بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

دانش فنی پایه

رشتهٔ سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی پایه (رشتهٔ سرامیک) ـ ۲۱۰۵۰۸
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: غلامرضا امامی‌میبدی، هادی برزگربفرویی، حمید تقی‌پور ارمکی، ندیٰ دیده‌ور، الهام صمدبین، ناصر ضیاییان‌مفید (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ سیدعلی موسوی (طراح جلد) ـ جهانگیر سرزارع، مهلا مرتضوی (صفحه‌آرا)ـ فاطمه رئیسیان فیروزآباد (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن :۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ نهم ۱۴۰۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴ـ ۳۰۴۷ ـ ۰۵ ـ ۹۶۴ ـ ۹۷۸ **ISBN 978 ـ 964 ـ 05 ـ 3047 ـ 4**

ما باید زحمت بکشیم تا در همهٔ جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به‌دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین‌طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

پودمان اول : کلیات ۹

پودمان دوم : مواد و ویژگی آنها ۲۳

پودمان سوم :تحلیل و طبقه‌بندی مواد اولیه سرامیک‌ها ۵۹

پودمان چهارم : فناوری و سرامیک ۱۰۳

پودمان پنجم : کاربرد سرامیک‌ها در محیط زیست ۱۲۱

فهرست منابع ۱۳۵

سخنی با هنرآموزان گرامی

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس‌سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینهٔ ارتقای وجودی خویش را مهیا و امکان کسب روزی حلال و پاسخگویی به نیازهای جامعه را فراهم می‌آورد. آموزش فناوری، کار و مهارت‌آموزی، باعث پیشرفت فردی، افزایش بهره‌وری، مشارکت در زندگی اجتماعی و اقتصادی،کاهش فقر، افزایش درآمد و توسعه‌یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزهٔ دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخهٔ فنی و حرفه‌ای شامل دروس آموزش عمومی، دروس شایستگی‌های غیرفنی و شایستگی‌های فنی مورد نیاز بازار کار است. دروس دانش فنی از دروس شایستگی‌های فنی است که برای هر رشته در دو مرحله طراحی شده است. درس دانش فنی‌پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشتهٔ تحصیلی است که هنرجویان در پایهٔ دهم و در آغاز ورود به رشتهٔ تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ خود کسب نمایند. درس دانش‌فنی تخصصی که در پایهٔ دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصیِ حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامهٔ تحصیل و توسعهٔ حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی‌پایه تئوری تفکیک شده دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایهٔ نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش‌فنی‌پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش نظری تأمین می‌کند.

تدریس کتاب در کلاس درس به‌صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

درس دانش‌فنی‌پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانشِ‌فنی‌پایه در گروه صنعت و رشتهٔ تحصیلی سرامیک برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

سخنی با هنرجویان عزیز

درس دانش‌فنی‌پایه با هدف شناخت مفاهیم،کسب‌دانش‌فنی‌پایه درگروه مواد و فراوری و رشته‌تحصیلی‌سرامیک،برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

در تدوین درس دانش‌فنی پایه، موضوعاتی مانند تاریخچهٔ رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشتهٔ تحصیلی، نقش رشتهٔ شما در توسعهٔ کشور،مثال‌هایی از نوآوری، خلاقیت و الهام از طبیعت،اصول،مفاهیم، قوانین، نظریه، فناوری، علائم، تعاریف کمیت‌ها، واحدها و یکاها، فرمول‌های فنی،تعریف دستگاه‌ها و وسایل‌کار، مصادیقی از ارتباط مؤثر فنی و مستندسازی، زبان‌فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشتهٔ تحصیلی در نظرگرفته شده است.

می‌توانید در هنگام ارزشیابی این درس، از کتاب همراه هنرجوی خود استفاده نمایید.

توصیه می‌شود در یادگیری این درس به دلیل کاربرد زیاد آن در درس‌های دیگر رشته، کوشش لازم را داشته باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

کلیات

تعریف مختصر از رشته

رشته سرامیک یکی از وسیع‌ترین و مهم‌ترین شاخه‌های علم مهندسی مواد می‌باشد. سرامیک به‌طور کلی علم ساختن و به‌کاربردن اشیای جامدی است که اجزای تشکیل‌دهنده اصلی و عمده آنها مواد غیرآلی و غیرفلزی است. علم سرامیک علاوه بر سفالینه‌ها شامل انواع چینی‌ها، دیرگدازها، فراورده‌های رسی ساختمانی، مواد ساینده، لعاب‌های چینی، سیمان، شیشه، مواد مغناطیس غیر فلزی، فروالکتریک‌ها و بیوسرامیک‌ها و محصولات دیگر نیز می‌شود.

اغلب فراورده‌های سرامیکی در برابر آب، اسیدها، گازها، نمک‌ها و دماهای بالا مقاومت خوبی دارند. در حال حاضر دانش آموختگان رشته سرامیک با کنترل نوع و نسبت ترکیب مواد اولیه و مراحل ساخت، فراورده‌های گوناگونی مانند کاشی، آجر دیرگداز، ظروف چینی و سفالی، لعاب‌ها، قطعات الکترونیکی، شیشه و سیمان و قطعات پیشرفته سرامیکی را طراحی و تولید می‌کنند. در رشته سرامیک، کلیه فرایندهای ساخت سرامیک از مواد اولیه و آماده‌سازی آن تا کنترل کیفی محصولات ساخته شده و عرضه به بازار و ارتباط بین ساختمان و خواص این مواد آموزش داده می‌شود.

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، مصرف‌کننده مواد دیرگداز هستند یا صنایع الکترونیک احتیاج به قطعات مختلف سرامیکی با خواص الکترونیکی و مغناطیسی مطلوب دارند. همچنین صنایع اتومبیل‌سازی، ساختمانی، تولید انرژی، مخابرات و بالاخره هر خانه و خط تولید هر کارخانه‌ای نیاز های سرامیکی دارد.

در حال حاضر کشور ما کارخانه‌های عمده‌کاشی‌سازی، چینی سازی، تولید کننده مواد دیرگداز، تولید کننده سرامیک‌های الکتریکی، شیشه‌سازی، آجرسازی و سیمان دارد که فارغ‌التحصیلان رشته سرامیک می‌توانند در آنها مشغول به کار شده و به افزایش کارایی و راندمان کارخانه و همچنین بهبود کیفیت محصول آن کمک نمایند.

فارغ‌التحصیلان رشته سرامیک می‌توانند در خط تولید، بخش کنترل قطعات (کنترل کیفیت) و آزمایشگاه‌های کارخانه‌ها و مراکز تحقیقاتی به‌منظور دستیابی به محصولات با کیفیت بالاتر مشغول به‌کار شوند. همچنین با کسب تجربه بیشتر امکان دست‌یابی به رده‌های بالاتر مانند مدیریت پروژه، تأسیس کارگاه‌های 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 می‌دهند، امکان دستیابی به فرصت‌های شغلی شامل مسئول دستگاه‌های اندازه‌گیری خواص مواد دارند. همچنین با توجه به لزوم به‌کارگیری سرامیک‌ها برای توسعه صنایع نوین در آینده شاهد افزایش تحقیق و توسعه این رشته در زمینه‌های مختلف از قبیل پوشش‌های سرامیکی، سرامیک‌های الکتریکی و نوری، سرامیک‌های دما بالا خواهیم بود که زمینه‌های شغلی بیشتری را برای این رشته فراهم خواهد کرد.

نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشته و چگونگی بهره‌برداری از آن

نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات (IT) در تمامی زمینه‌ها از جمله صنعت بر هیچ فردی پوشیده نیست و برنامه‌ریزان در عصر حاضر و آینده نیازمند به‌کارگیری این فناوری هستند. هنرجویان می‌توانند با کسب مداوم اطلاعات در ارتباط با فناوری‌های نوین دانش خود را به‌روز کرده و قطعات سرامیکی متناسب با نیازهای صنعتی تولید کنند. امروزه در محیط‌های صنعتی، خلاقیت، نوآوری، کار گروهی و امکان استفاده از فناوری‌های جدید از مهم‌ترین ابزارهایی است که یک فرد صنعتی می‌تواند در محیط کار برای رشد و پیشرفت علمی خود از آن استفاده کند.

الهام از طبیعت

دانشمندان زیادی در زمینهٔ الهام از جانداران و طبیعت تحقیق و فعالیت می‌کنند، بیشتر پژوهش‌ها بر کشف ویژگی‌های مواد بدن جانداران متمرکز است که چگونه مواد ساختمانی ساده (قندها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و آب) موادی مانند چوب، استخوان و پوستهٔ سخت حشرات را ایجاد می‌کند که ساختمان‌های طبیعی بسیار پیچیده و باشکوهی دارند؛ به‌طور مثال محققان مطالعات زیادی را بر روی عنکبوت‌ها انجام داده‌اند و دریافتند که چگونه این حشرات می‌توانند مولکول‌های پروتئینی محلول در آب را به نخ‌های ابریشمی نامحلول که محکم‌تر از کِولار[1] (ماده‌ای که در ساخت جلیقه‌های ضدگلوله از آن بهره‌گیری می‌شود) هستند، تبدیل نمایند.

همچنین به‌دنبال آن هستند تا روشن کنند که چگونه صدف‌ها می‌توانند مواد گچی موجود در آب دریا را متبلور کرده و از آن در ساخت صدف بدن خود کمک بگیرند. این صدف‌ها نسبت به بهترین نوع سرامیک‌های موجود، تقریباً دو برابر استواری و استحکام دارند.

1. Kevlar

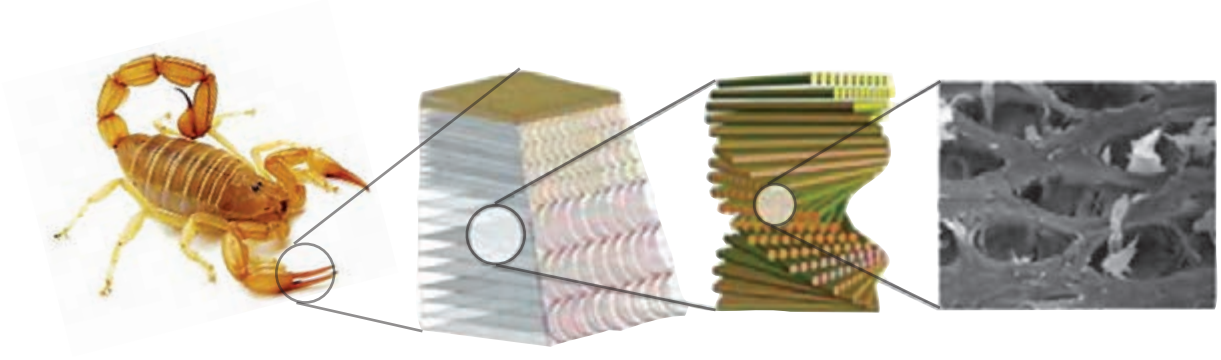
دانشمندان دربارهٔ مواد طبیعی دیگری نیز کارکرده‌اند؛ دندان‌های موش که می‌تواند قوطی‌های فلزی را سوراخ کند و شاخ کرگدن با ویژگی بازسازی و چسب‌های بسیار نیرومند که نرم‌تنان می‌سازند همگی نمونه‌هایی از مواد طبیعی سرامیکی به‌شمار می‌روند.

دانشمندان به طبیعت رجوع کرده‌اند و از آن برای ساخت مواد جدید الهام می‌گیرند و به نتایجی رسیده‌اند که مفیدتر از ساخت مواد جدید است. برای نمونه می‌توان از الیاف مصنوعی مانند کِولار نام برد که از اسید سولفوریک جوشان با فشار بالا، تهیه می‌شوند. هزینهٔ تأمین انرژی این مرحله بسیار بالا است و موادی که در تهیهٔ آن به‌کار می‌روند بسیار خطرناک بوده و از بین بردن آنها نیز دشوار است. درحالی‌که تار عنکبوت آلودگی محیط‌زیستی نداشته و در هر شرایطی قابل تولید است.

در طبیعت، جانداری مانند صدف می‌تواند مواد ساده‌ای مانند سولفات کلسیم را که به‌طور طبیعی مادهٔ ساختمانی مهمی نیست، تبدیل به صدفِ زیبا و استوار کند. با بررسی صدف در زیر میکروسکوپ الکترونی مشخص شده که صدف دارای لایه‌های بسیار نازک کلسیم سولفات است که در شبکهٔ 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 سرامیک‌های صنعتی بسیار کمتر می‌کند.

