

# پودمان ۱

## آماده سازی مواد اولیه



سرامیک‌ها نقش حیاتی در مجموعه‌ای از فناوری‌های الکترونیکی، مغناطیسی، نوری و انرژی نو ایفا می‌کنند. بسیاری از سرامیک‌های پیشرفته نقش بسیار مهمی در تأمین عایق حرارتی و مواد دما بالا دارند. کاربرد سرامیک‌ها در کارت‌های اعتباری، شاتل فضایی، تصویربرداری پزشکی، فیبرهای نوری برای ارتباطات و شیشه‌های ضدگلوله اهمیت این ماده را در توسعه فناوری نو نشان می‌دهد. همچنین می‌توان کاربردهای دیگری نیز برای سرامیک‌ها مطرح کرد به‌عنوان مثال انواع چینی‌ها، کاشی‌ها، شیشه‌های مختلف و انواع دیرگدازها جزء مواد سرامیکی محسوب می‌شوند.

## واحد یادگیری ۱

### شایستگی آماده‌سازی مواد اولیه و یادگیری مهارت آن

هدف از این پودمان بررسی دسته‌بندی انواع مواد، معرفی مواد اولیه سرامیکی و روش آماده‌سازی خاک رس برای شکل‌دهی دستی است. در این واحد یادگیری، با انواع مختلف خاک رس، ویژگی‌ها و روش‌های آماده‌سازی خاک رس برای شکل‌دهی بدنه سرامیکی آشنا خواهید شد.

### استاندارد عملکرد

■ تهیه و آماده‌سازی گل پلاستیک با درصد رطوبت، کارپذیری و پلاستیسیته مناسب جهت استفاده در مراحل بعدی تولید متناسب با فرمول مواد اولیه و روش شکل‌دهی

## انواع مواد

به طور کلی مواد را در سه گروه اصلی شامل؛ فلزات، سرامیک ها و پلیمرها دسته بندی می کنند. علاوه بر اینها مواد دیگری نیز با ترکیب شدن مواد مختلف ایجاد می شود که کامپوزیت نام دارد، که گروه چهارم را تشکیل می دهد. در جدول (۱) انواع مواد به همراه ویژگی ها و کاربرد آنها شرح داده شده است.

جدول ۱- دسته بندی مواد همراه با ویژگی و کاربرد هر گروه

گروه	نوع مواد	مثالی از کاربرد	ویژگی	تصویر
اول	فلز			
	مس چدن	سیم برق بلوک موتور اتومبیل	هدایت الکتریکی و شکل پذیری خوب قابلیت ریخته گری و ماشین کاری	
دوم	سرامیک			
	سیلیس آلومینا آهن اکسید اورانیوم	شیشه ضد گلوله شمع خودرو آهنربای سرامیکی سرامیک های هسته ای	شفافیت نوری، مقاومت در برابر ضربه عایق الکتریکی خواص مغناطیسی مقاومت در برابر اشعه	
سوم	پلیمر (پسپار)			
	پلی اورتان پلی اتیلن	مواد بسته بندی غذا بطری آب	شکل پذیری بالا، لایه مقاوم هوا سبک بودن و انعطاف پذیری	
چهارم	کامپوزیت			
	پلیمر - رس شیشه - اپوکسی	سپر خودرو فایبرگلاس	مقاومت به ضربه، انعطاف پذیری نسبت استحکام به وزن بالا	

## فلز



شکل ۱- سازه فلزی برج میلاد تهران

آلومینیوم، منیزیم، تیتانیوم، مس، نیکل، فولاد و چدن مثال‌هایی از فلزات و آلیاژهای فلزی هستند. آلیاژ مخلوط یا محلول جامد فلزی متشکل از یک فلز اصلی که آن را فلز پایه می‌گویند که به همراه یک یا چند عنصر فلزی و یا غیرفلزی است. به‌طور کلی فلزات هدایت حرارتی و الکتریکی بسیار خوبی دارند. همچنین فلزات و آلیاژهای فلزی شکل‌پذیر، چکش‌خوار و دارای استحکام و سفتی بالایی می‌باشند. از لحاظ کاربرد، فلزات برای سازه‌هایی که نیاز به تحمل بار بالا داشته باشند، بسیار مفید هستند (شکل ۱).

اما فلزات مقاومت به اکسیدشدن ضعیفی داشته و در حرارت‌های بالا پایداری مناسبی ندارند.

## سرامیک

سرامیک‌ها را می‌توان به‌عنوان مواد غیر آلی غیرفلزی تعریف کرد. دَر نجف و الماس مثالی از سرامیک‌هایی هستند که به‌طور طبیعی پدید می‌آیند. در حالی که سرامیک‌های پیشرفته توسط پالایش سرامیک‌های طبیعی ایجاد می‌شوند. سرامیک‌های پیشرفته به‌عنوان زیرلایه در تراشه‌های رایانه‌های خانگی، نسوزها، خازن‌ها، ارتباطات بی‌سیم، عایق‌های الکتریکی و حرارتی کاربرد دارند. برخلاف فلزات، سرامیک‌ها هدایت حرارتی و الکتریکی پایینی دارند و از لحاظ خواص مکانیکی، در برابر سایش و فشار، سختی بالایی دارند؛ اما بسیار ترد و شکننده هستند و در مقابل ضربه مقاومت پایینی دارند. سرامیک‌ها دارای استحکام ویژه‌ای در مقابل نیروی فشاری هستند.

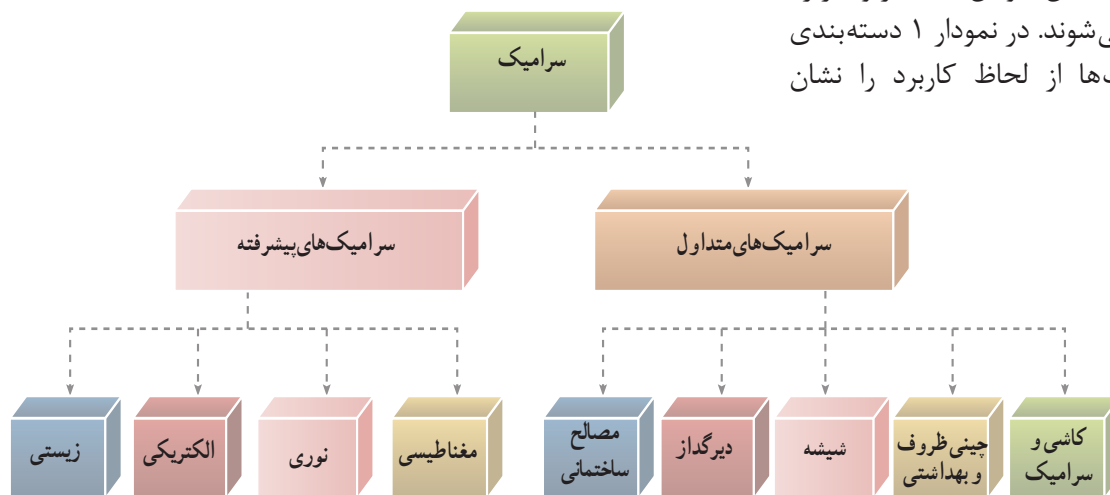


شکل ۲- انواع محصولات سرامیکی

قطعات سرامیکی پس از گذراندن یک سری عملیات آماده‌سازی که بر روی مواد اولیه صورت می‌گیرد، تولید می‌شوند. امروزه به کمک فرایندهای پیشرفته، متخصصان قادر به تولید سرامیک‌هایی با مقاومت به‌ضربه مناسب شده‌اند. این پیشرفت‌ها موجب شده که از سرامیک‌ها بتوان در کاربردهایی که نیاز به تحمل نیروهای مختلف است، استفاده شود.

