنوان گدازآور در لعاب به کار می‌رود، لیتیم اکسید است. این اکسید نسبت به اکسیدهای قلیایی دیگر از قیمت بالاتری برخوردار است. در نمودار ۵ برخی از ویژگی‌های لیتیم اکسید مانند ضریب انبساط، درخشندگی و پایداری جوی با اکسیدهای Na_2O و K_2O مقایسه شده است. جدول ۳ اصلی‌ترین منابع تأمین‌کننده این اکسید را نشان می‌دهد.

- افزایش درخشندگی
- کاهش ضریب انبساط حرارتی
- کاهش گرانروی
- افزایش مقاومت در برابر اسید
- پایداری بیشتر در مقابل عوامل جوی

مقایسه تأثیر Li_2O در لعاب نسبت به K_2O و Na_2O

نمودار ۵ - مقایسه تأثیر لیتیم اکسید در لعاب نسبت به سدیم اکسید و پتاسیم اکسید

جدول ۳ - منابع تأمین‌کننده لیتیم اکسید

Li_2CO_3	لیتیم کربنات
Li_2SiO_3	لیتیم سیلیکات
LiAlO_2	لیتیم آلومینات
LiF	لیتیم فلورید

سرب اکسید (PbO):

این اکسید از گدازآورهای قوی است که بیشتر در لعاب‌های هنری کاربرد دارد. تأثیر سرب اکسید در لعاب در نمودار ۶ و منابع تأمین‌کننده این اکسید در جدول ۴ آورده شده است.

- کاهش نقطه ذوب لعاب
- کاهش کشش سطحی و گرانروی
- افزایش قابلیت حلالیت اکسیدهای رنگی
- افزایش اتصال لعاب و بدنه
- افزایش شفافیت
- افزایش درخشندگی

تأثیر سرب اکسید در لعاب

نمودار ۶ - تأثیر سرب اکسید در لعاب

جدول ۴ - مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده سرب اکسید

PbO	سرب اکسید
Pb_3O_4	لیتاژ
Pb_2O_3	سرنج
$\text{PbO} \cdot \text{CO}_2$	سرب کربنات



سرب ماده‌ای سمی است و تنفس پودر و بخار آن در موقع کاربرد مضر است. سرب موجود در لعاب سربی در آب محلول نیست، ولی در آبی که حالت اسیدی داشته باشد و در اسیدهای ضعیف محلول است که برای مصرف‌کننده خطرات بهداشتی ایجاد می‌کند. تماس با سرب اکسید و حتی فلز آن خطرناک است و لازم است نکات ایمنی و بهداشت در کاربرد آن رعایت شود. سرب در گذشته در صنایع شیمیایی، فلزی، دفاعی، پزشکی و ساختمانی کاربردهای زیادی داشته است، اما در حال حاضر به دلیل ملاحظات فنی، ایمنی و بهداشتی کاربرد آن در بسیاری از زمینه‌ها ممنوع شده است و تلاش‌های بسیاری برای تأمین خواص سرب با مواد جایگزین سازگار با محیط زیست صورت گرفته است.



از استنشاق و تماس با سرب اکسید، فلز سرب و هرگونه ترکیبات سربی خودداری کنید. در صورت نیاز به کار با این مواد، از ماسک تنفسی ویژه و دستکش استفاده کنید.

کلسیم اکسید و منیزیم اکسید (CaO و MgO):

این اکسیدها نسبت به اکسیدهای قلیایی، گدازآوری کمتری دارند. دولومیت^۱ ماده اولیه‌ای است که هر دو اکسید منیزیم و کلسیم را تأمین می‌کند.

تأثیر کلسیم اکسید و منیزیم اکسید در لعاب در نمودار ۷ و منابع تأمین‌کننده این دو اکسید در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵ - مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده اکسیدهای کلسیم و منیزیم

CaCO _۳	کلسیم کربنات
CaMg(CO _۳) _۲	دولومیت
۳MgO.۴SiO _۲ .۲H _۲ O	تالک

افزایش سختی لعاب

پایداری در مقابل عوامل جوی

افزایش مقاومت در برابر اسید

کاهش ترک‌های مؤین

تأثیر اکسیدهای کلسیم و منیزیم در لعاب

نمودار ۷ - تأثیر اکسیدهای کلسیم و منیزیم در لعاب

تأثیر اکسیدهای کلسیم و منیزیم را بر نقطه ذوب لعاب بررسی کنید.



روی اکسید و باریم اکسید (BaO و ZnO):

اکسیدهای روی و باریم بعد از سرب اکسید بیشترین تأثیر را روی درخشندگی و شفافیت لعاب دارند، همچنین حالت گدازآوری نیز ایجاد می‌کنند. با توجه به سمی بودن سرب اکسید، امروزه در صنعت بیشتر از این اکسیدها استفاده می‌شود. این اکسیدها در تولید رنگ‌های سرامیکی نیز کاربرد فراوانی دارند.

اکسیدهای واسطه

اکسیدهای واسطه باعث بهبود خواص لعاب و ایجاد توازن بین ویژگی‌های دگرگون‌سازها و شبکه‌سازها می‌شوند. پرکاربردترین اکسیدهای واسطه در نمودار ۸ آمده است.

زیرکونیوم اکسید (ZrO_2)

آلومینیوم اکسید (Al_2O_3)

نمودار ۸ - پرکاربردترین اکسیدهای واسطه

آلومینیوم اکسید (Al_2O_3):

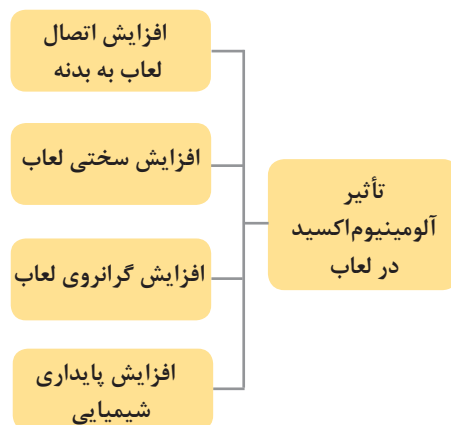
این اکسید از نظر شیمیایی خنثی است و روانی مذاب لعاب را کنترل می‌کند و آن را قادر می‌سازد تا دمای لازم را تحمل کند. مقدار زیاد آلومینیوم اکسید سختی لعاب را افزایش می‌دهد و آن را در مقابل سایش و عوامل شیمیایی مقاوم می‌کند.

بزرگ‌ترین تفاوت شیشه و لعاب، حضور آلومینیوم اکسید در لعاب است.

نکته



منبع تأمین این اکسید معمولاً کائولن و فلدسپات‌ها است. تأثیر آلومینیوم اکسید در لعاب در نمودار ۹ نشان داده شده است.



نمودار ۹

زیرکونیوم اکسید (ZrO_2):

برای بهبود بخشیدن به خواص نوری و ظاهری لعاب (اُپک کردن) از این اکسید استفاده می‌شود. این اکسید مانند آلومینیوم اکسید می‌تواند نقش واسطه داشته باشد. این اکسید باعث افزایش مقاومت شیمیایی و اُپک‌کنندگی مناسب می‌شود. زیرکونیوم اکسید تحت شرایطی در لعاب عیب پخت‌مرغی ایجاد می‌کند.



در عیب پوست تخم مرغی، سطح لعاب پس از پخت همانند سطح پوسته تخم مرغ ناصاف است و در صورت پیشرفت، اندازه حفره‌ها بزرگ‌تر می‌شود که به آن عیب پوست پرتقالی^۱ گفته می‌شود. که در شکل ۶ این عیب مشاهده می‌شود.

