



تعداد صفحات  
۴۶



آخرین بروزرسانی  
۲۸ بهمن ۱۴۰۳

## جزوه خلاصه

# دانش فنی پایه رشته سرامیک پایه دهم کد ۲۱۰۵۰۸

✓ حیطه تخصصی

✓ هنرآموز سرامیک

✓ خلاصه و نکات مهم



## لینک های مفید آزمون استخدامی هنرآموز سرامیک

جزوات خلاصه عمومی و اختصاصی آموزش و پرورش	خرید سوالات هنرآموز سرامیک
خرید پکیج سوالات عمومی و اختصاصی آزمون	خرید گلچین سوالات عمومی و اختصاصی آزمون
منابع تخصصی آزمون	منابع عمومی و اختصاصی آزمون
شبکه های اجتماعی ایران عرضه (فایل های رایگان + تخفیفات هفتگی + اخبار)	اخبار آزمون
(برای مشاهده هر بخش روی آن بزنید  )	

## فهرست مطالب

❖ فصل اول: خلاصه دانش فنی پایه رشته سرامیک پایه دهم کد ۲۱۰۵۰۸ تالیف ایران عرضه صفحه {۴}

❖ فصل دوم: نکات مهم دانش فنی پایه رشته سرامیک پایه دهم کد ۲۱۰۵۰۸ تالیف ایران عرضه صفحه {۴۴}



## ❖ فصل اول: خلاصه دانش فنی پایه رشته سرامیک پایه دهم کد ۲۱۰۵۰۸ تالیف ایران عرضه

دانش فنی پایه

پودمان ۱: کلیات

تعریف مختصر از رشته

رشته سرامیک یکی از وسیع ترین و مهمترین شاخه های علم مهندسی مواد میباشد. سرامیک به طور کلی علم ساختن و بکار بردن اشیای جامدی است که اجزای تشکیل دهنده اصلی و عمده آنها مواد غیر آلی و غیر فلزی است. علم سرامیک علاوه بر سفالینه ها شامل انواع چینی ها، دیرگدازها، فرآورده های رسی ساختمانی، مواد ساینده، لعاب های چینی، سیمان، شیشه، مواد مغناطیس غیر فلزی، فروالکترونیک ها و بیوسرامیک ها و محصولات دیگر نیز می شود.

اغلب فرآورده های سرامیکی در برابر آب، اسیده ها، گاز ها، نمکها و دما های بالا مقاومت خوبی دارند. در حال حاضر دانش آموختگان رشته سرامیک با کنترل نوع و نسبت ترکیب مواد اولیه و مراحل ساخت، فرآورده های گوناگونی مانند کاشی، آجر دیرگداز، ظروف چینی و سفالی، لعاب ها، قطعات الکترونیکی، شیشه و سیمان و قطعات پیشرفته سرامیکی را طراحی و تولید می کنند. در رشته سرامیک، کلیه فرایندهای ساخت سرامیک از مواد اولیه و آماده سازی آن تا کنترل کیفی محصولات ساخته شده و عرضه به بازار و ارتباط بین ساختمان و خواص این مواد آموزش داده می شود.

مشاغل صنعت سرامیک

امروزه صنایع سرامیک برای توسعه اکثر صنایع اهمیت بسیاری دارند. برای مثال صنایع متالورژی و سایر صنایعی که با درجه حرارت بالا سروکار دارند، مصرف کننده مواد دیرگداز هستند یا صنایع الکترونیک احتیاج به قطعات مختلف سرامیکی با خواص الکترونیکی و مغناطیسی مطلوب دارند. همچنین صنایع اتومبیل سازی، ساختمانی، تولید انرژی، مخابرات و بالاخره هر خانه و خط تولید هر کارخانه ای نیاز های سرامیکی دارد.

در حال حاضر کشور ما کارخانه های عمده کاشی سازی، چینی سازی، تولید کننده مواد دیرگداز، تولید کننده سرامیک های الکترونیکی، شیشه سازی، آجر سازی و سیمان دارد که فارغ التحصیلان رشته سرامیک می توانند در آنها مشغول به کار شده و به افزایش کارایی و راندمان کارخانه و همچنین بهبود کیفیت محصول آن کمک نمایند.

فارغ التحصیلان رشته سرامیک می توانند در خط تولید، بخش کنترل قطعات (کنترل کیفیت) و آزمایشگاه های کارخانه ها و مراکز تحقیقاتی به منظور دستیابی به محصولات با کیفیت بالاتر مشغول به کار شوند. همچنین با کسب تجربه بیشتر امکان

دست یابی به رده های بالاتر مانند مدیریت پروژه، تاسیس کارگاه های تولید سرامیک سنتی، متخصص گروه خاصی از مواد، کار در حوزه تحقیقات و مشاوره نیز وجود دارد.

افرادی که در مقاطع تحصیلی بالاتر در این رشته ادامه تحصیل می دهند، امکان دستیابی به فرصتهای شغلی شامل مسئول دستگاه های اندازه گیری خواص مواد دارند همچنین با توجه به لزوم به کارگیری سرامیک ها برای توسعه صنایع نوین در آینده شاهد افزایش تحقیق و توسعه این رشته در زمینه های مختلف از قبیل پوشش های سرامیکی، سرامیک های الکتریکی و نوری، سرامیک های دما بالا خواهیم بود که زمینه های شغلی بیشتری را برای این رشته فراهم خواهد کرد.

### نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشته و چگونگی بهره برداری از آن

نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات IT در تمامی زمینه ها از جمله صنعت بر هیچ فردی پوشیده نیست و برنامه ریزان در عصر حاضر و آینده نیازمند به کار گیری این فناوری هستند. هنرجویان می توانند با کسب مداوم اطلاعات در ارتباط با فناوریهای نوین دانش خود را بهروز کرده و قطعات سرامیکی متناسب با نیازهای صنعتی تولید کنند.

### الهام از طبیعت

دانشمندان زیادی در زمینه الهام از جانداران و طبیعت تحقیق و فعالیت می کنند، بیشتر پژوهش ها بر کشف ویژگی های مواد بدن جانداران متمرکز است که چگونه مواد ساختمانی ساده قند ها، پروتئین ها، مواد معدنی و آب موادی مانند چوب، استخوان و پوسته سخت حشرات را ایجاد می کند که ساختمان های طبیعی بسیار پیچیده و باشکوهی دارند. به طور مثال محققان مطالعات زیادی را بر روی عنکبوتها انجام داده اند و دریافتند که چگونه این حشرات میتوانند مولکولهای پروتئینی محلول در آب را به نخهای ابریشمی نامحلول که محکمتر از کولار (ماده ای که در ساخت جلیقه های ضدگلوله از آن بهره گیری میشود) هستند، تبدیل کنند

دانشمندان به طبیعت رجوع کرده اند و از آن برای ساخت مواد جدید الهام می گیرند و به نتایجی رسیده اند که مفید تر از ساخت مواد جدید است. برای نمونه می توان از الیاف مصنوعی مانند کولار نام برد که از اسید سولفوریک جوشان با فشار بالا، تهیه می شوند. هزینه تأمین انرژی این مرحله بسیار بالا است و موادی که در تهیه آن به کار میروند بسیار خطرناک بوده و از بین بردن آنها نیز دشوار است. درحالی که تار عنکبوت آلودگی محیط زیست نداشته و در هر شرایطی قابل تولید است.

در طبیعت، جاندارانی مانند صدف میتوانند مواد ساده ای مانند سولفات کلسیم را که به طور طبیعی ماده ساختمانی مهمی نیست، تبدیل به صدف زیبا و استوار کند. با بررسی صدف در زیر میکروسکوپ الکترونی مشخص شده که صدف دارای لایه های بسیار نازک کلسیم سولفات است که در شبکه پروتئینی آلی به ضخامت ده میلیونیم متر قرار گرفته است. این آرایش از ایجاد ترک در صدف جلوگیری کرده و شکنندگی آن را نسبت به سرامیک های صنعتی بسیار کمتر میکند.

همچنین بررسی های زیادی بر روی ساختمان قاب سوسک ها انجام شده است که توانسته تغییراتی در ساخت صنایع فضایی ایجاد کند. قاب تنومند سوسک ساختاری شبیه به کامپوزیت ها دارد که از وارد کردن الیاف در زمینه پروتئینی ساخته شده است.

زمانی که قاب پشت سوسک زیر میکروسکوپ الکترونی بررسی شد، شباهت بسیاری با موادی که در صنایع جدید نظامی به کار گرفته میشوند، مشاهده گردید. ساختار مشابهی در بدن عقرب نیز مشاهده شده است.

### ساخت فیبرهای نوری با الهام از اسفنج های دریایی

فیبرهای نوری می توانند با سرعت غیر قابل تصویری داده ها را منتقل کرده و انسان را در زمینه ارتباطات جلو ببرند. اسفنج های دریایی الهام خوبی برای ساخت فیبرهای نوری هستند. جنس یک نوع از اسفنج های دریایی از نوعی شیشه است که فیبرهای آن بسیار باریک در حد تار موی انسان هستند اما اگر در کنار هم جمع شوند، ساختاری بسیار مستحکم می سازد.

### مواد سرامیکی مقاوم تر با الهام از طبیعت

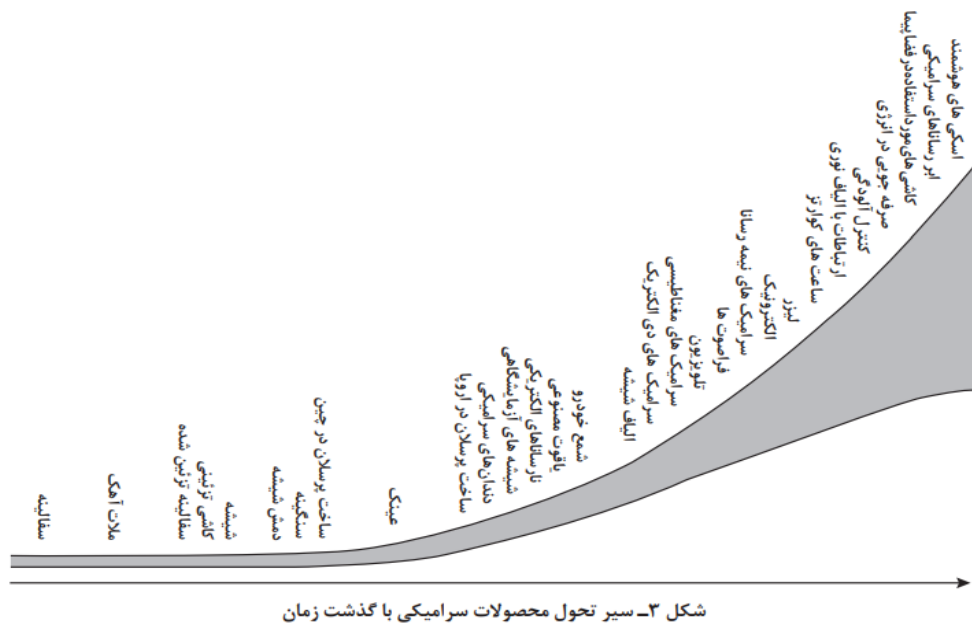
سرامیک های جدیدی از پوسته صدف مروارید ساخته شده است. پوسته این صدف دریایی بسیار قوی تر و بادوام تر از سرامیک های کنونی است. سرامیک مصنوعی ساخته شده از پوسته صدف مروارید در مقایسه با سرامیک های کنونی از شکنندگی کمتری برخوردار است و میتواند درجه حرارت بالاتر از ۶۰۰ درجه سلسیوس را در محیط های پرتنش تحمل کند.

در طبیعت، این نوع از صدف به دو گونه یافت می شود، یکی به عنوان پوسته خارجی صدف مروارید و دیگری لایه داخلی پوسته حلزون. کلسیم کربنات که ۹۵ درصد این پوسته ها را تشکیل میدهد بسیار ترد و شکننده است، اما در عوض کل پوسته صدف بسیار مقاوم است. این استحکام مربوط به مراحل ساخت آن است. صدف مروارید برای ساخت پوسته خود از پروتئین برای افزایش استحکام کلسیم کربنات استفاده میکند. نتیجه حاصله به توده ای از آجرهای ساختمانی شباهت دارد که با مالت ساخته شده از پروتئین به یکدیگر متصل شده اند که ترک در آن ایجاد نمی شود.

برخی از دانشمندان در حال یافتن رمز های بیشتری از آفرینش هستند و هنوز راه درازی برای گسترش روشهایی که به صنایع، توانایی تولید انبوه چنین موادی را بدهد وجود دارد.

### تاریخچه سرامیک

پیشرفتهای حاصل در تمدن همواره در پی پیشرفت یا نوآوری در مواد رخ داده است. تاریخ با سرامیکها در هم آمیخته است.



## سرامیک‌های اولیه

### تولد سفال:

با گذشت قرن‌ها، غارنشینان با استفاده از مخلوط خاک‌های رنگی و آب شروع به کشیدن عکس بر روی دیوار غارها کردند. آنها کشف کردند که برخی از انواع خاکها (که ما امروزه آنها را رس مینامیم) در صورت مرطوب شدن نرم شده و قابلیت شکل پذیری پیدا می‌کنند و میتوان با آنها قطعات و مجسمه‌های گوناگون ساخت (مانند گاو میش کوهاندار که در غاری در فرانسه کشف شد).

به اعتقاد باستان شناسان، ایران یکی از زادگاه‌های اصلی سفالگری بوده است. نمونه‌های کشف شده در حفاری‌های بختیاری مربوط به ده هزار سال قبل نشان دهنده قدمت سفالگری در ایران است. اشیای مذکور کاملاً بدون استفاده از چرخ سفالگری ساخته شده و بررسیها نشان میدهد که در آن زمان، سفال سازان از کوره برای پخت سفال استفاده نمی‌کردند و احتمالاً ظروف گلی تولیدی را کنار همان آتشی که برای پختن گوشت شکار مهیا می‌کردند، میپختند. کاشی نیز نوعی سفال است که قدمت آن به قرن‌ها پیش از ظهور اسلام در ایران میرسد و برخی از نمونه‌های موجود و نوشته‌های صاحب نظران این پیشینه را تأیید می‌کند.

