

جزوه درس

آشنایی با ابزار و وسایل تجهیزات و مواد اولیه سفالگری

کارشناسی

دانشگاه پیام نور

مؤلف: آقای مرداویج توکلی

۱۳۹۱

صفحه	عنوان	فهرست
	فصل اول : ابزارهای سفالگری	
۳	بخش اول : ابزارهای دستی	
۹	بخش دوم : آماده سازی مواد پلاستیک	
۲۲	بخش سوم : دستگاههای فرم دهی	
	فصل دوم : کوره های سفالگری	
۳۹	بخش اول : کوره های سفالپزی	
۵۸	بخش دوم : فرایند حرارتی در کوره	
	فصل سوم : خواص و ویژگیهای رس	
۷۶	بخش اول : خواص رسها	
۸۹	بخش دوم : خواص حرارتی	
	فصل چهارم : مواد موجود در خاک ها	
۱۰۲	بخش اول : رسهای اولیه	
۱۰۸	بخش دوم : رسهای ثانویه	
۱۳۷	بخش سوم : پرکننده ها	
۱۶۲	بخش چهارم : گداز آورها	
۱۸۱	منابع	

بهترین ابزار کار یک سفالگر انگشتان اوست. با این وجود مواقعی میرسد که برای تکمیل ابزاریکه طبیعت به او نداده است به ابزارهای دیگری نیز احتیاج دارد، درست مانند بشر غارنشین در زمانی که دریافت شاخه درختان بعنوان یک چماق به میزان دست یابی و قدرت او می افزاید و فلز به قدرت دستهای او افزوده و میدان کار او را وسعت می دهد. به ابزار کار به عنوان مدد کار فکر کنید. آنها به انگشتان شما کمک خواهند کرد.

حلقه های سیمی

حلقه های سیمی به اندازه و شکلهای مختلف ساخته می شوند. پاره ای صاف، بعضی دیگر دندانه دار است. بعضی مواقع داندانه ها از پیچیدن یک سیم نازک بدور سیم ضخیم تر ساخته میشوند. چنین ابزاری برای ایجاد خطوط و نیز مدل دادن شکل مناسب است. زبری حاصل از دندانه ها را می توان تا حدودی با انگشتان دست صاف کرد. بدین طریق کارهای بسیار متنوعی را می توان انجام داد.

تخته ورز (عمل آوردن گل)

اهمیت ورز دادن گل برای یکدست کردن واضح و بدیهی است. چنانچه بخواهید کارهای زیادی با گل انجام دهید، تخته ورز وسیله ای اساسی است. می توانید نوع ساده آن را با ساختن جعبه ای به ابعاد تقریباً $15 \times 26 \times 6$ اینچ و قرار دادن ستونی به اندازه های $18 \times 2 \times 1$ اینچ در عقب آن داشته باشید. جعبه و ستون پشت آن هر دو بایستی محکم ساخته شوند چرا که باید تحمل کارهای سخت را داشته باشد.

به اندازه کافی خمیر درست کنید تا جایی که جعبه لبالب پر شود. از مخلوط ورز نیامده استفاده کرده آنرا در داخل جعبه بیزید (در فصل ششم منظور از مخلوط ورز

نیامده همچنین نحوه محاسبه مقدار خمیر لازم تشریح شده است پیچها را به جعبه و ستون چوبی محکم کنید، مانند شکل ۱۶ و یک سیم پیانو شماره ۲۰ را بین دو سر پیچ بکشید. به وسیله ای برای سفت کردن سیم ناز دارید، پس همانطر که نشان داده شده است از یک پیچ گردون یا مهره گوشه دار استفاده کنید. سیمی که این چنین کشیده شده بریدنتکه گل را موقع ورز دادن آسان می سازد. از زیر سیم شروع کنید و گل را به طرف خود بکشید بدین طریق هر تکه گل که به وسیله سیم پاشیده شود، بجای بر خورد با صورت شما بطرف دیگری پرتاب می شود.

اگر تخته ورز دارای پشت و دو پهلو باشد، کارگاه شما تمیز خواهد بود و این دیواره ها از ریختن گل به کف کارگاه جلوگیری میکند. اگر تصمیم دارید از گاهای رنگی استفاده کنید باید یک تخته ورز دو خانه داشته باشید بطوریکه یک خانه آن برلی گل قرمز و خانه دیگر برای گل سفید یا زرد باشد.

لوحه گچی جعبه ورز را باید قبل از استفاده کامل خشک کرد که چند روز طول می کشد. وقتی خشک شد از خیس کردن آن اجتناب کنید و هر بار پس از استفاده آنرا با یک اسفنج مرطوب تمیز نمائید.

زمانی که از تخته ورز خود استفاده می کنید در سطح لوحه گچی حفره ایجاد شده و خراشیده میشود. هر گاه به وضع خیلی بدی افتاد، با بر قرار دادن لوحه ی گچی دیگری سطح آنرا تجدید نمائید. برای اینکه لوحه جدید بچسبد، در لوحه ی گچی قبلی چند حفره عمیق ایجاد کنید سپس آنرا با آب به طور کامل بچسبانید. اگر بخواهید لوحه جدید را بدون خیس کردن صفحه قبلی بچسبانید لوحه جدید نمی چسبد. پس از تجدید سطح، چند روزی طول می کشد تا لوحه شما خشک شود.

چرخ

با این که از چرخ کار برای تزئین بشقاب استفاده می شود. ولی برای مدل دادن شکلهای کوچک مناسب است. قسمت بالا آن به طور آزاده می چرخد و امکان آن را به شما می دهد تا کار خود را مدام بچرخانید. چرخشی که روی یک وسیله چوبی نصب شده باشد و بالا آوردن آن را تا ارتفاع مناسب ممکن سازد جانشین خوبی برای پایه های مدل سازی خواهد بود.

تکیه گاه دست

با چرخ می توان از یک تکیه گاه دست قابل تنظیم شبیه آن چه را که در شکل نشان داده شده است استفاده کرد. میله در سطوح مختلف بالا یا پایین می رود و دست راست روی آن قرار میگیرد در حالیکه دست چپ چرخ را می چرخاند. بنابراین می توان از حلقه یا صفات گلی شکلهای استوانه ای را ساخت.

تخته های مدل سازی

از تخته مدل ازی برای نگهداشتن گل مجسمه سازی در حالیکه به آن شکل می دهد استفاده میشود. تخته مدل سازی عبارتست از یک قطع چوب با دو طناب در زیر آن. طناب چوب را از پیچ خوردن بازداشته و به عنوان پایه نیز عمل می نمایند. تخته را کمی بالاتر از میز نگهدارید بطوریکه به سهولت بتوان آن را بر داشت. به این طریق می توانید هر تخته مدل سلزی را بر روی چرخ خود سوار کنید که عملاً چرخ خود را به یک پایه گردان تبدیل کرده اید.

جعبه مرطوب

در کارگاه احتیاج به یک جعبه مرطوب دارید تا کارهای ناتمام خود را در آن قرار داد از خشک شدن آنها جلوگیری نمائید. با استفاده از یک یخدان قدیمی جعبه مرطوب بسیار خوبی ساخته می شود یا می توانید از یک جعبه چوبی طبق شکل ۱۸ این جعبه مرطوب را بسازید. این جعبه با یک پارچه روغنی پوشانده میشود که حکم

در آن را نیز دارد. طبقه های متحرک نیز در ارتفاعات مختلف در داخل جعبه نصب شده است . در کف جعبه یک صفحه گچی به ضخامت دو اینچ قرار دهید . چنانچه این صفحه را مرطوب نگهدارید قطعات مجسمه که در این جعبه نگهداری می شوند ، خشک نخواهد شد.

پایه مدل سازی

اگر می خواهید از یک مدل مجسمه ای بزرگتری بسازید ، پایه مدل سازی ضروری است پایه باید محکم باشد و سر آن به آسانی بگردد و بتوان آنرا در ارتفاعات مختلف میزان نمود.

پیستوله ها

پیستوله وسیله ی خوبی برای مرطوب نگهداشتن کار در حین اجراست . اگر روی گلی برای مدتی طولانی کار می کنید گه گاهی به آن آب پاشید و یا اگر در طول شب کناری گذاشته شده ، قبل از شروع کار بر آن آب پاشید و چند دقیقه ای صبر کنید تا درخشندگی آب سطح آن را از بین ببرد. در غیر این صورت دستانتان گل لزجی را به خود می گیرد.

پرگارها

پرگارها برای اندازه گیری دو نقطه از روی سطح جایی که از خط نمیتوان استفاده کرد به کار می رود . پرگار برای اندازه گیری در کارهای پرتره سازی مخصوصا فواصل بین گوش تا نوک بینی ، از پشت سر تا چانه و غیره قابل استفاده می باشد .

پرگار تناسبی

هر گاه بخواهند طرح کوچکی را بزرگ کنند از یک پرگار تناسبی استفاده می نمایند . از آن جائیکه ساختن طرحی کوچک از گل قدمی موثر در ساختن هر کمپوزیسیون مجسمه ای می باشد، پرگار تناسبی وسیله با ارزشی است .

کمان برش (فراگ)

فراگ وسیله ای است دو شاخه که سیمی بین آنها کشیده شده است . از این وسیله برای بریدن گل، به همان روشی که با سیم های دسته چوبی نشان داده شده استفاده می شود . این وسیله توده بزرگ گل را نمی برد ولی برای تکه های کوچکتر مناسب بوده و این امتیاز را نیز دارد که برای بریدن گل احتیاجی به دو دست نمی باشد.

ابزار برای خالی کردن مجسمه

یک ابزار برش مخصوص را می توان با خم کردن تیغه ی یک اهر و حلقه نمودن و محکم بستن آن در انتهای چوبی بایک سیم نازک ساخت . این وسیله برای خالی کردن قطعات کوچک و یک نواخت ساختن ضخامت دیواره های آن به کار می رود . میتوان از لبه دنداندار تیغه برای برشهای اولیه و از قسمت پشت آن جهت صاف کردن سطح کار استفاده نمود.

وسایل آشپزخانه

تعدادی اشیاء موجود در کمد آشپزخانه برای کار با گل قابل استفاده می باشند . این اشیاء شامل کاسه، چاقو های پوست کنی، قاشق، آبکش و حتی کلوچه بری است . برای ساختن لوحه های گلی وردنه نیز لازم می شود

نور

کار کردن با نور مناسب برای یک هنرمند بسیار مهم است . کارگاه مطلوب دارای پنجره ی نورگیر است . نور افکن نه تنها برای عکاسی لازم بوده بلکه برای

مجسمه سازی نیز بسیار مناسب است. چنین نوری را می توان در ارتفاعات مختلف تنظیم نموده زوایای گوناگون کار را روشن و در حول آن گرداند، تا هر قسمت از بالا یا پائین روشن شود. این عمل نه تنها در مدل سازی کمک می کند بلکه هر گونه اشتباهی را که ممکن است در اثر یک جهت بودن نور به چشم نیاید ظاهر می سازد.

آئینه

به دیوار مجسمه سازی باید آئینه ای نصب شده باشد تا بتوان کار در حال پیشرفت را هر چند وقت یک بار در آن دید. شگفت انگیز است که یک نگاه به مجسمه ای که عکس آن در آئینه افتاده چه اندازه اشتباهات را صریحا آشکار می سازد. آئینه علاوه بر آنکه نواقص را به مجسمه ساز نشان میدهد، دید متفاوتی از ترکیب مجسمه به او داده و طرحش را تقویت مینماید.

نگهداری وسایل

از همان ابتدا مراقب ابزار کار خود باشید. جایی برای نگهداری آنها داشته و همیشه این ابزار را در آنجا بگذارید. هر بار پس از اتمام کار آنها را تمیز کنید. وسایل خود را در آب نخیسانید، بلکه با دقت آنها را پاک کنید و اگر دارای قسمتهای فلزی می باشند، برای جلوگیری از زنگ زدن، آنها را با پارچه ای که به روغن آغشته اید تمیز کنید.

گچ مجسمه سازی برای سفالگر کمک ارزشمندی است این ماده به او فرصت میدهد تا شکلهائی را که با گل رس ساخته است قالب زده و اثر خود را تکثیر نماید. از آنجا که مدلهای دوباره ساخته شده در قالب تو خالی هستند، گچ مجسمه سازی مسئله پختن قطعات را در کوره حل کرده که در غیر اینصورت برای قرار دادن در کوره، بسیار بزرگ و تو پر (سنگین) می باشند. گچ مجسمه سازی را می توان صاف تر از گل پرداخت کرد. بنابراین هر گاه به درجه خاصی از تکمیل سطح نیاز باشد، مجسمه ساز

برای مدل دادن بیشتر به مجسمه، از کار خود مدلی گچی می سازد. روش های دیگری وجود دارد که گچ مفید واقع میشود. آجر های گچی برای مدل دادن قطعات کوچک سیار مناسبند و هر زمان که می بایستی دوغاب گچ به خمیر تبدیل شود، استفاده از کاسه های خشک کن ضروری است .

گچ مجسمه سازی از سنگ گچ (gypsum rock) ساخته می شود. وقتی این ماده حرارت شود آبی که به صورت ترکیب شیمائی در سنگ وجود دارد خارج گردیده و در نتیجه ماده نرمی بدست می آید که به آسانی شکسته و به پودر سفیدی تبدیل می گردد. وقتی آب به نسبت صحیح باز می گردد، خوشبختانه این تبلور برای مجسمه ساز بفریت انجام نمی پذیرد. ترکیب گچ و آب در ابتدا بصورت مایع بوده و پس از چند دقیقه شروع به سفت شدن می کند، سپس به کرم غلیظی تبدیل گردیده که باز سخت تر شده تا وارد مرحله خمیری شود و زمانی که غلیظی مانند پنیر چربی نگرفته پیدا کرد سخت می شود . اگر گچی را که در حال سفت شدن است به داخل قالب بریزیم ، روی هر سطحی را بگیرد و هر منفذی را پر می کند و تمام جزئیات را می سازد بنابراین عملا می توان با استفاده از گچ قالب یا شکل منفی (نگاتیو) هر شیئی را ساخت و مجددا شکل اصلی را در گچ با گل رس قالب زد .

پس از این که گچ سفت و خشک شد، برای جذب آب قدرت عجیبی از خود نشان می دهد. در واقع تقریبا مانند کاغذ خشک کن عمل می کند. خمیر پلاستیکی که روی لوحه گچی قرار دارد در نقطه ای که تماس پیدا می کند فوری خشک و سخت تر می شود و قطره ای از دوغاب گل رس که بر روی گچ ریخته می شود ظرف مدت چند دقیقه به گل رس خمیده شده ای تبدیل می گردد. این خاصیت است که گچ مجسمه سازی چنین ماده ی عالی را برای قالبها میسازد

انواع قالبها

اکثر قالبهایی که بوسیله مجسمه سازان سفال مورد استفاده قرار می گیرد به دو گروه تقسیم میشوند: قالبهایی که در مصرف از خمیر گل رس بکار میروند و آنهاییکه در استفاده از دوغاب گل رس بکار گرفته میشوند. در گروه اول انواع و اقسام گوناگون قالبهای فشاری پرسی (منگنه ای) وجود دارد و در گروه دو قالب های زهی (drain) و قالب های توپر قرار دارند. اگر مجسمه ساز تولیدات انبوهی را در دست دارد می تواند از قالب های زهی بوده تا بتوان در هر مقطع مقادیر زیادی را تولید نمود. این روش بیش از کارگاه برای کارخانه مناسب است.

چه گچی باید خرید

تولید کنندگان گچ مجسمه سازی در سالهای اخیر اصلاحات عمده ای را در محصولات خود بعمل آورده اند و انواع گوناگون گچ را با خواصی مخصوص تولید نموده اند. هیدروکال و هیدرو استون گچهای قالبگیری هستند که فوق العاده سخت می شوند و برای ساختن پیکره های بزرگ و قالب های جعبه ای بسیار مناسب اند. ولی برای ساختن قالب های معمولی بخاطر اینکه بسیار سخت و متراکم می باشند، خوب نیستند. بهترین گچ مجسمه سازی برای مجسمه سازان سفال گچ کوزه گری است که میتوان آنرا از مغازه های سرامیک فروشی در کارتن های پنج پوندی یا کیسه های صد پوندی خریداری نمود. اگر در تهیه این گچ اشکالی وجود داشت، نوع ردتاپ یا سن فلاور آنرا از فروشندگان مصالح ساختمانی بخرید.

گچ دوامی نخواهد داشت مگر آنکه آنرا در ظرف در بسته ای که هوا نداشته باشد نگهداری کنید، بهتر است به اندازه کافی برای هر کار جداگانه خریداری نموده و همه آن را فوراً به مصرف برسانید.

قالب های فشاری

گل رس را می توان در داخل یک قالب گچی قرار داده، صبر کرد تا شروع به خشک شدن نماید. وقتی گل رس خشک می شود به اندازه کافی سخت شده و شکل خود را حفظ می کند که همزمان اندکی جمع می شود، بطوریکه میتوان به راحتی آن را از قالب خارج کرد، مشروط بر اینکه از زیر خراشی بر نداشته باشد.

از میان تمام قالب هائی که مجسمه سازان سفال استفاده می نمایند، ساده ترین آنها برای ساخت، قالب فشاری یک پارچه جهت یک خشت مربع کم برجسته است. برای کسب تجربه در کار کردن با گچ، قالبی برای یک کاشی می سازیم.

قالب فشاری یکپارچه روش قالب سازی

طرح یک کاشی را به اندازه کامل روی کاغذ نازکی رسم کنید. محلی هم برای انقباض آن بگذارید. اگر بخواهید کاشی شما 6×6 اینچ باشد، ابعاد آنرا $6\frac{1}{3}$ در $6\frac{1}{3}$ اینچ بگیرید ممکن است بهترین نتیجه را با تمرین یک سری رسم های تقریبی و تغییر آنها تا طرح دلخواه، بدست آورید، سپس طرح را ترسیم کنید. بسیاری از طراحان حرفه ای به این طریق عمل می کنند.

سعی کنید زمینه را با عمق یکنواخت خالی کرده و از دادن خراش اجتناب نمائید. قسمت هایی از طرح که بصورت گرد بریده نمیشوند را با کمی گشادتر کرد تا با فشار براحتی از قالب خارج شود. احتیاجی نیست تا اطراف کاشی را به تدریج باریک کنید، زیرا انقباض گل باعث میشود که حتی اگر کناره های آن کاملاً عمودی باشند، از قالب خارج گردند. وقتی کنده کاری زمینه تمام شد، روی طرح خود کمی بیشتر کار کنید، طرز عمل ماهرانه روی کناره های یک کار برجسته می تواند به طرح، ظاهری ژرف و گیرا که در حقیقت همه در یک سطح است ببخشد ولی طرح را زیاد در هم و پیچیده نسازید. فقط در حد کافی به آن مدل داده تا کیفیت سه بعدی پیدا کند و نمود بریدگی را از بین ببرد. چون با گل رس کار می کنید از ایجاد گوشه های تیز بپرهیزید. وقتی

مدل دادن کاشی خاتمه یافت، یک تخته مسطح را به آرامی روی آن قرار دهید تا مطمئن شوید که اجزای مختلف بالای طرح همگی در یک سطح قرار گرفته اند.

کاشی گلی را روی یک صفحه شیشه یا سطحی صاف قرار داده و برای گچ، در اطراف آن دیواره ای حایل به فاصله $1/5$ اینچ بسازید. این دیواره را می توان از گل رس ساخت. لوله خمیری کلفتی به قطر ۲ اینچ را وردنه نموده و به نواری به عرض ۳ اینچ تبدیل کنید. دیواره حایل باید کاملاً روی شیشه چسبیده بر جای خود باقی بماند تا اینکه موقع ریختن گچ خطر بلند شدن آن نباشد. حتی الامکان روی یک صفحه ی شیشه ای کار کنید. زیرا به این طریق سطح زیبائی روی قالب ایجاد شده و احتیاجی نیست تا نگران آهار زدن باشید. اگر روی یک سطح چوبی کار می کنید، قبل از ریختن گچ، چوب را به روغن آغشته کرده یا آهار بزنید (به صفحه ۹۴ مراجعه شود)

مخلوط کردن گچ

در مخلوط کردن گچ مجسمه سازی همواره باید گچ را به آب اضافه نمود. هرگز آب را به گچ اضافه نکنید برای ساختن قالبی به نسبت $2\frac{3}{4}$ پوند گچ، برای هر $\frac{1}{4}$ آب عمل نمائید. مقدار کمتر گچ باعث شل شدن خمیر شده و برای یک قالب مطلوب فوق العاده ضعیف می باشد، در حالیکه گچ اضافی، مخلوط سنگینی را ساخته که توده ای سخت و متراکم می شود و برای قالب سازی از قدرت جذب کننده رطوبت کافی برخوردار نیست بنابراین توصیه می شود هر بار مخلوط گچ و آب را می سازید، آن را به اندازه گرفته و گچ را نیز وزن کنید.

-دستگاههای فرم دهی

تمام ظروف اولیه بوسیله ی دست شکل می گرفتند که در این روشها عمدتاً از رشته و یا لوله کردن گل و چسباندن آنها بیکدیگر و نیز ورقه کردن گل و فشار آن در

قالب های سفالین استفاده می شده است. اینگونه روشها در زمانهای قدیم بسیار رایج و هنوز هم بوسیله تعدادی از هنرمندان و صنعتگران دنبال میشود .

چرخ ظروفسازی ویا کوزه گری در حدود ۳۵۰۰ قبل از میلاد مسیح در مصر و در خاورمیانه و در ۱۶۰۰ ق.م در کرت و در یونان مورد استفاده قرار گرفت .(تصویر ۴). اینگونه چرخها اوایل طرحی بسیار ابتدایی داشته ولی بعدا کاملتر گردید و بعنوان اولین ماشین که بوسیله ی بشر تدبیر شده مورد بهره برداری قرار گرفت.

تصویر ۴- چرخهای اولیه تصاویر دیواری مصر باستان

در سال ۱۸۲۰ چرخهایی که بوسیله ی نیروی بخار به حرکت در می آمدند باعث تولیدات بیشتری شدند ولی بهره گیری از آنها در تولید کم و نامقدور و غیر ممکن می بود.

امروزه چرخهای برقی که محرک کوچکی بحرکت در می آیند بتدریج متداول شده و جانشین چرخهای پائی می گردد.

از آنجا که تهیه و ساخت ظروف چینی (به علت آنکه گل آن چسب ندارد) به طریق چرخهای معمولی مشکل است دستگاه (جی گر) در سال ۱۸۲۵ با استفاده از قالب های گچی بوجود آمد.

با استفاده از این دستگاه دیگر بشر می توانست قطعات متعدد و مشابه را یکی بعد از دیگری تولید نماید . تقریبا صد سال بطول انجامید که این دستگاه به صورتی خود کار در آید . امروزه نیز بخش های صنعتی اکثرا ماشین (رولر) و نیز دستگاههای پودر پرس را جانشین آن کرده اند .

تراش بر روی بدنه سرامیکهای نیمه خشک که اصطلاحا حالت چرم سخت نیز به آنها اطلاق می گردد ابتدا بوسیله چینی ها ، یونانیها و نیز در دوران مسیحیت مورد

استفاده قرار گرفت. فرمهای بسیار نازک و دقیق اکثرا از این طریق ساخته می شدند .
شمع های ماشین ونیز برخی از گلدانهای سرامیکی نیز بدین ترتیب تولید می شوند.

قالبهایی که از گل حرارت دیده ساخته شده در زمانهای قدیم مورد استفاده بسیار واقع می شد و مجسمه های کوچکی که از مصر، یونان و بین النهرین بدست آمده از طریق فشار دادن تکه های گل در آنها شکل گرفته و بدین ترتیب به تعداد فراوان تولید می گردیدند . مدتی بسیار به طول انجامید تا اینکه صنعتگران با خواص قالب های گچی آشنائی پیدا کردند.

در اینجا لازم به تذکر است که طریقه ی استفاده از قالب اتم از سفالین ویا گچی در ابتدا فقط بصورت فشار دادن تکه ویا ورقه های گل بدرون آن صورت می گرفت .

به روایتی در سال ۱۵۰۰میلادی در ایتالیا ولی مطمئنا در ۱۷۴۳ صنعتگران انگلیسی شروع به تهیه دو غاب ی مخصوص (اسلیپ) نمودند که با ریختن آنها درون قالب بر اثر جذب آب ، ماده مزبور به تمام سطح داخلی قالبجذب و سپس سخت گردیده و فرم مورد نظر حاصل می گشت .

از این روش به صورت ابتدائی مدتها مورد مصرف قرار گرفت تا اینکه گوتس در سال ۱۹۸۱ میلادی فرمول دقیق آنها و طریقه تعلیق مواد جامد در مایعات را تشریح کرده و به ثبت رسانید.

انواع کوره های سفالیزی

بر پا نمودن آتش در جهت پخت سفال هنری بوده که در ابتدا بصورت تجربی و بدون استفاده از اصول صحیح انجام می شد . سفالگری فنی است که مستقیما با چهار

عنصر تشکیل دهنده هستی (آب، باد، خاک، آتش) در ارتباط است در میان این عناصر آتش نقش مهمتری را ایفا می نماید. آتش خاک رس را تبدیل به ماده ای جدید می نماید که بدنه های تشکیل شده از این ماده دارای مقاومت و شکلی ثابت می باشد.

اولین کوره های پخت سفال به ۸۰۰۰ سال پیش از میلاد بر می گردد و احتمالاً پیش از این زمان نیز کوره پخت سفال وجود داشته است. تعیین شکل و ساختار کوره های پیش از تاریخ بر پایه حدس و گمان استوار است. اما به جرأت می توان گفت کوره های امروزی شکل تکامل یافته کوره های باستانی می باشند.

بی تردید می توان کشف سفال را امری تصادفی دانست. احتمالاً انسانهای اولیه با دیدن خاک رس سخت و تغییر حالت داده در اطراف و زیر آتش، به این مسأله آگاهی یافته اند. روش ساخت سفالینه ها و پخت آنها در بین انسانهای اولیه گسترش یافت و در نواحی مختلف رایج شد. سفالگران اولیه با توجه به منطقه زیست خود از روشهای مختلف در گودالهای باز استفاده می نموده اند. این شیوه هنوز در مناطق مختلفی از جهان یافت می شود. در دوران باستانی کوره سفالگری را در نزدیک معادن رسی و رودخانه ها احداث می کردند و در دسترس بودن سوخت نیز دارای اهمیت بود. برای بررسی ویژگیهای هر کوره ابتدا باید عواملی که در کیفیت و کارایی کوره مؤثرند را برشمرد.

- ویژگیهای مورد توجه

ایجاد حرارت در کوره با استفاده از سوخت صورت می گیرد. در هر کوره با ویژگیهای خاص خود، ممکن است مقداری از حرارت ایجاد شده از بین برود. برای بررسی این موضوع ابتدا باید دانست که حرارت چگونه انتقال می یابد و به چه میزان بر کیفیت و بالا بردن کارایی کوره مؤثر است.

1- Conduction (هدایت)

این روش انتقال حرارت از مولکولی به مولکولی دیگر می باشد که میزان انتقال با واحد «btu در ساعت» نشان داده می شود. هر چه میزان «btu» بیشتر باشد، میزان انتقال حرارت جسم بیشتر و هر چه میزان آن کمتر باشد میزان انتقال حرارت جسم کمتر و یا در اصطلاح عایق است.

مقدار گرمایی که از طریق هدایت از اجسام عبور می کند به عوامل زیر بستگی دارد:

الف- سطح مقطع انتقال دهنده.

ب- ضخامت ماده انتقال دهنده.

ج- اختلاف دمای دو طرف ماده انتقال دهنده.

د- جنس ماده انتقال دهنده.

در ساخت دیواره کوره سه عامل مهم و تأثیر گذار دخیل می باشد:

الف- استقامت دیواره.

ب- عایق بودن.

ج- ضخامت دیواره.

در هر کوره پخت سفال استقامت دیواره دارای اهمیت می باشد چرا که دیواره کوره باید درجه حرارت بالایی را تحمل نماید و در هر بار پخت برای سازنده سفال مشکل مرمت و باز سازی کوره را ایجاد ننماید.

حفظ حرارت در کوره برای پخت سفالینه ها حیاتی است. این امر با داشتن دیواره عایق و با ضریب هدایت پایین امکان پذیر خواهد بود. ممکن است این تصور

به وجود آید که کوره های با دیواره ضخیمتر ، کارایی بهتری داشته باشند اما این تصور در همه موارد صدق نمی نماید . دیواره ها حرارت زیادی را به خود جذب می نمایند اما کارایی آنها در عدم انتقال حرارت است و اگر زمان پخت کوتاه باشد ، پیش از اینکه دیواره کوره به حد کافی گرم شود فرایند پخت به اتمام می رسد. در چنین حالتی چند فاکتور منفی ایجاد می گردد :

الف - حرارت بیشتری صرف گرم شدن دیواره کوره شده و مصرف سوخت و هزینه افزایش می یابد .

ب - نه تنها کاری انجام نشده بلکه عمل خنک شدن بدنه ها طولانی تر می شود .

در فرایند پخت طولانی ، دیواره با ضخامت زیاد کارایی بیشتری داشته زیرا پرت حرارتی کمتری نسبت به دیواره نازک دارد .

۲- Convection (جابجایی)

این روش در سیالات صدق می نماید بدین صورت که حرارت ، سیال را به حرکت درآورده و در این حرکت سیال ، حرارت از نقطه ای به نقطه دیگر انتقال می یابد . گازهای گرم حاصله از سوخت $CO_2-CO-N-H_2O$ و . . حرکت بوجود می آید و از جای گرم کوره به نقاط سردتر رفته و در نهایت از کوره خارج می شوند . هر چه جریان بوجود آمده دارای گردش بهتر با سرعت گرمای بیشتر باشد جابجایی بهتر انجام می شود .

طراحی کوره در بالا بردن Convection کوره مؤثر خواهد بود زیرا گردش و سرعت گرمای موجود در کوره به طراحی کوره بستگی دارد. این روش مهمترین طریقه انتقال حرارت در کوره می باشد و توجه به آن از اهمیت بالایی برخوردار است

۳- Radiation (تشعشع)

حرارت تولید امواج الکترو مغناطیسی می نماید و این امواج در فضا حرکت می کنند و در برخورد با جسم دیگر باعث انتقال حرارت می گردند. زمانی که قسمتهای نزدیک منبع حرارت به دمای بسیار بالایی می رسند، هر نقطه با تشعشع حرارت را انتقال می دهد.

انتقال به روش تشعشع در کوره هایی که پر از بدنه باشند، بهتر صورت می گیرد زیرا هر بدنه با جذب حرارت، خود به منبع تشعشع تبدیل شده و بدنه دیگری را مورد تابش قرار می دهد و در نتیجه بازده کوره بالاتر می رود. به همین دلیل در کوره هایی با فضای خالی روش Radiation نقش کمتری ایفا می نماید.

در ارزش گذاری کیفیت کوره ها باید موارد زیر را در نظر گرفت:

الف - شکل هندسی داخل کوره.

ب - آتشدان با ظرفیت حرارت بالا.

ج - Circulation مطلوب.

د - دود کش قطور و بلند در حد نیاز.

به طور کلی کوره های سفالپزی را می توان به دو گروه تقسیم کرد:

۱- کوره های با جریان هوا به بالا که در آن آتش در جای مخصوص خود به نام آتشدان قرار می گیرد و حرارت و دود و گاز حاصله در زیر سفال جریان پیدا

کرده، به سمت بالا می رود و از یک یا چند هواکش که در سقف آن تعبیه شده است خارج می شود. این کوره ها عموماً مدور یا بیضی شکل هستند و حداقل یک و گاه چند آتشخوار دارند (شکل ۴-۳). محل چیدن سفال در این کوره ها طاقچه ها یا رفهای ایجاد شده در داخل گرمخانه است.

۲- کوره های با جریان هوا به پایین که بر خلاف کوره های نوع اول، در آنها حرارت از بالای کوره به سمت پایین هدایت می شود و با ایجاد شبکه ها و سوراخهایی دود و گازهای حاصل از احتراق مواد سوختنی به داخل دودکش منتهی و به بیرون هدایت می شود (شکل ۵-۳). در این کوره ها معمولاً دهانه آتشخوار باید اندکی پایین تر از سوراخی باشد که از آن دود و گاز به داخل دودکش می رود. شعله های آتش پیش از هدایت از زیر سقف کوره به پایین، با دیواری که به آن دیوار مانع می گویند، تماسی ندارد. در کوره های جریان هوا به پایین، سوخت چوب حرارت بیشتری تولید می کند و صاحب نظران معتقدند که در این کوره ها آسانتر می توان به درجات بیش از ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد دست یافت.

کوره های سفالپزی را از نظر ساختمان به چهار گروه می توان تقسیم کرد:

۱) چاله کوره ها؛ ۲) کوره های مخروطی؛ ۳) کوره های دو یا سه طبقه دائمی و ۴) کوره های تو در تو.

۱. چاله کوره ها: همانطور که از اسم آن پیداست، آتش در چاله ای مشتعل می گردد که اغلب در بالای آن میله های سفالی چیده شده یا اینکه در وسط چاله ستونی ساخته شده است که میله ها یک سرشان روی دیواره چاله و سر دیگرشان روی ستون قرار دارد و ظروف مورد نظر برای پخت، روی این میله ها قرار می گیرد.

در چاله کوره ها، آتشخوار به صورت شیب دار، کنده می شود و سوخت را از این آتشخوار وارد آتشخانه می نمایند. در انتخاب جهت آتشخوارها تجربیات سفالپزان

در مورد جریان هوا و بادهای موسمی و ... اهمیت بسیار دارد. پوشش گنبدی در این نوع کوره موقتی است و برای هر بار استفاده، مجدداً احداث می گردد. مگر اینکه کوره بسیار بزرگ باشد که در این صورت فقط بخشی از پوشش گنبدی را خراب می کنند (شکل)

۲. کوره های مخروطی : این نوع کوره ها که کوره های بلند نیز بدانها می گویند، اغلب به شکل استوانه یا مخروطی بوده و از کوره های چاله ای یا کوره های با جریان هوا به پایین پیشرفته ترند.

سابقه استفاده از این کوره ها را می توان در نقاشی مصریان قدیم مربوط به ۲۰۰۰ ق.م بررسی نمود.

متأسفانه در کاوشهای باستانشناسی ایران گزارشی از کشف این گونه کوره ها به چشم نمی خورد. در متون اسلامی متعلق به قرن هفتم، توصیفی از گنبدی بلند شرح داده شده ممکن است وصف کوره های بلند باشد. در این کوره ها چنانچه از شکل پیداست، آتشخوار همسطح زمین تعبیه شده و برداشتن سفال پیس از پخت از طریق سقف بوده است.

۳. کوره های دو یا سه طبقه دائمی: نوعی کوره بلند و استوانه ای است که دسترسی به داخل کوره از طریق دریچه ای در گرمخانه است. این نوع کوره ها بیشتر گنبدی است و فضای داخل گرمخانه به دو یا سه طبقه تقسیم می شود. کوره های بلند تقریباً پیشرفته ترین نوع کوره هاست؛ زیرا به سفالگر امکان می دهد بر حسب ظرافت تولیدات خود و دور و نزدیکی به کانون حرارت، در این فضاها تقسیم شده سفالهای خود را بچیند، بدون اینکه بیم جوش خوردن، عدم دریافت حرارت یا زیادی آن را داشته باشد (شکل ۶-۳).

۴. کوره های تو در تو: این کوره ها که به آنها کوره بسته نیز گویند، ویژه پخت ظروف چینی و سرامیک بوده و ساختمان آن به گونه ای است که مانع تماس شعله آتش با سفال است. در واقع این نوع کوره با ساختن یک دیواره داخلی در کف، اطراف و بالا شبیه گنبدی دو پوش است که درون آن سفال چیده (شکل ۷-۳ و ۸-۳). بیشترین مورد استفاده این کوره پس از چینی پزی برای ظروف لعابدار است، زیرا تماس غیر مستقیم آتش با سطح ظاهری و رویه خارجی لعاب و بدنه ظروف به آنها صدمه ای نمی زند.

کوره فضایی است قابل مسدود شدن، برای پختن ساخته های گلی یا چینی آلات و کاشی که از گذشته های دور ساخت آن معمول بوده است. گاه کوره را پس از هر بار پختن فرو می ریختند و برای استفاده مجدد بازسازی می کردند؛ ولی امروزه کوره ها دائمی است و از هر کوره صدها بار استفاده می شود. شکل کوره ها معمولاً مستطیل و متناسب با نوع تولیدات است. کوچکترین این کوره ها لاق در هر بار پخت گنجایش بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ کاسه یا گلدان با قطر ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر به همین ارتفاع را دارد. ورودی کوره نزدیک به یک متر، و ارتفاع آن حدود ۴ متر است.

هنگام پختن سفال، شبه استوانه هایی را به اندازه تقریبی یک استکان از نوع گل استفاده شده برای ظروف، در داخل کوره نزدیک روزنه های قابل دید قرار می دهند که سفالگران به آن مقره می گویند و از روی همین مقره ها از پخته شدن سفال آگاه می شوند.

در سقف یا طاق کوره چند روزنه به منظور هوا کش تعبیه می شود. این روزنه ها به قطر ده تا پانزده سانتیمتر است که در واقع لزوم با توپهای سفالی مسدود می شود. مدت پخت در این گونه کوره ها حدود ۲۴ ساعت است و یک تا دو روز نیز برای سرد شدن کوره لازم است. به قسمت بالای کوره، گرمخانه گفته می شود که روی آن را طاق دیگری به ارتفاع ۱/۵ متر می زنند و این امر به دو دلیل است: ۱) جلوگیری

از برخورد هوای سرد با اطاق کوره ای که در آن ظروف لعابدار پخته می شود و (۲) جلوگیری نسبی از اتلاف انرژی و خشک کردن ظروف خام. ورودی کوره را سفالپزان معمولاً در جهت وزش باد انتخاب می کنند (شکل ۱۰-۳ و تصویر ۱-۳، ۲-۳ و ۳-۳)

۲- کوره متناوب

۲-۱- کوره با مکش به سمت بالا

از این نوع ساده با مکش به سمت بالا به صورتی گسترده و عمدتاً در کشورهای غربی استفاده شده است. مزیت اصلی این کوره کم بودن هزینه ساخت و تعمیر و نگهداری است. شعله ای که در این نوع کوره در محفظه احتراق تولید می شود از پیرامون قطعات به سمت بالا می رود و از طریق دودکش خارج می شود. عیب این کوره دشواری یکنواخت کردن دما و محیط کوره (از لحاظ اکسایش و احیا) از بالا تا پایین محفظه احتراق است. به دلیل بیش از حد گرم شدن قطعات پایینی امکان واژگون شدن بدنه های روی هم چیده شده نیز وجود دارد.

رسیدن به دمای 1150°C در این کوره به آسانی ممکن است، اما برای رعایت ایمنی پخت را در دمای کمتری انجام می دهند. لذا این کوره برای پخت چینی که به دمای 1300°C نیاز دارد مناسب نیست.

۲-۲- کوره با مکش افقی

در این نوع کوره شعله ایجاد شده در محفظه احتراق به صورت افقی در اطراف قطعات جریان پیدا می کند و از دودکش خارج می شود. اختلاف دما در این کوره تقریباً زیاد است: نزدیک محفظه احتراق دما بالاتر و نزدیک دودکش پایینتر است. در

میان کوره های افقی می توان از کوره چینگ ته چین (کیتوکوچین) در چین و نیوکاسل انگلستان نام برد. در ژاپن این نوع کوره ها تقریباً متروک شده اند.

۲-۳- کوره با مکش به سمت پایین

شعله از میان شکاف بین دیواره کوره و دیواره سد کننده به سمت سقف هدایت می شود و سپس از میان قطعات عبور کرده، به سمت مجرای خروج واقع در کف کوره کشیده شده، از دودکش خارج می شود. از این نوع کوره به دلیل مصرف سوخت کم و یکنواختی دما و محیط آن به صورت گسترده ای استفاده می شود.

۲-۳-۱- کوره مستطیلی با مکش به سمت پایین

در هر دو طرف کوره سوراخ مشعل (A) تعبیه شده است، دیوار سد کننده (B) ادر جلوی سوراخهای قرار دارد تا شعله را کنترل و از گرمایش موضعی قطعات جلوگیری کند. این دیوار فضای لازم برای مخلوط شدن هوای سرد و سوخت را ایجاد می کند و معمولاً به ضخامت ۲۳-۱۱/۵ cm از آجر دیرگداز ساخته می شود و فاصله بین هر آجر طوری در نظر گرفته شده که بتوان دمای یکنواختی را به دست آورد. شکل سقف کوره معمولاً طاقی نیم دایره است، اما از طاق به شکل منحنی زنجیر نیز استفاده می شود. سوراخهای (F) در سقف برای خنک کردن به وجود آمده اند، مجراهای مکش (D) در کف کوره قرار دارند و از طریق دودکشهای فرعی (G) به دودکش اصلی (E) اوصل می شوند. اندازه مجراهای مکش متفاوت است: هنگام ساختن کوره مجراها بزرگتر در نظر گرفته می شوند و بعداً در هنگام کار از طریق آزمون و خطا اندازه دقیق آنها به دست می آید. مجرای خروجی نزدیک در بزرگتر از مجرای مرکزی است و مجرای مرکزی نیز به نوبه خود از مجرای نزدیک محفظه احتراق بزرگتر است.

۲-۳-۲- کوره گرد با مکش به سمت پایین

دو یا سه نوع کوره گرد با مکش به سمت پایین وجود دارد: یک طبقه، دو طبقه و گاهی سه طبقه. از کوره های گرد یک طبقه اساساً در مواردی که به پخت بدنه نیاز نیست یعنی پخت چینی عایق (چینی الکتریکی)، سفال، بدل چینی، دیرگدازها و غیره استفاده می شود. ساختار این نوع کوره در شکل ۱۸ نشان داده شده است.

در کوره گرد دو طبقه، از قسمت بالایی برای پخت بدنه استفاده می شود. بعضی از کوره ها در طبقه بالایی طاق دارند که در یکنواختی دما مؤثر است. گاز احتراق که در طبقه پایین برای پخت لعاب مورد استفاده قرار گرفته از طریق دودکشی که در دیوار جانبی کوره تعبیه شده است به سمت بالا می رود. پس از آنکه در طبقه بالا از این گاز برای پخت بدنه استفاده شد، گاز از دودکش تعبیه شده در بالای کوره خارج می شود.

در نوع سه طبقه که بندرت ساخته می شود، از طبقه همکف برای پخت لعاب مورد استفاده قرار گرفته از طریق دودکشی که در دیوار جانبی کوره تعبیه شده است به سمت بالا می رود. پس از آنکه در طبقه بالا از این گاز برای پخت بدنه استفاده شد، گاز از دودکش تعبیه شده در بالای کوره خارج عمی شود.

در نوع سه طبقه که بندرت ساخته می شود، از طبقه همکف برای پخت لعاب، از طبقه میانی برای پخت ساگار و از طبقه سوم برای پخت بدنه استفاده می شود.

۳- کوره نیمه مداوم

۳-۱- کوره ازدهایی

هنگامی که چند سده پیش در چین کوره ازدهایی اختراع شد، می بایست به مثابه تحولی در بازده گرمایی کوره ها تلقی شده باشد. در کوره های متناوب بخش عمده گاز خروجی تلف می شود. گرمای انباشته شده در ساگارها و قطعات پخته شده نیز پس از باز شدن در به هدر می رود. برای جلوگیری از این افتهای گرمایی تونل

طویلی در امتداد شیب یک تپه ساخته شد که آن را کوره اژدهایی نامیدند. چندان طول نکشید که کوره اژدهایی دستخوش تغییر شد و آن را به چندین محفظه تقسیم کردند، کوره جدید کوره بالا رو نامیده شد. این کوره در حدود ۵۰۰ سال پیش به سرعت از چین به ژاپن وارد شد و تا هنگام جنگ جهانی دوم به صورت گسترده ای مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین، نخستین نمونه کوره بالا رو که همان کوره اژدهایی بود در ژاپن استفاده نشد، اما نوع دیگری از آن یعنی کوره آرام سوز در دسترس بود.

طول کوره از ۲۰m (لیلوان، سبو) تا ۵۰m (ویگان، ایلوکوز سور) متغیر است، قطر داخلی کوره در حدود ۱/۸m و ارتفاع آن در کوتاهترین قسمت مدخل ۱/۲m و در بلندترین قسمت (خروجی) ۱/۵m است، چوب که سوخت کوره محسوب می شود از سوراخهای تعبیه شده در سقف کوره به درون آن بارگیری می شود. براساس فرایند پخت، بارگیری از پایینترین قسمت تا بالاترین قسمت انجام می شود. برای کوره دودکش ساخته نشده است، مکش توسط شیب کوره (۲/۱۰ تا ۳/۱۰) ایجاد می شود. هر جا و هرگاه که بتوان از چوب به عنوان سوخت استفاده کرد، کوره اژدهایی را نیز باید بررسی کرد.

۳-۲-۲- ساختار و کار کوره بالا رو

توضیحاتی که در اینجا داده می شود به شکلهایی که پیش از این نشان داده شده اند مربوط است. محفظه پیشگرم کن (P) در پایینترین قسمت کوره قرار دارد که در مقایسه با سایر محفظه ها کاملاً کوچکتر است. گاهی اوقات محفظه یدکی دیگری نیز در کنار آن وجود دارد تا به افزایش تدریجی دما در محفظه نخست کمک کند. شعله ایجاد شده در محفظه پیش گرم کن از طریق مجرای مکش (D) وارد محفظه نخست می شود. پخت با تغذیه چوب به محفظه های احتراق (F)، که در هر دو طرف کوره وجود دارند، آغاز می شود، چوب از میان سوراخ کوچکی (W) به داخل ریخته می شود. در این زمان محفظه دوم پیشگرم می شود. هنگامی که پخت در محفظه نخست

پایان یافت، پخت در محفظه دوم انجام می شود. بدین ترتیب فرایند در محفظه های بعدی تکرار می شود. تا به آخرین محفظه برسد.

هر محفظه دارای مجرای ورودی، محفظه های احتراق، مجرای مکش و دریچه، بازدید (H) است. مجراهای مکش و تکیه گاههای موقتی در پایینترین قسمت بین هر محفظه تعبیه شده اند. ضرورت وجود دودکش را نیروی مکشی، که به وسیله شیب کوره بالا رو به وجود می آید، تعیین می کند. بعضی از انواع این کوره که دودکش ندارند به یک محفظه کوچک (K) مجهزند که برای پخت بدنه از آن استفاده می شود و کار دودکش را نیز انجام می دهد.

کوره بالا رو معمولاً از خاک بسیار دیرگداز ساخته می شود. هرگاه خاک دیرگداز مناسبی در دسترس نباشد می توان از آجرهای دیرگداز با کیفیت پایین و آجر قرمز استفاده کرد. ضخامت دیواره های کوره در حدود ۴۰cm و ضخامت سقف آن ۲۶cm است.

در واقع هنگامی که فن پخت در مرحله ابتدایی بود برای بالا بردن مکش واداشته و در نتیجه دستیابی به دمای زیاد تمایل به افزایش میزان شیب وجود داشت. بعد از اینکه متوجه دشواری یکنواخت نگه داشته دما شدند، میزان شیب را کاهش دادند. گزارشهای موجود حاکی از آن است که در کوره بالا رو اختلاف دما تقریباً زیاد است: SK-۳ یا در این حدود (SK علامت زگرگن (مخروط زگر) و ۳ شماره آن است. در فصل ۶، جدول ۱۰، اطلاعات کاملی در این باره ارائه می شود) استفاده از این کوره برای پخت چینی و بدل چینی تا سالهای اخیر به صورت گسترده ای در مشرق زمین ادامه داشت.

۳-۳- کوره آرام سوز

کوره آرام سوز یکی از گونه های کوره ازدهایی است. این کوره بر روی محلی مسطح ساخته می شود و عمدتاً برای پخت آجر قرمز یا مواد دیرگداز جهت دماهای پایین مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین نقل شده که در شهر توکونامه در مرکز ژاپن که ظروف بزرگ یا لوله های سرامیکی تولید می کردند نوعی کوره غاری مخصوص وجود داشت که تیپوگاما (کوره توپی) نامیده می شد. نام این کوره باید با توجه به شکل آن که شبیه نوعی توپ قدیمی است انتخاب شده باشد.

نام تیپوگاما باقی ماند و در مورد کوره آرام سوز به کار برده شد. کوره آرام سوز که در سطحی صاف ساخته می شود دارای یک محفظه بلند است. چندین تغذیه کننده زغال سنگ در دو طرف کوره تعبیه شده اند. درون کوره دیوار جدا کننده ای وجود ندارد ولی مجراهایی که برای تغذیه زغال سنگ پیش بینی شده اند کوره را به چندین محفظه جداگانه تقسیم می کنند.

نخست زغال سنگ را یک سر کوره که در سمت مقابل دودکش قرار دارد، بارگیری و پخت آغاز می شود. هنگامی که پخت پایان یافت، زغال سنگ به قسمت دوم تغذیه می شود. و فرایند ادامه پیدا می کند. به دلیل استفاده از هوای پیشگرم شده بازده گرمایی این نوع کوره از کوره غیر مداوم بیشتر است. اما ناگزیر بعضی از آجرها با زغال سنگ افروخته تماس پیدا می کنند و بر اثر گرم شدن بیش از حد و تماس با خاکستر زغال سنگ خراب می شوند.

۴- کوره مداوم

کوره مداوم به دلیل بازده گرمایی زیاد، تولید انبوه، و صرفه جویی در نیروی انسانی اختراع شد. اساس کار کوره مداوم به استفاده مؤثر از گرمای تلف شده در گاز خروجی و گرمای انباشته در قطعات پخته شده استوار است. در حقیقت، کوره مداوم پیشرفته ترین کوره مورد استفاده در صنعت سرامیک سازی است، زیرا در این کوره

عملیات بارگیری، پیشگرمایش، پخت، سرد کردن و تخلیه را می توان به طور همزمان انجام داد.

کوره الکتریکی

مشخصه های کوره الکتریکی

کوره الکتریکی ماهیتاً، با کوره هایی که شرح داده شدند و از گرمای حاصل از احتراق استفاده می کنند تفاوت دارد، این کوره امتیازهای بسیار دارد:

۱) به محفظه احتراق و دودکش نیاز ندارد و در نتیجه ساختمان کوره بسیار ساده، و هوای داخل آن تمیز است؛

۲) بهره برداری از کوره بسیار آسان و دمای آن یکنواخت است؛

۳) بازده گرمایی آن بالاست زیرا گرما، از طریق خروج محصولات احتراق تلف نمی شود؛

۴) نیازی به ذخیره کردن سوخت ندارد؛

۵) چون خوردگی ناشی از وجود خاکستر رخ نمی دهد، عمر کوره طولانی است؛

۶) کنترل خودکار آن ساده است.

این کوره ها به دو روش گرم می شوند، روش نخست از طریق مقاومت جسم جامد یا مایع، و روش دوم از طریق قوس الکتریکی است. کوره اول را کوره مقاومتی و کوره دوم را کوره قوسی می نامند.

کوره مقاومتی نیز به دو نوع تقسیم می شود: یکی کوره مقاومتی با گرمایش مستقیم و دیگری کوره مقاومتی با گرمایش غیر مستقیم. هنگامی که جنس رسانای الکتریکی باشد، می توان از خود آن به عنوان مقاومت گرمایی استفاده کرد. و مواد دیرگداز الکتروکست (برق-ریخت) به این روش تولید می شوند، از طرف دیگر هنگامی که جنس رسانا نباشد، گرما به وسیله مقاومتهای گرمایی به آن داده می شود. در صنعت سرامیک معمولاً از کوره مقاومتی غیر مستقیم استفاده می شود.

کوره های حرارتی

سیر تحولی کوره ها جهت حرارت دادن اشیای سرامیکی به حق یکی از مراحل اساسی و پایه های پیشرفت و توسعه در صنعت ساخت این اجسام می باشد.

در سال ۸۰۰۰ سال قبل از میلاد بشر اولیه کشف کرد که اشیای گلی می توانند در مجاورت آتش پخته و سخت گردند. در طی هزاران سال این افراد با گود نمودن زمین و انباشتن قطعات سفال بر روی بستری از چوب های خشک کوچک اشیای ساخته شده را حرارت می دادند.

معمولاً در هر بار آتش افروختن روی اجسام را با تکه های شکسته سفال پوشانده تا حرارت به تدریج به ظروف منعکس و در آخر نیز با پوشاندن آنها در خاکستر چوب متدرجاً آنها را سرد می کردند. بدنه اشیای که از خاک های قرمز رنگ ساخته شده بودند معمولاً بر اثر کربن فراوان به رنگ سیاه تبدیل شده و تنها طریق تزئین نیز کندن و یا صیقل نمودن آنها بود. توسعه بهدی در این خصوص ایجاد کوره هایی با دیواره های کوتاه است. که تا حدودی حرارت را در خود محفوظ نگه می داشتند. در آن زمان کوزه گران و سایرین بتدریج آموختند که با کندن قسمتی از تپه ها و ایجاد دیوارهایی می توانند حرارت بیشتری تولید کنند و به تدریج محلی جهت افروختن آتش در قسمت پایین و نیز بخشی برای انباشتن خاکستر های چوب تعبیه کردند و بدین ترتیب اساس اولین ساختمان کوره ها بوجود آمد.

این نوع طرح از ۳۵۰۰ قبل از میلاد در خاورمیانه و ایران باستان متداول شد و تمام اشیائی که با دو غاب تزئین می شدند در آنها آتشخورده و سخت می گردیدند. (تصویر ۵)

امکان ساختن کوره های امروزی تا زمانیکه اصول طاقهای ضربی شناخته شد وجود نداشت. شاید چینی ها اولین کسانی بودند که این گونه ساختمان را در کوره های خود به کار گرفتند و قبل از آنها نیز مصریان قدیم و یونانیان از کوره های گنبدی شکل بهره میبردند. این نوع کوره ها دارای نیم سقف ضربی ولی دائمی بودند و در بر ورودی که در اطراف آن تعبیه میگردید از مشخصات اصلی آنها بود (تصویر ۶)

یونانیان که محتاج کنترل شرایط کوره ها در محیط اکسیاسیون و یا احیا جهت تولید اشیا سرخ - سیاه صیقل کرده می بودند از این کوره بهره فراوانی گرفتند و طرح ابتدایی آنها را توسعه بیشتری دادند.

طرح مزبور که بتدریج منجر به ساخت کوره های کندویی شکل گردید با آتشخانه های متعدد در قسمت تحتانی بصورت مدلی کامل در آمده و تا قرن ها قبل از انقلاب صنعتی در اروپا بصورت طرحی ایدال جهت کوره های سرامیکی بکار گرفته می شد. (تصویر ۸)

نوع بطری شکل این نوع پدیده که در انگلستان بخصوص تا قبل از قرن اخیر بسیار متداول بود. طرحی پیشرفته تر از کوره های کندویی داشت با تفاوت آنکه قسمت فوقانی آنها تنگتر و تقریباً مانند یک بطری بود (تصویر ۹).

بررسی سیر تحولی کوره ها از لحاظ ساختمان آنها

در این قسمت لازم به ذکر است که بطور کلی چگونگی ساختمان کوره ها از لحاظ علمی (بر اساس محل جایگزینی آتشخانه و هوای ورودی - دود کش و گاز های

خروجی) به سه شکل ساده کَشش فوقانی، کَشش تحتانی و نیز کَشش افقی تقسیم می نمایند.

کَشش فوقانی عبارتست از زمانی که حرارت از قسمت پایین کوره وارد شده و سپس بوسیله نیروی کَشش طبیعی گازها از قسمت فوقانی آن خارج می گردد. (تصویر ۱۰).

این نوع کوره ها از زمانهای بسیار قدیم متداول بوده و موقعیکه طاقهای ضریبی در ساختمان آنه رواج پیدا کرد. بصورت مدلی کامل مورد بهره برداری قرار گرفتند. با کار برد این نوع طرح در ساختمان کوره ها حرارت تقریباً بطور یکسان در تمام سطح کوره منتشر گردید. احتیاج فراوانی به آموزش متخصص و نیز تجربه در طریقه و چگونگی آتشکردن آنها نبوده و به آسانی مورد بهره برداری قرار می گیرند. نقایص عمده این نوع کوره ها در اینست که حرارت فراوانی در خود ایجاد نمی کنند و دسترسی به درجات حرارتی بالا در آنها محتاج مواد سوختنی بسیار زیادی است. کوره های کندوئی و یا بطری شکل نیز از این نوع هستند.

کَشش تحتانی عبارتست از زمانیکه حرارت از پایین کوره وارد آن گردیده و در محیط داخلی آن دوران نماید و سپس بوسیله دود کش دوباره از قسمت پایین آن به بیرون برود (تصویر ۱۱).

اساس اولیه ساختمان کوره های کَشش تحتانی ایجاد دود کش مرتفع است تا بتواند جریان هوای متحرکی با قدرت زیاد تولید نماید. این جریان باعث چرخش حرارت در درون کوره می گردد. کار با آن احتیاج به تبحر و تجربه فراوان دارد. ولی نسبت به کوره های با کَشش فوقانی سوخت کمتری مصرف میکند و حرارت بیشتری را در خود نگه میدارد. برای مواد سوختی در این نوع کوره ها اکثراً از نوع سوختهای تمیز و بدون کربن زیاد انتخاب می گردد.

نوع سوم در طرح ساختمان کوره ها- مدل کوره های کشش افقی می باشد. در این طرح همواره حرارت از یک سمت وارد کوره گردیده. واز قسمتی دیگر خارج میگردد.(تصویر ۱۲)

اساس اولیه طرح کوره های کشش افقی ابتدا، بوسیله صنعتگران چین کشف و متداول گردید. این نوع ابداع که به نام کوره های صعودی و یا صعود کننده نیز معروف می باشد در اوائل عبارت بودند از تونلی تنگ وباریک که با آتشیخانه ای نسبتاً بزرگ در پایین آن بر روی تپه هائی با شیب متوسط احداث می گردید.

(تصویر ۱۳)

سوخت اولیه این نوع کوره از چوب بود ولی بعلت وجود فضای حرارتی با نیروی تحرک بسیار فراوان در آنها می توانستند گرما را تا حدود درجات C 1300 الی C 1400 و درجه سانتیگراد افزایش دهند. چگونگی ساختن کوره های صعودی بتدریج در سلیر ممالک خاور دور از قبیل کره و ژاپن نیز رایج گردید و آنها با ایجاد محفظه های متساوی در سراسر کوره تنظیم حرارت و بهتر شدن کیفیت حرارت دیدن اجسام در درون این نوع کوره ها را سبب شدند.(تصویر ۱۴)

از طرف دیگر آتشدان های گوره های چغازنبیل وتل ابلیس بایک سری از آجرهای گلی قوسی شکل وستون وشمع تقویت شده اند. پیشرفت کوره ها در خاور نزدیک به طور اعم وایران به طور اخص موضوعاتی است که نمونه های مختلفی از آن تاکنون شناخته شده است، بااین حال دانش ما نسبت به کوره های دوران قبل از تاریخ (دوره نوسنگی) ناکافی است.

دو کوره نسبتاً دست نخورده دیگر به ترتیب از اریدو X وگاورا XVL در دوران عبید ۳ و ۴ و نیز کوره هایی از یاریم تپه گرگان و Teluleth-thalath عراق مورد شناسایی قرار گرفته اند که تقریباً بهترین نمونه ها از کوره های ماقبل تاریخ بین النهرین

وایران محسوب می شوند. در یاریم تپه گرگان کوره ها ساده و دارای گودال های اشتعال و تنور یا اتاق های پخت گنبدی شکل با محفظه آتش هستند. کوره هایی که از نظر ساختمانی مشابه اریدو هستند. کوره های سفال یاریم تپه با بهترین وضعیت کشف شده اند. محفظه اشتعال آن ها داخل زمین فرورفته و با گل پوشیده شده و ضخامت این گل یک تخته به ده سانتیمتر می رسد.

پیشینه سفالگری در تهران وری

شناخت پیشینه و تحول صنعت سفالگری در حوزه تهران-ری همواره زمینه فکری طرح کاوش و پژوهشی باستان شناسی بوده است. کشف کوره های متعدد سفالگری ۳۲۰۰ سال پیش در تپه های کهریزک به این زمینه فکری جامه عمل پوشانید.