الف) لعاب با سطح صاف ب) لعاب پوست پرتقالی

شکل ۶

شبکه‌سازها

شبکه‌سازها استخوان‌بندی و پایه لعاب را تشکیل می‌دهند. در صنعت لعاب‌سازی به نام اکسیدهای اسیدی معروف هستند. از مهم‌ترین اکسیدهای شبکه‌ساز می‌توان سیلیسیم‌اکسید و بوراکسید را نام برد.

بوراکسید B_2O_3

سیلیسیم‌اکسید SiO_2

نمودار ۱۰- مهم‌ترین اکسیدهای شبکه‌ساز

سیلیسیم‌اکسید (SiO_2): از مهم‌ترین شبکه‌سازها در لعاب است که در تمام ترکیب‌های لعاب از آن استفاده می‌شود. سیلیس (SiO_2) عمده‌ترین تأمین‌کننده سیلیسیم‌اکسید است، نقطه ذوب بالایی (حدود $1700^\circ C$ درجه سلسیوس) دارد، ولی در حضور اکسیدهای گدازآور (قلیایی) نقطه ذوب آن کاهش می‌یابد. بوراکسید (B_2O_3): یکی دیگر از اکسیدهای شبکه‌ساز است که در کنار سیلیس در بسیاری از لعاب‌ها استفاده می‌شود. بوراکسید، اکسیدهای فلزی مختلفی را در خود حل می‌کند و به لعاب، ظاهری براق و درخشانده می‌دهد.

جدول ۶- مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده بوراکسید

$Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$	بوراکس آبدار
$B_2O_3 \cdot 3H_2O$	بوریک اسید
$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$	کلمانیت

افزایش چسبندگی لعاب به بدنه

تولید شیشه براق و درخشانده

تأثیر بوراکسید در لعاب

نمودار ۱۱



درصد مولی بوراکسید در ترکیب لعاب بر خواص آن اثرگذار است و می‌تواند باعث کاهش نقطه ذوب لعاب و کاهش گرانبوی شود.

نمایش آمیز لعاب

برای نشان دادن آمیز لعاب، روش‌های مختلفی وجود دارد:

- ۱ نسبت مولی اکسیدها (فرمول زگر)
- ۲ درصد وزنی مواد اولیه (فرمول آمیز)
- ۳ درصد وزنی اکسیدها (فرمول شیمیایی)

جدول ۷- نمونه‌هایی از روش‌های نمایش آمیز لعاب

درصد وزنی اکسیدها (فرمول شیمیایی)		درصد وزنی مواد اولیه (فرمول آمیز)		نسبت مولی اکسیدها (فرمول زگر)		
درصد وزنی (%)	اکسید	مقدار (%)	نوع ماده	قلیایی	خنثی	اسیدی
۵۰/۱۹	SiO _۲	۲۷/۰	فلدسپات سدیم زنجان	۰/۳۹۷: CaO ۰/۰۳۱: MgO ۰/۵۷۱: Na _۲ O ≈ ۱	۰/۴۸۸: Al _۲ O _۳	۲/۹۰۹: SiO _۲ ۰/۹۲۳: B _۲ O _۳
۱۸/۴۷	B _۲ O _۳	۲۶/۴	کوارتز همدان			
۱۴/۳۶	Al _۲ O _۳	۱۹/۰	کلسیم کربنات آژنا			
۱۰/۲۰	Na _۲ O	۱۰/۴	کائولن زنوز			
۶/۳۹	CaO	۲/۲	روی اکسید			
۰/۳۹	MgO	۱۵/۰	زیرکونیوم سیلیکات			

فرمول زگر^۱

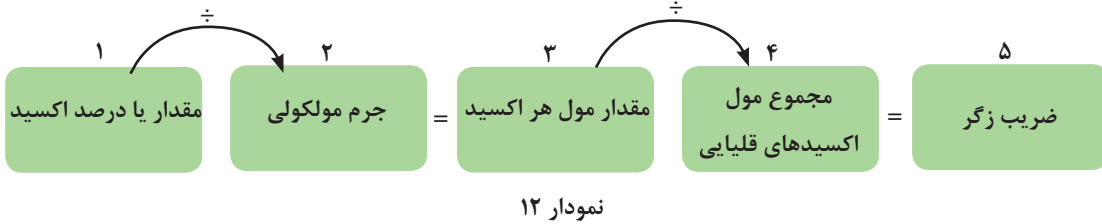
در فرمول زگر، اکسیدهای مصرفی به صورت مولی بیان می‌شود. با استفاده از فرمول زگر (فرمول‌های مولی) لعاب، می‌توان خواص و رفتار لعاب‌های مختلف را مقایسه کرد. فرمول زگر اولین بار توسط متخصص علم سرامیک به نام هرمن زگر^۲ ابداع شده است.

۱- Seger formula

۲- Herman Seger

پودمان ۲: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک

مراحل محاسبه فرمول زگر عبارت است از:



درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده یک نوع لعاب در جدول ۸ نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

مثال



جدول ۸ - درصد وزنی اکسیدهای آمیز یک لعاب

نوع اکسید	SiO _۲	B _۲ O _۳	Al _۲ O _۳	Na _۲ O	CaO	MgO
درصد وزنی	۵۰/۲۰	۱۸/۵۰	۱۴/۳۶	۱۰/۲۰	۶/۴۰	۰/۴۰

حل:

جدول ۹ - محاسبه فرمول زگر یک لعاب

نام اکسید	مقدار (درصد)	جرم مولکولی	مقدار مول اکسید	مجموع مول اکسیدهای قلیایی	ضریب زگر
SiO _۲	۵۰/۲۰	۶۰/۱	۰/۸۳۵	۰/۲۸۷	۲/۹۰۹
B _۲ O _۳	۱۸/۵۰	۶۹/۶	۰/۲۶۵	۰/۲۸۷	۰/۹۲۳
Al _۲ O _۳	۱۴/۳۶	۱۰۲	۰/۱۴۰	۰/۲۸۷	۰/۴۸۸
Na _۲ O	۱۰/۲۰	۶۲	۰/۱۶۴	۰/۲۸۷	۰/۵۷۱
CaO	۶/۴۰	۵۶/۱	۰/۱۱۴	۰/۲۸۷	۰/۳۹۷
MgO	۰/۴۰	۴۰/۳	۰/۰۰۹	۰/۲۸۷	۰/۰۳۱

نکته



۱ اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی به ترتیب به شکل فرمولی R_۲O و RO هستند.
 ۲ مقدار مول حتماً تا سه رقم اعشار محاسبه شود.

در پایان فرمول زگر به شکل جدول ۱۰ نمایش داده می‌شود.

جدول ۱۰

قلیایی	خنثی	اسیدی
$\text{CaO} : ۰/۳۹۷$ $\text{MgO} : ۰/۰۳۱$ $\text{Na}_2\text{O} : ۰/۵۷۱$ <hr/> ≈ ۱	$\text{Al}_2\text{O}_3 : ۰/۴۸۸$	$\text{SiO}_2 : ۲/۹۰۹$ $\text{B}_2\text{O}_3 : ۰/۹۲۳$

درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده یک نوع لعاب در جدول ۱۱ نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۱۱- درصد وزنی اکسیدهای آمیز یک لعاب

MgO	CaO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	SiO ₂	نوع اکسید
۱/۰۲	۵/۲۰	۱۱/۱۰	۱۰/۵۲	۱۶/۰۶	۵۷/۱۰	درصد وزنی

فعالیت کلاسی



درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده یک نوع لعاب در جدول ۱۲ نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۱۲- درصد وزنی اکسیدهای آمیز یک لعاب