صنعت سفال سازی در حدود هزاره پنجم قبل از میلاد از نظر کیفی و فنی ترقی کرد. ظروفی در «سیلک کاشان» و در «شوش» کشف شده که قرمز رنگ و دارای لکه‌های دودی و سیاه هستند و جداره داخلی این ظروف ماده‌های شبیه لعاب دارد.

بدون تردید اختراع چرخ سفالگری ساده تحول جدیدی در صنعت سفال سازی به وجود آورد. در اواسط هزاره سوم قبل از میلاد، نمونه های سفالی با چرخ سفالگری تولید میشدند که در شوش یافت شده است. همچنین نمونه هایی از ظروف سفالین نقشدار در نقاط مختلف ایران نظیر سیلک (کاشان)، تپه حسنلو (آذربایجان)، تپه حصار (دامغان)، اسماعیل آباد (قزوین) و تخت جمشید (مرودشت) کشف شده است که زیباترین اشیای جهان در زمینه سفال سازی محسوب میشود. از ویژگیهای سفال های باستانی ایران، استفاده از طرحها و نقوش واقعی در آثار است. آنها تلاش می کردند تا نقوش حیوانات و پرندگان نظیر مار و قوچ را بر روی بدنه سفال ایجاد کنند.

هنر کاشی کاری در شوش و نواحی غربی و مرکزی ایران تجلی داشته و در تزئینات دیوارهای کاخ هگمتانه کاشی های رنگی متعددی به کار رفته است. همچنین طی حفاری های انجام شده در زیگورات/چغازنبیل نمونه های متعددی از انواع کاشی و آجرهای لعابدار به همراه تعدادی سفال های کوچک بدست آمده که نشان دهنده رونق تولید سفالگری در دوره تمدن ایلامی است.

### سرامیک ها در عصر فلز

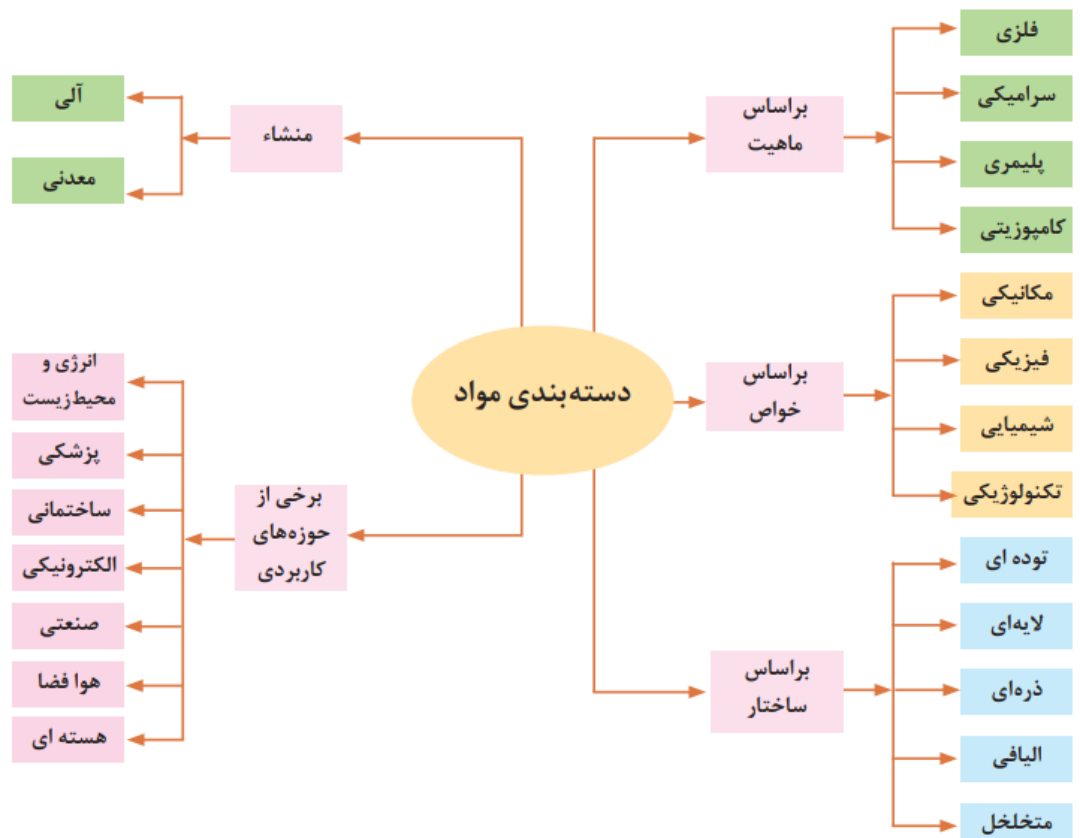
عصر فلزات تأثیر زیادی بر تمدن داشت، اما سرامیک ها اهمیت خود را از دست ندادند، بلکه به دلیل دارا بودن خاصیت دیرگدازی که در عصر حجر کشف شده بود، ارزشمندتر شدند.

استخراج فلزات از سنگ معدن نیاز به دمای بالا داشت و ابزارهای سرامیکی تنها موادی بودند که قابلیت تحمل این دمای بالا را داشتند. حتی پس از آنکه فلزات استخراج می شوند، برای ذوب آنها به ظرف های سرامیکی نیاز بود. همچنین فلزات درون قالب های سرامیکی با اشکال متفاوت ریخته و سرد می شوند تا قطعات و ابزارهای زیبا و مفید ایجاد شوند.

یکی از عوامل تأثیرگذار در ابداع سرامیک ها در این دوره پیشرفت در طراحی کوره های دما بالا برای پخت سفال ها بود. همچنین سفالگران نوع جدیدی از کوره را که دارای دو محفظه، یکی برای سوخت و دیگری برای پخت ظرف های سرامیکی بود را ابداع کردند. چون در این کوره ها آتش در تماس مستقیم با سرامیک ها نبود، رنگ های سرامیکی حساس به حرارت بر روی سرامیک قبل از پخت اعمال می شدند تا پس از پخت این رنگ ها جزئی از بدنه شوند. ابداع دیگر ساخت لعاب های سفالگری بود. لعاب پوششی شیشه ای است که نه تنها سطح سفالینه های متخلخل را در برابر نفوذ مایعات محافظت می کند، بلکه باعث زیبایی سفال ها نیز میشود.

### پودمان ۲: مواد و ویژگی آنها





### طبقه بندی مواد براساس پیوند

خواص یک ماده بر اساس ترتیب قرارگیری اتم ها و پیوند بین آنها تعیین می شود انواع پیوند های اتمی در جامدات شامل فلزی، یونی، کووالانسی و پیوند های ثانویه (واندروالس و هیدروژنی) است. هنگامی که اتمهای فلزات به یکدیگر نزدیک میشوند هر اتم الکترون های لایه ظرفیت خود را آزاد می سازد. مجموع این الکترون ها تشکیل یک ابر الکترونی می دهد که به طور آزادانه و سریع بین یونهای مثبت حرکت می کنند. نیروی جاذبه بین یون های فلزی و ابر الکترونی باعث ایجاد پیوند فلزی می شود.

در پیوندهای یونی نیروی جاذبه بین یونهای مثبت و منفی عامل اتصال یونها است. به عنوان مثال نمک طعام از یونهای مثبت سدیم و منفی کلر تشکیل شده است که نیروی جاذبه بین این یون ها ایجاد پیوند یونی می کند.

پیوند کووالانسی از به اشتراک گذاشتن الکترونهای لایه آخر دو اتم ایجاد میشود. این پیوند همیشه بین دو غیرفلز ایجاد میشود. به عنوان مثال در SiC هر یک از عناصر Si و C چهار الکترون در لایه ظرفیت خود دارند که با اشتراک این الکترون ها، لایه ظرفیت کامل می شود و ساختار پایدار SiC ایجاد میشود.

اتم ها در مولکول ها توسط نیروی واندروالس کنار هم نگه داشته شده اند. مولکول ها در حالت مایع و جامد توسط نیروی درون مولکولی به سوی یکدیگر جذب شده که باعث به وجود آمدن پیوند بین مولکول ها می شوند. پیوندهای برقرار شده بین مولکول ها را پیوند ثانویه می گویند. پیوندهای ثانویه ارتباطی به الکترون های ظرفیت ندارند و در نتیجه پیوندهای ضعیفی هستند این پیوند بین لایه های گرافیت وجود دارد.

### دسته بندی مواد براساس ساختار

ساختار به معنی آرایش اتمهای یک ماده در موقعیتهای مشخص میباشد. ساختار در مقیاس میکروسکوپی به عنوان ریز ساختار بیان میشود. این آرایشها در مقیاسهای مختلف از کوچکترین واحد در حد آنگستروم ( $^{\circ}A$ ) تا مقیاس های بزرگتر در حد میلیمتر (mm) قابل مشاهده هستند.

**ساختار کریستالی:** اگر آرایش اتمها در مواد به صورت منظم از نوع بلندبرد باشد، به این ساختار کریستالی گفته میشود، مانند ساختار بسیاری از جامدات.

**آمورف:** اگر اتمها در ساختار هیچگونه نظمى نداشته باشند و یا دارای نظم از نوع کوتاه برد باشند، ساختار آمورف نامیده میشود، مانند شیشه. برخی از مواد با ساختار کریستالی ممکن است به صورت تک کریستال یا چندکریستال (پلی کریستال) باشند.

### آرایش اتمی و یونی مواد

با اطلاعاتی که ما از ساختمان عناصر و تفاوتهای موجود در آنها داریم شاید گمان کنیم که تفاوتهای موجود در مواد مختلف حاصل تفاوتهای عناصر تشکیل دهنده آنها است. با این تفکر، خواص مواد تنها حاصل تنوع عناصر تشکیل دهنده آنها خواهد بود و تمامی ویژگیهای رفتاری مواد باید با شناخت عناصر تشکیل دهنده آنها روشن شده و همه اسرار مربوط به خصوصیات مواد آشکار گردد.

با کمی دقت و توجه به ترکیبات شیمیایی مواد پیرامون خود درمی یابیم که بسیاری از آنها با وجود اینکه در رفتار و خواص با یکدیگر تفاوت دارند ولی دارای عناصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی یکسان می باشند و برخی دیگر از مواد با داشتن عناصر تشکیل دهنده متفاوت، دارای خواص و رفتار مشابهی هستند. پس چه ویژگی ای به جز ترکیب شیمیایی، موجب تفاوت در رفتار و خواص مواد میشود؟ برای جواب این سوال لازم است کمی بیشتر با ساختار مواد آشنا شویم. ساختار ماده چگونه ارتباط بین اتمها، یونها و مولکول های تشکیل دهنده آن ماده را مشخص میکند. با پیوندهای شیمیایی که نحوه اتصال میان اتمها و یونها را مشخص می کنند، در درسهای گذشته آشنا شده اید. در اینجا برای روشن شدن تأثیر ساختار روی خواص مواد، مثال معروفی را ارائه می کنیم. همانطور که میدانید گرافیت و الماس هر دو از اتم های کربن تشکیل شده اند. اما چرا خواص گرافیت و الماس با یکدیگر بسیار متفاوت است؟ الماس به عنوان سخت ترین ماده طبیعی معرفی می گردد و گرافیت

به دلیل نرمی بسیار، به عنوان ماده روان کننده به کار گرفته می شود. تفاوت خواص گرافیت و الماس مربوط به نحوه اتصال و آرایش فضایی اتم های کربن در ساختار آنها می باشد.

### ساختار منظم - ساختاری نظم

در حالت های مختلف مواد دو نوع آرایش را میتوان یافت؛ کریستالی و آمورف.

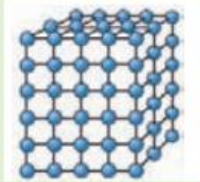
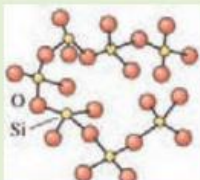
### مواد با ساختار منظم - کریستال

اکثر فلزات و آلیاژهای فلزی، نیمه هادی ها، سرامیک ها و برخی از پلیمرها که ساختار کریستالی دارند، دارای نظم ساختاری هستند. گستردگی این نظم در بین اتم ها یا یون ها بزرگتر از ۱۰۰ نانومتر در سه بعد می باشد.

اتمها یا یون ها در سه بعد به طور منظم تکرار می شوند. این مواد با ساختار منظم را مواد کریستالی می نامند. اگر ماده ای فقط از یک کریستال بزرگ ساخته شده باشد، تک کریستال نام دارد. مواد تک کریستال در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی و نوری مناسب میباشند. بطور مثال تراشه های کامپیوتر از سیلیکون تک کریستال ساخته می شود مواد پلی کریستال از تعداد زیادی کریستال های کوچک در سه بعد تشکیل شده اند.

### مواد با ساختار نامنظم - آمورف

هر ماده ای که بینظمی در بین اتمهای خود داشته باشد، ماده آمورف نامیده میشود. بنابراین مواد آمورف غیرکریستالی هستند. به طور کلی اکثر مواد تمایل دارند یک آرایش منظم و تکراری تشکیل دهند، زیرا در این حالت آرایش پایداری دارند. مواد را میتوان براساس نظم ساختاری نیز دسته بندی کرد. جدول ۱ این نوع دسته بندی از مواد را نشان میدهد.

نوع مواد	نوع نظم	مثال	شکل نظم ساختاری
کریستال	منظم	سرامیک، فلز	
آمورف	بی نظم	شیشه، پلاستیک	

### ساختار کریستالی

یک کریستال از مجموع اتم هایی تشکیل شده است که با نظم معینی در تمام حجم کریستال توزیع شدهاند. اگر به طور فرضی مرکز این اتم ها به هم وصل شوند سیستمی به وجود می آید که شامل تعداد زیادی متوازی السطوح است، این سیستم را شبکه کریستالی می نامند.

کوچکترین متوازی السطوحی که با انتقال پیوسته آن درسه جهت بتوان تمام جهت شبکه را پر کرد سلول واحد نامیده می شود.