همچنین بررسی‌های زیادی بر روی ساختمان قاب سوسک‌ها انجام شده است که توانسته تغییراتی در ساخت صنایع فضایی ایجاد کند. قاب تنومند سوسک ساختاری شبیه به کامپوزیت‌ها دارد که از واردکردن 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 به‌کار گرفته می‌شوند، مشاهده گردید. ساختار مشابهی در بدن عقرب نیز مشاهده شده است(شکل ۱).



شکل ۱ــ ساختار کامپوزیتی چنگال عقرب

ساخت فیبرهای نوری با الهام از اسفنج‌های دریایی

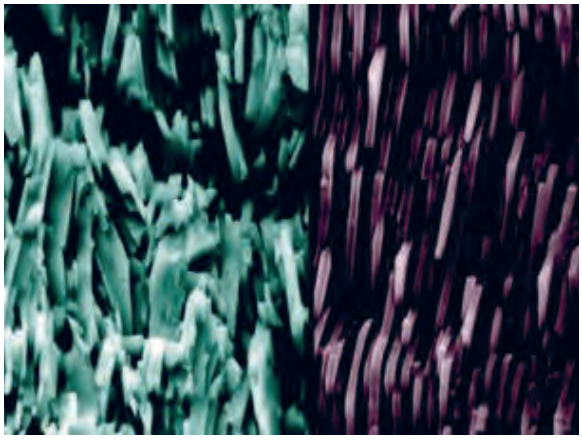
فیبرهای نوری می‌توانند با سرعت غیرقابل تصوری داده‌ها را منتقل کرده و انسان را در زمینه ارتباطات جلو ببرند. اسفنج‌های دریایی الهام خوبی برای ساخت فیبرهای نوری هستند. جنس یک نوع از اسفنج‌های دریایی از نوعی شیشه است که فیبرهای آن بسیار باریک (در حد تار موی انسان) هستند اما اگر در کنار هم جمع شوند، ساختاری بسیار مستحکم می‌سازند.

مواد سرامیکی مقاوم‌تر با الهام از طبیعت

سرامیک‌های جدیدی از پوسته صدف مروارید ساخته شده است. پوسته این صدف دریایی بسیار قوی‌تر و با دوام‌تر از سرامیک‌های کنونی است. سرامیک مصنوعی ساخته شده از پوسته صدف مروارید در مقایسه با سرامیک‌های کنونی از شکنندگی کمتری برخوردار است و می‌تواند درجه حرارت بالاتر از ۶۰۰ درجهٔ سلسیوس را در محیط‌های پرتنش تحمل کند.

در طبیعت، این نوع از صدف به دو گونه یافت می‌شود، یکی به‌عنوان پوسته خارجی صدف مروارید و دیگری لایه داخلی پوسته حلزون. کلسیم کربنات که ۹۵درصد این پوسته‌ها 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 توده‌ای از آجرهای ساختمانی شباهت دارد که با ملات ساخته شده از پروتئین به یکدیگر متصل شده‌اند که ترک در آن ایجاد نمی‌شود (شکل ۲).

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



شکل ۲ـ ساختار پوسته صدف زیر میکروسکوپ

تاریخچه مواد و علم مواد

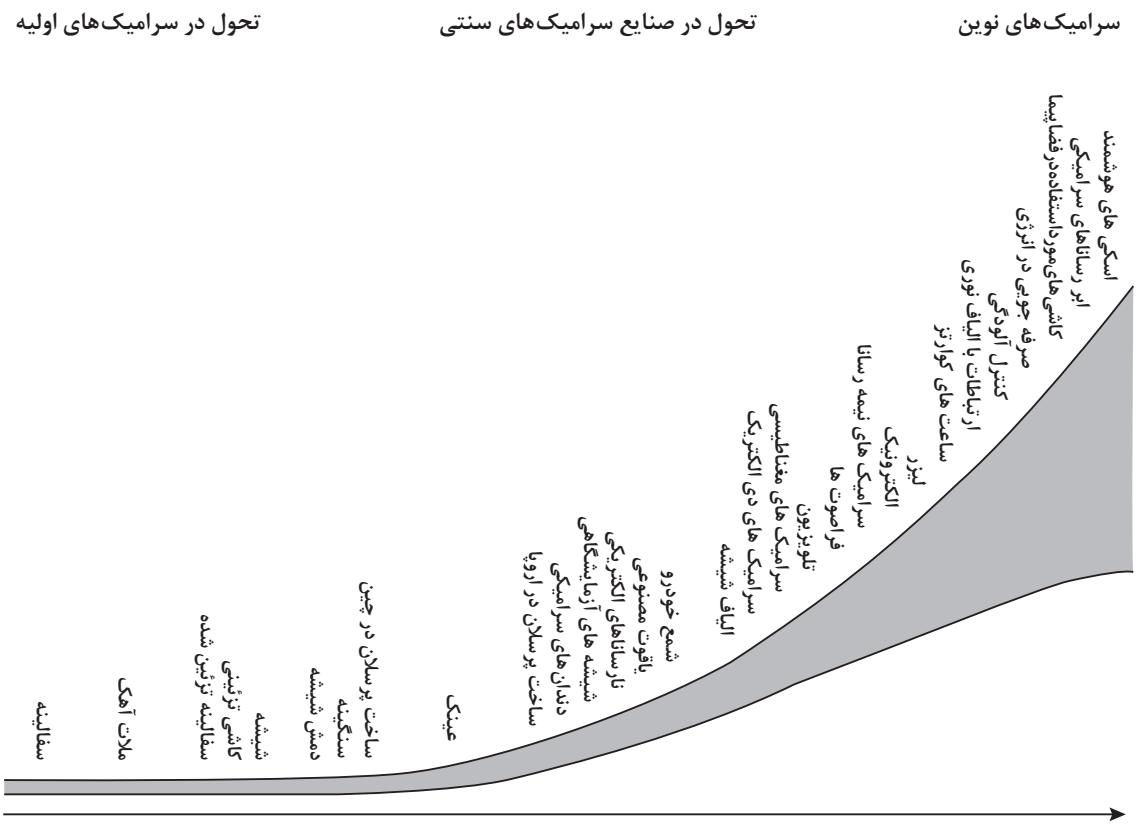
مواد در پیشرفت جوامع بشری نقش بسیار مهمی داشته است، به‌طوری که مورخین، هر دوره تاریخی را با نام یکی از موادی که در آن دوره نقش مهمی داشته است، نام‌گذاری کرده‌اند. عصر سنگ و عصر برنز از جمله این نام‌گذاری‌ها است. این موضوع نشان‌دهنده نقش مواد و اهمیت آنها در زندگی بشر و تأثیر آن بر فعالیت و رفتارهای او در قرون گذشته است. از نقطه‌نظر تاریخی می‌توان گفت که تمدن بشری با عصر سنگ آغاز شده است. در این دوران، بشر برای تولید ابزار، سرپناه و سلاح از موادی استفاده می‌کرد که از محیط اطراف تأمین می‌شدند؛ این مواد شامل استخوان حیوانات، چوب و از همه مهم‌تر سنگ بود. ابزارهای سنگی به دلیل استحکام و سختی مناسب بسیار مورد توجه قرار داشتند و بنابراین این دوران با عنوان دوره سنگ یا دوره پارینه‌سنگی شناخته شده است.

از جمله نخستین اشیای ساخته شده با دست انسان، سفال است. سفالگران در حین پخت اشیای سفالین متوجه شدند که بعضی از سنگ‌ها در برابر حرارت

ذوب می‌شوند و به شکلی دیگر درمی‌آیند که بعدها نام نوسنگی مس بر آن نهاده شد.
پس از آن به‌کارگیری ابزارهای فلزی جامعه بشری را به سطح جدیدی ارتقا داد، با گذشت زمان، انقلاب صنعتی و توسعه ماشین بخار و موتور الکتریکی مجهز باعث پیشرفت‌های روزافزون مواد و افزایش تولید آنها شد. به‌کارگیری مواد مغناطیسی و الکتریکی انقلاب دیگری را در تمدن ایجاد کرد و سبب ظهور فناوری رادیو و رایانه‌ها شد.

تاریخچه سرامیک

پیشرفت‌های حاصل در تمدن همواره در پی پیشرفت یا نوآوری در مواد رخ داده است. تاریخ با سرامیک‌ها در هم آمیخته است.
اگرچه از زمان پیدایش اولین سرامیک‌ها و سفال قرن‌های زیادی گذشته است اما هنوز هم جزء حیاتی زندگی ما هستند در شکل ۳ مسیر تکاملی دنیای مواد سرامیکی نشان داده شده است.



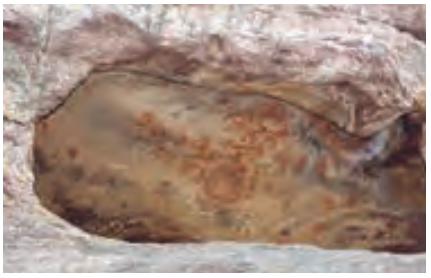
شکل ۳ـ سیر تحول محصولات سرامیکی با گذشت زمان

سرامیک‌های اولیه

تولد سفال:

تصور کنید که زندگی در عصر حجر چگونه بوده است؟ در آن زمان فروشگاه، خانه، شهر و حتی خط نوشتاری وجود نداشت. غار پناهگاه انسان‌ها بوده و برای شکار از مکانی به مکان دیگر کوچ می‌کردند. آنها هیچ درکی از فلز یا پلاستیک نداشتند. تنها موادی که می‌شناختند مواد طبیعی اطراف آنها یعنی سنگ‌ها، گیاهان و پوست و استخوان حیوانات بود. سنگ‌ها، سرامیک‌هایی هستند که توسط طبیعت ساخته شده‌اند؛ چون در آن زمان هیچ خطی برای نوشتن وجود نداشت، تنها مدارکی که باستان‌شناسان و انسان‌شناسان برای مطالعهٔ نحوه زندگی انسان اولیهٔ غارنشین در دست دارند، قطعات سنگی و دیگر اجسامی هستند که در کف غارهای قدیمی دفن شده است.

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) درصورت مرطوب شدن نرم شده و قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کنند و می‌توان با آنها قطعات و مجسمه‌های گوناگون ساخت (مانند گاومیش کوهان‌دار که در غاری در فرانسه کشف شد).



شکل ۴ــ نمونه‌هایی از نقاشی بر روی دیوار غار

نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی‌در شکل ۵ آمده است.

شکل ۵ــ نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی

به اعتقاد باستان‌شناسان، ایران یکی از زادگاه‌های اصلی سفالگری بوده است. نمونه‌های کشف‌شده در حفاری‌های بختیاری مربوط به ده‌هزار سال قبل نشان‌دهندهٔ قدمت سفالگری در ایران است. اشیای مذکور کاملاً بدون استفاده از چرخ سفالگری ساخته شده و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در آن زمان، سفال‌سازان 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 صاحب‌نظران این پیشینه را تأیید می‌کند. امروزه سفال، سرامیک و کاشی یکی از

مصالح ضروری ساختمان محسوب می‌شود که از هزاران سال پیش به‌صورت ابتدایی و حتی بدون استفاده از کورهٔ پخت تهیه می‌شده است.

ظروف سفالین منقوش و غیرمنقوش متعددی که از نقاط مختلف ایران به دست آمده، نشان می‌دهد که این هنر در ایران بسیار مورد توجه قرار داشته و تعداد زیادی از این آثار در قبرهای مردگان یافت شده است زیرا مردم آن زمان عقیده داشتند که پس از مرگ، احتیاجات مادی آنها در دنیای دیگر ادامه خواهد یافت.

صنعت سفال‌سازی 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 ماده‌ای شبیه لعاب دارد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که سفال‌سازی به‌عنوان صنعت یا حرفه در حدود ۶۰۰۰ سال قبل در ایران آغاز شده است.

بدون تردید اختراع چرخ سفالگری ساده تحول جدیدی در صنعت سفال‌سازی به‌وجود آورد. در اواسط هزاره سوم قبل از میلاد، نمونه‌های سفالی با چرخ سفالگری تولید می‌شدند که در شوش یافت شده است. همچنین نمونه‌هایی از ظروف سفالین نقش‌دار در نقاط مختلف ایران نظیر سیلک (کاشان)، تپه‌حسنلو (آذربایجان)، تپه‌حصار (دامغان)، اسماعیل‌آباد (قزوین) و تخت جمشید (مرودشت) کشف شده است که زیباترین اشیای جهان در زمینه سفال‌سازی محسوب می‌شود. از ویژگی‌های سفال‌های باستانی ایران، استفاده از طرح‌ها و نقوش واقعی در آثار است. آنها تلاش می‌کردند تا نقوش حیوانات و پرندگان نظیر مار و قوچ را برروی بدنه سفال ایجاد کنند. (شکل ۶)

شکل ۶ــ نمونه‌هایی از سفال‌های باستانی ایرانی

هنر کاشی‌کاری در شوش و نواحی غربی و مرکزی ایران تجلی داشته و در تزئینات دیوارهای «کاخ هگمتانه» کاشی‌های رنگی متعددی به‌کار رفته است. همچنین طی حفاری‌های انجام شده در «زیگورات/چغازنبیل» نمونه‌های متعددی از انواع کاشی و آجرهای لعاب‌دار به‌همراه تعدادی سفال‌های کوچک به‌دست آمده که نشان‌دهنده رونق تولید سفالگری در دوره تمدن ایلامی است.