پیدایش اتفاقی این میدان باستانی پراهمیت و نزدیک تهران، در نتیجه بررسی های کارشناسان سازمان زمین شناسی کشور که در احوال زلزله های گذشته، حال و آینده تهران مطالعه می کردند میسر گردید. این کارشناسان ضمن عملیات ژئوفیزیکی در حواشی گسله کهریزک، تعدادی سفالینه خاکستری-سیاه و بعضاً قرمز رنگ را که در اطراف گسله مذکور پراکنده شده بودند جمع آوری کردند و به سازمان میراث فرهنگی کشور آورده، نسبت به قدمت یافته ها استمداد کردند. معاونت پژوهشی سازمان به نگارنده مأموریت داد تا به همراه زمین شناسان مذکور حواشی گسله کهریزک را از دید باستان شناسی مورد بررسی قرار دهد و نتیجه را گزارش کند. حاصل این بررسی جمع آوری مقادری گدازه و جوش کوره و سفالینه های به هم چسبیده و سوخته بود، و با این علائم و نشانه ها تردیدی وجود نداشت که زوائد پراکنده و جمع آوری شده مربوط به کوره های سفالگری است.

بارئه گزارش این بررسی به معاونت پژوهشی سازمان و تأکید بر اهمیت موضوع، طرح کاوش و پژوهش مشترک باستان شناسی و زمین شناسی در حواشی گسله سر تخت کهریزک ریخته شد، و بلافاصله با تأمین وسایل و ابزار لازم و ایجاد مرکزی موقت در کنار گسله مذکور، کاوش و پژوهشی آغاز شد که حاصل آن کشف پانزده کوره سفالگری بود. با این حال تعداد کوره های سفالگری آن قدر زیاد است که می توان طی چندین سال در محوطه ای بالغ بر شش هکتار که مجموعاً اختصاص به محله و میدان سفالگری باستانی داشته است، همچنان به بررسی و کاوش در احوال کوره های سفالگران کهن تهران-ری ادامه داد. کاوش و پژوهش در پانزده کوره کاوش شده آگاهی ما را نسبت به بعضی از راز و رمزهای مرده و مدفون این صنعت از قبیل طرح معماری کوره ها، مواد و مصالح، نوع سوخت، شرایط و اتمسفر پخت سفال خاکستری و خاک رس افزایش داد و نیز برخی از ابزار چرخ سفالگری، سفال های خام و همچنین تعدادی سفالینه بیش از حد پخته و واریخته را در اختیار ما نهاد. شاید سفالگران به سنت دیرینه عصر نوسنگی، زنانی بودند که پخت سفال را از اجاق خانه ها آغاز کرده بودند و در این زمان آن رابه کمال رسانیده، سفالگری رازه عنوان حرفه جنبی پذیرفته بوده اند. مردان نیز تنها گله و گوسفندان رابه چرا برده و دامداری رابه سنت آباء اجدادی ادامه می دادند.

طرح معماری کوره های سفال خاکستری-سیاه

از نظر اقتصادی کارگاه سفالگری باید در کنار معدن رس احداث شود. سرزمین های رسوبی که گل رس آن جهت سفالسازی اهمیت دارد، در جنوب تهران و در حواشی کویر مرکزی واقع است. خوزستان بارودخانه های بزرگ خود نقطه دیگر محسوب می گردد، و بالاخره زمین ها و اراضی واقع در کنار مسیل های فصلی هستند که بر اثر طغیان های آن ها هر بار مقدار زیادی از ذرات رس به هنگام سیلاب حمل می شود و در نقاط پست فروکش می کند، رسوباتی که در اثر این فعل و انفعال ایجاد می شود فوق العاده مفیدند و سفالگران از آن استفاده می کنند.

معماری کوره های سفالگری از ابتدا در جهت دستیابی به محوطه ای برای چیدن سفالینه ها، پخت آن ها، کنترل آتش، و بهره گیری بدون ضایعه از سوخت، دقت و مصالح بوده است. با کوره سفالگری امکان حفظ گرما، تیز کردن آتش و مهار و کنترل به موقع آن وجود داشت. سفالگر می توانست نسبت به افزایش سوخت، جریان هوا، مکش، و دمش و نیز ایجادات سفر تصمیم بگیرد. در ایران تکنیک کوره ها از قدیم ترین ادوار باستانی بر اساس ایجاد چاله کوره بوده است. کوره های پخت سفال خاکستری- سیاه نیز چاله کوره هایی بوده اند که از ابتدایی ترین تا کامل ترین آن ها که دو یا سه طبقه و دارای جریان هوا بوده، در پخت سفال و ایجاد اتمسفر نقش اساسی داشته است. در چاله کوره ها جریان هوا از پایین به بالا دمیده می شود و آتش رادر آتشخانه زیر سفالینه ها مشتعل می کرد. حرارت و دود و گاز حاصل که از زیر سفال جریان می یافت، به سمت بالا تنوره می کشید و از چند شبکه (زنبورک) که در سقف آتشخانه تعبیه شده بود، به جایی که سفال ها چیده شده بودند وارد، و از دودکش سقف گنبدی موقت خارج می شد. سفالگر گاهی برای ایجاد فشار هوا و سوخت دخالت می کرد یا تعادلی بین جریان دود و هوا به وجود می آورد. آتشخانه این کوره ها محوطه ای کنده شده در دل زمین بود که سوخت را از مدخلی شیبدار به درون آن سرازیر می کردند. این محوطه را با دیواره ای به دو قسمت کرده روی آن سقف مشبک می زدند و سفال ها را روی این سقف می چیدند. سقف گنبدی یا مخروطی دیگری نیز به طور موقت روی جایگاه سفال ها بنا می کردند و پس از خاتمه پخت، بخشی از قوس آنرا خراب و سفالینه های پخته شده را خارج می کردند. حداکثر حرارت تولید شده در این کوره ها ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد بوده است. چون سوخت این کوره ها راهیزم، هیمه، کاه، خار مغیلا، خلنگ و تاپاله تشکیل می داده، تجربه سفالپز در کنترل درجه حرارت و کم و زیاد کردن آتش کوره بسیار مؤثر بوده و سفالگر از سوراخی روند پخت را نظاره و کنترل می کرده است. با آن که مدرک معتبری در دست نداریم اما چنین به نظر می رسد که پخت سفالینه ها کارزان بوده و مردان به دامداری و شکار می پرداخته اند. شاید رازورمز پخت

سفال رازنان ازدوره نوسنگی به هنگام پخت غذا در اجاق خانه آموخته و تجربه کرده بودند، بنابراین کوره سفالپزی حاصل تکوین تدریجی اجاق خانگی محسوب می گردد. کوره سفالپزی نه تنها حافظ گرما و حرارت بوده، بلکه تنظیم فشار و جریان هوا را برای سفالپز امکان پذیر می ساخته است.

کوره ها معمولاً در جایی حفر یا احداث می گردید که دهانه آتسخور آن ها در جهت باد های موسمی و معروف باشد. چنانچه به هر دلیلی باد به آتسخور کوره نمی ورزید یا کوره در محلی بدون باد حفر می گردید، پخت سفالینه ها با اشکال مواجه می شد، به همین جهت سفالگران برای آتش کردن کوره منتظر باد موافق می شدند؛ زیرا بدون وزش باد موافق، آتش بدسوز و ضعیف و حتی خفه می شد. از طرف دیگر وزش باد های تند و ناگهانی نیز میزان سوخت و درجه حرارت کوره را به نحو غیر قابل کنترلی بالا می برد و مواد سوختی را خیلی زود تلف می کرد. کوره های بررسی و کاوش شده کهریزک کوچک و بزرگند و در اندازه و ابعاد متفاوت از زیر خاک بیرون آمده اند.

درازای کوره ۵۵۰، پهنا ۲۸۰ و عمق آن ۲۵۰ سانتیمتر است. جهت آن شرقی-غربی و آتسخور (چاله آتش) در بخش غربی قرار گرفته و دونا و آن به طرف شرق کشیده شده است. هیئت کلی کوره با توجه به جهات مختلف ترسیم، نعل اسبی است. محدوده ای که آتشدان یا چال نامیده می شود گودالی است با حدود ۲۵۰ سانتیگراد عمق از سطح زمین و محل آتسخور یا دریچه تغذیه و سوخت کمی از اراضی اطراف فروتر رفته و به گودی گراییده است.

دراثر وزش باد صبحگاهان از غرب به شرق-به نحوی که تجربه نشان داد- حرارت آتش به کوره دمیده می شده است. دونا و یا دو تنوره که زبانه آتش را به بالا انتقال می دادند حرارت را نیز از دریچه هایی که در طول دونا و تعبیه شده است، به اتاق پخت که در بخش علیای کوره قرار دارد هدایت می کرده اند.

تنوره یا ناوهای هدایت حرارت به وسیله دیواره واسط و میانی از یکدیگر تفکیک می شدند. دیوار میانی علاوه بر سکوی استقرار سفالینه ها، به عنوان حایل حرارت و تجزیه و تعادل آن نیز کاربرد داشته و در حقیقت اسکلت و کالبد اصلی و اساسی استقرار و نیز تکیه گاه دوسقف ناو و تنوره ها محسوب می شده است.

آنچه در اینجا آمده و در صفحات آینده از کوره های مکشوفه گزارش می شود، کلاً مربوط به بخش سفلی یا کوره آتش و ساختار کوره تا سطح زمین است، زیرا بخش علیا و اتاق پخت (گرمخانه) که حرارت به طور مستقیم و غیر مستقیم به آنجا می رسید، با شکل و هیئتی تقریباً گنبدی یا استوانه ای، جنبه موقت داشت و در آغاز هر بار پخت احداث می گردید و پس از پخت سفالینه ها خراب می شد. این سقف خیلی ساده و با چینه گلی بنا می شد، این چینه ها از گل توأم با تاپاله یا گرده های تاپاله به وفور از قبل تهیه می شدند و به هنگام ضرورت جهت مسدود کردن کوره، کاستن حرارت و ایجاد اتنسفر و غیره مصرف داشته اند. طی کاوش، بسیاری از این گرده های قالبی گلی در گوشه کنار کوره ها به دست آمدند. روش مسقف کردن اتاق پخت تا امروز هم در بعضی کوره های آجرپزی متداول است، منتهی با پیشرفت پخت سفال و آجر، دیگر احداث سقف موقت در نواحی شهری منسوخ و متروک شده و مقرون به صرفه هم نیست.

ساختمان و تحول و سوخت کوره ها به اجمال

سفالگری باستانی با اندک تفاوتی در نوع کوره ها و سوخت، نزد اقوام مختلف دارای تکنیک تقریباً مشابه بوده [۱۶]. سفالگران ماهر و استاد باشامه و چشم و لمس کردن، حرارت را کنترل می کردند. چیدن سفال در کوره اهمیت اساسی داشت، سفال ظریف دور از حرارت یادر مخزن قرار داده می شد و سفال اندکی درشت تر در طبقه

بعدی و پشت ظرف بزرگ تر محافظت می کردند. در بالای کوره ها سوراخی وجود داشته که گهگاه استادکاران از آنجا داخل کوره و محصولات را دید می زده اند. [۲۶].

دردوره "تسنگ" چین (سده سوم میلادی)، نوع ابتدائی کوره ها به ارتفاع ۲۰۰ و درازای ۱۰۰ تا ۱۶۵ سانتیمتر ساخته می شده و سوخت آن ها از چوب صنوبر یا "ارس Oros" بوده است. در چین باستانی نیز سوخت کوره ها راهیزم و همیمه معمولی تشکیل می داده است ولی چون سفالگری صنعت پر اهمیتی محسوب می شد، کوره ها بوسیله افراد متخصص روشن می شدند، افرادی که آگاهی و تجربه بسیار از دود و دم چوب آبدار یا خشک داشته اند. آن ها از طریق دودی که از دودکش ها خارج می شد تشخیص می داده اند که آتش داخل کوره در چه وضعی است، از تغییرات دود، از راه شامه، گوش و چشم درمی یافته اند که آتش را تیز یا کنترل کنند. ما از نوع سوختی که در کهریزک استفاده می شد اطلاع نداریم، ولی با وجود خار مغیلان فراوان در منطقه و به خصوص حاشیه کویر فقط می توان حدس زد که از این گیاه و تاپاله و همیمه استفاده به عمل می آورده اند. شاید درختان و اشجار جنگلی در اطراف کهریزک وجود داشته است که امروز در اثر دخالت های آدمی و تصرف در احوال طبیعت و دگرگونی آب و هوا از آن اشجار و درختان دیگر خبری نیست. با این همه سوخت انواع مختلف دارد. فارغ از نقشی که امروز کوره های برقی، گازی و نفتی در صنعت سرامیک و سفال ایجاد کرده اند، انسان ابتدائی از طبیعت آموخت که مایعات را درون ظرفی گلی که در کنار آتش و اجاق خانه خشکیده بود، مورد استفاده قرار دهد یا زنان خانه دار در آن ها مایعات را طبخ کنند. از آن پس هرگامی به جلو نقطه تحولی را در ساخت سفال و نوع سوخت اجاق و کوره ایجاد کرده است. بدون تردید اولین سوخت کوره های ابتدائی، همیزم و چوب و خس و خاشاک بوده است و سپس انواع آتش از سوختن همیزم، بوته های خار مغیلان، گیاهان خشک، کاه و خلنگ زبانه کشیده تا به تاپاله حیوانات در این چرخه رسیده است. زغال سنگ نیز قبل از گاز و نفت و الکتریسیته یکی از سوخت های متداول و معمول بوده است. در جنوب ایران و یونان [۴۶]، سوخت کوره ها را چوب های جنگلی از قبیل سرو و صنوبر و ارس تشکیل می

داده است [۳۴]. بانگاهی به گذشته می بینیم که اجاق خانگی اقوام ماقبل تاریخ اولین کوره های پخت سفال بوده اند و آتش این اجاق ها از چوب و کنده درختان و گیاهان بوته های خشک تأمین می شده است. بومیان اولیه قاره آمریکا ظروف گلی را ابتدا در اجاق های خانگی می پخته اند و سپس همین اجاق ها را بزرگ تر کرده و دیواره های از تاپاله برای گرمخانه تعبیه کرده اند.

تهیه ظرف های سفالین در مصر باستان در طی دورانی طولانی متداول بوده است [۴۱]، ولی با وجود کثرت مواد خام و رس مرغوب که حاصل طغیان های رود نیل است، مرغوبیت سفال آن به پایه ظروف سفالین ایران و بین النهرین نمی رسد. سفالهای معمولی آنها خشن و زرد رنگ یا قرمز است و در مواد خام آن ها مقدار زیادی کاه یا ناخالصی های دیگر وجود دارد که معمولاً خوب پخته نشده اند. کوره ها استوانه ای و بلند هستند ولی وجه امتیاز سفالگری مصر را نقش های فراوانی از سنت پخت سفال و نقش ابزار و آلات این فن تشکیل می دهد. در یونان این صنعت تکامل یافته تر است، ظروف سفالین بسیار ظریف و درخشان ساخته می شدند و پخت سفالینه ها فوق العاده و دارای روش های گوناگون بوده است. کوره ها گنبدی و دو طبقه اند. در طبقه بالا یعنی گرمخانه سفالینه ها را قرار داده و بر فراز آن سقف گنبدی موقتی احداث می کرده اند (مانند کهریزک). طبقه پایین که اجاق (چال آتش) کوره بوده، از هر طرف دهانه پیش آمده ای داشته و سقفی ضربی آن اراز طبقه بالا جدا می ساخته و گاهی یک میل مرکزی، سقف وسط را نگاه می داشته است. این کوره ها قطری بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر داشت و در شروع سده پنجم میلادی تحولی ایجاد گردید و کوره های بسیار بلند (۴/۵ متری) در آتن ساخته شد.

در دوره هلنستی شاهد پیدایش کوره های تکامل یافته تری هستیم که لوله هایی برای ورود هوای گرم به گرمخانه کوره دارند و همین نوع کوره ها مقدمه و طلیعه ایجاد کوره های رومی گردیده است.

الف) کوره های سفالگری متعلق به ۱۲۰۰ پیش از میلاد در محوطه ای واقع در شرق رودخانه (مسیل یا گسیل) سرتخت کهریزک در زیر دیوار جنوبی بهشت زهرا پراکنده اند. خاک این تپه ها برای سفالگری بسیار مناسب و دارای ناخالصی اندکی است. تعداد کوره های مدفون در این تپه ها بیش از پانصد سال است که تنها پانزده کوره بررسی و کاوش شده است. غرب گسله محل استقرار چادر های اقوام مهاجری است که ۳۲۰۰ سال پیش، در این محل به چوپانی و سفالگری می پرداختند.

ب) بخش علیای کوره ها که روی زمین وجود داشته، تخریب شده و اثری برجای نمانده است. تنها بخش سفلی که در زمین حفر شده، باقی است.

طرح شماره ۴ بازسازی یک کوره سفالگری متعلق به ۳۲۰۰ سال پیش در کهریزک است. محل چاله آتش، محوطه جلوی دوناو مشبک است. حرارت آتش از شبکه ها به اتاق پخت یا سکو و جایگاه چیدن سفالینه ها منتقل می شده و دود و گاز حاصله از سوراخ یا سوراخهایی در سقف گنبدی موقت خارج می شده است. طرح های شماره ۱ و ۲ و ۳ بازسازی کوره های سفالگری مصر، بین النهرین و سوریه است.

[۱۱، ۲۰؛ ۲۶؛ ۱۱ (شکل ۳)؛ ۳۰؛ ۴۶؛ ۵۲].

کاوش و پژوهش روی کوره های سفالگری دوره سلجوقی در نیشابور

نگارنده در سال ۱۳۴۳ به عنوان سرپرست علمی باستان شناسی نیشابور [۶] در چهار کوره سفالگری و دو کوره آجرپزی دوران سلجوقی کاوش هایی را به انجام رسانید و ضمن ترسیم نقشه و طرح کوره ها به وسایل و ابزاری که سفالگران سده پنجم تا هفتم هجری در پختن سفال ها به کار می بردند شامل تعدادی سه پایه، لب تخت، توپی، سیخ و ساج، وهاون های مختلف مخصوص آسیای پودرهای لعاب و نیز تعدادی سفال گدازه شده و ظرف لعابدار دست یافت. وی از روی این مدارک و طرح معماری

کوره ها به چگونگی پخت سفالینه های لعابدار آگاهی پیدا کرد و طرح و ساختار این کوره ها را با کوره سفالیزی دوره ایلخانی که در تخت سلیمان کشف شده است مقایسه کرد [۱۱۶۸]. براساس یافته های باستان شناسی دوران اسلامی و کاوش های نیشابور، کوره های سفالگری دوران سلجوقی عبارت از کوره های استوانه ای بلندی است که از دو قسمت علیا و سفلی تشکیل شده اند. بخش سفلی، چاله آتشی خممه مانند و حفر شده در دل زمین است که دارای ساختار خشتی بوده و خشت ها در اثر حرارت آتش به آجر سرخ و تفتیده تبدیل شده اند. موقعیت و مکان و ساختار کوره های اول و دوم به ترتیب زیر است :

بین آرامگاه حکیم عمر خیام و شیخ فریدالدین عطار نیشابوری، خیابان اسفالتی ای به طول یک کیلومتر معروف به بولوار کشیده شده است. در ضلع شمالی کمره این خیابان، جهت تسطیح زمین های زراعتی محوطه ای به وسیله بولدوزر خاکبرداری و گود شده است. این محوطه درست در شمال قریه "خرمک" قرار گرفته است. تیغه بولوزر در مسیر خود به چند کوره برخورد کرده و آن ها را خراب کرده است. چند حفار غیر مجاز که به دنبال آثار عتیقه در تلاش بودند از موقعیت استفاده کرده و دست به حفاریاتی زدند. در نتیجه قسمت دیگری از کوره ها نیز بوسیله آنان ویران شد. این محوطه که در کنار ویرانه قدیمی تأسیسات نیشابور (احتمالاً بازار) مستقر شده، از قرار معلوم راسته سفالگران عصر سلجوقی بوده است. هیئت ما به لحاظ روشن کردن وضعیت ساختمان کوره ها، در منتهی الیه شمال غربی گودال و بالادست محل کوره های ویران شده کارگاهی به طول ۱۱ و عرض ۱۰ متر حفر کرد. در نقشه شماره ۶ جهت کارگاه بازایه ۱۵ درجه رو به شمال جغرافیایی مشخص شده است. ضلع جنوبی رابقایای کوره های ویران شده و ضلع غربی رایک ردیف دهانه قنات قدیمی و متروک تشکیل می دهند. چندین دهانه قنات قدیمی دیگر هم که امروز لایروبی شده و از آن استفاده می شود نیز در امتداد ضلع شرقی کشیده شده است. چشم انداز شمالی راسلسله جبال پربرف بینالود و دورنمای جنوب را چند دهکده و از جمله قریه خرمک تشکیل می دهد. مقبره

شیخ فریدالدین عطار زیر دست تپه و محله شادیاخ جنوب غربی و امامزاده محمد محروق و مقبره حکیم عمر خیام در تلاجرده علیا و محله قدیمی حیره جنوب شرقی کارگاه رافرا گرفته اند. در فواصل آثار قدیم و جدید که بر شمرده شد زمین های زراعتی گسترده شده که زمانی خشخاش پرورده اند و در حال حاضر در آن ها از کشت و زرع مجاز بجز اندکی خبری نیست.

خاکبرداری از کارگاه ابتدا با سرعت انجام می شد. کارگرانی که بالطبع به حفاری غیر مجاز عادت کرده بودند با اشکال تحت نظم و قانده در می آمدند. آن ها بدون توجه به منظور اصلی ما و برای جلب توجه به تندی کلنگ زده و خاک را به سرعت بیرون می ریختند. آن ها که آرزو می کردند برای جلب رضایت، مارابا گنجی سحر انگیز درون کوره مواجه کنند، در حین کار افسانه هایی که از پدران خود شنیده بودند تعریف می کردند. افسانه ها رابا کله مرده با کاسه لعاب خورده ای که گاه به گاه هنگام شخم یا کلنگی هرز از خاک بیرون آورده بودند تطبیق می دادند و از ضحاک ماردوش و رذالتش، فریدون و نیکی اش، و ساسان و گنجش افسانه ها بافته و با آب و تاب به ذکر آنها می پرداختند. دو نوع سفال می شناختند، یکی "گبری" که از گنج های ساسان است و دیگری "رئی" یعنی سلامی، و به دنبال گنج گبری شهر کهنه نیشابور را به صورت کندوی زنبور عسل سوراخ کرده بودند. خاکبرداری از کارگاه در عمق ۱/۳۰ متر نتیجه داد و دهانه مدور آجری کوره شماره یک سر از خاک بیرون آورد. دیوار مدور آن با دقت پیگردی شد؛ آجرهای سرخ شده کوره حکایت از حرارت گمشده ای می کرد که تجلی آن فقط پاره سفال هایی بود که جان و روح سفالگر عهد سلجوقی را با لعاب و نقش، و نوشته های کوفی و نسخ عرضه می کرد. سنگینی خاک سرد، روح سفالگر را از صدمات قرون حفظ کرده و نشان می داد که زمانی این روح جان و جنبشی داشته و یادگار سلف رابا گدازی به گرمای آتش کوره، ارمغان روزگار ماکه کم تر نشانی از آن نیست کرده است.

قطر دهانه کوره ۲/۳۰ متر و ارتفاع آن تا سطح سکوی جایگاه پخت سفالینه ها ۷۰ سانتیمتر است. این قسمت به صورت استوانه ای شکل گرفته است و دیواره داخلی آن را ورقه اندود گلی به قطر سه سانتیمتر که بر اثر حرارت آتش کوره به استحکام آجر درآمده پوشانیده است. رنگ کلی آن زرد و آن جا که حرارت افزون شده به سرخی و سبزی گراییده است. سکوی جایگاه سفالینه ها منتهی الیه استوانه را به صورت افقی و مدور بسته است. مرکز این سکو رایک حلقه میانی تشکیل می دهد که قطر کوچک آن ۱۰۰ سانتیمتر و قطر بزرگ آن ۱۶۰ سانتیمتر است. این حلقه به دودکش کوره واجاق و دریچه سوخت منتهی می شود، زیرا پایین این حلقه میانی را انبار یا چاله آتش کوره تشکیل می دهد. سقف کوره گنبدی شکل، ولی ساقط شده است و بقایای آن در درون کوره و اطراف آن پراکنده شده است. بدنه گنبدی یا استوانه ای دارای سوراخ های ردیفی مدوری به قطر هشت سانتیمتر است. که در هر سوراخ توپی های هویجی شکل به طول سی سانتیمتر وجود داشت. نوع ریزش و بقایای آوار نشان می داد که گذشته از سوراخ ها و توپی ها که به یکصد عدد می رسیدند، سقف دارای حلقه میانی بود که سفالگر راقادر می ساخت قبل از گرم کردن کوره به درون خزیده و خاکستر و زواید را بیرون بریزد و یا خمیره سفال شکل گرفته را در سکوی پخت جابجا کند، بعد از مراحل مقدماتی ایجاد حرارت، دهانه مدور سقف با کاهگل پوشیده می شده است. کوره به وسیله سوراخ های مدور دریچه سوخت که ابعادشان ۲۵*۲۵ سانتیمتر بود با فضای خارج ارتباط داشته است. دریچه سوخت در پهلوی استوانه بالایی تعبیه می شد. سوراخ ها و منافذی نیز در سقف ایجاد شده که دود و گاز حاصله را خارج می کرده اند. سفالگر بعد از ساعاتی که لازمه پخت کامل بوده است، با برداشتن هر یک از توپی ها مراحل و کیفیت پخت سفال را زیر نظر داشته است. در حقیقت سوراخ ها و توپی ها به منظور کنترل درجه حرارت در کوره تعبیه می شد و هنگامی که حرارت به حداکثر می رسیده، سفالگر با برداشتن تعدادی از توپی ها حرارت را متعادل می کرد، ضمن آن که سفالگران بعضی از مصنوعات سبک و دسته دار را در داخل کوره برای پخت به سر این توپی ها می آویختند، معمولاً

اشیای سفالین ظریف، سبک و دسته دار برای پرهیز از ایجاد ضایعه حتماً بایستی آویخته می شدند. برای یکنواخت بودن حرارت در اطراف سکوی مدور، شش سوراخ 12×12 سانتیمتر مستقیماً به آتشدان کوره منتهی می گردید. این ها تنوره یا زنبورک بودند و حرارت را از چاله آتش به اطراف سکوی پخت منتقل می کردند. ارتفاع کوره از سکوی جداره دار پخت تا کف چاله آتش $2/30$ متر است و در نتیجه سوخت با شیب تندی به مرکز آتشدان منتهی می شود. وجود خاکستر نرم و سیاه رنگ کف کوره و کیفیت ساختمان دریاچه و شیب آن نشان می داد که سوخت کوره با کاه بوده و وجود مقداری کاه سوخته در بین خاکستر نرم ثابت می کرد که کاه سوخت متداول آن زمان بوده است. امروزه (سال ۱۳۴۳) در نقاط دور افتاده نواحی بجنورد که ما در بررسی آن نواحی چند کوره را از نزدیک مطالعه کردیم، از خار مگیلان استفاده می کنند. کارگران سالخورده ای که در این کارگاه مشغول بودند و خود ناظر پخت سفال در گذشته بوده یا از پدرشان چیزهایی شنیده اند، اظهار می داشتند که آتش حاصل از سوختن کاه حرارت مداومی دارد و در تمام مدت زمانی که لازمه پخت سفال است دوام می آورد. آتشدان کوره در زیر سکوی پخت ادامه استوانه علیای کوره است و ساختمان آن به خمیره ای بسیار بزرگ می ماند که از آجر ساخته شده و شکل گرفته باشد. در ضلع شرقی کوره چاهی با قطر دهانه 90 و ارتفاع 150 سانتیمتر تعبیه شده است. با پاک کردن این چاه که محل زواید و خاکستر کوره بود تعدادی سه پایه سفالین چراغ های روغنی بالعا ب فیروزه ای رنگ به دست آمد.

در قسمت شمالی کوره شماره یک و در فاصله صد سانتیمتری آن، کوره شماره ۲ از خاک بیرون آورده شد. این کوره کوچکتر از اولی و سطح دهانه آن 50 سانتیمتر پایین تر از آن است. قطر دهانه آجری $1/85$ متر است و عیناً به صورت استوانه تا سطح سکوی جایگاه سفالینه ها ادامه یافته است. استوانه 65 سانتیمتر ارتفاع دارد و سکو از سه تنوره یا زنبورک و یک حلقه مرکزی تشکیل یافته است. سطح داخلی استوانه را اندود گل به قطر سه سانتیمتر پوشانیده است. قطر حلقه میانی 85 سانتیمتر است و دریاچه سوخت با ابعاد 25×25 سانتیمتر عیناً مانند کوره شماره یک با شیب تندی به مرکز آتشدان که تا سطح

دهانه وسکو ۲/۲۰ متر ارتفاع دارد ممتد است. تخته سنگ بزرگی به شکل مستطیل که مرکز آن سوراخ مدوری به قطر ۱۲ سانتیمتر دارد به صورت مایل برآجاق کوره متکی شده است. دودکش کوره با زاویه ۹۰ درجه از آن عبور کرده و دود را خارج می کرده است. محوطه آتشدان خمیره مانند و مصالح آن از آجر ساخته شده و شکل گرفته است. مانند کوره شماره یک، سقف فرافتاده و شکل ریزش و وجود توپی ها نشان می داد که دارای سوراخ هایی برای کنترل حرارت و آویختن سفالینه های کوچک به نوک توپی ها بوده است. قسمت علیای هر دو کوره روی سکوی پخت و در سطح زمین ساخته شده و تنها آتشدان در داخل زمین و از آجر شکل گرفته است. دو کوره ۱ و ۲ با شکل خمیره مانند و سقف مشبک و سکوی پخت خود در عداد انواع کوره های قدیمی و ابتدایی به شمار می روند. ولی باید دانست که همین دو کوره در دوران سلجوقی (سده های پنجم تا هفتم هجری) آثار بسیار زیبایی پخته اند. معمولاً سفالینه ها چند بار حرارت دیده اند. نخست به هنگام پخت سفال و سپس همراه با لعاب و تزئینات آن. دریاچه سوخت کوره ها با یکدیگر فاصله کمی دارند و سفالگر قادر بوده است بین آن ها قرار گرفته و به هر دو سوخت برساند، گاه راز دریاچه کوره شماره یک به درون می ریخته و در مرحله بعدی به کوره شماره دو می دمیده است و به همین ترتیب سفال رادریکی به سادگی پخته و در دیگری عمل تزئین و نقاشی و لعاب رابه انجام می رسانیده است. به هنگام کاوش، از کوره شماره دو که کوچکتر است سفال ساده بیرون می آمد در حالی که اکثر سفالینه های لعابدار راز کوره شماره یک که بزرگتر است بیرون آوردیم، چراکه مرحله لعاب دادن و تزئین، لازمه اش حرارت بیشتر کوره بوده است. برای اینکه لعاب واقعاً زیبا باشد جلای آن کاملاً یکنواخت و لعابش مطلقاً یک رنگ جلوه کند، رنگ پریدگی مربوط به کمی پخت است که بر اثر آن تغییر حالت املاح به خوبی میسر نمی شود، در صورتی که حدت و تیزی آتش لعاب را سوخته و به رنگ قهوه ای خفه در می آورد؛ بنابراین سفالگران این عهد در کار خود مهارت زیادی داشته اند. در جوار این کوره چاهی برای انباشتن خاکستر و زایده های کوره تعبیه شده بود.

حفاری در کوره های سفالپزی سوم در اراضی لک لک آشیان

در شانزدهم اسفند ماه کار حفاری و ترمیم دو کوره واقع بین آرامگاه خیام و عطار به پایان رسید و در روز هیجدهم اسفند پس از یک روز بررسی در نقاط مختلف شهر کهنه نیشابور، اراضی لک لک آشیان برای حفاری روز بعد در نظر گرفته شد. لک لک آشیان نام دهکده ای است با حفاری بلند که مردمش به آن قلعه می گویند. نزدیک ترین ناحیه به این قلعه دهکده فیلخانه است. اراضی فیلخانه و لک لک آشیان به وسیله یک رشته دهانه قنات قدیمی از یکدیگر جدا شده اند. حفاران غیر مجاز در طلب آثار عتیقه این اراضی راتا پشت دهکده امامزاده، به وسعت پنج کیلومتر مربع سوراخ کرده اند. کثرت حفاریات غیر مجاز و حلقه چاه های خاکبرداری شده چندین کوره سفالپزی را آشکار کرده است. در بررسی های به عمل آمده معلوم شد که این ناحیه نیز راسته سفالپزان و شیشه گران بوده است. کوره های این محل با کوره های شماره ۱ و ۲ و جوه اختلافی دارند و عموماً مربوط به همان دوره سلجوقی اند، منتهی سفال های بهتری می پخته اند و تصور این است که ظروف طبقات ممتاز اجتماع آن روز را در این کوره ها طبخ می کرده اند. ضمن بررسی بیشتر کوره ای با شکل استثنایی پیدا شد که متأسفانه نیمی از آن قبلاً توسط حفاران غیر مجاز ویران شده و از بین رفته بود. ناگزیر قبل از شروع به حفاری از شکل موجود آن طرح و عکس برداشته شد. این کوره به شماره ۳ نامگذاری شد و خاکبرداری آن دو روز ادامه یافت. کرگرانی که در آن مشغول به کار بودند ملزم به دقت، صبر و حوصله و نظم گردیده بودند، چه در غیر این صورت امکان داشت بقایای کوره که بدون پشتیبان بر روی زمین مانده بود، در اثر غفلت و عجله در کار، کاملاً ویران شود و ما نتوانیم کیفیت مجموع آن را در پایان کار بررسی کنیم. آتشدان و انبار کوره که احتمال داشت سفالینه های جوش خورده و وسایل و ابزار رادرون خود نگه داشته باشد، به علت تجاوز حفاری قبلی پاک شده بود.

ساختمان کوره از نظر آتشدان با کوره های اول و دوم شباهت تام داشت، منتها در قسمت علیا و استوانه بالایی به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر باقی بود که سقف مشبک بر آن قرار

گرفته است. در کوره شماره سه، استوانه از سکوی مدور و مشبک پخت به ارتفاع ۱/۸۵ متر تا رأس کوره که احتمالاً دارای سقف گنبدی بوده است، ادامه می یابد. بدنه عمودی این استوانه را سوراخ های مدور محل توپی هابه قطر ۸ سانتیمتر تشکیل می دهند. سوراخ های مدور در دو ردیف منظم کمربندی استوانه را مزین و مشبک کرده اند. با توجه به تعداد سوراخ های باقیمانده و سالم استوانه که به هشتاد می رسد، تعداد این سوراخ ها در کوره سالم و کامل به ۱۶۰ سوراخ می رسیده است، در حالی که این سوراخ ها در کوره های شماره اول و دوم فرو افتاده اند. ارتفاع کوره از سکوی پخت (جایگاه چیدن سفالینه ها) تا کف آتشدان ۱/۶۰ متر و مجموع ارتفاع آن از کف آتشدان تا رأس کوره ۳/۴۵ متر بوده است. قطر سکوی پخت ۲/۷۰ متر، قطر کوچک دهانه مدور آتشدان ۱/۳۰ متر و قطر بزرگ که به دریچه سوخت و دودکش کوره منتهی می شود ۲ متر است. تعداد تنوره های هدایت حرارت در کوره اول شش تا، در کوره دوم سه تا، و در این کوره فقط یکی است. منتهی اندازه این تنوره ها که در دو کوره قبلی ۱۲*۱۲ سانتیمتر بوده در این کوره بسیار بزرگ است. در زیر سکوی مدور پخت، آتشدان کوره عیناً به شکل خمیره و از آجر ساخته شده است. بدنه ای که به دریچه سوخت منتهی می شود شیب تندی دارد که تا مرکز کوره امتداد یافته و نوع سوخت مانند کوره های قبلی از گاه بوده است.

دهانه مدور کوره چهارم در عمق ۵۰ سانتیمتری سطح زمین در جوار کوره سوم آشکار شد. سقف مشبک آن با توپی های سفالین یکجا به درون کوره فروریخته و شکل ساختمانی اش با کوره سوم مشابه است، اندازه و ابعاد آن بدین ترتیب است: قطر دهانه مقدم کوره ۲/۴۵ متر، ارتفاع از دهانه تا سکوی پخت ۷۰ سانتیمتر، قطر سکوی پخت ۲/۴۵ متر، قطر بزرگ دهانه آتشدان ۱/۸۵ متر، قطر کوچک دهانه آتشدان ۱/۱۵ متر، و عمق کامل آن از دهانه تا کف آتشدان ۲/۳۰ متر است. در عمق ۲/۳۰ متری یعنی در کف آتشدان کوره، بلافاصله پس از لایه سوخته و آهکی حلقه چاهی آشکار شد. با حفاری حلقه چاه مزبور معلوم گشت که چاه مستراح و مربوط به تأسیسات قرن چهارم هجری بوده است. پاره سفال هایی که از چاه مزبور خارج شد مزین به خطوط کوفی و دارای لعاب

عاجی رنگ وپاره سفال ها عموماً از بار چاه مزبور بیرون آمدند. درجوار این دوکوره نیز چاه هایی تعبیه شده است که سفالگران آن عهد خاکسترو زواید به درون آنها می ریخته اند. ضمن خاکبرداری از چاه ها تعدادی تویی های سفالین شکسته، سه پایه سفالین و سفال های جوش خورده و گدازه به دست آمد.

کوره به طور کلی عبارت از فضایی مسدود با حرارتی قابل کنترل جهت پخت وپز ظروف گلی، سرامیک وکاشی است. در دوران های ماقبل تاریخ ابتدا کوره رابه صورت اجاقی درروی زمین تعبیه کرده و سفالینه ها رادرون آن می چیده اند وگرده های تاپاله را گنبدی شکل روی سفالینه ها قرارداده و آتش می کرده اند. بعدها سقف گلی موقت گنبدی شکلی روی اجاق بنا کرده که پس از پایان پخت وپز قسمتی از آن را خراب کرده و سفالینه ها رابیرون می آوردند. امروزه کوره ها دائمی هستند و در هر دوره پخت به طور مکرر ظروف و مصنوعات سفالی و چینی را می پزند. شکل کوره ها چهار گوش و به مقتضای نوع محصول دارای طاقچه و امثال آن است. کوچکترین کوره ها لافل در هر بار پخت بین ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ظرف و گلدان متوسط تولید می کنند و معمولاً ارتفاع این کوره ها به ۴ الی ۵ متر می رسد. سفالگران لالچین در حال حاضر جهت چیدن ویا برداشتن محصولات سفالین به محوطه داخلی کوره که همتراز زمین و دارای ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر است، وارد و خارج می شوند. مدخل کوره در هنگام پخت سفال به وسیله پاره آجر بسته می شود. سوراخ کوچکی به قطر ۱۰ سانتیمتر جهت مشاهده چگونگی پخت وپز در بالای مدخل وجود دارد و سفالگر در امتداد مسیر دید خود مقره هایی استوانه ای شکل که مشابه گل سفالینه ها چیده شده هستند را داخل کوره قرار می دهد تا با نگاه به آن ها از چگونگی پخت سفالینه ها آگاه شود. در سقف کوره نیز چند سوراخ دیگر جهت مکش هوا و خروج دود تعبیه کرده اند که در مواقعی جهت ایجاد اتمسفر با تویی های هویجی شکل آن ها را مسدود می کنند. امروزه برای پخت محصولات چینی، سرامیک و سفال انواعی از کوره ها وارد ایران شده که با اسامی کوره، فرن، بریز، تنور - شاخوره، داش، و دم و داشت، مشهورند. ساختمان کوره های جدید بستگی به نوع تولیدات

آن دارد. روش پخت چینی و سفال پیشرفت زیادی کرده و کوره های جدید بیشتر با کمپرسور و فشار، سوخت را که معمولاً نفت یا گاز است منتقل می کنند. کوره های جدید برقی نیز وارد شده که دارای تنظیم کننده بوده و به کلید قطع و وصل و اتوماتیک مجهزند. در ابتدا حرارت بسته به نوع محصول (بدون لعاب) یا (با لعاب) تنظیم می شود و کلید اتوماتیک، حرارت های کند و تند را خود تا پایان عمل پخت هدایت می کند. در این نوع کوره های برقی مدرن درجه رابا توجه به نوع محصول یا لعاب و مدت زمان پخت تنظیم می کنند. چنانچه ظروفی برای بار اول باید پخته شوند حرارت را روی ۹۰۰ درجه سانتیگراد و چنانچه سفال در پخت اول لعاب داده شده باشد، میزان حرارت را روی ۱۰۲۰ تا ۱۰۴۰ درجه سانتیگراد می گذارند. عقربه قرمز دستگاه نشان دهنده حرارت داخل کوره است که بعد از مدت زمان لازم حرارت مورد نیاز را خود به خود تأمین می کند. تنظیم دستگاه روی حرارت اتوماتیک باعث می شود که خود به خود حرارت از پایین ترین درجه آغاز شود و رفته رفته بالا رود تا سفال ها ترک نخورند و تخریب نشوند، زیرا حرارت باید به آهستگی و در هر ساعت فقط ۱۰۰ درجه سانتیگراد اضافه شود و ۵ تا ۶ ساعت ادامه یابد. درجه چهارم نشان دهند هبالاترین درجه حرارتی است که محصولات سفالین در آن به حد کمال پخت می رسند. زمان بالاترین درجه حرارت پخت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه و بستگی به نوع محصول و تنظیمات اولیه دارد.

مراحل پخت در کوره های مدرن به این ترتیب است که ابتدا حرارت در جهت خشک شدن محصول عمل می کند. در این دوره پخت تمام اجزاء و ترکیبات آلی در خمیره سفال سوخته و زایل می گردند. در حرارت تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد آب های ترکیبی بخار می شود. در حرارت ۴۰۰ درجه آب های شیمیایی اضافی نیز بخار شده از گل خارج می شود و در حرارت ۶۰۰ درجه سانتیگراد آب مولکولی نیز از گل خارج خواهد شد. در ۶۵۰ درجه سانتیگراد گل سفالی تجزیه شده و ذرات آن متراکم می گردد، ولی با این حال هنوز محصول ترد و شکننده است. در این مرحله سفال را در لعاب مورد نظر فرو می برند و لعاب به سرعت جذب سفال شده و با آن درمی آمیزد. در مرحله دوم پخت

به همان شکل مرحله اول تا ۱۰۴۰ درجه سانتیگراد بالا می رود و سفال کاملاً متراکم و سخت می شود.

مدت پخت سفال در کوره های لالچین و قم و نظایر آن ها که کوره های سنتی با سوخت جدید هستند، ۲۴ ساعت است و پس از خاموش کردن کوره مدت ۴۸ ساعت هم برای سرد شدن کوره وقت لازم است. درجه کمال پخت سفالینه ها علاوه بر مراحل حرارت، با توجه به موادرسی متفاوت در مناطق مختلف تعیین میشود، به این ترتیب که گل رس لالچین، قم، شهرضا، بیدخت و کلپورکان در درجات معینی که به وسیله سفالگران معین می شود به کمال پخت خواهند رسید.

لالچین ده بزرگی از بخش بهار همدان و دره یجده کیلومتری شمال آن واقع است، پیشه مردمان آن عموماً سفالگری است. سفالگران خاک را از زمین های اطراف آن برداشت کرده و پس از ساختن دوغاب و انبار در حوض مخصوص ورز داده و آماده کرده پس از مدتی مورد مصرف قرار می دهند. امروزه در لالچین بیش از ششصد کارگاه سفالگری دایر است و سوخت اغلب این کارگاه ها نفت یا نفت گاز است.

روش تهیه لعاب در کارگاه های لالچین نیز به طریق سنتی و ترتیب زیر صورت می گیرد: سه من قلیا را که از سوزاندن گیاهی بنام اشنون (= گیاه چوبک) به دست می آید با دو من سنگ چخماق مخلوط کرده، هزار درجه سانتیگراد حرارت می دهند تا نوعی شیشه به دست آید. این شیشه را خرد و آسیاب کرده، ۱/۵ من از آن بایک من سنگ چخماق و نیم من بلور (خرده های بطری، لیوان و شیشه تلویزیون) مخلوط و آسیاب می کنند. به این مخلوط اصطلاحاً یک پستاهی سه منی می گویند که لعابی بی رنگ است و برای تهیه همه لعاب ها به کار می رود: برای لعاب زرد رنگ، سه من از این مخلوط را با دو من اکسید سرب مخلوط می کنند و در کوره می پزند تا به صورت خمیر درآید. سپس آن را خرد و آسیاب می کنند.

برای لعاب فیروزه ای؛ سه من از ماده و مخلوط بی رنگ رابادو من اکسید سرب و نیم من اکسید قلع و نیم من اکسید مس و نیم مثقال کبالت مخلوط و آسیا می کنند. برای لعاب سبز؛ سه من از مخلوط رابادو من اکسید سرب و نیم کیلو توفال مس (اکسید مس) مخلوط و آسیا می کنند. برای لعاب قهوه ای، سه من از ماده بی رنگ رابایک کیلو اکسید آهن و نیم کیلو مغن (اکسید منگنز) مخلوط و آسیا می کنند.

کوره ها

هر کوره اصولاً یک اجاق است. اجاقی که برای رسیدن به درجه حرارت های بسیار بالا ساخته شده است. یک کوره باید حرارت را از طریق مواد سوختی یا بوسیله الکتریسیته تامین نماید و می بایستی حرارت را در محفظه خود، جایی که قطعات قرار می گیرند، محبوس نگاه دارد. اطراف شعله و دیواره داخلی محفظه کوره بایستی از مواد نسوز ساخته شده باشد تا درجه حرارت های بالا را تحمل کند. در اطراف این مواد باید لایه هایی از مواد عایق کننده وجود داشته باشد تا از فرار حرارت جلوگیری بعمل آورد.

آجرهای کوره

آجرهایی که در دیواره های داخلی کوره مصرف می شوند باید نسوز باشند. آجرهای نسوز معمولی سنگین بوده و فوق العاده متراکم هستند. این آجرها درجه حرارت های بالا را تحمل کرده ولی سریعاً آن را هدایت می کنند. کوره ای که با این آجرها ساخته می شود، قسمت اعظم حرارت خود را از طریق دیوارهای آن از دست می دهد. وقتی از آجرهای نسوز استفاده می شود، لازم است لایه ای از مواد عایقی مانند میکا (ورمیکولیت - ترکیب سیلیکاتهای هیدراته آلومینیوم، آهن و منیزیم یا پشم شیشه و یا مواد پرکننده معدنی را در اطراف آنها ریخته و سپس لایه ای دیگری از آجر عایق کاری را در بدنه ی خارجی کوره بوجود آورد. آجرهای عایقی نرم و متخلخل می باشند و حرارت را به راحتی هدایت نمی کنند، ضمناً تحمل درجه حرارت های بالا را

ندارند. اگر از این آجرها برای جدار داخلی کوره استفاده شود هنگام حرارت دادن فرو می ریزند با محصول جدیدی که عایق و نسوز است می توان بر این مشکل فائق آمد. این آجرها متخلخل بوده و به آسانی حرارت را هدایت نمی کنند و در عین حال در مقابل درجه حرارت های بالا مقاوم هستند. من چنین آجری را که یک طرف آن روی شعله داغ و سرخ شده و طرف دیگرش هنوز به اندازه کافی سرد بود که بتوان در دست گرفت دیده ام. آجرهای نسوز و عایق کاری در درجه های شماره ۲۶، ۲۲، ۲۰،... فروخته می شوند. شماره های درجه حرارتی را که آجر تحمل می کند نشان می دهند. شماره ۲۰ برای ۲۰۰۰ درجه فارنهایت، شماره ۲۲ تا ۲۰۲۰ درجه فارنهایت بالا می رود.

مدار حرارتی کوره

وقتی گل رس را حرارت می دهیم تغییرات قابل ملاحظه ای صورت می گیرد در فصل هفتم آموختیم که خاک رس از تجزیه سنگ های فلدسپاتی طی یک فرایند جوی که قرن ها بطول می انجامد تشکیل می شود. زمانی که قطعه ای از گل رس را در کوره حرارت می دهیم، فرایند جوی را تغییر داده و در عرض چند ساعت گل رس را به ماده ای شبیه سنگ اولیه که آن را تشکیل گردیده تبدیل می کنیم.

هنگامی که با گل رس کار می کنیم، بعلت آب موجود در آن نرم و شکل پذیر است که آب پلاستیسیته نامیده می شود. پس از تکمیل مجسمه و خشک شدن آن آب پلاستیسیته تبخیر شده و گل رس سخت و غیرقابل کار کردن می شود. با این وجود هنوز دارای مقداری آب است. در واقع دو نوع آب وجود دارد. یکی بصورت رطوبت آتمسفری است، چرا که گل رس تحت تاثیر رطوبت هوای اطراف خود واقع شده و در روزهای بارانی رطوبت بیشتری را جذب می کند. این موضوع را باید مخصوصا موقع حرارت دادن قطعات بزرگ بخاطر سپرد. زیرا با اینکه قطعات ظرف مدت چند هفته خشک می شود، هنگام گذاردن در داخل کوره هنوز کاملا خشک نگردیده است، مگر آنکه در اتاق خشک کن قرار داده و یا آنرا حرارت داده باشند. خاک رس علاوه بر

رطوبت آتمسفری دارای رطوبت شیمیایی نیز می باشد . این رطوبت در ساختمان ملکولی ذرات خاک رس وجود دارد که نمی توانید آنرا لمس کنید ولی حضور آن باعث می شود تا خاک رس قابلیت کار کردن را پیدا کند. وقتی آب شیمیایی خاک رس خارج می شود دیگر با آسیاب کردن یا خیساندن در آب نمیتوان آن را مجددا نرم ساخت .

دود دادن آب

شروع مرحله ی حرارت دادن کوره را دوره دود دادن آب می نامند . این عمل موقعی صورت می گیرد که آب جوی از گل رس خارج می شود . این امر بخش مهمی از حرارت دادن کوره است . بویژه اگر قطعهبزرگی در کوره باشد، این مرحله را بصورت بطئی و کند انجام می دهند تا تمام رطوبت گل بدون اینکه خساراتی به قطعه وارد شود، امکان خارج شدن را پیدا کند. در کوره های گازی یا مازوتی این رطوبت از دود کش خارج می شود. در کوره های الکتریکی که دود کش ندارند، بایستی در اولین ساعت پخت دریچه کوره را مختصری باز گذاشت تا رطوبت از آن خارج شود.

آبگیری (آب زدائی)

پس از آن که جوی کلا خارج شد ،تغییر بعدی در خاک رس خارج شدن آب شیمیایی آن است . این عمل قبل از آنکه درجه حرارت کوره به ۱۰۰۰ درجه فارنهایت برسد یا دقیقا قبل از سرخ شدن گل اتفاق می افتد . این دوره نیز به نوبه ی خود مهم است و باید مراقب بود.به ویژه اگر قطعات بزرگی در کوره قرار دارد ،بایستی بالا بردن درجه حرارت آن را به آهستگی انجام داد. نقطه آبگیری (آب زدائی) حداقل باید دو ساعت طول بکشد . در مورد کوره های بزرگتر این زمان طولانی تر خواهد بود .

درست در بالای این درجه حرارت یعنی ۱۰۶۳ درجه فارنهایت، تغییر ی فیزیکی در سیلیس صورت گرفته و آنرا منبسط می کند. این درجه حرارت نقطه بحرانی در مدار حرارتی کوره هاست که گاهی قطعات بزرگ در این نقطه می شکنند.

با بالا رفتن درجه حرارت فضای داخل کوره شروع به سرخ شدن کرده و برنگ قرمز در می آید. حال اگر از سوراخ کوره به داخل آن نگاه کنید می توانید حدود اشیاء داخل آنرا تشخیص دهید. وجود مخروط های حرارتی در این درجه حرارت مفید واقع می شوند (در درجه حرارت پائین تر نمی توانید آنها را ببینید) در حرارت ۱۱۲۱ درجه فارنهایت به درجه حرارت خم شدن پائین ترین مخروط یعنی مخروط ۰۲۲ می رسیم.

در شروع حرارت دادن به کوره های الکتریکی، تشخیص درجه حرارت از روی رنگ آن غیر ممکن است، زیرا با سرخ شدن عناصر حرارتی، فضای داخل کوره روشن شده و دیدن اشیاء در آن قبل از آنکه در واقع داغ شده باشند، ممکن می گردد.

مواد آلی

فرایند گرم شدن کوره را می توان از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه فارنهایت سرعت بیشتری انجام داد مگر آنکه کوره حاوری قطعاتی از گل رس معمولی باشد. در مدت این دوره مواد آلی موجود در گالرس سوخته و بنابراین اگر گل زیادی از این نوع حرارت داده می شود بایستی حرارت را با کندی بالا برد. در این محدوده ی حرارتی رنگهای روی لعاب و مینا و همچنین لعابهای با پخت پائین مانند کروم های سرخ قرار دارند.

درجه حرارت های پخت کامل

دوره گرم شدن کوره از ۱۵۰۰ تا ۲۱۰۰ درجه فارنهایت را برای ظروف بدون لعاب می توان سریع انجام داد. در این دوره که آب گل رس که خارج شده و نقطه

بحرانی تغییر سیلیس گذشته است، می توان حتی الامکان درجه حرارت را سریعاً افزایش داد. (این امر در مورد کوره هائی که حاوی ظروف لعاب زده بوده و به توجه خاصی نیاز دارند صدق نمی کند ولی اکثر لعاب هائی که روی سفال مصرف می شوند، سرعت حرارت دادن را تحمل می کنند).

اغلب گل رسها در این محدود حرارتی به درجه حرارت پخت کامل خود می رسند. خاک رسهائی که پس از پختن به رنگ قرمز در می آیند، قبل از همه یعنی حدود ۱۹۰۰ درجه فارنهایت، پخته می شوند برای گل رس های زرد باید درجه حرارت را بالا برد. این گل به ندرت در پائین مخروط ۱ به پخت کامل می رسد. مراقب گل رسهای قرمز باشید زیرا محدود پخت آنها بسیار کوتاه است. گل رس قرمزی که در مخروط ۴ به پخت کامل می رسد، در مخروط ۱ شدیداً حرارت دیده و رنگ و شکل آن از بین می رود ولی اکثر گل رسهای زرد محدود حرارتی وسیعی دارند و می توانند بین مخروط ۹ تا ۱۰ بدون تغییر شکل و آسیب دیگری پخته شوند.

شیشه ای شدن گل رس

هر قدر گل رس را در درجه حرارت بالاتری قرار دهیم سخت تر می شود. سیلیس و مواد کمک ذوب موجود در گل رس پس از گذشتن از درجه حرارت پخت کامل، ذوب شده و تشکیل شیشه می دهند. اگر بتوان گل رس را بدون فرو ریختن تا درجه حرارت های بالا حرارت داد وقتی از کوره خارج می شود ظاهری شیشه ای پیدا کرده که فوق العاده سخت و در مقابل آب غیر قابل نفوذ است.

سرد کردن کوره

وقتی کوره به درجه حرارت لازم رسید، میتوان آنرا خاموش کرد و دیگر نیازی به روشن نگذاشتن در آن درجه حرارت نیست. در کوره های گازی یا مازوتی باید

برای مدت چند دقیقه دریچه ها را باز کرد تا گازهای موجود از کوره خارج شوند . پس از آن دریچه ها را ببندید .

روند سرد شدن کوره بایستی تدریجی باشد . اکثر کوره ها اصولاً به اندازه کافی عایق بندی شده اند و بنابراین باید تنها کوره را خاموش کرده و تامل کرد تا سرد شود . در سرد کردن کوره عجله نکنید . سرد کردن یک کوره بزرگ دو روز طول می کشد . حتی یک کوره کوچک الکتریکی را نیز باید قبل از باز نمودن برای مدت ۲۴ ساعت سرد کرد . هرگز قطعه ای را قبل از آنکه کاملاً سرد شده باشد بطوریکه بتوان با دست آن را برداشت ، از کوره خارج نکنید .

بارگیری (چیدن) کوره

طریقه چیدن ظروف در کوره برای پختن را بارگیری کوره می نامند . زمان بارگیری کوره دقت لازم را بکار برید . بنخاطر اقتصادی بودن عمل پخت حتی الامکان کوره را با قطعات زیادی پر کنید ولی هیچگاه کوره را کاملاً مسدود و یا به اصطلاح خفه نکنید . فضای کافی برای حرکت یکنواخت و کامل حرارت در اتاقک کوره لازم است . بطوریکه پس از تکمیل بارگیری ، اگر مگسی قبل از بستن دریچه کوره به داخل آن وارد شود ، باید بتواند بطور آزاد در اطراف هر قطعه پرواز کند .

چیدن قطعات لعاب خورده در کوره

قطعات خامی که لعاب ندارند می توانند در کوره با یکدیگر تماس داشته باشند . قطعه ای را که از نظر وزنی سبک است می توان در بالای قطعه دیگر قرار داد . مشروط بر اینکه قطعه زیرین سخت و مقاوم بوده و طوری ساخته شده باشد که بتواند وزن قطعه بالایی را تحمل کند .

ولی قطعاتی که لعاب خورده اند نباید با چیزی در تماس باشند . در غیر اینصورت سریعاً به یکدیگر می چسبند . این مطلب در مورد قطعاتی که تمام قسمت

های آن لعاب زده شده است مشکلاتی را ایجاد می نماید . در چنین مواردی نیاز به پایه های مخصوصی است تا هیچ قسمت از سطوح لعاب دار با قفسه های کوره تماس پیدا نکند.

تکیه گاههای داخل کوره

سفال سازان برای جلوگیری از تماس قطعات لعاب زده به قفسه ها یا کف کوره از انواع مختلف تکیه گاه استفاده می کنند . پابلند (Stilt)، زمینی (Saddle) ، مهمیزی (Spur) ، و انگشته ای (Thimble) از آن جمله اند که در شکل ۶۸ نشان داده شده است . این تکیه گاهها از چینی های بدون لعاب که در درجه حرارت های بالا پخته شده اند ساخته می شود . انتخاب نوع تکیه گاه ، بستگی به شکل ، اندازه و وزن قطعه ای دارد که روی آن قرار می گیرد . قطعه را باید در محلی پایدار و ثابت نگاه داشت تا امکان برگشتن و افتادن آن نرفته و حداقل سطح اتکاء را داشته باشد . مناسب بودن تکیه گاهها از نظر اندازه و غیره اکثر احتیاجات سفال گران را برطرف می سازد.

تکیه گاههای دست ساز

مواردی پیش می آید که تکیه های معمولی بکار نمی آیند . بعبارت دیگر پایه های تکیه گاه در محل مناسبی نبوده و یا قطعاتی که در کوره می گذارید فوق العاده کوچک اند . اغلب اشیا زینتی سفالی کوچک و یا اشکالی که تکیه گاه مسطحی ندارند این مشکلات را در بر دارند . در چنین شرایطی به شرط اینکه در جه حرارت کوره بالاتر از مخروط ۰۴ نباشد می توانید با استفاده از گل رس ، سیمهای فلزی و حتی میخ ، مطابق شکل ۶۹ تکیه گاههای ویژه ی قطعه مورد نظر خود را بسازید . برای احتیاط بیشتر مقداری خاکه سفال را با خاک رس مخلوط کنید .

این نوع تکیه گاههای دست ساز را نمی توان در کارهایی که به حرارت‌های بالا نیاز دارد بکار گرفت زیرا فلز بکار رفته در آنها ذوب می شود .

پاک کردن لعاب پایه مجسمه

مجسمه های بزرگ را باید به حالت ایستاده بر روی پایه های خود و بدون استفاده از تکیه گاه در داخل کوره قرار داد . هرگاه چنین قطعاتی لعاب زده می شود باید قسمت تحتانی آنها را خشک نمود یعنی تمام لعاب روی پایه و همچنین کناره های تحتانی مجسمه را پاک کرد بطوری که حاشیه ای از گل رس لخت بدون لعاب به عرض $\frac{1}{4}$ اینچ اطراف پائین ترین لبه آن ایجاد شود . این امر به ظاهر مجسمه لطمه ای زده بلکه کیفیت بهتری را ایجاد می کند . با استفاده از این روش دیگر خطر چسبیدن شدید قطعه به طبقات کوره وجود ندارد مگر آنکه اشتباهی رخ داده و یا از لعابی استفاده شود که خیلی روان است.