به عبارت دیگر از کنار هم گذاشتن سلولهای واحد در سه جهت فضایی میتوان حجم کریستال را ساخت. برای بررسی ساختار یک شبکه کریستالی کافی است کوچکترین قسمت شبکه یعنی سلول واحد در نظر گرفته شود.

## تقسیم بندی مواد از نظر ماهیت

### ۱. فلزات

آهن، آلومینیوم، مس، نیکل، فولاد و برنج از جمله فلزات و آلیاژهای متداول در صنعت هستند. فلزات دارای خواص الکتریکی، حرارتی و مکانیکی بسیار خوبی هستند و دارای پیوند فلزی می باشد. فلزات در صنعت به ندرت به صورت خالص استفاده میشوند و برای بهبود خواص آنها، معمولا عناصر فلزی را با یکدیگر یا با عناصر غیر فلزی آلیاژ سازی میکنند آلیاژ مادهای است که خواص فلزی دارد و از دو یا چند عنصر شیمیایی تشکیل شده که حداقل یکی از آنها فلز است فولاد و برنج از جمله آلیاژهای مورد استفاده در صنعت هستند.

### ۲\_ سرامیک ها

از فراوان ترین عناصر موجود در پوسته زمین عناصر سیلیسیم (Si) اکسیژن (O) و آلومینیوم (Al) می باشند. کنار هم قرار گرفتن این عناصر و همچنین حضور تعداد دیگری از عناصر، مجموعه ای وسیع از مواد اولیه فراهم می کند که غیر فلز و غیر آلی هستند و از آنها در ساخت محصولات سرامیکی استفاده می شود. مواد سرامیکی جدید از ترکیب کردن عناصر فلزی با تعدادی از عناصر غیر فلزی تشکیل می شوند. از جمله این مواد می توان موادی نظیر اکسید ها، نیتريد ها و کاربید ها را نام برد.

### مهم ترین ویژگی سرامیک ها



### پلیمرها

پلیمرها از زنجیره های بلند کربنی مونومر در کنار یکدیگر به وجود می آیند و پیوند بین اتمی در پلیمرها از نوع پیوندهای ثانویه است. این مواد شامل دو گروه اصلی پلاستیک ها و لاستیک ها هستند. تعداد زیادی از پلیمرها دارای پایه آلی هستند مانند الاستیک که از صمغ نوعی درخت خاص تهیه میشود. از جمله پلیمرهای بسیار رایج پلی اتیلن (PE) نایلون و پلی وینیل کلراید (PVC) هستند.

از خواص پلیمرها میتوان چگالی کم، مقاومت در برابر خوردگی و جریان الکتریکی، پایداری شیمیایی و شکل پذیری بالا را نام برد. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک ها است. پلیمرها به راحتی به اشکال پیچیده تر در می آید، زیرا در دمای بالا خاصیت جاری شدن این مواد به شدت افزایش می یابد و امکان قالب گیری آنها به شکل های مختلف فراهم می شود. اما مقاومت حرارتی آنها کم است و همین امر استفاده از آنها را محدود کرده است.

### کامپوزیت ها

در کاربرد های مهندسی امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم کند، وجود ندارد. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که علاوه بر استحکام بالا، ویژگیهای دیگری نظیر سبکی، مقاومت به خوردگی و سایش بالا داشته باشد. کامپوزیت ها ترکیبی از دو یا چند ماده با خواص متفاوت هستند که هر یک از اجزای تشکیل دهنده، خواص خود را حفظ می کنند و همچنین در کنار هم خواص قطعه را بهبود میبخشند. معمولاً کامپوزیتها از دو جزء شامل جزء زمینه و جزء تقویت کننده تشکیل شده اند. کامپوزیتها برحسب نوع زمینه به سه دسته زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری تقسیمبندی میشوند. یکی از مرسوم ترین و پرکاربردترین کامپوزیتها، فایبرگلاس است. فایبرگلاس یک کامپوزیت با زمینه پلیمری است که توسط الیاف شیشه تقویت شده است. الیاف شیشه استحکام زمینه پلیمری را افزایش میدهد. این کامپوزیت انعطاف پذیری خوبی در طراحی قطعات دارد. از خواص دیگر آن، نسبت استحکام به وزن بالا و مقاومت به خوردگی مناسب آن است. انواع سازه های ساختمانی، انواع کانال مخصوص عبور سیم و لوله از کاربردهای فایبرگلاس است.

ساختار مواد ارتباط بین اتمها، یونها و مولکولهای تشکیل دهنده آن ماده را مشخص می کند. نحوه اتصال میان اتمها و یونها به وسیله پیوندهای شیمیایی مشخص میشود. اگر نحوه اتصال (نوع پیوند) اتمها متفاوت باشد، حتما خاصیت ماده نیز متفاوت خواهد بود.

خواص مواد شامل چهار دسته، خواص شیمیایی، خواص فیزیکی، خواص ساختاری و خواص تکنولوژیکی است:

### استحکام

استحکام عبارت است از میزان مقاومت یک جسم در برابر تغییر شکل، بدون آنکه دچار شکست شود. استحکام فشاری و کششی از مهمترین مفاهیمی هستند که مورد بررسی قرار میگیرند. استحکام کششی به میزان مقاومت یا توانایی جسم در تحمل نیروهای کششی بدون آن که شکسته شود، گفته می شود. استحکام فشاری نیز بطور معکوس به میزان توانایی یک جسم در تحمل نیروهای فشاری بدون ایجاد شکستگی در قطعه گفته می شود.

سرامیک ها به دلیل نوع پیوندهای خود، اغلب دارای مقاومت فشاری سرد بالایی هستند و به راحتی در مقابل نیروهای فشاری دچار تغییر ابعاد نمی شوند. مقاومت کششی سرامیک ها در دماهای پایین مناسب نمی باشد اما مقاومت کششی مناسبی در دماهای بالا دارند.

### سختی

میزان مقاومت یک ماده در برابر خراش برداشتن توسط اجسام خارجی را سختی می نامند و هر چقدر سختی یک ماده بیشتر باشد، مقاومت به خراش آن بیشتر خواهد بود. سختی رابطه مستقیمی با استحکام دارد، به طوری که هر چقدر سختی بیشتر شود، استحکام نیز افزایش خواهد یافت از طرفی می توان انتظار داشت که ماده سخت به راحتی در مواد دیگری که دارای سختی کمتر از آن هستند، ایجاد خراش کند.

در میان مواد طبیعی، الماس به دلیل داشتن پیوندهای کووالانسی قوی میان اتمهای سازنده آن که همان کربن است، سخت ترین ماده است.

سرامیک ها در مقایسه با فلزات به دلیل وجود پیوند کووالانسی، دارای سختی بسیار بالایی نسبت به فلزات هستند.

### چقرمگی

ماده چقرمه به مادهای گفته می شود که در برابر ایجاد ترک و گسترش ترک مقاومت کند. مواد ترد مثل شیشه از چقرمگی بسیار پایینی برخوردار هستند. هرگاه در اثر ضربه ترک کوچکی در آن ایجاد شود این ترک به سرعت در تمام سطح قطعه

گسترش مییابد. ماده‌ای که بتواند انرژی ناشی از ضربه را بدون شکسته شدن تحمل کند، چقرمه تر خواهد بود استفاده از پلاستیک در سپر اتومبیل نیز به دلیل چقرمگی بالای آن نسبت به فلزات است.

### خواص فیزیکی

خواص فیزیکی مواد، به ساختمان اتمی آنها بستگی دارد. نوع پیوند میان اتم‌ها و چگونگی قرارگیری آنها در کنار یکدیگر از مواردی است که بر این خاصیت تأثیر مستقیمی دارد. مهمترین این خواص عبارت‌اند از:

۱- نقطه ذوب

۲- ضریب انبساط حرارتی

۳- جرم مخصوص

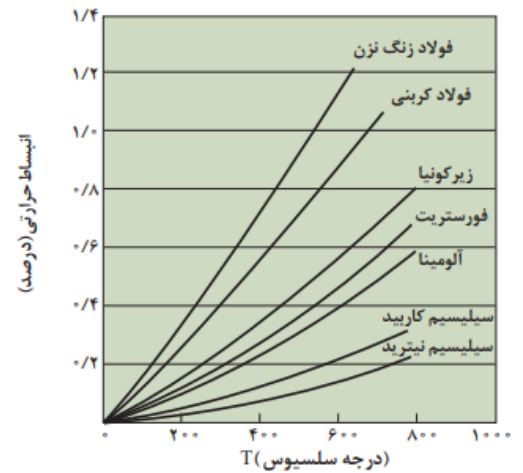
۴- قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

### نقطه ذوب

نقطه ذوب درجه حرارتی است که ماده جامد در آن درجه حرارت به حالت مایع تبدیل می‌شود برای مثال این درجه حرارت برای یخ، صفر درجه سلسیوس است مواد و عناصر خالص دمای ذوب ثابتی دارند. هرچه استحکام و قدرت پیوند اتمی در ماده بیشتر باشد، نقطه ذوب افزایش می‌یابد.

### انبساط حرارتی

بیشتر مواد جامد (به جز تعداد محدودی از آنها) با افزایش درجه حرارت افزایش طول پیدا می‌کنند و با کاهش درجه حرارت سرد شدن طول آنها کاهش می‌یابد. ابعاد جامدات نه تنها از طول، بلکه از عرض و ضخامت نیز با افزایش حرارت، افزایش می‌یابد. هر ماده‌ای ضریب انبساط حرارتی مخصوص به خود دارد که در بسیاری از کاربردها، این ضریب از اهمیت خاصی برخوردار است.



### جرم مخصوص

جرم واحد حجم هر ماده را جرم مخصوص میگویند که برای هر ماده مقدار معین و ثابتی است که به نوع و ساختمان ماده بستگی دارد. هر چه ماده‌های متراکم تر باشد، جرم مخصوص بیشتری خواهد داشت.

### قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

میزان سهولت در عبور حرارت یا جریان الکتریکی از خصوصیات مهم مواد است. چنانچه ماده‌های قابلیت عبور جریان الکتریکی از درون خود را نداشته باشد به آن ماده نارسانا و در صورتی که ماده‌های دارای این قابلیت باشد، آن را رسانا می‌گویند. در حقیقت هرچقدر ماده‌های رساناتر باشد، اتم‌های آن ماده در برابر عبور جریان الکتریکی مقاومت کمتری ایجاد می‌کنند. اثر مقاومت اتم‌ها در برابر حرکت الکترون‌ها و جریان الکتریکی به صورت گرما در ماده نشان داده می‌شود (یعنی هر چقدر مقاومت در برابر عبور جریان بیشتر باشد، ماده گرم‌تر خواهد شد.) با توجه به همین ویژگی در گرم‌کن‌های برقی با استفاده از چند مفتول فلزی گرمای زیادی تولید می‌شود.

هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی، رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر دارند. در بیشتر موارد هر چقدر ضریب هدایت الکتریکی بیشتر باشد، ضریب هدایت حرارتی نیز بیشتر است و ماده حرارت را، راحت‌تر عبور می‌دهد. علت این ارتباط آن است که الکترون‌ها عامل اصلی انتقال گرما و الکتریسیته در ماده هستند. قابلیت هدایت حرارتی عبارت است از توانایی یک جسم در انتقال حرارت از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر. هرچقدر این قابلیت بیشتر باشد ماده با اتلاف انرژی کمتری حرارت را از خود عبور می‌دهد و آن را انتقال می‌دهد.

### خواص تکنولوژیکی مواد

در مورد خواص تکنولوژیکی به بررسی خواصی که در هنگام تولید قطعه موردتوجه است پرداخته می‌شود، مهمترین این خواص شامل موارد زیر است:



## قابلیت چکش خواری

توانمندی تغییر شکل مواد به کمک نیروی فشاری و ضربه را قابلیت چکش خواری می نامند. به عنوان مثال فولاد، مس و برنج را میتوان تحت تاثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد. سرامیک ها برخلاف فلزات دارای قابلیت چکش خواری نمی باشند.

## قابلیت ریخته گری

این مفهوم رابطه نزدیکی با شکل پذیری دارد. برخی از مواد را میتوان به خوبی توسط فرایند ریخته گری تولید کرد. این مواد به دلیل خاصیت سیالیت در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب های ریخته گری به خوبی پر می کنند؛ به عنوان مثال می توان به چدن و آلومینیوم اشاره کرد که دارای قابلیت ریخته گری مناسبی هستند.

## قابلیت جوشکاری

موادی دارای قابلیت جوشکاری میباشند که بتوان آنها را به کمک حرارت یا حرارت همراه با فشار، به صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها و بعضی از فلزات غیرآهنی قابلیت جوشکاری دارند.

## قابلیت براده برداری

موادی دارای قابلیت براده برداری هستند که بتوان آنها را با سرعت زیاد و نیروی کم ماشین کاری (براده برداری) کرد و سطح آنها پس از براده برداری همچنان صاف و پرداخت شده باشد.

## استحکام سرامیک ها

وقتی نیروی وارد شده بر قند بیشتر از استحکام آن باشد، شکسته میشود. اما در این نوع شکالت ابتدا تغییر شکل در آن ایجاد میشود و سپس از هم جدا میگردد. اغلب سرامیکها همانند قند شکسته می شوند. در مقابل نیروهای وارد شده استحکام دارند، اما به محض آنکه تنش وارد شده بیشتر از استحکام آنها باشد، دچار شکست می شوند.

## انواع شکست در مواد

۱. شکست ترد: دون اینکه تغییر شکلی در قطعه ایجاد شود شکست اتفاق میافتد. این نوع شکست بیشتر در سرامیکها مشاهده میشود.

۲. شکست نرم: بعد از ایجاد تغییر شکل پلاستیک در نمونه شکست رخ میدهد. این نوع شکست بیشتر در فلزات اتفاق میافتد.

## مقاومت ماده در برابر تغییرات دمایی

در بسیاری از کاربردها، پایداری حرارتی قطعه در برابر سرد و گرم شدن سریع اهمیت دارد. پایداری حرارتی قطعه، در اثر سرد و گرم شدن در اصطلاح شوک حرارتی نامیده می شود. سرامیک ها در برابر شوک حرارتی ضعیف می باشد.