شکل ۷ــ دو باریکه کاشی از جنس سفال، متعلق به دوره قاجار

سرامیک‌ها در عصر فلز

عصر فلزات تأثیر زیادی بر تمدن داشت، اما سرامیک‌ها 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 می‌شدند، برای ذوب آنها به ظرف‌های سرامیکی نیاز بود.همچنین فلزات درون قالب‌های سرامیکی با اشکال متفاوت ریخته و سرد می‌شدند تا قطعات و ابزارهای زیبا و مفید ایجاد شوند.

یکی از عوامل تأثیرگذار در ابداع سرامیک‌ها در این دوره پیشرفت در طراحی کوره‌های دما بالا برای پخت سفال‌ها بود. همچنین سفالگران نوع جدیدی از کوره را که دارای دو محفظه، یکی برای سوخت و دیگری برای پخت ظرف‌های سرامیکی بود را ابداع کردند. چون در این کوره‌ها آتش در تماس مستقیم با سرامیک‌ها نبود، رنگ‌های سرامیکی حساس به حرارت برروی سرامیک قبل از پخت اعمال می‌شدند تا پس از پخت این رنگ‌ها جزئی از بدنه شوند.

ابداع دیگر ساخت لعاب‌های سفالگری بود. لعاب پوششی شیشه‌ای است که نه تنها سطح سفالینه‌های متخلخل را در برابر نفوذ مایعات محافظت می‌کند، بلکه باعث زیبایی سفال‌ها نیز می‌شود. احتمالاً لعاب‌های اولیه درحدود ۵۰۰۰ سال قبل به‌منظور ایجاد رنگی مشابه رنگ زیبای سنگ لاجوردی ساخته شده بود. پس از ساخت این لعاب، سفالگران شروع به ساخت ترکیبات گوناگون لعابی از سنگ‌های خرد شده با آب و اعمال آن بر روی بدنه کردند.

تحول سرامیک‌های سنتی

اختراع چرخ سفالگری

سفال‌ها جزء مهمی‌از وسایل زندگی مردم شدند و اولین سرامیک‌های سنتی محسوب می‌شوند. یکی از اختراعات مهم در تولید سفال چرخ سفالگری بود که در حدود ۳۵۰۰ سال قبل ابداع شد. احتمالاً اولین چرخ سفالگری یک حصیر بوده که سفالگر می‌توانست بر روی آن یک سنگ صاف برای قرارگیری گل رس در نظر بگیرد و با چرخاندن حصیر شکل‌دهی انجام دهد. سپس چرخ‌های سفالگری که به کمک پا یا شخص دیگری چرخانده می‌شدند ابداع شد. چرخ سفالگری سرعت تولید را تا حد زیادی افزایش داد و به دسترسی بیشتر مردم به سفالینه‌ها کمک کرد.

شکل ۸ــ انواع چرخ‌های سفالگری

انواع جدید سفال

سفالگران یاد گرفتند که با پختن سفال‌ها در دماهای بالاتر می‌توانند ظرف‌های سرامیکی با استحکام بالا و با تخلخل کمتر بسازند. سفالگران چینی شیفته این پدیده شدند و بیش از سفالگران غرب با کوره‌های گوناگون و ترکیبات متفاوت کار کردند. آنها موفق به ساخت کوره‌هایی شدند که دمایی در حدود ۱۲۰۰ درجه سلسیوس را فراهم می‌کرد؛ این دما تقریباً پنج برابر دمایی است که یک اجاق خوراک‌پزی ایجاد می‌کند. ظرف‌های پخته شده در دماهای بالا تخلخل بسیار کمی‌داشتند، به نحوی که حتی بدون نیاز به لعاب می‌توانست آب را در خود نگه دارد؛ یکی از پیشرفت‌های کلیدی در این زمینه، استفاده از رس سفید به نام کائولن بود که برای پخت به دمای بالا نیاز داشت. ظرف‌های ساخته شده از کائولن در مقایسه با سفالینه‌ها و سنگینه‌های قهوه‌ای و قرمز، تقریباً سفید رنگ بودند.

در حدود سال ۶۰۰ میلادی سفالگران چینی ترکیب جدید دیگری را به نام پتونتس[1] کشف کردند. این ماده یک سنگ طبیعی در چین بود که آن را پودر می‌کردند و به ترکیب سرامیک می‌افزودند.

سرامیکی که با این ترکیب در دمای ۱۳۰۰ درجه سلسیوس به‌دست می‌آمد، سفید و نیمه‌شفاف بود و هنگامی‌که با ناخن یا یک جسم سخت به آن ضربه زده می‌شد، صدای بسیار زیبایی مانند یک سنج یا اسباب موسیقی ایجاد می‌کرد. هنگامی‌که مارکوپولو در سال ۱۲۹۲ از سفر تاریخی خـود به شرق بازگشت، ایـن سرامیک جادویی را آلا پرسلا[2] نام گذاشت، زیرا رنگ آن مانند رنگ صدف بود که در ایتالیا به آن پرسلانا[3] گفته شد. امروزه ما این سرامیک‌های ظریف را پرسلان می‌نامیم. با گذشت قرن‌ها سفال و پرسلان به صنایعی تبدیل شدند که از نسلی به نسل دیگر منتقل شده و بخش مهمی از سرامیک‌های متداول را تشکیل داده‌اند. از کاشی، آجر و سیمان نیز می‌توان به عنوان سرامیک‌های متداول نام برد. به‌طور مثال کاشی‌های تزئینی حدود چهار تا شش هزار سال قبل در مصر ساخته می‌شدند.

یکی دیگر از مهم‌ترین محصولات سرامیکی شیشه است. سیر تکاملی تولید سرامیک‌ها همچنان ادامه دارد که به تولید سرامیک‌های پیشرفته منجر شده است. با سرامیک‌های پیشرفته در پودمان‌های بعدی آشنا خواهید شد.

شکل ۹ــ نمونه‌هایی از ظروف پرسلان

1 - Petuntes
2 - Alla Porcella
3 - Porcellana

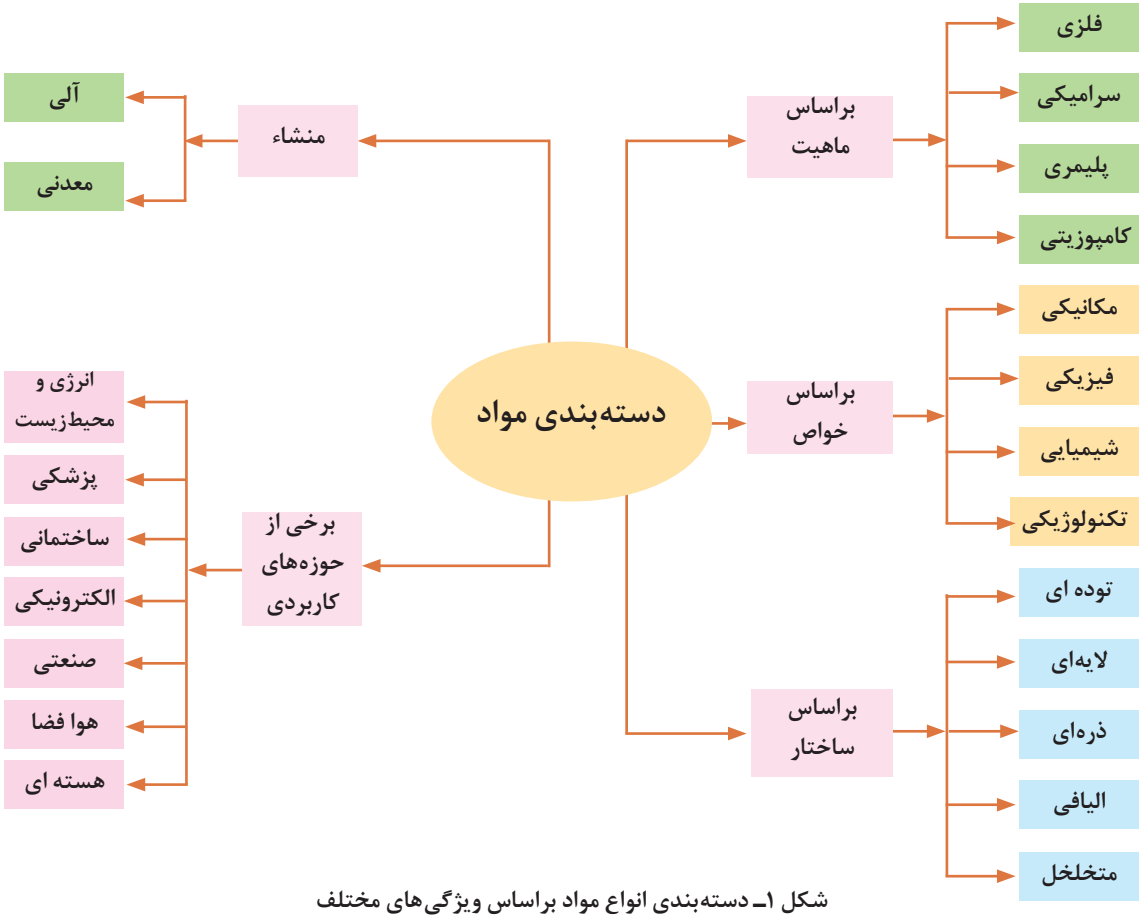
عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۱: کلیات	۱ـ تحلیل محیط کار و مشاغل رشته سرامیک ۲ـ الگوگیری از طبیعت در تولید محصولات سرامیکی	تحلیل وظایف شاغلین در حوزه سرامیک از نظر فناوری تعیین مشخصه محصولات سرامیکی با الهام از طبیعت	بالاتر از حد انتظار	دسته‌بندی محصولات سرامیکی بر اساس فناوری	۳
			در حد انتظار	تحلیل محیط کار ـ نوآوری در تولید	۲
			پایین‌تر از انتظار	تحلیل محیط کار	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۲

مواد و ویژگی آنها

طبقه‌بندی مواد

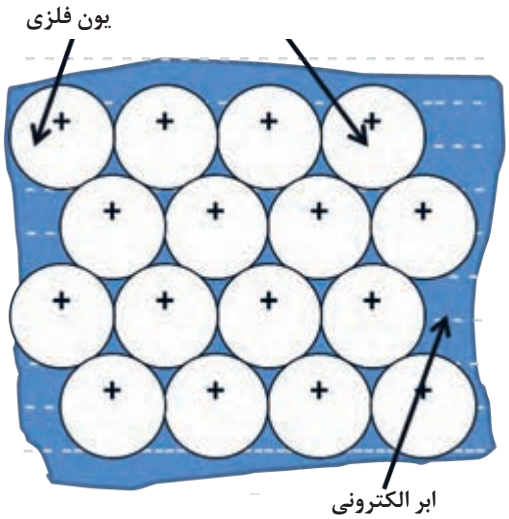
روش‌های متعددی برای طبقه بندی مواد وجود دارد. در شکل ۱ طبقه‌بندی مواد از جنبه‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۱ــ دسته‌بندی انواع مواد براساس ویژگی‌های مختلف

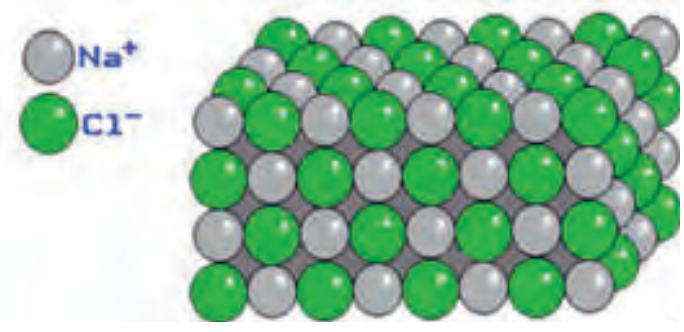
طبقه‌بندی مواد براساس پیوند

خواص یک ماده براساس ترتیب قرارگیری اتم‌ها و پیوند بین آنها تعیین می‌شود. انواع پیوندهای اتمی در جامدات شامل فلزی، یونی، کووالانسی و پیوندهای ثانویه (واندروالس و هیدروژنی) است. هنگامی که اتم‌های فلزات به یکدیگر نزدیک می‌شوند هر اتم الکترون‌های لایه ظرفیت خود را آزاد می‌سازد. مجموع این الکترون‌ها تشکیل یک ابر الکترونی می‌دهد که به‌طور آزادانه و سریع بین یون‌های مثبت حرکت می‌کنند. نیروی جاذبه بین یون‌های فلزی و ابر الکترونی باعث ایجاد پیوند فلزی می‌شود.