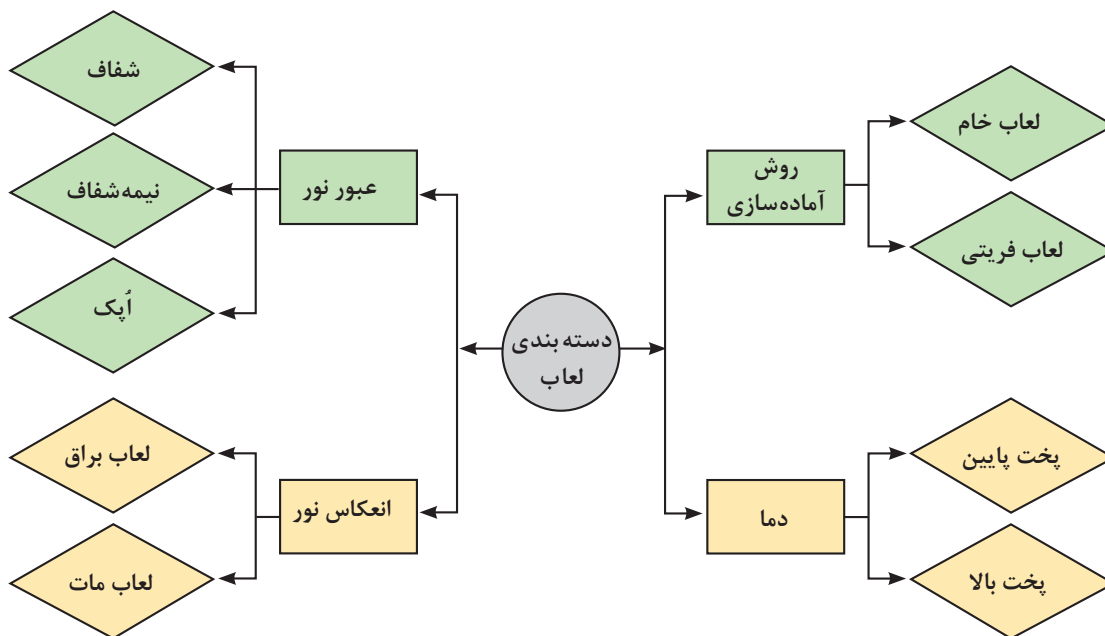
K ₂ O	PbO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	نوع اکسید
۶/۱۰	۳۳/۶۰	۸/۷۰	۵۱/۶۰	درصد وزنی

فعالیت کلاسی



انواع لعاب

تقسیم‌بندی لعاب‌ها بر اساس معیارهای مختلفی صورت می‌گیرد و معیار تقسیم‌بندی مشخصی وجود ندارد. نمودار ۱۳ نشان‌دهنده انواع تقسیم‌بندی لعاب است.



نمودار ۱۳- انواع دسته بندی لعاب

برخی از دسته بندی های لعاب که در نمودار بالا نشان داده شده است، در ادامه شرح داده می شود.

۱ دسته بندی لعاب ها از نظر روش آماده سازی

لعاب فریتی:

برخی از مواد اولیه لعاب سمی و برخی نیز در آب محلول هستند. مواد سمی برای سلامتی انسان ایجاد خطر می کنند و در صورت محلول بودن مواد اولیه لعاب در آب، در فرایند تولید برای بدنه و لعاب مشکل ایجاد می شود. فریت کردن راه حل مناسبی برای رفع این مشکل است. هدف از فریت کردن لعاب آن است که طی آن مواد محلول در آب به مواد غیر محلول تبدیل شود و مواد سمی از آن خارج شود.

فریت سازی: در این فرایند، مواد اولیه لعاب در کوره حرارت داده می شود تا آمیز ذوب شود و بعد از همگن شدن مذاب، در آب سرد تخلیه می شود. بر اثر سرمای ناگهانی، لعاب به خرده شیشه تبدیل می گردد. خرده شیشه های ایجاد شده را خشک کرده، بسته بندی یا آسیاب می کنند تا برای مرحله بعدی آماده شوند.



شکل ۷- فرایند فریت سازی



با توجه به فرایند فریت‌سازی که در شکل ۷ نشان داده شده است، نام هر مرحله را زیر تصویر مربوط به آن بنویسید.



کوره‌های فریت‌سازی می‌توانند از نوع مداوم باشند که نمونه‌ای از آن در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸

کارگاه‌ها، لعاب فریت را خریداری کرده و با افزودن موادی مانند کائولن و افزودنی‌های دیگر، لعاب مورد نظر خود را می‌سازند. در این حالت از فریت به عنوان پایه لعاب استفاده می‌شود.



شکل ۹- فریت

پودمان ۴: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک



شکل ۱۱- دوغاب فریتی



شکل ۱۰- فریت آسیاب شده

دلایل دیگر فریت‌سازی خروج مواد فرّار و سرعت بخشیدن به فرایند ذوب است. با فریت کردن مواد خام لعاب، بخش عمده‌ای از واکنش‌ها بین مواد اولیه انجام می‌شود بنابراین، انرژی گرمایی و زمان کمتری برای پخت لعاب لازم است.

بیشتر بدانید



نمودار ۱۴- دسته‌بندی لعاب‌های فریتی

در لعاب‌های فریتی از بوراکسید و یا سرب‌اکسید استفاده می‌شود. این اکسیدها در محدوده دمایی ۱۱۵۰-۱۰۵۰ درجه سلسیوس بخار می‌شوند، بنابراین لعاب‌های فریتی در دماهای زیر ۱۲۰۰ درجه سلسیوس کاربرد دارند.

فرمول زگر یک لعاب سربی و یک لعاب بوری را تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



شکل ۱۲- دوغاب لعاب

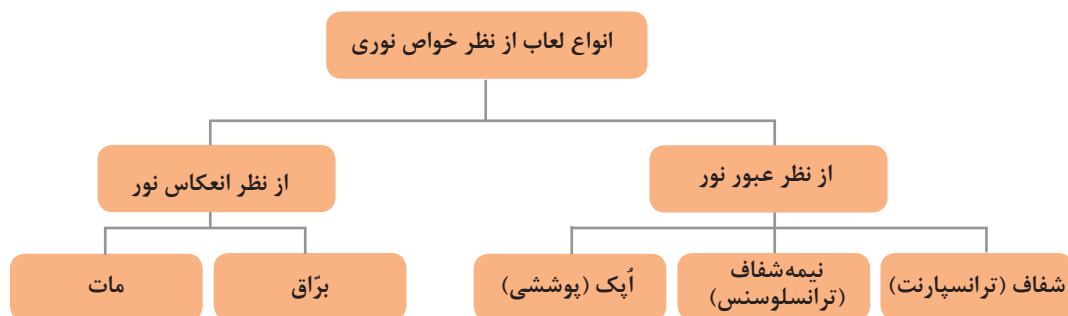
لعاب خام: در مواردی که ترکیب لعاب حاوی مواد محلول در آب و سمی نباشد و محدودیت دمای پخت نیز وجود نداشته باشد، مواد اولیه به صورت خام (طبیعی) مخلوط و آماده‌سازی می‌شود.

این گروه از لعاب‌ها دارای نقطه ذوب بالایی است و مقدار زیادی سیلیس و مقدار کمی مواد قلیایی دارد. لعاب‌های خام دمای پخت بالای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس دارند و معمولاً برای لعاب‌کاری چینی‌ها و قطعات با دمای پخت بالا استفاده می‌شوند. مهم‌ترین بدنه‌هایی که لعاب خام برای آنها به کار می‌رود عبارت‌اند از:

- ۱ رسی (سنتی)
- ۲ چینی‌های نرم
- ۳ چینی‌های سخت
- ۴ چینی‌های آزمایشگاهی
- ۵ آهکی
- ۶ دولومیتی

۲ دسته‌بندی لعاب‌ها از نظر خواص نوری

یکی از متداول‌ترین تقسیم‌بندی‌های لعاب‌ها، تقسیم‌بندی بر مبنای عکس‌العمل لعاب در برابر نور است که در نمودار ۱۵ آورده شده است.