مهمترین عوامل مؤثر بر شوک حرارتی در زیر بیان شده است:

۱- **ضریب انبساط حرارتی:** هرچه ضریب انبساط حرارتی ماده مورد نظر کمتر باشد، انبساط و انقباض قطعه کمتر می شود و در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود. در تصویر افزایش طول فلزات و سرامیک ها بر اثر افزایش حرارت نشان داده شده است. میزان افزایش طول سرامیک ها با افزایش دما به دلیل کم بودن ضریب انبساط حرارتی کمتر از فلزات است.

۲- **هدایت حرارتی:** هر چه قابلیت ماده در انتقال حرارت بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.

۳- **استحکام:** هر چه استحکام و قدرت پیوندهای ماده بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.

### راه های افزایش مقاومت سرامیکها

همانگونه که گفته شد، سرامیک ها شکست ترد دارند و استحکام مکانیکی مناسبی در برابر تنش های کششی ندارند. راههای مختلف برای افزایش استحکام سرامیک ها در برابر تنش کششی مطرح شده است:

۱- کامپوزیت سازی: کامپوزیت های با زمینه فلزی یا پلیمری که در آنها الیاف سرامیکی به کار میرود، در برابر تنش های کششی مقاومت مناسبی دارند. این کامپوزیت ها می توانند مقاومت بیشتری نسبت به فلزات داشته باشند.

۲- برای قطعاتی که از سطح ترک بر میدارند و رشد ترک در آنها زیاد است، پوشش دهی سطحی بر روی آنها انجام می شود. به عنوان مثال لعاب کاری باعث افزایش مقاومت به ضربه سرامیکها می شود.

### مدول شکست (MOR)

برخلاف فلزات که معیار ارزیابی استحکام، کشش می باشد، استحکام قطعات سرامیکی را بر اساس استحکام خمشی مورد ارزیابی قرار می دهند. چرا؟

- آماده سازی نمونه جهت آزمون آسانتر است

- نتایج به دست آمده از استحکام خمشی، کششی و فشاری اختلاف قابل توجهی با یکدیگر دارند.

### انواع مواد سرامیکی

مواد سرامیکی در کاربردهای صنعتی به دو گروه تقسیم میشوند: متداول و پیشرفته. مواد سرامیکی متداول عمدتاً سرامیکهای سیلیکاتی هستند که شامل آجرها، کاشی ها، چینی ها و شیشه ها میشوند. سرامیک های پیشرفته دارای خواص حرارتی،

مکانیکی و شیمیایی ویژه ای هستند. سرامیکهای اکسیدی بسیار خالص مانند آلومینا و زیرکونیا، سوخت های هسته ای، کاربردها و نیتريدتها در دسته سرامیک های مهندسی قرار میگیرند.



#### مواد سرامیکی تک عنصری

مواد سرامیکی تک عنصری شامل اتم های چهار ظرفیتی نظیر Si، C و Ge هستند. عنصر بور B نیز از مواد سرامیکی تک عنصری محسوب میشود. این عنصر در دمای بیش از ۲۰۰۰ درجه سلسیوس ذوب می شود و گاهی به صورت الیاف در کامپوزیت ها، به منظور بهبود خواص مواد دیگر به کار می رود که در صنعت هوا - فضا کاربرد زیادی دارد. Si و Ge به عنوان مواد اصلی نیمه هادیها به کار میروند. کربن به دلیل دارا بودن خصوصیات نظیر استحکام زیاد، وزن کم و مقاومت در برابر خوردگی و حرارت کاربرد زیادی دارد. کربن براساس ساختار کریستالی اهمیت صنعتی فراوانی دارد.

#### مواد سرامیکی غیراکسیدی

مواد سرامیکی غیراکسیدی یکی از گروه های مهم مواد سرامیکی است. این مواد از بیش از یک نوع اتم تشکیل شده اند. ترکیبات این گروه از مواد سرامیکی را بیشتر تشکیل H، N، B، همچنین Mg و Ge، Si، C عناصر میدهند، به عنوان مثال ترکیبات نیتريدی و کاربردی که به عنوان مواد مقاوم در حرارت های بالا در ماشین های حرارتی کاربرد دارند. این گروه از مواد سرامیکی پایداری خوبی در برابر حرارت دارند مانند ترکیب  $4Si_3N$  که می تواند درجه حرارتی تا ۱۴۰۰ درجه سلسیوس را تحمل کند. این ترکیب از واکنش پودر سیلیسیم تحت جریان گاز نیتروژن و در دما و فشار زیاد ایجاد میشود، برای مثال پره توربین با این روش تولید شده است.

کاربرد دیگر سرامیک های غیر اکسیدی مربوط به سختی بالای آنها است. قطعاتی که در معرض اصطکاک و نیروی سایشی قرار دارند، با لایه ای از این مواد پوشش داده میشود و یا به طور کامل از این دسته از سرامیک ها ساخته میشود.

### مواد سرامیکی اکسیدی

گروه دیگر از مواد سرامیکی مواد اکسیدی است. از میان سرامیکهای اکسیدی میتوان آلومینا، زیرکونیا، توریا، برلیا و منیزیا را نام برد.

سرامیک های اکسیدی که کاربرد دیرگداز دارند، باید علاوه بر نقطه ذوب بالا از فازهای پایداری نیز تشکیل شده باشند. برای این منظور اکسیدهای فلزی چند ظرفیتی مناسب هستند. همچنین ویژگی های زیر را نیز باید داشته باشد:

۱- عدم تمایل به واکنش های شیمیایی

۲- عدم تغییرات حجمی زیاد در هنگام گرم و سرد کردن

۳- عدم تبدیل فاز در حالت جامد

### سرامیک های پیشرفته

سرامیک های پیشرفته شامل کاربید ها، برید ها، نیتريد ها و اکسیدها هستند. این سرامیک ها اغلب به دلیل مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی بالایی که در دمای بالا دارند، در ساخت قطعات موتورهای جت و توربین ها بهکار میروند.

گروهی از سرامیک های پیشرفته به دلیل داشتن خواص فیزیکی منحصر به فرد در ساخت قطعات الکتریکی و الکترونیکی، عایقهای الکتریکی با ولتاژ بالا و پایین، خازن ها، مبدل سیگنالهای الکتریکی و به عنوان سرامیکهای مغناطیسی در کامپیوترهای بزرگ دیجیتالی برای ذخیره سازی داده ها کاربرد دارند.

این مواد به دلیل دارا بودن ویژگی مقاومت به خوردگی در دماهای بالا به عنوان کاتالیزورهای واکنش های شیمیایی و در نقش سنسور برای ردیابی گازهای خطرناک به کار میروند. همچنین به دلیل سازگاری با بدن انسان به عنوان تجهیزات و اجزایی از بدن انسان کاربرد دارند. سرامیک های پیشرفته همچنین در سیستم های قطع و وصل الکترونیکی در وسایل مخابراتی اهمیت خاصی دارند.

### شکل دادن سرامیک ها

روشهای متداول برای شکل دادن سرامیکها عبارت اند از: ریخته گری دوغابی، شکل دادن گل پلاستیک، پرس و قالبگیری تزریقی. بعد از شکل دهی، قطعه سرامیکی تولید شده استحکام کافی ندارد و درون قطعه آب و مواد افزودنی وجود دارد.

سپس با فرایند خشک کردن و پخت تخلخل ها کاهش یافته و چگالی و استحکام قطعه سرامیکی افزایش مییابد. سپس خواص مکانیکی، الکتریکی، نوری، شیمیایی، پزشکی و سایر خواص در آنها پدید می آید.

### پودمان ۳

#### تحلیل و طبقه بندی مواد اولیه سرامیک ها

تمام محصولات سرامیکی برای تولید، مراحل مختلفی از قسمت مواد اولیه تا بسته بندی محصول را طی میکنند.

انتخاب یک ماده اولیه مرغوب و همچنین فرآوری و خالص سازی مناسب آن، نقش زیادی در کیفیت نهایی یک محصول سرامیکی دارد.

دانش و مهارت شناسایی مواد اولیه، اولین قدم در آموزش علم سرامیک است. این دانش و مهارت در فرایند ساخت و تولید محصولی با کیفیت نهایی مطلوب، مؤثر است. تولید و عرضه مواد اولیه بر اساس مشخصات و فیزیکی شیمیایی ارائه شده، تضمین کننده کیفیت محصولی است که از آن ساخته می شود.

کوه ها، صخره ها و زمین همگی از سنگ ساخته شده اند. سنگ ها بر اساس نحوه شکل گیری شان به سه گروه اصلی آذرین، رسوبی و دگرگونی تقسیم می شوند که همگی در بردارنده کانی ها و مینرال های متنوعی هستند.

#### شناسایی کانی و سنگ

نخستین عمل پس از پیدا کردن یک سنگ یا یک کانی شناخت آن است. بهترین روش برای آغاز این شناخت، بررسی چند سنگ از نزدیک است. با این عمل شما در می یابید که سنگ ها و کانی های مختلف شباهتی به هم ندارند.

زمین شناسان، افرادی هستند که چگونگی تشکیل زمین، ویژگیها، ساختار، ترکیب سنگها و کانیها و تاریخچه آنها را مطالعه میکنند.

#### رنگ و رنگ خاکه

رنگ بخش های سالم و هوا زده کانی معیاری برای تشخیص آن است. باید توجه داشت نمونه های مختلف، رنگ های متفاوتی دارد. به عنوان مثال کانی کوارتز ممکن است به رنگ های سفید، شیری، گلی، بنفش، دودی و بیرنگ دیده شود.

**نکته:** باید توجه داشت که برای تعیین رنگ خاکه یک کانی، سختی آن باید کمتر از سختی صفحه چینی بدون لعاب (در حدود ۷) باشد. رنگ یک کانی و رنگ خاکه آن حتما شبیه هم نیستند.

#### درخشندگی

جلا و درخشش هر کانی در واقع توانایی آن در بازتابش، پراکنده کردن یا جذب نور است. به مثال زیر توجه کنید: دو کانی پیریت و گوگرد هر دو زرد رنگ هستند. اما به دلیل بازتاب متفاوت نور از آنها، درخشش مشخص و متفاوتی را از خود نشان می دهند.

درخشش کانیها را میتوان به دو گروه فلزی و غیرفلزی تقسیم کرد. تفاوت بین درخشش فلزی و غیرفلزی کمی بیش مشابه تفاوت بین رنگ متالیک و رنگ عادی اتومبیلها است.

**رخ (کلیواژ):** عبارت است از تمایل یک کانی به شکست صفحه ای شکل در امتداد سطوحی معین که به این سطوح کلیواژ گفته میشود.

**شکستگی:** برای کانیهایی که حالت کلیواژ اتفاق نیافتد و رخ مشاهده نمیشود از واژه شکستگی استفاده میشود مانند کوارتز.

### چگالی (جرم حجمی)

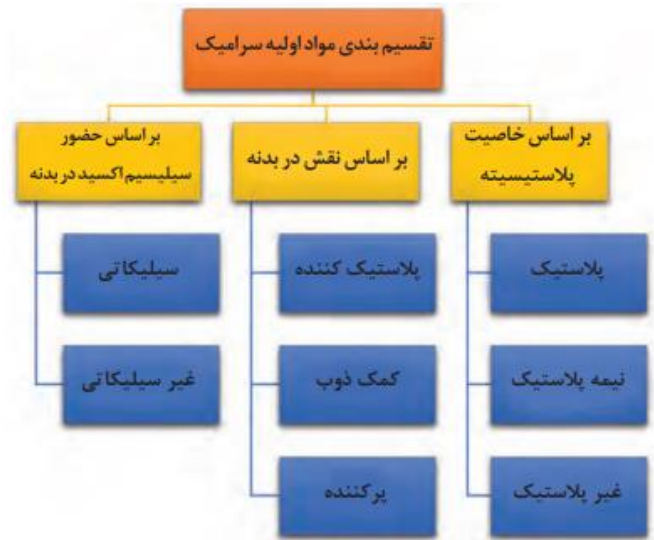
اغلب کانی های سیلیکاتی، که بخش زیادی از پوسته زمین را می سازند، چگالی های در حدود  $5/2$  تا  $5/3$  گرم بر سانتیمتر مکعب دارند. کانی هایی که در ساختمان خود عنصرهای سنگینی مانند سرب و باریوم دارند، دارای چگالی بالاتری هستند.

### آزمون اسید برای کانی ها و سنگ های کربناتی

برای اغلب زمین شناسان اصطلاح آزمون اسید به معنای قرار دادن یک قطره از اسید هیدروکلریک رقیق ( ۵ تا ۱۰ درصد) بر کانی و شاهد آزاد شدن حبابهای گاز دی اکسید کربن است. حباب ها نشانه وجود کانی های کربناتی مانند کلسیت، دولومیت یا دیگر کانی های کربناتی است.

### تقسیم بندی مواد اولیه سرامیک

مواد اولیه بر اساس خاصیت پلاستیسیته، نقش در بدنه و همچنین حضور سیلیسیم اکسید در ترکیب مواد اولیه در سه گروه تقسیم بندی می شود.



در اینجا تقسی مبنی مواد اولیه بر اساس نقش آنها در بدنه مشاهده میشود:



همچنین در زیر تقسیم بندی دیگری از مواد اولیه بر مبنای خاصیت پلاستیسیته مشاهده میشود.



### مواد اولیه پلاستیک (رس ها)

مواد پلاستیک موادی هستند که در اثر اختلاط با آب به صورت گل درمی آیند و قابلیت شکل پذیری پیدا می کنند. گل تهیه شده از خاک رس را می توان یکی از شکل پذیرترین مواد طبیعی دانست. رس خاکی است طبیعی و ریزدانه که عموماً از کانیهای رسی تشکیل شده است.

دو عامل اصلی که سبب ایجاد رفتارهای گوناگون در خاکهای رسی میشود نوع کانی آنها و میزان آب است.