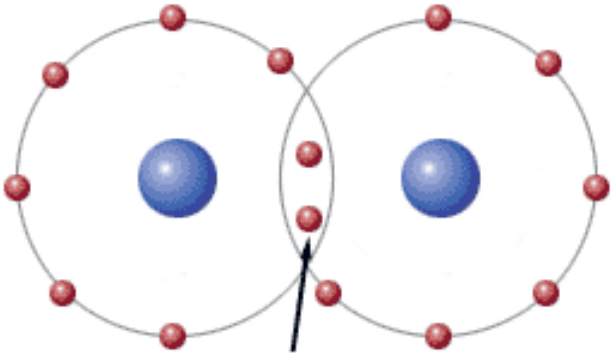
شکل ۲ــ تشکیل ابر الکترونی در ساختار فلزی

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 یون‌ها ایجاد پیوند یونی می کند.



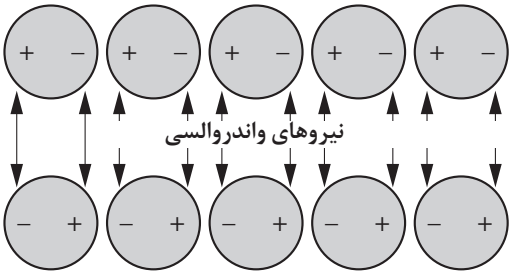
شکل ۳ــ ساختار نمک طعام

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 الکترون‌ها، لایه ظرفیت کامل می‌شود و ساختار پایدار SiC ایجاد می‌شود.



شکل ۴ــ تشکیل پیوند کووالانسی

اتم‌ها در مولکول‌ها توسط نیروی واندروالس کنار هم نگه داشته شده‌اند. مولکول‌ها در حالت مایع و جامد توسط نیروی درون مولکولی به سوی یکدیگر جذب شده که باعث به‌وجود آمدن پیوند بین مولکول‌ها می‌شوند. پیوندهای برقرار شده بین مولکول‌ها را پیوند ثانویه می‌گویند. پیوندهای ثانویه ارتباطی به الکترون‌های ظرفیت ندارند و در نتیجه پیوندهای ضعیفی هستند. این پیوند بین لایه‌های گرافیت وجود دارد.



شکل ۵ــ پیوند واندروالس

پیوندهای اتمی مختلف را از لحاظ قدرت مقایسه کنید.

کنجکاوی

دسته بندی مواد براساس ساختار

ساختار به معنی آرایش اتم‌های یک ماده در موقعیت‌های مشخص می‌باشد. ساختار در مقیاس میکروسکوپی به‌عنوان ریز ساختار بیان می‌شود. این آرایش‌ها در مقیاس‌های مختلف از کوچک‌ترین واحد در حد آنگستروم ($\mathring{A}$) تا مقیاس‌های بزرگ‌تر در حد میلی‌متر (mm) قابل مشاهده هستند.
مواد به دو صورت کریستالی و آمورف وجود دارند.

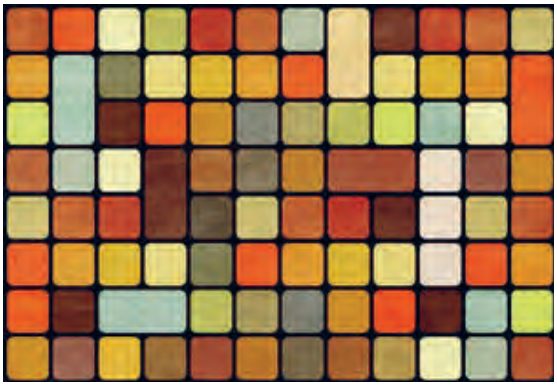
ساختار کریستالی: اگر آرایش اتم‌ها در مواد به‌صورت منظم از نوع بلندبرد باشد، به این ساختار کریستالی گفته می‌شود، مانند ساختار بسیاری از جامدات.

آمورف: اگر اتم‌ها در ساختار هیچ‌گونه نظمی نداشته باشند و یا دارای نظم از نوع کوتاه‌برد باشند، ساختار آمورف نامیده می‌شود، مانند شیشه.
برخی از مواد با ساختار کریستالی ممکن است به‌صورت تک‌کریستال یا چندکریستال (پلی‌کریستال) باشند.

کنجکاوی

تفاوت بین مواد تک‌کریستال و پلی‌کریستال در چیست؟

به شکل‌های زیر نگاه کنید، چه تفاوتی بین آنها وجود دارد؟



الف

ب

شکل الف شامل مربع و مستطیل‌های متعددی دارای مرز با یکدیگر می‌باشد و شکل ب فقط شامل یک مستطیل است. به نظر شما کدام یک از شکل‌های بالا نشان‌دهنده یک ماده پلی‌کریستال و کدام‌یک مربوط به ماده تک‌کریستال است؟

کریستال و دانه: به هریک از مربع‌ها و مستطیل‌های شکل الف دانه یا کریستال می‌گویند.

مرز دانه: در شکل الف خطوطی که مربع و مستطیل‌ها را از هم جدا کرده است مرزدانه می‌گویند.

ریز ساختار: به مجموعه دانه و مرزدانه ریز ساختار گفته می‌شودکه با چشم غیر مسلح قابل رؤیت نیست. با استفاده از میکروسکوپ می‌توان ریزساختار مواد را مشاهده کرد.

آرایش اتمی و یونی مواد

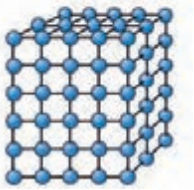
تا به‌حال از خود پرسیده‌اید که چرا مواد مختلف با هم متفاوت‌اند؟ چرا برخی از آنها استحکام بالاتری در مقایسه با سایرین دارند؟ چرا برخی از مواد رسانا و برخی نارسانا می‌باشند؟ چرا نور می‌تواند از بعضی از مواد عبور کند و از بعضی دیگر نه؟ سؤال‌هایی از این دست ذهن را متوجه تفاوت‌های مواد از نظر خواص می‌کند و ما را در رابطه با علت این تفاوت‌ها، به تفکر بیشتر وادار می‌کند. 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 تشکیل‌دهنده 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. به راستی با دانستن ترکیب شیمیایی، چه خواصی از مواد معلوم می‌شود؟

با کمی‌دقت و توجه به ترکیبات شیمیایی مواد پیرامون خود درمی‌یابیم که بسیاری از آنها با وجود اینکه در رفتار و خواص با یکدیگر تفاوت دارند ولی دارای عناصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی یکسان می‌باشند و برخی دیگر از مواد با داشتن عناصر تشکیل دهنده متفاوت، دارای خواص و رفتار مشابهی هستند. پس چه ویژگی‌ای به‌جز ترکیب شیمیایی، موجب تفاوت در رفتار و خواص مواد می‌شود؟ برای جواب این سؤال لازم است کمی‌بیشتر با ساختار مواد آشنا شویم.

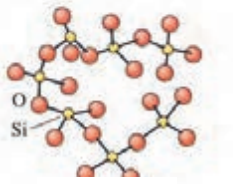
ساختار ماده چگونگی ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. با پیوندهای شیمیایی که نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها را مشخص می‌کنند، در درس‌های گذشته آشنا شده‌اید. در اینجا برای روشن شدن تأثیر ساختار روی خواص مواد، مثال معروفی را ارائه می‌کنیم. همان‌طور که می‌دانید گرافیت و الماس هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند. اما چرا خواص گرافیت و الماس با یکدیگر بسیار متفاوت است؟ الماس به‌عنوان سخت‌ترین ماده طبیعی معرفی می‌گردد و گرافیت به دلیل نرمی بسیار، به‌عنوان ماده روان‌کننده به کار گرفته می‌شود. تفاوت خواص گرافیت و الماس مربوط به نحوه اتصال و آرایش فضایی اتم‌های کربن در ساختار آنها می‌باشد.

ساختار منظم ـ ساختار بی‌نظم

در حالت‌های مختلف مـــواد دو نوع آرایش را می‌توان یافت؛ کریستالی و آمورف.



(الف) کریستالی

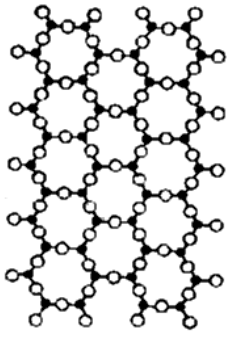


(ب) آمورف

شکل ۶ـ انواع نظم اتمی

مواد با ساختار منظم ـ کریستال

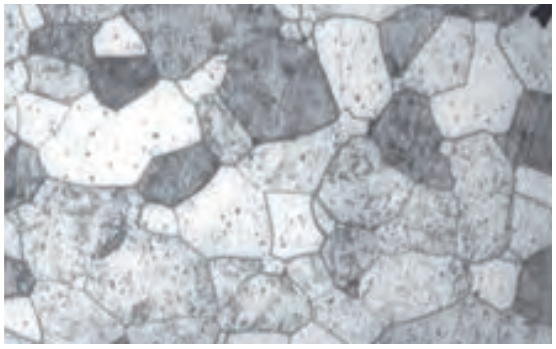
اکثر فلزات و آلیاژهای فلزی، نیمه‌هادی‌ها، سرامیک‌ها و برخی از پلیمرها که ساختار کریستالی دارند ، دارای نظم ساختاری هستند. گستردگی این نظم در بین اتم‌ها یا یون‌ها بزرگ‌تر از ۱۰۰ نانومتر در سه بعد می‌باشد.



شکل ۷ـ ساختار با نظم بلند برد

اتم‌ها یا یون‌ها در سه بعد به‌طور منظم تکرار می‌شوند. این مواد با ساختار منظم را مواد کریستالی می‌نامند. اگر ماده‌ای فقط از یک کریستال بزرگ ساخته شده باشد، تک‌کریستال نام دارد. مواد تک کریستال در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی و نوری مناسب می‌باشند. به‌طور مثال تراشه‌های کامپیوتر از سیلیکون تک‌کریستال ساخته می‌شود. مواد پلی‌کریستال از تعداد زیادی کریستال‌های کوچک در سه بعد تشکیل شده‌اند. شکل ۸ ساختار فولاد زنگ نزن پلی‌کریستال را نشان می‌دهد.

(الف)فولاد زنگ نزن

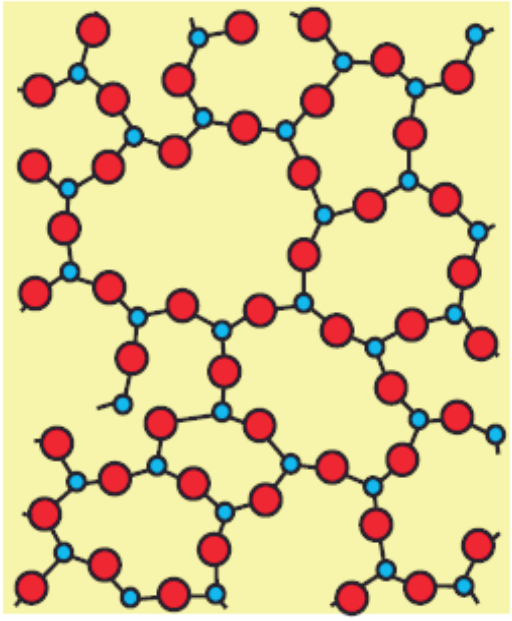


(ب) ساختار فولاد زنگ نزن زیر میکروسکوپ

شکل ۸

مواد با ساختار نامنظم ــ آمورف

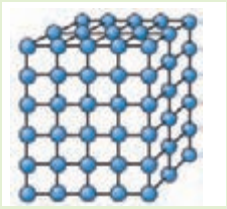
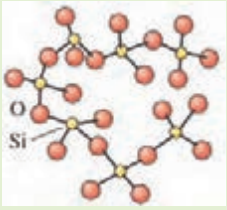
هر ماده‌ای که بی‌نظمی در بین اتم‌های خود داشته باشد، ماده آمورف نامیده می‌شود. بنابراین مواد آمورف غیرکریستالی هستند. به‌طور کلی اکثر مواد تمایل دارند یک آرایش منظم و تکراری تشکیل دهند، زیرا در این حالت آرایش پایداری دارند.