نمودار ۱۵

عبارت‌های اُپک، شفاف و نیمه‌شفاف را زیر تصویر مربوط به آن در شکل ۱۳ بنویسید.

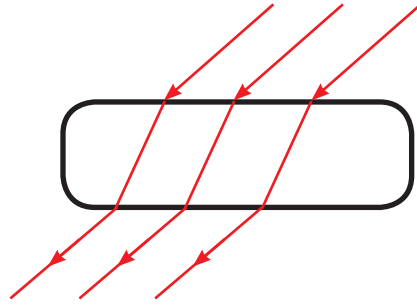


شکل ۱۳

فعالیت کلاسی



لعاب شفاف: لعاب شفاف لایه‌ای شیشه‌ای است که نور را به خوبی از خود عبور می‌دهد، بنابراین رنگ بدنه دیده می‌شود؛ به عبارتی، رنگ نهایی محصول ناشی از رنگ بدنه است. این نوع لعاب در صورت رنگی بودن نیز مانند شیشه‌های رنگی عمل می‌کند.



شکل ۱۴- لعاب شفاف

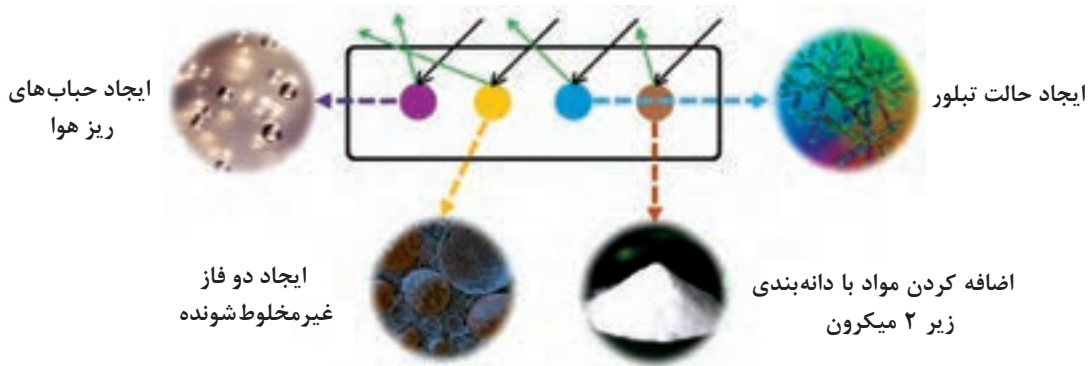
لعاب نیمه‌شفاف: لعاب نیمه‌شفاف لعابی است که بخشی از نور رسیده به سطح را عبور می‌دهد؛ در نتیجه، تصویر پشت لعاب به صورت واضح دیده نمی‌شود.
لعاب اپک: لعاب اپک سطح بدنه را طوری می‌پوشاند که رنگ بدنه قابل مشاهده نیست (نور را از خود عبور نمی‌دهد). در حالتی که رنگ بدنه مطلوب نباشد، از این نوع لعاب استفاده می‌شود.

با کمک هنرآموز، قطعات لعاب‌دار موجود در هنرستان خود را بررسی کنید و قطعات دارای لعاب شفاف و اپک را مشخص کنید.

فعالیت کلاسی



حالت اپک در لعاب در اثر تابش و سپس پراکنش نور در نتیجه برخورد آن با ذرات بسیار ریز و پراکنده موجود در لعاب به وجود می‌آید. در شکل ۱۵ برخی از روش‌های ایجاد لعاب اپک آمده است.



شکل ۱۵- برخی از روش‌های ایجاد حالت اپک در لعاب

برای ایجاد حالت اپک در لعاب می‌توان از ترکیبی از روش‌های شکل ۱۵ استفاده کرد. برخی از مواد اولیه که در لعاب خاصیت اپک ایجاد می‌کنند، در جدول ۱۳ آمده است.

جدول ۱۳- مواد اپک‌کننده لعاب

ZrO _۲	زیرکونیوم اکسید	TiO _۲	تیتانیوم اکسید	SnO _۲	قلع اکسید
CaF _۲	فلورین	Al _۲ O _۳	آلومینیوم اکسید	ZrSiO _۴	زیرکونیوم سیلیکات
BaO	باریم اکسید	ZnO	روی اکسید	Sb _۲ O _۳	آنتیموان اکسید

اپک کردن لعاب‌ها با افزودن قلع، یک نوآوری از صنعتگران اسلامی بوده است.

دسته‌بندی لعاب از نظر انعکاس نور

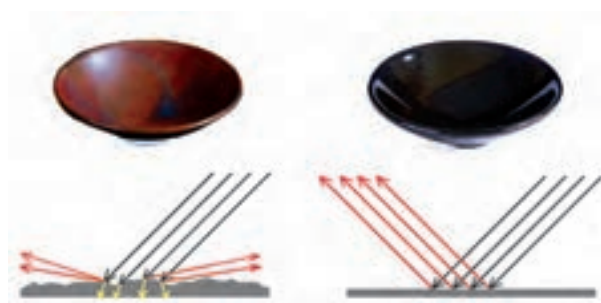
لعاب‌های براق و مات:

به نظر شما لعاب کدام‌یک از بدنه‌های نشان داده شده در شکل ۱۶ مات است؟



شکل ۱۶

براق و مات بودن از رفتار سطح لعاب در برابر تابش نور و انعکاس آن ایجاد شود.



لعاب مات

لعاب براق

شکل ۱۷- بازتاب نور در لعاب‌های براق و مات

با استفاده از یک فرهنگ لغت یا جست‌وجو در اینترنت، معادل انگلیسی شفاف، نیمه‌شفاف، اپک، براق و مات را از بین لغات داده شده انتخاب کرده و جدول ۱۴ را کامل کنید.

Matt, Opaque, Transparent, Glossy, Translucence

جدول ۱۴

براق	مات	اپک	نیمه‌شفاف	شفاف

لعاب براق، لعابی است که تمام یا بخش عمده از نور تابیده‌شده به سطح لعاب را منعکس می‌کند. درخشندگی و جلای لعاب براساس نوع و میزان تابش نور، متفاوت است. لعاب مات بخش عمده نور تابیده‌شده به سطح لعاب را جذب می‌کند و مقدار ناچیزی را منعکس می‌کند؛ در نتیجه سطح لعاب دارای درخشندگی نخواهد بود.

در هر یک از محصولات سرامیکی جدول ۱۵ لعاب‌هایی که از نظر خواص نوری به کار می‌روند را با علامت ضربدر مشخص کنید.

جدول ۱۵

براق	مات	اپک	نیمه‌شفاف	شفاف	نام محصول
					چینی بهداشتی
					ظروف چینی غذاخوری
					مقرّه
					کاشی کف

دیوار کلاس، تخته سفید، رنگ در کلاس و رنگ پنجره‌ها را از نظر خواص نوری بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

۳ دسته‌بندی لعاب از نظر دمای پخت

لعاب‌ها از نظر دمای پخت به دو دسته دم‌پخت پایین و دم‌پخت بالا تقسیم می‌شوند. درجه پخت لعاب‌های دم‌پخت پایین زیر ۱۱۵۰ درجه سلسیوس است و درجه پخت لعاب‌های دم‌پخت بالا، بالای ۱۱۵۰ درجه سلسیوس است. راکو و ماجولیکا مثال‌هایی از محصولات سرامیکی دارای لعاب دم‌پخت پایین و چینی بهداشتی و پرسلان دارای لعاب دم‌پخت بالا هستند.