### دسته بندی سرامیک ها

سرامیک ها بر اساس خواص، ساختار و کاربرد دسته بندی می شوند. در نمودار ۱ دسته بندی انواع سرامیک ها از لحاظ کاربرد را نشان می دهد.



نمودار ۱ - دسته بندی سرامیک ها از لحاظ کاربرد



الف) نازل موشک



ب) لنت ترمز

شکل ۳- کاربرد سرامیک در نازل موشک و لنت ترمز

هریک از این سرامیک ها، کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون نظیر الکترونیک، هوافضا، خودرو، نفت و پتروشیمی و مخبرات دارند. به عنوان مثال سرامیک های پیشرفته نظیر لنت ترمز دارای مقاومت به سایش بالا هستند و نازل موشک از جمله سرامیک های با خواص دیرگدازی بالا است که در شکل ۳ نشان داده شده است.



**جمع آوری اطلاعات:** جدول زیر انواع مختلف سرامیک‌ها را نشان می‌دهد که براساس کاربرد دسته‌بندی شده‌اند، به کمک منابع (کتابخانه و سایت‌های اینترنتی معتبر) جدول ۲ را تکمیل کنید.

جدول ۲- کلید واژه‌ها برای جست‌وجو در اینترنت

کلید واژه به لاتین	کلید واژه به فارسی	کلید واژه به لاتین	کلید واژه به فارسی	کلید واژه به لاتین	کلید واژه به فارسی
Glass	شیشه	Cement	سیمان	Ceramic	سرامیک
Clay Productions	محصولات رسی	Abrasive	ساینده	Clay	خاک رس
Refractory	دیرگداز	Potter	سفال	Ceramic Materials	مواد سرامیکی
Glaze	لعاب	Pottery	سفال‌گری	Advanced Ceramics	سرامیک‌های پیشرفته

نوع	مثالی از کاربرد	نوع	مثالی از کاربرد
Refractory		Glass	
Cement		Abrasive	

## پلیمر

پلیمرها جزء مواد آلی می‌باشند. این مواد عایق الکتریکی و حرارتی خوبی هستند، اگرچه در برخی از این مواد استثنا نیز وجود دارد و خواص دیگری دارند، به‌عنوان مثال پلیمرهای نیمه‌هادی که رسانایی محدودی دارند. به‌طور کلی مهم‌ترین خواص پلیمرها شامل موارد زیر می‌باشند:

- عایق الکتریکی
- عایق حرارتی
- نسبت استحکام به وزن بالا
- مقاومت در برابر خوردگی
- ناپایداری در دمای بالا

کاربرد مواد پلیمری بسیار وسیع است، بسیاری از تجهیزات و وسایل در صنایع مختلف مانند نفت و گاز و بسیاری از وسایل منزل از این مواد ساخته می‌شوند.



شکل ۴ - کاربردهای مختلف مواد پلیمری

## کامپوزیت

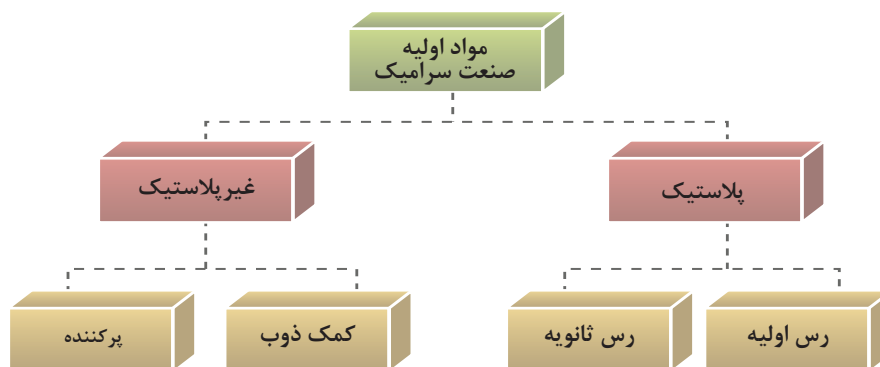
ایده اصلی در تولید و توسعه مواد کامپوزیتی، از ترکیب خواص مواد مختلف شکل گرفته است. این مواد از دو یا چند ماده تشکیل می شوند و تولید خواص جدیدی می کنند که به تنهایی در مواد یافت نمی شود. کاه - گل و بتن مثال های معمول از مواد کامپوزیتی می باشند. کاه را به صورت رشته ای در زمینه گل توزیع می کنند تا کامپوزیت کاه - گل تولید شود. هر یک از این مواد نقش خاص خود را دارا می باشند، در این کامپوزیت کاه موجب افزایش استحکام و مقاومت گل در برابر ترک می شود یا در کامپوزیت بتن آرمه، میلگردها که یک فلز می باشند وظیفه تحمل بار در زمینه بتن را دارند. با استفاده از مواد کامپوزیتی می توان قطعات با وزن کم، مستحکم و مقاوم در برابر حرارت و الکتریسیته ساخت. بسیاری از مواد با کاربردهای پیشرفته نظیر هواپیماهای پیشرفته و وسایل و قطعات با کاربرد هوافضا از جنس مواد کامپوزیتی می باشند.



شکل ۵ - کاربرد کامپوزیت در بدنه بالگرد

## مواد اولیه

گام اول در تولید محصولات سرامیکی آشنایی و انتخاب مواد اولیه و سپس آماده سازی آن است. در نمودار ۲ مواد اولیه صنعت سرامیک از لحاظ ویژگی شکل پذیری (پلاستیک و غیر پلاستیک) نشان داده شده است. برای تولید محصولات سرامیکی به روش دستی خاک رس به تنهایی یا مخلوطی از خاک رس با سایر مواد اولیه نظیر سیلیس، فلدسپات که نقش بهبوددهنده خواص ترکیب بدنه را دارند استفاده می شود.