پوشش داخل کوره

برای اینکه کف و طبقات کوره در مقابل لعابی که از قطعات می ریزد حفظ شود می توان داخل آنرا با لایه ای به نام پوشش کوره (Kiln wash) رنگ نمود . این رنگ از مخلوطی بمقدار مساوی خاک چینی و فلینت با آب ساخته می شود که بصورت مایع خمیری رقیقی در آمده که می توانید آنرا با قلم موی نرم روی کف و طبقات کوره بزنید . سعی کنید تا پوشش یکنواخت و نسبتاً ضخیمی ایجاد نمائید . این رنگ ضمن عمل پخت ، سخت شده ولی ذوب نمی شود . بنابراین حتی اگر لعابی روی طبقه ای از کوره بریزد می توان به راحتی آن را کند.

از این پوشش برای سقف و دیواره های اتاقک استفاده نکنید . زیرا پس از سخت شدن پوسته کرده و هر قطعه لعاب داری که روی آن قرار گیرد خراب می شود . بهمین دلیل فقط یک طرف طبقات کوره را با این پوشش بپوشانید .

وقتی اشیاء لعاب خورده کوچک را که پائین شان پاک شده حرارت می دهید ، می توانید آنها را مطابق شکل ۷۱ روی تکه های کوچکی از خمیر مخصوص پوشش داخلی کوره قرار دهید . خمیر را روی طبقه ای از کوره گذارده و قطعه مورد نظر را با فشار روی آن فرو برید . به این ترتیب خمیر مزبور برای دو منظور بکار رفته است . یکی آنکه قطعه را در خود نگاه داشته و دیگر آنکه از رسیدن لعاب به پایه آن جلوگیری می کند.

کوره های بدوی

کوره های پخت بدنه های سرامیکی، از جمله ابزارهای اولیه بشر محسوب می شوند. ظهور اولین کوره، حداقل به ۸۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح بر می گردد و احتمالاً پیش از این نیز کوره پخت سرامیک وجود داشته است. البته کوره های اولیه کوره های کوچکی بودند. حتی کوچکتر از آتشدانهایی که برای سوزاندن استخوان یا سوزاندن آدمها بر پا می کردند. تعیین این موضوع که دقیقاً چه نوع کوره هایی در دوران پیش از تاریخ بکار برده شده اند، بر پایه ذهنیات استوار است اما می توان گفت که روشهای پخت در دوران گذشته، با روشهای سنتی پخت مواد سرامیکی متداول امروزی، شباهت زیادی داشته است.

بدون شک روشی که در ابتدا برای پخت بدنه های رسی، مثل کوزه و گلدان، بکار برده شد تا از گِل رس نرم، بدنه هایی سخت و با دوام و غیر قابل نفوذ از نظر آب بدست آید، بطور تصادفی کشف شده است.

احتمالاً انسانهای اولیه چنین مشاهده کردند که خاک رس زیر آتش های صحرائی، به صورت ماده ای سخت در آمده و یا سبدهای گل مالی شده بطور تصادفی در آتش افتاده و با سوختن چوب آن، گِل رویی آن بصورت لایه ای سخت و ظرف مانند بر جای مانده است. اگر چنین باشد، اینگونه کشف های بشر گام کوچکی در

استفاده کنترل شده از آتش بوده تا با تمرکز حرارت بر روی اجسام گلینه ای خام، بدنه های سخت بدست آید.

علم ساخت بدنه های سفالی و فن پخت آنها در بین انسانهای اولیه گسترده‌گی خاصی پیدا کرد و عملاً بصورتی مشابه در بعضی از نواحی کره زمین، مثل آسیای مرکزی و امریکای جنوبی، پخت محصولات سفالی رایج شد.

سفالگران بدوی، با توجه به موقعیت های محلی، از روشهای مختلف پخت، در گودالهای باز استفاده می کردند. در این دوران، پیشرفت اساسی خاصی که در پخت بدنه های سفالی دیده شده، احاطه کردن بدنه های با ذغال سنگ داغ سرخ شده و خاکه های گرم بوده تا بدین ترتیب دمای بدنه های رسی، به دمایی معادل دمای قرمز رسانده شود. برای انجام این کار، گودالی کم عمق، به عمق حدود ۱۴ تا ۲۰ اینچ و با چندین فوت مربع مساحت، در زمین کنده می شد. سپس دیواره های کناری و کف این گودال با لایه های از شاخه و برگ درختان یا نی خیزران پوشیده می گردید. روی این لایه، ظروف سفالی به گونه ای روی هم انباشته می شدند که بین آنها حداقل فضای خالی وجود داشته باشد. در اطراف و بر روی بدنه ها نیز سوخت می پاشیدند. گاهی مواقع، پیش از پاشیدن سوخت، از خرده بدنه های سفالی پخته شده که عموماً از کوزه و ظروف شکسته فرآیندهای قبلی پخت بر جای مانده بودند، بر روی بدنه های می چیدند. (همچنانکه در شکل ۳ نشان داده شده است) سوخت ریخته شده را آتش می کردند و اجازه می دادند تا سوخت به مدت یک یا دو ساعت، نسبتاً آرام بسوزد تا بدنه های سفالی کاملاً خشم شوند. از آنجایی که سوخت در یک گودال کم عمق مشتعل می شد، هوای زیادی به آن نمی رسید و به همین علت در ابتدای کار، سوخت به سرعت نمی سوخت، اما به تدریج با تشکیل خاکه های گرم، گرمای بیشتری حاصل می شد. در این موقع سوخت بیشتری پاشیده شده وقتی که شعله آتش به سطحی بالاتر از سطح گودال می رسید، شدت آتش نیز بیشتر می شد.

همینطور که سوخت به مقدار بیشتری سوزانده می‌شد بستری از خاکه‌های گداخته، بدنه‌های سفالی را احاطه می‌نمود و در نتیجه بدنه‌ها به دمای معادل دمای قرمز می‌رسیدند. پس از اینکه گودال و محتویات آن به دمای معادل دمای قرمز می‌رسیدند، آتش را به تدریج خاموش می‌کردند. برای این کار بالای آتش را با برگ‌های خیس، کود و یا خاکستر می‌پوشاندند تا گرما تلف نشود و موقعی که آتش کاملاً خاموش شده و خاکه‌های نیز سرد می‌شدند، ظروف پخته را از گودال خارج می‌کردند. ظروفی که طی این مرحله از پخت، ترک برداشته و یا خرد می‌شدند بعنوان پوشش خارجی عملیات پخت بعدی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در نقاط مختلف و بوسیله سفالگران مختلف، از سوخته‌های متنوعی برای گرم کردن محصولات استفاده شده است. گاهی مواقع از گیاهان یا علفهای خشک استفاده شده و گاهی مواقع نیز از شاخه‌های نازک درختان در این رابطه سود برده شده است. بعضی از سفالگران از کود خشک نیز به عنوان سوخت استفاده کرده‌اند. مزیت این سوخت در این است که با سرعت بیشتری سوخته و سوختن آن نیز بطور یکنواخت تری انجام می‌شود و در حین سوختن نیز، بعنوان خاکه گرم، شکل خود را حفظ کرده و بدین وسیله از سرد شدن سریع بدنه جلوگیری می‌کند. گاهی مواقع عملیات پخت ظروف سرامیکی در یک گودال نسبتاً عمیق انجام شده است. در این روش، قسمت اعظم سوخت از همان ابتدا در کنار بدنه‌های سفالی قرار می‌گیرد. گاهی افراد دیگری هم بوده‌اند که از گودالهای بسیار کم عمق استفاده کرده‌اند و در این روش بدنه‌های سفالی و سوخت عمدتاً بالاتر از سطح زمین بر روی یکدیگر ریخته می‌شدند. در هر حالت زمان پخت کوتاه بوده، عموماً یک ساعت و یا حتی کمتر، دمای فرایند پخت به بالاترین دمای مورد نظر می‌رسیده است.

روش پخت گودالی دارای این مزیت است که در آن به ساختمان خاصی برای پخت بدنه‌ها احتیاج نبوده و به همین علت در هر جای ممکن و با هر سوخت در دسترس، می‌توان بدنه‌ها را به این روش پخت. البته افزایش دما در روش پخت

گودالی فقط تا محدوده معینی امکان پذیر است؛ و یا به عبارتی با استفاده از سوخت بیشتر، دما از حد خاصی فراتر نمی رود. دماهای پخت در گودالهای باز، بندرت از دمای قرمز کم رنگ، یعنی حدود بین $700-900^{\circ}\text{C}$ ، متجاوز می گردد. اگرچه این دماها برای پخت بدنه های سفالی نرم و متخلخل کافی بنظر می رسد، اما برای پخت بدنه های سخت و غیر قابل نفوذ و یا برای پخت لعاب به حد کافی زیاد نیست. علی رغم این موضوع، در همین محدوده دمایی پایین و یا به عبارتی با روش پخت در دمای پایین، سفالگران باستانی موفق به ایجاد بدنه هایی شدند که از نظر زیبایی و هنری، دست کمی از بدنه های تولید شده بوسیله استادان چیره دست بعدی نداشتند، حال اینکه هنرمندان دوران بعد، از تکنیک های پیشرفته تری نیز در پخت بدنه های خود استفاده می کردند.

بدنه های بدوی اگرچه متخلخل بوده و استحکام کمتری نیز داشتند اما با استادی و با روش های تکنیکی فراوان ساخته می شدند. مثلاً در کشور باستانی پرو، سفالگران از نوعی قالب های رسی و روش قالب بندی با دست استفاده می کردند و قادر بودند تا فرایند پخت را به گونه ای کنترل نمایند که رنگهای جالب بر روی بدنه قالب ریزی شده بدست آید.

در روش پخت گودالی، اغلب بدنه ها در تماس مستقیم با خاکستر همراه محصولات احتراق چوب یا ذغال سنگ قرار می گرفتند. در نتیجه عموماً محصولات سفالی، ظاهری سیاه و تیره رنگ پیدا کرده و غالباً بد رنگ می شدند.

البته در احتراق چوب نیز، با کنترل دقیق احتراق، می توان اتمسفری تمیز و عاری از دود ایجاد نمود و چنین اتمسفری بدنه هایی تمیز و عموماً قرمز رنگ بدست آورد. محصولات با این ویژگی را اصطلاحاً محصولات اکسیده شده یا محصولات حاصل از اتمسفر اکسیداسیونی می نامند.

اگر عمداً ایجاد بدنه ای سیاه رنگ مدّ نظر باشد، با افزودن مقدار سوخت و در انتهای فرایند و پوشاندن سر گودال، این کار به آسانی انجام پذیر است. با انجام این روش (یعنی خفه کردن آتش، اتمسفر با دود غلیظ با اصطلاحاً اتمسفر احیاء ایجاد شده.) کربن در تخلخل بدنه نفوذ می کند و سرتاسر آن را سیاه می نماید.

در آن ایام، برای تولید بدنه های قرمز (اکسید شده) و یا بدنه های سیاه، از یک خاک استفاده کرده و فقط روش پخت را تغییر می دادند. از آنجایی که پخت در دماهای نسبتاً پایین انجام می شد، آن دسته از بدنه های سفالی که در حالت خام با سنگ نرم و صاف، صیقل کاری می شدند، پس از پخت نیز سطح صاف و صیقل کاری شده خود را حفظ می کردند. در آن ایام با این کار به بدنه حالت تزئینی می دادند.

اولین مرحله در پیشرفت کوره های پخت مواد سرامیکی، تغییر دادن گودال بصورتی بود که حرارت را به نحو بهتری حفظ کند و سوخت نیز به گونه ای تغذیه می شد که گرمای حاصل از احتراق سوخت بصورت بهتری سیرکولاسیون داشته باشد. پیشرفت ساده اما مؤثری که در پخت با روش گودالی ایجاد شده این بود که در قسمت های پایین تر گودال سوراخهایی برای دمیدن هوا در نظر گرفته شد تا با وارد کردن هوا از این سوراخها، احتراق به نحو بهتری انجام شود. اگر هوای کمی نیز از کف گودال دمیده می شد، دمای فرایند پخت حداقل به اندازه 100°C افزایش پیدا می کرد. پیشرفت دیگری که در گودالهای حفر شده ایجاد شد، ایجاد دیواره های رسی یا گلی کوتاه در اطراف گودال بود که می توان این مرحله را گامی در ایجاد یک کوره ناقص و اولیه دانست. این دیواره ها، در نگه داشتن گرمای خاکه های گرم مراحل پایانی پخت کمک می کرد. کوره های گودالی از این نوع، هنوز هم در اسپانیا و مکزیک مورد استفاده هستند.

شکل ۷ کوره ای را نشان می دهد که در بسیاری از نقاط دنیا کاربرد داشته و اساساً از یک دیواره دایره ای شکل تشکیل شده که چندین دهانه آتش (یا اصطلاحاً همان آتشدان) برای آن در نظر گرفته شده است.

گام بعدی، که پیشرفتی اساسی در تکنیک آتش کردن کوره محسوب می شود تغذیه سوخت به کف گودال یا محفظه می باشد. با این کار اجازه داده شد تا شعله از میان بدنه های چیده شده به بالا رود. با این روش، نسبت به حالتی که بدنه ها در بستری از خاکه های محبوس می شدند، انتقال حرارت به نحو بهتری انجام شد.

کوره هایی که در کشورهای مشرق زمین بکار گرفته شدند، مرحله دیگری از پیشرفت طرح کوره ها را به همراه داشتند. این کوره ها اگرچه از جمله کوره های بدوی هستند اما هنوز در عراق، آفریقای شمالی و کرت (Crete) کاربرد داشته و بدون شک شباهت زیادی به کوره های توسعه یافته در مصر باستان و بین النهرین دارند و در واقع اولین کوره های پخت محصولات سرامیکی محسوب می شوند.

شکل کوره اساساً یک استوانه است که قسمت بالایی آن باز بوده و همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده، دارای یک دهانه تونلی شکل برای تغذیه یا ورود آتش از کف می باشد. سطح یا صفحه ای که بدنه های روی آن چیده می شدند، سوراخ دار بوده و این سوراخها به شعله های آتش و یا محصولات احتراق اجازه می دادند تا به سمت بالا حرکت کنند. گاهی مواقع برای ایجاد سطحی که بدنه ها را روی آن بچینند، از شمش های رسی پخته و گل رس استفاده می کردند. شمش های رسی پخته را بصورت عرضی چیده و فواصل خالی آنها را با گل پر می کردند به گونه ای که فقط یک سری سوراخ باقی بماند. سپس بدنه ها را، روی سطح تشکیل شده، بر روی یکدیگر می چیدند. از دهانه ورود آتش، به داخل کوره آتش کرده و شعله ها و گازهای گرم حاصله را از میان بدنه ها، به سمت بالا حرکت می دادند. گاهی مواقع نیز قسمتی از بالای کوره را با بدنه های سفالی شکسته و یا کاشی شکسته و کاهگل می پوشاندند.

این طرح، نسبت به کوره گودالی یا روش پخت در گودال، از پیشرفت بسیار زیادی برخوردار است چرا که تمام اجزاء لازم برای یک کوره واقعی را دارا می باشد. کوره شکل ۱۱، دارای آتشدانی است که می توان سوخت را در آنجا سوزانده و حرارت ایجاد نمود. علاوه بر این دارای محفظه ای است که می توان بدنه ها را در داخل آن قرار داده و حرارت را حفظ نمود، و بالأخره دارای دهانه ای است که گازهای گرم را به خارج هدایت می کند و در نتیجه با ایجاد درفت، هوا را از طریق آتشدان کوره مکیده و باعث حرکت محصولات احتراق به سمت بالا و به طرف مجرای تخلیه دود کوره می شود. اگرچه امکان تکمیل این طرح وجود داشت، اما کوره هایی نظیر همین کوره از زمانهای دور تا دوران امروز، در نواحی مدیترانه ای و اروپا مورد استفاده قرار داشته اند.

کوره های اولیه ای که در مصر، آسیای صغیر، و نواحی مدیترانه بکار گرفته شدند، از آجرهای خشتی ماسه ای، آجر پخته، و ماسه سنگ ساخته شده بودند. دیواره های کوره ها با گل رس ساخته شده. اغلب اطراف ساختمان کوره را با استفاده از خاک می پوشانند. با کپه کردن خاک در اطراف کوره، علاوه بر ایجاد حائلی برای دیواره آن، موجب حفظ گرمای داخل کوره نیز می شدند. به همین علت اغلب کوره ها را در کناره تپه و یا دیواره طبیعی بنا می کردند. در این مرحله از پیشرفت مورد استفاده قرار گیرد. کوره های بدوی نواحی مدیترانه ای معمولاً از بالا بارگیری می شدند. بدنه های سفالی به گونه ای بارگیری یا چیده می شدند که برای گذر شعله ای بین بدنه ها، جای کافی وجود داشته باشد. قسمت بالای کوره را با استفاده از بدنه های سفالی شکسته به گونه ای می پوشانند که قطعات شکسته ماند پولک ماهی هم پوشانی داشته و بدبین ترتیب تا حدّ زیادی حرارت در کوره حفظ شود. آتشدان یا دهانه آتش کوره به حدّی بزرگ ساخته می شد که امکان افروختن آتش تا حدّی مورد نیاز وجود داشته باشد و با قرار دادن آجر و سنگ در داخل آن، منقلی ایجاد می کردند تا هوا به آسانی به ماده سوختی در حال سوختن برسد. از بوته های صحرائی، نی خیزران، شاخه و برگ

درختان، و یا هیزم و چوبهای قطعه شده نیز به عنوان سوخت استفاده می شود. با استفاده می شد. با استفاده از بوته های صحرایی خشک، ایجاد شعله ای شدید و با حرارت زیاد امکان پذیر بود و با سوزاندن این ماده در دهانه آتش کوره قادر بودند شدید و با حرارت کوره سریعاً افزایش دهند.

مزایای کوره ساده ای از این نوع با سیستم درفت از بالا، کاملاً روشن است. در این روش، میزان احتراق قابل کنترل بوده و از حالت شعله کم، در شروع فرایند پخت، تا ایجاد شعله هایی با حرارت بسیار زیاد در پایان فرایند پخت قابل تغییر است. شعله و گازهای گرم حاصل از احتراق بصورت مؤثری سیرکوله شده و بطور مستقیم به بدنه ها حرارت داده می شود. دیواره های کوره، حرارت داخل کوره را حفظ کرده و موقعی که سطوح دیواره به دمای قرمز داغ رسیدند، حرارت را به داخل کوره برگشت می دهند. دهانه بالای کوره را می توان در حین پخت پوشانید تا حرارت بیشتری در کوره حفظ شود، اما معمولاً اجازه داده می شود تا گازهای گرم به مقدار کافی از طریق این دهانه به خارج راه پیدا کند تا در کوره کافی پدید آید.

با توجه به محصولات سرامیکی تولید شده در این نوع کوره های بدوی، در مصر، نواحی بین النهرین، کرت (Crete) و نواحی دریای اژه، بدست می آید که دمای کوره به 900°C و در برخی مواقع به احتمال زیاد تا 1050°C نیز رسیده باشد. در این کوره های بدوی رو باز و درفت از بالا، با رساندن دما به این دمای نسبتاً بالا و همچنین با داشتن کنترل بر میزان افزایش دما، در پخت محصولات سرامیکی پیشرفت زیادی حاصل شد و به تدریج کاربرد لعابهای سرامیکی توسعه پیدا محصولات سرامیکی پیشرفت زیادی حاصل شد و به تدریج کاربرد لعابهای سرامیکی توسعه پیدا کرد. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، پس از کاربرد کوره هایی با این طرح، تا همین اواخر، تغییرات زیادی در طرح و ساختمان کوره داده نشده بود.

طرح کوره هایی که در یونان باستان بکار برده شده، با توجه به ظروف باستانی کشف شده، کاملاً شناخته شده و تصویر شده است. با توجه به معلومات یونانی ها در مورد چگونگی بنا نهادن طاقهای گنبدی، مردم یونان باستان کوره های خود را مثل شکل ۱۵، شبیه به کندوی زنبور عسل می ساختند. در این کوره ها، آتش در یک آتشدان تونلی شکل افروخته شده و شعله های آتش به داخل محفظه کوره هدایت می شد. با باز و بسته کرده یک سوراخ در بالای محفظه کوره، میزان درفت نیز قابل کنترل بود. با توجه به نقاشی های باستانی یونان، ما مطمئن هستیم که کوره دارای درب بوده، همچنین دارای «بوته یا جایگاه محصولات» نیز بوده که بدنه ها را بر روی آن قرار می دادند و در قسمت زیر بوته نیز برای احتراق مناسب، فضای کافی وجود داشته است. احتمالاً کوره های یونانی را از آجر یا خشت های پخته می ساختند. با توجه به کیفیت خوبی که ظروف سفالی یونانی داشته و نیز با توجه به رنگهای تزئینی سطح آنها اطمینان داریم که کوره های مردم یونان باستان با کنترل خوبی اداره می شده و قادر بوده تا با توجه به نیاز سفالگر، اتمسفر احتراقی اکسیداسیونی و یا احیایی ایجاد نماید. احتمالاً کوره های یونانی بزرگ نبوده اند و قطر دایره محفظه آنها نیز به احتمال زیاد بیش از ۶ فوت نبوده است.

بیشتر اطلاعات ما در مورد کوره های رومی، با بررسی های انجام شده بر روی بنا های باستانی جزیره انگلیسی بدست آمده است. سپاهیان رومی مستقر در انگلستان، تأسیساتی بنا نهادند که از آنها برای تولید آجر، ظروف سفالی و کاشی استفاده می کرده اند. بقایای کوره های آنها، در ناحیه Holt در Denbighshire انگلستان پیدا شده است. در این نقطه، کارخانه ای از دل زمین حفاری شده که از هفت کوره بزرگ تشکیل شده است و احتمالاً تعداد کوره های آن زمان از این تعداد نیز بیشتر بوده است. این کوره ها اساساً از یک سطح یا بوته بزرگ و سوراخ دار تشکیل شده بودند که در زیر این سطح، فضایی برای برافروختن آتش وجود داشت. ظروف یا بدنه هایی که باید پخته می شدند، بر روی این بوته قرار می گرفتند و در روی آنها دیواره ای موقت از

گل بنا می شد. قسمت بالای دیواره به تدریج جمع شده و به صورت یک گنبد تبدیل می شد و در نتیجه محفظه اصلی کوره تشکیل می گردید. از آنجا که اطراف این کوره را با گل بنا می کردند این کوره را کوره گلی نامیدند که اصطلاحاً «کوره اسکو» نیز نامیده می شود.

در نقاط مختلف انگلستان، در اثر حفاری باستان شناسان، بسیاری دیگر از کوره های کوچکتر رومی نیز کشف شده که بیشتر آنها شکلی شبیه به شکل ۱۸ دارند. همانطور که دیده می شود، طرح کوره های رومی به طرح کوره های یونانی شباهت زیادی دارد و به عبارتی تنها اختلافی که وجود دارد این است که در کوره های رومی، بدنه ها در داخل محفظه ای موقت قرار می گیرند. محفظه که پس از هر نوبت پخت باید خراب شده و مجدداً برای پخت بعد بنا نهاده شود. در این کوره ها نیز آتش در یک آتشدان تونلی شکل افروخته شده و شعله و گرمای حاصل از احتراق به محفظه ای احتراقی که زیر بوته سوراخ دار کوره است، هدایت می شود. در این کوره، بدنه های رسی را، برای چیدن در کوره، یا بر روی کاشی های سوراخ دار قرار می دادند و یا از شمش یا الوارهای رسی پخته استفاده می کردند. همانطور که در شکل ۱۸ نشان داده شده، این شمش های بلند رسی از یک طرف بر روی لبه دور تا دور داخل کوره قرار می گرفتند و از طرف دیگر بر روی پایه ای حائل می شدند که تا وسط کوره امتداد یافته است. ظروف خام را بر روی یکدیگر، روی بوته کوره، می چیدند و روی آنها را با چند لایه گل و حصیر می پوشانند و سوراخی در بالای گنبد گلی کوره نیز برای خروج محصولات احتراق باز گذاشته می شد. قطر این کوره های رومی از ۴ تا ۶ فوت بوده و دهانه آتشدان کوره، معمولاً بین ۱۸ تا ۲۴ اینچ پهنا داشت.

انتقال حرارت و حفظ گرما در کوره

از دوران قدیم تا امروز، کوره اساساً محفظه ای از جنس مواد دیرگداز بوده که با روشهای مناسب، حرارت در آن ایجاد شده و این حرارت برای انجام کار در کوره

حفظ گردیده است. بررسی چگونگی انتقال حرارت از یک جسم به جسم دیگر در تشریح اصول کار کوره سودمند خواهد بود.

حرارت به یکی از سه روش زیر می تواند انتقال پیدا کند:

هدایت، کنوکسیون (یا جابجایی) و تشعشع.

در روش انتقال حرارت با «هدایت» باید گفت که فعالیت مولکولی اجسام با افزایش حرارت بیشتر می شود. همین موضوع باعث می شود تا گرمای از یک مولکول جسم به مولکول بعدی منتقل شده و بدین ترتیب در کل جسم توزیع شود. در یک جامد، حرارت یا گرما از نقطه ای که دمای بیشتری دارد به طرف نقطه ای که دمای پایین تر دارد منتقل می شود. همانگونه که قبلاً به آن اشاره شد، مواد مختلف، از نظر انتقال حرارت، قابلیت هدایت حرارت بسیار متفاوتی دارند. مقدار گرمایی که از طریق «هدایت» از اجسام عبور می کند به عوامل مختلفی بستگی دارد، که عبارتند از:

(۱) سطح مقطع انتقال دهنده حرارت. هر چه مقطع انتقال دهنده حرارت سطح بیشتری داشته باشد، حرارت بیشتری انتقال پیدا می کند.

(۲) ضخامت ماده انتقال دهنده حرارت.

(۳) اختلاف دمای بین دو طرف ماده ای که حرارت را انتقال می دهد.

(۴) زمان انتقال حرارت.

(۵) جنس ماده انتقال دهنده حرارت.

ضریب هدایت حرارت، با حرف K بیان می شود و آن عددی است که نشان دهنده میزان حرارت انتقال یافته بر حسب Btu در یک ساعت، از جسمی به ضخامت یک اینچ و سطح مقطع یک فوت مربع، و به ازاء اختلاف دمایی معادل یک درجه

فارنهایت، می باشد. ضریب هدایت حرارت نقره ۱۷۱۵ است. این ماده یکی از بهترین هادی ها محسوب می شود. اما ضریب هدایت حرارت یک آجر نسوز عایق حرارت، حدود ۳ است. در نتیجه در قابلیت هدایت حرارت این دو ماده، اختلاف بسیار زیادی وجود دارد.

راه دیگری برای انتقال حرارت، انتقال حرارت به روش «کنوکسیون» یا «جابجایی» است. جابجایی حرارت در ارتباط با مایعات یا گازها صدق می کند. بدین معنی که حرارت باعث حرکت سیالات گازی و مایعی می شود، و به وسیله این حرکت، سیالها، حرارت را از نقطه ای به نقطه دیگر انتقال می دهند. در ارتباط با کوره ها، کنوکسیون موقعی رخ می دهد که گازهای گرم از میان کوره عبور می کنند و در نتیجه قسمتی از گرمای موجود در گازهای گرم به سطوح در تماس با آنها انتقال پیدا می کند.

راه سوم انتقال حرارت از یک جسم به جسم دیگر «تشنشع» است. حرارت، تولید امواج الکترومغناطیسی می کند و این امواج با مکانیسمی که چگونگی آن هنوز کاملاً روشن نیست در فضا حرکت می کنند.

هر سه روشی که باعث انتقال حرارت از یک ماده به ماده دیگر می شوند، در طراحی کوره ها کاربرد مهمی دارند. سرعت هدایت حرارت از دیواره کوره، بر میزان تلفات حرارت کوره مؤثر است و در نتیجه بر توانایی کوره برای حفظ حرارت نیز مؤثر واقع می شود. حتی اگر فلزی باشد که بتواند استقامت کافی در دماهای بالا داشته باشد، نمی توان به عنوان ماده ای مناسب برای ساخت دیواره کوره محسوب شود چرا که فلزات به سرعت حرارت را به خارج از کوره انتقال می دهند. برای ساخت دیواره کوره سرامیک، آجرهای نسوز عایق حرارت بسیار مناسبند چرا که از استقامت و کارایی کافی برخوردار بوده و بطور قابل ملاحظه ای حرارت را در کوره حفظ می کنند.

در فضای داخل کوره، حرارت با روش های کنوکسیون و تشعشع انتقال پیدا کرده و توزیع می شود. موقعی که سوخت در کوره سوزانده شود، در گازهای گرم حاصله حرکت ایجاد می شود به صورتیکه گرما از نقطه گرمتر به نقطه سردتر فضای کوره منتقل شده و در نهایت به خارج از کوره راه پیدا می کند. گازهای حاصل از احتراق، شامل شده و در نهایت به خارج از کوره راه پیدا می کند. گازهای حاصل از احتراق، شامل دی اکسید کربن (CO_2)، منوکسید کربن (CO)، نیتروژن و هوا می باشند. در حین اینکه گازهای گرم از بین اجسام داخل کوره حرکت می کنند، قسمتی از گرمای موجود در گازهای گرم به سطوح سردتری که با آنها تماس پیدا می کنند انتقال پیدا می کند، هر چه گازهای گرم با سرعت بیشتری از روی سطوح سردتر عبور کنند، گرمای بیشتری به آن سطوح انتقال داده می شود.

روشن است که اگر قرار باشد تا در کوره، ماکزیمم انتقال حرارت از طریق جابجایی گازهای گرم حاصل از احتراق بدست آید. باید در همه جای کوره گازهای گرم به خوبی سیرکولاسیون داشته و محفظه کوره و محتویات آن نباید از منشأ حرارت فاصله زیادی داشته باشند.

از آنجایی که کنوکسیون مهمترین طریقه انتقال حرارت در کوره های سرامیک است، حرارت نیز بیشتر با تشعشع به همه قسمتهای داخل کوره انتقال پیدا می کند؛ موقعی که نقاط نزدیک به منبع حرارت به دمای بسیار زیاد رسیدند، هر نقطه با تشعشع به سطوح یا نقاط دیگر، حرارت را انتقال می دهد. با این روش است که حرارت از یک سطح و یا از یک جسم به سوی نقاط دیگر و یا اجسام دیگر منتقل می شود. حضور محصولات سرامیکی کاملاً پُر می شوند نسبت به کوره هایی که فضای خالی دارند، به صورت یکنواخت تری حرارت کسب کرده و در نتیجه بازده بیشتری دارند. سطوح صاف و براق و سفید نسبت به سطوح تیره و ناصاف، بطور مؤثرتری حرارت را تشعشع می دهند.

ممکن است چنین تصور شود که کوره های با دیواره های ضخیم تر، راندمان بهتری نیز دارند، اما چنین چیزی صحیح نیست. دیواره های کوره مقادیر زیادی حرارت جذب می کنند و اگر زمان پخت طولانی نباشد، پیش از اینکه دیواره های کوره به حد کافی گرم شوند فرآیند پخت به اتمام می رسد. در چنین حالتی دیواره های ضخیم تر نه تنها کاری انجام نمی دهند، بلکه موجب طولانی شدن زمان خنک شدن بدنه ها نیز می شوند. ولی برای فرآیندهای پخت طولانی مدت، دیواره های ضخیم تر کارآیی بیشتری خواهند داشت. برای بیشتر فرآیندهای پخت محصولات سرامیکی، استفاده از دیوار با ضخامت ۹ اینچ از آجر نسوز سخت، کارآیی مطلوبی خواهد داشت. دیواری با ضخامت $4\frac{1}{2}$ اینچ نیز می تواند کفایت کند مبنی بر اینکه از آجرهای عایق حرارت K-۲۳ یا K-۲۶ در ساخت دیواره استفاده شود. کوره های محفظه از ژاپنی معمولاً دیواره هایی ضخیم تر از ۶ اینچ ندارند و به همین علت برای پخت سریع و یا پخت در زمان کوتاه کارآیی خوبی دارند.

تئوری پخت

از نقطه نظر تکنیکی، پخت محصولات سرامیکی مسئله ساده ای است و کار با کوره، چه از نظر ساختمانی و چه عملیاتی بهره برداری، مسئله پیچیده ای نیست. ما تا اینجا متوجه شده ایم که چگونه حرارت در اثر احتراق سوخت و یا تشعشع المنت های الکتریکی (مقاومتی) تولید می شود و نیز دریافتیم که چگونه می توان حرارت را به داخل محفظه حرارت دهی کوره منتقل نموده و دمای کوره را به دماهای بالا رسانید. افزایش درجه حرارت کوره، به وسیله چند عامل قابل کنترل می باشد که مهمترین آنها میزان حرارت داده شده به افت حرارت و نیز موضوع طراحی کوره است. طراحی کوره مسئله ای است که بر سیرکولاسیون حرارت و انتقال حرارت از طریق کنوکسیون (جابجایی)، هدایت و تشعشع مؤثر است.

دمای هر جسم، در هر لحظه، با توجه به دمای محیط آن، مقدار مشخصی است و این موضوع از ویژگی های کاملاً طبیعی اجسام است. از نقطه نظر شیمیایی، حرارت نشانه درجه فعالیت مولکولی هر ماده می باشد. اگرچه خود اتمها در اثر تغییر دما، تغییری از خود نشان نمی دهند اما روابط بین اتمها ممکن است دستخوش تغییرات زیادی گردد. دماهای بالا باعث افزایش لرزش و جنبش در ساختمان مولکولی مواد می گردد.

با توجه به میزان دما، مواد می توانند به حالت های جامد، مایع و یا گاز وجود داشته باشند. افزایش دما باعث سست شدن پیوندهای مولکولی بین اتمها شده و نیز باعث می شود تا جنبش و حرکت مولکولهای در مایعات و گازها در مقایسه با جامدات افزایش پیدا کند. در واقع چیزی به عنوان «دمای عادی» وجود ندارد. کاربرد ایم اصطلاح برای ما، به عنوان موجودات زنده، مفهوم دارد چرا که در اثر تجربه بدست آورده ایم که ضرورتاً دمای محیط باید در یک محدوده دمایی معین تغییر کند تا ما بتوانیم به بقای خود ادامه دهیم. اما اجسامی که حیات حیوانی ندارد مثل ما نیستند یا مثلاً آب چه به صورت یخ باشد یا بخار آب و چه به صورت معمول خود یعنی مایع، فرقی به حالش ندارد و در هر حالت راحت است. از نقطه نظر شیمیایی، هر سه حالت آب یک ماده هستند اما حالت فیزیکی آنها با توجه به دمای محیط تغییر می کند. اگر دنیا دمایی متجاوز از 100°C داشت و در آن صورت وجود آب در حالت مایع و یا یخ چیز غریبی بود، همانطور که برای محیط فعلی ما وجود سیلیس در فاز گازی غیر طبیعی و یا غیر عادی محسوب می شود.

موقعی که دمای کوره را بالا می بریم نباید چنین تصور کنیم که مواد داخل کوره مثل مردگان تحت فشار و ناراحتی قرار می گیرند. چون همانطور که همه ما می دانیم، آجر نسوز ممکن است دمای 1350°C را راحت تر از دمای 30°C تحمل کند.

البته از یک نظر می توانیم دماهای بالا را «دمای غیر عادی» محسوب نماییم و آن این است که اجسام گرم شده، گرما یا حرارت خود را به اجسام سردتر منتقل می کنند. در طبیعت مفهوم این قانون چنین است که مراکز تمرکز حرارت، چه در روی زمین یا در منظومه شمسی و چه در فضای لایتناهی، با هدایت یا تشعشع، گرمای خود را به اجسام سردتر منتقل می کنند. اگر انرژی ایجاد کننده واکنش های بین مواد را محدود فرض کنیم، کل جهان را باید رو به فنا بدانیم چون دما به تدریج به سمت صفر مطلق میل پیدا می کند؛ هر چند این عمل بسیار آرام انجام می شود.

برای رسیدن به درجه حرارتهای بالا در کوره، ضرورت دارد که حرارت ایجاد شده در کوره بیشتر از حرارت اتلافی آن باشد. ما قبلاً درباره نحوه تولید حرارت و چگونگی انتقال آن به داخل کوره، با روش کنوکسیون (جابجایی) یا روش تشعشعی، بحث کرده ایم. مقداری از حرارتی که به کوره منتقل می شود از طریق دودروها و دود کش ها و مقداری دیگری از حرارت از طریق دیواره ها، کف و سقف کوره به خارج از کوره رفته و تلف می شود. گازهای گرم باید در کوره سیر کوله شوند تا دمای آن افزایش یابد پس بخشی از گرمای موجود در گازهای گرم از طریق دودروها و دودکش ها تلف می شود. و از آنجایی که هیچ ماده عایق حرارت (حتی خلاء) نمی تواند بطور کامل مانع از خروج حرارت از کوره شود. پس مقداری از حرارت یا گرمای کوره نیز در اثر عبور از دیواره ها و یا با جذب شدن در آنها تلف می شود.

از نقطه نظر مهندسی حرارت، یک کوره پریودیک (کوره غیر مداوم) را باید ماشینی با راندمان بسیار کم تلقی نمود. چرا که از کل انرژی حرارتی داده شده فقط مقدار بسیار کمی از حرارت کوره صرف گرم کردن بدنه های سرامیکی می شود و قسمت اعظم حرارت، صرف گرم کردن خود کوره شده و یا از طریق دودکش و غیره به هدر می رود. براساس گفته های نورتن (در کتاب Elements of Ceramics)، تعادل حرارت یا درصد توزیع حرارت، حتی در کوره ای با بالاترین راندمان حرارتی، به صورت زیر است:

گرمای مفید اعمال شده به محصولات سرامیکی
٪۲۰

٪۱۸ گرمای اتلافی در طی دوره خنک شدن کوره

٪۳۶ گرمای اتلافی توسط گازهای خروجی

٪۱۸ گرمای تلف شده از طریق دیواره ها و سقف کوره

گرمایی که صرف گرم کردن دیواره های کوره شده و یا به عبارت دیگر گرمای
جذب شده توسط دیواره ها
٪۱۴

گرمای صرف شده برای تبخیر رطوبت
٪۸

٪۶ گرمایی که در اثر احتراق ناقص سوخت تلف شده

قابلیت افزایش دمای کوره به ظرفیت مشعلها بستگی دارد. مشعلها باید بیش از
حرارتی که کوره از دست می دهد و یا جذب می کند، حرارت تولید کرده و حرارت
تولید شده را به کوره منتقل کنند. یک اصل کلی در طراحی ساختمان کوره این است
که مشعلها باید از چنان توانی برخوردار باشند که علی رغم غلبه بر عوامل اتلاف کننده
حرارت، قادر باشند تا درجه حرارت کوره را با سرعتی مطلوب بالا ببرند. (یعنی
مشعلها باید بتوانند تا در زمان معین، دمای کوره را تا حد مورد نظر بالا ببرند). اگر
مشعلها توانایی تولید حرارت کافی را نداشته باشند، دمای کوره به سرعت قابل افزایش
نیست و یا حتی دمای کوره افزایش پیدا نخواهد کرد. اگر بتوان سریعاً دمای کوره را
بالا برد، برنامه پخت کوره نیز قابلیت انعطاف بیشتری پیدا می کند اگرچه غالباً در پخت
محصولات سرامیکی، نیازی به افزایش سریع دمای کوره نیست.

در فرآیند پخت محصولات سرامیکی، عموماً دمای کوره را به تدریج تا دمای مورد نظر افزایش می دهند تا واکنش های مورد نظر در قطعه انجام شود و سپس تدریجاً نیز دمای کوره را تا دمای اطاق کاهش می دهند و بندرت اتفاق می افتد که، مثل یک اجاق کیک پزی، دمای کوره، در طی دوره گرم شدن، به مدت طولانی در یک دمای معین ثابت نگه داشته شود. اما معمولاً خنک کردن کوره با خاموش کردن کوره صورت می پذیرد و اجازه داده می شود تا حرارت بطور طبیعی از طریق دودروها یا دود کش کوره و همچنین از طریق دیواره ها خارج شده و در نتیجه دوره سرد شدن سپری گردد. با توجه به ماهیت موادی که باید پخته شوند و نیز تغییرات و واکنش هایی که باید در بدنه صورت پذیرد، می توان سیکل پخت مناسب و یا به عبارت دیگر برنامه صحیح بالا بردن و پایین آوردن دمای کوره را تعیین نمود.

برای بحث بر روی عملیات حرارتی بدنه های رسی و لعاب ها، بهتر است که به کتاب *Clay and Glazes for the Potter* (نوشته Daniel Rhodes) رجوع شود.

مواد سرامیکی، معمولاً به برنامه پختی غیر سریع یا هسته احتیاج دارند چون برای اینکه انواع مختلف واکنش های مورد نظر در قطعه رخ دهد و بدنه خام رسی و یا لعاب نپخته، به قطعه ای آماده و پخته تبدیل شود، غالباً به زمانی کافی احتیاج است. برای خنک کردن بدنه های پخته نیز به زمان کافی احتیاج است تا بدین ترتیب از آسیب دیدن بدنه، در اثر شوک و یا انقباض ناگهانی، جلوگیری شود. کوره نیز باید طوری گرم شود که دمای آن به صورت یکنواخت افزایش پیدا کند و در طی دوره گرم شدن کوره از افزایش یا کاهش ناگهانی دما خودداری شود. هر گونه تغییر نامنظمی که در برنامه گرم کردن کوره رخ دهد می تواند صدمات جدی بر محصولات کوره، و مخصوصاً بدنه های لعاب خورده، وارد آورد. این بی نظمی ها در کار صحیح مخروطهای آذرسنجی نیز اختلال ایجاد می کند؛ یعنی در چنین شرایطی مخروطهای

آذرسنجی آنچنان که باید نمی‌توانند شاخص درستی برای نشان دادن میزان افزایش دمای کوره باشند.

دمای کوره باید طبق یک برنامه از پیش تعیین شده، بطور یکنواخت، افزایش یافته و سپس کاهش یابد. یعنی کوره باید به صورت صحیح گرم شده و سپس خنک شود. علاوه بر این موضوع، همهٔ قسمتهای محفظه حرارت دهی محصولات نیز باید بطور یکنواخت گرم شوند. البته حتی در تمام کوره‌هایی که بطور رضایت بخشی کار انجام می‌دهند، دما در سرتاسر محفظه حرارت دهی محصولات، بطور کاملاً یکنواخت توزیع نمی‌شود. در بیشتر کوره‌ها، دمای یک طرف محفظه محصولات نسبت به دمای طرف دیگر آن، حداقل به اندازه نصف اختلاف دمای دو مخروط آذرسنجی متوالی اختلاف دارد، اما این اختلاف دما قاب اغماض است. با ارائه طراحها مبتکرانه، می‌توان در توزیع یکنواخت دما در سرتاسر کوره اقدامات مثبتی انجام داد.

البته یک کوره ایده آل کوره ای است که علاوه بر خصوصیات فوق الذکر، اتمسفری قابل کنترل نیز داشته باشد. به گونه ای که از حالت اکسیداسیونی تا حالت احیایی، تغییر اتمسفر کوره امکان پذیر باشد. بسیاری از کوره‌ها نفت سوز و یا گاز سوز، از نظر اتمسفر احیایی خوب کار می‌کنند اما قادر به فراهم کردن اتمسفر اکسیداسیونی خوب نیستند. در نتیجه این کوره‌ها نمی‌توانند بدنه‌هایی مثل بدنه‌های با لعاب سربی را، که آورند، همچنان که کوره‌های الکتریکی نیز، با داشتن اتمسفر ثابت، صرفاً باید برای پخت بدنه‌هایی استفاده شوند که شرایط اکسیداسیونی را می‌طلبند.

روش و لوازم مخصوص چیدن محصولات در کوره

در روزگاران پیشین، غالباً بدون استفاده از پایه و یا قفسه‌های مخصوص چیدن مواد، عمل پخت انجام می‌شد. فرنیچر یا اسباب و ادوات نسوزی که برای چیدن محصولات در کوره مورد استفاده قرار می‌گیرند را می‌توان از ابداعات جدید دانست.

اگر بدنه سرامیکی، بدون لعاب باشد و نیز اگر دمای پخت پایین تر از دمای شیشه ای شدن بدنه قرار داشته باشد، می توان قطعات را بدون حائل و بطور دلخواه در کوره، روی هم، چید. در ابتدای امر نیز بدون در نظر گرفتن روش صحیح چیدن مواد، بدنه ها را همینطور روی یکدیگر می چیدند. با پیدایش لعاب، لازم شد تا قطعات به گونه ای چیده شوند که از بهم چسبیدن آنها ممانعت گردد. روشهای متفاوتی نیز در این رابطه بکار برده شد. یکی از روشهای این است که ظروف را بطور منظم روی یکدیگر می چینند. البته چیدن مواد به صورتی انجام می شود که فقط قسمت های لعاب نخورده بدنه ها در تماس با یکدیگر قرار گیرند و یا با استفاده از خرده سفال، مواد به گونه ای چیده می شوند که فقط خش (یا خراشیدگی) کمی بر لعاب ایجاد شود. در شکل ۱۴۲ روش هایی برای چیدن محصولات در کوره نشان داده شده است. کاسه ها را بدین صورت می توان بر روی یکدیگر چید که سطح زیرین و یا نقطه اتکاء یک کاسه، بر روی دایره ای لعاب نخورده از کاسه زیری قرار گیرد و یا می توان کاسه ها را نه به ته و لبه به لبه (سر به سر) ریال به صورت یک ستون، بر روی یکدیگر چید. قطعات کوچکتر را نیز می توان در داخل قطعات بزرگتر جای داد. درب دیگها یا قوری ها را می توان به گونه ای قرار داد که هر یک حائلی برای قطعه بالایی باشند. در جایی که انواع بدنه ها دارای لعاب متفاوت، با یکدیگر پخت می شوند، می توان آنها را به گونه ای در هم جای داد که حداقل فضا را اشغال نمایند. البته وقتی بدنه ها را برای پخت بر روی یکدیگر می چینند، ارتفاع چیدن بدنه ها باید به حدی باشد که قطعه زیرین، تحت فشار حاصل از وزن قطعات رویی، خرد نشود. ظروف گلی یا گلینه ای را گاهی مواقع با تکیه دادن بر روی لبه می چینند به گونه ای که یک لبه بشقاب یا ظرف روی کف کوره و لبه دیگر آن با سفال بر روی بشقاب یا ظرف پشتی تکیه کند. اما فقط وقتی می توان ظرف گلی را بدین صورت چید که در حین عملیات پخت امکان دفرمه شدن آنها وجود نداشته باشد. چرا که بعضی از ارتن ورها یا گلینه های بسیار رم در طی پخت به آسانی دفرمه می شوند.

در کوره های باستانی ژاپنی، ظروف سفالی را بطور مستقیم بر روی کف سفالینه ای کوره می چیدند. برای جای دادن ظروف بر روی قسمت های شیبدار کوره، زیر آنها یک پایه حائل گونه ای شکل قرار می دادند. در بعضی از ظروف کهن ژاپنی که امروزه بدست آمده، لعابها به صورت مورب شره کرده و این موضع نشانه ای است از اینکه بعضی از ظروف در حین پخت به صورت مایل قرار گرفته بوده اند.

ساگار یا ساگر به یک قطعه جعبه مانند رسی اطلاق می شود که بدنه ها را در کوره نگه می دارد. از ساگار به سه دلیل استفاده می شود:

اول اینکه حائلی مناسب برای بدنه های سرامیکی وجود داشته باشد.

دوم اینکه بتوان با استفاده از ساگار، بدنه های را تا ارتفاع معینی در کوره چید، بدون اینکه بدنه های زیرین، تحت فشار، خرد شده یا دفرمه شوند.

سومین و مهمترین علت کاربرد ساگارها این است که بدنه های سرامیکی را از قرار گرفتن در معرض شعله مستقیم و یا گازهای گرم حاصل از احتراق محافظت نمایند.

در کوره های چوب سوز و ذغال سنگ سوز، اگر بخواهیم تا بدنه، بطور کاملاً یکنواخت لعاب داده شود و یا اگر بخواهیم تا محصولات رنگی در اختیار داشته باشیم، استفاده از ساگار عملاً ضرورت پیدا می کند. اگر بدنه ها در تماس با محصولات احتراق چوب یا ذغال سنگ پخت شوند، تحت تأثیر خاکستر همراه محصولات احتراق، در معرض یکی از نارسایی های زیر قرار می گیرند:

- تغییر رنگ موضعی لعاب یا بدنه که اصطلاحاً «فلاشینگ» نیز نامیده می شود.

- بد رنگ شدن لعاب.

- ناصاف به نظر رسیدن سطح لعاب، ناشی از قرار گرفتن ذرات خاکستر در زیر لعاب.

- لعاب در رفتگی یا ایجاد لکه های لعاب نگرفته بر روی قطعه. اگرچه این گونه نارسایی ها از دید یک سفالگر سنتی قابل گذشت است، اما در صنعت، ایجاد این گونه نارسایی ها در سطح لعاب، ناخوشایند است. مخصوصاً در ارتباط با کوره های ذغال سنگ سوز کاربرد ساگارها کاملاً اهمیت پیدا می کند، چرا که در محصولات احتراق ذغال سنگ، ترکیبات گوگردی وجود دارد و اگر این ترکیبات در تماس مستقیم با لعاب در حال ذوب شدن قرار گیرند، موجب حبابی یا متورم شدن سطح لعاب می شوند.

شکل ۱۴۴، انواع مختلف ساگارها را نشان می دهد. ساگارها یا استوانه ای شکل هستند و یا مقطع مربع مستطیل شکل دارند و یا شکل شبیه به دو دانه در هم رفته دارند که به این شکل اصطلاحاً «بانجو» گفته می شود. گاهی در گذشته، برای افزایش ارتفاع ساگارها به جهت در بر گرفتن قطعات بلند، از چند استوانه دیر گداز استفاده می شد. با توجه به بلندی قطعه ای که باید در ساگار قرار گیرد، چندین قطعه استوانه ای را روی یکدیگر قرار می دادند. با استفاده از خرده های سفال، قطعات مجزا را به گونه ای روی یکدیگر قرار می دادند که اولاً استوار قرار گیرند و ثانیاً محصولات احتراق، امکان راه یابی به داخل ساگار را نداشته باشند.

ظروف باستانی کشور چین اغلب با استفاده از ساگارهای مجزا برای هر قطعه، پخت می شدند. در شکل ۱۴۲ نوعی ساگار مخصوص کاسه، نشان داده شده است. هر کاسه در یک ساگار مخصوص بخود قرار می گیرد. سپس هر ساگار بر روی ساگاری دیگر قرار می گیرد. این ساگارها را می توان طوری بر روی یکدیگر چید که شکلی شبیه به یک یا ستون بلند را پیدا نمایند. ساگارها را از فایرکلی های پلاستیک یا همان خاکهای نسوز پلاستیک می توان ساخت و ترجیحاً در ساخت آنها از خاکهای نسوزی

استفاده می شود که مقاومت خوبی در برابر شوک حرارتی داشته باشد. در گذشته ساگارها را با دست می ساختند و هر ظرفی با توجه به ابعاد خود، برای خود یک ساگار معین داشت. امروزه ساگارها را با پرس و یا با روش ریخته گری می سازند. ساگارها عمر کارگرد نسبتاً کوتاهی دارند و معمولاً بین ۲۵ تا ۳۰ بار پخت نمی توان از آنها استفاده کرد. به همین علت کاربرد ساگار، هزینه قابل ملاحظه ای را نیز برای سفالگر در بر خواهد داشت.

به منظور جلوگیری از چسبیدن لعاب ریزش کرده بر روی سطوح داخلی ساگارها، سطح داخلی ساگارها را غالباً با لایه نازکی از بعضی از ترکیبات زجاجی شونده، مثل ترکیب رس، فلینت و فلاکس (گلدازآور) پوشش می دهند. این لایه نازک را اصطلاحاً «واش» می نامند.

ساگارها، در کوره، جای زیادی را اشغال می نمایند و اگر سفالگری بخواهد با استفاده از ساگار بدنه های خود را در کوره کوچکی بچیند، فقط می تواند چند قطعه لعاب خورده را در کوره جای دهد. یکی از دلایل کاربرد کوره های نسبتاً بزرگ در کشورهای باستانی مشرق زمین، کاربرد ساگار برای محافظت از محصولات سرامیکی بوده است.

کاربرد ساگارها به تدریج در حال منسوخ شدن است چرا که با استفاده از سوخته های نفتی و یا گازی، ایجاد اتمسفری تمیز و با احتراق اکسیداسیونی امکان پذیر شده است و همین موضوع، نیاز به استفاده از ساگارها را کاهش داده است. برای پخت بدنه های با لعاب سربی و نیز پخت لعابهای روی فلز (انامل)، امروزه عموماً از کوره های الکتریکی و نیز کوره های مافل دار استفاده می شود. سفالگر هنرمندی که برای پخت بدنه های خود از اتمسفر احیایی (اتمفری دودی) استفاده می کند، عمداً می خواهد رنگهایی بر روی بدنه خود بدست آورد که با استفاده از ساگار امکان دست یابی

به چنین زیبایی را نداشته است. امروزه هنرجویان کمی وجود دارند که به مفهوم واقعی با ساگار آشنا باشند و شاید اینگونه افراد حتی یک ساگار واقعی را نیز ندیده باشند.

قفسه های یا طبقات نسوز و پایه ها، از جمله مؤثرترین حائل های مناسب برای چیدن محصولات در کوره محسوب می شوند. با استفاده از آنها می توان، مثل قفسه بندی های یک آشپزخانه، محصولات را در کنار یکدیگر در کوره چید. طبقات نسوز را می توان از خاک نسوز (فایرکلی) ساخت. این نوع حائل های دیرگداز رسی چندان گران قیمت نیستند اما دوام و استحکام آنها نیز زیاد نیست. به همین علت باید آنها را تا آنجا که ممکن است ضخیم ساخت تا از شکستن آنها جلوگیری شود. در نتیجه طبقات مذکور بوده و حمل و نقل آنها نیز پُر زحمت است.

سفالگری که تقریباً خودکفا است می تواند خود، قفسه های خود را بسازد. در این رابطه او با استفاده از ۵۰٪ خاک نسوز مناسب و ۵۰٪ گراگ یا (شاموت) مخلوطی با غلظت پلاستیک سفت تهیه کرده و سپس مواد آماده شده را در قالب های مناسب چوبی، با ماله می کوبد. کوبیدن یا به عبارتی متراکم نمودن ذرات، پس از ریختن مواد به داخل قالب، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. قفسه یا طبقات خام را باید بر روی بستری از ماسه نسوز و یا بستری از گراگ ریزدانه قرار داده و حداقل تا دمای معادل مخروط آذرسنجی ۱۱، و یا ترجیحاً دمای بالاتر، پخت نمود. از آنجا که ساخت قفسه های یکپارچه دشوار است، از طبقات یا قفسه های چند قسمتی استفاده می شود. یعنی تعدادی از صفحات نسوز را با پایه های مناسب بر روی یکدیگر قرار می دهند. برای ساخت پایه ها، می توان مخلوط مواد پلاستیکی را با غلظت شمش های استوانه ای در آورده و سپس با اندازه های مناسب آنها را برید. اگر دو طرف پایه ها کمی پهن تر و یا ضخیم تر ساخته شود طبقات استوارتری تشکیل می گردد. آن دسته از آجرهای دیرگداز ۹ اینچی که اصطلاحاً Soap نامیده می شوند، پایه های خوبی را تشکیل می دهند. اگر از آجر بری در اختیار باشد، می توان آجرهای نسوز را به ابعاد مورد نظر برید.

قفسه ها یا طبقاتی که در کارخانه ساخته می شود عموماً دو نوعند؛ یکی قفسه هایی هستند که از مواد آلومینا بالا مثل سیلیمانیت، کیانیت (سیانیت) و یا اکسید آلومینیم با باند رسی ساخته می شوند. این نوع طبقات درجه دیرگدازی بالایی داشته و مخصوصاً در اندازه های کوچک به خوبی کار انجام می دهند. اما نوع دوم، قفسه های ایده آلی هستند که از سیلیکون کارباید ساخته می شوند. سیلیکون کارباید را با فیوز یا ذوب کردن ماسه و کک تهیه می نمایند. (یعنی ماسه و کک را سریعاً ذوب کرده، در هم داخل می کنند). برای ذوب این مواد از کوره های قوس الکتریکی استفاده می شود. چرا که برای انجام واکنش های لازم در تهیه سیلیکون کارباید، به دماهای بالا نیاز است. مواد ذوب شده سپس خریدیده و آسیاب می گردند و با رس مناسب، باند تشکیل می دهند. مواد حاصله سپس در اشکال مناسب پرس شده و پخته می شود تا بدنه های سخت و متراکم بدست آید. سیلیکون کارباید بسیار دیرگداز بوده و در دماهای بالا و زیر بار، استقامت بسیار عالی از خود نشان می دهد. ضریب هدایتی حرارتی آن نیز در حدود ۱۰ برابر آجر نسوز معمولی بوده و به همین دلیل ماده ای ایده آلی برای ساخت صفحات نسوز یا مافل ها محسوب می شود. در جایی که تعداد زیادی از قفسه ها را در کوره جای می دهند، قابلیت هدایت زیادی که سیلیکون کارباید دارد در یکنواخت شدن دمای کوره نقش مؤثری دارد. البته سیلیکون کارباید ترد و شکننده است. و به همین علت در نقل و انتقال آن باید نهایت دقت به عمل آید. گرم شدن و سرد شدن غیر سریع حائل های نسوز (فرنیچر کوره) که برای چیدن مواد در کوره بکار برده می شود، بطور قابل ملاحظه ای در افزایش عمر کارکرد آنها تأثیر دارد. شوک ناشی از سرد شدن سریع فرنیچر کوره، غالباً هزینه اولیه زیاد قفسه ها یا کلاً حائل های نسوز سیلیکون کاربایدی، با توجه به عمر کارکرد طولانی آنها قابل اغماض است.

معمولاً روی سطوح قفسه ها یا طبقات چیدن مواد، با لایه ای از واش پوشیده می شود تا از چسبیدن احتمالی لعاب ریزش کرده بر سطح طبقات دیرگداز کوره ممانعت شود. مخلوطی با نسبت های مساوی از فلینت و کائولین و مخلوط با آب، در

غلظتی به مانند غلظت رنگ غلیظ، واش خوبی را برای پوشش دادن سطح صفحات نسوز تشکیل می دهد. امروزه گاهی دو لایه از واش بر روی سطوح در تماس با بدنه لعاب خورده مالیده می شود. به هر حال هدف این است که سرتاسر سطح رویی طبقات کاملاً با واش پوشیده شود. با این کار، اگر قطراتی از لعاب بر روی سطوح حائل بچکد، با استفاده از یک کاردک یا ماله به آسانی زدوده می شود. هر چند وقت یکبار، واش مالی یا واش پاشیدن مجدد بر روی سطوح در تماس با بدنه ها، مفید خواهد بود، اما وسایل کمکی دیگری نیز (به عنوان حائل نسوز) برای چیدن مواد در کوره بکار گرفته شده اند. در شکل ۱۴۶، قطعاتی نشان داده شده اند که برای بالا نگه داشتن بدنه ها از روی سطح طبقات یا قفسه ها بکار برده می شوند. این قطعات عبارتند از :

پین، اسپار (که با توجه به شکل می توان آن را تک پایه یا پایه ستاره ای نامید)، استیلت یا سه پایه و دانه های نوک تیز کوچکی که در لاتین **Point** نامیده می شوند، حائلهای فوق الذکر معمولاً برای بدنه های لعاب خورده استفاده می شوند تا آنها را در بالاتر از سطح قفسه ها یا طبقات نگه داشته و در نتیجه از چسبیدن لعاب بدنه ها به سطح حائل جلوگیری شود. پایه های نشان داده شده در شکل ۱۴۶ فقط به چند نقطه در زیر سطح لعاب خورده بدنه ها تماس پیدا می کنند و به همین علت پس از پخت، اثراتی بسیار جزئی بر سطح زیر بدنه باقی می گذارند. البته این نقطه اثرها قابل اغماض هستند ولی در صورت تمایل می توان به راحتی آن ها را پرداخت نمود. دانه های ریز نوک تیزی که **Point** نامیده می شوند را می توان از کائولین ساخت و آنها را در کوره لعاب، پیش از استفاده، پخت. پایه ها یا حائلها، کلاً برای بدنه های لعاب خورده بکار برده می شوند. اگر سطح زیر قطعات بدون لعاب و تمیز باشد، کاربرد آنها نیز ضرورتی ندارد.

کاشی ها را معمولاً در جا کاشی های بخصوصی شبیه به شکل ۱۴۷ قرار می دهند. به این نوع جا کاشی ها و کلاً قطعات مشابهی را که برای چیدن محصولات بکار

برده می شوند، اصطلاحاً ستر نیز می نامند. هر، جا کاشی، یا ستر را می توان برای یک کاشی بزرگ و یا چندین کاشی کوچک بکار برد. گاهی برای هر کاشی یک ستر مجزا می سازند و آنها را روی یکدیگر می چینند. گاهی جا کاشی ها به میله هایی دیرگداز مجهزند و کاشی ها بر روی این میله های دیرگذار چیده می شوند.