تحقیق کنید



فعالیت کلاسی



فعالیت کلاسی



لعاب‌های خاص

لعاب‌های خاص لعاب‌هایی هستند که بیشتر کاربرد تزئینی، هنری یا خاص دارند و در بسیاری موارد از نظر مقاومت مکانیکی و شیمیایی و ظاهر با لعاب‌های معمولی متفاوت هستند. لعاب‌های تبخیری، احیایی، لوستر، زرین‌فام، سِلادون، نفوذی، تَرک‌دار، بلوری، مینا و آنتی‌باکتریال جزء لعاب‌های خاص به شمار می‌آیند. در ادامه برخی از این لعاب‌ها معرفی می‌شوند.

۱ لعاب تبخیری: برای ایجاد این لعاب‌ها از نمک استفاده می‌شود. برای تولید لعاب تبخیری (نمکی) مقداری پودر نمک طعام یا آب‌نمک در کوره‌ای که در حدود دمای پخت کار می‌کند، پاشیده می‌شود. پودر یا آب‌نمک پاشیده شده در کوره تبخیر می‌شود و بخار سدیم تولید شده بر روی سطح قطعه می‌نشیند و به دلیل اینکه سدیم یک کمک‌ذوب قوی است، باعث تشکیل یک لایه لعاب می‌شود. دمای پخت این نوع لعاب‌ها در محدوده ۱۰۶۰ تا ۱۱۸۰ درجه سلسیوس است. ناخالصی‌های موجود در بدنه مانند آهن اکسید، تعیین‌کننده رنگ این لعاب است.



شکل ۱۹- لوله‌های سرامیکی فاضلاب با لعاب نمکی



شکل ۱۸- ظرف سفالی دارای لعاب نمکی

درباره دلیل اعمال لعاب‌های نمکی روی لوله‌های سرامیکی آب و فاضلاب تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



در لعاب کاری تبخیری، بخارات سمی مانند بخار کلر و سدیم ایجاد می‌شود که برای سلامتی و محیط زیست خطر آفرین است؛ همچنین این گازها به اجزای کوره مانند آجرها و المنت‌ها آسیب می‌زند. در نتیجه این لعاب‌ها هرگز در کوره الکتریکی اعمال نمی‌شوند.

نکته



۲ لعاب‌های احیایی: لعاب‌های احیایی اغلب لعاب‌های رنگی هستند که در شرایط اتمسفر به شدت احیایی کوره ایجاد می‌شوند. لعاب‌های لوستر و زرین‌فام، سِلادون و قرمز چینی لعاب‌های احیایی به شمار می‌روند.

لازم به ذکر است که برای ایجاد اتمسفر به شدت احیایی در کوره از خاک ارّه یا روغن سوخته استفاده می‌شود که این عمل باعث آلودگی هوا شده و یک خطر زیست‌محیطی محسوب می‌شود.

ایمنی و بهداشت



۱- Salt Glaze

۲- Reduction Glazes

۳ لعاب لوستر: لعاب‌های لوستر لعاب‌های تزئینی هستند که در سطح آنها بر اثر انجام واکنش‌های احیا، لایه بسیار نازک فلزی با جلای فلزی رنگین‌کمانی تشکیل می‌شود که بسیار چشم نواز است. در لعاب لوستر ابتدا قطعه سرامیکی را با لعاب معمولی لعاب‌کاری می‌کنند، سپس روی آن را با محلول‌های حاوی ترکیب‌هایی مانند نقره کلرید ($AgCl$)، نقره نیترات ($AgNO_3$) و بیسموت نیترات ($BiNO_3$) پوشش می‌دهند و در شرایط احیایی پخت می‌کنند.



شکل ۲۱- لعاب لوستر



شکل ۲۰- لعاب لوستر ایرانی، دوران اسلامی



شکل ۲۲- لعاب زرین فام

۴ لعاب زرین فام: تولید این لعاب از افتخارات بزرگ هنر سرامیک ایران است و یکی از ریشه‌های علم نانو به شمار می‌رود. لعاب زرین فام، با تشکیل لایه بسیار نازکی از نانوذرات مس یا نقره با جلای فلزی در طیف‌های رنگی گوناگون به وجود می‌آید. فرایند تولید لعاب زرین فام مانند روشی است که در لعاب لوستر به کار می‌رود. نقره سولفید، منگنز اکسید، مس سولفات و گوگرد سفید برای ایجاد این نوع لعاب استفاده می‌شود.

کتاب «جواهرنامه نظامی» نوشته محمد بن ابی البرکات جوهری نیشابوری، اولین کتاب به زبان فارسی در مباحث مربوط به جواهر و سنگ‌ها، فلزات، آلیاژها و انواع مینا است. در فصل چهارم کتاب، فرمول‌های مینای زرین فام ارائه شده است که تعداد آنها ۲۶ ترکیب است. تعداد مواد به کار رفته در ترکیبات «جواهرنامه» در حدود ۴۵ نوع است. همین امر موجب شده است تا «جواهرنامه نظامی» نه تنها قدیمی‌ترین بلکه مفصل‌ترین اثر تاریخی در زمینه لعاب زرین فام باشد.

بیشتر بدانید





دربارهٔ قدمت لعاب زرین فام و شهرهایی که در آنها این نوع لعاب برای تزئین کاربرد داشته است، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



۵ لعاب سِلاَدون: رنگ سبز روشن در لعاب را که از احیای اکسیدهای فلزی به دست می‌آید، سِلاَدون می‌نامند.

شکل ۲۳- قوری دارای لعاب سِلاَدون

این رنگ با اضافه کردن اکسیدهای آهن، کروم، نیکل، قلع و ترکیبات تیتان به لعاب و سپس پخت در شرایط احیا ایجاد می‌شود.

هنگام پخت این لعاب در کوره، خاکستر چوب نیز اضافه می‌کنند تا رنگ سِلاَدون بین سبز خاکستری تا سبز مایل به زرد تغییر کند.



۶ لعاب قرمز چینی: این نوع لعاب احیایی قرمز رنگ، دارای مس اکسید است. برای تشکیل این رنگ قرمز به لعاب‌ها تا ۲ درصد مس اکسید و در حد ۱ تا ۲ درصد قلع اکسید اضافه می‌شود. سپس اتمسفر کوره را در محدودهٔ دمای نهایی پخت احیا می‌کنند که باعث تولید رنگ قرمز درخشنده‌ای مانند فلز مس می‌شود.

شکل ۲۴- لعاب قرمز چینی

۷ لعاب‌های دَونده: ابتدا قطعهٔ سرامیکی را با یک لعاب معمولی لعاب کاری می‌کنند. سپس بر روی آن با لعابی که در هنگام ذوب دارای گرانروی پایینی است، لعاب کاری یا نقاشی می‌کنند. در فرایند پخت، این لعاب به خاطر داشتن گرانروی کم بر روی لعاب زیرین جریان یافته، شره کرده و حتی در آن نفوذ می‌کند که این امر باعث می‌شود نقوش زیبای تصادفی به وجود آید.

۱- Celadon Glaze

۲- Running Glaze

پودمان ۴: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک

برای جلوه‌گری بیشتر می‌توان لعاب‌های دونده (نفوذی) را با چندین رنگ مختلف به کار گرفت که در اثر مخلوط شدن آنها در هنگام پخت رنگ‌های جالبی ایجاد می‌شود.