نمودار ۲- مواد اولیه صنعت سرامیک



## انواع رس‌ها

انواع مختلفی از خاک رس در طبیعت وجود دارد که براساس نحوهٔ پیدایش و چگونگی تشکیل به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی می‌شوند:

### ۱ رس‌های اولیه

این خاک‌ها در همان محل پیدایش یعنی محل سنگ‌های مادر باقی می‌مانند. به رس‌هایی که در محل پیدایش خود باقی مانده‌اند «رس‌های برجای مانده» و یا «رس‌های اولیه» گفته می‌شود. مهم‌ترین رس اولیه خاک چینی یا کائولن می‌باشد که عمده‌ترین کانی آن کائولینیت است. خاک کائولن استخراج شده از معدن علاوه بر کانی کائولینیت دارای کانی‌های دیگری نیز است که با شست‌وشو به راحتی جدا می‌شوند، زیرا ذرات کائولینیت نسبت به سایر ذرات موجود در رس سبک‌تر و ریزتر هستند. جداسازی این ذرات با روش‌های مختلفی نظیر «کائولن شویی» انجام می‌شود. در شکل ۶ معدن کائولن نشان داده شده است.



بررسی کنید که فرایند کائولن شویی چگونه انجام می‌شود.

تحقیق کنید



شکل ۶- معدن کائولن



کائولن نام خود را از کلمات kao-liang به معنی «کوه مرتفع» گرفته است. این خاک معمولاً در انگلستان با نام خاک چینی<sup>۱</sup> و در آمریکا و دیگر نقاط جهان با نام کائولن<sup>۲</sup> مشهور است. کائولن منطقه زت‌لیتز<sup>۳</sup> در کشور چک به عنوان پلاستیک‌ترین نوع کائولن جهان مشهور است. در کشور ما معدن کائولن در شهرهایی نظیر زنوز و گناباد وجود دارد.

شکل ۷- کلوخه‌های کائولن

آیا می‌دانید





عمده‌ترین ویژگی خاک کائولن که آن را از دیگر رس‌ها متمایز می‌کند خلوص بسیار زیاد آن است. به همین دلیل بدنه‌های تولید شده از این خاک‌ها پس از پخت دارای رنگ سفید بوده و در صورتی که بسیار خالص باشند دارای پخت بالایی نیز هستند. سهولت در شکل‌پذیری، رنگ سفید پس از پخت و پخت بالای کائولن‌ها باعث شده که این خاک‌ها به‌عنوان خالص‌ترین نوع رس‌ها در ساخت فرآورده‌های کاملاً سفید و نیمه‌شفاف نظیر چینی مظروف کاربرد وسیعی داشته باشند.



شکل ۸- کلوخه‌های بالکلی

## ۲ رس‌های ثانویه

هنگامی که رس‌ها توسط عوامل طبیعی نظیر باد یا سیلاب‌ها پس از پیدایش به‌محل دیگری حمل شده و در آنجا انباشته شوند، رس‌های رسوبی یا رس‌های ثانویه به‌وجود می‌آید. رس‌های رسوبی به‌دلیل جابه‌جایی از محل اولیه و انتقال آنها توسط سیلاب به‌طور عمده در مقایسه با خاک‌های کائولن دانه‌بندی ریزتر و شکل‌پذیری بهتری دارند.

رس‌های ثانویه هنگام انتقال و جابه‌جایی توسط سیلاب‌ها از زمین‌های با ناخالصی‌های متنوع مانند گچ و نمک عبور کرده و در محل انباشت همراه با شاخ و برگ درختان و گیاهان و انواع جانوران ریز هستند. در نتیجه دارای ناخالصی زیادی بوده که باعث رنگ تیره این خاک می‌شود. اکثر رس‌ها به استثنای کائولن جزء رس‌های ثانویه می‌باشند. عمده‌ترین رس‌های ثانویه شامل موارد زیر می‌شود:

■ بالکلی

■ رس قرمز

■ رس نسوز

■ بنتونیت

**بالکلی:** بالکلی به‌دلیل ریزدانه بودن، درصد بالای کانی‌های رسی و وجود مقادیر زیادی مواد آلی شکل‌پذیری بالایی دارد و به همین سبب همواره درصدی از این خاک در بدنه‌های سرامیکی وجود دارد. بالکلی یکی از پرمصرف‌ترین رس‌های ثانویه در صنعت سرامیک است. مهم‌ترین معادن بالکلی ایران در آباد (استان فارس)، طبس (استان خراسان جنوبی)، هامانه (استان کرمان) و ساوه (استان مرکزی) است.

بالکلی در ساخت کدامیک از فرآورده‌های سرامیکی کاربرد دارد؟ چرا؟

تحقیق کنید



**رس قرمز:** در صورتی که فرسایش و خردایش رس زیاد باشد به مواد دانه ریزتر از بالکلی تبدیل می‌شود که به رس قرمز معروف است. همچنین رس قرمز به دلیل هوازدگی سنگ مادر دارای ترکیبات آهنی بسیار بالایی است. فرسایش بیشتر این خاک‌ها باعث شده است که دارای دانه‌بندی ریزتر و ناخالصی بیشتری باشد که منجر به شکل‌پذیری بالاتر این رس‌ها شده است. سهولت شکل‌پذیری و درعین حال چسبندگی مناسب این رس سبب شده بود که انسان‌های نخستین از این نوع خاک برای ساخت اشیای مورد نظر بیشتر استفاده کنند.



شکل ۹- رس قرمز

**رس نسوز:** این رس‌ها دارای درصد بالایی از آلومینا (آلومینیوم اکسید) و درصد کمی از ناخالصی آهن است و دیرگدازی بالایی دارد. همچنین این رس‌ها شکل‌پذیری بالایی نداشته، اما با خردایش و ریز کردن ذرات تا حدودی شکل‌پذیری در آنها به وجود می‌آید.

**بنتونیت:** این رس‌ها از تجزیه خاکستر آتشفشان‌ها حاصل می‌شوند و تمایل به جذب آب زیاد دارند و پس از جذب آب، چهار تا پنج برابر اندازه معمولی افزایش حجم می‌یابند. این خاک نقطه ذوب پایینی دارد و محصول پس از پخت، این خاک تیره رنگ است. دیرگدازی کم این رس نسبت به سایر رس‌ها و رنگ پس از پخت نامناسب به علاوه تمایل به جذب آب در حالت خشک و تغییر حجم ناشی از آن سبب شده که مصرف این رس در صنعت سرامیک محدود باشد. اما به‌منظور افزایش استحکام خام بدنه و پایداری دوغاب‌های سرامیکی کاربرد دارد.



شکل ۱۰- خاک بنتونیت

با توجه به ویژگی رس‌ها، جدول ۳ را کامل کنید.

فعالیت کلاسی



جدول ۳

رس‌های ثانویه	رس‌های اولیه	نوع خاک
		ویژگی

## مواد پلاستیک

رس‌ها بدون شک یکی از قدیمی‌ترین مواد اولیه در تولید فراورده‌های سرامیکی می‌باشند. همان‌طور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، رس‌ها پس از مخلوط شدن با آب، به یک توده چسبنده و شکل‌پذیر (گل) تبدیل می‌شوند که پس از خشک شدن، سخت شده و تا حدودی دارای استحکام مناسبی هستند.