ساختار آمورف

مواد را می‌توان براساس نظم ساختاری نیز دسته بندی کرد. جدول ۱ این نوع دسته بندی از مواد را نشان می‌دهد.

جدول ۱

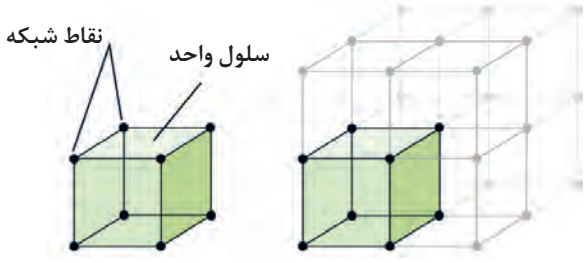
نوع مواد	نوع نظم	مثال	شکل نظم ساختاری
کریستال	منظم	سرامیک، فلز	
آمورف	بی‌نظم	شیشه، پلاستیک	

ساختار کریستالی

یک کریستال از مجموع اتم‌هایی تشکیل شده است که با نظم معینی در تمام حجم کریستال توزیع شده‌اند. اگر به‌طور فرضی مرکز این اتم‌ها به‌هم وصل شوند سیستمی به‌وجود می‌آید که شامل تعداد زیادی متوازی‌السطوح است، این سیستم را شبکه کریستالی می‌نامند.

کوچکترین متوازی‌السطوحی که با انتقال پیوسته آن در سه‌جهت بتوان تمام‌جهت شبکه را پرکرد سلول واحد نامیده می‌شود.

به عبارت دیگر از کنار هم گذاشتن سلول‌های واحد در سه جهت فضایی می‌توان حجم کریستال را ساخت.



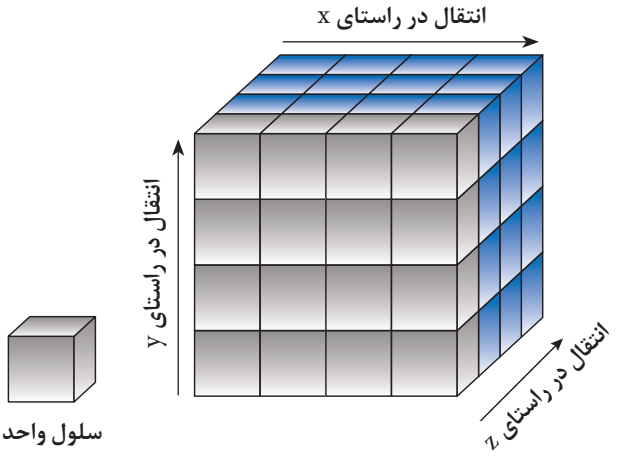
شکل ۹ــ سلول واحد و شبکه کریستالی

برای بررسی ساختار یک شبکه کریستالی کافی است کوچک‌ترین قسمت شبکه یعنی سلول واحد درنظر گرفته شود.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، شبکه از لحاظ گستردگی بی‌نهایت می‌باشد، بنابراین برای بررسی هر شبکه کریستالی یک سلول واحد در نظر گرفته می‌شود. سلول واحد یک زیر مجموعه از یک شبکه کریستالی است که مشخصه‌ای کلی از یک کریستال را داراست. به عبارت دیگر یک کریستال ممکن است از میلیون‌ها سلول واحد تشکیل شده باشد. به شکل ۱۰ نگاه کنید، یک روبیک می‌باشد که در آن از کنار هم قرار دادن مکعب‌های کوچک در سه بعد یک مکعب بسیار بزرگ ایجاد شده است، اگر بخواهیم از روبیک برای تشریح یک کریستال استفاده کنیم، به هر یک از این مکعب‌های کوچک سلول واحد و بـه کـل مکعب کریستال می‌گویند.

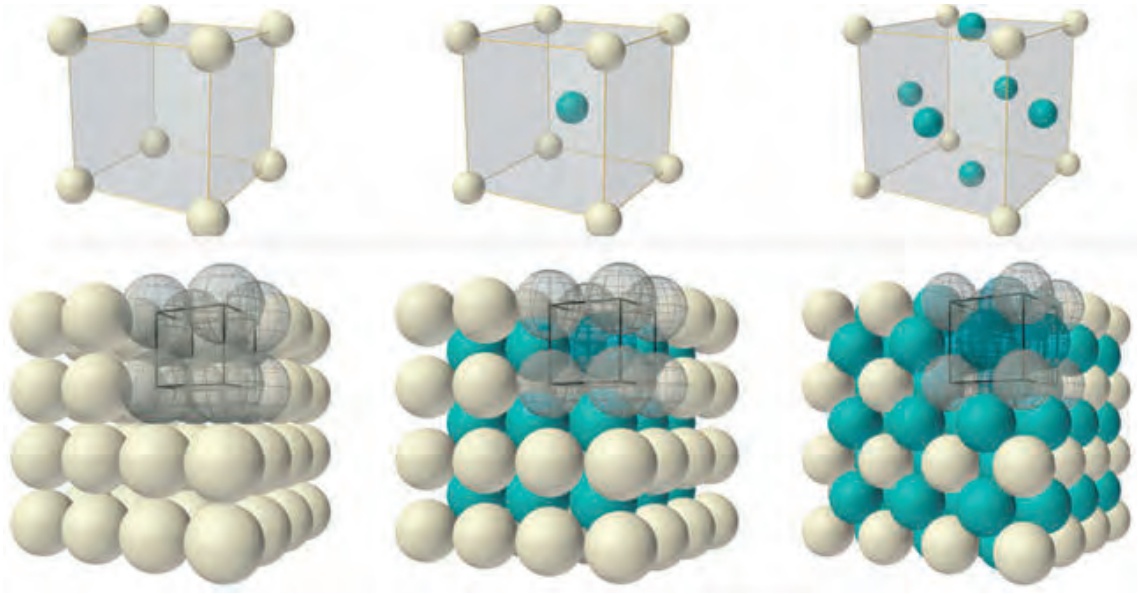
شکل ۱۰ــ روبیک

در شکل ۱۱ تکرار چیدمان سلول واحد در جهت محورهای x ، y و z نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ نحوهٔ تشکیل شدن یک کریستال توسط یک سلول واحد

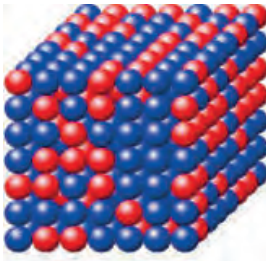
به شکل‌های زیر نگاه کنید و بگویید نقاط شبکه (نقاط مربوط به اتم یا یون) در کدام قسمت از سلول‌های واحد قرار می‌گیرند؟



تقسیم بندی مواد از نظر ماهیت

۱ــ 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 می‌باشند. فلزات در صنعت به ندرت به‌صورت خالص استفاده می‌شوند و برای بهبود خواص آنها، معمولاً عناصر فلزی را با یکدیگر یا با عناصر غیرفلزی آلیاژسازی 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.



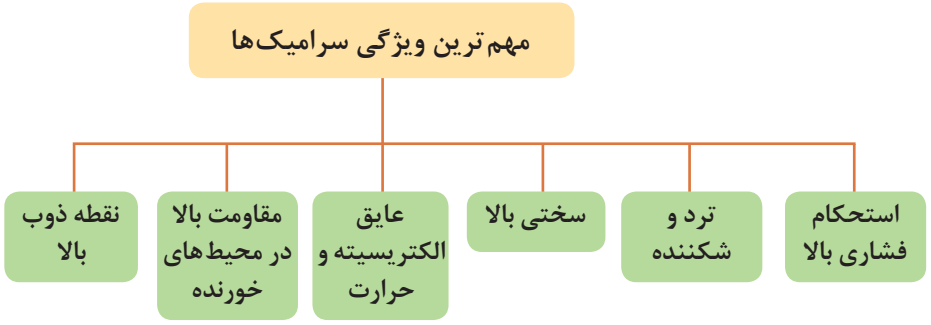
شکل ۱۲ــ نحوه قرارگیری اتم‌ها در آلیاژ

بررسی کنید آلیاژهای فولاد و برنج از چه عناصری تشکیل می‌شوند؟

۲ـ سرامیک‌ها

از فراوان‌ترین عناصر موجود در پوسته زمین عناصر سیلیسیم (Si)، اکسیژن (O) و آلومینیوم (Al) می‌باشند. کنار هم قرار گرفتن این عناصر و همچنین حضور تعداد دیگری از عناصر، مجموعه‌ای وسیع از مواد اولیه فراهم می‌کند که غیرفلز و غیرآلی هستند و از آنها در ساخت محصولات سرامیکی استفاده می‌شود.

مواد سرامیکی جدید از ترکیب کردن عناصر فلزی با تعدادی از عناصر غیرفلزی تشکیل می‌شوند. از جمله این مواد می‌توان موادی نظیر اکسیدها، نیتریدها و کاربیدها را نام برد.



کنجکاوی

بررسی کنید در ساختار سرامیک‌ها چه نوع پیوندهایی بیشتر به‌کار رفته‌اند؟ چرا؟

سرامیک‌ها می‌توانند شفاف یا مات باشند و بعضی از آنها دارای خواص مغناطیسی هستند. در شکل ۱۳ نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف نشان داده شده است.

شکل ۱۳ـ نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف(YAG)

کنجکاوی

بررسی کنید در هر یک از کاربردهای زیر، چه ویژگی‌ای از سرامیک‌ها مورد توجه است؟

کاربرد	ویژگی مورد نظر سرامیک دراین کاربرد
ساینده از جنس سیلیسیم کاربید	
آلومینا در لامپ‌های هالیدی	
آستر سیلیسیم نیترید در توربین‌های حرارتی	
آجرهای نسوز	

۳ـ پلیمرها

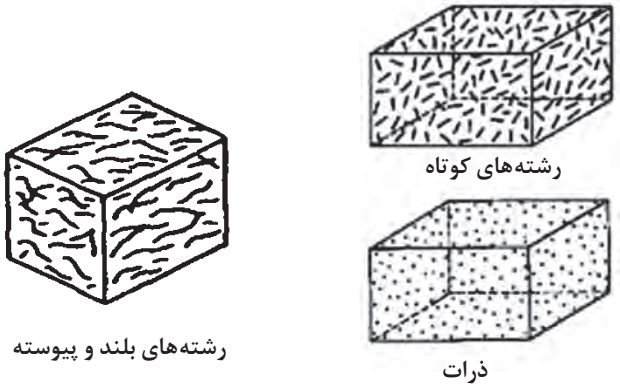
پلیمرها از زنجیره‌های بلند کربنی (مونومر) در کنار یکدیگر به وجود می‌آیند و پیوند بین اتمی در پلیمرها از نوع پیوندهای ثانویه است. این مواد شامل دو گروه اصلی پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها هستند. تعداد زیادی از پلیمرها دارای پایه آلی هستند مانند لاستیک که از صمغ نوعی درخت خاص تهیه می‌شود. از جمله پلیمرهای بسیار رایج پلی‌اتیلن (PE)، نایلون و پلی‌وینیل کلراید (PVC) هستند. از خواص پلیمرها می‌توان چگالی کم، مقاومت در برابر خوردگی و جریان الکتریکی، پایداری شیمیایی و شکل‌پذیری بالا را نام برد. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها است. پلیمرها به‌راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند، زیرا در دمای بالا خاصیت جاری شدن این مواد به‌شدت افزایش می‌یابد و امکان قالب‌گیری آنها به شکل‌های مختلف فراهم می‌شود. اما مقاومت حرارتی آنها کم است و همین امر استفاده از آنها را محدود کرده است.

شکل ۱۴ـ مواد پلیمری مختلف

۴ـ کامپوزیت‌ها

در کاربردهای مهندسی امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم کند، وجود ندارد. به‌عنوان 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. کامپوزیت‌ها ترکیبی از دو یا چند ماده با خواص متفاوت هستند که هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده، خواص خود را حفظ می‌کنند و همچنین در کنار هم خواص قطعه را بهبود می‌بخشند.