شکل ۲۵- لعاب دونده

۸ لعاب تَرَک‌دار^۱

آیا وجود تَرَک در لعاب همیشه عیب محسوب می‌شود؟



شکل ۲۶- ظروف دارای لعاب تَرَک

لعاب تَرَک‌دار (کراکوله) نوعی لعاب است که پس از پخت، در سطح آن تَرَک ایجاد می‌شود. برای ایجاد این تَرَک‌ها در لعاب باید ضریب انبساط حرارتی لعاب به گونه‌ای تنظیم شود که از ضریب انبساط حرارتی بدنه بالاتر باشد تا در هنگام سرد کردن در لعاب تنش کششی به وجود آید؛ این تنش منجر به تَرَک خوردن لعاب می‌شود.

برای افزایش ضریب انبساط حرارتی لعاب می‌توان درصد اکسیدهای قلیایی را افزایش و در مقابل درصد

۱- Crackle Glaze

Al_2O_3 و SiO_2 را کاهش داد.
در بعضی از موارد بعد از پخت لعاب تَرک دار، با لعاب دیگری داخل تَرک‌ها را پُر می‌کنند و دوباره این لعاب را پخت می‌کنند.



شکل ۲۷- مجسمه‌های دارای لعاب تَرک

آیا برای تَرک‌دار کردن لعاب روش‌های دیگری وجود دارد؟

پرسش



۹ لعاب پوست‌ماری: این نوع لعاب در هنگام ذوب شدن بر روی بدنهٔ سرامیکی به شدت جمع می‌شود؛ به طوری که در اثر این انقباض شکل‌هایی مشابه پوست مار یا شبکهٔ رگ‌رگه حاصل می‌شود. حالت جمع‌شدگی بر اثر کشش سطحی لعاب هنگام ذوب شدن ایجاد می‌شود که به ترکیب شیمیایی لعاب بستگی دارد. برای افزایش کشش سطحی لعاب می‌توان اکسیدهایی که دارای کشش سطحی بالایی هستند، مانند MgO ، ZnO و Al_2O_3 به آمیز لعاب اضافه کرد. برای ایجاد لعاب رنگی از NiO و V_2O_5 ، Cr_2O_3 استفاده می‌شود.



شکل ۳۲- لعاب پوست‌ماری

برای تهیهٔ لعاب پوست‌ماری (انقباضی)، معمولاً بدنه را با دو نوع لعاب مختلف لعاب‌کاری می‌کنند؛ ابتدا لعاب معمولی سپس لعابی با کشش سطحی بالا بر روی لعاب اول اعمال می‌شود.

- ۱۰ **لعاب بلوری**^۱: برای تزئین لعاب شرایطی فراهم می‌آورند تا در فاز آمورف لعاب، مقداری فازهای بلوری (کریستالی) به وجود آید. وجود دانه‌ها و رگه‌های بلوری در زمینه شیشه‌ای جلوه زیبایی به لعاب می‌دهد. برای ایجاد فاز بلوری در لعاب سه روش را می‌توان به کار برد:
- ۱ آمیز لعاب به گونه‌ای تعیین شود تا در هنگام ذوب گرانیوی پایینی داشته باشد.
 - ۲ به آمیز لعاب موادی مانند بوراکسید، روی اکسید، کربنات‌های باریوم، استرانسیم و منیزیم و کلمانیت اضافه شود تا در هنگام سرمایش لعاب تمایل به تبلور داشته باشند.
 - ۳ فرایند سرد کردن لعاب آهسته انجام شود تا بلورها فرصت رشد داشته باشند.



شکل ۲۸- لعاب بلوری (کریستالی)

چرا در پوشش برخی از کاشی‌ها از لعاب بلوری استفاده می‌شود؟

پرسش



- ۱۱ **لعاب مینا**^۲: در تصویرهای زیر لعاب کاری بر روی بدنه‌های فلزی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۱- لعاب بدنه بخاری



شکل ۳۰- لعاب ظروف آهنی



شکل ۲۹- ظروف مسی میناکاری

۱- Crystalline Glaze

۲- Enamel



به پوشش‌های شیشه‌ای اعمال شده بر روی بدنه‌های فلزی، مینا گفته می‌شود. این پوشش‌ها برای ایجاد رنگ و جلوه‌ای زیبا و همچنین محافظت از بدنه اعمال می‌شود. در این نوع لعاب ابتدا یک لایه انگوب بر روی فلز اعمال می‌شود و سپس لعاب اصلی بر روی لایه انگوب آورده می‌شود. انگوب باعث تطبیق ضریب انبساط حرارتی و چسبندگی لعاب اصلی و بدنه می‌شود.

مهم‌ترین تفاوت لعاب‌کاری روی فلز و سرامیک چیست؟

رنگ

در صنعت سرامیک برای تولید محصولات رنگی و تزئین آنها از مواد رنگی کننده استفاده می‌شود. این رنگ‌ها برای تزئین در سطح زیر لعاب، روی لعاب یا با قرار گرفتن داخل لعاب باعث ایجاد رنگ می‌شوند. مهم‌ترین روش‌های ایجاد رنگ، استفاده از اکسید فلزهای واسطه و جوهرهای رنگی (استین) است.

جوهرهای رنگی (استین)

اکسید فلزهای واسطه

نمودار ۱۶- مهم‌ترین مواد ایجادکننده رنگ در لعاب

اکسید فلزهای واسطه: اکسید فلزات گروه عناصر واسطه به عنوان رنگدانه^۱ طبیعی یا مصنوعی در لعاب استفاده می‌شوند. رنگ ایجاد شده به لعاب پایه و نوع اکسیدها بستگی دارد. تولید رنگ یا رنگ‌زایی این اکسیدها (رنگدانه‌ها) وابسته به شرایط زیر است:



نمودار ۱۷

در جدول ۱۶، تعدادی از رنگدانه‌های طبیعی و منابع تأمین‌کننده آنها آمده است:

جدول ۱۶- انواع مختلف رنگدانه‌های طبیعی به صورت اکسید یا نمک‌های آنها

نوع رنگدانه	منبع تأمین‌کننده	رنگ ایجادشده
کبالت	اکسیدها (کبالت‌اکسید)، کربنات‌ها (کبالت کربنات)، نیترات (کبالت نیترات) و کلرید (کبالت کلرید)	آبی پررنگ لاجوردی
مس	اکسیدها (مس‌اکسید) و کربنات‌ها (مس کربنات)	سبز آبی فیروزه‌ای
کروم	کروم‌اکسید	سبز پررنگ
آهن	آهن‌اکسید	صورتی - زرد قرمز - قهوه‌ای
منگنز	منگنز دی‌اکسید و منگنز کربنات	بنفش - قهوه‌ای
قلع	قلع‌اکسید	سفید
آنتیموان	آنتیموان‌اکسید	سفید زرد

درباره طیف رنگی که اکسیدهای نیکل و وانادیم در لعاب ایجاد می‌کنند، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



برای تولید رنگ قرمز و قهوه‌ای سوخته در لعاب از چه اکسیدهایی استفاده می‌شود؟

پرسش



جوهر! اکسیدهای رنگی به علت محلول بودن در لعاب و تأثیر نامطلوب بعضی از گداز‌آورها و سایر عناصر لعاب کاربرد محدودتری دارند. به همین دلیل از نوع خاصی از رنگ به نام جوهر (استین) استفاده می‌شود که یک نوع کریستال رنگی است که در مقابل تأثیر گداز‌آورهای لعاب و دمای بالا مقاوم است. جوهرها طیف بسیار وسیعی از رنگ‌ها را ایجاد می‌کنند.



امروزه از جوهرها با دانه‌بندی نانومتری در دستگاه‌های چاپ دیجیتال صنایع کاشی استفاده زیادی می‌شود.

آماده‌سازی لعاب رنگی

برای رنگی کردن لعاب می‌توان رنگدانه را به‌طور مستقیم به فرمول آمیز لعاب اضافه کرد. پس از فرایند سایش و گرانول‌سازی، لعاب رنگی به‌دست می‌آید. پس از آماده شدن دوغاب لعاب رنگی می‌توان آن را با قلم‌مو یا پیستوله بر روی بدنه بیسکویت یا روی لعاب پخت نشده اعمال کرد.