۳- پس از خشک شدن



۲- اختلاط با آب



۱- خاک رس

شکل ۱۱



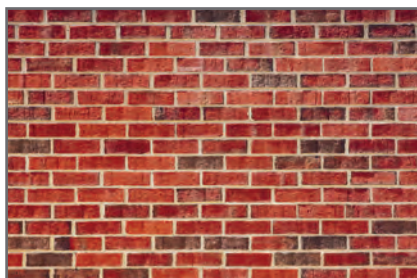
شکل ۱۲- معادن رس ایران

سهولت شکل‌پذیری بدنه‌های سرامیکی به دلیل وجود مواد پلاستیک در آنها است. رس‌ها عمده‌ترین مواد پلاستیک طبیعی در صنعت سرامیک هستند. گل تهیه شده از خاک رس مقاومت چندانی در برابر اعمال نیرو از خود نشان نمی‌دهد و پس از حذف نیرو نیز به همان شکل باقی می‌ماند.

خاک رس در حالت خالص دارای کانی کائولینیت با فرمول شیمیایی  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  است و مقدار این کانی در خاک رس مبنای طبقه‌بندی رس‌ها قرار می‌گیرد.

کشور عزیزمان ایران غنی از منابع معدنی است. در شکل ۱۲ برخی از معادن خاک رس ایران بر روی نقشه مشخص شده است.

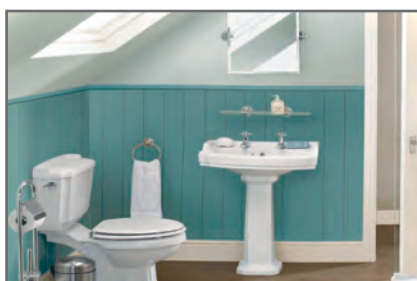
رس‌ها کاربردهای مختلفی در صنایع متعدد دارند. در شکل ۱۳ برخی از محصولات سرامیکی بر پایه رس‌ها نشان داده شده است.



آجر



کاشی



فراورده‌های بهداشتی



چینی ظروف

شکل ۱۳ - کاربردهای رس در صنعت سرامیک

شناخت و بررسی ویژگی‌های رس برای تولید محصول با کیفیت بالاتر دارای اهمیت است. برخی از ویژگی‌های مورد توجه خاک رس در ادامه بیان خواهد شد.

## ویژگی‌های خاک رس

### ۱ اندازه و شکل ذرات خاک رس



اغلب رس‌ها ذرات ریزی دارند که قطر آنها کمتر از یک میکرون ( $\frac{1}{1000}$  میلی‌متر) و شکل ذرات آنها شش وجهی ورقه‌ای می‌باشد. در شکل ۱۴ تصویر ذرات رس زیر میکروسکوپ نشان داده شده است. ذرات ریز رس‌ها از هوازدگی، فعل و انفعالات شیمیایی و خورد شدن در حین تغییرات آب و هوایی حاصل شده‌اند.

شکل ۱۴ - تصویر میکروسکوپی ذرات رس

## ۲ چسبندگی و شکل‌پذیری گل رس (پلاستیسیته)

به‌طور کلی اصطلاح «رس» در مورد کلیه خاک‌هایی به کار می‌رود که دارای خاصیت شکل‌پذیری (پلاستیسیته) هستند. گلی که از مخلوط خاک رس و مقدار معینی آب به دست می‌آید قابلیت آن را دارد که با فشار به شکل مورد نظر درآید و پس از حذف فشار شکل خود را حفظ کند؛ این ویژگی را شکل‌پذیری می‌نامند. این خاصیت باعث شده که رس‌ها قابلیت آن را داشته باشند که به هر شکلی درآورده شوند. برای ایجاد شکل‌های مختلف در بین مواد معدنی طبیعی، گل رس ماده‌ای است که دارای خاصیت شکل‌پذیری مناسبی است.

به نظر شما کدام یک از تصاویر زیر نشان‌دهنده شکل‌پذیری مناسب است؟



(ب)



(الف)

شکل ۱۷

فعالیت کلاسی



از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شکل‌پذیری رس‌ها عبارت‌اند از:

■ اندازه ذرات

■ میزان جذب آب

■ میزان ناخالصی‌های موجود در رس

وجود کربن و مواد آلی نظیر صمغ عربی باعث افزایش چسبندگی و شکل‌پذیری گل می‌شود. مواد آلی مانند چسب ذرات گل را به هم متصل می‌سازند. وجود مواد آلی زیاد در گل موجب چسبندگی بیش از حد آن می‌شود و کار با گل را مشکل می‌سازد، همچنین هنگام خشک شدن گل باعث افزایش حجم بیش از حد و ترک‌خوردگی می‌شود.

## ۳ دمای پخت گل رس

دمای پخت رس‌ها براساس اندازه ذرات و ناخالصی‌های موجود بالاتر از ۹۰۰ درجه سلسیوس است. گل رس پس از پخت سخت و محکم، معمولاً نخودی رنگ (به عوامل مختلفی وابسته است)، متخلخل و قابلیت جذب آب دارد و همچنین انقباض و کاهش حجم پیدا می‌کند.

به منظور شناخت خواص اصلی خاک‌ها، پس از استخراج از معدن مورد آزمایش قرار می‌گیرند. اولین آزمایش درباره خاک رس لمس کردن آن است. با فشردن مقداری از خاک رس در بین انگشتان می‌توان پی برد که بافت آن نرم یا زبر است و اینکه مقدار ماسه آن زیاد یا کم است. برخی از آزمایش‌هایی که بر روی خاک رس انجام می‌شود شامل موارد زیر است:

### ۱ آزمایش چسبندگی و شکل‌پذیری

بررسی ویژگی شکل‌پذیری در اولویت بررسی خصوصیات خاک رس قرار دارد. ساده‌ترین روش برای بررسی شکل‌پذیری گل این است که قطعه‌ای از آن به شکل مداد درآورده شود و سپس خم شود یا به دور انگشت پیچانده شود. اگر هیچ‌ترکی ظاهر نشد، شکل‌پذیری آن گل مناسب بوده است. اما اگر در هنگام پیچاندن ترک بردارد، یعنی ذرات آن خیلی درشت است یا ناخالصی‌های زبر زیادی دارد یا میزان آب افزوده شده مناسب نیست که از مرغوبیت آن می‌کاهد. اگر گل اندکی ترک بردارد شکل‌پذیری گل با افزودن مقداری آب قابل اصلاح شدن است.