برای پخت بیسکویت چینی آلات، باید از حائلها و یا جا بدنه ای های به خصوصی استفاده شود چرا که برای زجاجی شدن (یا چینی شدن) محصولات، فرآیند پخت در دماهای بالا انجام می شود و از آنجا که بدنه های خام چینی در دماهای بالا نرم می شوند، برای جلوگیری از پیچیدن، تاب برداشتن و یا فرو ریختن بدنه باید راز حائل مناسب استفاده شود. این موضوع، بخصوصی برای پخت بیسکویت بشقابها، نعلبکی ها و یا سایر ظروف تخت چینی صادق است. یکی از روشهای پخت بیسکویت چینی آلات در شکل ۱۷۸ نشان داده شده است. ظرف زیرین، بر روی یک جا بشقابی مخصوص قرار می گیرد که سطح روی آن با سطح زیر بشقاب مطابقت دارد. سپس فضای بین بشقابهایی که روی یکدیگر قرار می گیرند با ماسه یا مخلوطی از ماسه و کائولین پُر می شود. پُر کردن ماسه در فضای بین بشقابها باید آنچنان دقیق انجام شود تا از دانسیته یکنواختی برخوردار باشد و قادر باشد تا در حین فرآیند پخت از دفرمه شدن بشقابها جلوگیری کرده و آنها را در شکل اولیه خود ثابت نگه دارد. بشقابهای چینی با جداره نازک را می توان در جا بشقابی های مخصوص شبیه به آنچه در شکل ۱۴۹ نشان داده شده، به صورت وارونه قرار داده و پخت. هر بشقاب، سترا یا جا بشقابی مخصوص به خود دارد. خود جا بشقابی ها با ظروفی که در آنها قرار گرفته اند، یکی بر روی دیگری قرار می گیرد. جا بشقابی ها یا سترها از جنس مواد دیرگداز ساخته می شوند و سطح روی آنها به گونه ای طراحی شده که در حین پخت به بشقاب امکان انقباض در جهت بالا را می دهد. این نوع جا بشقابی ها، یا جا بدنه ای های مشابه با آن، فضای زیادی را در کوره اشغال می کنند و به همین علت فقط برای پخت چینی های گران قیمت بکار برده می شوند. در صنعت چینی سازی، ظروف توگود مثل قوری

ها، پارچ ها و ظروف در پوش دارد چینی، برای پخت بیسکویت، به حائل ویژه ای احتیاج ندارند چرا که شکل ساختمانی به خصوص اینگونه محصولات چنان است که حتی در حین نرم شدن بدنه در دماهای بالا پخت، از دفرمه شدن بدنه جلوگیری می گردد.

بشقابهای چینی، در پخت لعاب، در سترها یا جا بدنه ای هایی شبیه به آنچه در شکل ۱۵۰ نشان داده شده قرار می گیرند. در شکل صدو پنجاه یک نوع جا بشقابی باز (ستر بشقاب) و نوعی جا بشقابی بسته یا همان ساگار یا ساگر نشان داده شده است. با فرو بردن پین هائی در سوراخهای دیواره این ساگار، حائل مناسبی برای نگه داشته شدن بشقاب چینی، در حین پخت لعاب، ایجاد می شود، از آنجایی که لعاب بدنه های چینی در دماهای بسیار پایین تری نسبت به دمای زجاجی یا چینی شدن آنها در حالت بیسکویت، به عمل می آید، لذا خطر پیچیده شدن دفرمه شدن بدنه نیز وجود نداشته و به همین علت می توان بدنه ها را با حائل نمودن بر روی سه نقطه تکیه گاه پخت نمود. مثلاً با استفاده از پین، می توان نقاط اتکاء بشقاب یا ظروف چینی را ایجاد نمود، اما پس از پخت یا به عمل آمدن لعاب، بر لعاب سطح پشت بشقاب، سه نقطه اثر جزئی باقی می ماند. معمولاً این نقاط خراشیدگی ناشی از اثر پین ها قابل اغماضند اما در صورت لزوم حتی این نقاط خراشیدگی را نیز با پرداخت کردن لعاب می توان از بین برد.

تولید کنندگان ظروف چینی، با توجه به نیاز تولیدشان، انواع و اشکال مختلفی از حائلهای دیرگداز (نسوز) را طراحی کرده اند. بسیاری از جا بدنه ای هایی که برای چیدن محصولات در کوره ساخته می شوند در سیستم تولید انبوه مورد استفاده قرار می گیرند و هنرجویان هنرکده سفالگری، بیشتر از طبقات یا قفسه های دیرگداز، برای فراگیری علم تولید محصولات سرامیکی، استفاده می کنند.

بدنه های سرامیکی بزرگی با اشکال بی قاعده، مثل مجسمه های سرامیکی هنری، به روشهای پخت مناسب احتیاج داشته و باید با حائلهای دیرگداز مناسب نیز در کوره نگهداشته شوند. شکل ۱۵۱، صفحه ای دیرگداز را نشان می دهد که بدنه ای بزرگ بر روی آن قرار گرفته است. برای در نظر گرفتن انقباض بدنه در حین پخت، و در نتیجه جلوگیری از ترک برداشتن آن، ابتدا مقداری شاموت (گراگ) روی سطح صفحه دیرگداز ریخته می شود. سپس بر روی این صفحه دیرگداز، صفحه دیگری از جنس مواد بدنه قرار داده شده و پیش از قرار دادن بدنه بر روی این صفحه، مقدار شاموت (گراگ) نیز بین بدنه و صحنه رویی ریخته می شود. این دانه های دیرگداز، در حد فاصل بین بدنه اصلی و صفحه حائل، نقش روان کننده را ایفا می نمایند. در حین پخت، هم صفحه حائل و هم قطعه سرامیکی، هر دو، در جهت داخل منقبض می شوند.

بعضی از بدنه های با اشکال بی قاعده، در حین پخت به پایه های مخصوصی احتیاج دارند. در شکل ۱۵۲، بدنه بزرگی نشان داده شده که در زیر قسمتی از آن یک پایه از جنس مواد بدنه قرار داده شده است. سفالگر هنرمند، خود این پایه را بر روی چرخ سفالگری خود می سازد. پایه حائل به صورت استوانه ای تو خالی ساخته می شود و موقعی که بدنه و پایه هر دو کاملاً خشک شدند، آنها را در جای مناسب خود در کوره قرار می دهند. اگر در قسمتهای لازم بدنه پایه گذاری شود، می توان هر نوع بدنه بی قاعده ای را بدون دفرمه شدن پخت نمود. قطعه و پایه حائل آن، همزمان با یکدیگر منقبض شده و تا پایان پخت در کنار یکدیگر قرار می گیرند. پس از پخت پایه ها را از بدنه اصلی جدا می کنند.

حرکت دادن قطعات بزرگ و سنگین به داخل کوره، خود یک مسئله مهم است. همانطور که در شکل ۱۵۳ نشان داده شده، یکی از روشهای انتقال قطعات سنگین استفاده از غلطک می باشد. در این شکل از قطعه چوبهایی استوانه ای به

قطر $\frac{1}{2}$ اینچ استفاده شده است. اگر مجسمه یا بدنه بزرگ سرامیکی بر روی میزی ساخته شده باشد که کف آن هم سطح با کف کوره باشد، با استفاده از این روش می توان به سادگی قطعه را به داخل کوره هدایت نمود. میزی که در شکل ۱۵۳ نشان داده شده دارای پایه های چرخداری است که با استفاده از آن می توان قطعات بزرگ و سنگین را به آسانی به داخل کوره انتقال داد. غلطکهای چوبی در زیر صفحه حائل دیرگداز قرار داشته و تا سوختن کامل در کوره باقی می مانند. روش دیگر انتقال قطعات بزرگ، قرار دادن آنها بر روی فیبر گریس خورده است. صفحات فیبر تا سوختن کامل در کوره باقی می مانند. می توان قطعات بزرگ و سنگین را بر روی تخته چندلار، ساخته و آنها را به داخل، کوره برد. در حین پخت، تخته چندلار، سوخته و از بین می رود.

در کوره های سوخت سوز، آرایش طبقات، پایه های حائل بدنه ها و بدنه های باید به گونه ای باشد که فضای کافی برای سیرکولاسیون محصولات احتراق وجود داشته باشد. اگر از یک آرایش دو طبقه ای برای چیدن قطعه ها استفاده می شود، بهتر است پایه های طبقات به گونه ای قرار داده شوند تا از تلوتلو خوردن آنها ممانعت شود (شکل ۱۵۵). این عمل موجب سیرکولاسیون بهتر گازهای حاصل از احتراق نیز می شود.

صفحاتی که با پایه های حائل خود به عنوان جا بدنه ای مورد استفاده قرار می گیرند باید کاملاً استوار ساخته شوند به گونه ای که پایه ها کاملاً عمودی قرار داشته و صفحات نیز به خوبی بر روی آنها حائل شده باشند. هر صفحه دیرگداز باید (حداقل) با سه پایه غیر واقع بر یک خط مستقیم، بر روی طبقه یا صفحه زیری قرار گیرد. برای اطمینان از ایجاد ساختمانی با طبقات و پایه های استوار، گاهی مواقع از شاموت و یا خاک نسوز، در بین طبقات و سطح زیر پایه ها استفاده می شود. سفالگر یا سرامیست مجرب همیشه سعی می کند تا از هر اینچ مربع از سطح طبقات، به بهترین صورت استفاده کند و همیشه می خواهد تا در حجم معینی از فضای در دسترس، بیشترین

قطعات را جای دهد. با رعایت فواصل مناسب برای سیرکولاسیون محصولات احتراق کوره ای که کاملاً با بدنه های سرامیکی پر شده باشد، بهتر بدنه ها را پخت می کند.

اندازه گیری و کنترل دما

رنگ درون کوره، در هر لحظه، اطلاعات خوبی را در مورد دمای داخل کوره بدست می دهد. از زمانی که حداقل رنگ قرمز قابل رؤیت می شود تا رنگ سفید، هر یک معرف دمایی است که نشان دهنده اولین مراحل گرم شدن کوره تا دما های بالای لازم برای پخت می باشد. براساس تجربه، کوره بان ها معمولاً می دانند که چه موقع دمای کوره را کاهش دهند و یا چه موقع کوره را خاموش کنند. البته برای تعیین درجه حرارت، به طور دقیق، دستگاههای اندازه گیری دقیقتری نیز در دسترس هستند.

یکی از روشهای اندازه گیری درجه حرارت کوره، استفاده از تریل است که کاربرد گسترده ای نیز در قدیم داشته است. تریلها قطعات آزمایشی کوچکی هستند که گاهی چند تا از آنها را به شکل حلقه در حوالی سوراخ بازدید کوره قرار می دهند. موقعی که فرآیند پخت رو به اتمام است، اپراتور کوره یا سرامیست با استفاده از یک میله آهنی یکی از این قطعات آزمایشی سرامیکی را از کوره خارج کرده، آنرا در آب خنک می نماید و سپس قطعه را مورد آزمایش قرار می دهد تا بگوید که آیا در طی پخت لعاب به حد کافی ذوب شده است یا خیر. برای این منظور ممکن است چندین قطعه آزمایشی یا تریل در فواصل مختلف از کوره بیرون کشیده شوند. به علت سرد شدن سریع قطعات آزمایشی، رنگ آنها شاخص دقیقی برای تعیین وضعیت ظاهری لعاب نیست، اما میزان ذوب شدن لعاب به دقت آشکار و مشخص می گردد. قطعات آزمایشی، تغییرات و تحولات واقعی ایجاد شده در بدنه های سرامیکی را نشان می دهند، اما نشان دهنده میزان درجه حرارت کوره نیستند.

آماده سازی مواد پلاستیک

این مرحله در مورد کائولنهای تخلیص و تغلیظ شده و نیز بال کلی ها صورت گرفته و به طور خلاصه عبارت است از اختلاط مواد پلاستیک با آب در داخل همزن

همزن ها مخازنی به معمولا به شکل استوانه بوده که دارای پروانه هایی جهت همزدن مواد می باشند . در شکل یک همزن معمولی نشان داده شده است . چنین همزن هایی سرعت کمی داشته حدود ۱۵ دور در دقیقه و دارای تیغه های بلندی هستند . سرعت کم این همزن ها باعث می گردد که زمان هم خوردن رسها در این همزن ها نسبتا طولانی باشد (حدود ۲ ساعت) و این مورد بزرگترین نقطه ضعف این همزن هاست . در همزن های جدید که اصطلاحا همزن هایی با سرعت زیاد گفته می شود این نقص رفع گردیده بدین ترتیب که به جای پروانه ها از مخلوط کننده های توربینی استفاده شده است . در این همزن ها پره های توربین به نحوی ساخته شده اند که مشابه یک پمپ عمل نموده و دوغاب از وسط مخلوط کن وارد فضای بین پره ها شده و سپس با شدت به اطراف پرتاب می شود . با استفاده از مخلوط کن توربینی در همزن هایی با سرعت زیاد زمان هم خوردن مواد آنچنان کم می شود که تکه های بزرگ بال کلی در عرض ۱۰ تا ۲۰ دقیقه به دوغاب مناسبی تبدیل می گردند .

همچنین همزن هایی با سرعت زیاد باعث کاهش ابعاد ذرات (در نتیجه افزایش پلاستی سیتته و . . .) می گردند . اثر همزن های جدید در کاهش ابعاد ذرات رس بنحوی است که گفته می شود کاهش ابعاد ذرات رس در اثر هوازدهی در طول زمستان برابر کاهش ابعاد آنها در اثر ۱۰ دقیقه هم خوردن در همزن هایی با سرعت زیاد است .

آماده سازی مواد غیر پلاستیک

آماده سازی مواد سخت (سیلیس ، فلدسپات و . . .) به طور کلی شامل مراحل خرد و آسیاب کردن است . اگر چه مرز مشخصی بین مرحله خرد کردن و آسیاب کردن وجود ندارد ولی به طور کلی اصطلاح خرد کردن در مورد ذراتی با ابعاد درشت و اصطلاح آسیاب کردن در مورد ذراتی با ابعاد ریزتر بکار می رود . کوارتز و فلینت قبل از طی مراحل خرد و آسیاب کردن ابتدا تکلیس می گردند .

تکلیس کردن

فلینت و کوارتز قبل از مصرف ابتدا در حرارتی حدود ۹۰۰ تکلیس شده و مهمترین علت انجام این عمل ایجاد ترکهایی در قطعات فلینت و کوارتز و در نتیجه آماده نمودن کلوخه های آنها برای طی مرحله خرد و آسیاب کردن است . علاوه بر این عمل تکلیس باعث خروج مقادیر کم کربن و آب موجود در فلینت نیز می گردد .

خرد کردن

عمل خرد کردن سنگها به وسیله خرد کننده ها و یا سنگ شکن ها انجام می شود . خرد کننده ها دارای تنوع زیادی بوده و دارای انواع متفاوتی می باشند .

به عنوان مثال خرد کننده های فکی، غلطکی، چرخشی، چکششی و دوار و . . . اگر چه تمامی خرد کننده ها وظیفه یکسانی را بعهده دارند ولی در هر شرایط خاصی استفاده از نوع بخصوصی از خرد کننده ها بهترین نتیجه را ارائه خواهد داد . به همین دلیل هنگام خرید و یا انتخاب خرد کننده باید به بسیاری موارد از جمله سختی استحکام مواد اولیه ابعاد سنگهای ورودی و نیز خروجی (محصول خارج شده از سنگ شکن) ناخالصی های موجود در مواد اولیه و ناخالصی هایی که از طریق خرد کننده وارد مواد اولیه می گردند مقدار رطوبت مواد اولیه مقدار تولید و . . . توجه شود . در تولید فراورده های سرامیک ظریف ، خرد کننده های فکی و غلطکی و چرخشی متداول ترین انواع سنگ شکنهایی هستند که مورد استفاده قرار می گیرند .

در خرد کننده های فکی عمل خرد کردن سنگها به وسیله دو فک انجام شده و یکی از آنها ثابت و فک دیگر متحرک می باشد. فک متحرک به نحوی حرکت می نماید که فاصله بین فکها مرتبا کم و زیاد شده و بدین وسیله سنگهایی که بین این دو فک قرار گرفته اند در اثر فشار خرد می گردند. بدیهی است که در این صورت اندازه کلوخه های خارج شده از سنگ شکن به فاصله بین فکها بستگی دارد. خرد کننده های فکی معمولا در اولین مرحله خرد کردن سنگها (در کارخانه) مورد استفاده قرار گرفته و کلوخه های خارج شده از آن معمولا دارای ابعادی حدود ۵ سانتیمتر هستند.

خرد کننده های غلطکی معمولا در مرحله دوم خرد کردن مورد استفاده قرار می گیرند. بدین ترتیب که کلوخه ها و قطعات خارج شده از خرد کننده فکی جهت کاهش بیشتر ابعاد آنها وارد خرد کننده غلطکی شده و با ابعادی حدود ۱ سانتیمتر از آن خارج می گردد.

در تولید فراورده های سرامیک ظریف سنگ شکنهای چرخشی نیز در مقیاس محدودتر جهت خرد کردن سنگها در مرحله دوم مورد استفاده قرار می گیرند. در این خرد کننده ها سنگها بین یک مخروط متحرک و صفحات ثابت جانبی گیر کرده و در اثر فشار مخروط خرد می گردند. حرکت مخروط متحرک به نحوی است که روی محیط یک دایره در چرخش بوده ولی در هر حال حول محور خود نمی گردد. این نوع چرخش ها باعث ایجاد نوعی حرکت رفت و برگشتی مخروط متحرک شده که در نهایت سنگها خرد می گردند.

در مورد خرد کننده ها یکی از مهمترین مواردی که از نظر فنی مورد توجه می باشد جنس صفحات خرد کننده است. هنگام خرد کردن مواد اولیه صفحات خرد کننده نیز طبیعتا دارای سایشی خواهند بود بنابراین ذرات ریز این صفحات خرد کننده می توانند همراه مواد اولیه وارد بدنه فراورده ها شده و بعد از پخت فراورده ها لکه های قهوه ای رنگ را در سطح آنها به وجود آورند. فولادهای منگنز دار و یا فولادهای

کرم دار آلیاژی هستند که به علت سختی زیاد، بیشتر از سایر آلیاژها در ساخت صفحات خرد کننده مورد استفاده قرار می گیرند .

آسیاب کردن

مواد اولیه سخت بعد از خروج از خرد کننده ها به منظور کاهش بیشتر ابعاد وارد آسیابها می گردند . آسیابهایی که در صنعت سرامیک مورد استفاده قرار می گیرند مانند خرد کننده ها دارای انواع متفاوتی می باشند در تولید فرآورده های ظریف بطور عمده از آسیابهای گلوله ای، مخروطی و لرزشی استفاده می شود . آسیابهای گلوله ای اگر چه رایج ترین و پر مصرف ترین نوع آسیاب در تولید فرآورده های سرامیک می باشند ولی در مقایسه با دو نوع آسیاب دیگر نسبتا قدیمی تر محسوب می شوند .

آسیابهای گلوله ای استوانه های بزرگی از جنس فولاد هستند . ابعاد استوانه بنحوی است که تقریبا طول استوانه برابر قطر آن می باشد این استوانه حول محور خود که موازی سطح افق است گردش می نماید . همچنان که از نام آسیاب گلوله ای نیز مشخص است در داخل این آسیابها گلوله هایی وجود دارند که هنگام گردش آسیاب با مواد اولیه موجود در آن برخورد نموده و بدین وسیله باعث خرد شدن وسایش آنها می گردند. ابعاد مواد اولیه و ابعاد گلوله ها نیز رابطه مستقیمی با یکدیگر دارند بدین معنی که برای آسیاب نمودن ذرات درشتتر باید از گلوله های بزرگتر استفاده شود و بالعکس در عمل معمولا گلوله ها بر حسب حجم و یا وزن آنها به دو یا سه دسته تقسیم شده و با توجه به شرایط خاص موجود و نیز مواردی که ذکر گردید از هر یک از دستجات مقادیر مشخصی به صورت ترکیبی مورد استفاده قرار می گیرد . در هر صورت باید توجه داشت که ابعاد بزرگترین گلوله های مصرفی هرگز نباید از ابعاد مواد اولیه کمتر باشد .

مصرف گلوله های آسیاب به طور معمول گلوله های آسیاب با فضای بین آنها باید حدود ۵۰ درصد حجم کل آسیاب را اشغال نمایند . به مجموع حجم اشغال شده

به وسیله گلوله های آسیاب و فضای بین آنها اصطلاح ضریب بارگیری اطلاق می گردد . ضریب بارگیری در شرایط خاص می تواند تغییر نماید ولی معمولا محدوده تغییرات آن از ۴۵ درصد تا ۵۵ درصد حجم آسیاب می باشد . بنابراین چنانچه ضریب بارگیری یک آسیاب ۵۰ درصد باشد فضای خالی بین گلوله ها ۲۰ درصد و فضای واقعی اشغال شده به وسیله گوله ها ۳۰ درصد خواهد بود .

به طور معمول همواره پیشنهاد می شود که در موارد لزوم بارگیری آسیاب در دو یا چند مرحله انجام می شود . به عنوان مثال چنانچه هنگام بارگیری یک بدنه پرسلان در آسیاب گلوله ای مواد سخت مثل سیلیس و فلدسپات همزمان با خاکهای رس بارگیری گردند مشاهده خواهد شد که سرعت کاهش ابعاد ذرات بسیار آهسته است . علت این موضوع نقش ذرات ریز در جلوگیری از اصطکاک بین ذرات درشت تر می باشد .

در آسیابهای گلوله ای بارگیری مواد اولیه به صورت متوالی انجام نشده بلکه به صورت مقطع صورت می پذیرد . بدین معنی که مواد اولیه پس از بارگیری و سایش تخلیه گردیده و سپس مجددا این عمل تکرار می شود . در آسیابهای مخروطی عمل آسیاب نمودن به صورت متوالی انجام می شود بدین ترتیب که در آسیابهای مخروطی ذراتی که ابعاد آنها تا حد لازم کاهش یافته به طور خودکار از آسیاب خارج شده و مواد درشت از سمت دیگر آسیاب بارگیری می گردند . در شکل مقطع طولی و عرضی یک آسیاب مخروطی در هنگام کار نشان داده شده است . همچنان که مشاهده می شود. این شکل خاص آسیابهای قیفی و نیروی گریز از مرکز (هنگام گردش آسیاب) باعث می گردد که ذرات و گلوله های درشت و ریز از یکدیگر جدا شده بدین ترتیب که ذرات و گلوله های درشت در قسمتهای ابتدایی آسیاب و ذرات و گلوله های ریز در قسمت انتهایی آن قرار می گیرند . این موضوع نهایتا انرژی اتلافی را کاهش می دهد. از طرف دیگر بدیهی است که در هنگام چرخش قسمتهایی از آسیاب که دارای قطر بیشتری می باشند با سرعت بیشتری حرکت نموده و قسمتهای

باریک تر حرکت کندتری خواهند داشت . این موضوع نیز به نوبه خود باعث ایجاد ضربات شدیدتر در نواحی قطور آسیاب و ضربات آهسته تر در نواحی بارکتر آن گردیده و بالاخره باعث کاهش سایش گلوله ها و یکنواختی بیشتر محصول تولید شده می گردد . علاوه بر کلیه مزایای فوق شکل خاص این آسیابها باعث سایش بسیار کمتر جداره است .

نوع دیگری از آسیابها که رواج بسیار یافته و بخصوص در تولید سرامیکهای ظریف بسیار مناسب تشخیص داده شده اند آسیابهای لرنزی می باشند . در آسیابهای لرنزی نیز عمل سایش و خرد کردن مواد به وسیله گلوله ها انجام می شود . شکل گلوله های مصرفی در آسیابهای لرنزی بر عکس گلوله های آسیابهای گلوله ای و مخروطی که کروی می باشند استوانه بوده و جنس آنها نیز به طور معمول از بدنه های سرامیک با وزن مخصوص بالا می باشد . تفاوت اساسی بین آسیابهای گلوله ای و آسیابهای لرنزی مقدار و تعداد ضربات وارده به مواد در واحد زمان می باشد. از طرف دیگر در آسیابهای گلوله ای ضربه ای که جهت خرد نمودن مواد اولیه توسط گلوله ها به آنها وارد می شود بسیار بیشتر از مقدار لازم است ولی تعداد ضربات وارده در زمان مشخص کم است . در آسیابهای لرنزی این نقص به وسیله حرکت لرنزی آسیاب بدین صورت رفع گردید که نیروی ضربه تا حدود مورد نیاز کاهش یافته ولی در عوض تعداد ضربه ها به مقدار بسیار زیادی افزایش داده شده است . بدین ترتیب سرعت عمل و نیز مقدار کاهش ابعاد ذرات در آسیاب لرنزی (در مقایسه با آسیابهای گلوله ای) بسیار بیشتر بوده که نهایتاً این عوامل باعث ایجاد بازدهی بسیار زیادتر در آسیاب های لرنزی می گردند . در شکل یک آسیاب لرنزی نشان داده شده است .

اختلاط مواد اولیه

در صنایع تولید کننده فراورده های سرامیک به طور کلی سه روش مختلف جهت اختلاط مواد اولیه وجود دارد روش خشک ، روش پلاستیک و روش تر.اختلاط

مواد اولیه به روش خشک معمولاً در مورد آن دسته از فراورده های سرامیک به کار می رود که در بدنه آنها خاکهای رس وجود ندارد ، به عنوان مثال بسیاری از انواع فراورده های دیرگداز روش پلاستیک نیز معمولاً در تولید فراورده های زمخت به عنوان مثال آجرها کاربرد دارد .

مواد اولیه فراورده های سرامیک ظریف صرفاً به روش تر با یکدیگر مخلوط می شوند . در این روش اختلاط مواد اولیه هنگامی انجام می شود که مواد به صورت دوغاب در آمده اند. مهمترین مزایای این روش ، اختلاط و همگنی بسیار بیشتر مواد و امکان تصفیه و تخلیص مواد با استفاده از الکها و دستگاه های آهن ربا ، و مهمترین نقطه ضعفو یا دردسر آن نیاز به دستگاه فیلتر پرس می باشد. زیرا آب اضافی موجود در دوغاب بدنه باید به نحوی خارج گردد . در عین حال باید توجه داشت که خروج آب اضافی دوغاب به معنی خروج نمکهای محلول نیز می باشد که این مورد نیز به نوبه خود می تواند مزیت دیگر این روش محسوب گردد .

آهن گیری

در صنعت سرامیک به روش های گوناگون از ورود مواد حاوی آهن به داخل مواد اولیه در مراحل مختلف تولید جلوگیری می شود. با این وجود در عمل علی رغم تمامی توجهات همواره مقادیری ذرات آهن در مواد اولیه وجود دارد . در تولید فراورده های ظریف جهت تخلیص دوغاب و حذف ذرات آهن موجود از دستگاه های آهن ربا استفاده می شود . دستگاه های آهن ربا اگر چه عامل بسیار موثری در حذف آهن و تخلیص دوغاب هستند ولی متأسفانه باید توجه داشت که این دستگاه ها قادر به جذب تمامی مواد و ذرات حاوی آهن نمی باشند .

عملاً آهن رباهایی که به منظور فوق مورد استفاده قرار می گیرند می توانند هم آهن رباهای دائمی و هم الکتریکی باشند . بدیهی است که آهن رباهای دائمی بر عکس آهن رباهای الکتریکی هنگام قطع جریان برق نیز قادرند به کار خود ادامه دهند و این

مورد مزیت بزرگ آهن رباهای دائمی است. ولی باید توجه داشت که تمیز نمودن و شستشوی این رباها در مقایسه بسیار مشکل تر است.

تهیه و آماده سازی خمیر بدنه

پالایش

دوغاب بدنه بعد از مرحله آهن گیری به طور معمول دارای مقدار آبی حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد (وزنی) است. از طرفی دیگر آب موجود در خمیر بدنه که در هنگام شکل دادن فراورده ها مورد استفاده قرار می گیرد حدود ۲۵ - ۱۹ درصد است. در گذشته برای خارج نمودن آب اضافی دوغاب و یا اصطلاحاً پالایش آن از خشک کن استفاده می شد ولی امروزه این عمل منسوخ گردیده و به جای آنها از پالایه های فشاری استفاده می گردد.

پالایه های فشاری در اساس از سینی ها و یا صفحات فلزی به شکل مربع و یا دایره تشکیل شده اند. این سینی ها دارای شکل خاصی می باشند. بدین معنی که در مرکز آنها سوراخی وجود داشته و نیز هر سینی از دو طرف دارای قاب برجسته ای می باشد. به علت وجود این قاب هنگامی که سینی ها در کنار یکدیگر قرار می گیرند فضای خالی در بین آنها بوجود می آید. این فضاهای خالی به وسیله سوراخ میانی هر سینی با یکدیگر ارتباط دارند. در شکل یک سینی از جلو و نیز از پهلو نشان داده شده است. در ابتدا این سینی ها از چوب ساخته می شده اند. بعدها چدن مورد استفاده قرار گرفت و در حال حاضر نیز اگر چه از موادی مثل لاستیک و انواع مختلف پلاستیک استفاده می شود ولی به طور عمده سینی ها همچنان از چدن ساخته می شوند. اخیراً نیز سینی هایی از جنس آلومینیوم مورد استفاده قرار می گیرند. این سینی ها بخصوص در تولید چینی های استخوانی (که وجود ناخالصی های آهن حتی در مقادیر بسیار کم مسئله ساز است) رواج بسیاری یافته اند.

ورز دادن و همگن نمودن خمیر

خمیرها و یا اصطلاحاً کیکهایی که از پالایه خارج شده اند عمدتاً به سه دلیل هنوز جهت مصرف آماده نمی باشند اولاً این خمیرها از نظر مقدار رطوبت موجود در آنها همگن نیستند. ثانیاً ذرات مواد اولیه به طور یکنواخت در کیکها پخش نگردیده اند. و ثالثاً در کیکها مقدار زیادی حبابهای هوا وجود داشته که در صورت عدم خروج در هنگام شکل دادن فراورده ها مسئله ساز خواهند بود. کیکها بعد از مرحله پالایش برای مدتی انبار می گردند. یکی از علل انبار نمودن کیکها، پخش و انتشار نسبتاً یکنواخت رطوبت در خمیر است. انبار نمودن کیکها به تنهایی نمی تواند به طور موثر باعث انتشار و یکنواختی رطوبت در خمیر گردد.

اصطلاح ورز دادن به طور خلاصه به عمل یا اعمالی اطلاق می شود که باعث اختلاط همگنی و هواگیری خمیر می گردد. با این همه در بعضی موارد انواعی از دستگاه های ابتدایی ورز دهنده نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در مقیاس صنعتی ورز دادن خمیر به وسیله دستگاه های ورز دهنده انجام می شود. این دستگاه ها به طور موثر می توانند باعث یکنواختی و هواگیری نسبی خمیر شده و در عین حال به دلیل ایجاد تراکم بیشتر در خمیر باعث افزایش پلاستی سیت و استحکام پس از خشک شدن بدنه نیز می گردند. در تولید فراورده های ظریف هوای موجود در خمیر الزاماً باید خارج گردد. به همین منظور جهت ورز دادن خمیر اینگونه فراورده ها از نوع خاصی از دستگاه های ورز دهنده استفاده می شود. بدین معنی که این دستگاه ها دارای محفظه خلا بوده و به همین دلیل اصطلاحاً به آنها ورز دهنده های هواگیر گفته می شود.

ساختمان دستگاه های ورز دهنده در مجموع بسیار شبیه به ساختمان چرخ گوشت هایی است که جهت مصارف خانگی مورد استفاده قرار می گیرند. دستگاه های ورز دهنده هواگیر از سه قسمت تشکیل شده اند که به ترتیب عبارتند از قسمت

تغذیه، محفظه خلا و قسمت تخلیه در شکل ساختمان یک دستگاه ورز دهنده هواگیر نشان داده شده است. اگر دهانه انتهایی این دستگاه ها به شکل دایره باشد، خمیرها به صورت استوانه از دستگاه خارج می گردند. به همین دلیل در این مرحله به خمیرهای خارج شده از دستگاه ورز دهنده اصطلاح ستون خمیر اطلاق می گردد.

امروزه تقریباً در کلیه کارخانجات جهان برای تولید فراورده های سرامیک ظریف از دستگاه های ورز دهنده هواگیر استفاده می شود. ولی بهرحال باید توجه داشت که این دستگاه ها هنوز دستگاه های ایده الی نبوده و قادر نیستند که وظیفه خود یعنی همگنی و هواگیری خمیر را به طور کامل انجام دهند. بنابراین در هنگام کار با این دستگاه ها باید متوجه این نقص بود و از کاربرد کیکهایی با تفاوت زیاد در ترکیب و مقدار رطوبت اجتناب نمود. به همین دلیل قسمت میانی کیکها قبل از ورود به دستگاه های ورز دهنده حتماً باید جدا شوند. این نکته قابل توجه است که در بعضی موارد ممکن است مقدار رطوبت کیکها خشک شده باشند. در چنین مواردی افزایش آب به کیکها با این امید که عمل اختلاط در دستگاه های ورز دهنده انجام خواهد شد عملی کاملاً اشتباه و مسئله ساز است.

تهیه و آماده سازی دوغاب ریخته گری

چنانچه جهت شکل دادن فراورده ها روش ریخته گری مورد نظر باشد مخلوط مواد اولیه (بدنه) لزوماً باید به صورت دو غاب مورد استفاده قرار گیرد.

به طور صنعتی دوغابهای ریخته گری معمولاً و به طور عمده به دو روش می توانند تهیه گردند با استفاده از کیکهای پالایه و نیز تهیه مستقیم.

تهیه دوغاب ریخته گری با استفاده از کیکهای پالایه

انتخاب روش تهیه دوغاب به طور عمده به مقدار دوغاب مورد نیاز در خط تولید بستگی دارد. روش تهیه دوغاب با استفاده از کیکهای پالایه معمولاً در شرایطی

استفاده می شود که روش عمده تولید در کارخانه روش پلاستیک بوده و مقدار تولید به روش ریخته گری نسبتاً کم است . به عنوان مثال در کارخانجات تولید ظروف غذاخوری.

در این روش عمل اختلاط و همگنی در همزنها انجام می شود بدین ترتیب که آب به مقدار مورد نیاز به داخل همزن ریخته شده و سپس در هنگام چرخش مخلوط کننده کیکهای پالایه به مقدار متناسب در داخل همزن بارگیری می گردند . زمان چرخش در صورتی که از همزهای معمولی استفاده شود معمولاً حدود ۲ ساعت می باشد . بعد از اتمام این عمل وزن مخصوص دوغاب اندازه گیری شده و در صورتی که مقادیر مورد تایید باشند دوغاب از همزن تخلیه شده و در یک حوضچه انبار می گردد .

این روش معمولاً در مقایسه با روش تهیه مستقیم به کارگر و ماشین آلات بیشتری احتیاج داشته و بنابر این از این نظر مقرون به صرفه نیست . ولی در عین حال باید به مهمترین مزیت این روش یعنی خروج نمکهای محلول در هنگام پالایش دوغاب اولیه توجه داشت .

تهیه دوغاب ریخته گری به روش مستقیم

روش تهیه مستقیم به طور معمول در شرایطی مورد استفاده قرار می گیرد که حجم دوغاب مورد نیاز کارخانه زیاد باشد . به عنوان مثال در تولید سرامیکهای بهداشتی که تمامی فرآورده ها به روش ریخته گری شکل می گیرند ، از این روش استفاده می شود .

در این روش دوغاب ریخته گری مستقیماً از اختلاط مواد اولیه (به صورت دوغاب و نیز به صورت خشک) روان کننده و آب (به مقدار متناسب جهت ایجاد وزن مخصوص گرانروانی مورد نظر) بوجود می آید .

دوغاب ریخته گری پس از تهیه (اعم از اینکه به روش مستقیم تهیه شده باشد . یا با استفاده از کیکهای پالایه) برای مدتی حداقل ۴۸ ساعت انبار شده و سپس مورد استفاده قرار می گیرد . علت انبار نمودن دوغابهای ریخته گری باید توضیح داده شود که به طور کلی بعد از تهیه دوغابها بسیاری از خواص آنها (از جمله گرانی) می تواند بعد از مدتی تغییر نماید . علت این پدیده به طور ساده نفوذ آب بداخل ذرات درشت رسها و نتیجتا تقسیم ریزتر شدن ذرات آنهاست . در مورد دوغابهای منعقد این تغییرات می تواند به آهستگی حتی تا چندین هفته ادامه یابد . ولی در دوغابهای روان شده سرعت تغییرات بیشتر بوده و به همین دلیل معمولا انبار نمودن دوغابهای ریخته گری برای مدتی حدود دو روز به منظور تثبیت نسبی خواص دوغابها و در نتیجه کنترل دقیق تر بر خواص آنها صورت می گیرد .

لازم به ذکر است که روشهای مذکور جهت تهیه دوغابهای ریخته گری اگر چه رایجترین روشها می باشند ولی تنها روشهای موجود نیستند . به عنوان مثال در روشهای مذکور ممکن است به جای استفاده از همزن مستقیما از آسیاب گلوله ای جهت اختلاط مواد استفاده گردد . چنین روشهایی اگر چه در مجموع و در سطح جهان کمتر مورد استفاده قرار می گیرند ولی در بعضی از کشورهای اروپایی و نیز در ایران رایج می باشند .

تهیه و آماده سازی پودر بدنه

بعضی از سرامیکهای ظریف به عنوان مثال کاشیهای دیواری به وسیله تحت فشار قرار گرفتن پودر بدنه در دستگاه پرس شکل می گیرند. برای انجام این عمل به طور کلی دو روش رایج می باشد . تهیه پودر بدنه با استفاده از کیکهای پالایه و نیز تهیه پودر به روش مستقیم .

تهیه پودر بدنه با استفاده از کیکهای پالایه

امروزه روش تهیه پودر بدنه با استفاده از کیکهای پالایه تقریباً روشی قدیمی و سنتی محسوب می شود. علی رغم این مورد با توجه به اینکه هنوز در بعضی از کارخانجات از این روش استفاده می شود.

در این روش کنترل دقیق مقدار آب موجود در کیکهای تقریباً خشک شده بسیار مشکل است. بنابراین به طور معمول به کیکها اجازه داده می شود که در داخل خشک کن بیشتر از حد مورد نظر خشک گردند سپس قبل از آسیاب نمودن آب مورد نیاز یا مستقیماً به مواد خشک شده اضافه گردیده و یا به صورت کیکهای نسبتاً مرطوب با آنها مخلوط می شود. در هر صورت انبار نمودن پودر حاصل امکان همگنی بیشتر رطوبت را بوجود خواهد آورد.

شکل دادن به روش دست

این روش یکی از قدیمیترین روش های شکل دادن در صنعت سرامیک است. در این روش از هیچ وسیله عمده ای جز دست انسان برای شکل دادن استفاده نمی شود. نحوه عمل به طور خلاصه بدین ترتیب است که قطعاتی از خمیر بدنه به شکل رشته ها صفحات و غیره تهیه شده و به یکدیگر چسبانده می شود. این روش بخصوص جهت تولید دست ساز هنری بکار می رود.

باید در نظر داشت حتی بدون در نظر گرفتن ارزشهای هنری فرآورده های سرامیک ظریف باید توجه داشت که کاربرد این روش صرفاً در چهار چوب تولید کوچک و غیر صنعتی نمی باشد. به عنوان مثال در مقیاس صنعتی شکل دادن به وسیله دست مورد ظروف تزئینی با کیفیت بسیار بالا برای تولید نسخه های اصلی قطعات برای ساخت قطعات بسیار بزرگ استون ور (برای مصرف در کارخانجات مختلف) و نیز برای تولید مقره های بسیار بزرگ فشار قوی (از جنس پرسلان) بکار می رود.

شکل دادن بوسیله دست با استفاده از قالب

بسیاری از مورخین پیدایش هنر سبد سازی را پیش از پیدایش هنر و صنعت سفال سازی می دانند اگر این نظریه صحیح باشد با توجه به نقوش باقیمانده دذر روی سفالهای آن دوران این موضوع مطرح خواهد بود که اولین سفالها از سبد شکل گرفته اند . به عبارت دیگر می توان گفت که در آن دوران سبد به عنوان قالب بکار می رفته است . در این صورت این نتیجه بدست خواهد آمد که روش شکل دادن به وسیله دست و با استفاده از قالب قدیمیترین روش شکل دادن بوده و نیز تمام صنعت سرامیک امروز بشر ریشه در قالبگیری دارد .

در روش شکل دادن به وسیله دست و با استفاده از قالب علاوه بر دست انسان قالب نیز در شکل دادن فراورده کمک می کند . بدین ترتیب که ورقه ها و یا اشکال دیگری از خمیر ساخته شده و به داخل قالب به وسیله دست محکم چسبانده شده و فشار داده می شود .

قالبها در این روش می توانند از جنسهای متفاوتی باشند ولی در تولید تجارتهای معمولاً از قالبهای گچی استفاده می شود اگر چه این موضوع در تمامی موارد صحیح نیست . این روش نیز مانند روشهای دیگر دارای مزایا و نقاط ضعفی است . مهمترین مزیت این روش را می توان امکان تولید اشکال یا حجم های نامتقارن دانست . در عین حال سرعت تولید در این روش به نسبت روش قبل (شکل دادن به وسیله دست) بیشتر است . ولی در هر حال در مقایسه با روشهای دیگر این روش در مجموع روشی کند محسوب می گردد و به همین دلیل معمولاً در مقیاس کوچک تولید کاربرد دارد . به عنوان مثال بسیاری از گلدانهای بزرگ و سایر قطعاتی که دارای نقوش برجسته و یا اشکال نامتقارن می باشند در کارگاه های اطراف تهران و یا سایر نقاط ایران به این روش ساخته می شوند . روش شکل دادن به وسیله دست و با استفاده از قالب جهت تولید فراورده هایی از جنس استون ور با ابعاد بسیار بزرگ نیز بکار می رود .

چرخکاری

چرخکاری اصطلاحی است که سفالگران ایرانی به روش خاصی از شکل دادن فرآورده ها اطلاق می کنند . در این روش برای شکل دادن فرآورده ها از دستگاه خاصی چرخ سفالگری استفاده می شود . بسیاری از متخصصین ایرانیان را مخترع و مبتکر این روش شکل دادن می دانند. این روش با توجه به کاربرد وسیعی که در تولید سنتی فرآورده های سرامیک (در طی قرون متمادی) داشته و دارد حتی برای عامه و کسانی که با صنعت سرامیک آشنایی ندارند نیز شناخته شده است .

اولین چرخهای سفالگری که مورد استفاده قرار گرفتند چرخهایی بودند که به وسیله دست حرکت داده می شدند . این روش هنوز در نواحی مثل سیستان و بلوچستان و شمال ایران از این چرخها (چرخهای سفالگری دستی) استفاده می شود. ولی با این همه از این مورد یا موارد استثنایی که بگذریم می توان گفت که امروزه نیروی محرکه تمامی چرخهای سفالگری به طور عمده یا پای سفالگر است و یا موتورهای الکتریکی . چرخهای سفالگری که به وسیله پا حرکت می کند به طور ساده از دو صفحه دایره شکل تشکیل گردیده اند . یک محور عمودی مرکز این دو صفحه دایره شکل را به یکدیگر متصل می کند . بدیهی است که صفحات به طور افقی (یکی در بالا و یکی در پایین) قرار می گیرند . صفحه پایینی بزرگتر از صفحه بالایی بوده و نیز دارای وزن نسبتا زیادی است . این صفحه باعث ایجاد حرکت منظمی می گردد که در نتیجه ضربات متمادی پای سفالگر بوجود می آید . صفحه فوقانی محل قرار گرفتن خمیر پلاستیک بدنه (در اصطلاح سفالگری چانه گل) و نیز شکل یافتن فرآورده ها می باشد . در چرخهای جدیدتر ایجاد حرکت در صفحه فوقانی به وسیله موتور الکتریکی انجام می شود . در تصویر ۱۰ یک نوع از چرخهای سفالگری برقی نشان داده شده است . همبا بررسی چرخ سفالگری می توان دریافت که بسیاری از روشهای شکل دادن جدید و متداول امروزی در حقیقت از تکامل همین چرخهای ساده بوجود آمده اند .

روش اجرا ، علی رغم ظواهر امر ، چرخکاری به طور کلی عملی است که نیازمند مهارت بسیار زیادی می باشد . بنابراین یقینا با توضیحات ساده و مختصر و

بدون کسب تجارب عملی حق مطلب ادا نخواهد شد. اما به منظور کسب نتایج و در درک بهتر روشهای معمول شکل دادن در صنعت امروز، بیان این روش بسیار حائز اهمیت است.

در این روش ابتدا تکه ای از خمیر بدنه (که در هر حال همکن بوده و ورز داده شده است) در روی مرکز صفحه گردان (صفحه بالایی) قرار داده می شود. این عمل توسط فشار دادن کف دست چپ روی یک طرف خمیر و بالا آوردن خمیر توسط دست راست صورت می گیرد. مهمترین مرحله در چرخکاری همین عمل است یعنی در مرکز قرار دادن توده خمیر. در مرحله دوم سفالگر به طور متناوب گل را در حالت چرخش فشرده و صاف نموده و مرتباً آنرا بالا آورده و سپس به پایین فشار می دهد این عمل در حقیقت ادامه عمل ورز دادن است. بعد از این عمل خمیر به صورت حجمی میان تهی با دیواره ضخیم در آمده و سپس این دیواره در بین انگشت شست و کف دست سفالگر تدریجاً نازک شده و به شکل مورد نظر در می آید. در تمامی این مراحل خمیر و نیز دست سفالگر باید به اندازه کافی خیس باشد تا از اصطکاک زیاد جلوگیری بعمل آید. با این توضیح مشخص است که در نهایت بدنه قطعه دارای آب زیادی بوده و در نتیجه بسیار شکل پذیر می باشد به نحوی که با کوچکترین نیروی تغییر شکل می دهد. سپس به وسیله یک سیم نازک قطعه ساخته شده از بقیه توده خمیر (که در زیر پایه ظرف قرار دارد) بریده و جدا می شود.

شکل دادن به وسیله دستگاه های جیگر و جالی

این روش از تکامل چرخکاری به وجود آمده و در عین حال ما در روشهای امروزی برای شکل دادن فرآورده های مدور و متقارن می باشد. دستگاه های جیگر و جالی از نظر نحوه عمل اختلاف عمده ای با یکدیگر ندارند چرا که در هر حال خمیر فرآورده ها در بین یک تیغه شکل دهنده و یا قالب گچی (که در حال چرخش می باشد) قرار گرفته و شکل می باید. نقطه متمایز مهم دستگاه های جیگر و جالی در

کاربرد این دستگاه ها نهفته است . بدین معنی که دستگاه های جیگر برای ساخت و شکل دادن ظروف تحت (مثل بشقاب و نعلبکی) و دستگاه های جالی برای ساخت و شکل دادن ظروف گود (مثل فنجان و کاسه) بکار می رود .

ساخت ظروف تخت (و به عبارت دیگر روش جیگر) را می توان شامل دو مرحله دانست . در مرحله اول ورقه های مذکور به وسیله ماشین پهن کننده پهن می گردد بنحوی که شعاع ورقه های پهن شده تقریبا کمی از شعاع فرآورده نهایی (که باید نهایتا شکل گیرد) بیشتر گردد . بدیهی است که در این وضعیت ضخامت ورقه ها نیز کاهش می یابد . در شکل یک دستگاه پهن کننده به طور ساده نشان داده شده است . نحوه عمل بدین ترتیب است که ورقه خمیر در مرکز قالب گچی مدوری که دارای سطح افقی می باشد قرار داده می شود . سپس قالب گچی حول محور خود آغاز به گردش نموده و در حالی که قالب (و نتیجتا ورقه خمیر در روی قالب) در حال گردش می باشد تیغه مسطحی به روی سطح ورقه فرود آمده و آنرا پهن می سازد . بعد از این مرحله ورقه پهن شده از روی قالب برداشته شده و دقیقا در وسط قالب دیگری که سطح آن به شکل سطح داخلی فرآورده می باشد (البته این موضوع در مورد ظروف تحت صحیح است) قرار داده می شود . در این لحظه مرحله دوم آغاز می گردد . در این مرحله عمل شکل دادن نهایی به وسیله دستگاه جیگر صورت می پذیرد بدین ترتیب که قالب مذکور به همراه ورقه خمیر روی محل خاصی که اصطلاحا سرد دستگاه جیگر نامیده می شود قرار گرفته و سپس دستگاه جیگر کار خود را آغاز نموده قالب گچی را حول محور خود می گرداند . در هنگام گردش قالب کارگر متخصص (متصدی دستگاه) باید مرتبا فشار کمی را به وسیله دست خود و یا با واسطه یک اسفنج مرطوب به خمیر وارد سازد . زاین عمل جهت اطمینان از اتصال کامل خمیر به قالب در خلال گردش آنها انجام می شود . باید توجه داشت که هنگام اجرای عمل جهت وسعت فشار اعمال شده روی ورقه خمیر باید از مرکز به طرف لبه ها باشد . بعد از این مرحله تیغه ای فلزی که به شکل سطح خارجی فرآورده تخت است به روی

خمیر فرود آمده و آنرا شکل می دهد بدیهی است که فرود آمدن تیغه باعث خروج و پس زدن مقادیر اضافی خمیر می گردد . در هر حال در تمامی مراحل عمل استفاده از آب جهت کاهش اصطحکاک و تنش الزامی است . بعد از شکل یافتن قطعه قالب و قطعه شکل گرفته از دستگاه جیگر برداشته شده و به خشک کن انتقال می یابد . باید توجه داشت که در این روش اجرا و توجه بسیار زیاد به جزئیات عمل بخصوص اعمالی که به وسیله کارگر متخصص انجام می شود (اعم از قرار دادن خمیر در وسط قالبها انتقال ورقه پهن شده از دستگاه پهن کننده به دستگاه جیگر اعمال فشار به خمیر در هنگام شکل گیری و . . .) بسیار مهم است چرا که کوچکترین عدم دقتی باعث ایجاد تغییر شکل و ترک در مراحل بعدی تولید (خشک شدن و پخت) می گردد .

در روش جیگر سطح داخلی فرآورده به وسیله قالب و سطح خارجی آن به وسیله تیغه فلزی شکل می یابد . در روش جالی عکس این صورت می پذیرد . بدین معنی که قالب سطح خارجی فرآورده و تیغه سطح داخلی آنرا شکل می دهد. به طور کلی اعتقاد عمومی بر این است که روش شکل دادن به وسیله دستگاه جالی ساده تر از شکل دادن به وسیله دستگاه جیگر است چرا که در این روش این امکان وجود دارد که قطعه ای از خمیر مستقیما (بدون طی مرحله ای مشابه مرحله پهن سازی در مورد ظروف تخت) به داخل قالب دستگاه جالی گذاشته شده و به وسیله انگشتان دست شکل ابتدایی ایجاد گردد .

امروزه دستگاه های غیر خودکار جیگر و جالی به دلیل نقایص بزرگ آنها (اعمال تنش و تغییر شکل نیاز به نیروی انسانی ماهر برای کار با این دستگاه ها ، سرعت تولید کم و . . .) در مقیاس صنعتی کاربردی نداشته و مدتهاست که صرفا در کارگاه ها از آن ها استفاده می شود . دستگاه های نیمه خودکار و خودکار جیگر و جالی نیز از حدود دو سه دهه قبل یعنی از هنگام ورود ماشینهای گران به صحنه صنعت در رقابت با آنها شکست خورده و هر روز کاربرد آنها (که صرفا در تولید فرآورده های مدور متقارن می تواند باشد) کمتر و کمتر گردیده است . به نحوی که

امروزه معمولاً این دستگاه‌ها را فقط در کارخانجات نسبتاً قدیمی می‌توان مشاهده نمود. به هر صورت با تمامی این توضیحات باید توجه داشت که اگر چه امروزه دیگر ظروف خانگی کمتر به این روش ساخته می‌شوند ولی هنوز استفاده از این دستگاه‌ها در صنعت در بعضی موارد رایج است.

شکل دادن به وسیله ماشینهای گردان

روش شکل دادن به وسیله ماشینهای گردان روشی است که به طور عمده در چند دهه اخیر رایج شده و با توجه به مزایا و برتریهای آن امروز رایجترین روشی است که در کارخانجات جهت تولید ظروف خانگی و سرویسهای غذاخوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین این در تولید سرامیکهای ظریف بسیار پر اهمیت می‌باشد.

ماشینهای گردان در عین حال که از تکامل دستگاه‌های جیگر و جالی بوجود آمده‌اند ولی دارای تفاوت‌های عمده‌ای نیز می‌باشند. بدین معنی که در ماشینهای گردان به جای تیغه شکل دهنده که در دستگاه‌های جیگر و جالی وجود دارد یک حجم دوار (که اصطلاحاً به آن بمب گفته می‌شود) عمل شکل دادن را انجام می‌دهد. در هنگام شکل دادن فرآورده‌ها بمب برعکس تیغه‌های شکل دهنده خود در حال گردش بوده و در عین حال به وسیله گاز و یا الکتریسته گرم می‌گردد. به علاوه در ماشینهای گردان در اکثر موارد مرحله پهن کردن ورقه خمیر (در مورد فرآورده‌های گود) حذف گردیده است. ولی با این همه باید توجه داشت که در بعضی موارد (به دلایلی که توضیح داده خواهد شد) در انواع نیمه خودکار ماشینهای گردان و در مورد قطعات بزرگ عمل پهن کردن ورقه خمیر هنوز انجام می‌شود. باید اضافه شود که در مجموع حد خودکاری ماشینهای گردان نیز بسیار بیشتر از حد خودکاری دستگاه‌های جیگر و جالی است. به نحوی که در انواع تمام خودکار ماشینهای گردان فقط به یک نفر کارگر (غیر متخصص) جهت قرار دادن قالب در محل خودروی دستگاه و برداشتن آن پس از شکل‌گیری خمیر احتیاج می‌باشد. با توضیحاتی که تاکنون داده

شد احتمالا مشخص گردیده که ماشینهای گردان هم برای شکل دادن فراورده های تحت ساده و نیمه خودکار ماشینهای گردان برای شکل دادن فراورده های تخت گود نشان داده شده است .

مهمترین نقطه ضعف این روش را ایجاد تنش و عدم یکنواختی جهات صفحات رس و در نتیجه تغییر شکل فراورده ها در مراحل خشک شدن و پخت . علاوه بر این مورد به دلیل خودکار بودن این روش باید کنترل بسیار دقیق بر مراحل تولید (بخصوص مراحل تهیه بدنه و شکل دادن) اعمال گردد . از طرف دیگر همچنان که در مورد گردان در مورد بدنه هایی با پلاستی سسته کم مثل بدنه های چینی استخوانی خیلی ساده نیست مهمترین مزایای روش شکل دادن با استفاده از ماشینهای گردان را نیز می توان موارد زیر دانست :

۱- این روش در مقایسه با روشهایی که تاکنون توضیح داده شده بسیار خودکارتر بوده و بنابر این همان طور که ذکر شد به افراد بسیار کمتری نیاز دارد .

۲- به دلیل خودکاری بسیار بیشتر این روش می توان از نیروی انسانی نیمه متخصص و غیر متخصص استفاده نمود .

۳- در این روش خمیر می تواند با درصد آب نسبتا کمتری مورد استفاده قرار گیرد . بنابراین امکان تغییر شکل کاهش می یابد .

۴- سرعت تولید و بازده کار در این روش بسیار بیشتر است .

و اما کاربردهای این روش ماشینهای گردان مانند دستگاه های جیگر و جالی صرفا قادر به شکل دادن فراورده ها مدور و متقارن بوده و نمی توانند فراورده هایی با اشکال پیچیده را بوجود آورند . از طرف دیگر این روش در مقیاس بزرگ تولید کاربرد داشته و در شرایطی که تولید یک فراورده مشخص به شکل مدور ساده متقارن و به مقدار لازم مورد نظر باشد . هیچ روش دیگری قادر به رقابت با این روش نیست (

البته تاکنون). و به همین دلیل علی رغم نقاط ضعف آن امروزه رایجترین روش جهت تولید ظروف خانگی و سرویسهای غذاخوری در کارخانجات می باشد. به هر حال باید توجه داشت که چنین روشهای مدرنی یا بازدهی بسیار زیاد هنگامی قابل استفاده می باشند که تنوع شکلهای مورد نیاز کم باشد و به همین دلیل نیز در یکی دو دهه اخیر با رواج ماشینهای گردان تنوع اشکال تولیدی به وسیله کارخانجات تولید کننده ظروف خانگی بسیار کمتر گردیده است.

شکل دادن به روش پرس پلاستیک

همچنان که از نام این روش نیز مشخص است در روش پرس پلاستیک خمیر پلاستیک بدنه به وسیله فشرده شدن در بین دو قالب گچی شکل می گیرد. عمل فشار دادن خمیر به وسیله یک دستگاه پرس هیدرولیک انجام می شود. در شکل نمونه ای از دستگاه های پرس هیدرولیک نشان داده شده است. خمیر مورد استفاده در دستگاه های پرس معمولاً همان خمیری است که در دستگاه های گردان مورد استفاده قرار می گیرد یعنی ورقه و یا برشی از ستون خمیر خارج شده از دستگاه ورز دهنده. با این همه لازم به توضیح است که در بعضی موارد ورقه خمیر قبل از شکل یافتن به وسیله دستگاه پرس ابتدا به وسیله دستگاه پهن کننده پهن می گردد. در این روش برعکس روشهای شکل دادن به وسیله ماشینهای جیگر و جالی و یا گردان قطعه شکل داده شده بلافاصله بعد از شکل گیری با استفاده از هوای فشرده از قالب جدا و خارج می گردد.

روش پرس پلاستیک به طور کلی برای تولید فراورده هایی که دارای تقارن دایره ای نمی باشند مورد استفاده قرار می گیرد. در شکل چند نمونه از قطعاتی که به این روش می توانند شکل یابند نشان داده شده است. بنابر این روش پرس پلاستیک را می توان رقیب اصلی روش ریخته گری دانست.

شاید بتوان مهمترین نقطه ضعف روش پرس پلاستیک را (مشابه اکثر روشهای شکل دادن) وجود تنشهای ناهمگن در بدنه فراورده ها دانست. بدین معنی که شکل

دادن به روش پرس پلاستیک نیز قادر به از بین بردن ناهمگنی های ایجاد شده در ورقه خمیر (ناشی از عمل دستگاه پالایه فشاری و دستگاه ورز دهنده) نمی باشد . در این مورد نیز مشابه روش شکل دادن به وسیله دستگاه های گردان پهن نمودن ورقه خمیر قبل از قرار گیری در دستگاه پرس می تواند به رفع این عیب کمک کند . ولی این عمل در هر حال باعث کاهش سرعت تولید می گردد .

شکل دادن به وسیله دستگاه های ورز دهنده

در بعضی موارد این دستگاه علاوه بر اینکه مسئولیت ورز دادن خمیر را بر عهده دارند عمل شکل دادن آنرا نیز انجام می دهند . به این روش شکل دادن اصطلاح روش اکستروژن اطلاق می گردد که می توان عنوان روش شکل دادن به وسیله دستگاه های ورز دهنده را معادل آن دانست .

به طور کلی مهمترین مزیت این روش تولید سریع و اقتصادی می باشد . این مزیت عمده باعث گردیده که علی رغم نقطه ضعف بزرگ این روش یعنی عدم همگنی کامل خمیر روش شکل دادن به وسیله دستگاه های ورز دهنده همچنان در تولید بعضی از محصولات سرامیک به عنوان روش عمده تولید مورد استفاده قرار گیرد . در اینجا باید تاکید گردد که وجود انواع معایب از جمله ایجاد لبه های مقعر و محدب تاب خوردگی وجود ترکهایی به شکل حرف S ترکهای طولی ترکهای دایره شکل موج و . . . در سطح فراورده هایی که بخصوص به این روش شکل داده شده اند کاملاً معمول بوده که به طور عمده ناشی از عمل حلزونی شکل دهانه خروجی و نیز طراحی دستگاه ورز دهنده می باشند . با توجه به اهمیت بسیار مطلب تاکنون تحقیقات زیادی در مورد رفع و یا کاهش شدت این نقایص در دستگاه های ورز دهنده هنوز حل نگردیده است . روش شکل دادن با استفاده از دستگاه های ورز دهنده به طور کلی برای آن دسته از فراورده ها می تواند کاربرد داشته باشد که دارای سطح مقطع عرضی یکسان و ثابت (در امتداد طول خود) می باشد . این روش بخصوص در تولید

سرامیکهای زمخت به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند و کاربرد آن جهت تولید
سرامیکهای ظریف به طور نسبی بسیار محدودتر و کمتر می باشد. در چهارچوب
سرامیکهای ظریف یکی از مهمترین موارد استفاده از این روش در تولید بعضی از
کاشیهای کف می باشد.