معمولاً کامپوزیت‌ها از دو جزء شامل جزء زمینه و جزء تقویت‌کننده تشکیل شده‌اند. کامپوزیت‌ها برحسب نوع زمینه به سه دسته زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از مرسوم‌ترین 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 انعطاف‌پذیری خوبی در طراحی قطعات دارد. از خواص دیگر آن، نسبتِ استحکام به وزن بالا و مقاومت به خوردگیِ مناسب آن است. انواع سازه‌های ساختمانی، انواع کانال مخصوص عبور سیم و لوله از کاربردهای فایبرگلاس است. در شکل ۱۵ کامپوزیت‌های مختلف براساس نحوه قرارگیری شکل جزء تقویت‌کننده در زمینه نشان داده شده است.



شکل ۱۵ ـ کامپوزیت‌های مختلف براساس شکل جزء تقویت کننده

تحقیق کنید

لیستی از کامپوزیت‌های مختلف تهیه کرده و کاربرد هر یک از آنها را مشخص کنید.

خواص مواد

ساختار مواد ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. نحوهٔ اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها به وسیله پیوندهای شیمیایی مشخص می‌شود. اگر نحوه اتصال (نوع پیوند) اتم‌ها متفاوت باشد، حتماً خاصیت ماده نیز متفاوت خواهد بود.

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

خواص شیمیایی مواد

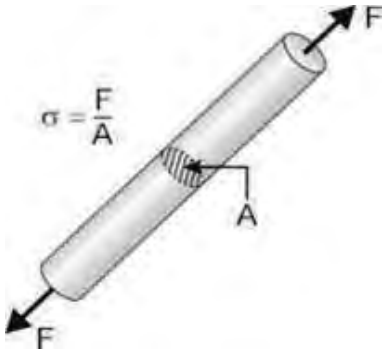
همان‌طور که می‌دانید مواد از اتم‌ها تشکیل می‌شوند. برای اینکه تخمینی از تعداد اتم‌های موجود در یک جسم به‌دست آورید سریک‌سوزن را درنظر بگیرید؛ تقریباً در سر سوزن در حدود ۳۵×۱۰^{۹} اتم وجود دارد. برای تشکیل یک ماده لازم است که اتم‌ها در کنار یکدیگر قرار گیرند که این امر توسط پیوندهای اتمی‌انجام می‌پذیرد. همان‌طور که گفته شد نوع عناصر و نوع پیوند موجود در اجزای تشکیل‌دهندهٔ مواد باعث ایجاد خواص شیمیایی مواد می‌شود.

سرامیک‌ها دارای پیوندهای یونی و کوالانسی هستند و با توجه به ویژگی این پیوندها خواص شیمیایی منحصر به فردی دارند. سرامیک‌هایی که دارای پیوند یونی هستند، در مقابل واکنش‌هایی که منجر به اکسید شدن یا زنگ‌زدگی در مقابل گازهای خورنده در دمای بسیار بالا می‌شوند مقاوم هستند. همچنین اتصالات کووالانسی در سرامیک‌ها باعث می‌شود که پایداری حرارتی مناسب در دماهای بسیار بالا داشته باشند و دچار تغییرات ابعادی بسیار کمی شوند. سرامیک‌ها در مقابل تمامی‌اسیدها با غلظت ۱۰۰ درصد (به جز اسید فلوئوریدریک) پایداری دارند. همچنین در کوره‌های دما بالا تا ۳۰۰۰ درجه سلسیوس نظیر کوره‌های ذوب فلزات کاربرد دارند.

خواص مکانیکی

قطعات معمولاً طوری طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای مختلفی را تحمل کنند. اعمال نیرو و میزان آن تا جایی ادامه می‌یابد که قطعه یا جزء مورد نظر دچار تغییر شکل دائم و یا شکست نشود. رابطه میان نیرو و تغییر شکل با بررسی خواص مکانیکی مواد سنجیده می‌شود.

یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که در شناخت خواص مکانیکی مواد اهمیت دارد، تنش نامیده می‌شود. تنش از تقسیم مقدار نیرو بر واحد سطح به دست می‌آید. واحد تنش نیوتن بر متر مربع است که با پاسکال (Pa) نشان داده می‌شود.



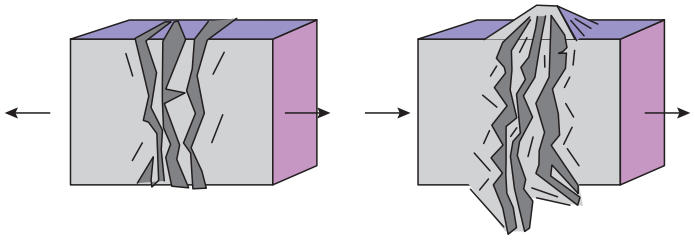
تنش: σ

سطح: A

نیرو: F

شکل ۱۶ــ مفهوم تنش

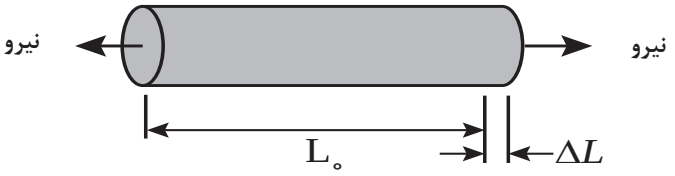
تنشی که باعث کشیده شدن جسم می‌شود تنش کششی و تنشی که موجب کوتاه‌تر شدن طول جسم می‌شود را تنش فشاری می‌نامند. در شکل ۱۷ تنش‌های کششی و فشاری نشان داده شده است.



تنش کششی　　تنش فشاری

شکل ۱۷

تمام مواد جامد موجود در طبیعت در اثر اعمال نیرو دچار تغییر طول‌های کوچک یا بزرگ می‌شوند. البته این تغییر شکل در بسیاری از آنها غیرقابل مشاهده است. میزان تغییر ابعاد قطعه در اثر وارد آمدن تنش، کرنش نامیده می‌شود. در حقیقت ، کرنش اندازه تغییر شکل حاصل از اثر نیرو را به ما نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ـ مفهوم کرنش

کنجکاوی

میزان کرنش فلزات، پلیمرها و سرامیک‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

در این قسمت برخی از مهم‌ترین خواص مکانیکی نظیر استحکام ، سختی و چقرمگی بیان خواهد شد:

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 آنکه شکسته شود، گفته می‌شود. استحکام فشاری نیز به‌طور معکوس به میزان توانایی یک جسم در تحمل نیروهای فشاری بدون ایجاد شکستگی در قطعه گفته می‌شود.

سرامیک‌ها به دلیل نوع پیوندهای خود، اغلب دارای مقاومت فشاری سرد بالایی هستند و به راحتی در مقابل نیروهای فشاری دچار تغییر ابعاد نمی‌شوند. مقاومت کششی سرامیک‌ها در دماهای پایین مناسب نمی‌باشد اما مقاومت کششی مناسبی در دماهای بالا دارند.

جدول ۲ـ استحکام مواد گوناگون

ماده	استحکام کششی (مگاپاسگال) (MPa)	استحکام فشاری(مگاپاسکال) (MPa)
چوب	۲ـ ۵	۱۰ـ۲۰
پلیمر	۶۰ـ۱۰۰	۱۰ـ۱۵
آلومینیوم وآلیاژهای آن	۱۰۰ـ۶۰۰	۳۰ـ۱۰۰
شیشه	۴۰ـ۱۵۰	۱۰۰۰
پرسلان	۱۰۰ـ۲۰۰	۴۰۰ـ۸۰۰
سیلیسیم کاربید	۳۱۰	۱۷۲۵ـ۲۵۰۰

کنجکاوی

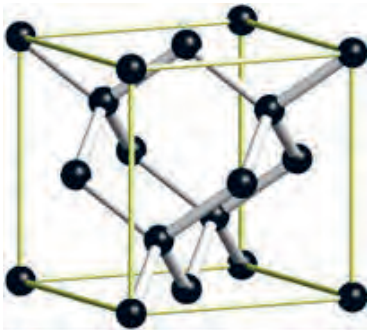
چرا سرامیک‌ها در دماهای بالا مقاومت کششی مناسبی دارند در حالی که در دماهای پایین مقاومت کششی اغلب آنها کمتر از فلزات است؟

سختی

میزان مقاومت یک ماده در برابر خراش برداشتن توسط اجسام خارجی را سختی می‌نامند 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 می‌توان انتظار داشت که ماده سخت به‌راحتی در مواد دیگری که دارای سختی کمتر از آن هستند، ایجاد خراش کند.

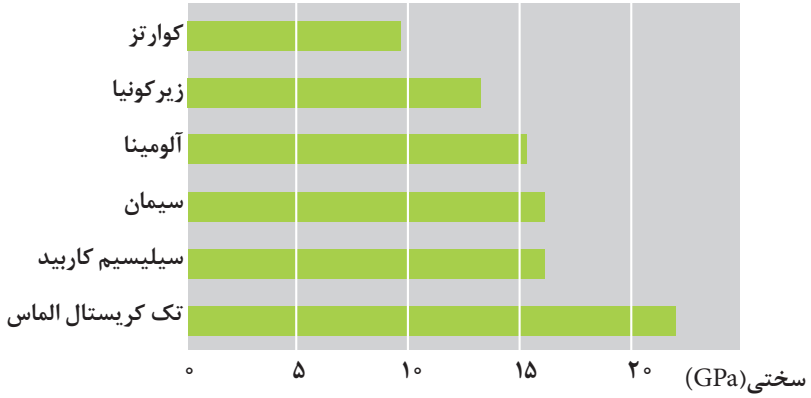
شکل ۱۹ـ روش‌های دستی و دستگاهی تعیین سختی

در میان مواد طبیعی، الماس به‌دلیل داشتن پیوندهای کووالانسی قوی میان اتم‌های سازنده آن که همان کربن است، سخت‌ترین ماده است.



شکل ۲۰ــ تصویر الماس و ساختار کریستالی آن

سرامیک‌ها در مقایسه با فلزات به دلیل وجود پیوند کووالانسی، دارای سختی بسیار بالایی نسبت به فلزات هستند. در شکل ۲۱ سختی سرامیک‌های مختلف را می‌توان مقایسه کرد.



شکل ۲۱ــ مقایسه سختی سرامیک‌های مختلف

کنجکاوی

در مورد روش‌های سختی سنجی تحقیق کنید و تفاوت روش‌ها را بیان کنید.

چقرمگی

ماده چقرمه به ماده‌ای گفته می‌شود 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 به‌سرعت در تمام سطح قطعه گسترش می‌یابد. ماده‌ای که بتواند انرژی ناشی از ضربه را بدون شکسته شدن تحمل کند، چقرمه‌تر خواهد بود. استفاده از پلاستیک در سپر اتومبیل نیز به‌دلیل چقرمگی بالای آن نسبت به فلزات است.

شکل ۲۲ـ گسترش ترک و مقاومت ماده در برابر آن (چقرمگی)

کنجکاوی

چند مادهٔ سرامیکی با چقرمگی بالا نام ببرید.

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 مستقیمی‌دارد. مهم‌ترین این خواص عبارت‌اند از :

۱ـ نقطهٔ ذوب

۲ـ ضریب انبساط حرارتی

۳ـ جرم مخصوص

۴ـ قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

نقطه ذوب

نقطهٔ ذوب ، درجه حرارتی است که مادهٔ 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.

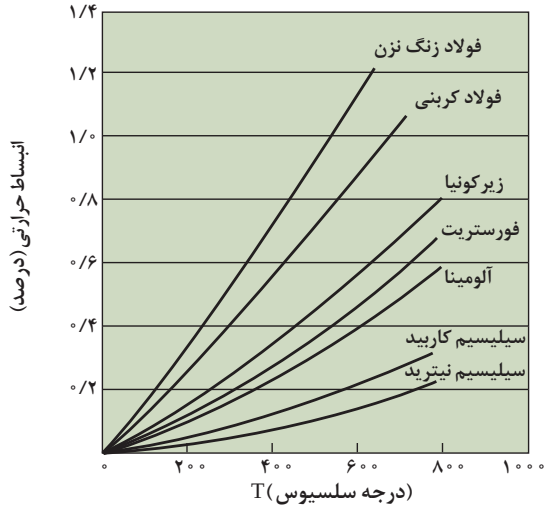
هرچه استحکام و قدرت پیوند اتمی‌در ماده بیشتر باشد، نقطه ذوب افزایش می‌یابد. در جدول۳ نقطه ذوب مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۳ ـ نقطه ذوب مواد مختلف

ماده	نقطه ذوب (درجه سلسیوس)
آلومینا (Al_2O_3)	۲۰۵۰
سیلیکون کاربید (SiC)	۲۸۰۰
زیرکونیا (ZrO_2)	۲۶۶۰
فولاد	۱۳۷۰
آلومینیوم (Al)	۶۶۰

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 نه‌تنها از طول، بلکه از عرض و ضخامت نیز با افزایش حرارت، افزایش می‌یابند. هر ماده‌ای ضریب انبساط حرارتی مخصوص به خود دارد که در بسیاری از کاربردها، این ضریب از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ۲۳ــ اثر افزایش دما بر ضریب انبساط حرارتی

کنجکاوی

بررسی کنید نوع پیوند اتمی چه تأثیری بر ضریب انبساط حرارتی دارد؟
عوامل مؤثر بر ضریب انبساط حرارتی را بررسی کنید.