گل با شکل‌پذیری مناسب - بدون ترک



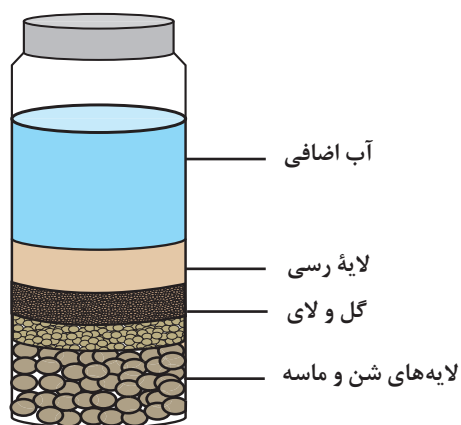
گل با شکل‌پذیری نامناسب - دارای ترک

شکل ۱۶- آزمایش شکل‌پذیری



## ۲ آزمایش تشخیص وجود ماسه در خاک رس:

پس از تهیه دوغاب خاک رس آن را هم می‌زنیم، در صورت داشتن ماسه زیاد بسیار زود ته‌نشین می‌شود. خاکی که ماسه آن زیاد باشد برای شکل‌دهی دستی مناسب نیست. ماسه موجود در گل را می‌توان با عبور دادن دوغاب از الک جدا کرد.



شکل ۱۷- لایه‌های مختلف دوغاب رس

## ۳ آزمایش تشخیص وجود گچ و آهک در خاک

وجود گچ و آهک در بدنه باعث جذب آب و رطوبت از محیط می‌شود که منجر به متورم شدن قطعه می‌شود. به طوری که وارد شدن فشار به بدنه موجب پدیدگی یا جدا شدن قسمتی از سطح بدنه می‌شود. آلوتک اصطلاحی است که برای این عیب به کار می‌رود. آزمایش تشخیص گچ و آهک در خاک رس به این صورت است که چند قطره محلول ۵۰ درصد هیدروکلرید اسید یا جوهر نمک بر روی خاک ریخته می‌شود. اگر جوش و کف به وجود آید خاک دارای آهک و گچ می‌باشد. وجود مقدار کم آهک و گچ ریزدانه و نرم در گل مشکلی به وجود نمی‌آورد فقط رنگ آن را روشن‌تر می‌کند.

## ۴ آزمایش تشخیص وجود مواد آلی

بیشتر مواد آلی موجود در خاک ناشی از گیاهانی است که در آن منطقه رویش دارند و حضور آنها در خاک دارای رطوبت موجب، رشد باکتری‌ها و افزایش شکل‌پذیری و چسبندگی گل می‌شود. رایحه مخصوص گل کهنه و رنگ خاکستری متمایل به سبز گل نشان‌دهنده درصد بالای این مواد در گل است. مواد آلی به مقدار کم در گل رس سودمند است. اما مقدار زیاد آن موجب افزایش بیش از حد چسبندگی، کاهش کارپذیری و رنگ قهوه‌ای سوخته متمایل به سیاه بعد از پخت در گل می‌شود.



### ۱۱ گذازآور

در مرحله پخت سرامیک‌ها کاهش دمای پخت محصول سرامیکی اهمیت دارد. گذازآورها موادی هستند که در صنعت سرامیک جهت کاهش نقطه ذوب مواد تشکیل‌دهنده فرآورده سرامیکی مصرف می‌شوند. کمک ذوب‌هایی که در صنعت سرامیک استفاده می‌شود بسیار متنوع می‌باشند. اکسیدهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم مهم‌ترین گذازآورهای فرآورده‌های سرامیکی می‌باشند. فلدسپات‌ها مهم‌ترین تأمین‌کننده گذازآورهای مصرفی می‌باشند که دارای اکسیدهای قلیایی و یا قلیایی خاکی (گروه اول و دوم جدول تناوبی) هستند. گذازآورها دارای خاصیت شکل‌پذیری نمی‌باشند و معمولاً به‌صورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شوند. فلدسپات‌های سدیم و پتاسیم‌دار در طبیعت فراوان‌ترند. در شکل ۱۸ انواع فلدسپات‌ها با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۱۸- انواع فلدسپات

به نظر شما میزان کاهش دمای پخت با افزودن انواع مختلف گذازآورها یکسان است؟

فکر کنید





در چه مناطقی از ایران معادن فلدسپات وجود دارد؟

## ۲ پرکننده

اگر در ساخت یک بدنه سرامیکی فقط رس‌ها و کمک ذوب به کار رود، انقباض قطعه و احتمال ترک برداشتن زیاد است. به همین دلایل از پرکننده‌ها در مواد اولیه استفاده می‌شود. پرکننده‌ها مواد غیرپلاستیکی هستند که دارای نقطه ذوب بالا و مقاومت شیمیایی خوبی بوده و مهم‌ترین وظیفه آنها شامل موارد زیر می‌باشد:

- جلوگیری از تغییر شکل بدنه در هنگام پخت
- ایجاد انبساط حرارتی مناسب
- کنترل انقباض تر به خشک و خشک به پخت
- افزایش استحکام بدنه

معروف‌ترین و رایج‌ترین پرکننده‌ها سیلیس (سیلیسیم اکسید) و آلومینا (آلومینیوم اکسید) هستند.

**سیلیس:** سیلیسیم به صورت عنصر Si در طبیعت وجود ندارد، ولی سیلیسیم اکسید (سیلیس) در پوسته زمین بیشتر از هر اکسید دیگری یافت می‌شود. سیلیس می‌تواند در ترکیب با اکسیدهای دیگر (سیلیکات‌ها) و یا به صورت آزاد وجود داشته باشد. تعدادی از منابع سیلیس آزاد شامل کوارتز، ماسه سنگ، گانیستر، کوارتزیت و فلینت است.



شکل ۱۹- خاک سیلیس

**آلومینا (آلومینیوم اکسید):** آلومینیوم بعد از اکسیژن و سیلیسیم فراوان‌ترین عنصر در پوسته زمین است. نقش آلومینا در بدنه تأمین آلومینیوم اکسید جهت ایجاد استحکام قطعه است. آلومینا در طبیعت به صورت ترکیب با مواد دیگر وجود دارد، به عنوان مثال آلومینا در رس به صورت ترکیبی یا در یاقوت کبود و قرمز به صورت خالص وجود دارد. منبع تأمین‌کننده آلومینیوم اکسید جهت مصرف در صنعت سرامیک، سنگ بوکسیت است.



شکل ۲۰- سنگ بوکسیت

در بین خاک‌های زیر، خاک‌هایی که دارای ویژگی پلاستیسیته هستند را مشخص کنید. رس قرمز، کلسیم کربنات، آلومینا، بنتونیت، پتاسیم فلدسپات، سیلیس، کائولن، بالکلی





### کار عملی ۱: مقایسه خواص ظاهری خاک

مواد و ابزار: ۳۰۰ سی سی آب، ۳۰۰ گرم از هر یک از خاک‌های کائولن، بالکلی، سدیم فلدسپات، سیلیس، ظرف، ترازو و استوانه مدرج

شرح فعالیت: مقداری از خاک‌های کائولن، بالکلی، سدیم فلدسپات و سیلیس را در اختیار داشته باشید و به خصوصیات ظاهری آنها مانند رنگ و زبری و نرمی آنها با دقت توجه کنید. همچنین به ۳۰۰ گرم از هر یک از این خاک‌ها ۳۰۰ سی سی آب اضافه کنید و میزان جذب آب و شکل پذیری آنها را مقایسه کنید و سپس جدول زیر را کامل کنید.