**بیشتر بدانیم:** بیرونیت نام کانی حاوی کلسیم سیلیکات و کلسیم کربنات آبدار است که در سال ۱۹۵۷ میلادی کشف و به افتخار دانشمند ایرانی، ابوریحان بیرونی نامگذاری گردید تا بزرگداشتی بر پژوهشهای وی در زمینه کانیها و سنگها باشد.

رفتار هر یک از کانی های رسی در مجاورت با آب بسیار متفاوت است. پلاستیسیته، چسبندگی و تورم از جمله رفتارهای کانی های رسی پس از جذب آب است.



۱- **پلاستیسیته:** نشان دهنده میزان تغییر شکل ترکیب خمیری خاک و آب بر اثر اعمال نیرو است. پلاستیسیته ویژگی اصلی خاک های رسی است که ساختار ورق های شکل کانی باعث ایجاد این خصوصیت می شود.

پلاستیسیته خاک های رسی به اندازه دانه و ورق های بودن کانی های آن بستگی دارد که باعث لغزش ورقه ها هنگام جذب آب می شود.

شکل پذیری گل رس به دلیل لغزش ورقه ها بر روی هم است.

بالاترین میزان پلاستیسیته به ترتیب در رس های مونت مورونیت، کائولینیت و ایلیت وجود دارد. اگر خاک های رسی دارای ویژگی پلاستیسیته مناسب باشند خاک پلاستیک یا چسبنده و در غیر اینصورت خاک های غیر پلاستیک یا غیر چسبنده نامیده می شوند. وجود مواد آلی در خاک های رسی ویژگی پلاستیسیته رس ها را افزایش می دهد.

۲- **چسبندگی:** رس ها باعث اتصال ذرات موجود در آمیز به یکدیگر می شوند و پس از خشک شدن توده محکم و یکپارچه به وجود می آورد. چسبندگی به پلاستیسیته رس ها بستگی دارد. رس هایی که پلاستیسیته زیادی دارند اغلب به نام رس های



چسبنده معروف هستند. این رس ها پس از مخلوط شدن با آب و افزودن حتی بیش از ۵۰ درصد مواد غیر پلاستیک میتوانند خمیری شکل پذیر ایجاد کنند.

**۳- جذب آب:** این ویژگی بر اساس مقدار آبی که رس جذب می کند تا شکلپذیر شود و به دست نچسبد مشخص می شود. جذب آب به میزان پلاستیسیته رس نیز بستگی دارد. توانایی و امکان نفوذ آب بین ورقه های رس متفاوت است و در برخی از آنها کم و در بعضی دیگر بیشتر است.

**۴- تورم:** حجم رس پس از جذب آب افزایش می یابد به این ویژگی تورم گفته میشود. این ویژگی به ترکیب کانی شناسی خاک رس، نوع کاتیون هایی که کانیهای رسی از آنها اشباع شدهاند و دانه بندی آنها بستگی دارد. رس های مونت موریونیتی بیشترین تورم را دارند ولی رس های کائولینیتی تورم کمی را نشان می دهند.

**۵- رنگ زدایی:** برخی از رس ها می توانند مواد رنگی را از نفت، چربی ها و واکس ها جذب کنند. این عمل رنگ زدایی نامیده میشود. این خاصیت را می توان به رنگ آمیزی پارچه تشبیه نمود که در آن رنگ از محلول جدا می شود و جذب پارچه می گردد و با شستن پارچه از آن جدا نخواهد شد.

**۶- تعویض کاتیونی:** کانی رس در سطوح خود دارای بار الکتریکی منفی و در لبه ها بار مثبت دارد. بنابراین بلورها قادر به جذب کاتیون ها روی سطح و میان لایه های خود خواهند بود. همچنین می توانند کاتیون های خود را با دیگر کاتیون های محیط تعویض کنند.

تعویض کاتیونی بر روی خصوصیات فیزیکی رس تأثیر می گذارد. پلاستیسیته بسیار بالا در رس ها به تبادل کاتیونی آنها بستگی دارد. رس هایی که ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارند از پلاستیسیته زیادی برخوردار هستند.

تقسیم بندی رسها در صنعت بر اساس میزان مصرف آنها در زیر بیان شده است:

### ۱- کائولن

● به خاکی گفته می‌شود که دربرگیرنده مقدار زیادی کانی کائولینیت باشد.

### ۲- بالکلی

● رس دانه ریز با پلاستیسیته بالا است که دارای کانی کائولینیت بوده و به دلیل حضور ناخالصی‌ها رنگی است.

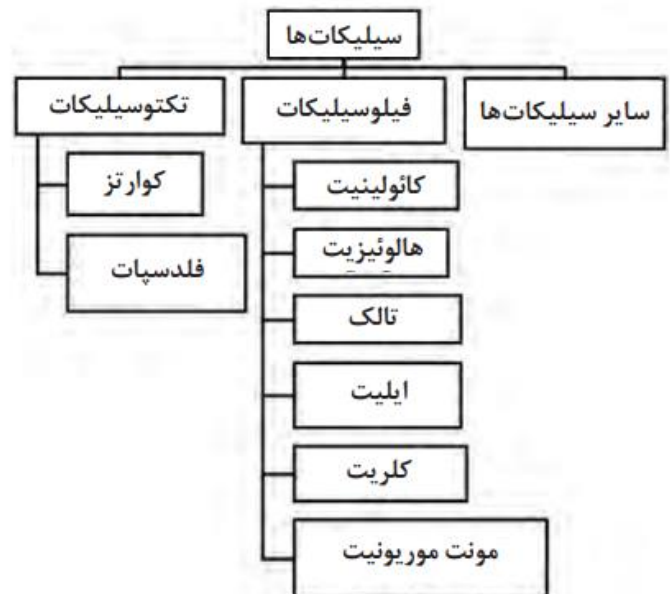
### ۳- بنتونیت

● بنتونیت خاکی است که بیش از ۷۰ درصد آن را کانی مونت مورینیت تشکیل می‌دهد و جذب آب زیادی دارد.

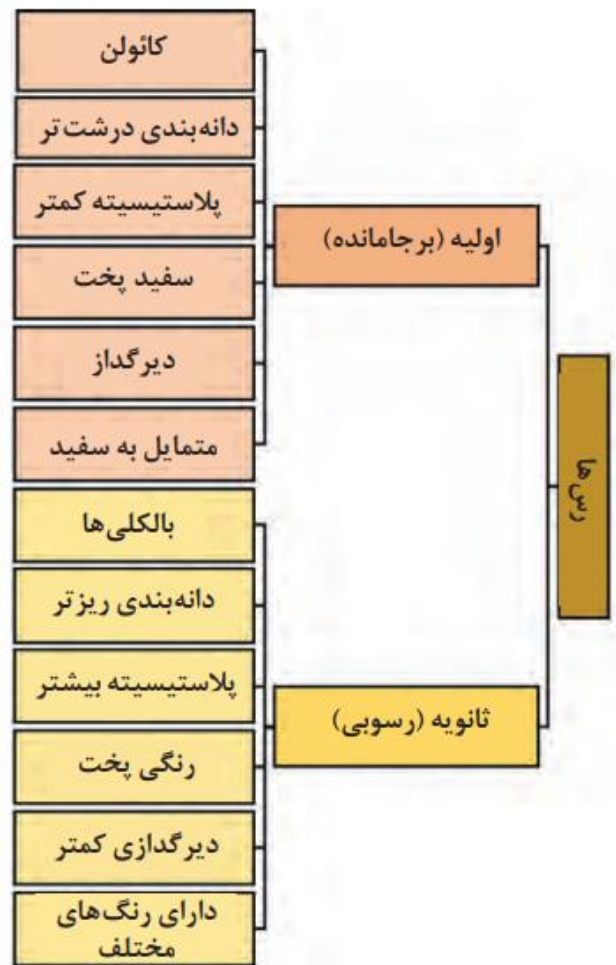
### ۴- رس‌های معمولی و شیل

● به رس‌هایی گفته می‌شود که اندازه دانه‌های آنها کمتر از چند میلی‌متر است و به اندازه کافی دارای خاصیت پلاستیسیته است و از کانی‌های رسی ایلیت، کلریت، اندکی کائولینیت و مونت مورینیت، همراه با برخی کانی‌های کلسیت، کوارتز و فلدسپات تجزیه نشده تشکیل شده است.

از دیدگاه کانی‌شناسی، رس‌ها در گروه فیلوسیلیکات‌ها (سیلیکات‌های ورقه‌ای) قرار می‌گیرند که شامل تقسیم بندی زیر می‌شوند:



رس ها از لحاظ چگونگی تشکیل، به رس های اولیه و ثانویه تقسیم می شوند:



## کائولن

کائولن ابتدا در سرزمین چین شناخته شد و لغت آن از کلمه چینی کائولینگ به معنی کوه بلند، گرفته شده است. ۱۷۰۰ سال قبل کائولن به صورت کوهی بلند در شمال چین کشف شده است. در قرون گذشته سنگ های این منطقه برای ساختن ظروف چین نیز مورد استفاده قرار گرفته است، از این رو واژه خاک چینی در مورد آن به کار می رود.

سنگ کائولن حالتی نرم و خاکی دارد که شک لپذیر بوده و معمولاً سفید رنگ است و ۵۰ تا ۹۵ درصد آن را کانی کائولینیت تشکیل داده است. کائولن از دگرسانی سنگهای حاوی کانیهای آلومینیوم دار مانند فلدسپات به همراه سایر کانیها مثل میکا یا کوارتز به وجود میآید.

کائولن از دگرسانی سنگ های حاوی کانی های آلومینیوم دار مانند فلدسپات به همراه سایر کانی ها مثل میکا یا کوارتز به وجود می آید.

جهت فرآوری کائولن به دو روش عمل می شود:

۱- کائولن استخراج شده از معدن به کارخانه ای که در نزدیکی معدن است، حمل شده و در آنجا بعد از شستشو و خالص سازی، آب اضافی توسط فیلتر پرس گرفته شده و کیک های به دست آمده به وسیله اکسترودر به قطعات کوچک برش داده میشود و بعد از خشک شدن، کائولن شسته شده وارد بازار مصرف میشود.

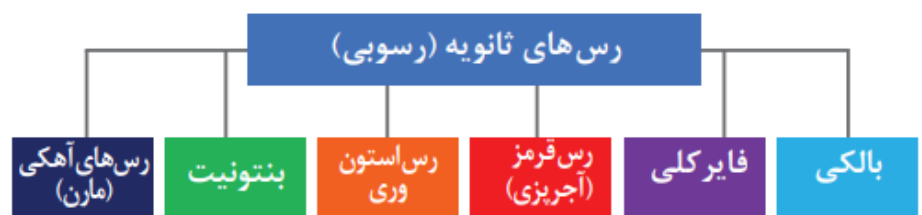
۲- در این روش برای استخراج کائولن از دستگاهی استفاده می شود که آب را با فشار زیاد به دیواره های معدن میپاشد تا کائولن مرغوب از دیوار ها شسته شود. سپس کائولن به همراه آب و با به جا گذاشتن ناخالصی ها، به داخل کانال هدایت میشود. سپس به داخل مخزن های آبگیر مجهز به همزن پمپ میشود. سرعت همزن مخزن ها با یکدیگر تفاوت دارد و سوسپانسیون از مخزنی با همزن سرعت بالا به مخزنی با همزن سرعت پایین، پمپ میشود. در این مخازن، کوارتز و میکای باقیمانده از طریق رسوب گذاری جدا می شود.

سوسپانسیون نهایی کائولن شامل مقدار زیادی آب است. بنابراین، ابتدا مقداری از آب از طریق حوضچه های سرباز تبخیر می شود (عمل هم زدن در اینجا هم ادامه دارد) و زمانی که سوسپانسیون به حد کافی غلیظ شد، با استفاده از فیلتر پرس آب آن را گرفته و کیک های حاصل از آن درون خشک کن ها حرارت داده میشود و به پودر خشک که همان کائولن است، تبدیل می شود.

### رس های ثانویه

در صورتیکه رس ها پس از پیدایش خود (کائولن) به وسیله آب به محل دیگری حمل شوند و در آنجا انباشته گردند رس های رسوبی یا ثانویه به وجود می آیند.

بیشتر رس ها جزء رس های ثانویه هستند که از این گروه میتوان به رس های زیر اشاره کرد.



### بالکی

مهم ترین رس ثانویه بالکلی است که عمده کانی موجود در آن کانولینیت است.



بالکلی

مواد آلی و کانی مونت مورینیت، ترکیبات آهن، تیتانیوم و نمک های محلول می توانند در بالکلی وجود داشته باشند.

کوارتز و کانی های میکادار به عنوان عمده ترین ناخالصی در بالکلی وجود دارد.

مزایای حضور بالکلی در بدنه	معایب حضور بالکلی در بدنه
<ul style="list-style-type: none"> <li>● پلاستیسیته بالاتر</li> <li>● افزایش استحکام خام و خشک بدنه</li> <li>● جلوگیری از ته نشینی ذرات در دوغاب</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تیره شدن رنگ بدنه پس از پخت</li> <li>● شوره زدن سطح قطعه</li> <li>● نیاز به روان ساز بیشتر به علت حضور مونت مورینیت در دوغاب.</li> </ul>

### فایرکلی (رس نسوز)

اصطلاح خاک نسوز به آن دسته از رسها گفته می شود که دیرگداز هستند و در حالت عادی دارای پلاستیسیته نبوده اما در صورت ریز شدن دارای خاصیت پلاستیسیته می شوند. شرایط به وجود آمدن این رس در طبیعت به این صورت بوده است که میزان آلومینیوم اکسید در آنها نسبتا زیاد است و در عین حال مواد قلیایی و آهن اکسید که در دیگر رس ها نقش گدازآور را به عهده دارند در این دسته از رس ها کم است. دیرگدازی رس های نسوز با توجه به درصد مواد تشکیل دهنده بین ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ درجه سلسیوس است. بنابراین در تولید دیرگدازها استفاده می شوند.