آماده‌سازی لعاب

فرایند آماده‌سازی لعاب سه مرحله دارد:



نمودار ۱۸- مراحل آماده‌سازی لعاب

برای ساخت لعاب در کارگاه، با استفاده از فرمول ساخت لعاب، تجهیزاتی مانند ترازو، هاون شیشه‌ای یا چینی و دسته آن، استوانه مدرج آزمایشگاهی و الک مش ۱۰۰ یا بالاتر نیاز است. در ادامه مراحل فرایند آماده‌سازی لعاب در کارگاه آمده است:

۱ مواد و وسایل لازم را روی میز کار قرار دهید. همه ابزارها باید کاملاً تمیز باشد. تمام مواد اولیه برای تهیه آمیز لعاب را با ترازو وزن و یادداشت کنید.



شکل ۳۲- وزن کردن آمیز لعاب



شکل ۳۳- ساییدن آمیز لعاب

۲ پس از وزن کردن مواد، آنها را داخل هاون بریزید و با دسته هاون بسایید. دسته هاون را همیشه دایره‌وار در یک جهت حرکت دهید. اکسیدهای رنگ‌کننده لازم و یا جوهرهای رنگی را بر اساس درصد مورد نیاز به هاون اضافه کنید و عمل سایش را ادامه دهید تا مواد کاملاً با یکدیگر مخلوط شوند.



شکل ۳۴- افزودن آب به آمیز لعاب

۳ مقدار آب مورد نیاز را در استوانه مدرج اندازه‌گیری کنید. در بیشتر کاربردها ۴۰۰ تا ۵۰۰ گرم آب به ازای هر کیلو ماده خشک به لعاب اضافه می‌شود. آب را بیفزایید و مخلوط کردن را ادامه دهید تا کاملاً یکنواخت شود.

کنترل کیفی لعاب

برای بررسی کیفیت قطعات سرامیکی لعاب‌کاری‌شده و بهبود کیفیت آن باید دوغاب لعاب و مذاب آن و قطعات لعاب‌کاری‌شده بررسی شوند.

دوغاب لعاب

کیفیت دوغاب لعاب طی مراحل زیر بررسی می‌شود:

۱ قبل از اعمال لعاب

۲ در هنگام فرایند لعاب‌کاری

۳ بعد از لعاب‌کاری بر روی بدنه

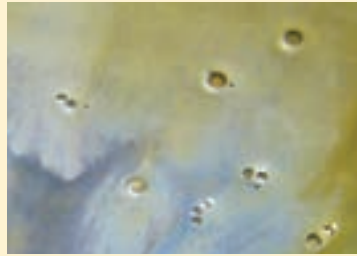
خواص دوغاب لعاب بر کیفیت قطعات مؤثر است. گاهی نامناسب بودن خواص دوغاب لعاب، تأثیرات نامطلوب خود را در زمان لعاب‌کاری نمایان می‌کند. در برخی موارد این آثار پس از پخت بر روی بدنه ظاهر می‌شود. از جمله این موارد ته‌نشین شدن (رسوب کردن) لعاب و تشکیل حفره هوا در موقع لعاب‌کاری است که به دلیل کیفیت نامناسب دوغاب لعاب، ایجاد می‌شود.

مذاب لعاب

کیفیت مذاب لعاب در حین فرایند پخت بسیار مهم است. به وجود آمدن حفره، جمع یا منقبض شدن لعاب و شره کردن لعاب، عیوبی هستند که به کیفیت نامناسب لعاب مربوط است.



عیب قابل مشاهده در لعاب بدنه‌های نشان داده شده در تصاویر زیر را بنویسید.



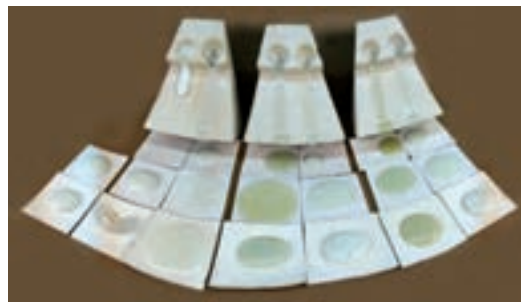
نکته



ویژگی‌هایی مانند گرانبوی، کشش سطحی، انبساط حرارتی، مقاومت به خوردگی و سمی بودن لعاب نیز برای کنترل کیفی لعاب لازم است مورد بررسی قرار بگیرند.

گرانبوی^۱

گرانبوی لعاب بستگی به اصطکاک داخلی مذاب دارد و نقطه ذوب، تعیین کننده آن است. لعاب‌ها دارای نقطه ذوب مشخصی نیستند و در دماهای مختلف به مایع غلیظی تبدیل می‌شوند.



شکل ۳۵- گرانبوی لعاب‌های مختلف

مدت زمان ماندن در
دمای مشخص

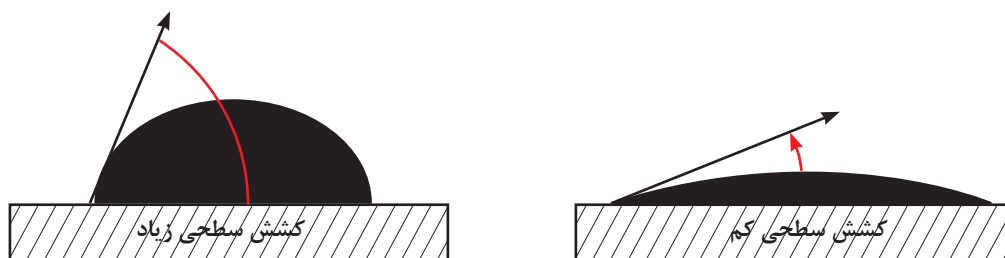
دما

ترکیب شیمیایی

نمودار ۱۹- عوامل مؤثر بر گرانبوی مذاب لعاب

کشش سطحی^۱

جاری شدن و شُره کردن لعاب در هنگام پخت بر روی بدنه فقط به گرانروی بستگی ندارد، بلکه کشش سطحی نیز روی آن اثر زیادی دارد. هر قدر کشش سطحی لعاب (تمایل به جمع شدن) بیشتر باشد، از خروج گازهای به وجود آمده جلوگیری می‌کند؛ با کاهش کشش سطحی خروج گازها راحت‌تر است.



شکل ۳۶- تفاوت کشش سطحی کم و زیاد

تأثیر اکسیدها بر کشش سطحی لعاب

در جدول ۱۷ تأثیر برخی از اکسیدهای فلزی بر کشش سطحی لعاب بیان شده است.

جدول ۱۷

← کاهش کشش سطحی			→ افزایش کشش سطحی		
۱ Li_2O (قوی)	۲ K_2O	۳ PbO	۱ Cr_2O_3 (قوی)	۲ SnO_2	۳ MgO
۴ Na_2O (ضعیف)			۴ Al_2O_3 (ضعیف)		

انبساط حرارتی^۲

وقتی در فلزی یک ظرف شیشه‌ای گیر کرده و باز نمی‌شود، با گرفتن آن زیر آب گرم راحت‌تر باز می‌شود. علت این پدیده چیست؟

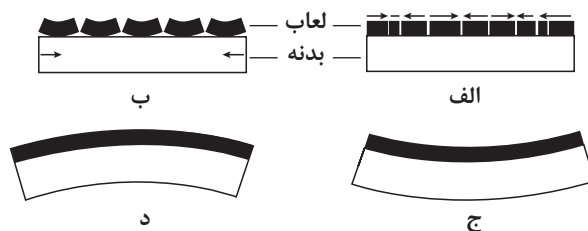
پرسش



۱- Surface Tension

۲- Thermal Expansion


مقدار ضریب انبساط حرارتی لعاب‌ها معمولاً در حدود $\frac{1}{10^7} \times$ عدد است. اگرچه این مقدار بسیار کوچک به نظر می‌رسد، ولی در صنعت لعاب‌سازی تأثیرات زیادی به وجود می‌آورد. ضریب انبساط حرارتی لعاب‌ها باید معمولاً تا حدودی برابر با ضریب انبساط حرارتی بدنه باشد تا نقصی به وجود نیاید. اگر لعاب در هنگام انجماد، نسبت به بدنه بیشتر جمع شود، یعنی انقباض دارد؛ بنابراین لعاب تحت تنش کششی (ضریب انبساط بیشتر) است و ترک در آن به وجود خواهد آمد (شکل الف و ج). عکس این حالت در لعاب، پدیدگی ظاهر می‌شود (شکل ب و د).