نام خاک	رنگ	زبری یا نرمی	جذب آب	شکل پذیری
کائولن				
بالکلی				
سدیم فلدسپات				
سیلیس				

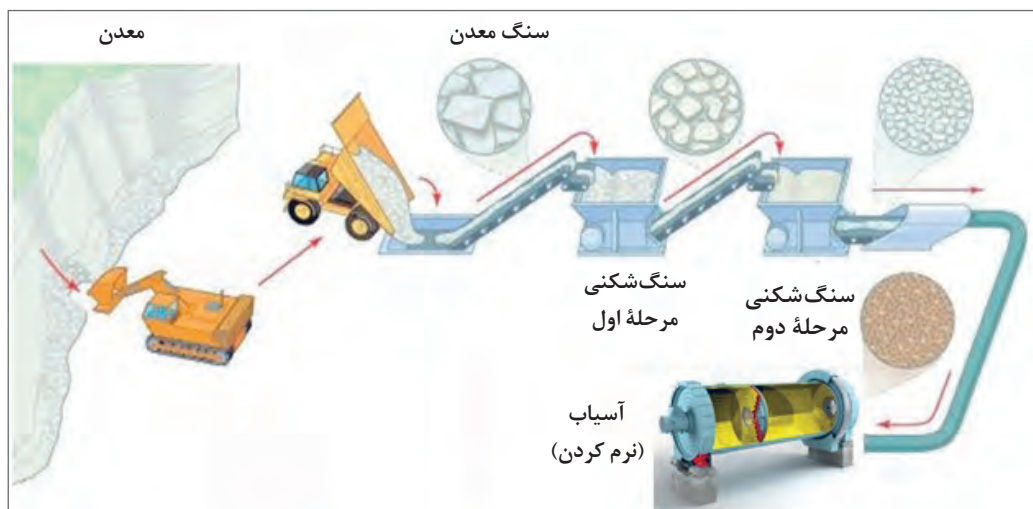
هنگام بررسی خاک‌ها از ماسک استفاده نمایید.

نکته



## فرایند آماده‌سازی مواد اولیه

فرایند تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه در چند مرحله صورت می‌پذیرد، شکل زیر این مراحل را به ترتیب نشان می‌دهد.



شکل ۲۱- فرایند تهیه مواد اولیه

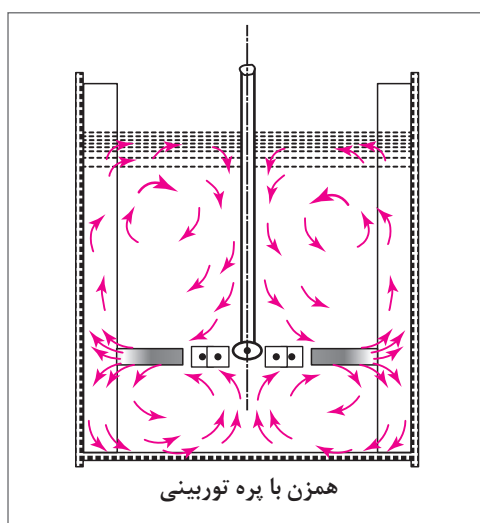
اولین مرحله در فرایند تولید فراورده‌های سرامیکی، آماده‌سازی مواد اولیه است. برای آماده‌سازی مواد اولیه، لازم است تا مواد استخراج شده توسط فرایند خردایش و آسیاب کردن به اندازه دانه مورد نظر برسد که بتوان از آن در تولید فراورده‌های سرامیکی استفاده کرد.

## آیا آماده‌سازی مواد اولیه پلاستیک و غیرپلاستیک با یکدیگر تفاوت دارد؟

مواد پلاستیک و نرم به‌طور طبیعی دانه‌بندی ریزی دارند. اما برای آماده‌سازی مواد سخت ریزدانه به‌عنوان مثال سیلیس، پس از سنگ‌شکنی چند مرحله‌ای و آسیاب کردن طولانی مدت، مواد اولیه به‌صورت پودری شکل در می‌آیند.

**آماده‌سازی مواد پلاستیک:** مواد اولیه پلاستیک اگر به صورت کلوخه‌ای باشند (برحسب سختی و اندازه کلوخه‌ها) پس از خردایش اولیه برای آماده‌سازی دوغاب مناسب هستند، بنابراین همزن‌هایی با مخزن استوانه‌ای یا چندضلعی به‌کار می‌روند که دارای پره‌هایی جهت هم زدن اولیه می‌باشند. این همزن‌ها معمولاً سرعت مناسبی (در حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ دور بر دقیقه) دارند و بنابراین زمان اختلاط رس‌ها در این همزن‌ها نسبتاً طولانی (حدود ۲ ساعت) است. تصویر همزن استوانه‌ای در شکل ۲۲ نشان داده شده است.

در همزن‌های جدید که به آنها همزن‌های با سرعت بالا نیز گفته می‌شود به‌جای پره‌ها که در همزن‌های قدیمی عمل همزدن را انجام می‌دهند، پره‌های توربینی به‌کار رفته است. در این همزن‌ها پره‌های توربینی به‌شکلی ساخته شده‌اند که مشابه یک پمپ عمل می‌کند و دوغاب از وسط مخلوط‌کن وارد فضای بین پره‌ها و سپس با شدت به اطراف پرتاب می‌شود. با استفاده از همزن‌های توربینی مدت زمان هم زدن بسیار کم شده است به‌عنوان مثال تکه‌های بزرگ بالکلی در مدت زمان ۳۰ تا ۶۰ دقیقه به دوغاب مناسبی تبدیل می‌شود. تصویر همزن توربینی در شکل ۲۲ نشان داده شده است.



شکل ۲۲

## آماده سازی مواد غیر پلاستیک

آماده سازی مواد سخت نظیر سیلیس و فلدسپات شامل مراحل خردایش و آسیاب کردن است ولی اگر چه مرز مشخصی بین مرحله خرد کردن و آسیاب کردن وجود ندارد ولی خردایش برای ایجاد ذراتی با ابعاد درشت و آسیاب کردن برای ایجاد ذرات با ابعاد ریزتر به کار می رود.

### ۱ خردایش

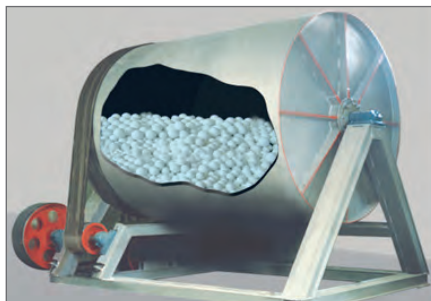
خرد کردن سنگ ها توسط ماشین آلاتی به نام سنگ شکن ها انجام می شود. سنگ شکن ها انواع مختلفی دارند و در تولید فراورده های سرامیکی متداول ترین آنها فکی، چکشی و غلتکی است.