شکل دادن به روش تراش

در بسیاری موارد عمل تراش فراورده ها و به عبارت دقیقتر عمل تراشیدن
قسمتهای اضافی به عنوان جزئی از اعمال مرحله پرداخت تلقی می گردد. چنین تفکر
و برداشتی شاید در مورد اکثر فراورده هایب سرامیک مصداق داشته باشد ولی در
بعضی موارد یعنی در شرایطی که شکل اصلی این شرایط عمل تراش در حقیقت عامل
شکل دهنده قطعه می باشد در این موارد می توان از نوعی روش شکل دادن بحث
نمود یعنی شکل دادن به روش تراش.

روش تراش دادن فراورده های سرامیک مشابه روش تراش دادن فلزات است.
بدین ترتیب که قطعات به وسیله یک موتور الکتریکی حول محور خود به صورت
افقی یا عمودی گردش داده شده و همزمان با این عمل قسمتهای اضافی فراورده با
استفاده از ابزاری تیز و برش دهنده تراش داده می شود. این وسیله تیز و برش دهنده
می تواند در دست قرار گرفته و اصطلاحاً تراش به وسیله دست انجام شود و یا به
صورت خودکار خود دستگاه این عمل را انجام دهد. شکل دادن تراش مشخصاً در
مورد مقره ها روش عمده شکل دادن بوده و در این زمینه کاربرد وسیعی دارد. علاوه
بر این مورد در چهارچوب سرامیکهای ظریف این روش تولید بسیاری از انواع ظروف
خانگی و فراورده های تزئینی و هنری مورد استفاده قرار می گیرد. به عنوان مثال
جهت شکل دادن پایه های فنجانهایی از جنس چینی استخوانی از این روش استفاده
می شود چرا که این روش تاکنون مناسبترین روش جهت شکل دادن و ساخت پایه
های چنین ظروفی بوده است.

شکل دادن به روش ریخته گری دوغاب

در روش ریخته گری مخلوط مواد اولیه به صورت دوغابل مورد استفاده قرار می گیرد بدین صورت که ابتدا دوغاب بدنه به داخل قالبهای گچی ریخته می شود . بعد از مدت زمان مشخصی در نتیجه واکنشهای متقابل بین دوغاب و قالب گچی لایه ای در محل تماس دوغاب و قالب ایجاد می شود . واضح است که قطر لایه ایجاد شده بستگی به زمان توقف دوغاب در قالب دارد . بعد از گذشت مدت زمان مورد نظر دوغاب اضافی موجود در قالب تخلیه می گردد . سپس قالب و فراورده شکل یافته در آن برای مدتی به حال خود گذارده شده تا لایه ایجاد شده تا حدودی خشک گردد و نتیجتاً کوچکتر شود . بعد از این مرحله قطعه شکل یافته به راحتی از قالب جدا شده و می توان آنرا از داخل قالب گچی خارج نمود .

توضیحاتی که در سطور فوق درباره مراحل مختلف ریخته گری داده شده به طور عمده به روش خاصی از ریخته گری دوغابی تاکید داشته که اصطلاحاً به آن ریخته گری باز گفته می شود . در ارتباط با شکل و طراحی قالب به طور عمده دو نوع روش ریخته گری وجود دارد . روش ریخته گری باز و روش ریخته گری بسته روش ریخته گری باز همان روشی است که در ابتدای این بحث بیان شد . در روش ریخته گری بسته بر عکس ریخته گری باز به دوغاب آنقدر زمان داده می شود تا لایه ایجاد شده تمام حجم و فضای داخلی قالب را اشغال نماید . بنابر این در ریخته گری باز ضخامت فراورده در تمامی سطوح یکسان می باشد . در حالی که در ریخته گری بسته امکان ایجاد ضخامت های متفاوت در نقاط مختلف فراورده وجود دارد . روش ریخته گری باز همواره برای فراورده های میان تهی بکار می رود . در حالی که به وسیله روش ریخته گری بسته می توان کلیه فراورده ها را اعم از فراورده های میان تهی و یا توپر شکل داد . ضمناً باید اشاره گردد که در ریخته گری بسته در بعضی موارد خارج نمودن قطعه ساخته شده از قالب ممکن است با مشکلاتی همراه باشد . به همین دلیل در چنین مواردی از هوای فشرده جهت خارج نمودن قطعه استفاده می شود . در شکل

روش ریخته گری بسته و باز مشاهده می شود این شکل برش عمودی قالب را نشان می دهد .

روش ریخته گری نیز مانند دیگر روشهای شکل دادن دارای مزایا و نقاط ضعف خاصی می باشد . مهمترین مزایای این روش را می توان امکان ساخت شکل‌های پیچیده و نیز عدم وجود تنش در فراورده ها دانست . سرعت تولید کم عمر نسبتا کوتاه قالبهای گچی و نیز وجود مشکلات خاص این روش مانند مشکل سوراخهای ریز (سنجاقی) مهمترین نقاط ضعف این روش هستند . امروزه شکل دادن به روش ریخته گری به نسبت زیادی خودکار گردیده و به این ترتیب مشکل سرعت کم تولید تا حدودی حل شده است . از طرف دیگر روش ریخته گری تحت فشار توانسته است که نه تنها مسئله سرعت تولید کم را حل نماید بلکه بر مشکل ایجاد سوراخهای سنجاقی نیز فائق آید . با این همه استفاده از این روش مستلزم هزینه زیادی می باشد و همین عامل است که به عنوان مهمترین نقطه ضعف روش ریخته گری تحت فشار در نظر گرفته می شود . همچنان که سابقا نیز اشاره شد در چهارچوب سرمایه‌های ظریف مهمترین کاربرد روش ریخته گری در تولید فراورده های بهداشتی می باشد . اگر چه این روش در تولید ظروف خانگی نیز وسیعا مورد استفاده قرار می گیرد . بخصوص در مورد اخیر روش ریخته گری تحت فشار را می توان رقیب روش پرس پلاستیک دانست . این رقابت با توجه به مزیت عمده روش ریخته گری تحت فشار یعنی عدم وجود تنش در فراورده ها مطرح می گردد .

فهرست مأخذ

۱. بلور شناسی - دکتر حسین عرفانی - ۱۳۸۵ .
۲. پهلوان نامه کیل گمش - پژوهش و برگردان دکتر حسین صفوی -
۱۳۵۶
۳. تاریخ بیهقی - ابوالفضل محمد حسین کاتب بیهقی - تصحیح سعید
نفیسی - جلد اول
۴. تاریخ صنایع و اختراعات - پی یرروسو - ترجمه حسن صفاری -
۱۳۵۸ .
۵. تاریخ صنعت و اختراع - مبانی تمدن صنعتی - موریس داماس -
ترجمه عبدالله ارگانی جلد اول - ۱۳۶۲ .
۶. تاریخ علوم - پی یرروسو - ترجمه حسن صفاری - ۱۳۵۸ .
۷. تاریخ مهندسی در ایران - دکتر مهدی فرشاد - چاپ دوم
۸. خاندان مولف مقاله ایرج افشار - ضمیمه کتاب عرایس الجواهر و
نفایس الاطایب - تالیف ابوالقاسم عبدالله کاشانی - سال ۷۰۰ هجری - سلسله انتشارات
انجمن آثار ملی - شماره ۵۳ - ۱۳۵۴ /
۹. خشک کنها در صنایع شیمیایی - ترجمه گروه مهندسی جهاد
دانشگاهی صنعتی شریف - ۱۳۶۲ .
۱۰. سفال - شاهرخ فیروز - ۱۳۴۵ .

۱۱. سفال ایرانی - نوشته محمد یوسف کیانی - ۱۳۵۷
۱۲. سیری در صنایع دستی ایران - سفال - جی گلاک .
۱۳. شالوده صنعت شیمیایی - تالیف دکتر اف . آ . هنکلین - ترجمه دکتر شیبانی - جلد دوم - ۱۳۵۳ .
۱۴. شناخت پیدایش کانسارها - ترجمه فرشید تقوی - ۱۳۶۲ .
۱۵. صنایع ایران ، ظروف سفالین - دکتر مهدی بهرامی - ۱۳۲۷ .
۱۶. صنایع دستی ایران - دکتر عیسی بهنام - ۱۳۴۱ .
۱۷. صنعت سفالگری در دوره اشکانی و ساسانی - خلاصه ای از مقاله ریچارد اتینگهاوزن - فصل ۳۱ - کتاب سیری در هنر ایران - آرتور آیهام پوپ - صنایع دستی ایران - ۱۳۶۱ .
۱۸. عناصر رنگ - نوشته یوهانس ایتن - ترجمه دکتر حسن ملجائی - ۱۳۵۷ .
۱۹. کوزه گری در ساوه - محمدعلی احمدیان - ماهنامه هنر و مردم - شماره ۱۷۷ و ۱۷۸ - تیر و مردادماه ۱۳۵۶ .
۲۰. ماهنامه فروهر - سفال برای باستانشناسان - دکتر یوسف مجید زاده - شماره ۲ - ۱۳۶۲ .
۲۱. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران - استاندارد شماره ۲۵ - اردیبهشت ۱۳۶۱ .
۲۲. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران - استاندارد شماره ۶۷ - دیماه ۱۳۵۸ .
۲۳. نقش و نگارهای سفالهای لاله جین - هوشنگ پورکریم - ماهنامه هنر و مردم - شماره ۳۹ و ۴۰ دیماه و بهمن ماه ۱۳۴۴ .
۲۴. هنر سفالسازی در مندگناباد - دکتر عباس زمانی - ماهنامه هنر و مردم - شماره ۱۱۹ و ۱۲۰ شهریور و مهرماه ۱۳۵۱ .

رسها

رسها به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می شوند :

رسهای اولیه

به رسهایی که در همان محل پیدایش اولیه خود باقی مانده اند «رسهای پس مانده» یا «رسهای اولیه» گفته می شود . مهمترین وعمده ترین نوع رسهای اولیه خاک چینی و یا کائولن می باشد . کائولن نام خود را از کلمات «kao-liang» به معنی « کوه مرتفع » گرفته است . به طور کلی کائولن ها دارای مقادیر مختلفی مینرال کائولینیت می باشند. به همراه کائولینیت ممکن است کوارتز ، میکا ، فلدسپات و . . نیز در کائولن موجود باشد . مقدار کائولینیت کائولن در حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد است و برای از میان بردن ناخالصیها آن را شستشو و تقلیط می نمایند .

کائولن در مقایسه با رسهای ثانویه دارای دانه بندی درشتتر و پلاستیسیته کمتر است. کائولن zettlitz به عنوان پلاستیک ترین نوع کائولن مشهور است. کائولنها دارای رنگ سفید بوده و در صورتی که بسیار خالص باشند، بسیار دیر ذوب بوده و معمولا ۱۷۵۰ درجه سانتیگراد، نقطه خمیری آنها می باشد. رنگ سفید کائولنها بعد از پخت باعث شده که این خاکها به عنوان خالصترین نوع رس در ساخت محصولات کاملا سفید و نیمه شفاف به خصوص چینی، مورد استفاده قرار گیرد .

رسهای ثانویه

هنگامیکه رسها پس از تشکیل از محل تشکیل خود به محل دیگری حمل شده و در آنجا رسوب نمایند، «رسهای رسوبی» و یا «رسهای ثانویه» بوجود می آیند .

اکثر رسها به استثنای کائولن ، جزو رسهای ثانویه هستند ولی هر یک از آنها ویژگی مخصوص به خود را داشته و آنها را از دیگری متمایز می نماید. مینرال اصلی رسها را معمولا کائولینیت تشکیل می دهد.

انواع رسهای ثانویه

بالکلی ها

ابعاد ذرات کائولینیت ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) در بالکلی به مراتب کوچکتر از ذرات کائولینیت در کائولن است. در بالکلی ها به همراه کائولینیت معمولا کوارتز و نیز کانیهای میکادار به عنوان ناخالصی یافت می شود. در کنار ناخالصیهای عمده مواد آلی ، ترکیبات آهن و تیتانیوم ، نمکهای محلول نیز می توانند در بالکلی ها موجود باشند. مواد آلی موجود در بالکلی ها اگر چه باعث افزایش پلاستیسیته و استحکام خشک می گردد ، ولی در هنگام پخت می توانند باعث ایجاد مشکلاتی مانند «لکه های سیاه رنگ» گردند.

یکی از اثرات مخرب وجود نمکهای محلول در آب مواد اولیه از جمله بالکلی، ایجاد لکه های کمرنگی روی بدنه و بخصوص در سطح لبه های محصول است. این امر به دلیل تبلور نمکهای محلول در هنگام خشک شدن صورت می پذیرد. از اثرات مخرب دیگر نمکها پوسته پوسته کردن لعابها «peeling» می باشد نمکهای محلول در ریخته گری دوغابی نیز باعث ایجاد مشکلاتی می گردد. بطور خلاصه می توان مهمترین امتیازات بالکلی ها را پلاستیسیته و استحکام خام نسبتا زیاد دانست و مهمترین نقایص بالکلی ها رنگ تیره تر بعد از پخت و دیر گدازی کم آنها می باشد.

رسهای استون وری

این نوع رسها تقریبا مشابه بالکلی ها بوده با این تفاوت که مقدار ناخالصی به ویژه اکسید آهن در آنها بیشتر است. ناخالصیها در رس استون وری رنگ بعد از پخت

را تیره نموده و دیرگدازی را کاهش می دهد. مصرف این رسها در بدنه دمای پخت نهایی آن را به حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد می رسانند. اگرچه بعضی از رسهای استون وری به تنهایی برای چرخکاری و ساخت مجسمه استفاده می شوند اما معمولا مخلوط آن با سایر رسهای پلاستیک برای افزایش شکل پذیری آن و بهتر کردن بافت و رنگ بعد از پخت بکار برده می شود. (۱)

۱- رحیمی - افسون - تکنولوژی سرامیکهای ظریف - جلد اول - ۱۳۶۸.

رسهای نسوز

آن دسته از رسهای دیر گداز که بصورت توده های سختی بوده و در حالت طبیعی دارای پلاستیسیته نمی باشند، به این گروه تعلق می گیرند. این رسها زمانی دارای پلاستیسیته می شوند که کاملا خرد شده و بصورت پودر آیند.

رسهای نسوز به دو نوع تقسیم می شوند :

نوع اول که بصورت توده های سخت و دارای سطح شکست صدفی می باشند

نوع دوم که ظاهری شبیه به خاکهای رس دیگر داشته و کمی پلاستیک می باشند. این دسته از رسها در حقیقت محل رشد و بستر گیاهان تشکیل دهنده زغال سنگ بوده اند. رسهای نسوز دارای آلومینای زیاد و گدازآور کم می باشند و به همین دلیل از دیر گدازی بالایی برخوردارند.

بطور کلی کانیهای اصلی تشکیل دهنده رسهای نسوز کائولینیت ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) و کوارتز (SiO_2) می باشند. رنگ پس از پخت آنها زرد کمرنگ و نخودی است.

رسهای قرمز پخت

مهمترین ویژگی این رسها اکسید آهن زیاد در آنها است. مقدار (۵ تا ۱۰) درصد اکسید آهن موجود در این رسها، باعث ایجاد رنگ نارنجی تا قهوه ای بعد از پخت می شود و مضافاً به صورت گداز آوری قوی عمل می نماید. دمای کاربرد این رسها معمولاً حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد است. کانیهای رسی موجود در این خاکها معمولاً کائولینیت ها، ایلیت ها، میکاها، کربنات ها و کوارتز می باشند. این رسها دارای پلاستیسیته خوبی هستند و بدین دلیل ماده اصلی سفالگری محسوب می شود.

بتونیت ها

بتونیت ها از تجزیه خاکسترهای آتشفشانی بوجود آمده و دارای پلاستیسیته بسیار می باشند. آنها می توانند تا ۵ برابر حجم خشک خود آب جذب نمایند. مینرال اصلی تشکیل دهنده بتونیت ها مونت مورینیت می باشد. این ذرات باعث می گردند که بتونیت ها حالتی چرب و لیز داشته باشند.

بطور کلی بتونیت ها را می توان به دو نوع تقسیم نمود. نوع سدیم دار و نوع کلسیم دار.

بتونیت های سدیم دار در صنعت سرامیک دارای ارزش بیشتری بوده و هنگام جذب آب دارای تورم بیشتری خواهند بود.

این نوع خاکها دارای نقطه خمیری (دیرگدازی) پایینی هستند. در صنعت سرامیک بتونیت ها به مقدار بسیار کم جهت افزایش پلاستیسیته بدنه و در لعاب جهت جلوگیری از ته نشینی آن مورد استفاده قرار می گیرد. (۱)

سایر مواد اولیه

به غیر از رسها که دیرگدازند، مواد دیگری به عنوان ماده اولیه در خاک مطرح می شود که می توان آنها را به پرکننده ها و گداز آور ها تقسیم نمود.

پرکننده ها

مواد غیر پلاستیکی هستند که به بدنه اضافه می گردند و معمولا دارای نقطه ذوب بالا و مقاومت شیمیایی خوبی بوده . مهمترین وظایف آنها جلوگیری از تغییر شکل بدنه در خلال پخت ، ایجاد انبساط حرارتی مناسب و کنترل انقباض خام و پخت می باشد . علاوه بر این موارد پرکننده ها در تعیین درصد تخلخل و رنگ بدنه ، اتصال مناسب لعاب به بدنه نقش بسیار مهمی را ایفا می نمایند . مهمترین و رایج ترین پرکننده ها سیلیس آزاد (SiO_2) و آلومین (Al_2O_3) هستند . سیلیس آزاد به صورت کوارتز (SiO_2) ، ماسه ، ماسه سنگ (کوارتزشهای رسوبی) ، کوارتزیت (ماسه سنگ دگرگون شده) و فلینت در طبیعت یافت می شود . از دیدگاه صنعت سرامیک سیلیس در مجموع یک پرکننده و یا به طور کلی یک ماده اولیه ایده آل نیست زیرا در بسیاری از موارد باعث ایجاد مشکلاتی می شود . به عنوان مثال : مصرف سیلیس آزاد احتمال ترک در هنگام پخت را افزایش می دهد . حضور سیلیس آزاد در بدنه های ظروف پخت و پز باعث کاهش شدید مقاومت این ظروف در برابر شوکهای حرارتی می گردد . به همین دلیل پرکننده مناسب دیگری مورد نیاز است که بتواند تا حدودی نقش سیلیس آزاد را ایفا نماید. آلومین جایگزین مناسبی برای سیلیس آزاد است و مزایای زیر را به همراه دارد. در تغییرات زیر مؤثر خواهد بود :

- ۱- امکان تولید بدنه های ظریف تر (نازکتر) بوجود می آید .
- ۲- در هنگام پخت تغییر شکل کمتری را باعث می شود.
- ۳- امکان پخت سریعتر فراهم می کند .
- ۴- باعث روشن شدن رنگ بعد از پخت بدنه می شود .
- ۵- دیرگدازی بدنه را افزایش می دهد.

گداز آورها

موادی هستند که جهت کاهش دیر گدازی به بدنه ونقطه ذوب لعاب مورد استفاده قرار می گیرند. آنها در هنگام سرد شدن فازشیشه را در بدنه ایجاد می نمایند اکسیدهای سدیم ، پتاسیم ، کلسیم و منیزیم مهمترین گداز آورها در بدنه های سفالین می باشند. اکسیدهای سرب (PbO)، بور (B₂O₃)، روی (ZnO)، باریم (BaO) به عنوان گداز آور در لعاب به کار می روند . فلدسپاتها به عنوان ماده اولیه غیر محلول در آب که دارای اکسیدهای قلیایی هستند، از مهمترین تأمین کننده گداز آورهای مصرفی می باشند .

مواد

تا کنون درباره گل مطالب زیادی را به استثنای فهرستی از قواعد و نحوه خرید آن بیان نداشته ایم . با این وجود مجسمه سازان مایلند پیرامون مواد مصرفی خود معلومات بیشتری کسب نمایند . در بعضی مواقع تغیی دادن مختصات گل به منظور آماده تر نمودن آن یا جلوگیری از شکسته شدن سفال هنگام پختن یا نقائص دیگر ضروری است ، که در آن صورت به پاره ای اطلاعات فنی نیاز می باشد .

بدون اینکه مفصلا وارد خواص شیمیایی خاک رس شویم کسی که مجسمه های سفالی می سازد بایستی مشخصات انواع گوناگون خاک رس و همچنین شیوه استفاده از آنها را بشناسد . او باید فرق بین گل رس و خاک صنعتی ، و معنی خاک چینی ، گل کوزه گری یا خاک رس معمولی را بداند . لزومی ندارد تا یک مجسمه ساز تمام اطلاعات علمی را که یک کوزه گر برای تولید ظروف آشپزخانه داشته باشد فرا گیرد ، ولی بایستی با برخی از موادی که کوزه گر مصرف می کند ، مانند سیلیسنرم ، فلدسپات ، و چند ماده دیگر آشنایی داشته باشد و قادر باشد در مواقع لزوم این مواد را با گل مصرفی خود ترکیب نماید.

در این فصل اجزاء خاک رس های صنعتی را تشریح و به فهرستی از دستورالعمل آن خواهیم پرداخت . ولی برای مجسمه ساز دانش مواد اهمیت بیشتری را

از طرز مصرف آنها دارد ، زیرا اگر بدانند که هر ماده چه نقشی را ایفا می کند ، به فرمول در آوردن دستورالعمل موضوع ساده ای می شود .

خاک رس

خاک رس ماده ای است طبیعی که از زمین استخراج می شود . این خاک از تجزیه سنگهای فلدسپاتی تشکیل می گردد . فلدسپات مرکب از آلومین و سیلیس که با پتاس و سودا ترکیب یافته و طی یک فرایند آب و هوایی که قرنها بطول می انجامد ، پتاس و سودا حل شده و از فلدسپات خارج می شوند و آلومین و سیلیس باقی می ماند . این دو ماده ی سازنده اصلی خاک رس هستند به عبارت دیگر خاک رس ترکیبی از آلومین ، سیلیس همراه با آب و تعدادی ناخالصی های معدنی است .

خاک رس پس از تشکیل ، اغلب به وسیله آب و باد مسافتهای زیادی را طی کرده و در بستر های زمین جایی که ما آنها را می یابیم رسوب می کند . خاک رسی که پس از تشکیل در جای خود باقی مانده و به نقاط دیگری انتقال نیافته است را خاک رس ته نشین شده ی “residual clay” و خاک رسی که به مکانهای دیگری منتقل شده و در آنجا رسوب نموده ، خاک رس رسوبی “Sedimentary clay” نامیده می شوند .

خاک رس ته نشین شده

این خاک زبر بوده و گل آن چندان نرم نیست . بنابراین کار کردن با این مواد که فوق العاده نسوز و در مقابل حرارت مقاوم می باشد مشکل است . در حقیقت درجه حرارت پخت کامل این خاک به قدری بالاست که پختن اشیاء ساخته شده از این خاک در کوره های معمولی امکان ندارد، مگر آنکه با مواد دیگری مخلوط شود تا درجه حرارت پخت پایین بیاید.

بزرگترین امتیاز این خاک رنگ آن است . زیرا اکثر این نوع خاکها پس از پختن به رنگ سفید زیبایی در می آیند . خاک رس ته نشین شده بدلیل کیفیت کاری بد آن و درجه حرارت پخت بالا به تنهای قابل مصرف نیست ولی جزء ترکیبی مهمی در چینی آلات و وسایل گلی سفید به شمار میرود . کائولین و گل چینی از خاک رس های ته نشین شده میباشد

خاک رس رسوبی

خاک رس های رسوبی نرمتر از خاک رس های ته نشین شده می باشد ، ولی در جریان حرکت های خود ناخالصیهای زیادی را به خود گرفته و بدین جهت از نظر رنگ تیره تر است . اکثر خاک های رسوبی پس از پخت به رنگ قرمز یا رنگ زرد نخودی در می آیند .

انواع خاک رس های رسوبی بسیارند . بعضی از آنها دارای آن چنان خواص کاری خوبی هستند که می توان مستقیماً پس از استخراج از زمین مصرف نمود . برخی دیگر را باید با مواد مختلف مخلوط کرد و گل رس صنعتی ساخت . انواع خاک های رسوبی که غالباً در کارهای کوزه گری و ساخت مجسمه سازی سفال به کار می روند ، به شرح زیر می باشند .

گل کوزه گری

گل کوزه گری خاک رسوبی که از رودخانه منتقل شده و در زیر آب رسوب می نماید . این خاک ذرات ریزتری از اکثر خاکهای رسی دیگر داشته و نرمتر است . در حالت طبیعی خود ، اغلب دارای مواد آلی بوده و ممکن است قبل از پختن کاملاً تیره باشد ، ولی پس از پخت تقریباً سفید می شود . زیرا با افزودن گل کوزه گری به کائولین ماده ای به دست می آید که نرم نبوده و می توان با آن کار کرد . اگر به کاتالوگ های فروشندگان وسایل سفال نگاه کنید ، ملاحظه خواهید نمود که فقط یک نوع گل کوزه

گری به فروش نمی رسد بلکه چندین نوع گل رس عرضه می شود. یک مهندس سفال و سرامیک که محصولاتی را برای مصارف صنعتی می سازد باید بداند که محتوای شیمیایی هر یک از این گلها چیست تا بتواند برای هر کار نوع صحیح آنرا مشخص کند. جز در مواردی که بخواهند آزمایشهای زیادی را با گل رسهای صنعتی انجام دهند، یک یا دو نوع گل کوزه گری برای ساختن وسایل سفالی کافی است.

خاک رس نسوز

خاک رس نسوز ماده ایست نسوز که درجه حرارتهای بالا را تحمل می کند و در صنعت برای ساخت اشیائی نظیر آجر کوره ها به کار می رود. این خاک ها دارای بافتی زبر و درشت است که کار کردن با آن آسان نیست. ولی در ساخت اشیاء سفالی بسیار سخت جزء موادسازنده با ارزش است.

خاک رسهای زرد نخودی (پس از پختن)

آن سری از خاکهای طبیعی که پس از پخت به رنگ زرد نخودی در می آیند از نظر خواص کاری بهترین گل برای کارهای مجسمه سازی سفال می باشد این خاکها برای مدل دادن مناسب بوده و محدود پخت آنها وسیع است. اکثر خاک رس های زرد نخودی در مقابل حرارت های بالا مقاوم بوده و مودا خوبی برای سفالینه های بسیار سخت به شمار می روند.

خاک رسهای قرمز (پس از پختن)

خاک رسهای که پس از پختن به رنگ قرمز دیده میشوند جزو خاک رسهای معمولی هستند. این خاک برای ساختن آجر استفاده میشود. رنگ قرمز گل، از اکسید آهن است که خاک ضمن حرکت خود آنرا جذب کرده است. خاک رسهای معمولی فراوان و در هر نقطه از کشور یافت میشود. درجه حرارت پخت این خاک پایین تر از

تمام خاک ها می باشد. این امر برای سفالگرانی که با کوره الکتریکی کار می کنند مطلوب است .

بتونیت

بتونیت خاک رسی است که از فعالیتهای آتشفشان تشکیل یافته و فوق العاده نرم بوده و تقریبا نرمترین ماده ای می باشد که شناخته شده است. افزودن درصد کمی بتونیت به خاک رسهای زبر آنه را نرم و قابل کار می سازد. از بتونیت در ساخت اجسامی که ماده اصلی آن تماما خاک نبوده و ترکیبی از سنگ خارائی بنام "Ceramispār" است نیز استفاده شده است بخاطر نرم بودن زیادبتونیت، میتوان از ماده حاصله مانند گل رس معمولی استفاده نمود . بتونیت تحت نام خاک رس آتشفشان نیز فروخته میشود .

مواد کمک ذوب

اگر در کوره های ما محدودیتی برای درجه حرارت وجود نداشت، اکثر مسائل ما در سفال از بین می رفت و می توانستیم از هر نوع خاک رس ته نشین شده ای استفاده کنیم و در صورت پختن در درجه حرارت های کاملا بالا و سائلی به دست آوریم که از دوام، استحکام و زیبایی بسیاری برخوردار باشد. ولی کوره های ما محدوده حرارتی دارند، بنابراین باید در پی روشهایی باشیم تا بتوان گل را در درجه حرارت کوره به پخت کامل رساند. این عمل را با افزودن مواد کمک ذوب **fluxes** انجام میدهیم .

کمک ذوب ماده ای است که به مواد دیگری افزوده شده و یا با آنها ترکیب میشود تا نقطه ذوب را پائین بیاورد. خاک رسهای معمولی کمک ذوب خود را دارند، ناخالصیهای موجود مخصوصا آهک و آهن بعنوان کمک ذوب عمل میکنند. بهمین دلیل

است که این خاک ها در درجه حرارتی حدود ۱۸۵۰ درجه فارنهایت پخته میشوند. خاک ته نشین شده بهر حال احتیاج به مواد کمک ذوب دارد.

کمک ذوب هایی که معمولاً در ساخت خاک رسهای صنعتی بکار میروند عبارتند از: فلدسپات، نفلین سانیت، خمیر شیشه، تالک و سنگ آهک "whiting"

فلدسپات

فلدسپات ماده ای است که از آن خاک رس ساخته می شود. این ماده که یک کمک ذوب طبیعی میباشد در درجه حرارت های بالا تنها کمک ذوب مورد احتیاج است. خاک چینی را از مخلوطی به نسبت مساوی کائولین، گل کوزه گری، فلدسپات و سنگ چخماق میسازند. این مخلوط خاک چینی واقعی یا خمیر سختی است که از خاک چینی یا خمیر نرم که داری مواد کمک ذوب اضافی و در درجه حرارت پائین تری پخته میشود قابل تشخیص می باشد.

فلدسپاتهای بسیاری مانند گادفری سپات "Godfrey spart"، یوریکاسپات "Eureka spar" بکینگهام سپات "Buckingham Spar" و غیره وجود دارند. همه فلدسپاتها علاوه بر آلومین (Al_2O_3) و سیلیس (SiO_2) دارای مقادیر متغیری از سودا (Na_2O) و پتاس (K_2O) می باشند. بعضی از فلدسپاتها فقط سودا و برخی دیگر تنها پتاس دارند. ولی اکثر آنها دارای ترکیبی از هر دو می باشند. فلدسپاتهای دیگری نیز وجود دارند که حاوی آهک (CaO) هستند.

تالک

تالک عنصری جدید در صنعت سفال است. این جسم یکی از اجزاء ترکیبی با ارزشی میباشد که درجه مقاومت سفال را در مقابل شوکهای حرارتی بالا می برد. بنابراین در ساخت وسائلی که در کوره ها بکار میروند مفید واقع میشود. تالک یا طلق

کمک ذوب سریع است که ضمن کاهش انقباض، در درجه حرارت های پایین تولید سختی می کند، بطوریکه لعاب را بهتر می توان روی آن نشانند. با استفاده از تالک میتوان زمان حرارت دادن را کوتاهتر نمود.

در تالک، ناخالصیهائی از قبیل آهک، اکسید آهن، آلومین، سیلیس و گاهی سودا و پتاس در آن وجود دارند. این ناخالصی ها بر تاثیر تالک در خاک رس صنعتی اثر میگذارد و بنابراین انتخاب درست تالک مهم است. یکی از معایب تالک ها، محدوده حرارتی کوتاه مدت آنها در کار هائی است که با درجه حرارت بالا پخته می شود.

تالک $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$

منشأ نام تالک مشخص نیست. واژه تالک در زبان عربی بکار برده شد. تالک و سنگ صابون تا سال ۱۸۵۰ میلادی به عنوان کانی های مجزا از هم تصور می شدند. استیتیت (steatite) برگرفته از واژه یونانی steas به معنی «چرب»، نوعی تالک متراکم است، زیرا تالک در دست، چرب احساس می شود.

۲-۱-۲-۱ ترکیب شیمیائی

آنلیزشیمیائی ایمن کانی
 $MgO = 31.7\%$, $SiO_2 = 63.5\%$, $H_2O = 4.8\%$ می باشد. معمولاً بخشی از MgO به وسیله FeO درصد جایگزین می گردد. در موارد نسبتاً زیاد Al_2O_3 تا ۲ درصد و گاهی NiO به مقدار کم (تا چند دهم درصد) در تالک وجود دارند.

۲-۱-۲-۲ خواص فیزیکی

تالک در سیستم منوکلینیک متبلور می شود. این کانی به ندرت شکل هگزاگونال و یا اورتورومبیک کاذب به خود می گیرد. شکل ظاهری تالک ورقه ای یا پولکی است که اغلب توده های متراکم به نام استیتیت می سازند.

رنگ تالک سبز روشن یا سفید با ته رنگ زرد، قهوه‌ای یا زرد، قهوه‌ای یا سبز می‌باشد. ورقه‌های نازک تالک شفاف هستند، آن‌ها قابلیت خم‌پذیری دارند، ولی فاقد خاصیت الاستیسیته می‌باشند. جلای تالک شیشه‌ای و مرواریدی و سختی آن دو مقیاس موهس ۱ است. تالک در دست احساس چربی ایجاد می‌نماید. این کانی در جهت (001) رخ کامل نشان می‌دهد و بر روی ورقه‌های حاصل از رخ، شکل ستاره شش پر ظاهر می‌شود. این ورقه‌ها اغلب جهت‌های رخ را که موازی با خطوط ناشی از ضربه قرار دارند، نشان می‌دهند. در نتیجه تالک گاهی به شکل قطعات اورتورومبیک یا هگزاگونال از هم گسیخته می‌شود. وزن حجمی تالک ۲/۷ تا ۲/۸ گرم بر سانتیمتر مکعب است. تالک قابلیت هدایت حرارتی و الکتریکی خوبی ندارد و دیرگداز است و پائین‌تر از ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد ذوب نمی‌گردد.

۲-۴-۱۰-۲- موارد مصرف تالک

تالک به صورت پودر و گاهی به شکل قطعه در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. پودر تالک در صنعت کاغذسازی به مصرف می‌رسد. علاوه بر این تالک در صنعت لاستیک‌سازی به عنوان پرکننده برای ایجاد افزایش حجم یک ماده بدون ایجاد تغییر در خواص ماده مزبور بکار می‌رود. انواع بدون آهن تالک، در ارتباط با لوازم آرایش برای تولید پودر، پماد، کرم و همچنین به صورت پودر برای جلوگیری و رفع عوارض ناشی از عرق سوز در نوزادان و کودکان مورد استفاده قرار می‌گیرد. تالک در صنعت رنگ‌سازی برای تهیه رنگ‌های نسوز و مقاوم در برابر نور مصرف می‌شود. در صنعت نساجی از تالک برای سفید کردن پنبه، پاک کرده لکه‌ها و غیره استفاده می‌گردد. پودر تالک در صنعت سرامیک برای تولید عایق‌های فشار قوی برق، عایق‌های مشعل، لامپ‌های کاربیدی، ظروف نگهداری اسیدها، قلیائی‌ها و غیره هستند، در ساخت آجرها و ورق‌ها استفاده به عمل می‌آید. تالک‌هایی که ناخالصی منیزیت به حد کافی در بر دارند، به عنوان نسوزهای ویژه مطرح می‌باشند، این ماده برای پوشش کوره‌های متالورژی بکار می‌رود.

۳ با توجه به اهمیت تالک لازم است به طور خلاصه به اثر حرارت بر آن نیز اشاره گردد تالک در اثر حرذارت در مراحل مختلف آب خود را از دست داده (نهایتاً در ۱۰۵۰) و در کمتر از ۱۲۶۰ بلورهای انستاتیت و در بالاتر از آن بلورهای پروتو انستاتیت همراه با بلورهای کریستوبالیت (۱۳۰۰) به وجود می آیند .

در محدوده سرامیکهای ظریف یکی از مهمترین کاربردهای تالک در بدنه ارتن ورهاست . سابقاً قبل از آنکه اثر Mgo به عنوان یک کاتالیزور در تبدیل سیلیس آزاد به کریستوبالیت شناخته شده باشد به تجربه مشخص شده بود که استفاده از تالک باعث جلوگیری از ترک لعاب ناشی از عدم انطباق ضرایب انبساط بدنه ارتن ور و لعاب آن و نیز ناشی از انبساط رطوبتی بدنه می گردد به همین دلیل تالک در حدود ۵۰ درصد در کاشیهای دیواری ارتن ور و نیز تا حدود ۱۰ درصد در ظروف غذاخوری ارتن ور مورد استفاده قرار می گیرد . علاوه بر این موارد تالک در بدنه های استون ور نیز جهت افزایش مقاومت فراورده در برابر شوکهای حرارتی استفاده می شود . این موضوع ظاهراً متناقض با مورد قبل به نظر می رسد و ممکن است در برخورد اول باعث تعجب شود چرا که ایجاد کریستوبالیت در بدنه باعث کاهش مقاومت فراورده در برابر شوکهای حرارتی می گردد . ولی باید توجه داشت که در این مورد Mgo موجود در تالک به صورت تولید کننده کریستوبالیت و یا به عبارت دیگر کاتالیزور عمل ننموده بلکه به صورت گداز آور عمل می نماید . جهت تبیین روشن تر مطلب لازم به توضیح است که قبلاً هنگام معرفی بدنه ها بیان گردید که در بدنه ارتن ور گاهی تا حدود ۵۰ درصد سیلیس آزاد وجود دارد در حالی که در بدنه استون ورهای مقاوم در برابر شوکهای حرارتی تا حد امکان سیلیس آزاد وجود نداشته بلکه مقدار زیادی رس موجود است .

-۱۰-۲- ویژگی های دیرگدازی

با توجه به فرمول شیمیائی پیروفیلیت (فرمول ایده آل این کانی به صورت $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4$ می باشد) و مقایسه آن با کائولینیت، این کانی در برابر دما

رفتاری مانند کائولینیت خواهد داشت. در دمای ۵۶۵ درجه سانتیگراد با یک واکنش حرارت گیر (اندوترمیک) بخشی از آب خود را از دست می‌دهد. در دمای ۷۸۳ درجه سانتیگراد تمامی آب این کانی از شبکه بلوری خارج شده و به پیروفیلیت بدون آب تبدیل می‌گردد. پیروفیلیت می‌تواند حدود ۳۰ درصد آب خود را از دست داده، ولی شبکه ساختمانی خود را حفظ کند. چنانچه مقدار آب از دست رفته به ۶۰ درصد برسد، AI در شبکه بلوری دارای عدد هماهنگی (عدد کئوردیناسیون) ۵ خواهد شد. در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد پیروفیلیت شروع به مولیتی شدن می‌نماید. در دمای ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد کریستوبالیت به عنوان سیلیس آزاد تشکیل می‌گردد و فرآورده‌های پایانی این فرآیند حرارتی مولیت و کریستوبالیت خواهد بود. فرآورده‌های پیروفیلیتی در مقابل تغییرات درجه حرارت مقاوم هستند، زیرا دارای ضریب گرمائی پائین می‌باشند. پیروفیلیت افت حجمی ماده را به مراتب کمتر می‌نماید و محدوده پخت را گسترش داده و سختی بعد از پخت را نیز توسعه می‌بخشد.

این ترکیبات با ناخالصی‌هایی مانند آلومینیم، آهن، مواد قلیائی و آب همراه است. تا لک و استاتیت از سنگهای ثانویه بوده که بوسیله تداخل آب همراه نمکهای منیزیم بر روی سنگهای اولیه فرم گرفته‌اند.

این ماده معدنی در اکثر نقاط دنیا مانند چین - فرانسه - آلمان - ایتالیا - آمریکا و ایران یافت می‌شود که در جدول ۱ ترکیبات برخی از این مواد آورده شده است. معادن تالک در ایران کم و بیش یافت می‌شود. در ۲۰ کیلومتری درون معدن فوق العاده غنی و خوب موجود است. هم چنین در نزدیکی الیگودرز مهدن مزبور مشاهده شده است.

کانیهای تالک

ساختمان تالک و کانیهای همراهش توسط پاسک و وارنر بصورت خلاصه در آورده شده است. با وجود این هنوز تصویر روشنی از ارتباط ما بین تالک و سایر مواد مهندنی دیگر وجود ندارد. تغییرات مداوم توسط دو مکانیسم زیر در ترکیب آنها بوجود می آیند:

الف- توسط تعویض یونهای نظیر Mg به Al

ب- توسط مخلوط یا شکسته شدن طبقات

بر حسب اینکه در کانیهای تالک بصورت زنجیری یا صفحه ای قرار گرفته باشند این کانیها بشکل مطبق- نوک تیز - سوزنی یا ریش دار هستند. کانیهای مزبور علاوه بر تالک محتوی کلریت ها (Chlorites) و آمفیبولها (Amphiboles) و هم چنین بسیاری از کانیهای شبیه آنها می باشند.

ساختمان ملکوتی تالک توسط گراو نر و هندریک تعریف شده است تالک دارای ساختمان سه لایه ائی شبیه (مونت مور یلینونیت) می باشد با این تفاوت که وضعیتهای اکتا هیدرال آن توسط یونهای Mg (صفحات (OH)(Mg) اشتغال شده است، اتصال ضعیف (و اندر والانس) ما بین طبقات اکسیژن باسانی سبب شکافتگی در امتداد محور های Z می شود که به علت نرمی مواد معدنی می باشد. تالک بطور نظری شامل مواد متشکله زیر است:

مواد پر کننده (بتانه)

یکی دیگر از اجزاء سازنده خاک رسهای صنعتی ماده پر کننده میباشد. این اجسام موادی هستند زبر که برای تامین خلل و فرج و مقاومت در سفال بآن اضافه می شود. خاک رسی که بسیار نرم باشد فوق العاده ریز بوده و بافت فشرده ای دارد. چنین گلی ضمن پختن تاب برداشته و بنابراین ماده پر کننده یاد شده، این عیب را اصلاح میکند.

فلینت

فلینت که عملاً سیلیس (SiO_2) خالص است کوارتز در کوهی، بلور کوهی یا شن پودر شده می باشد، و بهترین ماده پرکننده برای خاک رس است. بسیاری از سفالگران معتقدند که افزودن ۵ تا ۱۰ درصد فلینت به هر گل رسی خاصیت لازم را عملاً در آن ایجاد می کند. فلینت خلل و فرج گل رس صنعتی را کمتر نموده، تاب برداشتن آن را کاهش می دهد و باعث میشود تا لعاب روی آن بهتر بنشیند. از آنجائیکه گل رس، خود دارای سیلیس است، افزودن فلینت موجب افزایش مقدار این ماده در گل رس شده و پخت کامل گل را بیش از ۱۰ درصد بالاتر میبرد. خاک رسهای طبیعی دارای شن بوده که نقش پرکننده را ایفا می نمایند. هر قدر مقدار شن گل رس زیادتر باشد نرمی آن کمتر می شود. این نقصیه را می توان با سرند کردن خاک و خارج نمودن شن و یا با اضافه کردن گل کوزه گری یا بنتونیت اصلاح نمود. در وسائلی که با گل صورت سازی (سفالینه) ساخته می شود، خاک رس یکبارپخته شده نقش ماده پرکننده را دارد.

رسهای اولیه

پس از تشکیل رسها، این خاکها می توانند در همان محل پیدایش، (یعنی محل سنگهای مادر) باقی مانده و یا به وسیله عوامل مختلف طبیعی (معمولاً به وسیله آب) به نقاط دیگر حمل گردند. به رسهایی که در همان محل پیدایش خود باقی مانده اند رسهای پس مانده (Residual) و یا رسهای اولیه گفته می شود. هنگامی که رسها پس از پیدایش خود به محل دیگری حمل شده و در آنجا انباشته گردند رسهای رسوبی (Sedimentry) و یا رسهای ثانویه به وجود می آید.

کائولین

نام کائولین از واژه چینی kao- ling به معنی کوه بلند، منشاء گرفته است. ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح کائولین به صورت کوهی بلند در منطقه جائجائو واقع در شمال چین کشف شده است. در قرون گذشته سنگهای این محل جهت ساختن ظروف چینی مورد استفاده قرار گرفته است، از این رو واژه خاک چینی (china clay) نیز در مورد آن بکار می رود.

کائولین سنگی است نرم، خاکی، شکل پذیر و معمولاً سفید تا تقریباً سفید که عمدتاً از کائولینیت تشکیل شده است (۵۰ تا ۹۵ درصد) و معمولاً حاوی سایر

کانی‌های رسی، $\text{SiO}_2, \text{Ti}, \text{Fe}$ و غیره می‌باشد. کائولین از دگرسانی سنگ‌های حاوی کانی‌های آلومینیوم‌دار مانند فلدسپات به همراه سایر کانی‌ها نظیر میکا یا کوارتز به وجود می‌آید. کائولین ممکن است علاوه بر کائولینیت، کوارتز و فلدسپات، کانی‌های دیگری نظیر اکسید آهن (Fe_2O_3)، هیدروکسید آهن (FeOOH)، پیریت (FeS_2)، روتیل (TiO_2) و ترکیبات کربناتی یا مواد آلی به همراه داشته باشد. وجود این ناخالصی‌ها در کائولین رفتار فیزیکی فرآیند تولید را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد. پلاستیسیته کائولین (به علت داشتن ذرات درشت‌تر) ضعیف تا متوسط است و با انجام فرآیندهائی بر روی آن، جهت استفاده در سفید کردن، کاغذسازی، لاستیک‌سازی، رنگرزی و صنایع سرامیک بکار می‌رود.

بیشترین عاملی که در تبدیل سنگهای گرانیتی به کائولن دخالت دارد، عامل هیپوژنیک می باشد. به این صورت، که بخارات آب فوق العاده داغ و گازهای اسیدی داغ از مرکز زمین منشتر شده و این گازها از بین ترکها و شکافهای سنگهای گرانیتی عبور کرده و باعث تبدیل این سنگ به کائولن شده اند. واکنشهای شیمیایی که در طی این فرایند صورت می پذیرد، کاملاً شناخته شده نیستند.

این خاکها معمولاً در انگلستان با نام خاک چینی (Chin clay) و در امریکا و دیگر نقاط جهان با نام کائولن (Kaolin) مشهور است. به طور کلی کلیه خاکهای کائولن لزوماً دارای مقادیر متفاوتی کائولینیت می باشند. به همراه کائولینیت ممکن است کوارتز، میکا، فلدسپات و غیره نیز در کائولن وجود داشته باشد. در هر صورت مقدار کانی کائولینیت در این خاک در حالت طبیعی چندان زیاد نبوده و معمولاً از حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد متفاوت است. به همین دلیل نیز معمولاً جهت افزایش مقدار کائولینیت و نیز جدا نمودن ناخالصی‌های موجود در خاک کائولن، این خاک به روشهای مکانیکی شستشو و تغلیظ می گردد. با توجه به درشتی ابعاد ذرات ناخالصی‌ها در خاک کائولن این عمل نسبتاً بسادگی انجام می شود.

خاکهای کائولن عمدتاً و بخصوص در مقایسه با خاکهای رسوبی دارای دانه بتدی درشت تر و پلاستی سبته کمتری می باشند . کائولن منطقه زت لیتز (Zettlitz) چکسلواکی به طور کلی به عنوان پلاستیک ترین (و نه خالص ترین) نوع کائولن جهان مشهور است .

ترکیبات

به خاطر روش خاصی که در تولید در انگلستان وجود دارد، کائولن می تواند به عنوان یک منبع مهم در تهیه کائولنیت مورد استفاده قرار بگیرد، چرا که عمده مینرال موجود در کائولن، کائولنیت می باشد. بر طبق آنالیزهای انجام شده میزان Al_2O_3, SiO_2 موجود در رس کائولن، باید مطابق اندازه آنها در کائولنیت باشد ($39/5\% Al_2O_3, 46/5\% SiO_2$) و اگر تطابق برقرار باشد نشان دهنده خلوص بالای کائولن فرآوری شده، می باشد. میزان یونهای قلیایی در کائولن کمتر از ۲٪ می باشد و میزان اکسید آهن (Fe_2O_3) بین ۰/۱۵٪ و ۱/۲٪ است.

اندازه ذرات

ذرات کائولن مانند بالکلی ها یک محدوده وسیع را در بر نمی گیرند. کوچکترین ذراتی که در کائولن دیده شده است ذرات کوچکتر از $0/02\mu$ می باشد، اما با این حال، وجود ذرات کوچکتر از $0/3\mu$ در کائولن غیر معمول می باشد و معمولاً ذرات از $0/3\mu$ بزرگترند.

پلاستیته

مقدار ذرات ریز در کائولن از بالکلی می باشد و در نتیجه میزان پلاستیته کائولن کمتر از بالکلی هاست، به عبارت دیگر، نیروی اتصال کائولن در حالت تر، کمتر است.

از مطالب فوق می توان این مطلب را توجیه نمود که چرا بدنه هایی که شامل کائولن هستند (میزان بالکلی ها در آنها کم یا اصلاً وجود ندارد) از لحاظ شکل پذیری در حالت پلاستیک کارایی کمتری دارند.

انقباض تر به خشک

مقدار آب کارپذیری که کائولن به آن نیازمند است در مقایسه با بالکلی بسیار کمتر می باشد، از این رو، طبق تحقیقات انجام شده، انقباض تر به خشک کائولن به میزان قابل توجهی کمتر از بالکلی هاست.

مقاومت خام

یزان مقاومت خام کائولن، هنگامی که این خاک کاملاً د دمای ۱۱۰ درجه خشک شده باشد، به مراتب کمتر از بالکلی ها است. علت این امر، شاید این باشد که میزان ذرات ریز و مواد آلی کائولن خیلی کمتر از بالکلی هاست.

رنگ بعد از پخت

از آنجا که کائولن شامل کمترین ناخالصی ها در مقایسه با دیگر رسهاست (خصوصاً از لحاظ اکسیدهای آهن)؛ لذا، جزء سفیدترین رسها به حساب می آید.

انقباض پخت

میزان انقباض خطی در مورد خاک کائولنی که در دمای ۱۲۸۰ درجه سانتی گراد پخت شده است حدود (۱۰-۱۳) درصد می باشد.

امروزه تقریباً نیمی از خاک کائولین که از معادن مختلف در جهان استخراج می گردد، به مصرف صنایع سرامیک رسیده و ما بقی بصورت یک ماده پرکننده در صنایع شیمیایی، کاغذ سازی - لاستیک سازی و نساجی و برخی دیگر به مصرف می رسد.

خصوصیات فیزیکی

الف- ابعاد و اشکال ذرات (پارتیکل ها)

این خاصیت یکی از مهمترین خواص کائولین می باشد. چون از یک طرف با پلاستیسیته آن و از طرف دیگر با انقباض حرارتی آن رابطه دارد. میزان اندازه سطح کل پارتیکل ها و نیز تعداد آنها در یک سانتیمتر مکعب خاک کمیت مهمی در خصوصیات فیزیکی خاک محسوب شده و کائولین هائی که تغلیظ می شوند همواره اندازه و تعداد ذرات آنها کنترل می گردد.

شکل ذرات کائولینت معمولا بصورت ورقه های هگزا گونال است که ابعاد آن از ۰.۵ تا ۱۰ میکرون تغییر می کند و قطر متوسط آن ۰.۵ میکرون است. تا از این اواخر از ضخامت ورقه ها اطلاعات کافی در دست نبود. امروزه تکنیک پرتو افکنی و میکروسکپهای الکترونی بما اجازه می دهد که از این ابعاد اندازه گیری بهتری نماییم. در حالیکه نسبت متوسط قطر به ضخامت عدد ۱۲ می باشد (۱۲= قطر ضخامت) ولی فاصله زیادی بین حد اکثر و حداقل آنها وجود دارد.

ج- مشخصات خشک شدن

انقباض در اثر خشک شدن کائولین خالص جالب توجه است. زیرا کائولین بندرت بدون مخلوط های دیگری ساخته شده است.

د- استحکام حالت خام

کائولین، هنگامیکه در بدنه ها با مقدار جزئی و یا بدون هیچگونه (بال کلی) استفاده شود فوق العاده مهم است. استحکام چند نمونه از کائولین بر حسب پاند بر اینچ مربع در جد ول ۱۵ نمایان است.

ه- خواص پخت

کائولین خالص هنگام پخت بشدت منقبض می شود بنا براین به تنهایی مورد مصرف قرار نمیگیرد. انقباض طولی کائولین در ۱۳۰۰معمولا از ۶٪ تا ۱۷٪ تغییر می کند و در شیشه سازی مقدار آن حتی به ۲۰٪ می رسد. نقطه ذوب آن عموما بین ۱۷۵۰ تا ۱۷۷۰ متغیر می باشد.

عمده ترین ویژگی خاک کائولن که آنرا از دیگر رسها متمایز می سازد خلوص بسیار زیاد آن است. به همین دلیل نیز کائولنها بعد از پخت دارای رنگ سفید بوده، و در صورتی که بسیار خالص باشند دارای دیرگدازی بالایی (حدود ۱۷۵۰ درجه سانتیگراد) نیز می باشند. رنگ سفید کائولنها (بعد از پخت) باعث گردیده که این خاکها به عنوان خالص ترین نوع رسها در ساخت فرآورده های کاملا سفید و نیمه شفاف مورد استفاده قرار گیرند.

رسهای ثانویه

در بحث اخیر اشاره گردید که رسهای ثانویه و یا رسوبی معمولا به وسیله آب از محل پیدایش خود انتقال داده شده و در محل دیگری انباشته گردیده اند به عبارت دیگر این رسها به صورت طبیعی شستشو داده شده اند. باید ادعای داشت که عمل شستشوی طبیعی رسها، در مقایسه با عمل شستشوی مصنوعی که به وسیله بشر انجام می شود باعث افزایش بیشتر خاصیت پلاستی سیت و استحکام خشک رسها (در اکثر موارد) گردیده. ولی به این موضوع نیز باید توجه نمود که طبیعت با این عمل خود معمولا ناخالصی های رنگی را نیز در کلیه رسهای ثانویه ایجاد می نماید.

اکثر رسها (تقریبا کلیه رسها به استثنای کائولن) جزء رسهای ثانویه هستند ولی با این همه انواع رسهای ثانویه نیز هر یک ویژگی مخصوص به خود داشته و از دیگر رسهای ثانویه متمایز می باشند. اینک به طور خلاصه به بررسی مشهورترین انواع رسهای ثانویه می پردازیم:

رس گلوله‌ای یا بال کلی (ball clay)

بال کلی رس دیرگداز دانه‌ریز با پلاستیسیته بالا می‌باشد که در محیط باطلافی تشکیل می‌شود. این گونه رس‌ها معمولاً بیش از ۱۲ درصد مواد آلی (بیشتر بدون آهن) و حداقل ۵۰ درصد کائولینیت در بر دارند. گفته می‌شود که کروی بودن سنگ‌های متشکل از بال کلی که در اثر غلطیدن در رودخانه‌ها این شکل را به خود گرفته‌اند، دلیل اصلی نام‌گذاری آن می‌باشد، اما برخی از پژوهشگران روش استخراج این نوع خاک رس را در دوران گذشته ملاک این نام‌گذاری می‌دانند. بال کلی به صورت خام دارای رنگ‌های متفاوت می‌باشد که از آن جمله آبی (به علت شکست نور توسط بلورهای بسیار ریز)، سیاه (به علت وجود مواد آلی) یا رنگ عاج (به علت اکسید آهن) را می‌توان برشمرد.

همانطوریکه کائولین مهره اصلی مواد در صنایع سرامیک ظریف جهان است سایر خاکهای سفید پخت نیز که دارای چسبندگی زیاد (زیادتری از کائولین) و استحکام عالی قبل از پخت هستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از عمده‌ترین این مواد خاک (بال کلی) را می‌توان نام برد.

در مورد این خاک تعریف دقیقی نمی‌توان عرضه نمود بخاطر اینکه ماده معدنی مزبور دارای تنوع فراوان در نوع کانی و مواد شیمیائی درون آن می‌باشد. ولی بطور کلی یک شرح عمومی بصورت ذیل می‌باشد:

بال کلی یک نوع خاک رسوبی بوده که دارای ذراتی بسیار ریز و نرم است. هم چنین شامل مقادیری ترکیبات اورگانیک بوده و از چسبندگی و استحکام عالی قبل از پخت برخوردار می‌باشد. رنگ آن (الخصوص نوع مرغوب با پلاستیسیته فراوان) معمولاً خاکستری تیره بوده و بعد از پخت برنگ کاملاً سفید و نوع نامرغوب آن کرم است.

بال کلی با کائولین تفاوت‌هایی دارد، از جمله کائولین سفیدتر از بال کلی و دارای پلاستیسیته کمتری است، ولی نسبت Al_2O_3 / SiO_2 در کائولین بیشتر است. با این همه تشخیص این دو از هم چندان ساده نیست. در صنایع سرامیک از بال کلی به دلیل خاصیت چسبندگی آن استفاده می‌شود. یکی از موارد کاربرد بال کلی، استفاده از آن در تولید فرآورده‌های نسوز می‌باشد. خاصیت چسبندگی آن سبب سهولت اتصال و شکل‌پذیری مواد دارای پلاستیسیته پائین. علاوه بر کاربرد بال کلی در تولید آجرهای نسوز، می‌توان از آن به عنوان مواد نسوز در درزه‌ها استفاده نمود.

توزیع اندازه ذرات

از آنجا که بالکلی‌ها محدوده بسیار وسیعی از اندازه و مواد مختلف با اندازه‌های مختلف را در بر می‌گیرند، لذا بهترین روش برای تعیین اندازه ذرات استفاده از روش دانه بندی به کمک الک می‌باشد.

جدول ۱۳، میانگین توزیع ذرات را در رابطه با چند نوع بالکلی که در موقعیتهای مختلف انگلیس یافت می‌شوند، نشان می‌دهد. اگرچه در جدول مذکور فقط حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد رس را از نظر اندازه بررسی کرده اند، اما ما بقی ذرات دارای اندازه بزرگتر از $1/0\mu$ بوده و شامل ذرات دانه درشت مثل کوارتز، میکا، مواد کربن‌دار (زغال سنگ) و دیگر ناخالصی‌ها می‌باشند.

آشکار است که برای تعیین کیفیت و کاربرد رس تنها مراجعه به درصد کل ذرات کوچکتر از ۱ میکرون کافی نیست و باید جزء جزء دانه بندی ذرات مورد توجه قرار گیرد. برای مثال، در جدول ۱۳ میزان ذرات کوچکتر از یک میکرون برای دو بالکلی جنوب دون و دورست تقریباً برابر است، اما رس دورست شامل مقادیر بیشتری از ذرات کوچکتر از $0/05$ الی $0/10$ میکرون می‌باشد، لذا این رس نسبت به رس جنوب دون برای کاربردهای کلوئیدی مناسب تر می‌باشد.

میزان انقباض تر به خشک

میزان انقباض تر به خشک بالکلی ها بالاست. در برآوردی که بر روی بالکلی ها انجام شده است، میزان این انقباض بالاتر از ۱۵٪ می باشد و انقباض از حالت تر به حالتی که رس کمی خشک شده (بیشتر انقباض در این مرحله صورت می گیرد) بالاتر از ۱۰٪ می باشد و حتی در مورد بعضی از بالکلی ها این میزان به ۳۵٪ هم می رسد، اما این میزان انقباض برای تولید محصولات به روش پلاستیک اصلاً مناسب نبوده و بایستی با اضافه کردن مواد دیگر، از این میزان انقباض کاست. به طور کلی، میزان انقباض خام یک بالکلی برای تولید به روش پلاستیک نباید بیشتر از ۱۲٪ باشد.

استحکام خشک

بالکلی استحکام خشک بسیار بالایی دارد و شاید همین امر بتواند جوابگوی این مسئله باشد که چرا در تولید چینی و پرس به روش پلاستیک، از مقادیری بالکلی استفاده می شود. مقدار استحکام بالکلی به کیفیت خاک (ریزدانه بودن ذرات)، تعویض کاتیونی و مقدار مواد آلی موجود در رس بستگی دارد.

معمولاً رسهای حاوی یونهای Ca^{2+} , H^+ , Mg^{2+} استحکام کمتری نسبت به Na^+ یا K^+ دارند. همچنین اگر مقادیر ریز افزایش پیدا کند، استحکام بیشتر می شود. البته اگر بالکلی حاوی مقادیر زیادی مواد آلی (بالکلی های سیاه رنگ) باشد، مقدار استحکام خام باز هم بالاتر خواهد رفت.