### رس استون وری

این خاک تقریبا مشابه بالکلی است، با این تفاوت که مقدار ناخالصی ها در آن بیشتر است. مقدار زیاد ناخالصی ها باعث می شود که رنگ بعد از پخت آنها نسبت به بالکلی ها بسیار تیره تر بوده و نیز در درجه حرارتی حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس بتوانند بدون افزایش گدازآور یا افزایش مقدار نسبتا کم از آن بدنه ای متراکم به وجود آورند.

### رس قرمز (آجرپزی)

### میراث ماندگار

گنبد سلطانیه بزرگترین گنبد آجری جهان، در شهر سلطانیه در استان زنجان قرار دارد و یکی از شاهکارهای معماری ایران در دوره ایلخانی است. این گنبد در حدود سال های ۷۰۴ تا ۷۱۲ هجری قمری، به دستور اولجایتو پادشاه مغول، معروف به سلطان محمد خداپنده ساخته شده است.

فرسایش و خردایش طبیعی رس های قرمز بیشتر از بالکلی است.

آهن موجود در این رس ها باعث ایجاد رنگ نارنجی و قهوه ای پس از پخت می شود و در بدنه نقش گداز آور دارد.

کانی های رسی موجود در این رس کائولینیت و ایلیت می باشد و معمولا دارای پلاستیسیته خوبی هستند.

ذخایر این رس اغلب به صورت روباز در سطح زمین پراکنده است بنابراین اولین رسی بوده است که انسان با آن آشنا شده و در طول هزاران سال جهت ساخت ظروف سفالین و آجر مورد استفاده قرار می گرفته است.

### بنتونیت

بنتونیت ها از هوازدگی و دگرسانی خاکسترهای آتشفشانی به وجود آمده و حاوی مقدار زیادی ذرات مونت موریونیت است. به علت وجود پیوندهای ضعیف میان ورقه های مونت موریونیت، به راحتی بر روی یکدیگر می لغزند و این ویژگی باعث میشود بنتونیت هنگام لمس، چرب به نظر برسد. این ویژگی همچنین سبب میشود که ذرات بنتونیت در محیط آبی چند برابر حجم خود آب جذب کرده و متورم شوند.

به طور کلی بنتونیت ها دو نوع هستند:

۱- سدیم دار

۲- کلسیم دار

در صنعت سرامیک بنتونیت های سدیم دار استفاده و کاربرد بیشتری دارند به این دلیل که در بنتونیت های سدیم دار، ورقه های مونت موریونیت می توانند در فاصله بیشتری از یکدیگر قرار گرفته و به عبارت دیگر بنتونیت های سدیم دار هنگام جذب آب دارای تورم بیشتری خواهد بود. بنتونیت ها در طبیعت به رنگ های مختلف یافت می شوند.

### رس های آهکی (مارن)

طبیعت با ترکیب سنگ آهک و رس، مجموعه ای از مواد اولیه پدید می آورد که نامگذاری آنها با توجه به مقدار سنگ آهک و رس موجود در آنها انجام می شود.

مارن رسی حاوی ناخالصی آهک است که مقدار زیاد این ناخالصی در رس باعث میشود که این نوع رس ترد و شکننده باشد.

بدنه حاوی این رس، بعد از پخت متخلخل از آنجایی که آهک در اثر حرارت دادن تجزیه می شود و گاز  $CO_2$  آزاد میکند خواهد شد، از اینرو در ساخت بدنه های متخلخل مانند ارتنورهای آهکی و همچنین کاشی های دیوار استفاده می شود.

### مواد اولیه نیمه پلاستیک

مواد اولیه نیمه پلاستیک موادی هستند که از لحاظ خواص پلاستیسیته بین مواد پلاستیک و غیرپلاستیک هستند. از معروفترین این مواد تالک و پیروفیلیت را میتوان نام برد.

تالک یکی از نرم ترین مواد معدنی شناخته شده است؛

به طوری که می توان آن را با ناخن خراش داد جهت مصرف، تالک را ابتدا به صورت پودر در آورده و سپس از آن برای تهیه صابون، کرم های آرایشی، رنگسازی و صنایع پلاستیک و سرامیک استفاده می کنند.

تالک کاربرد فراوانی در صنعت سرامیک دارد.



### مواد اولیه غیر پلاستیک

درصد زیادی از مواد اولیه ای که برای ساخت سرامیک ها مورد استفاده قرار می گیرند خاصیت پلاستیسیته از خود نشان نمی دهند. این ویژگی در مواد اولیه مورد استفاده در ساخت سرامیکهای نوین مشاهده میشود.



## فلدسپات

در ساخت بدنه های سرامیکی به ماده ای جهت کاهش دمای پخت نیاز است. این ماده که با عنوان ماده گدازآور یا فلاکس از آن نام برده میشود، در مرحله پخت ذوب شده و در مرحله سرمایش با ایجاد زمینه ای متراکم ذرات درشت دیگر را که دمای ذوب بالاتری دارند در برگرفته و باعث افزایش استحکام قطعه می شود.

اصلی ترین ماده گدازآور در بدنه های سرامیکی فلدسپاتها هستند.



میزان گدازآوری و دامنه پخت فلدسپاتها از عوامل مهم و مؤثر انتخاب یک آمیز است. دامنه پخت محدوده ای است که فلدسپات شروع به ذوب شدن میکند تا هنگامی که مذاب حاصل به صورت فرار درآید. پتاسیم فلدسپات نقطه ذوب و محدوده



پخت بالاتری نسبت به سدیم فلدسپات دارد به همین دلیل ترجیح داده میشود که در ساخت بدنه ها استفاده شود. سدیم فلدسپات به دلیل اینکه نقطه ذوب پایینتری دارد و مذاب بیشتر و روانتری تولید میکند بنابراین در لعاب بیشتر مصرف میشود. در بدنه ها از پتاسیم فلدسپات و در لعابها از سدیم فلدسپات استفاده میشود. نقطه ذوب و گرانبوی مذاب پتاسیم فلدسپات از سدیم فلدسپات بیشتر است.

### سیلیسیم اکسید (SiO<sub>2</sub>)

در ساخت بدنه های سرامیکی از مواد پرکننده نیز استفاده می شود. پرکننده ها مواد غیر پلاستیک و با دمای ذوب بالا هستند که وظیفه حفظ شکل اصلی بدنه در زمان پخت را به عهده دارند. علاوه بر این با کنترل انبساط و انقباض حرارتی در حین پخت از ترک خوردگی و شکست بدنه جلوگیری میکنند.

یکی از مواد پرکننده سیلیس است که در ترکیب بدنه ها و لعاب ها حضور دارد و به صورت مجزا در ساخت شیشه و دیرگدازهای سیلیسی نقش دارد.

**ماسه سیلیسی:** به شکل خرد شده و ریز شده سنگهای سیلیس یکه دریک جارسوب می کنند ماسه سیلیسی گفته می شود.

**ماسه سنگ سیلیسی:** زمانی که در لابه لای ذرات درشت ماسه، ذرات ریزتر ماسه قرار گیرند و با سیمانی کردن به سنگ تبدیل شود، ماسه سنگ سیلیسی ایجاد می شود.

**گانیستر:** ماسه سنگی با ذرات بسیار ریز است که مقادیری مواد رسی نیز به همراه دارد.

**کوارتزیت:** این سنگ از دگرگونی ماسه سیلیسی به وجود می آید. این دگرگونی پیوند بین ذرات آن را به شدت سخت و محکم میکند.

**فلینت:** از بلورهای بسیار ریز کوارتز، آب، کلسیم کربنات و مواد آلی تشکیل شده است. رنگ آن قهوه ای روشن، خاکستری یا سیاه است که در اثر حرارت دادن و سوختن مواد آلی به رنگ سفید در می آید.

**دیاتومیت ها:** سنگ های رسوبی متشکل از ذرات ریز و بی شکل سیلیسی است که در اثر تجمع پوسته یا اسکلت های فسیل شده جلبک ها و گیاهان و جانوران میکروسکوپی و تک سلولی به نام دیاتومه تشکیل شده است.

### کربنات ها، سولفات ها و اکسیدها

#### دولومیت

- کلسیم و منیزیم کربنات مضاعف  $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ .
- از دولومیت در ساخت دیرگداز استفاده می شود.
- در لعاب های دما بالا به عنوان کمک ذوب استفاده می شود.

#### کلسیت

- کلسیم کربنات  $\text{CaCO}_3$ .
- در بدنه های پخت بالا و لعاب نقش گذار آور دارد.

#### منیزیت

- منیزیم کربنات  $\text{MgCO}_3$ .
- در ساخت دیرگدازها استفاده می شود.



آرامگاه فردوسی از سنگ مرمر (کلسیم کربنات) ساخته شده است.

#### سولفات

ژیپس (سنگ گچ)

کلسیم سولفات  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

بعد از پخت به گچ نیمه هیدراته تبدیل می شود.

از گچ در ساخت قالب برای تولید محصولات سرامیکی به روش ریخته گری دوغابی و شکل دادن پلاستیک استفاده می شود.



## اکسیدها

مواد اکسیدی به صورت منفرد و همچنین همراه با مواد دیگر نقش زیادی در ساخت محصولات سرامیکی دارند.

**آلومینیوم اکسید (آلومینا):** بیشتر به صورت هیدراته در سنگ بوکسیت یافت میشود که با فراوری این سنگ، آلومینیوم اکسید (آلومینا) تولید میشود. آلومینا در ساختارهای بلوری مختلفی وجود دارد که نوع پایدار آن کوراندوم نام دارد. سختی زیاد، دیرگدازی، مقاومت بالا در برابر شوک حرارتی و مقاومت در برابر اسیدها و بازها از جمله دلایل استفاده گسترده از این ماده است. همچنین آلومینا به عنوان یک پرکننده در بدنه های سرامیکی به کار میرود.

**زیرکونیوم اکسید (زیرکونیا):** نقطه ذوب بالا، مقاومت شیمیایی خوب در دمای بالا، هدایت حرارتی کم و شوک پذیری حرارتی خوب از ویژگیهای زیرکونیوم اکسید است.

کانی بادلیت حاوی زیرکونیوم اکسید است که از خالص سازی و تثبیت شدن آن، زیرکونیا تولید می شود.

زیرکونیوم سیلیکات نیز در ساخت دیرگدازهای زیرکونی، چینیهای الکتریکی و شیمیایی مانند چینی شمع اتومبیل و همچنین اپک کننده لعاب استفاده می شود.

## پودمان ۴

### فناوری و سرامیک

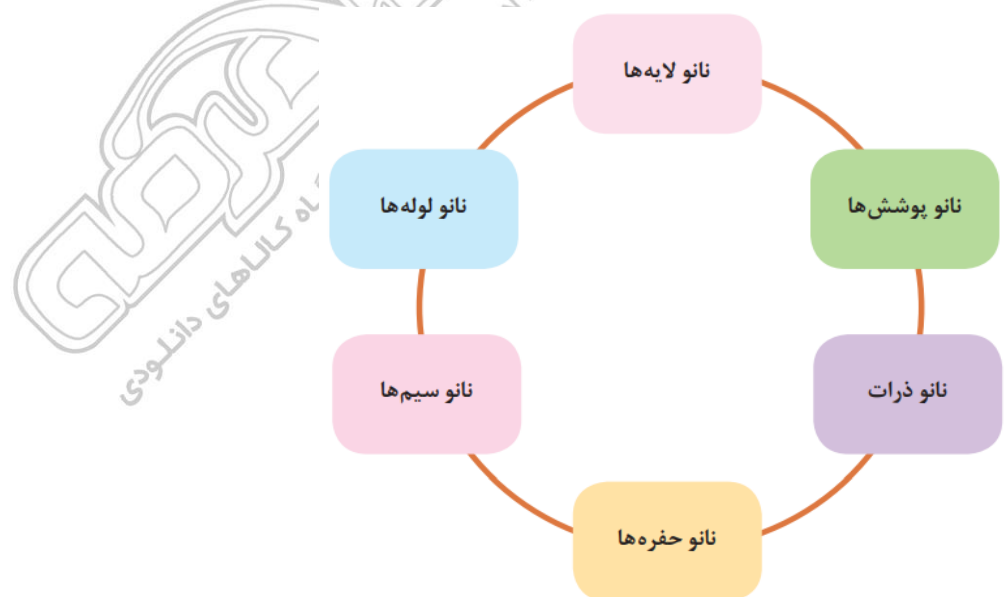
### نانومواد و نانو سرامیک

نانوفناوری بر صنایع الکترونیک و داروسازی، مراقبت از سلامتی، آب و هوا و محیط زیست، انرژی، شیمی و کشاورزی، علوم رایانه و فناوری اطلاعات اثر می گذارد. این علم، شکل بیشتر صنایع را تغییر می دهد و باعث ساخت وسایل کوچک تر، ارزان تر و سبک تر با تحمل و سرعت بیشتر می شود. به این ترتیب مواد خام و انرژی کمتر مصرف می شود. از کاربردهای دیگر نانو فناوری می توان به افزایش سرعت رایانه ها و گسترش علوم ارتباطات اشاره کرد. نانوالکترونیک ظرفیت تجهیزات نظامی را گسترش می دهد، روبات ها را پیشرفته تر می کند و به علوم مختلف نظیر فیزیک، شیمی و مهندسی تولدی دوباره می دهد. با نانو فناوری می توان ساختمان ها و خودروهایی با مصالح و مواد اولیه سبک تر و مقاوم تر ساخت.

## نانو مواد

موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، نانو مواد در نظر گرفته می شود. یک نانومتر برابر با یک میلیاردم متر است. این اندازه ۵۰۰۰۰ بار کوچک تر از قطر یک تار موی انسان است. به طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر، طولی معادل یک نانومتر را می سازند که این خود به نوع اتم بستگی دارد یک نانومتر = ۶ اتم هیدروژن در کنار یکدیگر کوچک ترین اشیای قابل دید توسط چشم غیر مسلح اندازه ای حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر دارد.

## دسته بندی نانو مواد



## نانو پوشش ها

یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به طور گسترده و موثری مورداستفاده قرار گرفته است، پوشش ها و فرآیندهای پوشش دهی است. تحقیقات صورت گرفته بر روی نانو پوشش ها نشان می دهد که خواص آنها نسبت به پوشش های معمولی بهبود چشمگیری یافته است.