شکل ۲۳ - فرایند خردایش

### ۲ آسیاب کردن

مواد اولیه سخت، بعد از سنگ شکنی به منظور ریزتر شدن وارد آسیاب می شوند. آسیاب هایی که در صنعت سرامیک مورد استفاده قرار می گیرند مانند سنگ شکن ها دارای انواع متفاوتی می باشند. آسیاب های گلوله ای رایج ترین و پرمصرف ترین نوع آسیاب در تولید پودرهای سرامیکی می باشند اما در مقایسه با آسیاب های دیگر، نسبتاً قدیمی محسوب می شوند.



شکل ۲۴ - آسیاب گلوله ای



آسیاب‌های گلوله‌ای استوانه‌بزرگی از جنس فولاد دارند و همان‌طور که از نام آن نیز مشخص است در داخل این آسیاب گلوله‌هایی وجود دارد که هنگام گردش آسیاب با مواد اولیه موجود در آن برخورد کرده و بدین وسیله باعث خرد شدن و سایش آنها می‌گردند.

در هنگام آسیاب، گلوله‌های آسیاب و بدنه نیز دچار سایش می‌شوند، به‌نظر شما چه مشکلی در اثر این سایش ایجاد می‌شود؟

فعالیت کلاسی



الف) الک معمولی



ب) دستگاه الک لرزشی

شکل ۲۵

### ۳ الک کردن

در مراحل مختلف تولید ممکن است ذرات خارجی مانند تکه‌های چوب یا گچ وارد مواد اولیه شده باشد. همچنین برای اختلاط یکنواخت‌تر و تهیه‌ی دوغاب با پایداری مناسب (ته‌نشین نشدن) باید ابعاد ذرات از یک ابعادی بزرگ‌تر نباشد. تعیین ابعاد ذرات و جداسازی ذرات درشت پس از اتمام مرحله آسیاب کردن و با الک کردن انجام می‌شود.

الک‌هایی که در صنعت سرامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند مشابه الک‌هایی هستند که به‌طور روزمره به‌کار می‌رود. همان‌طور که در تصویر ۲۵-الف نشان داده شده، الک‌ها از یک توری (کفه الک) و یک قاب تشکیل شده‌اند. در مقیاس صنعتی حرکت لرزشی الک‌ها با استفاده از نیروی یک موتور الکتریکی انجام می‌شود که باعث تسهیل در عبور مواد و افزایش بازدهی الک می‌شود. تصویر الک لرزشی در شکل ۲۵-ب نشان داده شده است.

مسئله مورد توجه در مورد الک‌ها قطر یا ابعاد سوراخ‌های الک است. به‌طور معمول جهت مشخص کردن قطر الک‌ها اعداد خاصی بیان می‌شود. این اعداد بیانگر تعداد سوراخ‌ها در یک اینچ طولی می‌باشند که به‌مش معروف است. به‌عنوان مثال الک شماره ۱۰۰ بیان‌کننده آن است که در یک اینچ ۱۰۰ سوراخ وجود دارد و در طول یک اینچ مربع ۱۰۰۰۰ سوراخ وجود دارد.

### کار عملی ۲: بررسی رابطه‌ی شکل‌پذیری با اندازه‌ی دانه

مواد و ابزار: خاک رس، آب، ترازو، بشر، الک با مش‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰

**شرح فعالیت:** سه دسته ۲۰۰ گرمی از یک نوع خاک رس وزن کنید و هر کدام را از یکی از الک‌ها با شماره‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ عبور دهید و با ۱۵۰ سی‌سی آب مخلوط کنید پس از تهیه گل از هر یک از خاک‌ها با اندازه‌ی مختلف فیلترهایی از هر یک تهیه کنید و بررسی کنید شکل‌پذیری کدام یک از خاک‌های الک شده بیشتر است.

فعالیت کارگاهی



## تهیه و آماده‌سازی گل پلاستیک

آماده‌سازی گل رس به دو روش انجام می‌شود:

۱ شیوه سنتی یا قدیمی

۲ شیوه جدید یا مکانیکی

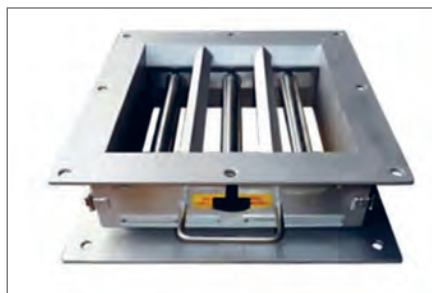


شکل ۲۶- ورز دادن گل

در شیوه سنتی (قدیمی) ابتدا بر روی کلوخه‌های خاک رس عملیات خردایش و آسیاب کردن انجام می‌شود و با الک کردن، ذرات درشت‌تر از آن خارج شده و سپس با آب مخلوط می‌شود. سپس به خاک رس تاحدی آب افزوده می‌شود که دوغاب نسبتاً غلیظی به دست آید. سپس دوغاب چند ساعت می‌ماند تا ذرات درشت و اضافی آن ته‌نشین شود و آب اضافی آن نیز خارج شود. بقیه آب داخل گل با قرار دادن آن در هوای آزاد و با تابش نور خورشید به مرور تبخیر شده و سفتی گل به حد مطلوب می‌رسد. در مرحله بعدی گل به خوبی ورز داده می‌شود تا چسبندگی مناسب ایجاد شود. این عمل را اصطلاحاً چانه کردن می‌نامند.

در شیوه جدید (مکانیکی) برای مخلوط کردن آب و خاک رس از همزن برقی استفاده می‌شود. پس از آنکه دوغاب به خوبی مخلوط شد، برای جدا کردن ذرات درشت از الک گذرانده می‌شوند و سپس آب اضافی آن با دستگاهی به نام فیلتر پرس خارج می‌شود؛ به این ترتیب که دوغاب گل الک شده با فشار زیاد وارد صفحات این دستگاه می‌شود تا آب آن خارج و به گل سفت مناسب تبدیل شود. اگر دوغاب پس از عبور از الک داخل کیسه‌های متقالی ریخته و در آن بسته شود و سنگی روی آن قرار گیرد، در این صورت فیلتر پرس دستی ساده درست خواهد شد.

پس از تهیه گل به شیوه سنتی یا جدید، خواباندن گل رس انجام می‌شود. در مرحله خواباندن، گل موردنظر چندین روز در انبار قرار می‌گیرد تا از لحاظ رطوبت و شکل پذیری یکنواخت شود. کهنه کردن گل موجب رشد باکتری‌ها و افزایش کارایی آن می‌شود.



شکل ۲۷- دستگاه آهنربا

ترکیبات آهن به صورت‌های مختلف می‌تواند در مواد اولیه و یا بدنه‌های خام وجود داشته باشد. در تولید فرآورده‌های سرامیکی برای خالص کردن دوغاب و حذف ذرات آهن موجود از دستگاه‌های آهنربا استفاده می‌شود. دستگاه‌های آهنربا اگرچه عامل بسیار مؤثری در حذف آهن و خالص کردن دوغاب هستند ولی متأسفانه این دستگاه‌ها قادر به جذب تمامی مواد و ذرات حاوی آهن نمی‌باشند.