رنگ بعد از پخت

در تولید یک محصول سرامیکی یکپاز فاکتورهای مهمی که باید مورد توجه قرار بگیرد، رنگ بعد از پخت می باشد که معمولاً می خواهیم بعد از پخت یک بدنه

سفید رنگ یا حداقل بدنه ای که از لحاظ رنگ، به سفیدی بزند (مثلاً کرم رنگ) داشته باشیم، خوشبختانه اکثر بلکالی ها این خواسته ما را برآورده می کنند.

در مورد بالکلی هایی که در منطقه جنوب دون انگلستان وجود دارند، گزارشات حاکی بر این است که رنگ بعد از پخت معمولاً سفید یا کرم متمایل به سفید می باشد. در مورد بالکلی هایی که رد شمال دون یافت می شوند رنگ بعد از پخت شیری کم رنگ تا شیرپررنگ می باشد و همچنین بالکلی دورست در رنگ بعد از پخت، به صورت زرد نخودی رنگ یا شیری ظاهر شده است.

رنگ بعد از پخت یک رس به طور عمده بستگی به مقدار حضور اکسیدهای آهن، درجه اکسید آهن، مقدار فاز شیشه حاصل و عوامل متعدد دیگر دارد. به طور کلی، در مورد بالکلی ها، اکسیدهای کلسیم و منیزیم سبب روشن شدن رنگ و مواد آلی با ننگ داشتن اکسید آهن به فرم FeO سبب تیره شدن رنگ می شوند.

پلاستیسیته

پلاستیسیته یک فاکتور بسیار مهم می باشد که خواص متعددی، از جمله، نیروی ذرات رسی به حالت مرطوب، آب کارپذیری، قابلیت شکل پذیری و عدم دفرمه شدن را در بر می گیرد.

در مورد بالکلی، به جرات می توان گفت که بالکلی یکی از پلاستیک ترین رسها می باشد و میزان این پلاستیسیته با حضور بعضی از مواد می تواند باز هم بیشتر شود. برای مثال، بالکلی ای که میزان مواد آلی در آن زیادتر باشد، پلاستیسیته آن هم بیشتر خواهد بود که از طریق روشهای گوناگون اندازه گیری پلاستیسیته می توانیم این امر را مشاهده کنیم (به نمونه ای از روشها اشاره کردیم).

تخلیص بالکلی

عمده تولید کننده های رس، امروزه خالص سازی بالکلی را هم در دستور کار خود قرار داده اند تا بتوان از این رس در مصارف چینی بهداشتی و مصارف دیگر استفاده نمود. بالکلی فرآوری شده رس است که از بیشتر ناخالصی ها پاک شده و خواص و مشخصات آن برای همیشه ثابت باشد (یعنی، در طی زمانهای مختلف خرید، خریدار، یک بالکلی با خواص و مشخصات ثابت دریافت کند که متاسفانه این امر چندان در کشور ما مورد توجه قرار نگرفته است، به طوری که با وجود معادن مختلف رسها، صنعت گران گرایش دارند تا ماده اولیه مورد نظر را با قیمت گرانتر اما ترکیب ثابت از خارج کشور تهیه نمایند).

در صنایع سرمایه یک جهان قسمت اعظم بال کلی در ساخت ظروف بدنه سفید مورد استفاده قرار می گیرد. در ساخت چینی های شفاف و ترانسپرانت میزان مصرف بال کلی به صفر کاهش پیدا نموده. بدین جهت اگر چه استفاده از خاک بال کلی موجب تسهیل در کار کردن با گل پرسیلن می گردد ولی این خاک بمناسبت ترکیبات ویژه آن باعث کدوری بدنه ظروف چینی می شود.

دلایل استفاده از بال کلی

صنعتگران کوزه گر اروپا در این مورد دلیل بسیار قانع کننده ای ارائه می دهند.

- ۱- افزایش میزان (قابلیت کار کردن با گل) در مرحله پلاستیکی آن
الخصوص زمانیکه جهت ساخت ظروف از دستگاه جیگر استفاده می گردد.
- ۲- توسعه میزان استحکام قطعه در حالت خشک قبل از پخت
- ۳- افزایش میزان سیالیت دوغاب های ریخته گری، اگر چه در اینگونه موارد تنش ظروف نیز بالا رفته و انعطاف حرارتی نیز در نقطه بحرانی تقلیل پیدا مینماید.
- ۴- بعنوان یک عامل گدازنده (فلاکس) جهت اتصال ذرات کوچکتر بیکدیگر و یا ایجاد تراکم بیشتر در موقع پخت.

اگر چه پیگیری دلایل فوق احتیاج به برهان علمی دارد و لیکن در این گونه موارد هنوز تصاویر واضح علمی ارائه نگرده و تحقیق در مورد چگونگی فعالیت این خاک در ترکیبات سرامیکی هنوز ادامه دارد.

مضرات استفاده از خاک بال کلی

۱- مصرف زیاد بال کلی در درجات بالای حرارتی (۱۱۵۰ به بعد) موجب دفرمه شدن اشیای می گردد.

۲- وجود اکسید آهن و تیتان در بال کلی به توسعه ساخت بدنه های سفید رنگ (الخصوص زمانیکه بال کلی مرغوب نباشد) آسیب میرساند و در ظروف بدنه شفاف مقدار کمی از این جسم ماتی اجناس را افزایش می دهد.

۳- تنوع شیمیائی و نیز در صد مونت مور یلنویت در بال کلی متنوع بوده و کنترل دو غاب را همواره مشکل می سازد .

۴- برخی از بال کلی ها دارای مقادیر فراوانی نمکهای محلول بوده و در هنگامیکه شیئاز غالب خارج گردیده و خشک شد این نمکها به سطح خارجی آمده و ایجاد اشکال می نمایند. (مخصوصا در ظروف ساخته شده بطریقه دوغابی)

خواص فیزیکی بال کلی

۱- اندازه ذرات - بطور کلی خاک بال کلی نرمتر از خاک کائولین است اما اختلاف زیادی ما بین انواع مختلف بال کلی وجود دارد .

۲- پلاستیسیته - اطلاعات کمی درباره ی این موضوع موجود می باشد . در حقیقت شناخت خواص چسبندگی بال کلی بتهائی مورد نظر نبوده و خواصی که هنگام مخلوط شدن با سایر مواد از خود نشان می دهد مهم است . مطمئنا می توان گفت که بدون استثنا افزودن بال کلی خواص کار بدنه ها را بهتر می کند.

۳- انقباض هنگام خشک کردن - بطور کلی اختلاف زیادی از نظر تراکم در موقع خشک شدن مابین بال کلی های گوناگون وجود دارد . بعضی از انواع سیلیس

دارها تقریبا هیچ انقباضی ندارند. درحالیکه بعضی از رس های تیره تا حدود ۱۵ درصد متراکم می شوند .

۴- استحکام حالت خام -بال کلی با قدرت کشش زیاد. استحکام بدنه ها را افزایش می دهد .

۵- خواص پخت -خواص پخت بال کلی های مختلف در مورد آنچه مربوط به خودشان می شود دارای اهمیت زیادی نیست بلکه بیشتر اهمیت این خواص بخاطر اثر آنها روی نفوذ رس در بدنه های مصالح می باشد ..

بال کلی ها

نام (بال کلی Ball clay) به هیچ وجه ربطی به ساختمان بلوری این خاکها نداشته ، بلکه از روش استخراج این نوع خاکها در دوران گذشته اقتباس گردیده است . تصویر ۵ استخراج این خاکها را در حدود ۶۵ سال پیش (در انگلستان) نشان می دهد . همچنان که مشاهده می شود در آن دوران این خاکها به صورت قطعات مربع شکلی (Balls) به ابعاد حدود ۲۵ سانتی متر و به وزن ۵ کیلوگرم استخراج می شدند .

این خاکها از انواع خاکهای کائولینیت دار می باشند ولی باید توجه نمود که ابعاد ذرات کائولینیت در بال کلی به نسبت ذرات کائولینیت موجود در کائولن بسیار کوچکتر هستند . در بال کلی ها به همراه کائولینیت معمولا کوارتز و نیز کانیهای میکا دار به عنوان عمده ترین ناخالصی ها یافت می گردند. بدیهی است که وجود کانیهای میکا دار به معنی وجود فلاکس دربال کلی ها بوده که نهایتا باعث کاهش حد دیر گذاری بال کلی ها می گردند .

معمولا مقدار کائولینیت از حدود ۲۰ تا ۹۵ درصد و مقدار کوارتز از حدود ۱ تا ۷۰ درصد و مقدار کانیهای میکادار از حدود ۵ تا ۴۵ درصد متغیر است ، به طور کلی ناخالصی های موجود در بال کلی ها به نسبت ناخالصی های موجود در کائولن ها بسیار متنوع تر هستند . در کنار ناخالصی های عمده ای که نام برده شد مواد آلی ،

کانیهای مونت موریونیت ، ترکیبات آهن و تیتانیم نمک های محلول و غیره نیز می توانند در بال کلی ها وجود داشته باشند .

مواد آلی موجود در بال کلی ها اگر چه باعث ایجاد تسهیلاتی در ریخته گری بال کلی ها همچون افزایش پلاستیسیته و مقاومت خشک می گردند ولی در هنگام پخت نیز می توانند باعث بروز مشکلاتی مثل ایجاد لکه های سیاه رنگ گردند .

همچنان که سابقا اشاره شد به طور کلی ابعاد ذرات بال کلی ها بسیار ریزتر از ابعاد ذرات کائولن ها هستند و این مورد بهترین عامل پلاستی سیتة و مقاومت خشک زیاد بال کلی هاست . ضمنا باید اشاره گردد که به طور کلی به علت ابعاد ریزتر ناخالصی های موجود در بال کلی ، شستشو ، تغلیض و جداسازی مکانیکی در بال کلی ها بسادگی امکان پذیر نیست (باید توجه داشت که بال کلی ها در حقیقت به وسیله طبیعت شستشو داده شده اند) به همین دلیل نیز معمولا شستشو و تصفیه بال کلی ها به آن مفهومی که در مورد کائولنها مطرح می گردد ضرورتی نداشته و معمولا انجام نمی شود .

به طور خلاصه می توان مهمترین امتیازات بال کلی ها را پلاستی سیتة و مقاومت خشک بسیار زیاد و مهمترین نقایص آنها را رنگ بدبعد از پخت و حد کم دیرگذاری آنها دانست .

بتونیت

نام این خاک رس از محلی به نام Fort Benton واقع در ایالت Wyoming ایالات متحده آمریکا منشأ گرفته است. زیرا این خاک رس اولین بار در آنجا کشف شده است. بتونیت در سایر نقاط زمین نیز به وفور یافت گردیده است. بتونیت خاک رسی است که از خاکستر آتشفشانها حاصل می شود و بیش از ۷۰ درصد آن را کانی مونت موریونیت تشکیل می دهد و کانی های دیگر مانند کوارتز، فلدسپات، ژیپس

(CaCO_3)، کلسیت ($\text{CaCO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) و سایر ناخالصی‌ها می‌توانند در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد در آن وجود داشته باشند. از جمله خصوصیات بنتونیت، خاصیت پلاستیسیته زیاد آن است. به دلیل تمایل مونت موریونیت به جذب آب زیاد، گاهی بنتونیت به میزان ۴ تا ۵ درصد بیشتر از اندازه معمولی افزایش حجم می‌یابد. به همین دلیل، انقباض حین خشک شدن این خاک رس بسیار زیاد می‌باشد. ظرفیت افزایش حجم بنتونیت و تورم حاصل در آن بر اساس نوع کاتیونی که در آن وجود دارد به شرح زیر متفاوت است:

- بنتونیت سدیم‌دار با ظرفیت تورم زیاد

- بنتونیت کلسیم‌دار با ظرفیت تورم کم

- بنتونیت با مخلوط سدیم و کلسیم که دارای ظرفیت تورم متوسط می‌باشد.

- بنتونیت مصرفی در صنعت نسوز

نقطه ذوب بنتونیت به علت وجود ناخالصی اکسید آهن تا حدود ۳ تا ۴ درصد و همچنین وجود مواد قلیائی، پائین است. دمای ذوب پایین و رنگ پس از پخت نامناسب، تمایل زیاد به جذب آب و تغییر حجم سبب شده تا استفاده از این ماده در آمیزه‌های سرامیکی بسیار محدود گردد. درصد کمی از بنتونیت به منظور افزایش پلاستیسیته و تعلیق دوغاب‌های لعاب بکار می‌رود. گاهی در صنعت نسوز بنتونیت را تا حدودی جایگزین بال کلی می‌نمایند.

بنتونیتها (Bentonite) از تجزیه خاکسترهای آتشفشانی بوجود آمده و حاوی مقدار بسیار زیادی ذرات ریزمونت موریونیت می باشند . (اندازه ذرات بنتونیتها کمتر از ۰/۵ میکرون است) این خاکها دارای پلاستی سبب بسیار زیاد بوده و می توانند تا ۵ برابر حجم خشک خود آب جذب نمایند . به طور کلی وضعیت خاص قرار گیری ورقه های مونت موریونیت باعث می گردند که در بنتونیتها نه تنها لمس چرب بلکه

حالت لیزی و کلوئیدی خاصی مشاهده گردد. نکته جالب مورد بتونیتها این مورد است که ذرات بتونیت در آب نه تنها تا حد ذرات کلوئیدی بلکه حتی در بعضی موارد تا حد واحدهای مولکولی، از یکدیگر جدا می گردند.

به طور کلی بتونیتها بر دو نوعند: نوع سدیم دار و نوع کلسیم دار. در صنعت سرامیک بتونیتهای سدیم دار بیشتر مورد توجه هستند زیرا بتونیتهای سدیم دار هنگام جذب آب دارای تورم بیشتری خواهند بود. این خاصیت متورم شدن بعلت وجود ماده معدنی (مونت مور یلنیونیت) است.

بتونیتها عموما دارای نقطه ذوب پایینی بوده و معمولا شیشه های حاصل از ذوب آنها دارای رنگهای تیره ای می باشند. در صنعت سرامیک این خاکها را به دلیل پلاستی سسته بسیار زیاد آنها نمی توان به تنهایی مصرف نمود. بتونیتها معمولا در مقادیر بسیار کم (به علت وجود ناخالصی های رنگی) در حدود ۱ یا ۲ درصد در بدنه جهت افزایش پلاستس سسته و به مقدار بسیار کمتر حدود ۰/۵ درصد در سوسپانسیون لعاب جهت جلوگیری از ته نشینی مواد مورد استفاده می گیرد. بدیهی است که استفاده از مقدار بیشتر بتونیت، باعث تغییر رنگ فرآورده ها می گردد. این نوع رس به مقادیر بسیار کم در بدنه و لعابهای سرامیکی جهت افزایش قابلیت کاربرد و هماهنگ نمودن میزان چسبندگی خاک بکار می رود. معادن بتونیت در ایران در بسیاری از نقاط واز جمله اطراف سد لتیان یافت می شود.

آلومین

از دیدگاه صنعت سرامیک سیلیس در مجموع یک پر کننده ایده آل و یا به طور کلی یک ماده اولیه ایده آل در صنعت سرامیک نیست، چرا که سیلیس می تواند در بسیاری موارد مشکلات و مسائلی را ایجاد نماید. به عنوان مثال با مصرف سیلیس همیشه احتمال ترک در هنگام پخت سریع فرآورده ها وجود دارد و به همین دلیل نیز سیلیس یکی از مهمترین عواملی است که امکان پخت سریع فرآورده ها را به شدت

محدود می کند. از طرف دیگر مصرف سیلیس در بدنه های ظروف پخت و پز باعث کاهش شدید مقاومت این ظروف در برابر شوکهای حرارتی می گردد. علاوه بر این سیلیس در مقایسه با بعضی مواد دیگر مقاومت مکانیکی بدنه ها را نیز کاهش می دهد. از تمامی این مشکلات فنی که بگذریم گرد سیلیس عامل ایجاد بیماری نیومکونیوس (pneumoconiasis) و یا سیلیکوز (silicosis) است. مورد اخیر بخصوص مشکل بزرگی بوده و تاکنون فجایع زیادی را در صنعت سرامیک بوجود آورده، به همین دلیل نیز صنعت سرامیک همواره در پی ماده دیگری بوده (و هنوز نیز هست) که بتواند بعنوان یک پرکننده جانشین سیلیس گردد. در چند ساله اخیر آلومین توانسته است تا حدودی این نقش سیلیس را در فرآورده های سرامیک ایفا نماید.

آلومینیوم بعد از سیلیسیوم و اکسیژن فراوانترین عنصر در پوسته زمین است. آلومین و یا اکسید آلومینیوم در طبیعت می تواند به صورت ترکیب با مواد دیگر (به عنوان مثال آلومین در کانیهای رسی) و یا به تنهایی مثل قوت کبود و قرمز وجود داشته باشد. علاوه بر این موارد آلومین به صورت هیدراته (آبدار) نیز در طبیعت وجود دارد. آلومین آبدار می تواند دارای سه مولکول آب و یا یک مولکول آب باشد. ژیبسیت (در بعضی مواقع به آن هیدراژیلیت Hydrergillite نیز می گویند) و یا بریت (Bayerite) بنابراین دارای سه مولکول آب می باشند. ولی دیاسپور (Diaspore) و بوهمیت (Bohmite) فقط دارای یک مولکول آب هستند. به طور کلی ژیبسیت و بوهمیت در طبیعت فراوانترند. باید توجه گردد که در بعضی از موارد اگر چه برای بوکسیت (Bauxite) قید می گردد. ولی به طور کلی بوکسیت یک کانی نبوده بلکه عمدتاً از دو کانی ژیبسیت و بوهمیت تشکیل شده است.

عملاً منبع تامین اکسید آلومینیوم جهت مصرف در صنعت سرامیک بوکسیت است. اگر چه در مواردی از بوکسیت کلسینه شده در بعضی از بدنه های سرامیک استفاده شده است ولی به طور کلی بوکسیت کلسینه دارای رنگ نخودی تیره بوده (به دلیل وجود ناخالصی آهن) و به همین دلیل نیز نمی تواند به طور گسترده مورد استفاده

قرار گیرد. آلومینی که عملاً در صنعت سرامیک مصرف می‌گردد بوکسیت خام کلسینه نبوده بلکه از تصفیه و تخلیص بوکسیت و سپس کلسیناسیون آن به وجود می‌آید. روش تخلیص بوکسیت به روش بایر (Bayer process) مشهور است. به طور خلاصه در این روش ابتدا بوکسیت خام (به همراه ناخالصی‌های موجود در آن مثل سیلیس کائولن، اکسید آهن و تیتال) در تحت فشار ۴ تا ۶ اتمسفر و درجه حرارت ۱۵۰ تا ۱۶۰ در محلول سود حل گردیده و آلومینات سدیم به وجود می‌آید.

در این مرحله سیلیس نیز با سود ترکیب شده و سیلیکات به وجود می‌آورد. ولی اکسید آهن غیر محلول باقی می‌ماند و جدا می‌شود. سپس با عبور گاز دی‌اکسید کربن از محلول هیدراکسید آلومینیوم رسوب می‌کند.

در عمل جهت تشریح در رسوب نمودن هیدراکسید آلومینیوم مقداری از بلورهای هیدراکسید آلومینیوم به عنوان عامل جوانه‌سازی به طور مصنوعی به محلول اضافه می‌گردد، آلومینای تصفیه شده حاصل به دو صورت در صنعت سرامیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. یا به همان صورت هیدراته و یا به صورت اکسید تقریباً خالص (که از کلسیناسیون آلومینای هیدراته به وجود می‌آید).

آلومینای هیدراته به صورت پودر متبلور سفیدی است که می‌تواند به صورت آبدار و یا خشک (منظور آب آزاد است نه آب مولکولی) باشد. آلومینای هیدراته خشک دارای حدود ۶۵ درصد آلومین، ۳۶ درصد آب مولکولی و حداکثر ۰/۴ درصد اکسید سدیم، و آلومینای هیدراته آبدار دارای حدود ۵۵ تا ۸۵ درصد آلومین، ۳۰ درصد آب مولکولی، ۱۱ تا ۱۶ درصد آب آزاد و حداکثر حدود ۰/۳۴ درصد اکسید سدیم هستند، همچنان که بیان شد آلومینای کلسینه و یا کراندام نیز از کلسیناسیون آلومینای هیدراته به وجود می‌آید، درجه حرارت کلسیناسیون بستگی به نوع آلومینای هیدراته دارد. به عنوان مثال ژیبسیت در ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد دیاسپور در ۴۵۰ درجه سانتیگراد و بوهمیت در ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد کلسینه می‌گردند. آلومینای کلسینه

شده دارای حدود ۹۸/۵ تا ۹۹/۵ درصد آلومین و حداکثر ۰/۷ درصد اکسید سدیم خواهد بود .

آلومین معمولاً به روش تر و یا به روش مشهور به میکرونیزه (Micronising)

(خرد و پورد می گردد . . چنانچه در روش تر از گلوله های فلینت جهت خرد نمودن آلومین استفاده شود ، ممکن است حتی تا حدود ۳ درصد سیلیس نیز وارد آن گردد . جهت انجام این عمل می توان از گلوله های آلومینا در آسیاب استفاده نمود ولی این عمل نیز ممکن است باعث سایش آسترآسیاب گردیده و بدین ترتیب ذرات جداره آسیاب با پودر آلومینا مخلوط خواهند شد . در روش میکرونیزه ذرات آلومین در طوفان و گرد و باد شدیدی از هوا قرار گرفته و بدین ترتیب باعث سایش یکدیگر می گردند . در این روش اگرچه ناخالصی وارد آلومینا نگردیده ولی ابعاد ذرات آلومین نیز در مقایسه با روش تر بزرگتر خواهد بود . در مورد آسیابها و مسائل مربوط به آن در فصل سوم بحث خواهد گردید . و اما موارد مصرف آلومین در صنعت سرامیک و بخصوص سرامیکهای ظریف به طور کلی آلومین در صنعت سرامیک و سیعا مورد استفاده قرار می گیرد . یکی از مهمترین موارد مصرف آلومین در ساخت فرآورده های دیرگداز است . چرا که نقطه ذوب آلومین ۲۰۵۰ درجه سانتیگراد بوده و به همین دلیل همیشه به عنوان یک دیرگداز خوب مورد توجه بوده است . آلومین (کرونند) طبق جدول مهس دارای سختی ۹ است . به همین دلیل آلومینا در ساخت ساینده ها و سمباده ها و سیعا مورد استفاده قرار می گیرد . از طرف دیگر آلومین به طور کلی به علت خواص دی الکتریک بسیار مطلوب مقاومت مکانیکی و شیمیایی خوب و . . . و سیعا در تولید شمع های اتومبیل و دیگر موارد مورد استفاده قرار می گیرد . آلومین هیدراته نیز معمولاً در انواع مختلف لعابها مصرف می شود به هر حال موارد استفاده از آلومینا در صنعت سرامیک صرفاً به این موارد خلاصه نشده بلکه بسیار بیشتر از مواردی است که به آنها اشاره شد و به همین دلیل نیز آلومینا در صنعت سرامیک به عنوان یکی از مهمترین مواد مصرفی نقش بسیار مهمی را به عهده دارد .

در تولید سرامیکهای ظریف آلومین از مدتها قبل مصرف می گردیده ولی مصرف آن به عنوان یکی از مواد اولیه در بدنه های سرامیکهای ظریف ، تا حدود زیادی در سالهای اخیر رواج یافته است : هنگامی که یک یک قطعه لعابدار جهت ذوب لعاب وارد کوره می گردد این احتمال وجود دارد که لعاب در هنگام ذوب ، جاری شده و به اصطلاح شر نماید و در محل تکیه گاه باعث چسبیدن قطعه به صفحه دیرگدازی که قطعه روی آن قرار گرفته گردد . جهت جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی از آلومین استفاده می گردد . بدین ترتیب که دوغاب و یا سوسپانسیون آلومین روی صفحه دیرگداز اسپری گردیده و بدین وسیله روکشی از آلومین ، روی صفحه ایجاد می شود . این روکش باعث جلوگیری از چسبیدن قطعه به صفحه دیرگداز می گردد .

در قسمت ۱-۴-۱ ظروف خانگی هنگام پخت در مورد چینی های استخوانی قید گردید که این نوع بدنه ها دارای محدوده پخت بسیار باریکی می باشند . این محدوده پخت باریک باعث می گردد که در این فراورده ها تمایل بسیار زیادی به تغییر شکل در خلال پخت از خود نشان دهند .

جهت جلوگیری از این عمل سابقا بستری از پودر سیلیس جهت قطعه ایجاد می شده و به عبارت دیگر تمامی سطح زیرین قطعه بستری از پودر سیلیس تکیه می داده (این بستر باعث جلوگیری از تغییر شکل قطعات می شود) . با توجه به اینکه مصرف سیلیس باعث رواج بیماری سیلیکوز در بین کارگران می گردید بعدها جهت ایجاد بستر به جای پودر سیلیس از پودر آلومین استفاده شد .

در بدنه های سرامیکهای ظریف ، آلومین در ساخت پرسلانهای الکتریکی و مفره های مرغوب (با توجه به خواص الکتریکی مطلوب آن) مورد استفاده قرار می گیرند .

در سالهای اخیر مصرف آلومین به عنوان پرکننده در بدنه های سرامیکهای ظریف مخصوصا در ظروف خانگی و سرامیکهای بهداشتی رواج بسیاری یافته است . در این بدنه ها آلومین جایگزین سیلیس گردیده و بسیاری از خواص فرآورده را تغییر می دهد . مصرف آلومین به عنوان یک فیلر به جای سیلیس عمدتا تغییرات زیر را به وجود خواهد آورد :

۱- مقاومت مکانیکی قطعه به طور محسوسی افزایش یافته و در نتیجه امکان تولید فرآورده های نازکتر وجود نخواهد داشت .

۲- باعث کاهش تغییر شکل قطعه در خلال پخت شده و محدوده پخت را افزایش می دهد

۳- احتمال ایجاد ترکها و به طور مشخص دانتینگ را کاهش داده و یا از بین می برد (به علت کاهش مقدار سیلیس و افزایش استحکام قطعه) نتیجتا امکان پخت سریعتر فرآورده وجود خواهد داشت .

۴- باعث بهبود رنگ فرآورده (سفیدی بیشتر فرآورده) ولی باعث کاهش عبور نور از بدنه می گردد .

۵- خواص الکتریکی قطعه بهبود یافته و مقاومت شیمیایی آن به طور محسوسی افزایش می یابد .

۶- احتمال ایجاد بیماری سیلیکوز را کاهش می دهد (به علت کاهش مقدار مصرف سیلیس) .

۷- وزن مخصوص قطعه افزایش یافته و در نتیجه وزن آن نیز افزایش می یابد . به وسیله کاهش قطر بدنه می توان از افزایش وزن قطعه جلوگیری نمود .

۸- به دلیل قیمت گران آلومینا در مقایسه با سیلیس و نیز نیاز به درجه حرارت بیشتر جهت پخت، به نظر می رسد تولید قطعه مستلزم هزینه بیشتری باشد.

علیرغم تمامی مزایای مزکور، مورد اخیر باعث می گردد که هنوز آلومین به عنوان یک پرکننده نتواند بطور گسترده مورد استفاده قرار گیرد.

رس نسوز (fire clay)

رس نسوز واژه‌ای است که در مورد رس‌های قابل مصرف در تولید نسوزها بکار می‌رود. خاصیت پلاستیسیته در این گونه رس‌ها بالا است. رس‌های نسوز را بر حسب میزان پلاستیسیته آن‌ها تحت عنوان رس‌های پلاستیک (Plastic clay)، رس‌های نیمه پلاستیک (semi plastic clay) و رس‌های غیر پلاستیک (flint clay) دسته‌بندی می‌کنند. دو نوع اول هم ارز رس‌های نرم و نوع سوم را هم ارز رس‌های سخت می‌دانند.

رس‌های غیر پلاستیک معمولاً دارای بافتی فشرده با سطح شکست صدفی می‌باشند. رس‌های نسوز حاوی مجموعه‌ای از کانی‌های هیدروسیلیکات آلومینیم هستند که ممکن است فاقد یا دارای سیلیس آزاد باشند. اینگونه رس‌ها معمولاً مقداری کانی دیاسپور (AlOOH) نیز در بر دارند و وجود دیاسپور در این رس‌ها، به آن‌ها رس دیاسپوری گفته می‌شود که جزء نسوزهای غنی از آلومین به شمار می‌آیند. افزایش مقدار دیاسپور یا هدرآرژیلیت در رس‌ها، کاهش میزان پلاستیسیته را در پی دارد که با آمیختن مقداری رس نسوز پلاستیک، این نقصان جبران خواهد شد.

ناخالصی‌ها و مواد قلیائی موجود در رس باعث پائین آمدن نقطه ذوب می‌گردند. رس‌های نسوز به صورت زیر از رس پلاستیک تا رس سخت تغییر می‌کنند:

رس پلاستیک ← رس نیمه پلاستیک ← رس نیمه سخت ← رس سخت
← رس خیلی سخت ← رس با آلومین بالا

رس نسوز

رس نسوز جزء رسهای رسوبی است که اکثراً با ذغال سنگ هم دوره و با هم یافت می شوند. از این گونه رسها در ساخت کاشی های مقاوم، آجرهای مهندسی و نسوز، چینی بهداشتی استفاده می شود. این رسوبات به خاطر عمق زیادی که نسبت به سطح زمین دارند، مواد زیادی روی آنها را پوشانده و در معرض فشار قابل توجهی قرار دارند، در نتیجه، اکثراً به صورت یک توده متراکم یافت می شوند. حتی بعضی از این رسوبات به خاطر فشار و درجه حرارت بالای داخل زمین به صورت پلمه سنگ یا تخته سنگ درآمده اند. معمولاً رسهای نسوز از لحاظ تشکیل شدن، به دو دسته تقسیم می شوند:

- ۱- رسهایی که بلافاصله در زیر رگه ذغال سنگ یافت میشوند.
- ۲- پلمه سنگ به صورت ورقه ورقه و لایه لایه هستند که ورقه ها به طور متناوب از رس و ذغال سنگ می باشند.

استحکام خشک

استحکام خشک چند نمونه از رسهای نسوز در جدول ۱۶ آمده است. این مقدار استحکام برای نمونه های اندازه گیری شده، که در دمای 100°C کاملاً خشک شده اند. لازم به ذکر است که آنچه در موردش یقین وجود دارد، نوع کاتیونهای تعویضی می باشد، که می تواند، بر روی استحکام تاثیر بگذارد.

نسوززندگی

نسوززندگی یک ماده یعنی توانایی یک ماده در درجه حرارت بالا بدون تغییر شکل.

برای تعیین تسوززندگی یک ماده، مخلوطیاز همان ماده در از اندازه استاندارد(مخلوط زگر)ساخته که برای راحت تر بیان کردن مبحث،از این به بعد، به

این مخروط، مخروط A می گوئیم. سپس مخروط A را در کنار مخروطهای استاندارد دیگری که نسوزندگی آنها مشخص است (این مخروطهای استاندارد هر کدام درجه نسوزندگی مشخصی دارد که توسط شماره مشخص می شود) (جدول ۱۷) در داخل یک کوره با سرعت گرم کردن مشخص که در جدول ۱۷ آمده است، حرارت می دهیم و عمل حرارت دادن را تا جایی ادامه می دهیم که مخروط A شروع به ذوب شدن نمود، عمل حرارت دادن را متوقف نموده و مخروطها را از کوره خارج می کنیم. در مرحله بعد، یک مقایسه بین مخروط A دیگر مخروطهای استاندارد زگر انجام می دهیم تا متوجه شویم از لحاظ خم شدن، مخروط A مانند کدام یک از مخروطها می باشد، سپس، با خواندن شماره مخروط مربوط به جدول ۱۷ مراجعه نموده، و دمای نسوزندگی را مشخص می نماییم.

با توجه به بیانات فوق، رسی برای تولید آجر نسوز مناسب می باشد که درجه نسوزندگی آن طبق مخروط زگر شماره ۳۰ باشد (به عبارت دیگر؛ نسوزندگی آن ۱۶۷۰ درجه سانتی گراد باشد).

همانطور که قبلاً اشاره شد، همه رسهای نسوز از نسوزندگی خوبی برخوردار نیستند و همان طور که رد جدول ۱۶ می بینید همه رسهای نسوز انگلستان به عنوان نسوز خوب به شمار نمی روند.

بالاترین درجه نسوزندگی را بین رسهای نسوز انگلستان، رس نسوز اسکاتلند دارا می باشد (مخروط زگر بالای ۳۵ یا نسوزندگی بالای ۱۷۵۰ درجه سانتی گراد).

از آنجا که فاکتورهای زیادی در نسوزندگی یک ماده تاثیر دارد، برقراری یک ارتباط بین ترکیب شیمیایی و درجه نسوزندگی یک رس، قدری مشکل می نماید. اما با همه این توصیفات، رسهای نسوزی که بیشترین درجه نسوزندگی را دارند شامل بیشترین مقدار Al_2O_3 و کمترین مقدار قلیایی ها (K_2O, Na_2O) می باشند. معمولاً رسهای نسوز با درجه نسوزندگی بالای شامل ۴۰٪ یا بیشتر Al_2O_3 هستند.

همچنی، لازم به ذکر است که رد ایران معادل خارجی برائرس نسوز وجود ندارد و معمولاً از کاتولن هایی که شامل Al_2O_3 بالا هستند، برای این منظور استفاده می کنند.

انقباض پخت

رسها عموماً هنگام پخت دچار انقباض می گردند و علت آن این است که فضاهای خالی که بین ذرات وجود داشته ، تدریجاً با مواد مذاب پر شده و مواد مذاب بعد از سرد شدن فرم شیشه را به خود گرفته و تولید فاز شیشه می نمایند. اگر زمان پخت به اندازه کافی طولانی باشد، تمام فضاهای خالی به وسیله فاز شیشه پر شده و در انتها، یک بنده بدون تخلخل خواهیم داشت. مواد غیردرسی هم می توانند بر روی انقباض پخت، تاثیر بسزایی داشته باشند، طوری که امروزه برای ساخت آجر های نسوز، خرده آجرهای شاموتی را به رس نسوز اضافه کرده تا از میزان انقباض پخت بکاهند. علاوه بر این، کوارتز طی حارت دادن تبدیل به تریدیمیت و کریستوبالیت شده که این فرایند با انبساط قابل توجهی همراه است و اگر میزان کوارتز در بنده زیاد باشد، می تواند سبب کاهش انقباض پخت گردد. اگر میزان میکا در بنده زیاد باشد، باعث افزایش انقباض پخت می گردد، علت این امر شاید این باشد که میزان یونهای قلیایی موجود در میکا، تولید مقادیر زیادی ماده مذاب در درجه حرارت پخت می نماید.

از آنجا که موارد فوق و واکنشهای پخت هرگز به طور کامل انجام نمی شوند؛ لذا، می توان از طریق نحوه توزیع اندازه ذرات، میزان انقباض را کنترل نمود. لازم به ذکر است که رسهای زودگذر اغلب در درجه حرارت پخت، گازهایی را از خود متصاعد می کنند که سبب یک انبساط مکانی و محلی رد نمونه شده کهبا نام بادکردگی از آن یاد می کنند و کاملاً مشهود است که این پیده در کل، انقباض نمونه را کاهش می دهد. درصد انقباض خطی در طی عملیات پخت برایچند نمونه رس نسوز در جدول ۱۶ آمده است.

رنگ بعد از پخت

در رسهای نسوز به دلیل وجود مقادیر زیاد اکسید آهن نیاز کمتری حس می شود تا در مورد رنگ بعد از پخت این رس، صحبتی به عمل آید. کلاً در یک اتمسفر اکسیدی رنگ بعد از پخت غالباً به صورت قرمز متمایل به قهوه ای می باشد، بنابراین رس نسوز برای کاربرد در بدنه های سفیدپخت اصلاً مناسب نمی باشد.

پلاستیسیته

اگرچه رسهای نسوز، به خاطر داشتن دانه های درشت تر، نسبت به لبالکلی ها از پلاستیسیته کمتری برخوردارند، اما همین مقدار پلاستیسیته هم برای تولید آجرهای نسوز و دیگر تولیدات کافی می باشد. حتی در صورتی که خرده آجر شاموتی به رس نسوز اضافه شود، باز هم پلاستیسیته کافی به نظر می رسد. رسهای نسوزی که بلافاصله در زیرلایه های ذغال سنگ یافت می شوند در مقایسه با پلمه سنگها دارای مقادیر کمتری سیلیس آزاد، و دیگر ناخالصی ها می باشند و به همین علت از پلاستیسیته بیشتری برخوردارند.

از آنجا که، هرچه سطح مخصوص دانه هایی که با آب در تماساند افزایش یابد، میزان پلاستیسیته هم افزایش پیدا می کند؛ لذا در مورد رسهای نسوز اگر رس را بعد از مخلوط کردن با آبر معروض هوا بگذاریم تا مخلوط شود به علت خرد شدن دانه های درشت تر، پلاستیسیته مخلوط هم افزایش پیدا می کند.

۶- خاکهای دیر گداز - خاک نسوز یا خاک آتسخوار Fire Clay

استفاده از این واژه متاسفانه بسیار گسترده و نیز به همین مناسبت در مقام کار برد خیلی پراکنده شده است .

بطور دقیق این خاک فقط لازمست که ساخت دیر گداز ها مصرف شود ولی امروزه موارد استفاده از آنها بسیار متنوع گردیده است. خاک نسوز معمولاً بصورت یک

توده بزرگ استخراج شده و پس از خرد و آسیاب کردن دارای چسبندگی می باشد.
کانی خاک مزبور امروزه در کشورهای مختلف مانند چکسلواکی، انگلستان و آمریکا
بصورت استاندارد به مقادیر فراوان تهیه می گردد.

لغت خاک دیر گداز عمدتاً به اکثر خاکهایی که امروزه از مناطق باطلاقی یا
معادن زغال سنگ استخراج شده اطلاق می گردد. در این قسمت بطور اجمال این خاک
را می توان به چندین قسمت تقسیم نمود:

۱- خاک دیر گداز چسب

خاک دیر گداز سیلیسی - این نمونه هم چنین ارائه کننده خاکهای نسوز چسب
دار است و لیکن پس از آسیاب کردن آن حالت چسبندگی در آن ایجاد گردیده و
میزان دیر گدازی آن نیز زیاد است.

۳- خاک دیر گداز فیلتی (یا خاک نسوز حقیقی) - این نوع خاک سخت که در
هنگام شکستن بصوت هر می یا کله قندی تکه تکه می شود و اکثراً در صنایع دیر گداز
مانند آجر های نسوز و غیره مصرف می گردد.

۴- خاک دیر گداز از نوع فیلت گر دار

ذخائر این نوع خاک عمدتاً نادر است. این خاک فیلتی شامل مقادیر ی
ژیسیست و سایر ترکیبات هیدرات اکسید آلومینیم می باشد. و از تمام خاکهای ذکر شده
تاکنون دیر گداز تر و در مقابل حرارت مقاومتر هستند.

خاکهای نسوز

به طور مشخص اصطلاح خاکهای نسوز (Fire clay) باید در مورد آن دسته
از رسهای دیرگداز که به صورت توده های سختی بوده و در حالت طبیعی دارای
خاصیت پلاستی سبته نمی باشند بکار رود. این رسها فقط هنگامی دارای خاصیت
پلاستی سبته خواهند بود که کاملاً خرد شده و به صورت پودر درآمده باشند. ولی
متأسفانه عملاً این اصطلاح در مورد کلیه ذخایر رسها که در کنار رگه های ذغال سنگ
و همراه با آن یافت می گردند بکار می رود. به همین دلیل شاید بتوان خاکهای نسوز

را در کلی ترین تقسیم بندی به دو نوع تقسیم نمود: نوع اول خاکهای نسوزی هستند که به صورت توده های سختی بوده و دارای سطح شکست صدفی می باشند. و نوع دوم آن دسته از خاکهای نسوز هستند که ظاهری شبیه به دیگر خاکهای رس داشته و در حالت طبیعی کم و بیش پلاستیک می باشند. این دسته از خاکها در حقیقت محل رشد و بستر گیاهان تشکیل دهنده ذغال سنگ بوده اند. این گیاهان قلیایی ها و نمکهای محلول و نیز مقداری از سیلیس موجود در خاک را گرفته ولی در هر صورت آلومینای خاک را جذب نمی نمایند. به همین دلیل نیز این خاکها دارای آلومینای زیاد و گداز کم بوده و بنابر این حد دیرگدازی بالایی دارند. خاکهای نسوز در اکثر موارد به صورت رسوبی بوده و جزء آن دسته از رسهای ثانویه به شمار می آیند که عمل انتقال آنها تا مسافت زیادی صورت گرفته است ولی در مواردی این خاکها به صورت پس مانده (رسهای اولیه) نیز مشاهده شده اند.

به طور کلی کانیهای اصلی تشکیل دهنده خاکهای نسوز کائولینیت و کوارتز می باشند. علاوه بر این دو مواد آلی، میکا، پیریت و سیدریت، ترکیبات اسیدی و... نیز می توانند در خاکهای نسوز وجود داشته باشند ولی معمولا مقدار گداز آورها در خاکهای نسوز زیاد نیست.

رنگ پس از پخت خاکهای نسوز کلا زرد کم رنگ و یا نخودی است ولی معمولا لکه های قهوه ای رنگ آهن در سطح خاک پخته شده مشاهده می شود. مصرف عمده این خاکها در ساخت دیرگدازها و نیز سرامیکهای بهداشتی است.

رسهای سرخ و یا رسهای آجر سازی

همچنانکه از نام این رسها مشخص است، مهمترین ویژگی این رسها وجود مقدار بسیار زیاد اکسید آهن در آنها می باشد. این مقدار به طور معمول از ۵ تا ۱۰ درصد متغیر است. آهن موجود در این خاکها نه تنها باعث ایجاد رنگ نارنجی، قهوه ای (پس از پخت) در این رسها می گردد بلکه به صورت کداز آوری قوی نموده و

بنابر این معمولاً نیازی به افزایش مصنوعی گداز آور به این خاکها وجود ندارد. درجه حرارت پخت این خاکها کمتر از خاکهای استون ور بوده و معمولاً حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد است.

به طور کلی این خاکها می توانند دارای ترکیبات بسیار متفاوتی باشند. با این همه معمولاً کانی رسی موجود در این خاکها از گروه کائولینیت ها یا ایلیت ها می باشند. رسهای سرخ معمولاً دارای پلاستی سیته بسیار خوبی هستند. خاصیت اخیر باعث گردیده است که به طور کلی رسهای سرخ همواره مورد توجه سفالگران سنتی قرار گرفته و در طول هزاران سال جهت ساخت ظروف سفالین و آجرها مورد استفاده قرار گیرند، و بخصوص باید توجه داشت که چون ذخایر این رسها اغلب به صورت روباز در سطح زمین پراکنده می باشد بنابراین اولین رسهایی بوده اند که بشر با آنها آشنا گردیده است.

نسوزها

تعریف و مبانی

نسوزها یا دیرگدازها برای همه صنایعی که با حرارت بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد سروکار دارند، مانند ذوب فلزات، شیشه، سیمان و سرامیک، دیگهای بخار، مجاری تصفیه ای، پاتیلها، کوره های الکتریکی و... مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد به جز مقاومت در برابر حرارت، باید مقاومت لازم را در برابر شوکهای مکانیکی، سایش و مواد شیمیایی داشته باشند؛ به عبارت دیگر دیرگدازها موادی اند که تحمل دماهای بالا را داشته و در برابر فرآیندهای فیزیکوشیمیایی مقاوم و پایدار باشند.

مواد دیرگداز معمولاً از کانیهای طبیعی مثل کوارتزیت، رس، آلومینوسلیکاتها، منیزیت، دولومیت، کرومیت، گرافیت و دانه های زیر کن به دست می آیند؛ اما چند ترکیب که معمولاً مهمترند عبارتند از: ترکیبات منیزیم حاصل از آب دریا، کاربید

سیلیکون (Silicon carbide) آلومینوسیلیکاتها و مولیت. مواد دیرگداز بر حسب کاربرد، تهیه می شوند و سپس به شکل و اندازه استاندارد در می آیند.

کاربرد مواد دیرگداز را می توان در سه مورد زیر خلاصه کرد (کریم پور،

(۱۳۷۸)

۱- محافظت بدنه کوره ها، مجاری تصفیه ای و مخازن شیشه ای از تأثیرات

شعله یا مواد مذاب و گداخته؛

۲- کاهش میزان انتقال حرارت به خارج؛

۳- جذب حرارت و انتقال آن به مواد مذاب.

با توجه به مطالب فوق، نوع هر دیرگداز بر اساس پدیده فیزیکوشیمیایی موجود در محیطی که به کار گرفته می شود انتخاب می گردد. این پدیده ها در واقع تعیین کننده ویژگیهای موادی هستند که در تولید فرآورده های دیرگداز مصرف می شوند. از آنجا که شناخت رفتار دیرگداز در برابر فرآیند های فیزیکوشیمیایی بسیار مهم است، پیش از پرداختن به کاربرد آنها، می بایست تأثیر این فرآیندها را بر آنها بررسی کنیم.

ویژگیهای نسوزها

رفتار در برابر پدیده های حرارتی

الف) هدایت حرارتی (Thermal Conductivity): به طور کلی این پدیده

یکی از ویژگیهای فیزیکی اجسام است که توان جا به جایی انرژی حرارتی را از یک جسم به محیط و یا به اجسام پیرامون معین می کند. نسوزها باید دارای هدایت حرارتی ضعیفی باشند، زیرا بالا بودن توان جا به جایی حرارتی علاوه بر انتقال سریع حرارت از محفظه کوره های بیرون و افت دمای درون محفظه، اختلالاتی را در مکانیزم تولید

در پی خواهد داشت. بالعکس، برخی از صنایع به نسوزهایی نیاز دارند که دارای حداکثر توان جا به جایی دما باشند؛ نظیر کوره های گرافیتی که برای ذوب بعضی از مواد به کار می آیند. ویژگیهای شیمیایی و کانی شناسی دیرگذاها و همچنین وجود یا نبود مواد بی شکل درون آنها در توانایی جا به جایی حرارت آنها تأثیر به سزایی دارد. به طور کلی هدایت حرارتی مواد متبلور بیش از مواد بی شکل است. توان هدایت حرارتی نسوزها با بالا رفتن دما (به جز مرحله آغازین در منیزیت و فورستریت) افزایش می یابد. افزایش تخلخل، هدایت حرارتی را کاهش و افزایش جرم مخصوص آن را افزایش می دهد. همچنین رطوبت موجود در خلل و فرج سنگها باعث بالا رفتن توان هدایت حرارتی آنها می شود. فلزات به واسطه داشتن هدایت الکتریکی دارای توان هدایت حرارتی بالایی هستند. به همین جهت همراه بودن کانیهای فلزی نظیر پیریت، هماتیت و غیره در مواد اولیه نسوزها، علاوه بر کاهش نقطه ذوب آنها باعث بالا بردن توان جا به جایی حرارتی آنها می شود.

ب) ظرفیت حرارتی (Heat capacity): ظرفیت حرارتی عبارت است از مقدار گرمایی که برای بالا بردن دمای یک سیستم به اندازه یک درجه لازم است. ظرفیت حرارتی در کانیها و سنگها با کاهش چگالی افزایش می یابد. مواد فلزی دارای ظرفیت حرارتی پایینی هستند در جدول ۱-۲، ظرفیت حرارتی چند نسوز به عنوان نمونه آورده شده است.

ج) پایداری حرارتی (Thermal Stability): پایداری یا مقاومت حرارتی عبارت است از پایداری یک دیرگذا در برابر تغییرات ناگهانی و تند درجه حرارت، بدون اینکه پوسته شدگی، ترک خوردگی و شکستگی در آن پدید آید. به این عامل با تعداد چرخه های حرارتی (یک چرخه گرم و سرد شدن) مشخص می شود. در این چرخه های حرارتی پس از سرد و گرم شدن نمونه ای از ماده نسوز، در نهایت نمونه مورد آزمایش در یکی از مراحل خرد می شود یا ترک بر می دارد. هر چه شعاع این

چرخه های حرارتی افزایش یابد و آجر یا جسم نسوز در برابر آن مقاومت کند، دارای پایداری حرارتی بیشتری است. مواد یا آجرهای نسوزی که کمترین انبساط حرارتی را دارند دارای بیشترین پایداری حرارتی اند.

ویژگی پوسته شدن آجرهای رس دیرگداز بیشتر به مقدار سیلیس موجود در رسهای خام و همچنین به اندازه و جورشدگی ذرات آنها بستگی دارد. رسها دارای مقاومت زیادی نسبت به پدیده پوسته شدن حرارتی اند. دیرگدازهای غنی از آلومین نیز دارای پایداری بسیار زیادی در برابر پدیده پوسته شدن حرارتی هستند. در حالی که دیرگدازهای سیلیسی در حرارت بیش از ۶۵۰ درجه سانتیگراد دارای پایداری زیاد ولی در دمای کمتر از ۶۵۰ درجه سانتیگراد پایداری آنها نسبت به پوسته شدن حرارتی کم است.

خواص آجرهای خاک نسوز

تخلخل ظاهری این آجرها ۹ الی ۲۲/۵ درصد و وزن مخصوص آن از ۱/۹۶ تا ۲/۳۶ گرم بر سانتیمتر مکعب است. از شکل ۲-۳ پیداست که تا دمای ۹۰۰°C همراه با انبساط حرارتی است و پس از آن (به دلیل تجزیه شدن بعضی از مواد اولیه به مولیت) تا دمای ۱۲۰۰°C دچار انقباض می شود.

پس از آن انبساط آجر دوباره شروع می شود که این انبساط در اثر تجزیه مواد سولفیدی، سولفاتی یا کربناتی- که در حین فرایند تولید تجزیه نشده اند- ایجاد می شود. پس از این انبساط، دوباره انقباض شروع می شود و تا ۱۴۰۰°C ممکن است به ۲٪ برسد.

دیرگدازی این خاکهای نسوز با افزایش درصد آلومینا بالا می رود و در این آجرها از ۱۶۰۰°C تا ۱۷۵۰°C تغییر می کند. این خاصیت تحت تأثیر شدید روانسازها از جمله اکسید آهن و قلیایی ها است.

رسهای مخصوص آجرهای ساختمانی

رسهای مخصوص آجرهای ساختمانی در دوره های مختلف زمین شناسی، از دوره دونین تا دوره حاضر تشکیل شده است، بنابراین به راحتی می توان براساس دوره ای که تشکیل شده، آنها را دسته بندی نمود.

ترکیب

مینرالهای موجود در سطح مخصوص آجرهای ساختمانی، عبارتند از: کائولینیت، کلریت، ایلیت، کوارتز و مواد آلی. بیشتر رسهایی که در ساخت آجرهای ساختمانی به کار می روند حاوی مقادیر قابل توجهی از اکسیدهای آهن و کربنات کلسیم می باشند. به خاطر ترکیب گسترده مینرالی این رس و خصوصاً وجود کلریت، تا حدی آنالیز مینرال باین خاک نسبت به بقیه رسها دشوارتر میباشد و به سادگی بالکلی ها نیست.

اکثر نمونه های رس مورد بحث شامل مقادیر زیادی از اکسیدهای آهن و اکسیدهای کلسیم هستند. از نمکهای محلول می توان به سولفات کلسیم اشاره نمود که بعضی اوقات همین نمکها باعث شوره زدن آجرهای ساخته ، می شوند.

توزیع اندازه ذرات

در جدول ۱۹، درصد دانه های کوچکتر از 2μ را برای چند نمونه از رسهای آجرهای ساختمانی مشاهده می کنید. اگر چقدر جدول مذکور این درصد ذرات، با عنوان درصد ذرات کوچکتر از 2μ نامگذاری شده است، اما این اعداد زیاد قابل اعتماد نیستند، چرا که، بعضی از ناخالصی های غیر رسی که در رس وجود دارند، اندازه شان کوچکتر از 2μ می باشد، اما با وجود این، از لحاظ تقریبی، یک تقریب خوبی به شمار می رود. متوسط درصد اندازه ذرات کوچکتر از 2μ که در جدول آمده

است، نتیجه میانگین ۵۰ الی ۱۰۰ نمونه، برای هر رس می باشد که اندازه گیری شده است.

مقدار رطوبت کارپذیری

میزان رطوبتی که رس باید داشته باشد تا بتوان برای تولید محصولات به روش پلاستیک از آن استفاده نمود به خواص مینرالهایی که حاضر هستند، مساحت سطحی ذرات رس، نوع و مقدار تویض کاتیونی که انجام شده بستگی دارد. از آنجا که ترکیب شیمیایی و توزیع اندازه ذرات رسهای ساختمانی برای انواع گوناگون، مختلف می باشد؛ لذا، شاهد رطوبت کارپذیری متفاوتی برای انواع رسهای ساختمانی هستیم. اما با توجه به مطالب فوق، در مورد رسهای می بینیم با این که این سه نوع خاک میانگین *Boulder clays* , *clays Weald* , *Etruria marls* درصد ذرات کوچکتر از 2μ مشابه دارند، اما میزان رطوبت کارپذیرشانبا هم تفاوت دارد و این تا حدی به خاطر این موضوع است که توزیع ذرات ر زیر 2μ برای سه خاک فوق تفاوت دارد. همچنین، ممکن است میزان و نوع یونهای تعویضی برای خاکهای فوق با هم متفاوت باشد.

انقباض پخت

برای بدست آوردن انقباض پخت برای رسهای مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر، اولین راهی که به نظر می رسد این است که همه رسها را در یک درجه حرارت یکسان پخت کنیم و بعد میزان انقباض آنها را با هم مقایسه کنیم.

اما این روش عملاً غیر ممکن است چراکه قابلیت ذوب رسها با یکدیگر تفاوت دارد و ممکن است در یک درجه حرارت مشخص یک رس بهطور کامل ذوبشود، به طوری که دیگر نتوان میزان انقباض را اندازه گرفت و این در حالی است که

ممکن است رس دیگر تا نقطه ذوب فاصله دمایی زیادی داشته باشد و هنوز، جا برای انقباض داشته باشد.

بعضی اوقات، هنگامی که یک رس در دمای بالا حرارت می بیند، گازهایی از آن متصاعد شده که این گازها سبب باکردگی نمونه رسی شده و در کل از میزان انقباض نمونه، در طی فرایند پخت می کاهد. عامل فوق و عوامل دیگر، باعث می شود تا ایجاد یک رابطه منطقی بین انقباض پخت و دیگر خواص رسی کمی مشکل شود. اما از آنجا که انقباض یک نمونه در طی فرایند پخت سبب می شود، مینزلهای رسی به وسیله واکنشهایی به یکدیگر متصل شود؛ لذا، می توان درصد انقباض را به درصد ذرات کوچکتر از 2μ مرتبط کرد.

رنگ بعد از پخت رسهای مخصوص ساخت آجرهای ساختمانی

رنگ بعد از پخت محصول سرامیکی عموماً به میزان اکسیدهای آهن وابسته است، اما از دیگر عواملی که بر روی رنگ بعد از پخت موثر است، می توان به وضعیت اتمسفر کوره (می تواند یک اتمسفر احیایی یا اکسیدی باشد)، دمای پخت و میزان دیگر مواد موجود در رس (چون MgO, CaO, Al_2O_3) اشاره کرد. در یک اتمسفر اکسیدی، اکسیدهای آهن تولید رنگ قهوه‌ای می کنند، اما اگر اتمسفر کوره ای احیایی شود، رنگ بدنه سفید تر خواهد شد. همچنین، به طور کل، اگر دمای پخت افزایش پیدا کند باعث می شود تا رنگ بدنه ت از آنجا که اکسیدهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم جزء اکسیدهای زودگذر هستند، وجود آنها رد یک بدنه سرامیکی سبب افزایش شیشه ای شدن می شود. رسهای مخصوص ساخت آجرهای ساختمانی شامل مقادیر قابل توجهی از $CaCO_3$ می باشد که رد نتیجه این رس را بری شیشه ای شدن آماده کرده و در مقام مقایسه، درجه حرارت پخت این رس نسبت به دیگر رسها پایین تر می باشد که برای ساخت آجرهای ساختمانی این دما بین ۹۵۰ الی ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد است.

کمک ذوب‌ها

هر ماده‌ای که بتواند باعث کاهش دمای نرم شدگی و دمای ذوب گردد، کمک ذوب (flux) نامیده می‌شود. کمک ذوب‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- موادی مانند اکسید سرب، قلیائی‌ها و بورات‌ها که دارای نقطه ذوب پائین هستند و فلدسپات‌ها که در دمای بالاتر از مواد فوق ذوب می‌شوند و مذابی تشکیل می‌دهند که اجزا دیر گدازتر را به تدریج در خود حل می‌نمایند. چون این دسته از کمک ذوب‌ها نقطه ذوب پائین دارند، فاقد کنش‌های اوتکتیک می‌باشند.

۲- کمک ذوب‌هایی نظیر CaO , MgO که به تنهایی مواد دیر گداز محسوب می‌شوند، ولی با ترکیبات اوتکتیک شیشه‌هایی تولید می‌کنند که دارای نقطه نرم شدگی پائین‌تر هستند. CaO , MgO معمولاً به شکل ترکیب شده به عنوان کمک ذوب عمل می‌کنند.

اگر چه فلدسپات‌ها اصلی‌ترین کمک ذوب‌ها در صنعت سرامیک محسوب می‌شوند، ولی مواد دیگری نیز به عنوان کمک ذوب مورد استفاده قرار می‌گیرند که کم و بیش از اهمیت برخوردار هستند و عبارتند از:

- نفلین سینیت: سنگی است از نوع آذرین درونی که در اثر انجماد ماده مذاب در اعماق پوسته زمین به وجود می‌آید و دارای حدود ۵۰ درصد آلینیت، ۲۵ درصد میکروکلین و ۲۵ درصد نفلین (NaAlSiO_4) می‌باشد.

- خاکستر استخوان: کمک ذوبی است که در اثر کلسینه کردن استخوان حاصل می‌شود و عمدتاً برای ساخت چینی استخوانی بکار می‌رود.

کربولیت ($\text{Na}_2[\text{NaAlF}_6]$ ، اسپودومن $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ ، لیپدولیت $\text{KLi}_2\text{Al}(\text{F}, \text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ ، ولاستونیت (CaSiO_3) و فلوئوریت (CaF_2) و انواع اکسیدهای فلزی، بسته به کاربرد، میزان گدازآوری و نوع محصولات، به عنوان کمک ذوب در صنعت سرامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۸-۴- خصوصیات کمک ذوب‌ها

کمک ذوب‌ها دارای خصوصیات زیر هستند:

۱- کمک ذوب‌ها شبیه یکدیگر عمل نمی‌کنند، بلکه هر یک از آنها خصوصیات منحصر به خود دارد، گرچه در برخی خواص مشترک هستند.

۲- کمک ذوب‌ها در اثر حرارت ذوب می‌شوند و به هنگام ذوب شدن با سایر اجزاء تشکیل دهنده بدنه واکنش می‌کنند. علاوه بر این در تسریع واکنش سایر اکسیدها مؤثر می‌باشند.

۳- کمک ذوب‌ها به هنگام ذوب شدن سیلیس را در خود حل نموده و به مقدار محدود و کنترل شده شیشه می‌سازند. آن‌ها با تشکیل شیشه سبب ایجاد پیوند بین ذرات بلوری تشکیل دهنده بدنه می‌شوند و در نتیجه باعث بالا رفتن مقاومت و استحکام بدنه پخته شده می‌گردند.

۴- کمک ذوب‌ها نقطه ذوب سیلیس موجود در لعاب‌ها را کاهش می‌دهند. برای مواد سیلیسی مؤثرترین کمک ذوب‌ها موادی هستند که غنی از اکسیدهای قلیائی، مانند Li_2O , K_2O , Na_2O باشند.

گداز آورها

گداز آورها موادی هستند که در صنعت جهت کاهش نقطه ذوب بدنه و یا لعاب به عنوان یکی از مواد اولیه مصرف می‌گردند. در هنگام پخت بدنه گداز آورها ذوب گردیده و در هنگام سرد شدن فاز شیشه ای را در بدنه به وجود می‌آورند. شیشه حاصل کلیه بلورهای موجود در بدنه پخته را در بر گرفته و بدین ترتیب یک توده یک پارچه را به وجود می‌آورد.