جرم مخصوص

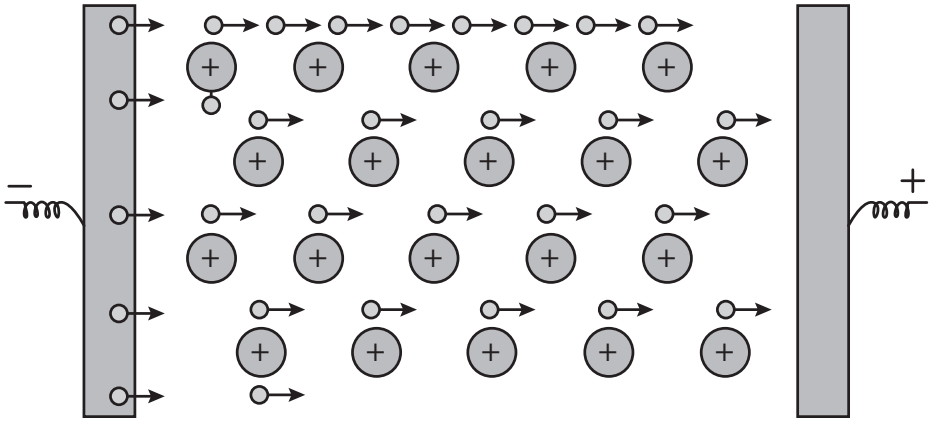
جرم واحد حجم هر ماده را جرم مخصوص می‌گویند که برای هر ماده مقدار معین و ثابتی است که به نوع و ساختمان ماده بستگی دارد. هر چه ماده‌ای متراکم‌تر باشد، جرم مخصوص بیشتری خواهد داشت. درجدول ۴، جرم مخصوص مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۴ــ جرم مخصوص مواد مختلف

ماده	جرم مخصوص (g/cm^3)
آلومینا (Al_2O_3)	۳/۹۶
سیلیکون کاربید (SiC)	۳/۲۱
زیرکونیا (ZrO_2)	۵/۶۸
فولاد	۸
آلومینیوم (Al)	۲/۷

قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

میزان سهولت در عبور حرارت یا جریان الکتریکی از خصوصیات مهم مواد است. چنانچه ماده‌ای قابلیت عبور جریان الکتریکی از درون خود را نداشته باشد به آن ماده نارسانا و در صورتی که ماده‌ای دارای این قابلیت باشد، آن را رسانا می‌گویند. در حقیقت هرچقدر ماده‌ای رساناتر باشد، اتم‌های آن ماده در برابر عبور جریان الکتریکی مقاومت کمتری ایجاد می‌کنند. اثر مقاومت اتم‌ها در برابر حرکت الکترون‌ها و جریان الکتریکی به‌صورت 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.



شکل ۲۴ـ هدایت الکتریکی

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. در جدول ۵ هدایت حرارتی و مقاومت الکتریکی مواد مختلف بیان شده است.

قابلیت هدایت حرارتی عبارت است از توانایی یک جسم در انتقال حرارت از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر. هرچقدر این قابلیت بیشتر باشد ماده با اتلاف انرژی کمتری حرارت را از خود عبور می‌دهد و آن را انتقال می‌دهد. برای مثال حتماً تاکنون توجه کرده‌اید که یک قاشق فلزی در داخل ظرف فلزی غذایی که روی اجاق گاز قرار دارد، بسیار گرم‌تر از قاشق چوبی است. در جدول ۵ هدایت و مقاومت الکتریکی مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۵ ـ هدایت الکتریکی و مقاومت الکتریکی مواد مختلف

هدایت الکتریکی $(\Omega \times m)$	مقاومت الکتریکی (Ω)	مواد
$۶/۳۰ \times ۱۰^{۲}$	$۱/۵۹ \times ۱۰^{-۲}$	نقره
$۵/۹۶ \times ۱۰^{۲}$	$۱/۶۸ \times ۱۰^{-۲}$	مس
$۴/۱۰ \times ۱۰^{۲}$	$۲/۴۴ \times ۱۰^{-۲}$	طلا
$۳/۵ \times ۱۰^{۲}$	$۲/۸۲ \times ۱۰^{-۲}$	آلومینیوم
$۲/۹۸ \times ۱۰^{۲}$	$۳/۳۶ \times ۱۰^{-۲}$	کلسیم
$۱/۷۹ \times ۱۰^{۲}$	$۵/۶۰ \times ۱۰^{-۲}$	تنگستن
$۱/۶۹ \times ۱۰^{۲}$	$۵/۹۰ \times ۱۰^{-۲}$	روی
$۱/۴۳ \times ۱۰^{۲}$	$۶/۹۹ \times ۱۰^{-۲}$	نیکل
$۱/۰۸ \times ۱۰^{۲}$	$۹/۲۸ \times ۱۰^{-۲}$	لیتیم
$۱/۰۰ \times ۱۰^{۲}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۲}$	آهن
$۹/۴۳ \times ۱۰^{۲}$	$۱/۰۶ \times ۱۰^{-۲}$	پلاتین
$۹/۱۷ \times ۱۰^{۲}$	$۱/۰۹ \times ۱۰^{-۲}$	قلع
$۱/۴۵ \times ۱۰^{۲}$	$۶/۰۹ \times ۱۰^{-۲}$	فولاد زنگ‌نزن
$۱/۰۲ \times ۱۰^{۲}$	$۹/۸ \times ۱۰^{-۲}$	جیوه
۸/۴	۲×۱۰^{-۱}	آب دریا
۵×۱۰^{-۲}	۲×۱۰^{۳}	آب آشامیدنی
$۱/۵۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۶/۴۰۰ \times ۱۰^{۳}$	سیلیکون

به نظر شما فلزات هدایت حرارتی بیشتری دارند یا سرامیک‌ها؟ چرا؟

کنجکاوی

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 به‌کمک نیروی فشاری و ضربه را قابلیت چکش‌خواری می‌نامند. به‌عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می‌توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم‌کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد. سرامیک‌ها برخلاف فلزات دارای قابلیت چکش‌خواری نمی‌باشند.

چرا سرامیک‌ها قابلیت چکش‌خواری ندارند؟

کنجکاوی

قابلیت ریخته‌گری

این مفهوم رابطه نزدیکی با شـــکل‌پذیری دارد . برخی از مواد را می‌توان به خوبی توســـط فرایند ریخته‌گری تولیـــد کرد. این مـــواد به دلیل خاصیت ســـیالیت در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به‌خوبـــی پر می‌کنند؛ به عنوان مثال می‌توان به چدن و آلومینیوم اشـــاره کرد که دارای قابلیت ریخته‌گری مناسبی هستند.

کنجکاوی

ریخته‌گری مذاب در تولید کدام نوع از محصولات سرامیکی کاربرد دارد؟

قابلیت جوشکاری

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

قابلیت براده برداری

موادی دارای قابلیت براده برداری هســـتند که بتوان آنها را با سرعت زیاد و نیروی کم ماشین‌کاری (براده‌برداری) کرد و ســـطح آنها پس از براده‌برداری همچنان صاف و پرداخت شده باشد.

استحکام سرامیک‌ها

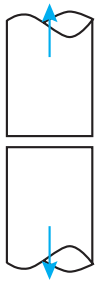
شکسته شدن قند و یک شکلات را درنظر بگیرید:
آیا نوع شکست در این دو ماده یکسان است؟

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

انواع شکست در مواد

۱ـ شکست تُرد

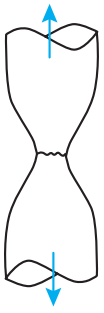
بدون اینکه تغییر شکلی در قطعه ایجاد شود شکست اتفاق می‌افتد. این نوع شکست بیشتر در سرامیک‌ها مشاهده می‌شود.



شکست ترد

۲ـ شکست نرم

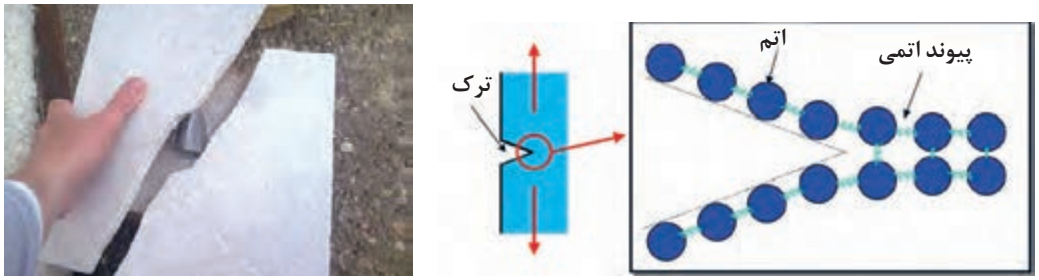
بعد از ایجاد تغییر شکل پلاستیک در نمونه شکست رخ می‌دهد. این نوع شکست بیشتر در فلزات اتفاق می‌افتد.



شکست نرم

شکست ترد سرامیک‌ها

در دمای اتاق سرامیک‌های کریستالی و آمورف مانند (شیشه) قبل از اینکه تغییر شکل دائمی داشته باشند، شکسته می‌شوند. علت این نوع شکست در سرامیک‌ها مربوط به نوع پیوند بین اتم‌ها و نحوه قرارگیری اتم‌ها در کنار یکدیگر است. همان‌طور که در شکل ۲۵ دیده می‌شود، اتصال بین اتم‌ها در اثر وارد شدن نیرو و ایجاد ترک شکسته می‌شود.



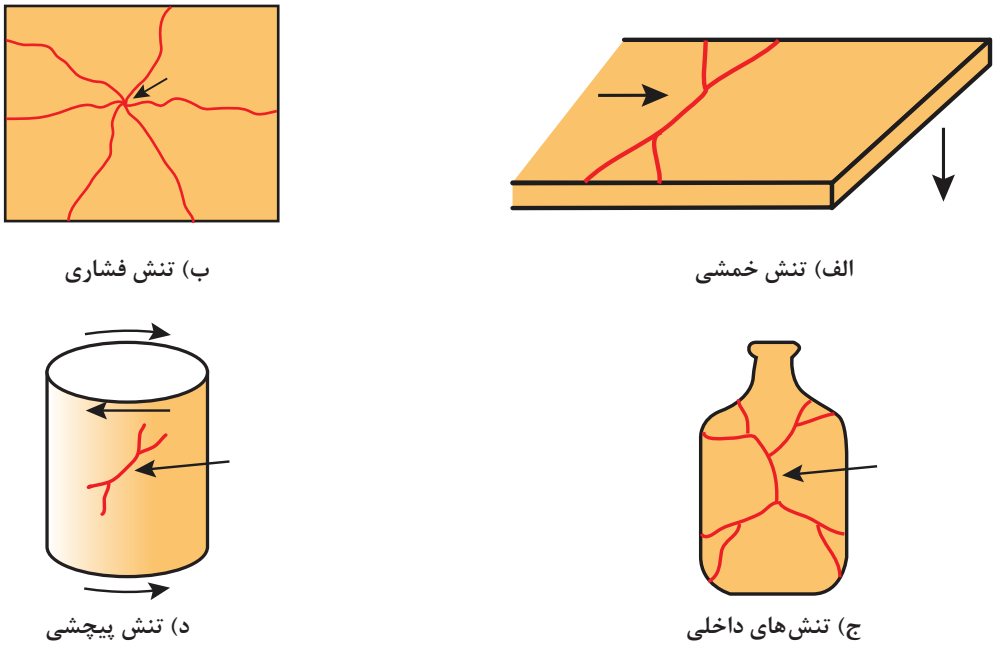
شکل ۲۵ــ شکسته شدن پیوند اتمی در سرامیک

در جدول ۶ استحکام مواد سرامیکی مختلف بیان شده است. مقاومت سرامیک‌ها در برابر نیروهای وارد شده، با توجه به درصد پیوند یونی ـ کووالانسی و کریستالی یا آمورف بودن ساختار ماده تغییر می‌کند. هرچه درصد پیوندهای کووالانسی بیشتر باشد، تنش بیشتری برای شکستن پیوندها نیاز است. همچنین مواد آمورف با واردآمدن تنش کمتری دچار شکست می‌شوند.