پوشش‌ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل تا صنایع لوازم خانگی هستند. نانو پوشش‌ها از سطوحی که در معرض آسیب‌های محیطی مانند باران، برف، نمک‌ها، رسوب‌های اسیدی، اشعه ماورای بنفش، نور آفتاب و رطوبت می‌باشند، محافظت می‌کنند.

### نانو سرامیک‌ها

با پیدایش نانو فناوری، نانو سرامیک‌ها هرچه بیشتر اهمیت خود را نشان دادند. زمان تولید نانو سرامیک‌ها را می‌توان دهه ۹۰ میلادی دانست. در این زمان نانو پودرهای سرامیکی تولید شدند. با استفاده از نانو پودرها، دمای پخت کاهش می‌یابد و روش‌های ساخت مواد ساده‌تر می‌شود و در نتیجه هزینه تولید نیز کاهش خواهد یافت.

نانوسرامیک‌ها، سرامیکهایی هستند که اجزای سازنده آنها در حد نانومتر است و دارای خواص مکانیکی بهتر مانند استحکام بالاتر و انعطاف پذیری بیشتر هستند و همچنین خواص الکتریکی، مغناطیسی و نوری مطلوب‌تری خواهند داشت.

یکی از مشکلات سرامیک‌ها شکنندگی آنهاست که با تولید سرامیک‌هایی در مقیاس نانو قابلیت شکل‌پذیری و ضربه‌پذیری آنها بهبود می‌یابد.

### سرامیک‌ها و عصر الکترونیک

الکترونیک به طور قابل توجهی دزدگی ما را دربرگرفته است به نظرمی رسد هر محصولی که می‌خریم از الکترونیک در آن استفاده شده است مانند دستگاه پخت نان که قابلیت گسترش است. در فناوری ساخت رایانه‌ها نیز امکان وقوع تحولاتی با استفاده از تراشه‌های نانسرامیکی به جای تراشه‌های سیلیکونی وجود دارد.

### چگونگی ساخت مدارهای مجتمع

اولین گام در ساخت مدار مجتمع ایجاد یک تک بلور بسیار خالص سیلیسیمی است. دانشمندان یک روش متفاوت برای این کار ابداع کردند؛ آنها سیلیسیم رادر یک بوته ساخته شده از سرامیک سیلیسی، ذوب کردند. پس از ذوب سیلیسیم، تک بلور آن با روش مشابه ساخت نبات ایجاد می‌شود. دومین گام ساخت مدارهای مجتمع برش دادن میله تک بلور به شکل صفحات نازک با ضخامت بسیار کم و سایش و پولیش آنها تا رسیدن به یک سطح صاف و آینه‌ای است. این روش شکل‌دهی ضروری است زیرا قطعاتی بر روی سطح این صفحات قرار داده می‌شوند که پهنایی حدود ۵۰۰ نانومتر دارند. تمام گام‌های برش، سایش و پولیش به وسیله سرامیک‌ها انجام می‌شود. پس از این مرحله‌ها لایه‌های متوالی با روش‌های مختلف بر روی زیر پایه سیلیسیمی قرار داده می‌شود.

### انواع کاربردهای الکتریکی سرامیک‌ها

#### نارساناهای الکتریکی سرامیکی

از زمان کشف الکتریسیته، سرامیک هاو شیشه ها به عنوان نارسانهای الکتریکی مورداستفاده قرار گرفته اند.

سرامیک ها به عنوان نارسانهای الکتریکی تقریبا در همه دستگاه های الکتریکی مورد استفاده قرارگرفته اند؛ به طور مثال سرامیک ها در رادیو، تلویزیون، لوازم برقی خانگی، سامانه های میکروویو، رایانه ها، دستگاه های صنعتی، پزشکی و سامانه های فضانوردی و نظامی به کار گرفته می شوند. یکی از قدیمی ترین کاربردهای نارسانهای سرامیکی، نارسانهای خطوط انتقال برقی است که برق را از مدار هیدروالکترونیک به نیروگاه های برق و سپس به خانه ها منتقل می کنند.

ازجمله کاربردهای مهم نارسانهای الکتریکی در زیرپایه های الکتریکی است که اجزای الکتریکی بر روی آن قرار گرفته و به هم متصل می شوند. مهم ترین سرامیک با این کاربرد آلومینا است؛ زیرا از هدایت حرارت بالایی برخوردار است. در برخی از محصولات مانند برخی از اجزای لیزر به سرامیک هایی نیاز است که حرارت را بهتر از آلومینا منتقل می کنند.

### سرامیک های دی الکتریک و خازن ها

کاربرد مهم سرامیک های دی الکتریک در تلفن همراه است که در آن دی الکتریک به عنوان فیلتر عمل می کند. گوشی تلفن همراه مرتب در معرض امواج ناخواسته رادیویی، تلویزیونی و امواج خواسته تلفنی قرار دارد. سرامیک دی الکتریک در یک تلفن همراه به نحوی طراحی شده است که فقط فرکانس تلفن از آن عبور کرده و بقیه فرکانس ها را جدا می کند.

### سرامیک های مغناطیسی

سرامیک ها می توانند خاصیت مغناطیسی داشته باشند و در دستگاه های ضبط، نوار ضبط، بلندگوها و در تمام موتورهای لوازم جانبی خودروها که حرکت دارند (مانند موتور برف پاک کن، صندلی های برقی و پنجره های برقی) به کار روند.

### مصارف پزشکی

اولین کاربرد سرامیک های پزشکی مربوط به عدسی عینک است که به قرن دوازدهم برمی گردد. سپس پرسالن های سرامیکی به عنوان جایگزین برای دندان ها مطرح و مورد استفاده قرار گرفتند.

### سرامیک های دندان

پرسالن سرامیکی شباهت زیادی به دندان طبیعی دارد. قبل از آن، مواد دیگری مانند عاج، استخوان، چوب و دندان حیوانات نیز برای این کار مورد استفاده قرار گرفته بود. اما این مواد چندان مؤثر نبودند، زیرا به سرعت لکه دار می شدند.

سرامیک ها علاوه بر دندان مصنوعی به عنوان روکش پکردنی و تاج دندان نیز مورد استفاده قرار گرفته اند.

### پیوند گوش میانی

بسیاری از مردم به دلیل بیماری یا آسیب به استخوان های کوچک گوش که لرزش های صدا را از پرده صماخ به گوش داخلی منتقل می کنند، دچار مشکل ناشنوایی می شوند. جایگزین های پلیمری و فلزی زیادی برای گوش میانی مورد استفاده قرار گرفته است، اما به دلیل عدم پیوند این جایگزین با پرده صماخ کارایی مناسبی نداشته است. دانشمندان موفق به ساخت شیشه ای شده اند که با بدن سازگاری دارد و با بافت های نرم و سخت پیوند برقرار می کنند و توسط بدن پس زده نمی شوند.

## دریچه قلب

یکی از نارسایی های قلبی مربوط به دریچه های آئورتی است که نمی توانند با هر بار تپش قلب به درستی بسته شوند. هنگامی که دریچه های قلب به خوبی عمل نمی کنند، خونی که باید از قلب خارج شود مجدداً به قلب باز می گردد که باعث کاهش میزان خون جریان یافته باهر ضربان قلب می شود. دانشمندان علم سرامیک یک دریچه مکانیکی مصنوعی سرامیکی ساخته اند که استفاده از آن موفقیت آمیز بوده است. این دریچه از یک ماده کربنی ویژه به نام کربن پیرولیتیک ساخته شده است و مانند دری که فتر به آن وصل شده است عمل می کند. این دریچه باهر بار ضربان قلب باز و سپس بسته می شود. کربن پیرولیتیک برای جایگزین شدن به جای استخوان نیز مناسب است.

## سرامیک های مورد استفاده در دستگاه های تنظیم ضربان قلب

قلب عضوی است که با سرعت ثابتی می تپد. گاهی به ویژه در پیری ضربان قلب به نحو خطرناکی افزایش می یابد. پزشکان متوجه شده اند که شوک های الکتریکی ما لیم می تواند ضربان قلب را به سرعت معمولی بازگرداند. دستگاه تنظیم ضربان قلب، دستگاهی است که با عمل جراحی در قفسه سینه کار گذاشته می شود تا برای کنترل سرعت ضربان قلب به طور پیوسته پالس های الکتریکی رها کند. نارسانهای الکتریکی، خازن های سرامیکی و واشرهای شیشه ای که مانع از ورود مایعات بدن به داخل دستگاه می شوند از اجزای مهم این دستگاه محسوب می شوند. امروزه حتی محفظه بیرونی برخی از این دستگاه ها از سرامیک هایی مانند آلومینا ساخته می شود زیرا سرامیک ها بیش از سایر مواد با بدن سازگار هستند.

## کاربردهای دما بالای سرامیک ها در هوا. فضا

کاشی های سرامیکی که سطح فضاپیما را می پوشانند به عنوان محافظ حرارتی عمل می کنند. در موتورهای توربین گازی، سرامیک هایی با ضخامت بسیار کمتر به عنوان پوشش های محافظت حرارتی به کار می روند تا از فلز زیرین در برابر دمای بالای موتور محافظت کنند.

## پودمان ۵

### کاربرد سرامیک ها در محیط زیست

### نقش سرامیک ها در حفظ انرژی

بشر در قرون گذشته به ویژه از زمان اختراع خودرو منابع انرژی طبیعی مانند زغال سنگ و نفت را بیش از حد اتلاف کرده است. زغال سنگ و نفت منابع تجدیدناپذیر هستند، بنابراین باید جایگزینی برای آنها در نظر گرفته شود و همچنین از اتلاف آنها جلوگیری شود.

### عایق کاری با الیاف شیشه ای

یکی از مهمترین برنامه ها در زمینه حفظ انرژی ابداع عایق های حرارتی ساخته شده از الیاف شیشه ای است که برای حفظ انرژی در دیوارها، سقفها و ساختمانها به کار رفته است. این عایق ها در سالهای ۱۹۳۱ تا ۱۹۳۷ میلادی ساخته شده اند. الیاف شیشه ای رشته های نازک از جنس شیشه (پشمک مانند) با تخلخل های زیاد هستند و هوای داخل تخلخل ها مانع انتقال حرارت میشود. برای ساخت این الیاف، مذاب شیشه از انتهای محفظه ای با تعداد زیاد سوراخ ریز خارج میشود و حالت رشته ای دارد. پس از دمیدن هوا و بخار پرفشار به آنها تبدیل به الیاف نازک شیشه ای میگردد. (در طی این فرایند از گلوله شیشه ای که در حدود ۵/۱ سانتی متر قطر دارد، الیافی به طول ۱۵۰ کیلومتر نیز تولید شده است).

### شیشه های دوجداره و پوشش های بازتابنده

الیاف شیشه ای برای کاربرد در دیوارها و ساختمان ها بسیار مناسب بوده، اما کدر هستند و نمی توانند برای عایق بندی پنجره ها به کار برده شوند. برای کاهش اتلاف حرارت از پنجره ها، شیشه های دو جداره ابداع شدند که در بین دو جداره هوای ساکن قرار دارد. همچنین روش دیگری که برای کاهش اتلاف حرارت از پنجره پیشنهاد شده، پوشاندن شیشه پنجره با یک لایه بسیار نازک از یک فلز بازتابنده است.

### خودروهای دارای مصرف سوخت کم

بیشتر نفت وارداتی کشورها در پالایشگاه های بزرگ فراوری می شود تا به بنزین و گازوئیل مورد نیاز برای خودروها تبدیل شود. میزان مصرف سوخت خودروها در ۲۵ سال گذشته کاهش چشمگیری داشته است. بخشی از این کاهش با توسعه و تولید خودروهای سبک وزن که مصرف سوخت کمتری دارند، تحقق یافته است. جایگزین کردن آلیاژهای فلزی سنگین با کامپوزیت های تقویت شده با سرامیک ها منجر به کاهش شدید وزن خودروها شده است. همچنین روی کارآمدن حسگرهای اکسیژن و سامانه های کنترل الکترونیکی در موتور خودرو نیز تأثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت داشته است.

### فندک های سرامیکی

گاز طبیعی منبع انرژی مهم دیگری است که ترکیب آن متان است و از چاه های نفت به دست می آید. بسیاری از وسایل گرمایشی نظیر اجاقهای خانگی با گاز طبیعی روشن میشوند. تا اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی، در وسایلی که با این سوخت کار میکردند از شمعک استفاده میشد. شمعک شعله کوچکی است که دائماً میسوزد تا برای روشن کردن دستگاه مجبور به استفاده از کبریت نباشیم. براساس بررسی های صورت گرفته شمعک ها گاز طبیعی خانه ها را تلف میکنند. به منظور



جلوگیری از این اتلاف، فندکهای سرامیکی طراحی و ابداع شدند که منجر به صرفه جویی عظیمی در مصرف گاز طبیعی شدهاند. این فندکها از ترکیب سرامیکی به نام سیلیسیم کاربید تشکیل شده است. هنگامی که فندک روشن میشود، جریان از سیلیسیم کاربید عبور میکند و در چند ثانیه به قدری گرم میشود که با این گرما میتوان گاز طبیعی را روشن کرد.

### مشعل های تابشی

حوزه صنعتی دیگری که سرامیک ها برای صرفه جویی در انرژی در آن کاربرد دارند، در زمینه حرارتدهی تابشی با استفاده از مشعل است. این مشعلها آلودگی بسیار کمی دارند و برای خشک کردن رنگ، شکل دادن شیشه خودرو و گرم کردن هوا در صنایع گوناگون به کار میروند. به منظور افزایش بازده این مشعلها، یک توری کامپوزیتی از جنس سیلیسیم کاربید در سطح آنها قرار میگیرد. این توری باعث میشود که انتقال حرارت تابشی از مشعل تقریباً دو برابر شود.