گداز آورهایی که در صنعت سردامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند بسیار متنوع هستند. اکسیدهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم مهمترین گداز آورهای بدنه های فراورده های سرامیک می‌باشند گداز آورهایی که در لعاب مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای تنوع بسیار بیشتری هستند. علاوه بر اکسیدهای مذکور بسیاری از ترکیبات دیگر مثل اکسیدهای سرب، بر، روی، باریم و... به عنوان گداز آور در لعابها به کار می‌روند. فلدسپاتها دارای اکسیدهای قلیایی و یا قلیایی خاکی هستند مهمترین تامین کننده

گداز آوره‌های مصرفی در بدنه و لعابها (به خصوص در لعابها و بدنه درجه حرارت بالا) می‌باشند.

فلاکسها

تعداد چندین مواد فعال با نقطه ذوب پایین موجود است که باعث تقلیل درجه پخت بدنه و لعابهای سرامیکی می‌گردد. اینها شامل ترکیبات فلزات قلیائی، لیتیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم، قلیائی‌های خاکی مانند کلسیم، استرانسیم، باریم، برو، روی، سرب و بیسموت هستند.

Sodium Compounds ترکیبات سدیم

مینرال‌های طبیعی

در قسمت فلدسپار، فلدسپار سدیم و مینرالهای آلت، پالیوکلاز - آلیوکلاز لابرو دوریت شرح داده شد.

Cryolite

کریولیت

سدیم - آلومینیوم فلوراید با فرمول AlF_3 و $3NaF$ عمدتاً در گرین لند - کلرادو آمریکا و اورال روسیه یافت می‌شود. سه نوع مختلف از این کانی بطور طبیعی ثبت شده که بهترین آن شامل ۹۸٪ سدیم - آلومینیوم فلوراید و ۱.۵٪ سیلیس - ۰.۲۵٪ اکسید آهن و ۱٪ لایم می‌باشد.

مشخصات

F=%54.3

شیمیایی

ترکیب

Al=%12/9

Na=%32/8

وزن مولکولی ۲۱۰ وزن مخصوص ۲.۹۸٪ سختی ۲.۵ مود

میزان حلالیت در آب ۲۵ درجه سانتی گراد مساوی ۰.۴٪ mc g/100

نقطه ذوب ۱۰۲ درجه سانتی گراد

موارد استفاده

کریولیت به صورت فلاکس در لعابهای بدون سرب و بر نیز در لعابهای بوته های آزمایشگاهی و همچنین در برخی از بدنه های سرامیکی بکار برده می شود. قبل از استفاده لازم است که فریت شده و موجب تاول و پوسته شدن لعاب نگردد.

مواد شیمیای سدیم دار

اکسید سدیم Na_2O

اکسید سدیم به تنهایی مصرف نشده ولیکن خود وسیله ای جهت تشریح میزان مصرف سدیم در ترکیبات مختلف و بار کوره ها می باشد. وزن مولکولی آن ۶۱/۹۹۴ می باشد. این اکسید ۱۲۷۵ درجه سانتی گراد تصفیه شده و در درجات بالاتر از بین می رود. لعابهای سدیمی تولید فریت انبساط حجمی زیادی کرده و موجب تاثیرات بعدی از جمله ایجاد ترک می نماید.

کربنات سدیم CO_3Na_2

کربنات بعنوان کمک ذوب در لعابهای ضریب شده اضافه می گردد. این ماده با سایر مواد در صنایع سرامیک موارد استفاده فراوانی داشته که بعدا توضیح داده خواهد شد.

ترکیبات پتاسیم potassium Compounds

مینرال طبیعی

فلداسپار پتاسیم - ارتوکلاز - میکروکلاین - پلیوکلاز - حاوی ترکیبات پتاسیم طبیعی هستند که در فصل فلداسپار توضیح داده شد.

مواد شیمیائی پتاسیم دار

اکسید پتاسیم - K_2O

اکسید پتاسیم خود به تنهایی مصرف نشده بلکه جهت تشریح میزان پتاسیم در مواد خام - بدنه و لعابها بکار برده می شود. وزن مولکولی آن ۹۴/۱۹۲ می باشد. این اکسید در لعابها از اکسید سدیم بهتر بوده و لعاب مرغوبتری ایجاد می نماید.

کربنات پتاسیم Co_3K_2

ترکیب شیمیائی $31/85\%$ افت حرارتی Co_2 $68/15\%$

وزن ملکولی $138/20$ وزن مخصوص $2/4$ نقطه ذوب

۸۹۱ درجه سانتیگراد

میزان حلالیت در آب 20 درجه مساوی $112 \text{ g}/100 \text{ m}$ در آب 100 درجه

مساوی $156 \text{ g}/100$ است.

کربنات پتاسیم بعنوان فلاکس در لعابها استفاده شده و لیکن بر روی برخی از

رنگها تاثیر می گذارد.

منیزیت

منیزیت یکی از گروههای نسوز قلیایی به شمار می رود. عبارت منیزیت رد

واقع به معنای کربنات منیزیم، MgCO_3 میباشد که در ترکیب سنگهای رسوبی

موجود بوده و از تجزیه سنگهایی با منشا قلیایی که شامل الیون و دیگر سیلیکاتهای

منیزیتی بودند، ایجاد شده است. منیزیت اغلب همراه سنگ آهک و دولومیت یافت می

شود و مهمترین ذخایر آن در کشورهای استرالیا، هند، ایران، یونان، یوگسلاوی،

چکسلواکی، کانادا، روسیه، برزیل و آمریکا واقع شده است. در کشور انگلستان منابع

طبیعی منیزیت محدود می باشد و منیزیت مصرفی خود را از آب دریا استخراج می

کنند.

زیرکن ZrSiO_4

ریشه نام زیرکن بر مبنای دو نظریه توجیه می شود:

۱- از واژه فارسی زرگون به معنی «طلائی رنگ»، زیرا این کانی در مواردی از

دارا بودن رنگ طلائی برخوردار است.

۲- از واژه فرانسوی jargon به معنی «ناخالص» به علت وجود ناخالصی‌ها در کانی زیرکن.

ترکیب شیمیایی

آنالیز شیمیایی زیرکن $\text{SiO}_2 = 32.9\%$, $\text{ZrO}_2 = 67.1\%$ است. به عنوان ناخالصی در زیرکن مقدار کمی Fe_2O_3 تا 0.35% درصد، CaO تا 0.15% تا 4% درصد و گاهی Al_2O_3 وجود دارند. تقریباً همیشه مقداری HfO_2 که در مواردی به 4% درصد هم می‌رسد در این کانی یافت می‌شود، نوعی زیرکن در منطقه Kragero در نروژ کشف شده است که حتی تا 16% درصد اکسید هافنیم در بر دارد. گاهی Y_2O_3 و عناصر کمیاب خاکی، عمدتاً Ce_2O_3 در مواردی حتی تا 16% درصد همراه با 4% تا 5% درصد P_2O_5 در زیرکن دیده شده است. در برخی از انواع زیرکن Nb, Ta, همچنین ThO_2 تا 7% درصد و گاهی تا 12% درصد و U_3O_8 تا $1/5\%$ درصد و در مواردی نیز بیشتر در این کانی وجود دارند. گاهی مقدار کمی Sn, Be (در نروژ مقدار $\text{BeO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ به 15% درصد نیز می‌رسد) در زیرکن دارای مقدار قابل توجهی P_2O_5 هستند و ایامالیت (Oyamalith) نام دارند. کانی مالاکن (malacon) و سیرتولیت (cyrtolith) که زیرکن غنی از مواد رادیواکتیو هستند، حاوی مقدار زیادی آب (از 2% تا 12% درصد) می‌باشند و به صورت متامیکت (زیرکن ثانویه) پدید می‌آیند.

خواص فیزیکی

زیرکن بی‌رنگ و یا به رنگ زرد، نارنجی، قرمز و به ندرت سبز دیده می‌شود، همچنین نوعی از آن که حاوی مواد رادیواکتیو بوده و مالاکن (malacon) نامیده می‌شود به رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشد. زیرکن دارای جلای الماسی است و گاهی نیز جلای مات از خود نشان می‌دهد. سختی زیرکن در مقیاس Mohs ۷ تا ۸ است، ولی در انواعی از آن که حاوی مواد رادیواکتیو می‌باشند سختی تا ۶ کاهش می‌یابد. وزن حجمی زیرکن معمولی $4/68$ تا $4/70$ گرم بر سانتیمتر مکعب است، ولی افزایش مواد

راديوآکتیو در آن سبب کاهش وزن حجمی این کانی می‌گردد، مثلاً وزن حجمی زیرکن با مقدار متوسط راديو آکتیو $4/2$ تا $4/6$ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد و وزن حجمی این کانی با مواد راديوآکتیو به مقدار زیاد به $3/9$ تا $4/2$ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌رسد.

خواص فیزیکی شیمیایی

به طور کلی زیرکن در مقابل عوامل شیمیائی معمولی مقاوم بوده ولی انواع تجزیه شده آن در طبیعت اندک نمی‌باشد، این پدیده به علت تغییراتی است که در طول دوره‌های زمین شناسی آن را به جسم ایزوتروپی به نام متامیکت (زیرکن ثانویه) تبدیل نموده است. پدیده تامیکتیزاسیون مربوط به اتم‌های راديوآکتیوی از قبیل Th, U می‌باشد که در شبکه زیرکن قرار دارند. آلتراسیون (دگرسانی) زیرکن در حالت متامیکت سبب می‌شود که عناصر راديوآکتیو در شبکه زیرکن ایجاد بی‌نظمی نمایند. این پدیده منجر به جذب آب، افزایش حجم، کاهش وزن حجمی و تغییرات در رنگ کانی می‌گردد. تغییر رنگ متامیکتی موقتی است که به مرور زمان و به تدریج رنگ آن مجدداً تیره می‌شود. بر اساس شدت و ضعف عوامل آلتراسیون و با توجه به نوع اتم راديوآکتیو که در شبکه بلوری زیرکن جای دارد، زیرکن‌هایی با ساختمان بلوری و خواص مختلف از زیرکن تغییر نیافته تا انواع کاملاً متامیکت یافت می‌شود.

زیرکن مقدار کمی P, U, Th, Hf و عناصر کمیاب در بر دارد. این ناخالصی‌ها در شبکه بلوری زیرکن به صورت $CePO_4, USiO_4, ThSiO_4, HfSiO_4$ به حالت محلول جامد وجود دارند. $HfSiO_4$ به علت تشکیل نامحدود محلول جامد (میکس کریستال) با $ZrSiO_4$ و همچنین به دلیل رفتار شیمیائی مشابه Hf, Zr ، به صورت یک کانی مستقل مشاهده نشده است. به خاطر وجود Th, U در زیرکن، شبکه بلوری این کانی تحت تأثیر تجزیه ایزوتروپی قرار می‌گیرد که در اثر آن خواص فیزیکی زیرکن تغییر می‌یابد، در این رابطه کاهش سختی این کانی را می‌توان نام برد. اغلب،

انواعی از زیرکن که دارای مواد رادیواکتیو هستند در دمای ۱۰۰۰ تا ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد به زیرکن معمولی تبدیل می‌شوند.

۵-۶- زیرکونیا ZrO_2

زیرکونیا علی‌رغم این که از گروه اکسیدها است، در اینجا به عنوان زیر مجموعه زیرکن مورد بررسی قرار می‌گیرد. زیرکونیا اکسید زیرکونیوم است که به صورت پلی مورف (چندشکلی، poly به زبان یونانی یعنی «چند») و morphe (به معنی شکل) متبلور می‌گردد. کانی طبیعی آن به نام بادلایت (نام این کانی به افتخار دانشمندی به نام J. Baddeley که در سال ۱۸۹۳ میلادی کانی مذکور را از کشور Ceylon به اروپا برده، برگزیده شده است)

از زیرکونیا به دلیل نقطه ذوب بالا در صنعت دیرگداز استفاده‌های زیادی به عمل می‌آید. مقاومت شیمیایی خوب در حرارت‌های بالا، هدایت حرارتی کم و شوک‌پذیری حرارتی خوب از سایر خصوصیات قابل توجه این ماده محسوب می‌شوند. مقاومت الکتریکی زیرکونیای تثبیت شده در دمای ۷۰۰ درجه سانتیگراد حدود $0.4/cm \cdot \Omega$ است، ولی در دمای ۲۲۰۰ درجه سانتیگراد این مقاومت تا حدود $0.4/cm \cdot \Omega$ اهم بر سانتیمتر کاهش می‌یابد، لذا از زیرکونیا به عنوان رسانای الکتریسیته در حرارت‌های بالا استفاده می‌گردد. المنت‌های حرارتی زیرکونیا در ساخت کوره‌های الکتریکی تا دمای ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد نیز بکار می‌رود.

کاربرد زیرکونیا در ساخت توربین‌های گازی، آگزوزهای جت‌ها و موشک‌ها، آجرهای نسوز کوره‌ها، بوته‌ها، گلوله‌های بال میل و غیره از اهمیت زیاد در صنایع مدرن برخوردار است.

این مینرال که بطور گسترده در سنگهای آتشفشانی اسیدی وجود دارد و موقعیکه سنگ شروع به تجزیه نمود بوسیله عوامل آب و هوایی متراکم میشوند. زیرکن

بخودی خود بخاطر سنگینی آن مورد حمله ی سایر مواد قرار نگرفته و عمدتا در سواحل دریاها متمرکز شده اند. عمده ترین منابع آندر استرالیا هندوستان و فلوریدا قرار دارد.

مشخصات-وزن مخصوص $SG=4/2-4/6$ سختی بین ۷-۸ مود-نقطه تجزیه حرارتی آن بین ۱۵۰۰-۱۸۰۰ درجه سانتیگراد است. زیر کن در ساخت دیر گدازها - پرسیلن های الکتریکی - شمیائی - شمع های ماشین، بعنوان یک مات کننده در لعاب - بعنوان کنترل کننده بافت و ترک خوردگی

در مقابل حرارت زیرکونیای خالص تحت یک یا چند تبادل سریع و قابل برگشت شیمیائی. با تغییرات حجمی قرار می گیرد. شدت این تغییرات بحدی میباشد که ممکن است یک قطعه سرامیکی را بشکند و خرد نماید. بهر حال با اضافه نمودن لایم و منیزیم (مجموعا تقریبا ۵٪) و حرارت دادن آن تا دمای تقریبی ۱۷۰۰ درجه میتوان یک ساختمان مکعبی ثابت ایجاد نمود.

اینگونه اکسیدها ی زیرکنیوم ثابت برای ساخت مواد نسوز مرغوب و بوتله های آزمایشگاهی بطور تجارتي ساخته و مصرف میشوند.

زیرکونیا و تعدادی دیگر از سیلکاتهای زیر کنیوم با دانه های بسیار نرم جهت مات کنندگی لعابها و نیز برای ساخت برخی از رنگها مورد استفاده قرار میگیرد. (به قسمت مات کننده ما و رنگها مراجعه شود)

اکسید لیتیم و منابع تامین آن

اکسید لیتیم و یالیتیا با نقطه ذوبی حدود ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد به عنوان یک گداز آور قوی (وحتی قویتر از اکسیدهای سدیم و پتاسیم) در بدنه ها و لعابها عمل نموده و بنابراین مانند دیگر گداز آورها باعث کاهش درجه حرارت پخت بدنه و ذوب لعاب کاهش تخلخل و غیره می گردد ولی در هر صورت مهمترین دلیل استفاده از

ترکیبات لیتیم در بدنها و لهابها کاهش انبساط حرارتی آنهاست . چرا که وجود لیتیم (در مقادیر مشخص) در بدنه های سرامیکهای ظریف باعث ایجاد انبساط حرارتی بسیار کم صفر و حتی منفی می گردد و به همین دلیل نیز به عنوان مثال در استون ورهای مقاوم در برابر شعله و یا دیگر ظروف پخت و پز مثل ظروف لیتیم دار و غیره مورد استفاده قرار می گیرد . از طرف دیگر وجود اکسید لیتیم در ترکیب بدنه به همان دلیل مذکور باعث ایجاد امکان پخت سریعتر فرآورده ها و کاهش احتمال وقوع دانتینگ در بدنه می گردد . کانیهای اسپودومن یا تریغان با سختی حدود ۶/۵ تا ۷ و وزن مخصوص ۳/۱ تا ۳/۲ gr/cc پتالیت با سختی حدود ۶/۵ و وزن مخصوص ۲/۴ و لیدولیت یا میکای لیتیم دار و با سختی حدود ۳ و وزن مخصوص ۲/۸ تا ۲/۹ مهمترین منابع تامین اکسید لیتیم در ترکیب بدنه ها و لعابها هستند . لازم به توضیح است که اسپودومن و پتالیت اگر چه در حقیقت جزء فلدسپاتها نمی باشند ولی اصطلاحاً در بسیاری موارد با عنوان فلدسپات و یا شبه فلدسپات از آنها نام برده می شود .

کانیهای مذکور تنها کانیهای حاوی لیتیم نمی باشند . لیتیم موجود در ترکیب لعابها و بدنه ها می تواند از منابع دیگر مثل کانی آمبلیگونیت و غیره نیز تامین گردد که با توجه به مصرف و اهمیت بسیار کمتر این کانیها در مورد آنها بحث نمی گردد . علاوه بر کلیه منابع طبیعی مذکور ، باید از کربنات لیتیم Li_2CO_3 نیز به عنوان یکی دیگر از منابع تامین لیتیم نام برد . کربنات لیتیم به صورت طبیعی در طبیعت وجود نداشته و به طور مصنوعی از کانیهای حاوی لیتیم تهیه می گردد . کربنات لیتیم نیز مانند کربنات سدیم و پتاسیم در آب محلول بوده (البته با شدت بسیار کمتر) و باید قبل از مصرف فریت گردد .

اکسیدهای فلزات قلیایی خاکی و منابع تامین آنها

بعد از اکسیدهای سدیم و پتاسیم اکسیدهای کلسیم و منیزیم مهمترین گدازآورهای هستند که در بدنه ها لعابهای سرامیکهای ظریف مورد استفاده قرار می

گیرند. نقطه ذوب اکسید کلسیم ۲۵۷۰ درجه سانتیگراد و اکسید منیزیم ۲۸۰۰ است. همچنان که مشاهده می شود این دو اکسید به طور نسبی دارای نقطه ذوب بالایی بوده و به همین دلیل نیز در تولید دیرگذاهای قلیایی بسیار مورد توجه می باشند (به قسمت ۱-۲: دیرگذاها، جدول شماره ۲ مراجعه شود) این خصوصیت اکسیدهای مذکور باعث گردیده که در بسیاری از مآخذ و متون فنی سرامیک این اکسیدها جزء مواد دیرگذا تقسیم بندی گردند. با این همه باید توجه داشت که چنانچه اکسیدهای کلسیم و منیزیم به صورت گدازآور عمل نموده و باعث کاهش نقطه ذوب بدنه و لعاب می گردند. در بدنه ها و لعابهای سرامیکهای ظریف، معمولاً و در غالب موارد اکسیدهای کلسیم و منیزیم به همراه مواد دیگر و به مقدار کم و در نتیجه به عنوان گدازآور به کار رفته و به همین دلیل نیز در این کتاب تحت عنوان گدازآورها مورد بحث قرار می گیرند. اکسید باریوم (Bao نقطه ذوب ۱۹۲۳) نیز مانند اکسیدهای کلسیم و منیزیم البته در مقیاس محدودتر در بدنه ها و لعابهای فراورده های ظریف مورد استفاده قرار می گیرد. اکسید استرانسیوم (Sro نقطه ذوب ۲۴۳۰) صرفاً در لعابها کاربرد داشته و به ندرت در بدنه ها مصرف می گردد. با این مقدمه به بحث اصلی خود یعنی منابع تامین اکسیدهای کلسیم، منیزیم، باریوم و استرانسیوم در ترکیب بدنه ها و لعابها می پردازیم:

الف) منابع تامین اکسید کلسیم:

در صنعت سرامیک و بخصوص در تولید سرامیکهای ظریف مهمترین منبع تامین اکسید کلسیم، سنگهای حاوی کانی کلسیت (کربنات کلسیم $CaCO_3$)، سختی ۳، وزن مخصوص ۲/۷۱) و به طور مشخص سنگ آهک، مرمر و گل سفید می باشند. به طور عمده این سنگها از دسته سنگهای رسوبی با منشا شیمیایی و بیوشیمیایی بوده و دارای سختی حدود ۳ تا ۴ هستند. در کنار این سنگها مارلها یا مارنها (رسهای حاوی کربنات کلسیم) منابع دیگر تامین اکسید کلسیم در ترکیب بدنه ها و لعابها به شمار می آیند.

از دیگر منابع تامین اکسید کلسیم باید از آنورتیت و فلدسپاتهای سدیم کلسیم دار (سری پلاژیوکلازاها) نام برد . با توجه به اینکه در صفحات قبل هنگام بحث در مورد فلدسپاتها به این کانیها نیز اشاره شده بنابراین در این مورد بحث بیشتری نمی شود .

ولاستونیت با فرمول CaO SiO_2 ، سختی حدود ۴/۵ تا ۵ و نقطه ذوبی حدود ۱۵۴۰ ، منبع دیگر تامین اکسید کلسیم به خصوص در ارتن ورهای آهکی و بدنه های یک پخت می باشد . در بدنه های یک پخت ، خروج گاز از بدنه در خلال پخت ، مسائل زیادی را به وجود می آورد به همین دلیل در این شرایط استفاده از کربنات کلسیم برای تامین اکسید کلسیم موجود در ترکیب بدنه به هیچ وجه توصیه نشده و معمولا ولاستونیت به جای کربنات کلسیم پیشنهاد می گردد . علاوه بر موارد فوق ولاستونیت به خصوص در بدنه کاشیها جهت مقابله با خطر انبساط رطوبتی و جلوگیری از انقباض پخت زیاد مصرف می شود. ضمنا باید اشاره گردد که به دلیل شکل خاص ذرات ولانتونیت(ذرات تقریبا رشته ای شکل) مصرف این ماده در بدنه ها باعث افزایش استحکام مکانیکی آنها می گردد . در هر حال باید توجه داشت که در مقیاس صنعتی قیمت ولاستونیت در مقایسه با قیمت کلسیم بسیار بیشتر است .

علاوه بر کلیه ترکیبات مذکور ممکن است کلسیم موجود در ترکیب لعابها و بدنه ها از طریق مصرف مواد دیگری مثل فلوریت CaF_2 ، کلمانیت و غیره نیز تامین گردد . در این قسمت در مورد این مواد به این دلیل که یا مصرف آنها عمومیت ندارد (مثل فلوریت) و یا مصرف آنها به طور عمده جهت استفاده از کلسیم موجود در آنها نیست (مثل کلمانیت) بحث بیشتری انجام نمی شود .

منابع تامین اکسید منیزیم :

تالک و یا استاتیت و یا سنگ صابون به فرمول H_2O ، 4SiO_2 ، 3MgO ، و یا H_2O 4MgO ، 5SiO_2 (فرمول اخیر کمتر رایج است) با سختی ۱ در جدول مهس

وزن مخصوص ۲/۶ تا ۲/۸ و با رنگ سفید ، خاکستری ، سبز کم رنگ و سبز تیره یکی از مهمترین منابع تامین اکسید منیزیم در ترکیب بدنه ها و لعابهاست . در صفحات قبل در قسمت ۲-۱-۳ هنگام بحث در مورد ساختمان اسمکتیت ها ، ساختمان تالک بیان گردید . باید توجه داشت که در مورد احتساب تالک به عنوان یک کانی رسی در متون مختلف اتفاق نظر وجود ندارد . ولی در هر حال تالک در بسیاری موارد یکی از اعضای گروه اسمکتیت محسوب می گردد . تالک چنانچه در بدنه ها و مقادیر نسبتا زیاد مورد استفاده قرار گیرد ، به عنوان مثال در بدنه های کوردیریتی و یا بدنه های استاتی (حتی تا حدود ۹۰ درصد ، بهقسمت ۱-۴-۱ ظروف کوردیریتی و نیز ۱-۴-۴ عایق و مفره های استاتی (مراجعه شد) به صورت دیرگداز عمل می نماید . با این همه با توجه به اینکه تالک در تولید سرامیکهای ظریف معمولا به مقدار کم مصرف شده و در نتیجه به صورت فلاکس عمل می نماید به عنوان جزئی از فلاکسها مورد بحث قرار می گیرد .

در قسمت ۲-۱-۱۰ بیان شد که رس در اثر حرارت سیلیس (به صورت کریستوبالیت) آزاد می نماید در این حالت Mgo در تالک که خود دارای انبساط حرارتی کمی است به صورت گدازآور عمل نموده و کریستوبالیت موجود در محیط را حل می نماید و نهایتا بدین وسیله از تشکیل سیلیس متبلور در محیط جلوگیری می کند . بنابراین به طور خلاصه Mgo موجود در تالک در ارتن ورها به عنوان کاتالیزور عمل نموده و باعث تشکیل کریستوبالیت می گردد در حالی در استون ورها نقش گداز آور را به عهده گرفته و کریستوبالیت موجود در محیط را از بین می برد .

از دیگر مصارف مهم تالک باید به کاربرد آن در بدنه های کوردیریتی و عایقهای الکتریکی اشاره نمود که تاکنون نیز چندین بار به طور ضمنی بدان اشاره شده و بنابراین از توضیح مجدد آن خودداری می گردد (به قسمت ۱-۴-۱ : ظروف کوردیریتی و ۱-۴-۴ : عایقها و مفره های استاتی ، مراجعه شود) ضمنا باید به خاطر

داشت که در بسیاری موارد و بدنه های مختلف ، تالک به عنوان یک گداز آور جانشین فلدسپات شده (در مقادیر کم) و به جای آن به کار می رود .

دولومیت با فرمول CaCo_3 ، MgCo_3 (کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم) با سختی حدود ۳/۵ تا ۴ و وزن مخصوص ۲/۹ - ۲/۸ مانند تالک از مهمترین منابع تامین MgO به خصوص در تولید سرامیکهای ظریف است . با توجه به فرمول مذکور نباید تصور شود که دولومیت مخلوط ساده ای از کربنات کلسیم و منیزیم است بلکه در واقع دولومیت یک بلور واحد و مشخص است . البته در بسیاری موارد و شاید معمولا مقدار منیزیم موجود در یک نمونه دولومیت کمتر از مقدار تئوریک آن است . در مورد کاربردهای دولومیت در تولید سرامیکهای ظریف باید اشاره گردد که همچنان که مکررا تاکنون به طور غیر مستقیم بیان شده دولومیت عموما به عنوان گداز آور به خصوص در لعابهای با نقطه ذوب بالا (مانند لعابهای چینی ها) مورد استفاده قرار می گیرد . با این همه در بعضی از لعابها دولومیت با ایجاد بلورهای سیلیکات کلسیم و منیزیم باعث ایجاد سطوح ماتی می گردد . به این لعابها اصطلاح لعابهای مات دولومیت اطلاق می گردد . در خارج از محدوده سرامیکهای ظریف ، مهمترین کاربرد دولومیت در تولید دیر گدازهای دولومیتی است که وسیعا در صنایع مختلف کاربرد داشته ولی در هر حال در بحث فعلی مورد توجه نیستند .

منیزیت MgCo_3 با سختی حدود ۳/۵ تا ۴ و وزن مخصوص حدود ۲/۸ تا ۳ و نیز بروسیت $\text{Mg}(\text{Oh})_2$ با سختی ۲/۵ و وزن مخصوص ۲/۳۹ از منابع دیگر اکسید منیزیم بود که با توجه به اهمیت بسیار کمتر آنها ، به خصوص در تولید سرامیکهای ظریف به همین اشاره مختصر اکتفا می گردد .

علاوه بر منابع فوق باید از منیزیای آب دریا نیز به عنوان منبع دیگر تامین MgO نام برد . اگر چه منیزیای آب دریا در تولید سرامیکهای ظریف به ندرت مورد استفاده قرار گرفته و عمدتا جهت تولید آجرهای دیرگداز کاربرد دارد ولی در هر

صورت لازم است به طور خلاصه چگونگی تولید MgO از آب دیا بیان گردد برای انجام این عمل ابتدا آهک و یا دولومیت را تکلیس کرده تا به CaO و MgO تبدیل گردند سپس این مواد را با آب به صورت دوغاب در آورده و با آب دریا مخلوط می کنند. در نتیجه نمکهای محلول منیزیم موجود در آب دریا به صورت $Mg(OH)_2$ رسوب می نمایند.

باید توجه داشت که این روش در حقیقت مدیون حلالیت کمتر ئیدراکسید منیزیم (در آب) در مقایسه با ئیدراکسید کلسیم است.

اکسیدهای بر ، سرب روی و منابع تامین آنها

تمامی این اکسیدها بخصوص اکسیدهای بر و سرب به طور گسترده به عنوان گداز آور در لعابها مورد استفاده قرار می گیرند. اکسیدهای برو سرب معمولا در لعابهایی با نقطه ذوب پایین کاربرد داشته و به طور دقیق پر اهمیت ترین گداز آورها در چنین درجه حرارتهایی هستند در حالی که اکسید روی معمولا در لعابهایی با نقطه ذوب متوسط و بالا مورد مصرف دارند. از اکسید روی می توان به صورت خام (فریت نشده * نیز استفاده نمود در حالی که اکسید بر به علت محلولیت اکثر ترکیبات آن در آب ، و نیز اکسید سرب به دلیل سمیت اغلب ترکیبات خود در بیشتر موارد به صورت قریب مورد مصرف قرار می گیرند. این موارد را شاید بتوان مهمترین نقص اکسیدهای سرب و بر دانست. با این همه و علی رغم این موارد اکسیدهای سرب و بر به دلیل امتیازات فراوان و خصوصیات مطلوب آنها در مقیاس وسیعی کاربرد داشته و ترکیبات دیگری تاکنون نتوانسته اند جانشین آنها گردند. ترکیبات سرب در میان یکی از اصلی ترین و سنتی ترین فلاکس ها در لعاب قرار دارد. آنها به لعاب نقطه ذوب پایین و ویسکوزیته خوب میدهند که نتیجه ی آن شفافیت، لاستر و صافی بسیار عالی است. هم چنین ترکیبات مزبور کمتر نسبت به اشتباهات در ترکیب و پروسه تولید هنگام ساخت حساسیت نشان میدهند. گر چه ترکیبات سرب از نظر مصرف بسیار

گسترش دارد و نیز خطرات سمیت استفاده از آن چه از نظر مصرف کننده و نیز تولید کننده کاملا شناخته شده است. در این رابطه تاکنون تحقیقات فراوان و قوانین مختلف در زمینه تاثیرات سرب بر روی سلامت انسان و وضع شده که نتایج آن افزایش ترکیبات فریت شده سرب است. بطور مثال در اینمورد سیلکاتهای سرب خطرات کمتری از خود نشان داده اند

منابع تامین هر یک از این اکسیدها

اکسید بر :

کانیهای برآکس و یا تنه کار (نام اصیل فارسی آن) با فرمول $10h2o$ ، $2B2O3$ ، $Na2o2$ سختی $2/5 - 2$ و وزن مخصوص $1/7$ ، کرنیت و یا راسوریت با فرمولی مشابه برآکس با سختی 3 و وزن مخصوص $1/95$ و نیز ساسولین یا اسید بوریک با فرمول $3H2O$ ، $B2O3$ سختی 1 و وزن مخصوص $1/48$ جزئی از کانیها و منابع تامین اکسید بر هستند که همگی در آب محلول بوده و بنابراین قبل از مصرف باید فریت گردند . براتهای سدیم طبیعی یعنی برآکس و کرنیت معمولا تخلیص و تغلیظ شده و با توجه به جنبه های اقتصادی به براتهای سدیم بدون آب و یا با آب کمتر تبدیل می گردند . کلمانیت با فرمول $5H2O$ ، $3B2O3$ ، $CaO2$ با سختی $4/5 - 4$ و وزن مخصوص $2/42$ و نیز پاندرمیت با فرمول $7H2O$ ، $5B2O3$ ، $4CaO$ از دیگر کانیهای حاوی اکسید بر هستند . این کانیها اگر چه در آب تقریبا نامحلول بوده و بنابراین می توانند به صورت خام (فریت نشده) مصرف شوند ولی در بسیاری موارد جهت تهیه اسید بوریک مورد استفاده قرار می گیرند چرا که در بسیاری از فرمولهای لعابها صرفا اکسید بر نیاز بوده و بنابراین امکان استفاده از براتهای سدیم و کلسیم وجود ندارد . در این شرایط ضرورتا باید از اسید بوریک استفاده شود .

با توجه به مصرف عمده اکسید بر در لعابها اثرات این اکسید در ترکیبات در فصل نهم لعابها مورد بحث قرار خواهد گرفت. در هر صورت باید توجه داشت که در موارد بسیار نادر اکسید بر در بدنه ها و بخصوص در تولید فرآورده های ویژه و تکنیکی (که مورد بحث این کتاب نمی باشد) مورد استفاده قرار می گیرد.

اکسید روی

اکسید روی و یا توتیا (نام اصیل فارسی آن) با وزن مخصوص ۵/۶ - ۵/۵ و با نقطه ذوب حدود ۱۹۷۵ بر خلاف اکسیدهای سرب و بر و علی رغم نقطه ذوب بالای خود یک گداز آور فعال در لعابهایی با نقطه ذوب بالاست. با این همه در صورتی که اکسید روی در مقادیر زیاد در ترکیب لعابها وجود داشته باشد به عنوان یک عامل بلور ساز عمل نموده و لعابهای متبلور بسیار زیبایی را به وجود می آورد.

اکسید روی در آب نامحلول بوده و بنابراین می تواند مستقیما و به صورت خام مورد استفاده قرار گیرد. اگر چه در بسیاری موارد اکسید روی به صورت فریت شده نیز مصرف می شود و در صنعت سرامیک به طور کلی هیچ یک از کانیهای روی مستقیما مصرف نمی شوند. اکسید روی مصرفی در این صنعت معملا یا به روش فرانسوی یعنی اکسیده نمودن بخارات روی حاصل از جوشاندن فلز آن و یا به روش آمریکایی یعنی احیا نمودن کانیهای روی به وسیله ذغال سنگ و در نتیجه تبخیر روی و سپس اکسیده نمودن بخارات حاصل به دست می آید. اکسید روی مصرفی در صنعت سرامیک ایران در قرون گذشته نیز به وسیله حرارت دادن کانیهای روی و سپس اکسیده نمودن بخارات حاصل به دست می آمده است.

همچنان که ذکر شد اکسید روی هنگامی که در مقادیر کم مورد استفاده قرار گیرد به عنوان یک گداز آور عمل می نماید ولی باید توجه داشت که حتی در چنین شرایطی نیز اکسید روی در درجه حرارتهای کمتر از حدود ۱۰۸۵ گداز آور فعالی نیست در حقیقت نقش اکسید روی به عنوان یک گداز آور فعال در درجه حرارتهای

بالاتر از حدود ۱۱۰۰ آغاز می‌گردد. اکسید روی معمولاً در درجه حرارتهایی بین ۱۲۵۰ - ۱۱۵۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این همه نقطه ذوب بالای این اکسید مویید این مطلب است که در واقع و به طور معمول محدوده خاصی برای حداکثر درجه حرارت استفاده از این اکسید به عنوان یک گداز آور وجود ندارد.

در لعابها به طور کلی اکسید روی نمی‌تواند به تنهایی و به عنوان گداز آور اصلی مورد استفاده قرار گیرد چرا که در چنین شرایطی یعنی بدون حضور گدازآورهای دیگر اکسید روی معمولاً در کمتر از ۱۳۵۰ قادر به ایجاد یک سیلیکات مذاب مناسب جهت ایجاد یک لعاب مطلوب نیست. به همین دلیل اکسید روی را در حقیقت می‌توان یک گداز آور کمکی دانست. به طور معمول مقدار مصرف اکسید روی به عنوان یک گداز آور در لعابها بیشتر از حدود ۰/۳ مول نیست. در مواردی که اکسید روی بیشتر از این مقدار مصرف می‌شود معمولاً خصوصیات بلور سازی آن مورد توجه است. ضمناً باید توجه داشت که معمولاً مقادیر کم اکسید روی به عنوان مثال حدود یک درصد وزنی در ترکیب لعاب به طور موثری باعث ذوب بهتر لعاب می‌گردد.

علاوه بر خصوصیات فوق اکسید در بسیاری موارد به عنوان یک عامل ضد ترک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در چنین مواردی اکسید روی ضریب انبساط لعاب را کاهش داده و در نتیجه از وقوع ترکهای ناشی از ضریب انبساط زیاد لعاب جلوگیری می‌نماید. به همین دلیل نیز در بسیاری موارد اکسید روی تا حدودی جانشین گدازآورهای دیگر با ضریب انبساط بالا مثل اکسید سدیم و پتاسیم می‌گردد.

علاوه بر سمیت ترکیبات روی مهمترین نقاط ضعف آن تمایل به ایجاد لعاب نگرفتگی و نیز حساسیت زیاد در شرایط احیاست. اکسید روی تقریباً دارای تنش سطحی بالایی است ضمناً اکسید روی در اولین مراحل که در معرض حرارت قرار می‌گیرد دارای انقباض زیادی می‌باشد. این انقباض قبل از انجام عمل ذوب صورت می‌پذیرد. این دو عامل یعنی تنش تقریباً بالای روی و انقباض زیاد آن می‌توانند باعث

ایجاد لعاب نگرفتی گردند . جهت مقابله با انقباض زیاد اکسید روی معمولا آن را قبل از استفاده کلسینه می نماید .

به طوری که ذکر شد اکسید روی در محیط احیا نیز سریعاً با آزاد نمودن اکسیژن به فلز روی تبدیل می گردد . نقطه جوش روی حدود ۹۵۰ است . بنابراین احیا اکسید روی باعث تبخیر فلز آن گردیده و نتیجتاً بخارات روی وارد محیط اطراف می گردد . این بخارات سمی بوده و می توانند باعث مسمومیت گردند بنابراین باید همواره به خاطر داشت که از اکسید روی صرفاً در شرایط اکسیداسیون کامل استفاده شود .

منیزیت

منیزیت یا کربنات منیزیم ($MgO=47/80$ $CO_3=52/20$) بدو شکل در طبیعت یافت می شود: نوع کریپتوکریستالین یا منیزیت فشرده و نیز کریستالهای زبر منیزیت (نوع فشرده آن متداول تر بوده و از تجزیه سیلکات منیزیم مانند سر پر نتین، تالک، آلومین بوسیله کربناتها آب ناشی می شود). نوع کریستالین آن یک شکل گیری متامورفیک سنگ آهک در مجاورت منیزیم میباشد: این کانی دارای مقادیر متنوعی اکسید آهن است . عمده ترین ذخائر آن در اتریش . سوئد. نروژ، اسپانیا، سیبری، آمریکا، کانادا و سودان موجود است . یکی دیگر از مینرالهای منیزیم بروسیت یا منیزیم هیدرواکسید است که در کانادا و نوادای آمریکا استخراج می شود. از منابع عمده منیزیم که امروزه کشف شده است آب دریا میباشد که در انگلستان بزرگترین منبع منیزیم صنایع دیر گداز آب دریا است.

موارد استفاده اکسیدهای کلسیم و منیزیم

گرچه هر دو لایم و منیزیم بخودی خود دیر گداز هستند ولیکن آنها با سیلیس و سودا وارد عمل شده و یک محصول درجه ذوب پایین ایجاد میکنند. بنابراین این مواد در بدنه و لعابهای سرامیکی بعنوان یک فلاکس عمل کرده و بطور عمومی آنها با

خاک فیلینت و فلداسپار ترکیب شده و یک اتصال شیشه‌ای ایجاد می نمایند. ترکیب مزبور موجب افزایش استحکام شده، تخلیص را تقلیل می‌دهد ولیکن انقباض را اضافه مینماید لایم ودولومیت ممکن است در برخی بدنه های ارتن ور یا سفالین-لوازم بهداشتی، کاشی های کف و دیواری مصرف شده و اینگونه بدنه هاز ۲۰٪-۲۳٪ مواد مزبور در آن موجود میباشد

منیزیت و دولومیت بطور گسترده برای ساخت آجر های دیر گداز برای صنایع فلزی و کوره ای سیمان مصرف می شود. اخیرا تحقیقاتی در زمینه ساخت آجر های نسوزی که زیر فشار زیاد در درجات حرارتی بالاتر و نیز خوردگی آب مقاومت داشته باشد بعمل آمده است.

ترکیبات لیتیم Lithium Compounds

مواد شیمیائی و مینرالهای لیتیم دارای قدرت ذوب بسیار زیادی به خودی خود و یا در رابطه با فرم شکل گرفته با سایر فلاکسها هستند. لیتیم موجود در مواد بنام اکسید لیتیا (Lithia -Li₂O) نامیده می شود که بهر حال بخودی خود وجود ندارد.

مشخصات

وزن ملکولی ۲۸/۸۸

وزن مخصوص ۲/۰۱۳

نقطه ذوب کمتر از ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد

میزان حلالیت در آب صفر درجه با تجزیه ۶/۶۷ و در آب ۱۰۰ g/ مساوی

۱۰/۰۲ g/۱۰۰

موارد استفاده

۱-پایین آوردن درجه شیشه ائی شدن و کاهش تخلخل انتهائی پرسیلن های سخت،الخصوص پرسیلن های الکتریکی و پرسیلن های مقاوم در برابر اسید ها، در این قسمت فلداسپار بوسیله لپدولیت، اسپودیمن و پتالیت جایگزین میشود.

۲- جهت افزایش مرغوبیت پرسیلن های فریت شده که نتیجتاً انبساط کم و مقاومت اسیدی خوب حاصل می نماید. مقادیر $0.2/5 - 0.6/6$ لیتا (که بهتر است به فرم لپیدولیت یا اسپودیمن یا پتالیت بوده) و قدری لیتیم فلوراید نیز لازمست که اضافه گردد. در این شرایط میتوان بدنه ای با شفافیت عالی و تلالو سطحی ایجاد نمود.

۳- کاهش درجه سیتتر نمودن بدنه های تینانیت و زیرکنیومی که در این حالت از لیتیم تینانیت و زیرکیت می توان استفاده نمود. میزان انبساط نیز به همین نسبت تقلیل پیدا کند.

۴- بدنه های سیلکاتی - آلومینیم - لیتیم که به دقت در صفر تنظیم گردیده و میزان انبساط حرارتی منفی و یا مثبت آن بسیار کم است.

۵- بعنوان یک فلاکس جهت منظم کردن انبساط و ترکیبات لعاب با بدنه

تعریف رس

رس در دو معنی بکار برده شده است، اول اینکه این واژه در مورد ذرات کوچکتر از 0.004 میلیمتر صرفنظر از ترکیب شیمیائی آن بکار رفته، دوم اینکه در علم کانی شناسی به یک سری از کانی ها با ترکیب شیمیائی و ساختمان بلوری خاصی اطلاق گردیده است. اگر چه بسیاری از ذرات کوچکتر از 0.004 میلیمتر نیز در همین سری، به نام رس ارزیابی می گردند، ولی در هر حال اصطلاح رس بیشتر با تعریف کانی شناسی آن شناخته می شود.

رس بسته به کاربرد و یا دانشی که بدان می پردازد، معانی و تعاریف مخصوص به خود می گیرد و نامی نیست که نزد همه مفهوم یکسان داشته باشد. واژه رس شامل رس، شیل، آرژیلیت و برخی خاک های آرژیلی نیز خواهد شد. از واژه رس، بسته به کاربرد آن، برداشت هایی به شرح زیر به عمل می آید:

۱- از دیدگاه کانی‌شناسی، به گروهی از خانواده کانی‌های سیلیکاتی ورقه‌ای که دارای یون $(OH)^-$ در ساختمان بلوری می‌باشند، کانی‌های رسی (clay minerals) گفته می‌شود.

۲- در سنگ‌شناسی به نوعی سنگ اطلاق می‌گردد.

۳- در رسوب‌شناسی با توجه به اندازه ذرات تعریف می‌شود.

تعریف رس به عنوان یک سنگ دشوار است، زیرا مواد گوناگون دیگری نیز در ترکیب این سنگ‌ها شرکت دارند، لذا تعریفی که در اینجا از رس به عمل می‌آید، تا حدودی کلی می‌باشد:

رس خاکی است طبیعی، مواد آن ریزدانه و عموماً از گروهی کانی‌های متبلور به نام کانی‌های رسی و کانی‌های بی‌شکل به نام آلفان تشکیل شده است.

آلفان (allophone) یک اسم عام برای ژله‌های بی‌شکل آلومینوسیلیکات است و شامل یکی از چند گروه مواد بی‌شکل متداول در خاک می‌شود. ترکیب شیمیائی آلفان تا حد زیادی متغیر است، اما بیشتر شامل Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3 هیدراته می‌باشد. معمولاً مقادیر جزئی از Mg^{2+}, K^+, Na^+ نیز در آن وجود دارند. نسبت Al_2O_3/SiO_2 در آلفان اغلب بین ۱ و ۲ است.

بسیاری از رس‌ها چنانچه رطوبت به خود بگیرند، ویژگی شکل‌پذیری نشان می‌دهند، ولی این خاصیت در برخی از رس‌ها مانند هالوئیزیت و رس حاوی فلینت بسیار ناچیز است. رس به عنوان یک کانی مشخص کننده اندازه دانه‌های تشکیل دهنده آن، معرف ریزترین ذرات است. ماکزیمم اندازه دانه‌های رس در درجه‌بندی‌های گوناگون مقادیری ناهمسان دارد. محققان خاک‌شناس و کانی‌شناسان، ۲ میکرون را

بالاترین مرز اندازه ذرات می‌دانند، در حالیکه مقیاس معروف Venth Worth (1922) رس را ماده‌ای با ذرات ریزتر از ۴ میکرون تعریف می‌کند.

رس‌ها به شکل چند کانی و تک کانی دیده می‌شوند. واژه چند کانی در مورد رس‌هایی بکار می‌رود که هیچکدام از کانی‌های رسی آن‌ها از ۵۰ درصد تجاوز نکنند. اگر یکی از ترکیبات کانی‌های رسی بیش از ۵۰ درصد باشد، رس را تک کانیایی می‌نامند و معمولاً آن را به نام همین کانی نیز نام‌گذاری می‌کنند. یکی از انواع رس‌های تک کانیایی (monomineralic)، کائولین است که بیش از ۵۰ درصد از ترکیب آن را کانی کائولینیت تشکیل می‌دهد. اغلب سایر کانی‌های رسی مانند ناکریت، دیکیت، هالوئیزیت و هیدروسلیت که از لحاظ ترکیبات شیمیایی به کائولینیت نزدیک هستند، در آن یافت می‌شوند، رس‌هایی که ۷۰ درصد آن‌ها از کانی‌های گروه مونت موریونیت تشکیل شده باشد، معمولاً بنتونیت نامیده می‌شوند.

بعضی از رس‌ها در اثر حرارت، دارای سختی، نفوذناپذیری و رنگ‌های زیبا می‌شوند که آن‌ها را برای صنعت سرامیک ارزشمند می‌نماید. رس‌ها معمولاً دارای رنگ سفید هستند، ولی وجود ناخالصی‌ها در آن‌ها باعث تغییر رنگ می‌شود، مثلاً لیمونیت $(\text{FeOOH.ap})^1$ رس‌ها را به رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای، هماتیت (Fe_2O_3) آن‌ها را به رنگ قرمز تیره، کلریت رس‌ها را به رنگ سبز، اکسیدهای گوناگون منگنز آن‌ها را به رنگ قهوه‌ای و مواد آلی رس‌ها را به رنگ سیاه در می‌آورند. مواد آلی به دو صورت در رس‌ها وجود دارند:

۱- به شکل ذرات ریز ذغالی یا لجن نیمه ذغال‌سنگی که باعث ایجاد رنگ خاکستری در رس‌ها می‌شود. وجود اینگونه ناخالصی در رس‌ها، سبب ایجاد تخلخل زیاد و پائین آمدن کیفیت فنی و فیزیکی فرآورده‌های رسی خواهد شد.

^۱ - aq مخفف aqua به معنی «آب» می‌باشد.

۲- به شکل ترکیبات کربنی و یا باکتری که به صورت دانه‌های بسیار ریز و نرم در رس‌ها پراکنده می‌باشند.

۲-۲- کانی‌های رسی

به طور کلی واژه رس نامی است عمومی برای خاک‌ها و سنگ‌های رسوبی دانه‌ریزی که اندازه اجزاء تشکیل دهنده آن‌ها کمتر از $0/004$ میلیمتر بوده و به هنگام جذب رطوبت، خاصیت پلاستیسیته پیدا می‌کنند. کانی‌های رسی همگی جزء فیلوسیلیکات‌ها (phyllosilicates) واژه‌ای است یونانی به معنی ورقه) یا سیلیکات‌های ورقه‌ای به شمار می‌روند. در این سیلیکات‌ها تترائدرها به صورت ورقه‌هایی در یک سطح قرار می‌گیرند و هر تترائدر به وسیله اکسیژن‌های سه گوشه به تترائدرهای مجاور متصل است و ترکیب عمومی این سیلیکات‌ها $(Si_4O_{10})^{4-}$ می‌باشد.

به علت وجود عناصر مختلف در شبکه بلوری کانی‌های رسی این کانی‌ها خاصیت فیزیکی و شیمیایی متنوع نشان می‌دهند و محیط تشکیل آن‌ها متفاوت است. پولکی و دانه‌ریز بودن کانی‌های رسی از مهمترین ویژگی‌های آن‌ها است و باعث پیدایش فرآیندهای فیزیکی ویژه در این کانی‌ها می‌گردد.

دو عامل اصلی، سبب ایجاد رفتارهای گوناگون در خاک‌های رسی می‌شوند که عبارتند از نوع کانی‌های رسی و آب.

مجموعه کانی‌های رسی که به صورت گوناگون، خاک‌ها و سنگ‌های رسی را پدید می‌آورند، عمدتاً از H_2O, SiO_2, Al_2O_3 تشکیل شده‌اند که بعضی از آن‌ها عناصری مانند Fe, Mg, Ca, K, Na در بر دارند. این عناصر در شبکه‌های بلوری کانی‌های رسی به شکل‌های گوناگون در کنار هم قرار می‌گیرند، لذا تجزیه شیمیایی یک خاک رس نمی‌تواند مشخص کننده کامل نوع کانی‌های رسی باشد. رفتار هر یک از کانی‌های رسی در مقابل اسیدها، قلیائی‌ها و آب بسیار متفاوت است. کانی‌های رسی

در برابر آب فرآیندهایی را به وجود می‌آورند که از ویژگی‌های مهم رس‌ها محسوب می‌شوند، از آن جمله پلاستیسیته، چسبندگی، انقباض، جذب آب، تورم، نشست و حالت خمیری خاک‌های رسی را می‌توان نام برد. کم و زیاد شدن درصد آب در خاک‌های رسی، سبب ایجاد تغییر در فرآیندهای مزبور می‌شود.

خواص رسها

رنگ خاک

رنگ خاک معمولاً تابعی از پدوژنزی است. عوامل مؤثر در بوجود آوردن رنگ

رس:

مهمترین عناصری که باعث رنگی بودن خاک می‌شوند عبارتند از:

- ترکیبات آلی - اکسیدها - سولفورها - سولفاتها - و کربناتها .
رنگ روشن خاک یعنی سفید یا متمایل به سفید بودن، تابعی است از ترکیبات معدنی که خود بی رنگ یا سفید هستند از قبیل: کوارتز، سیلیس، سنگ آهک و مینرالهای می باشد.

رنگ تیره (سیاه و یا قهوه ای) ناشی از هوموس می باشد. وجود ترکیبات آهن در خاک عموماً رنگهای زرد، نارنجی، قهوه ای را باعث می شود. به طور مثال وجود $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ و یا $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ در آخر رنگ قهوه ای مایل به قرمز را در آن

ایجاد می نماید. (۱)

۱- زرین کفش - منوچهر - علوم خاک شناسی - انتشارات ابوریحان .

پلاستیسیته

اگر ماده اولیه مخلوط شده با آب را تحت فشار قرار دهیم و قطعه پس اتمام نیروی وارده حالت خود را حفظ نماید و به حالت قبل از اعمال نیرو باز نگردد، دارای پلاستیسیته است.

روشهایی جهت اندازه گیری میزان پلاستیسیته وجود دارد که در تمامی این روشها که در حقیقت خواصی اندازه گیری می شوند که رابطه نزدیکی با پلاستیسیته دارند به طور مثال مشخص شده است که هر وقت مقدار پلاستیسیته بیشتر باشد، میزان استحکام خشک، انقباض خشک و نیز آب پلاستیسیته بیشتر خواهد بود. رسها به دلیل حضور کائولنیت و سایر مینرال های رسی در آنها دارای پلاستیسیته اند که ناشی از ورقه ای بودن ذرات مینرالهای رسی است.

عواملی در میزان پلاستیسیته مؤثرند که در جایگاه خود مورد بحث قرار می گیرند. در روش پلاستیسیته ففرکون، پلاستیسیته مستقیماً اندازه گیری نمی شود بلکه درصد آبی که ماده اولیه را به شرایط خاص شکل پذیری می رساند، اندازه گیری می شود. (شکل ۶-۱)

استحکام خشک

منظور از استحکام خشک، استحکام مواد بعد از شکل گیری و خشک شدن و قبل از پخت می باشد. بدنه های خام بعد از خشک شدن و یا در خلال آن پرداخت شده و احتمالاً به یکدیگر چسبانده می شوند. تمامی این اقدامات به معنی اعمال تنش به بدنه خام است و بدنه باید این تنش ها را تحمل نماید که به استحکام خشک آن مربوط می شود. عوامل مؤثر در استحکام خشک همان عوامل مؤثر در پلاستیسیته هستند.

انقباض خام

اصطلاحاً به کاهش ابعاد فراورده های سرامیکی در زمان خشک شدن قطعه خام ، انقباض خام یا به صورت دقیقتر انقباض تر به خشک گفته می شود . انقباض عاملی است در ایجاد تنش و در نهایت ایجاد ترک در بدنه . اگرچه مقدار زیاد انقباض تر به خشک باعث شده که مرحله خشک شدن به یکی از حساس ترین مراحل تولید تبدیل شود ، ولی مقدار کم آن همیشه مورد نیاز و مطلوب بوده و دلیل آن ایجاد سهولت در خروج محصول شکل یافته از قالب است. انقباض خام با افزایش ذرات ورقه ای شکل مینرال های رسی افزایش می یابد.

آب پلاستیسیته به سادگی در حرارت ۱۰۰ درجه سانتیگراد تبخیر شده و این عمل با انقباض بسیار زیادی همراه است بطور خلاصه می توان گفت خروج آب پلاستیسیته مهمترین عامل ایجاد انقباض خام است. (۱)

۱- رحیمی - افسون - تکنولوژی سرامیکهای ظریف - جلد اول - شرکت

صنایع خاک چینی ایران - ۱۳۶۸

پلاستی سیتة

در قسمت ۱-۲ هنگام بحث در مورد رسها ، خاصیت پلاستی سیتة نیز تعریف گردید . همان طور که مشاهده شد تعریف مذکور بیانی کاملاً کیفی بوده و هیچ نوع واحدی برای اندازه گیری آن تعیین نگردید . این مورد خاص این کتاب نبوده بلکه در واقع یکی از مسائل حل نشده علم و صنعت سرامیک است . به بیانی دقیق تر خاصیت پلاستی سیتة اگر چه به راحتی به وسیله لمس قابل تشخیص نبوده ولی در حقیقت تاکنون کاملاً تبیین نگردیده است .

ولی با این همه روشهای زیادی برای مقایسه پلاستی سیتة رسها و بدنه های مختلف و یا به عبارت دیگر جهت تعیین نسبی مقدار پلاستی سیتة وجود دارد . در تمامی این روشها در حقیقت نه پلاستی سیتة بلکه خواصی اندازه گیری می شوند که رابطه تنگاتنگی با پلاستی سیتة دارند به عنوان مثال مشخص شده است که در یک نمونه هر قدر مقدار پلاستی سیتة بیشتر باشد مقدار استحکام خشک ، انقباض تر به خشک و نیز آب پلاستی بیشتر خواهد بود .

قبل از بحث در مورد این خواص باید توضیح داده شود که در هر صورت چنین روشهایی همیشه دقیق نبوده و نتایج حاصله در بسیاری موارد ممکن است گمراه کننده نیز باشند . به عنوان مثال چنانچه یک نمونه روس و یا بدنه حاوی رس روان باشند مقاومت خشک آن به شدت افزایش یافته در حالی که مقدار آب پلاستی سیتة کاهش می یابد . در چنین شرایطی مقاومت خشک زیاد نمونه مویید پلاستی سیتة بالاست در حالی که مقدار کم آب پلاستی سیتة وجود مقدار کمی پلاستی سیتة را در نمونه نشان می دهد .

اندازه ذرات کانیهای رسی موجود در یک نمونه (اعم از بدنه خام و یا یک نمونه خاک رس) از مهمترین عوامل موثر در مقدار پلاستی سیتة است . به همین دلیل نیز به عنوان مثال بال کلی ها در مقایسه با کائولن ها دارای پلاستی سیتة بیشتری هستند . هر نوع عملی که باعث ریزتر شدن ذرات رس گردد به عنوان مثال آب و هوازدهگی رسها و یا هم خوردن رسها در همزنهایی با سرعت زیاد یقینا باعث افزایش پلاستی سیتة خواهد شد . یکی از دلایل افزایش پلاستی سیتة در نتیجه انبار نمودن خمیر رسها و بدنه ها نیز همین مورد است . در این شرایط نفوذ آب در لابلای ذرات رس باعث خرد شدن آنها می گردد .

علاوه بر اندازه ذرات کانیهای رسی چگونگی انتشار ابعاد مختلف ذرات نیز در قابلیت کار یک نمونه موثر است . در اینجا باید به تفاوت بین قابلیت کار و پلاستی

سپته واقعی توجه شود قابلیت کار مجموعه ای از سه خاصیت موجود در یک نمونه حاوی رس است یعنی پلاستی سپته واقعی استحکام تر و تیکسوتروپی تفاوت بین دو هنگامی مشخص می گردد که به عنوان مثال به اثر چگونگی انتشار ابعاد مختلف ذرات قابلیت کار توجه شود . هنگامی که اندازه ذرات کانیهای رسی موجود در یک نمونه بسیار ریز و در عین حال در یک محدوده خاص و یا به عبارت دیگر حدودا یکسان باشد بدیهی است که به علت ابعاد بسیار ریز ذرات مقدار پلاستی سپته بسیار زیاد خواهد بود . ولی در عمل چنین رسی قابل استفاده نیست . با بیانی علمی تر این نمونه علی رغم پلاستی سپته زیاد خود دارای قابلیت کار کمی است . دلیل این موضوع فقدان استحکام کافی (استحکام تر) در این نمونه است . جهت بیان روشن تر مطلب باید توضیح داده شود که یکی از عوامل ایجاد استحکام تر در یک نمونه حاوی رس اصطکاک بین ذرات آن است . در مورد مذکور اصطکاک بین ذرات به دلیل مشابهت و یا یکسانی ابعاد ذرات نمونه بسیار کم بود و نتیجتا این عامل باعث فقدان قابلیت کار مناسب می گردد . در چنین مواردی جهت ایجاد اصطکاک بین ذرات و در نتیجه ایجاد استحکام کافی و نهایتا قابلیت کار مناسب معمولا از موادی مثل سیلیس و یا انواع مواد پخته شده (با دانه بندی ریز حدودا کمتر از ۱۵۰ میکرون) استفاده می شود . بنابراین یکی از دلایل استفاده از پر کننده ها که در قسمت ۲-۲ بدان اشاره شد (اصلاح بافت بدنه خام) همین مورد است . در هنگام افزایش پر کننده ها به چنین خمیرهایی باید به مقدار آنها توجه شود . مقدار افزایش نباید بیش از حد کم و یا زیاد باشد . در صورت افزایش زیاد مواد غیر پلاستیک پلاستی سپته نیز کاهش یافته و نهایتا قابلیت کار نه تنها افزایش نیافته بلکه مجددا کاهش می یابد . نکته جالب این است که در بعضی موارد عدم وجود استحکام تر کافی در یک نمونه و وجود بیش از حد پلاستی سپته با عدم وجود پلاستی سپته کافی اشتباه می شود . چرذا که در مواردی که تجربه کافی وجود نداشته باشد لمس چنین خمیرهایی ممکن است باعث گمراهی گردد . در هر صورت باید توجه داشت که خمیرهایی که دارای پلاستی سپته بیش از حد و استحکام تر کم

هستند بسیار نرم و چسبنده بوده و با کوچکترین نیرویی تغییر شکل داده و قدرت تحمل وزن خود را ندارند. در این موارد پلاستی سبته بیش از حد خمیر امکان تغییر شکل نمونه را در اثر وزن خود فراهم می سازد. شکل ۳۶ الف نشان دهنده خمیری است که به طور متعادل دارای پلاستی سبته و استحکام تر می باشد. همچنانکه مشاهده می شود ابعاد ذرات تشکیل دهنده خمیر با یکدیگر تفاوت دارند. در شکل ۳۶ ب نیز خمیری مشاهده می شود که دارای استحکام تر و کم پلاستی سبته بیش از حد است. در این شکل جهت پیکان نشان دهنده حرکت ذرات خمیر و تغییر شکل نمونه در اثر نیروی وزن خود است. از طرف دیگر نمونه هایی که دارای پلاستی سبته کم و استحکام تر بیش از حد هستند دارای قابلیت کار کمی بوده و بنا بر این قابل استفاده نیستند. همچنانکه در شکل ۳۶ پ مشاهده می شود چنین نمونه هایی می توانند تنش های فشاری را تحمل نمایند ولی به هیچ وجه قادر به تحمل تنش های کششی نمی باشند. ضمناً باید توجه داشت که یکی دیگر از عوامل ایجاد کننده استحکام تر در یک نمونه تراکم بیشتر ذرات آن است. این عمل می تواند به وسیله ورز دادن خمیر با دست و یا استفاده از دستگاههای ورز دهنده و نیز ایجاد خلاء و هواگیری از خمیر یا انبار نمودن آن انجام شود. در هنگام انبار نمودن خمیر رس و یا بدنه نیروی وزن ذرات باعث حرکت تراکم بیشتر آنها می گردد.