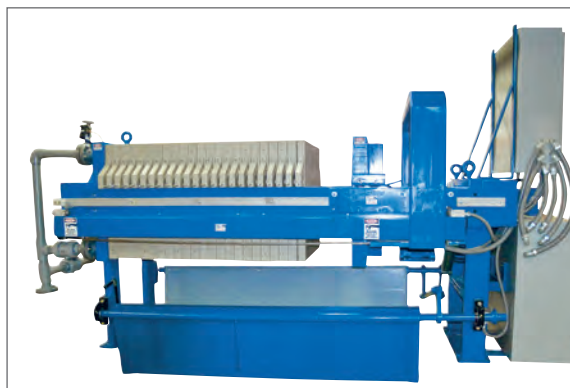
نکته





## پالایش گل

در گذشته برای خارج کردن آب اضافی دوغاب و یا اصطلاحاً پالایش آن از فضای آزاد استفاده می‌شد. امروزه این عمل دیگر انجام نمی‌شود و به جای آن از دستگاه فیلتر پرس استفاده می‌شود. اساس و نحوه عملکرد پالایه فشاری (فیلتر پرس)، را می‌توان با موارد مشابهی در زندگی روزمره توضیح داد. به‌عنوان مثال برای آب‌گیری بعضی از مواد غذایی (به‌عنوان مثال ماست) آن را درون یک کیسه پارچه‌ای قرار داده و به‌این وسیله با عبور آب از یک واسطه متخلخل (پارچه) ماده درون کیسه تغلیظ می‌شود. بدیهی است که با اعمال فشار بر ماده درون کیسه، آب بیشتری از جداره پارچه‌ای کیسه عبور می‌کند. همان‌طور که در شکل ۲۸ نشان داده شده است، پالایه فشاری از سینی‌ها یا صفحات فلزی به شکل مربع و یا دایره تشکیل شده‌اند که دارای شکل خاصی هستند. در مرکز سینی‌ها سوراخی وجود دارد و نیز هر سینی از دو طرف دارای قاب برجسته‌ای می‌باشد. به‌علت وجود این قاب، هنگامی که سینی‌ها در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند فضای خالی در بین آنها به‌وجود می‌آید.



شکل ۲۸- دستگاه فیلتر پرس و اجزای آن

اعمال فشار به دوغاب باعث خروج آب از دوغاب می‌شود. اعمال فشار به دوغاب باید به آهستگی آغاز شده و به مرور شدت آن افزایش یابد تا گل حاصل یکنواختی بالاتری به دست آورد.

مقدار فشار وارد به دوغاب در دستگاه فیلتر پرس به چه عواملی بستگی دارد؟

فکر کنید



## میزان رطوبت گل

اگر گل بدنه کارپذیری مطلوب داشته باشد به راحتی می توان با آن کار کرد. کارپذیری گل بستگی به نسبت آب و خاک دارد و مهم ترین عامل در شکل پذیری آن می باشد. کارکردن با گلی که زیاد نرم یا زیاد سفت باشد دشوار و غیرممکن است. در جدول ۳ انواع حالت های گل براساس میزان رطوبت آن بیان شده است.

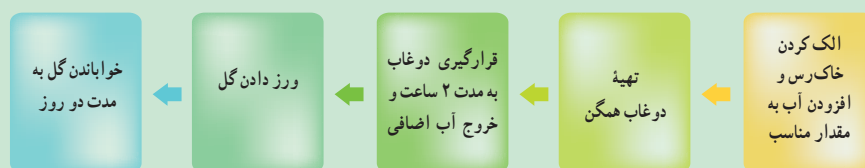
جدول ۳- انواع گل بر اساس میزان رطوبت

ویژگی ها	درصد رطوبت	نوع گل
ویژگی این گل شامل شکل پذیری بالا، چسبندگی و انقباض بسیار زیاد می باشد. استحکام قطعه حاصل از این گل کم است.	۲۳-۲۶	گل پلاستیک نرم
شکل پذیری بالا، استحکام بالا و انقباض زیاد از ویژگی های این گل است. استحکام قطعه حاصل از این گل مناسب است.	۱۸-۲۲	گل پلاستیک
شکل پذیری بسیار کم، استحکام مناسب، انقباض بسیار کم و قابلیت تراشیدن دارد.	۱۴-۱۷	گل پلاستیک سفت
شکل پذیری ندارد و رنگ سطح آن کمی روشن است. قطعه حاصل از این گل انقباض بسیار کمی دارد و قابلیت تراشیدن دارد.	۰-۱۳	گل چرمینه
گلی که رطوبت خود را کامل از دست داده است گل خشک نامیده می شود و ترد و شکننده است. همچنین انقباض خشک ندارد و با قرارگیری این گل در آب از هم باز می شود و رنگ سطح آن روشن تر است.	۰-۸	گل خشک

### کار عملی ۳: تهیه گل پلاستیک

مواد و ابزار: خاک رس، آب، الک مش ۸۰، ظرف تهیه دوغاب  
شرح فعالیت:

فعالیت کارگاهی



## ارزشیابی شایستگی آماده سازی مواد بدنه

### شرح کار:

- انتخاب مواد اولیه براساس نوع قطعه
- پودر کردن و عبور دادن از الک
- اختلاط مواد به روش خشک یا تر
- ورز دادن
- تنظیم رطوبت مواد پلاستیک

### استاندارد عملکرد:

تهیه و آماده سازی گل پلاستیک با درصد رطوبت، کارپذیری و پلاستیسیته مناسب جهت استفاده در تولید بدنه متناسب با فرمول مواد اولیه و روش شکل دهی

### شاخص ها:

- انتخاب مواد براساس نوع قطعه
- پودر یکنواخت و بدون ذرات درشت
- رطوبت و پلاستیسیته مناسب

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات

**شرایط:** کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات شامل سرنده، الک، ابزار کوبیدن، همزن، مواد اولیه، تخته گچی، حوضچه و آب.  
**ابزار و تجهیزات:** ترازو، ظروف مناسب توزین، الک، دستگاه خشک کن و وسایل همزدن گل.  
**تجهیزات ایمنی:** لباس کار مناسب، ماسک تنفسی، دستکش کار، کلاه ایمنی، عینک ایمنی، کمر بند ایمنی و تجهیزات اطفای حریق.

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو*
۱	انتخاب مواد اولیه	۲	
۲	اختلاط مواد اولیه	۲	
۳	عملیات تکمیلی	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: لباس کار، پیش بند، کفش ایمنی، مسئولیت پذیری سطح ۱، وقت شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، مدیریت مواد و تجهیزات سطح ۱، استفاده از مواد و تجهیزات با روش های ایمن و صحیح		۲
میانگین نمرات			

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.