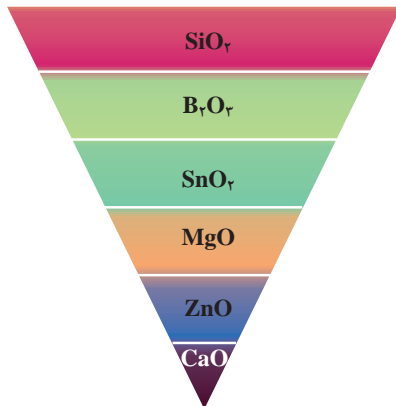
شکل ۳۷- تأثیر مقدار ضریب انبساط حرارتی لعاب در چسبندگی لعاب به بدنه

اگر یک بدنه نازک و باریک (مانند کاشی) لعاب زده شود و سپس حرارت داده شود، بسته به مقدار اختلاف ضریب انبساط حرارتی بین لعاب و بدنه، این قطعه نازک به شکل مقعر یا محدب خمیده می‌شود.

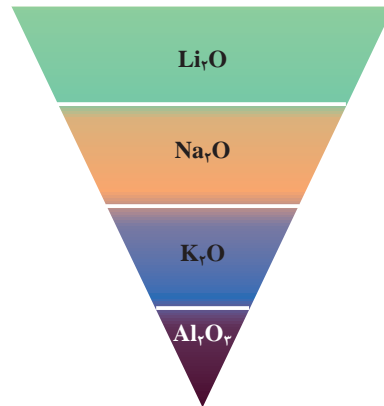
جدول ۱۸- روش‌های اندازه‌گیری ضریب انبساط حرارتی

 <p>شکل ۳۸- دستگاه دیلاتومتر</p>	<p>اندازه‌گیری ضریب انبساط حرارتی با دستگاه دیلاتومتر</p>
$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \times \Delta T}$ <p>α: ضریب انبساط حرارتی ΔL: تغییر طول L_0: طول اولیه ΔT: تغییر دما</p>	<p>محاسبه ضریب انبساط حرارتی بر اساس اطلاعات</p>

تأثیر اکسیدها بر انبساط حرارتی لعاب



نمودار ۲۱- اکسیدهای کاهش دهنده انبساط حرارتی لعاب (SiO₂ بیشترین کاهش)



نمودار ۲۰- اکسیدهای افزایش دهنده انبساط حرارتی لعاب (Li₂O بیشترین افزایش)

سختی لعاب

در مورد سختی لعاب تعریف‌های مختلفی وجود دارد و برای اندازه‌گیری آن روش‌های گوناگونی نیز استفاده می‌شود.

روش‌های سنجش سختی لعاب عبارت‌اند از:

جدول ۱۹- روش‌های سنجش سختی لعاب

 <p>سختی‌سنجی خراشی</p>	<p>سختی‌سنجی خراشی: در این روش لعاب را با الماس یا با مواد سخت دیگر که در جدول سختی موهس وجود دارد، خراش می‌دهند. با این روش میزان مقاومت لعاب در برابر خراش اندازه‌گیری می‌شود.</p>
--	--

بیشتر بدانید



 <p>نیرو نیرو نیرو</p> <p>سختی سنجی عمقی</p>	<p>سختی سنجی عمقی: در این روش توسط رأس الماس مخروطی شکل، به سطح لعاب با نیروی مشخصی فشار وارد می شود و عمق فرورفتگی حاصل از نیروی وارد شده اندازه گیری می شود. در این روش سختی در یک محدوده از سطح اندازه گیری می شود، بنابراین مقدار سختی به دست آمده تعیین کننده سختی لعاب در کل سطح نیست.</p>
 <p>سختی سنجی سایشی</p>	<p>سختی سنجی سایشی (استحکام سایشی): در این روش مقدار افت وزن لعاب بر اثر سایش به وسیله مواد سخت تر اندازه گیری می شود که نشان دهنده میزان سختی لعاب است. ماسه سیلیسی و سیلیسیم کار باید به عنوان مواد ساینده استفاده می شوند.</p>
 <p>سختی سنجی ضربه ای</p>	<p>سختی سنجی ضربه ای: در این روش استحکام ضربه ای لعاب اندازه گیری می شود.</p>

در جدول ۲۰ نوع سختی موردنیاز با توجه به کاربرد محصولات مختلف آمده است.

جدول ۲۰

سختی ضربه‌ای	سختی سایشی	سختی عمقی	سختی خراشی	
✓	✓		✓	بشقاب و فنجان
✓			✓	کاشی‌های دیوار
✓	✓	✓	✓	کاشی‌های کف
✓	✓		✓	لوله‌های فاضلاب

مقاومت به خوردگی شیمیایی^۱

مقاومت و پایداری لعاب در مقابل عواملی مانند رطوبت، گازها و بخارات، اسیدها و قلیایی‌ها را مقاومت به خوردگی شیمیایی لعاب گویند. لعاب با ترکیب شیمیایی معین در مقابل عواملی مانند آب، اسید، قلیایی‌ها و گازها به طور مختلف پایداری و عکس‌العمل نشان می‌دهد.

جدول ۲۱- تأثیر مواد مختلف بر مقاومت به خوردگی شیمیایی لعاب

تأثیر بر پایداری لعاب	ماده
پایداری کم نسبت به مواد شیمیایی و حتی رطوبت	اکسیدهای قلیایی
افزایش مقاومت به خوردگی شیمیایی	آلومینیوم‌اکسید
کاهش مقاومت به خوردگی شیمیایی	سرب‌اکسید و باریم‌اکسید
افزایش مقاومت به خوردگی شیمیایی	سیلیسیم‌اکسید

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	پودمان
۳	تحلیل، تعیین و طبقه‌بندی انواع لعاب و درصد اکسیدهای مورد استفاده در آنها	بالاتر از حد انتظار	بررسی و تحلیل انواع لعاب با توجه به دسته‌بندی مواد اولیه، طبقه‌بندی لعاب براساس ویژگی‌های خاص با استفاده از استاندارد ملی ایران	۱- بررسی انواع لعاب‌های بدنه سرامیکی ۲- کاربرد لعاب در تولید بدنه سرامیکی	تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک
۲	محاسبه درصد اکسیدهای مورد استفاده در لعاب براساس فرمول زگر، تعیین نقش هر یک از مواد سازنده لعاب، طبقه‌بندی لعاب‌ها براساس (مواد اولیه، دمای پخت، روش آماده‌سازی و رفتار نوری و ...)	در حد انتظار			
۱	دسته‌بندی انواع مواد اولیه ساخت لعاب، دسته‌بندی انواع لعاب	پایین‌تر از حد انتظار			
	نمره مستمر از ۵				
	نمره واحد یادگیری از ۳				
	نمره واحد یادگیری از ۲۰				