مایع جذب شده در سطح رس و نوع آن نیز یکی دیگر از عوامل ایجاد کننده و موثر در پلاستی سبته است. چگونگی انجام این عمل در قسمت ۲-۱-۷ بیان شد. به طوری که قید گردید مولکولهای مایعات قطبی در سطح ذرات رس جذب گردیده و بدین وسیله باعث لغزش و ایجاد سهولت در حرکت صفحات رس می گردد. بنابراین بدیهی است که اختلاط ذرات رس با هر نوع مایع قطبی مثل آب و الکل می تواند باعث ایجاد پلاستی سبته در خمیر گردد. در حالی که چنانچه مایعات غیر قطبی مانند بنزن مورد استفاده قرار گیرند هیچ نوع پلاستی سبته ای بوجود نخواهد آمد. در هر صورت باید توجه داشت که پلاستی سبته حاصل از هیچ یک از مایعات قابل مقایسه با

پلاستی سیتته حاصل از آب نیست . همچنان که ذکر گردید به طور کلی نمونه هایی که دارای پلاستی سیتته زیادی هستند آب بیشتری نیز جذب می نمایند (در این مورد حد مشخصی وجود دارد) مقدار آبی که یک نمونه جهت ایجاد یک خمیر مناسب (جهت شکل دادن) جذب می نماید به آب پلاستی سیتته مشهور است . بدیهی است که مقدار آب پلاستی سیتته یکی از مهمترین عوامل شناخت شخصیت یک رس است . برای تعیین آب پلاستی سیتته از روش بسیار ساده و موثری استفاده می شود به مقدار مشخصی از نمونه خشک آنقدر آب اضافه می شود که خمیر مناسبی بدست آید . معمولا مقدار آب پلاستی سیتته محدوده خاصی دارد که اصطلاحا به آن محدوده قابلیت کار و یا محدوده آب پلاستی سیتته گفته می شود . اگر مقدار آب مصرفی کمتر از محدوده مذکور باشد خمیر حاصل بسیار سفت بوده و نمی تواند به راحتی شکل بگیرد . در عین حال چنانچه مقدار آب پلاستی سیتته از محدوده قابلیت کار باشد خمیر حاصل بیش از حد نرم و چسبنده بوده و نتیجتا غیر قابل مصرف خواهد بود . از مسائل مهمی که باید توجه داشت تاثیر فشار در مقدار آب پلاستی سیتته است . به عنوان یک قانون باید به خاطر داشت که با افزایش فشار می توان پلاستی سیتته یکسانی را با مقدار آب کمتر به دست آورد . در صنعت سرامیک از این قانون وسیعا استفاده شده و بسیاری از فراورده ها را به وسیله فشار و با مقدار آب بسیار کمتر شکل می دهند . بهید به خاطر داشت که آب کمتر به معنی انقباض تر به خشک کمتر بوده که نتیجتا تنش کمتری در خلال خشک شدن در بدنه به وجود خواهد آمد . این موارد نهایتا به معنی احتمال کمتر وقوع ترک و شکست در فراورده های خام است .

پلاستیسیتته رس ها خاصیتی است که بر اثر آن رس تحت تأثیر نیروی خارجی تغییر شکل می دهد، ولی یکپارچگی خود را حفظ می نماید و پس از حذف این نیرو به همین شکل باقی می ماند. رس ها با توجه به خاصیت پلاستیسیتته به گروه های زیر تقسیم می شوند:

۱- رس با خاصیت پلاستیسیتته عالی (بیش از ۳۵).

۲- رس با خاصیت پلاستیسیته خوب (۲۵ تا ۳۵).

۳- رس با خاصیت پلاستیسیته متوسط (۱۵ تا ۲۵).

۴- رس با خاصیت پلاستیسیته کم (۷ تا ۱۵).

۵- رس بدون خاصیت پلاستیسیته (کمتر از ۷).

پلاستیسیته خاک‌های رسی به ریزی دانه‌ها و پولکی بودن آن‌ها که به هنگام جذب آب بر روی هم می‌لغزند بستگی دارد. شکل‌پذیری خمیرهای رسی بخاطر همین قابلیت لغزش پولک‌ها بر روی هم می‌باشد. ذرات ریزتر، از پلاستیسیته بیشتری برخوردار خواهند بود. علاوه بر این ترکیب کانی‌شناسی و وجود مواد کلوئیدی در خاک‌های رسی از عوامل مؤثر در ویژگی پلاستیسیته آن‌ها است.

بالاترین میزان پلاستیسیته در رس‌های مونت مورینیت با ترکیب شیمیایی و به دنبال آن در کائولینیت با ترکیب شیمیایی و سپس ایلیت وجود دارد. با افزایش میزان ظرفیت مبادله یونی کانی‌های تشکیل دهنده یک خاک رس، بر پلاستیسیته آن نیز افزوده می‌شود، مثلاً کانی‌های گروه مونت مورینیت نسبت به کانی‌های خانواده کائولینیت دارای ظرفیت تبادل یونی بیشتری هستند، لذا کانی‌های گروه اول نسبت به کانی‌های گروه دوم پلاستیسیته و چسبندگی بیشتری دارند. جنس یون‌های مبادله شونده نیز در خاصیت پلاستیسیته خاک‌ها نقش مهم ایفا می‌کند. خاک‌هایی که از یون H^+ اشباع شده باشند، دارای پلاستیسیته بیشتری هستند.

اگر یون‌های H^+ به وسیله یون‌های Na^+ جایگزین شوند حد ارتجائی خاک کم شده ولی در مقابل فاصله حد ارتجائی تا حد گسیختگی زیاد خواهد شد. این بدان معنی است که جسم در مرحله‌ای است که حالت روان شدن و رقیق شدن پیدا می‌کند یا در واقع جانشین شدن یون‌های H^+ توسط یون‌های Na^+ موجب روان یا رقیق

شدن خمیر می‌گردد. خاک‌های رسی حاوی یون Ca^{2+} ، از نظر پلاستیسیته در حد فاصل بین خاک‌های حاوی یون H^+ و یون Na^+ قرار دارند. چنانچه خاک‌های رسی دارای ویژگی پلاستیسیته خوب باشند، خاک‌های پلاستیک یا چرب (fat) و اگر قابلیت پلاستیسیته آن‌ها کم باشد، خاک‌های غیر پلاستیک یا غیر چرب (lean) و یا لاغر نامیده می‌شوند. وجود مواد آلی در خاک‌های رسی ویژگی پلاستیسیته رس‌ها را افزایش می‌دهد. مواد آلی ذاتاً باعث کاهش درجه گدازندگی نمی‌شوند، ولی چنانچه به صورت ظاهر سبب پائین آمدن درجه گدازندگی گردند، در اثر حضور آهن و منگنز موجود در آن‌ها خواهد بود. معمولاً پلاستیسیته رس‌ها به ترتیب زیر خواهد بود:

بتونیت < بال کلی < رس نسوز < کائولین

۲-۲-۲- چسبندگی

چسبندگی رس‌ها خاصیتی است که بر اثر آن ذرات مواد دیگر به وسیله رس به هم متصل می‌شوند و پس از خشک شدن، توده محکم و یکپارچه به وجود می‌آورند. چسبندگی به پلاستیسیته رس‌ها بستگی دارد. رس‌هایی که پلاستیسیته زیاد دارند، اغلب به نام رس‌های چسبنده معروف هستند. اینگونه رس‌ها پس از مخلوط شدن با آب و اضافه کردن حتی بیش از ۵۰ درصد مواد لاغر کننده، می‌توانند خمیری شکل‌پذیر تشکیل دهند. میزان چسبندگی با آزمایش مقاومت مکانیکی توده رسی تعیین می‌گردد.

۲-۲-۳- انقباض

کاهش حجم رس‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد، انقباض هوایی و پس از پخت انقباض حرارتی نامیده می‌شود. میزان انقباض به نوع رس، پراکندگی ذرات آن و رطوبت توده شکل‌پذیر بستگی دارد. انقباض هوایی معمولاً بین ۱/۵ تا ۱۰ درصد نوسان نشان می‌دهد و به ندرت به ۱۳ درصد می‌رسد. انقباض حرارتی در دمای مختلف پخت متفاوت است و در دمای ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد به ۲۳ درصد می‌رسد.

جهت کاهش انقباض رس‌ها به آن‌ها مواد لاغر کننده مانند ماسه کوارتزیتی، شاموت و غیره می‌افزایند.

۴-۲-۲- جذب آب

این خاصیت بر مبنای مقدار آبی که رس به خود جلب می‌کند تا شکل‌پذیر شود و به دست نچسبد، مشخص می‌شود. جذب آب نیز به میزان پلاستیسیته رس بستگی دارد، طوری که هر چه پلاستیسیته رس بیشتر باشد، آب بیشتری برای تهیه توده شکل‌پذیر آن لازم است. ساختار لایه‌ای، ارتباط بین ورقه‌های مواد رسی، پیوندهای شکسته، باردار بودن سطح ذرات، حضور برخی یون‌های خاص و غیره سبب تمایل مواد رسی به جذب آب می‌گردد. همین تمایل به جذب است که بسیاری از خواص رس‌ها، از جمله پلاستیسیته را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

توانایی و امکان نفوذ آب بین ورقه‌های رس‌ها در برخی از آن‌ها کم و در بعضی دیگر بیشتر است. این توانایی نفوذ آب، بسیاری از خواص اصلی رس‌ها، مانند پلاستیسیته و تورم را سبب می‌گردد.

خاصیت جذب آب در خاک رس مطلق و یا نسبی است که به ترتیب با رابطه‌های زیر به دست می‌آیند:

$$W_0 = \frac{b-a}{b} \times 100$$

$$W_0 = \frac{b-a}{a} \times 100$$

a توده خاک رس خشک

a توده خاک رس مرطوب در حالت خمیری و شکل‌پذیر

جذب آب مطلق در راس دارای پلاستیسیته زیاد از ۳۵ تا ۴۵، در راس با پلاستیسیته متوسط از ۲۵ تا ۳۵ و در راس با پلاستیسیته کم از ۲۰ تا ۲۵ تغییر می‌کند.

۵-۲-۲- تورم

تورم به خاصیتی گفته می‌شود که در اثر آن حجم رس پس از جذب آب، افزایش می‌یابد. تورم به ترکیب کانی‌شناسی خاک رس، نوع کاتیون‌هایی که کانی‌های رسی از آن‌ها اشباع شده‌اند و ترکیب دانه‌بندی آن‌ها بستگی دارد. رس‌های مونت موریونیتی و بایدلیتی از حداکثر تورم برخوردار هستند، ولی رس‌های کائولینیتی تورم کم نشان می‌دهند.

۶-۲-۲- خاصیت جذب یا جاذب بودن (رنگزدائی)

برخی از رس‌ها می‌توانند مواد رنگی را از نفت، چربی‌ها، واکس‌ها و غیره جذب کنند. این عمل رنگزدائی نامیده می‌شود و نباید با عمل فیلتراسیون اشتباه گردد. این خاصیت رس‌ها را می‌توان همانند رنگ‌آمیزی پارچه تشبیه نمود که در آن رنگ از محلول جدا می‌شود و جذب پارچه می‌گردد و با شستن پارچه از آن جدا نخواهد شد.

۷-۲-۲- خاصیت کلوئیدی

خاصیت کلوئیدی در برخی از مواد به علت قطر کم ذرات تشکیل دهنده آن‌ها با اندازه کمتر از یک میکرون یافت می‌شود. ذرات کلوئیدی با میکروسکپ پلاریزان نوری قابل تشخیص نیستند و ساختار نهان بلورین دارند. کلوئیدهای رسی دارای خاصیت الکترونگاتیو (electronegative) هستند، یعنی مولکول‌های آن‌ها از بار الکتریکی منفی برخوردار می‌باشند و یون‌های مثبت را به سوی خود جلب می‌نمایند و هاله‌ای از یون‌های مثبت که ممکن است کاتیون‌های مختلف و یا هیدروژن باشند، در اطراف خود جمع می‌کنند. این کلوئیدها در محیط اسیدی تجمع می‌یابند که در این

صورت (Gel) نامیده می‌شوند و در محیط قلیائی پراکنده می‌گردند که به نام سل (Sol) معروف هستند.

۸-۲-۲- ظرفیت تبادل کاتیونی

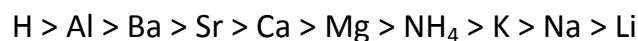
ذرات رس که در آب باز شده و متفرق می‌گردند، دارای بار الکتریکی منفی هستند. ایجاد این بار منفی در ذرات رس می‌تواند به دلیل جانشینی ایزومورفی (isomorphous substitution) در شبکه بلوری رس صورت پذیرد، مثلاً یون Ca^{2+} می‌تواند تا حدودی جایگزین Mg^{2+} یا Fe^{2+} در شبکه بلوری رس شود. با توجه به اینکه این کاتیون‌ها دو ظرفیتی هستند، تنها در ترکیب شیمیایی رس تغییراتی ظاهر می‌شود، ولی هیچگونه بار الکتریکی در ذرات رس پدید نمی‌آید. چنانچه یک کاتیون به طور جزئی جایگزین کاتیون دیگری که دارای ظرفیت متفاوت است، گردد، بار الکتریکی در ساختمان بلوری رس ایجاد می‌شود، مثلاً کائولینیت دارای فرمول ایده آل $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ می‌باشد، کاتیون Al^{3+} در مواردی در برخی نقاط شبکه بلوری جانشین Si^{4+} می‌گردد که در اثر این اختلاف بار الکتریکی، یک بار منفی در شبکه بلوری کائولینیت ظاهر می‌شود.

معمولاً جانشینی یون‌ها در شبکه بلوری رس‌ها محدود است و این جانشینی می‌تواند باعث ایجاد برخی تغییر شکل در ساختمان بلوری رس شده و پایداری شبکه را کاهش دهد. رس‌هایی که قابلیت جانشینی ایزومورفی بسیار کم دارند، well ordered نامیده می‌شوند، چنانچه جانشینی قابل توجهی در شبکه بلوری رس صورت گیرد، آن را disordered می‌نامند. رس‌هایی که دارای شبکه بلوری disordered باشند، از پایداری کمتری برخوردار هستند و در نتیجه پلاستیسیته بیشتر و انقباض خشک بالا نشان می‌دهند. Disordered بودن ساختمان بلوری رس به میزان توانائی و قابلیت جذب کاتیون‌ها به وسیله رس بستگی دارد.

عامل دیگری که سبب ایجاد بار الکتریکی در رس می‌گردد، شکسته شدن پیوندهای ظرفیتی است. در لبه بلورهای رس پیوندهای ظرفیتی ناخواسته به وجود می‌آید. جایی که شبکه بلوری رس به انتها می‌رسد، پیوندهای شکسته شده‌ای در هر دو طرف مثبت و منفی موجود در لبه بلورهای رس پدید می‌آیند. بنابراین ذرات رس علاوه بر دارا بودن بار الکتریکی منفی بر روی بلورها، حاوی بار مثبت و منفی در لبه‌های بلور می‌باشند، لذا بلورهای رس قادر به جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر روی سطح خود خواهند بود.

این پدیده بر روی خصوصیات فیزیکی رس تأثیرگذار می‌باشد. پلاستیسیته بسیار بالا در رس‌ها، به ظرفیت تبادل کاتیونی آن‌ها بستگی دارد. رس‌هایی که دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالا می‌باشند، از پلاستیسیته زیاد برخوردار هستند.

تمایل طبیعی رس‌ها به جذب برخی از کاتیون‌های موجود در محیط بیشتر از بقیه می‌باشد. میزان تمایل طبیعی رس‌ها به جذب کاتیون بعضی از عناصر تحت عنوان سری هوفمایستر (Hofmeister) به شرح زیر نشان داده می‌شود:



سری فوق نمایانگر تمایل به جذب کاتیون Ca^{2+} توسط ذرات رس، بیشتر از تمایل این ذرات به جذب Na^+ است.

چگونگی وجود آب در رس‌ها

آب به چهار صورت در خاک‌های رسی وجود دارد:

۱- آب جذبی: آبی است که روی سطوح دانه‌ها می‌نشیند و سبب مرطوب شدن سنگ یا خاک می‌شود.

۲- آب تخلخلی: آبی است که میان دانه‌ها و در خلل و فرج سنگ‌ها وجود دارد.

۳- آب میان لایه‌ای: آبی است که میان پولک‌های خاک رس وجود دارد و افزایش حجم (تورم) توده خاک را در پی دارد.

۴- آب شبکه‌ای: ملکول آبی است که در واحد شبکه بلور کانی‌های تشکیل دهنده خاک رس وجود دارد.

چنانچه خمیری از خاک رس در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد قرار گیرد، آب از دست می‌دهد، کاهش وزن پیدا می‌کند و در برابر آب نفوذناپذیر می‌شود، همچنین خاصیت پلاستیسیته و اسیدی بودن خود را از دست می‌دهد. مجموعه این رفتارها و ویژگی‌ها، یعنی شکل‌پذیری، پخته شدن در اثر حرارت و نفوذناپذیر شدن از آب پس از پخت، خاک‌های رسی را به عنوان برجسته‌ترین ماده اولیه در صنایع نسوز و سرامیک مطرح می‌سازد.

خاک رس به هنگام پخت ۱۰ تا ۱۲ درصد کاهش حجم پیدا می‌کند، در صورتیکه دما در سیلیس سبب افزایش حجم می‌گردد. این دو رفتار متضاد، پایه‌ای است که زمینه مصرف آن‌ها را در فرآورده‌های سرامیکی فراهم آورده است، زیرا با آمیختن این دو ماده یعنی رس و سیلیس و مواد دیگر (اکسید فلزات قلیائی و قلیائی خاکی) خمیر لازم را تهیه می‌کنند. خاک رس در این آمیزه به عنوان یک ماده پلاستیک و سیلیس به گونه یک ماده غیر پلاستیک عمل می‌کند. سیلیس باعث کاهش نقطه ذوب نمی‌شود، ولی قلیائی‌ها نقطه ذوب را پائین می‌آورند. بنابراین چنانچه ماده غیر پلاستیک که با خاک رس آمیخته می‌شود از نوع دیگر داز باشد، فرآورده حاصل نیز از گونه‌های نسوز خواهد بود. بر پایه این قاعده، از خاک‌های رس خشت تهیه می‌کنند و پس از پخت در درجه حرارت معین (حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد)، تا جایی که خاک رس دیگر قادر به جذب آب نبوده و ویژگی پلاستیسیته خود را از دست داده باشد، آن را

آسیاب کرده و دوباره با خاک رس خام که توان جذب آب و در نتیجه دارای خاصیت پلاستیسیته است می‌آمیزند و از این آمیزه مجدداً آجرهای دیرگداز می‌سازند که به آن آجرهای شاموتی گفته می‌شود. نسبت آمیختن این دو ماده برای فرآورده‌های گوناگون متفاوت است.

خواص حرارتی

نقطه ذوب

در مقایسه با دیگر موارد مشابه، مانند بسپارها و فلزات، سرامیک‌ها در مقابل گرما بسیار مقاوم هستند. وجود این ویژگی برای افزایش کاربردهای فیزیکی مواد در دماهای بالا ضروری می‌باشد. بنابراین برای کاربرد های حرارتی بالا انتخاب سرامیک هایی با نقاط ذوب بالا حائز اهمیت است. مقاومت در برابر خوردگی ویژگی دیگری است که در دماهای بالا مطلوب می‌باشد. حتی اگر ماده ای دارای مقاومت بالا در مقابل گرما باشد، تنها در صورتی می‌تواند در دماهای بالاتر مورد استفاده قرار گیرد که نسبت به خوردگی مقاوم باشد. در مقایسه با فلزات، اغلب سرامیک‌ها در اتمسفر های اکسید کننده مقاوم هستند. برخی سرامیک‌ها خصوصیات الکتریکی مناسبی در دماهای بالا از خود نشان میدهند. بعضی دارای ویژگی مکانیکی فوق العاده ای در این دماها می‌باشند. بنابراین به عنوان موادی با سختی و مقاومت بالادر درجه حرارت های بالامورد استفاده قرار می‌گیرند.

نقطه ذوب یک ماده معدنی رابطه مستقیمی با پیوند شیمیایی آن دارد. عموماً نقطه ذوب به ترتیب زیر افزایش می‌یابد:

بلورهای ملکولی — بلورهای فلزی — بلورهای یونی (اکسیدها و هالید های قلیایی) و بلورهای پیوند کووالانسی (اکسیدها، نیتريدها و کاربیدها). نقطه ذوب رابطه نزدیکی با انرژی تشکیل یک جامد دارد که برابر با شبکه یک بلور یونی می‌باشد.

انرژی تشکیل یک جامد رابطه نزدیکی با ساختار بلوری آن دارد و روابط زیر در اکسیدها مشاهده می شود.

(۱) هرچه عدد همسایگی یا کوردیناسیون یک کاتیون بالاتر باشد، نقطه ذوب اکسید بالاتر خواهد بود.

(۲) هر چه نسبت بین کاتیون و آنیون به واحد نزدیکتر باشد و یا ترکیب شیمیایی ساده تر باشد، نقطه ذوب بالاتر خواهد بود. این عبارت به این حقیقت مربوط می شود که وقتی دو اکسید دارای کاتیونهایی با عدد کوردیناسیون همسان هستند، اکسیدی که آنیون های آن دارای عدد کوردیناسیون بالاتر باشد، نقطه ذوب بالاتری دارد.

(۳) انحراف کمتر از شعاع یونی ایده آل باعث نقطه ذوب بالاتر می شود. این روند در هالید های قلیایی خاکی ملاحظه شده است.

(۴) هر چه ساختار اتمی کاتیون به گازهای نادر بیشتر باشد، یا دارای ظرفیت اتمی پایارتتری باشد، نقطه ذوب بالاتر خواهد بود.

(۵) کوردیناسون نزدیکتر کاتیونها و آنیونها به تقارن کروی، نقطه ذوب بالاتری را باعث می شود.

عبارات (۱) و (۲) از این حقیقت نشأت می گیرند که اکسیدهایی که دارای ساختارهای بلوری با عدد کوردیناسیون بالاتر هستند، دانسیته تراکم بالاتر و بنابراین انرژی های تشکیل بالاتری دارند. عبارات (۳) تا (۵) نشان می دهند که ترکیباتی که دارای پیوند های شیمیایی و نیز ساختارهای بلوری همگن تر و پایدارتری هستند، نقاط ذوب بالاتری دارند. نقاط ذوب کاربیدها و نیتريد ها به همراه اکسیدها در شکل ۴-۱ نشان داده شده اند.

۴-۱-۲) هدایت حرارتی

در سرامیک ها انتشار گرما از طریق ارتعاشات شبکه و به عبارت دیگر هدایت حرارتی به وسیله فوتون ها صورت می گیرد. علی رغم اینکه الکترونها می توانند در هدایت حرارتی مشارکت داشته باشند، اثر آنها در هدایت حرارتی سرامیک ها کاملاً ناچیز است. در دماهای بالا، گرما می تواند به وسیله تابش فوتون ها نیز انتشار یابد. هدایت حرارتی از نظر کمکی می تواند با هدایت حرارتی که نتیجه گرمای ویژه، تحرک حامل (سرعت صوت برای هدایت فوتون ها) و همچنین میانگین پویش آزاد حامل می باشد، بیان شود. به طور معمول هدایت حرارتی سرامیک ها و بسپار های آلی کمتر از فلزات می باشد.

عواملی که هدایت حرارتی در سرامیک ها را تحت تأثیر قرار می دهند، نوع پیوند های شیمیایی، خلوص و چگالی می باشند. هدایت حرارتی بالا در بلورهایی با (۱) پیوند های قوی (۲) چگالی انباشتگی بالای اتم ها در ساختار بلوری (۳) درجه بالای تقارن بلوری (۴) بلورینگی بالا (شیشه ها دارای بلورینگی ضعیفی هستند) و (۵) عناصر سبک، مشاهده می شود. بلورهایی با این ویژگی، به دلیل تحرک بالا و پویش آزاد میانگین زیاد فوتون ها دارای هدایت حرارتی بالا هستند.

انتشار فوتون ها بر اثر نقص های شبکه در ساختارهای بلوری، خلل و فرج، مرزدانه ها و رسوبات در زیر ساختارها صورت می گیرد. در نتیجه، هدایت حرارتی با حضور این نقص ها کاهش می یابد. افزون بر این ثابت شده است که تشکیل یک محلول جامد نیز هدایت حرارتی را کاهش می دهد.

مواد اولیه مدارهای مجتمع (IC) مثالهای خوبی از موادی هستند که دارای هدایت حرارتی بالا می باشند. با افزایش تجمع، گرمای بیشتری تولید می شود. به منظور کارکرد صحیح IC ها، پراکندگی گرما با استفاده از موادی با هدایت حرارتی بالا مورد نیاز است.

به طور کلی، مواد پلیمری دارای هدایت کمتری هستند و بنابراین به عنوان مواد اولیه برای ICهای با تجمع بالا نمی توانند به کار روند. آلومینای چند بلوری به طور گسترده ای به عنوان ماده مورد استفاده در ICها کاربرد دارد. علاوه بر این SiC و AIN که دارای هدایت حرارتی بالاتری نسبت به آلومینا هستند، به صورت تجاری به عنوان پایه IC استفاده می شوند. به تازگی الماس که به عنوان بالاترین رسانای حرارتی شناخته شده است، از نظر تجاری به عنوان ماده مورد استفاده در ICها معرفی شده است.

۴-۱-۳) انبساط حرارتی

هنگامی که دو ترکیب یا بیشتر تحت گرما قرار می گیرند، انبساط حرارتی نقش مهمی را ایفا می کند.

در سطوح بین دو ماده با ضریب انبساط حرارتی متفاوت، موادی که ضریب انبساط بالاتری دارند، تنش فشاری رادر طول گرما تجربه می کنند و موادی که دارای ضریب انبساط حرارتی پایین تری هستند تنش کششی را تجربه می کنند. در نتیجه ترک های ریزی در طول چرخه های دمایی (گرم و سرد کردن) شکل می گیرد که ویژگیهای حرارتی و مکانیکی را تغییر داده و در نهایت موجب شکست می شود.

همانطور که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است، انبساط حرارتی به دلیل عدم تقارن در پتانسیل اتمی حاصل می شود. این پتانسیل برآیندی از نیروهای جاذبه و دافعه است.

ارتعاش شبکه با افزایش دما افزایش می یابد (برای مثال از T_0 به T_1). به طور همزمان، میانگین فاصله اتمی نیز افزایش می یابد. عدم تقارن در پتانسیل اتمی با جاذبه کولمبیک بزرگتر از پیوند های کووالانسی است.

بنابراین بطور کلی، مواد دارای پیوند های یونی نسبت به پیوند های کووالانسی از ضریب انبساط حرارتی بالاتری برخوردار هستند. ارتعاش شبکه بطور یکسان در سراسر بلورهایی که چگالی تراکم بالایی دارند انتشار می یابد. از سوی دیگر، انبساط حرارتی در بلورهایی با چگالی کمتر می تواند به طور غیر مستقیم به وسیله تغییر در زاویه پیوند ایجاد شود. بنابراین، انبساط حرارتی در بلور های چگال تر بیشتر است. افزون بر این، بلورهای با عدد کوردیناسیون بالاتر و پیوندهای شیمیایی ضعیف تر، ضریب انبساط حرارتی بالاتری دارند.

بنابراین بلورهایی که دارای نقطه ذوب پایین هستند، ضریب انبساط حرارتی بالا دارند. ضریب انبساط حرارتی مواد گوناگون در جدول ۴-۲ به همراه ویژگیهای بلوروشیمیایی آنها ارائه شده است. SiO_2 ، شیشه، که با عدد کوردیناسیون ۴ دارای ساختاری با چگالی کم است، ضریب انبساط حرارتی پایینی دارد. اضافه کردن Na_2O و CaO شیشه های سیلیکاتی را چگال تر می سازد و عدد های کوردیناسیون آنها را افزایش می دهد.

بنابراین ضرایب انبساط حرارتی آنها بزرگتر می شود. مواد معدنی سیلیکاتی که دارای فضاهای خالی بسیاری به شکل حلقه ها و شبکه های سه بعدی هستند، مانند کوردیریت ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) ضرایب انبساط حرارتی بسیار کوچکی دارند (در راستای محور C انبساط حرارتی منفی است). این مواد معدنی دارای پیوند های ضعیف و نیز قوی هستند و انبساط حرارتی پیوند های قویتر می تواند با چرخش ساختارهای حلقوی همساز گردد.

۴-۲) خواص الکتریکی

فلزات رساناهای الکتریکی خوبی هستند و علاوه بر این ویژگیهای مغناطیسی مهمی نیز از خود به نمایش می گذارد. بسپار ها بطور کلی نارسانای الکتریکی می باشند، اما، سرامیکها گسترده وسیع و متنوعی از ویژگیهای الکتریکی مهم مانند عایق

الکتریکی، ویژگیهای دی الکتریکی و مغناطیسی و هدایت الکتریکی (نیمه رساناها) را دارا می باشند. این تنوع در ویژگیهای الکتریکی به دلیل گوناگونی ترکیبات شیمیایی، ساختار بلوری، زیر ساختارها و روشهای تهیه سرامیکها است. این تنوع و گوناگونی مختص سرامیکها می باشد.

توانایی کنترل خواص الکتریکی باتشکیل محلولهای جامد، یکی از جنبه های منحصر بفرد سرامیکها است. در اصل، خواص الکتریکی به وسیله اتم ها و ترکیبهای آنها، یعنی ساختار بلوری، تعیین می شود. بنابراین خواص الکتریکی یک جامد خالص با این دو عامل مشخص می شود. با جانشین کردن یک نوع اتم به جای اتم دیگر، یعنی با تهیه محلول جامد، می توان خواص الکتریکی را به نحو چشمگیری تغییر داد. با کنترل میزان جانشینی، مقدار تغییر در ویژگیهای الکتریکی قابل کنترل خواهد بود. به عنوان مثالهایی از این جنبه های منحصر بفرد، می توان به تغییر در هدایت الکتریکی که با ایجاد نقص های شبکه بر اثر افزایش مقدار کمی مواد افزودنی بوجود می آید و نیز تغییر در خواص مغناطیسی فریت های اسپینل که با توزیع کنترل شده اتم های مغناطیسی ایجاد می شود، اشاره کرد.

امکان کنترل خواص الکتریکی به وسیله دستکاری و ایجاد تغییرات در زیر ساختارها، خصوصیات منحصر بفرد دیگر سرامیکها است. ترکیبات چند بلوری زینتر شده از ریز ساختارهای پیچیده ای برخوردارند که شامل دانه ها، مرز دانه ها، منفذ ها و سطوح می باشند و بنابراین خواص الکتریکی کاملاً متفاوتی نسبت به تک بلورها دارند. تعدادی از مواد سرامیکی منحصر بفردی که با ایجاد تغییر در ریز ساختارها، تهیه و توسعه داده شده اند شامل مقاومت های PTC، و ریسورهای ZnO، خازن های لایه ای مرزی (با ایجاد تغییر در ویژگیهای مرز دانه ها)، حسگر های گازی و نیمه هادی های لایه نازک گوناگون (با ایجاد تغییر در ویژگیهای سطح) می باشند.

۴-۲-۱) نارسانایی الکتریکی

سرامیکهایی که هدایت الکتریکی آنها کمتر از $10^{-8}\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ است ،نارسانای الکتریکی نامیده می شوند. فاصله باند ها در این سرامیکها به طور کامل بزرگ است و در گسترده 2eV – 8 قرار دارد. برخی از معمول ترین نارساناهای سرامیکی متداول ، چینی، که از رس، فلدسپات و کوارتز تهیه می شود ، آلومینا (Al_2O_3) ، مولایت ($3\text{Al}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$) ، استیتایت ($\text{MgO}.\text{SiO}_2$) ، فورستریت ($2\text{MgO}.\text{SiO}_2$) ، بریلیا (BeO)، نیتريدها مانند Si_3N_4 و شیشه های سيليكاتي گوناگون هستند. خواص الکتریکی این نارسانها در جدول ۳-۴ ارائه شده اند.

به منظور بحث جامع در مورد نارسایی الکتریکی سرامیکها ، بررسی سهم اجزاء مستعد و رسانایی سطحی و یونی در مقاومت الکتریکی ، ضروری به نظر می رسد. برای موادی با ظرفیت بالا، C، ابقای نارسایی الکتریکی در فرکانس بالا به دلیل کاهش مقاومت $R_C = 1/j\omega C$ ، که در آن فرکانس زاویه ای است) امکان پذیر نیست.

بنابراین استفاده از مواد سرامیکی با ثابت دی الکتریک پایین به منظور کاربرد های میکروالکتریکی، مانند پایه های IC، نیازمند نارسایی الکتریکی مناسب در فرکانس های بالا هستند، ضروری است.

هدایت الکترونی سرامیکهای نارسانا در دمای نزدیک اتاق قابل اغماض است و هدایت الکتریکی آنها به دلیل نفوذ یونها افزایش می یابد. به طور کلی، یونهای با ظرفیت کم و شعاع یونی کوچک بسیار سریعتر از یونهای با شعاع و ظرفیت زیاد نفوذ می کنند.

بنابراین یونهای قلیایی که به صورت ناخالصی حضور دارند، در رسانایی الکتریکی کلی یک ماده سرامیکی مشارکت دارند. با توجه به این مطلب، غلظت یونهای قلیایی در مواد نارسانای سرامیکی کمترین میزان ممکن را دارد. هدایت یا رسانایی سطحی بر اثر مولکولهای آبی که در نتیجه جذب و تراکم به وجود آمده اند، ایجاد می شود. حضور خلل و فرج سطحی و ناخالصی ها که با وجود آب یونهای متحرک را

تشکیل می دهند، رسانایی سطحی را افزایش می دهند. مسطح سازی و لعاب دادن سطوح
سرامیکی به منظور کم کردن این اثرات انجام می شوند.

علاوه بر خواص فوق العاده الکتریکی (مقاومت زیاد، افت پتانسیل دی
الکتریک زیاد و کاهش دی الکتریک کم)، دارا بودن ویژگیهای شیمیایی، مکانیکی
و حرارتی فوق العاده نیز برای نارساناهای سرامیکی ضروری است. بنابراین نارساناهای
سرامیکی گوناگون، کاربردهای مختلفی دارند. برای مثال، نارساناهایی که در خطوط انتقال
پتانسیل بالا مورد استفاده قرار می گیرند، باید افت پتانسیل دی الکتریک و قدرت
مکانیکی بالایی داشته باشند و به طور معمول از آلومینا و مولایت ساخته می
شوند. نارساناهای شمع موتورهای درون سوز، در دما و فشارهای بالا قرار می
گیرند و بنابراین داشتن مقاومت بالادر برابر شوک حرارتی برای این نارسانها الزامی
است. آلومینا، انتخاب برتری برای شمع این موتورهاست. هدایت حرارتی بالا، نارسانایی
الکتریکی بالا در فرکانس های زیاد، قدرت تحمل دیمانسیون بالا از ویژگیهای پایه های
ICها است. به طور معمول آلومینای زیتتر شده چگال و آلومینای تک بلور (یا قوت کبود)
برای تهیه این ترکیبات مورد استفاده قرار می گیرد.

کاربرد سیلیسیم (SiC) مونولیتیک یک نیمه هادی با مقاومت الکتریکی 10^5 -
 $10^2 \Omega \text{cm}$ است. اگر SiC با حدود ۲٪ وزنی BeO پرس داغ شود، مقاومت الکتریکی
بالا همراه با هدایت حرارتی فوق العاده ای از خود نشان می دهد که ده برابر آلومینا
است. اگر چه در SiC با پرس داغ، دانه ها مقاومت الکتریکی اندکی دارند، مرزهای دانه ها
به دلیل تقلیل حامل ها از مقاومت الکتریکی بالایی برخوردارند. BeO به سختی در
SiC حل می شود. با وجود این افزایش BeO، زیتتر شدن SiC را بهبود می بخشد و
بنابراین پراکندگی فوتون ها را کاهش می دهد.

ار نظر تئوری AIN ترکیبی با هدایت حرارتی بالا معرفی شده است. با وجود
این به دلیل ضعف در زیتتر شدن و حضور ناخالصی های اکسیژن و سیلیکون، ساخت

نیترید آلومینیم AlN با هدایت حرارتی بالا امکان پذیر نیست. امروزه AlN با هدایت حرارتی بالا در اتمسفر احيایی و در دماهای بالا با استفاده از مواد اولیه بسیار خالص و درصد وزنی کمی Y_2O_3 یا CaO بعنوان کمک زینتر تهیه شده است. این افزایش ها نه تنها زینتر AlN را بهبود می بخشد، بلکه $YAlO_3$ و $Y_3Al_5O_{12}$ به وجود آمده، خروج اکسیژن از دانه های AlN را تسریع می کند و این امر سبب هدایت حرارتی بالا می شود. همان طور که در شکل ۴-۳ نشان داده شده است، هدایت حرارتی AlN با کاهش مقدار اکسیژن در پودر خام AIL افزایش می یابد.

۴-۲-۲) نیمه رسانایی

۴-۲-۲-۱) ساختار باند یا پهنه

مفهوم ساختار باند در درک رسانایی الکتریکی جامدات بسیار سودمند است. دو روش برای تفسیر نحوه تشکیل ساختارهای باند در جامدات وجود دارد ::

□ توضیح ساختار بلند با بررسی برهمکنش سطوح انرژی الکترونیاتی های منفرد. زمانی که اتمها به یکدیگر نزدیک می شوند، با یکدیگر بر همکنش خواهند داشت. در نتیجه، سطوح انرژی الکتریکی آنها محدود شده و زیر سطح های انرژی جداگانه ای رابانفاوت انرژی اندک ایجاد می کنند. با افزایش برهمکنش، این زیر سطح های انرژی، باند های انرژی شبه پیوسته ای را مانند آنچه در شکل ۴-۴ نشان داده شده است، بوجود می آورند.

□ توضیح ساختار باند با بررسی حرکت الکترونها در یک پتانسیل دوره ای که به وسیله شبکه بلور ایجاد می شود. انرژی الکترونیهای آزاد با k^2 متناسب است، که k عدد موجی یک تابع موجی است. وقتی پتانسیل های الکترونی با تناوبی از ثابت شبکه a نوسان می کنند. ناپیوستگی هایی در منحنی $E-k$ در $k = np/a$ ($n = \pm 1, 2, \dots$) پدید می آید. امواج الکترونی در این مقادیر k منعکس می شوند و بنابراین نوارهایی که انرژی های الکترونی آنها مجاز است ایجاد می شوند. الکترونها ابتدا پایین

ترین سطوح انرژی را پر می کنند و سپس سطوح انرژی بالاتر را اشغال می کنند. درجه پر شدن الکترونی با سطح فرمی E_F مشخص می شود. در دمای صفر مطلق سطوح انرژی تا E_F با الکترونها پر می شوند، اما سطوح انرژی بالای E_F به طور کامل خالی هستند. در دماهای بالای صفر مطلق برخی الکترونها بر اثر برانگیختگی حرارتی از سطوح انرژی پایین تر از E_F برانگیخته شده و سطوح انرژی بالاتر را اشغال می کنند. احتمال یافتن الکترونها $f(E)$ ، که دارای انرژی E هستند، در دمای T با رابطه زیر بیان می شود.

$$f(E) = 1/[1 + \exp(E - E_F)/kT]$$

این عبارت توزیع فرمی - دیراک نام دارد. بنابراین E_F سطح انرژی با احتمال $\frac{1}{2}$ است. به طور کلی بالاترین انرژی که به وسیله الکترونها پر می شود، باند ظرفیت نامیده می شود و باند انرژی بعدی که به هر دلیل به وسیله الکترونها اشغال خواهد شد، باند هدایت نام دارد. سطوح انرژی که بین این دو باند قرار دارند، باند های غیر مجاز خوانده می شوند و اندازه بزرگی آنها شکاف یا فاصله باند است. (شکل ۴-۵).

می توان مواد را بر اساس ساختار باند آنها تقسیم بندی کرد. ساختارهای باند یک فلز، یک نیمه هادی و یک رسانا در شکل ۴-۶ نشان داده است. نارساناها شکاف باند بزرگی دارند. در دمای اتاق باند ظرفیت به وسیله الکترونها پر شده است و هیچ الکترونی در باند هدایت وجود ندارد. با وجود این برخی الکترونها در دماهای بالا به وسیله حرکت حرارتی از باند ظرفیت به باند هدایت برانگیخته می شوند و بنابراین نارساناها مقداری هدایت الکتریکی از خود نشان می دهند.

بالاترین باند انرژی فلزات بصورت جزئی به وسیله الکترونها پر شده است که به سادگی می توانند در باند حرکت کنند. نیمه هادیهایی بین فلزات و نارساناها قرار دارند و شکاف باند کمتری از نارساناها دارند. نیمه هادیهایی که دارای مقدار کمی ناخالصی هستند و تعداد الکترونها و حفره های الکترونی آنها که به وسیله برانگیختگی حرارتی

ایجاد می شود، یکسان است، ذاتی و خود به خودی نامیده می شوند. از سوی دیگر، نیمه هادی‌هایی که شامل الکترونهایی در باند هدایت خود هستند که بر اثر ناخالصی یا به صورت غیراستوکیومتری بوجود آمده اند، نیمه هادی‌های نوع n و نیمه هادی‌هایی که دارای حفرات الکترونی در باند ظرفیت خود هستند نیمه هادی نوع p نامیده می شوند.

بلورهای یونی، دارای شکاف های باند بزرگی هستند و بنابراین نارسانا می باشند. یونهای عناصر نماینده اوربیتالهای الکترونی پایداری دارند که به اوربیتالهای گازهای نادر بسیار نزدیک است. از آنجا که تحریک الکترونها از باند ظرفیت به هدایت به انتقال الکترونها از آنیونها به کاتیونها مربوط است، برانگیختگی الکترونها سبب تفاوت آرایش الکترونی یونها با گازهای نادر می شود. چنین برانگیختگی اغلب از نظر انرژی به طور کامل زیان آور است. بنابراین MgO و Al_2O_3 شکاف باند بزرگی حدود $10-8\text{ eV}$ دارند. در بلورهایی که پیوندهای کووالانسی با عدد کوردیناسیون (همسایگی) چهار دارند، باند های ظرفیت، شامل اوربیتالهای مخلوط sp^3 و باند های هدایت، شامل اوربیتالهای ضدپیوندی می باشند. تفاوت اصلی بین این دو اوربیتال، جهت گیری آن چهار اوربیتال است. در نتیجه، تفاوت های انرژی بین آنها اندک است. بالاترین شکاف باند در این گروه از بلورها مربوط به الماس است (حدود 5 eV).

شکاف های باند مواد تهیه شده از عناصر نماینده در شکل ۴-۷ نشان داده شده اند. در بلورهای دارای پیوندهای کووالانسی شکاف باند با افزایش عدد اتمی، کاهش می یابد. به عنوان مثال شکاف باند به این صورت کاهش می یابد، $Si < SiC < Ge$. شکاف های باند ترکیباتی که تعداد کل الکترونهای برابر دارند و به یک تناوب از جدول تناوبی تعلق دارند، به ترتیب زیر افزایش می یابد:



ترتیب بالا مشابه ترتیب افزایش تفاوت الکترونگاتیویته عناصر نماینده است و بنابراین میزان یونی بودن پیوند ها نیز طبق ترتیب مذکور افزایش می یابد. اکسیدهایی مانند ZnO که پیوند های آنها به صورت جزئی کووالانسی می باشند شکاف های باند کمتری دارند.

۴-۲-۲) رسانایی الکتریکی و سطح فرمی

هدایت یا رسانایی الکتریکی، σ ، یک نیمه رسانا با عبارت زیر بیان می شود.

$$\sigma = en_e \mu_e + en_h \mu_h$$

که در آن n_e ، n_h ، μ_e ، μ_h و e ، به ترتیب تعداد الکترونها و حفره های الکترونی در واحد حجم، تحرک الکترونها و حفره های الکترونی و بار الکتریکی می باشند. در نیمه هادیهای ذاتی و خود به خودی، $n_e = n_h$ است. در نیمه هادیهای نوع-n $n_e \gg n_h$ و در نیمه هادیهای نوع-p $n_e \ll n_h$ است.

سطح فرمی یک نیمه هادی ذاتی با عبارت زیر بیان می شود:

که در آن ...و... به ترتیب انرژی های پایین باند هدایت و بالای باند ظرفیت هستند. ...و... نیز به ترتیب چگالیهای حالت مؤثر نوارهای هدایت و ظرفیت هستند و می توانند به این صورت تعریف شوند:

که در آن ...و... به ترتیب جرم های مؤثر یک الکترون و حفره الکترونی هستند. زمانی که باشد، ... در وسط باند غیر مجاز قرار دارد. در بسیاری از نیمه هادیا، است. بنابراین ... با افزایش دما افزایش می یابد. غلظت الکترونها و حفرات الکترونی، ...و... به صورت زیر تعریف می شود:

که در آن با فرض اینکه باشد ، از آنجاکه تحرک الکترونی با
...متناسب است با ... در معادله بالا حذف می شود، رسانایی الکتریکی ،... می تواند با
عبارت زیر بیان شود .

که در آن ... ثابت است. بنابراین نمودار لگاریتم ... نسبت به ...، یک خط راست
خواهد بود که با استفاده از ضریب زاویه آن، شکاف باند قابل محاسبه
است.

نقص های غیر استوکیومتری و ناخالصی های موجود در یک بلور در باند غیر
مجاز سطوحی مختلفی را پدید می آورند. الکترونها از این سطوح برانگیخته شده و حفره
های الکترونی به وسیله این سطوح ایجاد می شوند (به قسمت ۲-۶ مراجعه شود).
ناخالصیها و نقص هایی که الکترونها را برانگیخته می کنند، دهنده الکترون نامیده می
شوند. در نیمه هادیهای نوع n ، الکترونهای الکترون دهنده ها، حاملان بار اصلی
هستند. همان طور که در شکل ۴-۸ نشان داده شده است، سطوح الکترون دهنده در پایین
لبه زیرین باند هدایت قرار دارند. از سوی دیگر، نقص ها و ناخالصی ها که الکترونها را
می پذیرند و بنابراین حفرات الکترونی را در باند ظرفیت ایجاد می کنند، گیرنده های
الکترونی نامیده می شوند. در نیمه هادیهای نوع p ، حفره های الکترونی از گیرنده های
الکترونی، حاملان بار اصلی هستند. سطوح گیرنده ها در بالای لبه فوقانی باند ظرفیت
قرار دارند. در نتیجه انرژی تشکیل الکترونها در نیمه هادیهای نوع n و حفره های الکترونی
در نیمه هادیهای نوع p کوچکتر از نیمه هادیهای ذاتی است. سطح فرمی مربوط به یک
نیمه هادی نوع n با جایگزین کردن در معادله با به دست می آید.

به صورت مشابه، رسانایی الکتریکی با جایگزینی معادله به دست می آید:

از سوی دیگر، سطح فرمی و رسانایی الکتریکی یک نیمه هادی نوع p
با جایگزین کردن و در معادله و با ... و ... به دست می آید.

حتی در نیمه هادیهای نوع n و p در دماهای بالا الکترونها از باند ظرفیت به باند هدایت برانگیخته می شوند. در این حالت، سطح فرمی و هدایت الکترونی مشابه نیمه هادیهای ذاتی خواهد بود. بنابراین همان طور که در شکل..... نشان داده شده است، وابستگی دمایی رسانایی الکتریکی دو ناحیه مجزا را نشان می دهد. ناحیه دمای پایین، برونزوا و غیرذاتی نامیده می شود. از آنجا که اکثر حاملان، الکترونها و حفره های الکترونی ایجاد شده به وسیله نقص ها و ناخالصی ها هستند، رسانایی الکتریکی به غلظت نقص ها و ناخالصی ها بستگی بسیاری دارد. ناحیه دمای بالا درونزا و ذاتی نامیده می شود. رسانایی الکتریکی ویژگی یک نیمه هادی مفروض است و شبیهی برابر $E_g/2k$ دارد.

خواص مکانیکی

بر خلاف فلزات یا پلیمرها، سرامیک ها موادی سخت و مقاوم در برابر حرارت هستند. افزون بر این، تشکیل سرامیک ها از طریق تغییر شکل پلاستیک امکان پذیر نیست. بنابراین سرامیک ها دارای خواص مکانیکی زیر هستند.

- ۱- آنها را می توان به عنوان موادی دارای استحکام زیاد در دمای بالا به کار برد.
- ۲- از سرامیک ها میتوان برای ماشین کاری فلزات و دیگر سرامیک ها استفاده کرد.
- ۳- از آنجایی که سختی زیاد سرامیک ها، ماشین کاری دقیق را امکان پذیر می سازد، می توان آنها را به عنوان قطعات مکانیکی بسیار دقیق به کار گرفت.
- ۴- سرامیک ها دارای استحکام بالا ولی ترد هستند. بنابراین میزان انرژی مکانیکی مورد نیاز برای شکستن آنها، بسیار کم می باشد.
- ۵- ساخت قطعات سرامیکی بزرگ مشکل است.

در زمینه خواص مکانیکی سرامیک ها، کتاب ها و آثار چاپی متعددی وجود دارد. بنابراین، در این فصل به جزئیات خواص مکانیکی سرامیک ها، چندان پرداخته نشده است. در عوض خواص مکانیکی سرامیک ها، از نقطه نظر شیمی بلور، بررسی خواهد شد.

استحکام شکست

استحکام تئوریک ... یک ماده، حداکثر تنش ... است که برای شکستن پیوند بین اتم ها و ایجاد سطحی جدید لازم است. مقدار این استحکام تئوریک را می توان بدین صورت بدست آورد:

که در آن ... و ... به ترتیب، انرژی سطحی بازاء واحد سطح و فاصله بین اتم ها می باشند. بنابراین به لحاظ تئوری موادی که دارای ضریب یانگ بزرگ، انرژی سطحی زیاد و فاصله های اتمی کم هستند، باید استحکام و قدرت زیادی داشته باشند. سختی و استحکام مواد گوناگون در جدول ۴-۱۱ ارائه شده است.

استحکام کششی اندازه گیری شده مواد بسیار کمتر از استحکام تئوریک آنهاست. برای مثال آلومینا (Al_2O_3) دارای ضریب یانگ 390 GPa است و استحکام تئوری آن حدود یک دهم این میزان است. اما استحکام کششی بدنه های آلومینای کلسینه شده حدود 270 MPa اندازه گیری شده است که این مقدار یک صدم تا یک هزارم استحکام تئوری آن می باشد. از سوی دیگر استحکام کششی اغلب گونه های مویی بدون نقص، 18 GPa است.

تصور بر این است که کاهش استحکام به دلیل وجود ترک و شکاف های میکروسکوپی در مواد است. وقتی طول یک ترک در ماده ای ... باشد، استحکام آن به وسیله رابطه زیر محاسبه می شود (شکل ۴-۴):

به طور کلی مقدار σ_f در سرامیک ها حدود $1/200 \sigma_{th}$ است. از سوی دیگر σ_f فلزات حدود $1/3$ تا $1/50 \sigma_{th}$ می باشد. وجود ترک های ریز مهمترین دشواری رادر کاربرد مکانیکی سرامیک ها پدید می آورد. تخلخلهای بزرگ، دانه های درشت، مواد خارجی و شیارهای سطحی سبب تشکیل ترک ریز می شوند.

وقتی تنش بر بالای یک ترک وارد شود، با افزایش طول ترک، و کاهش شعاع انحنای بالای آن، این نیرو بیشتر می شود. بارشد سریع ترک تحت یک تنش کششی، شکست رخ می دهد. قدرت شکست به این صورت محاسبه می شود:

که در این فرمول... ثابت است و بستگی به شکل و اندازه شکاف و نیز روش وارد آمدن نیرو دارد... انرژی مؤثر سطح و... مقدار اصلی عامل تشدید تنش است که سختی شکست نامیده می شود... به وسیله تنش شکست یک نمونه که بطور مصنوعی در آن ترکی باطول معین پدید آمده باشد بدست می آید و به عنوان مقدار ثابتی بکار می رود که مقاومت ماده در مقابل شکست را نشان می دهد.

چقرمگی یا استحکام شکست سرامیک های گوناگون در جدول ۴-۱۲ ارائه

شده است.

استحکام مکانیکی سرامیک ها همرا با K_{IC} تحت تاثیر وجود ریزترک ها قرار دارد. به منظور استفاده از سرامیک ها به عنوان مواد سازه ای ساخت سرامیک با ریز ساختار های همگن، متراکم و بدون نقص ضروری می باشد. همچنین باید ترکهایی را که همانند جوانه ای برای ریز ترک ها ریز عمل می کنند، شناسایی کرد.

فاکتورهای ریز ساختاری سرامیک ها که بر استحکام مکانیکی آنها تاثیر می گذارد، اندازه دانه و تخلخل در آنها است.

بافزایش تخلخل، استحکام سرامیک به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. برای بیان ارتباط بین استحکام و تخلخل چندین معادله پیشنهاد شده است. یکی از بهترین آنها عبارت است از:

در این رابطه ... و ... و ... به ترتیب تخلخل، ثابت و قدرت در هستند. ارتباط بین استحکام و تخلخل آلومینا در شکل ۴-۴۴ نشان داده شده است. همچنین استحکام با افزایش اندازه دانه کاهش می یابد که با عبارت زیر نشان داده می شود:

در این رابطه اندازه دانه است. این ارتباط از این حقیقت ناشی می شود که ترک ایجاد شده در یک دانه به مرزدانه ها انتشار می یابد و در آنجا این ترک به دام می افتد و بنابراین تنش در میان مرزدانه ها از بین می رود. ترکیبات سرامیکی با دانه های درشت معمولاً هنگامی که پس از کلسینه شدن سرد می شوند، دارای ترک هایی در مرزدانه های خود می شوند و بنابراین استحکام بسیار کمی دارند.

زمانی که سرامیک ها و شیشه ها در محیطی خورنده تحت تنش قرار می گیرند پیش از رسیدن به تنش بحرانی، رشد ترک کمی دارند. سرعت رشد این ترک ها بستگی به عامل شدت تنش دارد که در شکل ۴-۴۵ نشان داده شده است. در این بخش منحنی سه بخش مجزا وجود دارد. در منطقه I، رشد شکاف به وسیله تنش خوردگی در رأس شکاف کنترل می شود. در منطقه II، سرعت رشد ترک با نفوذ عوامل خورنده در رأس ترک کنترل می شود، و در منطقه III شکست مکانیکی همراه با واکنش خوردگی صورت می گیرد. همانطور که در شکل با A نشان داده شده است سرعت رشد ترک منطقه I با افزایش غلظت مواد خورنده افزایش می یابد. با وجود این همانطور که در شکل به وسیله B نشان داده شده است، در منطقه B، II بدون توجه به جنس ماده، هنگامی که غلظت ماده خورنده ثابت باشد، سرعت رشد شکاف نیز ثابت می ماند.

۴-۴-۴ مقاومت و چقرمگی

فلزات دارای ضریب یانگ پایینی هستند اما باین حال می توانند مقادیر زیادی انرژی مکانیکی جذب کنند زیرا می توانند به صورت پلاستیک تغییر فرم دهند. در نتیجه فلزات دارای K_{IC} به بزرگی دهها $MPam^{1/2}$ می باشند. در برخی سرامیک ها k_{IC} با افزایش γ_F افزایش می یابد و این هدف با پراکندگی ذرات ریزو تغییر فرم تحت تنش تأمین می شود.

منابع

۱. ارزانی ، کاوه، زمین شناسی ایران ، کائولن و رسهای نسوز ، سازمان زمین شناسی ایران ، ۱۳۷۳
۲. انوشفر ، مهدی ، لعاب کاشی سفال ، انتشارات گوتنبرگ ، ۱۳۶۶.
۳. بروسنان، دنیس، خشک کردن سرامیکها، دانشپویان جوان، ۱۳۸۶.
۴. پایدار ، حسین ، مواد اولیه مصرفی در صنایع سرامیک، انتشارات غزل، ۱۳۸۴.
۵. پوپ، آرتورآیهام، سیری در هنر ایران ، صنایع دستی ایران، ۱۳۶۱ .
۶. پیر نیا ، حسن، ایران باستان ، جلد اول ، انتشارات دنیای کتاب ، ۱۳۶۲
۷. پیرنیا ، حسن ، تاریخ باستانی ایران ، انتشارات دنیای کتاب ، ۱۳۶۳.
۸. توحیدی ، فائق، فن و هنر سفالگری، سمت، ۱۳۸۲.
۹. دبایو.ای.ورال، مواد اولیه سرامیک، ترجمه رضا پور عزت ، ۱۳۸۴.
۱۰. رادز، دانیل کوره های پخت سرامیک، ترجمه شعبانعلی تشکری، انتشارات فنی حسینیان، ۱۳۸۲.
۱۱. گرجستانی ، سعید، صنعت سرامیک، سمت، ۱۳۸۲
۱۲. خاک های نسوز، محمد مهدی فرهپور، علیرضا ولی زاده،
۱۳. کیوتانی، کی میو، کوره های سرامیک، ترجمه علی نمازی، مرکز نشر دانشگاهی ، ۱۳۷۲.
۱۴. کامبخش فرد ، سیف ا...، سفال و سفالگری در ایران، انتشارات ققنوس ، ۱۳۸۰.
۱۵. رحیمی افسون و مهران متین ، تکنولوژی سرامیکهای ظریف ، شرکت سهامی انتشار، ۱۳۸۲.
۱۶. زرین کفش ، منوچهر، علوم خاکشناسی ، انتشارات ابوریحان
۱۷. سرفراز ، فیروزمندی، باستانشناسی و هنر دوران تاریخی ماد، هخامنشی، اشکانی، ساسانی ، انتشارات عفاف ، ۱۳۸۱.
۱۸. علیمردانی ، محمود ، مطالعه خاک از نظر شیمیایی و بیوشیمیایی
۱۹. قصاعی ، حسین ، جزوه آزمایشگاه مواد سرامیکی ، دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۲
۲۰. کریم پور، محمد حسن ، کانی ها و سنگ های صنعتی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۸
۲۱. کشمیری، مهرداد ، مواد اولیه سرامیک، شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی، ۱۳۷۹
۲۲. گلاک ، جی، سیری در صنایع دستی ایران

۲۳. مسعود، ابراهیم، محاسبات در تکنولوژی کوره، انتشارات نوید شیراز، ۱۳۷۷.
۲۴. میر هادی، بهمن، دایره المعارف سرامیک، شیشه و مصالح ساختمانی (انگلیسی.آلمانی.فارسی)، گنج هنر، ۱۳۸۵.
۲۵. میر هادی، بهمن، مواد اولیه لعابها و رنگها و محاسبه آنها، دانشگاه امیر کبیر (واحد تفرش)، ۱۳۸۰.
۲۶. یاناگیدا، هیروآکی، شیمی سرامیکها، ترجمه لیلا ترکیان، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۶.
۲۷. خشک کنها در صنایع شیمیایی - ترجمه گروه مهندسی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف - ۱۳۶۲.