### سرامیک ها و منابع انرژی تجدید پذیر

#### انرژی باد و آب

سوزاندن نفت و زغال سنگ باعث مصرف منابع طبیعی می شود که تشکیل آنها چندین میلیون سال به طول انجامیده است و این منابع تجدیدناپذیر هستند، بنابراین باید منابع تجدیدپذیر جایگزین آنها شوند. آسیابهای بادی و سدهای هیدروالکتریک دو منبع انرژی تجدیدپذیر هستند که سالیان زیادی مورد استفاده قرار گرفته اند. سرامیکها در این دو فناوری نیز دارای اهمیت خاصی هستند. در هر دوی این فناوریها از سرامیکهای الکتریکی به ویژه نارساناهای الکتریکی استفاده میشود.

#### انرژی خورشید

نورخورشید منبع انرژی مهمی است که برای تولید انرژی های نو مورد توجه قرار دارد. راه های زیادی برای استفاده از انرژی خورشید وجود دارد. از جمله این روش ها، متمرکز کردن نور خورشید توسط آینه ها است که با این روش میتوان حرارت مورد نیاز برای راه اندازی یک توربین را فراهم کرد. روش دیگر تولید الکتریسیته با پیل های فوتو - ولتایی است که به نام پیل خورشیدی معروف هستند. پیل های خورشیدی از نیم رسانای سیلیسیم ساخته میشوند. بنابراین پیل خورشیدی میتواند با تابش نورخورشید بدون هزینه و آلودگی، الکتریسیته تولید کند. درحال حاضر تلاشهای زیادی برای گسترش این نوع انرژی صورت گرفته است.

پیل های خورشیدی به دلیل زیر هنوز گسترش زیادی نیافته اند:

۱. گران هستند. ۲. بازده بالایی ندارند (به تعداد زیادی از آنها نیاز است تا برق مصرفی یک خانه تأمین شود). ۳. فقط هنگامیکه خورشید در آسمان است کار میکنند. ۴. جریان الکتریسیته مستقیم ایجاد میکنند، درحالی که برای روشن کردن لوازم الکتریکی خانه ها به جریان متناوب نیاز است.

## انرژی هسته ای

سرامیک ها در صنعت انرژی هسته ای نیز کاربرد دارند که شامل قرص سوختی، میله کنترل و دفع زباله های رادیواکتیو است. سوخت مورد استفاده در راکتورهای سنتی عمدتاً از جنس اورانیم اکسید که یک نوع سرامیک ست، میباشد. واکنش هسته ای قرص های سوخت اورانیم اکسید، گرما ایجاد میکند که این گرما به آب منتقل میشود و به وسیله ژنراتورهای بخار به الکتریسیته تبدیل میشود. راکتورهای جدیدتر که رآکتور سریع نامیده میشوند، از سوخت پرنرژیتیتری که مخلوطی از اورانیم اکسید و پلوتونیم اکسید است استفاده میکنند و گرما را به طور مؤثرتر و ایمن تری به یک فلز مذاب منتقل میکنند.

مهمترین کاربرد سرامیک ها در صنعت هسته‌ای در دفن زباله های هسته ای رادیواکتیو است. ورود زباله های رادیواکتیو به داخل هوا یا آبهای زیرزمینی آسیب های زیادی را ایجاد می کند.

### سوزاندن زباله ها و مواد شیمیایی خطرناک

یکی از مسائلی که محیط زیست را تهدید می کند انباشته شدن زباله ها است. از جمله فناوری هایی که در سال های اخیر در این زمینه انجام شده سوزاندن زباله های شهری است. در ابتدا زباله ها به مراکز دفن زباله حمل شده و سپس به کارخانه های صنعتی منتقل می شوند. در آنجا ماشینهای خودکار، مواد قابل بازیافت را جدا می کنند و بقیه را در کوره های بزرگ میسوزانند و حرارت ایجاد شده برای تولید الکتریسیته استفاده میشود. به منظور جلوگیری از انتقال و اتلاف حرارت، زباله سوزها با سرامیک ها آسترکاری میشوند. همچنین سرامیک ها در زدودن ذرات خاکستر از هوایی که از زباله سوزها خارج میشود نیز نقش دارند. بسیاری از مواد شیمیایی مضر و نیز سلاح های شیمیایی نظامی به قدری خطرناک هستند که نمیتوان آنها را دفن کرد یا در زباله سوزهای معمولی سوزاند. این مواد در زباله سوزهای ویژه‌ای سوزانده میشوند تا به موادی بی خطر تبدیل شوند که معمولاً جنس زباله سوزها طرامیکی است.

### آب و فاضلاب

بیشتر فرایندهای صنعتی به آب نیاز دارند و آبهای مصرفی برای آنها اغلب در حین فرایند به اسیدها، بازها و مواد شیمیایی حل شده و ذرات جامد آغشته میشوند و باید قبل از استفاده مجدد یا بازگشت به محیط زیست تصفیه شوند. کانالهای انتقال آب آلوده و مخازنی که آب در آنها مورد عملیات پاکسازی قرار میگیرد، اغلب آسترهایی از جنس سرامیکها دارند. همچنین آبهای آلوده از فیلترهای سرامیکی عبور داده میشود تا ذرات ناخواسته از آن جدا شود. همچنین برای ایجاد واکنشهای پاک سازی آبها، گازهای داغی از میان سرامیک های متخلخل داخل آب دمیده میشود.

### مهار لکه های نفتی

یکی از شگفت انگیزترین کاربرد سرامیک‌ها، مهار لکه های نفتی نشت کرده از تانکرهای دریایی است. دانشمندان به این نتیجه رسیدند که آلودگی حاصل از سوزاندن، ضرر بسیار کمتری نسبت به پخش شدن نفت از دریا و رسیدن به خشکی دارد. برای مهار لکه های نفتی آن را با یک ساختار شناور به نام بوم محاصره می کنند و سپس سوزانده میشوند.



## ❖ فصل دوم: نکات مهم دانش فنی پایه رشته سرامیک پایه دهم کد ۲۱۰۵۰۸ تالیف

### ایران عرضه

- ۱- رشته سرامیک یکی از وسیع ترین و مهمترین شاخه های علم مهندسی مواد میباشد. سرامیک به طور کلی علم ساختن و بکار بردن اشیای جامدی است که اجزای تشکیل دهنده اصلی و عمده آنها مواد غیر آلی و غیر فلزی است.
- ۲- فیبرهای نوری می توانند با سرعت غیر قابل تصویری داده ها را منتقل کرده و انسان را در زمینه ارتباطات جلو ببرند. اسفنج های دریایی الهام خوبی برای ساخت فیبرهای نوری هستند.
- ۳- یکی از عوامل تأثیرگذار در ابداع سرامیک ها در این دوره پیشرفت در طراحی کوره های دما بالا برای پخت سفال ها بود. همچنین سفالگران نوع جدیدی از کوره را که دارای دو محفظه، یکی برای سوخت و دیگری برای پخت ظرف های سرامیکی بود را ابداع کردند.
- ۴- خواص یک ماده بر اساس ترتیب قرارگیری اتم ها و پیوند بین آنها تعیین می شود انواع پیوند های اتمی در جامدات شامل فلزی، یونی، کووالانسی و پیوند های ثانویه است.
- ۵- آمورف: اگر اتمها در ساختار هیچگونه نظم نداشته باشند و یا دارای نظم از نوع کوتاه برد باشند، ساختار آمورف نامیده میشود، مانند شیشه. برخی از مواد با ساختار کریستالی ممکن است به صورت تک کریستال یا چندکریستال (پلی کریستال) باشند.
- ۶- یک کریستال از مجموع اتم هایی تشکیل شده است که با نظم معینی در تمام حجم کریستال توزیع شدهاند. اگر به طور فرضی مرکز این اتم ها به هم وصل شوند سیستمی به وجود می آید که شامل تعداد زیادی متوازی السطوح است، این سیستم را شبکه کریستالی می نامند.
- ۷- برای بررسی ساختار یک شبکه کریستالی کافی است کوچکترین قسمت شبکه یعنی سلول واحد در نظر گرفته شود.
- ۸- از فراوان ترین عناصر موجود در پوسته زمین عناصر سیلیسیم Si اکسیژن O و آلومینیوم Al می باشند.
- ۹- استحکام عبارت است از میزان مقاومت یک جسم در برابر تغییر شکل، بدون آنکه دچار شکست شود. استحکام فشاری و کششی از مهمترین مفاهیمی هستند که مورد بررسی قرار می گیرند.
- ۱۰- میزان مقاومت یک ماده در برابر خراش برداشتن توسط اجسام خارجی را سختی می نامند و هر چقدر سختی یک ماده بیشتر باشد، مقاومت به خراش آن بیشتر خواهد بود.

۱۱- ماده چقرمه به ماده‌های گفته می شود که در برابر ایجاد ترک و گسترش ترک مقاومت کند مواد ترد مثل شیشه از چقرمگی بسیار پایینی برخوردار هستند هرگاه در اثر ضربه ترک کوچکی در آن ایجاد شود این ترک به سرعت در تمام سطح قطعه گسترش می یابد.

۱۲- خواص فیزیکی مواد ، به ساختمان اتمی آنها بستگی دارد. نوع پیوند میان اتم ها و چگونگی قرارگیری آنها در کنار یکدیگر از مواردی است که بر این خاصیت تأثیر مستقیمی دارد.

۱۳- نقطه ذوب درجه حرارتی است که ماده جامد در آن درجه حرارت به حالت مایع تبدیل می شود برای مثال این درجه حرارت برای یخ، صفر درجه سلسیوس است مواد و عناصر خالص دمای ذوب ثابتی دارند.

۱۴- مواد سرامیکی تک عنصری شامل اتم های چهار ظرفیتی نظیر Si، C و Ge هستند عنصر بور B نیز از مواد سرامیکی تک عنصری محسوب می شود.

۱۵- سرامیک های پیشرفته شامل کاربید ها، برید ها، نیتريد ها و اکسیدها هستند. این سرامیک ها اغلب به دلیل مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی بالایی که در دمای بالا دارند، در ساخت قطعات موتورهای جت و توربین ها بهکار میروند.

۱۶- سنگ ها بر اساس نحوه شکل گیری شان به سه گروه اصلی آذرین، رسوبی و دگرگونی تقسیم می شوند که همگی دربردارنده کانی ها و مینرال های متنوعی هستند.

۱۷- رنگ بخش های سالم و هوا نزده کانی معیاری برای تشخیص آن است. باید توجه داشت نمونه های مختلف، رنگ های متفاوتی دارد. به عنوان مثال کانی کوارتز ممکن است به رنگ های سفید، شیری، گلی، بنفش، دودی و بیرنگ دیده شود.

۱۸- رفتار هر یک از کانی های رسی در مجاورت با آب بسیار متفاوت است. پلاستیسیته، چسبندگی و تورم از جمله رفتارهای کانی های رسی پس از جذب آب است.

۱۹- بالاترین میزان پلاستیسیته به ترتیب در رس های مونت موریونیت، کائولینیت و ایلیت وجود دارد. اگر خاک های رسی دارای ویژگی پلاستیسیته مناسب باشند خاک پلاستیک یا چسبنده و در غیر اینصورت خاک های غیر پلاستیک یا غیر چسبنده نامیده می شوند.

۲۰- رس هایی که پلاستیسیته زیادی دارند اغلب به نام رس های چسبنده معروف هستند. این رس ها پس از مخلوط شدن با آب و افزودن حتی بیش از ۵۰ درصد مواد غیر پلاستیک میتوانند خمیری شکل پذیر ایجاد کنند.

۲۱- اصطلاح خاک نسوز به آن دسته از رسها گفته می شود که دیرگداز هستند و در حالت عادی دارای پلاستیسیته نبوده اما در صورت ریز شدن دارای خاصیت پلاستیسیته می شوند.

۲۲- رس استون وری: این خاک تقریباً مشابه به الکلی است، با این تفاوت که مقدار ناخالصی ها در آن بیشتر است. مقدار زیاد ناخالصی ها باعث می شود که رنگ بعد از پخت آنها نسبت به الکلی ها بسیار تیره تر بوده. بوده و نیز در درجه حرارتی حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس بتوانند بدون افزایش گدازآور یا افزایش مقدار نسبتاً کم از آن بدنه ای متراکم به وجود آورند.

۲۳- بنتونیت ها از هوازدگی و دگرسانی خاکسترهای آتشفشانی به وجود آمده و حاوی مقدار زیادی ذرات مونت موریونیت است. به علت وجود پیوندهای ضعیف میان ورقه های مونت موریونیت، به راحتی بر روی یکدیگر می لغزند و این ویژگی باعث میشود بنتونیت هنگام لمس، چرب به نظر برسد.

۲۴- مارن رسی حاوی ناخالصی آهک است که مقدار زیاد این ناخالصی در رس باعث میشود که این نوع رس ترد و شکننده باشد.

۲۵- یکی از مواد پرکننده سیلیس است که در ترکیب بدنه ها و لعاب ها حضور دارد و به صورت مجزا در ساخت شیشه و دیرگدازهای سیلیسی نقش دارد.

۲۷- یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به طور گسترده و موثری مورداستفاده قرارگرفته است، پوشش ها و فرآیندهای پوشش دهی است تحقیقات صورت گرفته بر روی نانو پوشش ها نشان می دهد که خواص آنها نسبت به پوشش های معمولی بهبود چشمگیری یافته است.

۲۸- کاربرد مهم سرامیک های دی الکتریک در تلفن همراه است که در آن دی الکتریک به عنوان فیلتر عمل می کند. گوشی تلفن همراه مرتب در معرض امواج ناخواسته رادیویی، تلویزیونی و امواج خواسته تلفنی قرار دارد.

۲۹- گاز طبیعی منبع انرژی مهم دیگری است که ترکیب آن متان است و از چاههای نفت به دست می آید. بسیاری از وسایل گرمایشی نظیر اجاقهای خانگی با گاز طبیعی روشن میشوند.

۳۰- مهار لکه های نفتی یکی از شگفت انگیزترین کاربردهای سرامیک ها، مهار لکه های نفتی نشت کرده از تانکرهای دریایی است. دانشمندان به این نتیجه رسیدند که آلودگی حاصل از سوزاندن، ضرر بسیار کمتری نسبت به پخش شدن نفت از دریا و رسیدن به خشکی دارد.