جدول ۶ــ استحکام خمشی سرامیک های مختلف

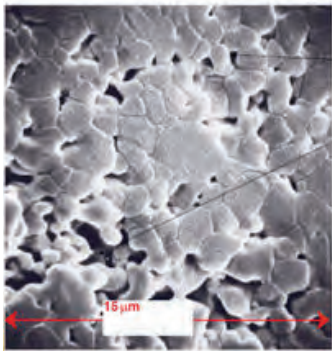
نام ماده	استحکام‌خمشی
Si_3N_4	۲۵۰ ـ ۱۰۰۰
ZrO_2	۸۰۰ ـ ۱۵۰۰
SiC	۱۰۰ ـ ۸۲۰
Al_2O_3	۲۷۵ ـ ۷۰۰
شیشه ـ سرامیک	۲۴۷
مولایت	۱۸۵
اسپینل	۱۱۰ ـ ۲۴۵
منیزیم اکسید	۱۰۵
سیلیسیم اکسید	۱۱۰
شیشه در و پنجره	۶۹

در شکل ۲۶ انواع مدل‌های ترک برداشتن در اثر تنش‌های مختلف وارد شده بر قطعات سرامیکی نشان داده شده است.



شکل ۲۶ـ انواع مدل های ترک در سرامیک در اثر تنش های مختلف

در هنگام شکل‌دهی سرامیک‌ها به دلایل مختلفی، تخلخل (فضای خالی) در ساختار ایجاد می‌شود، در شکل ۲۷ تخلخل‌های درون ساختار قطعه سرامیکی از جنس آلومینا نشان داده شده است.

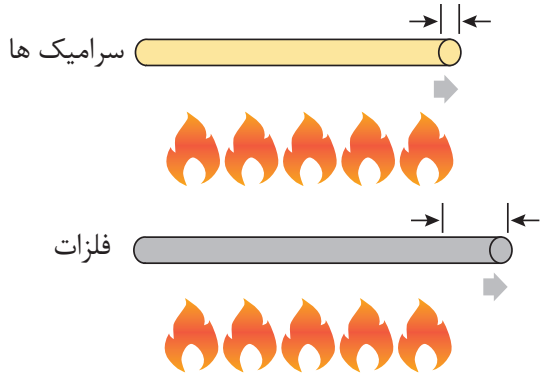


شکل ۲۷ـ تصویر میکروسکوپی تخلخل در قطعه سرامیکی از جنس آلومینا

به‌نظر شما چرا با افزایش درصد تخلخل‌ها استحکام قطعه کاهش می‌یابد؟

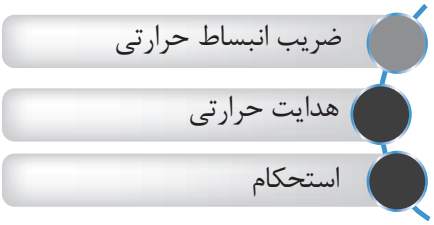
مقاومت ماده در برابر تغییرات دمایی

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 می‌شود. سرامیک‌ها در برابر شوک حرارتی ضعیف می‌باشند.



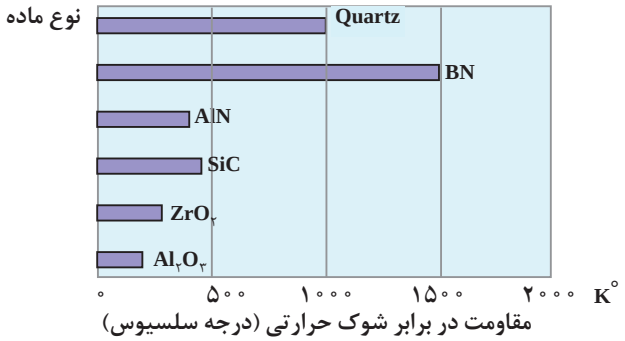
شکل ۲۸

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



۱ـ ضریب انبساط حرارتی: هرچه ضریب انبساط حرارتی ماده موردنظر کمتر باشد، انبساط و انقباض قطعه کمتر می‌شود و در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.

در تصویر افزایش طول فلزات و سرامیک‌ها بر اثر افزایش حرارت نشان داده شده است. میزان افزایش طول سرامیک‌ها با افزایش دما به دلیل کم بودن ضریب انبساط حرارتی کمتر از فلزات است.

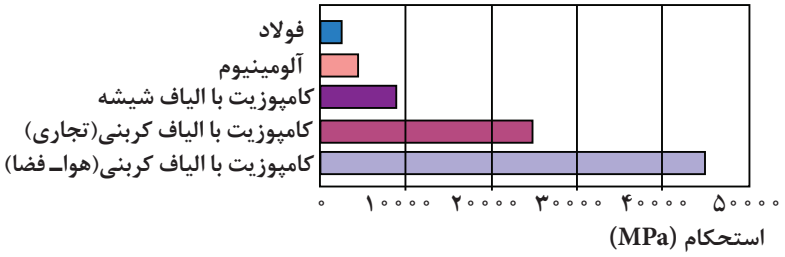


شکل ۲۹ـ مقایسه مقاومت در برابر شوک حرارتی سرامیک‌ها

۲ـ هدایت حرارتی
هر چه قابلیت ماده در انتقال حرارت بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.
۳ـ استحکام
هر چه استحکام و قدرت پیوندهای ماده بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.

راه‌های افزایش مقاومت سرامیک‌ها

همان‌گونه که گفته شد، سرامیک‌ها شکست ترد دارند و استحکام مکانیکی مناسبی در برابر تنش‌های کششی ندارند. راه‌های مختلف برای افزایش استحکام سرامیک‌ها در برابر تنش کششی مطرح شده است:
۱ـ کامپوزیت‌سازی: کامپوزیت‌های با زمینه فلزی یا پلیمری که در آنها الیاف سرامیکی به‌کار می‌رود، در برابر تنش‌های کششی مقاومت مناسبی دارند. این کامپوزیت‌ها می‌توانند مقاومت بیشتری نسبت به فلزات داشته باشند. (شکل ۳۰)

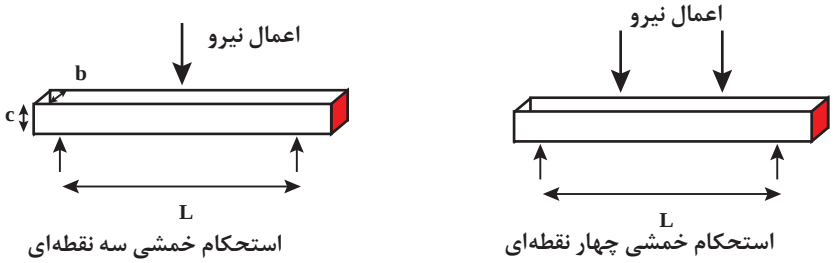


شکل ۳۰ـ مقایسه استحکام کامپوزیت های مختلف

۲ـ برای قطعاتی که از سطح ترک برمی‌دارند و رشد ترک در آنها زیاد است، پوشش‌دهی سطحی برروی آنها انجام می‌شود. به‌عنوان مثال لعاب‌کاری باعث افزایش مقاومت به ضربه سرامیک‌ها می‌شود.

مدول شکست[1] (MOR)

برخلاف فلزات که معیار ارزیابی استحکام، کشش می‌باشد، استحکام قطعات سرامیکی را بر اساس استحکام خمشی مورد ارزیابی قرار می‌دهند. چرا؟
✓ آماده سازی نمونه جهت آزمون آسان‌تر است
✓ نتایج به دست آمده از استحکام خمشی، کششی و فشاری اختلاف قابل توجهی با یکدیگر دارند.



شکل ۳۱ـ انواع آزمایش استحکام خمشی

1- Modulus of Rupture

انواع مواد سرامیکی

مواد سرامیکی در کاربردهای صنعتی به دو گروه تقسیم می‌شوند: متداول و پیشـــرفته. مواد سرامیکی متداول عمدتاً سرامیک‌های سیلیکاتی هستند که شامل آجرها، کاشـــی‌ها، چینی‌ها و شیشه‌ها می‌شوند. سرامیک‌های پیشـــرفته دارای خواص حرارتی، مکانیکی و شیمیایی ویژه‌ای هستند. ســـرامیک‌های اکسیدی بسیار خالص مانند آلومینا و زیرکونیا، سوخت‌های هسته‌ای، کاربیدها و نیتریدها در دســـته ســـرامیک‌های مهندســـی قرار می‌گیرند. در شکل ۳۲ کاربردهای مختلف سرامیک‌های سنتی و پیشرفته نشان داده شده است.

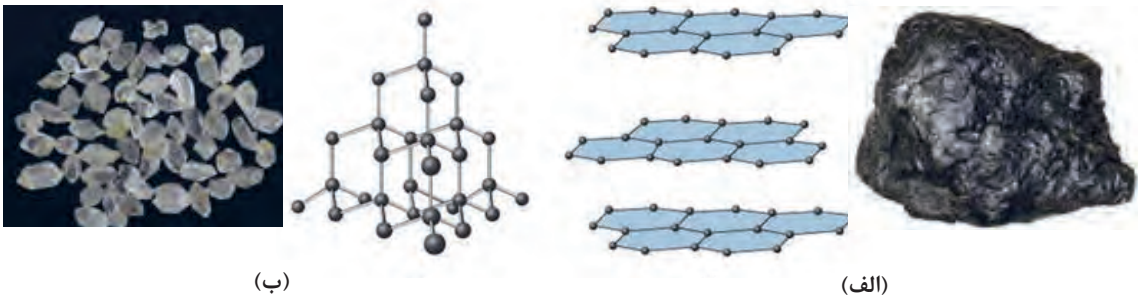
شکل ۳۲ـ دسته بندی سرامیک‌ها

کاربردهای سرامیکی بیان شده در نمودار بالا از ترکیب شدن مواد سرامیکی که در زیر بیان شده است، ایجاد می‌شود.

۱ـ مواد سرامیکی تک عنصری

مواد سرامیکی تک عنصری شامل اتم‌های 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 می‌شود و گاهی به‌صورت الیاف در کامپوزیت‌ها، به‌منظور بهبود خواص مواد دیگر به‌کار می‌رود که در صنعت هوا ـ فضا کاربـرد زیـادی دارد. Si و Ge به‌عنوان مواد اصلی نیمه‌هادی‌ها به‌کار می‌روند.

کربن به‌دلیل دارا بودن خصوصیاتی نظیر استحکام زیاد، وزن کم و مقاومت در برابر خوردگی و حرارت کاربرد زیادی دارد. کربن براساس ساختار کریستالی اهمیت صنعتی فراوانی دارد. همان‌طور که در شکل ۳۳ نشان داده شده کربن دارای دو ساختار گرافیت و الماس است. کربن به‌صورت گرافیت به‌دلیل داشتن ساختار لایه‌ای و تنش برشی بحرانی بسیار پایین، به‌عنوان ماده روانکار برای کاهش اصطکاک لغزشی بین سطح تماس قطعات در درجه حرارت‌های بالا به‌کار می‌رود. همچنین به‌دلیل نقطه ذوب بالا در ساخت راکتورهای اتمی (در ترمزکننده‌ها و غلاف سوخت) نیز کاربرد دارد. کربن به‌صورت الماس برای ابزار برش کاربرد فراوان دارد.



(ب) (الف)

شکل ۳۳ـ الف) ساختار گرافیت ب) ساختار الماس

در جدول ۷ خواص مختلف الماس و گرافیت بیان شده است.

جدول ۷ـ مقایسه خواص مختلف الماس و گرافیت

خواص	الماس	گرافیت
نقطه ذوب (درجه سلسیوس)	۴۱۰۰	۳۷۵۰
چگالی(گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۲/۲۶	۱/۴ـ۲
پایداری در مقابل واکنش‌های شیمیایی	دارد	دارد
هدایت الکتریکی	ندارد	در بین لایه‌ها هدایت الکتریکی دارد

کنجکاوی

چرا گرافیت تنها در بین لایه‌ها، هدایت الکتریکی دارد؟

۲ـ مواد سرامیکی غیراکسیدی

مواد سرامیکی غیراکسیدی یکی از گروه‌های مهم مواد سرامیکی است. این مواد از بیش از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند. ترکیبات این گروه از مواد سرامیکی را بیشتر عناصر C ، Si ، Ge و Mg همچنین B ، N ، H تشکیل می‌دهند، به‌عنوان مثال ترکیبات نیتریدی و کاربیدی که به‌عنوان مواد مقاوم در حرارت‌های بالا در ماشین‌های حرارتی کاربرد دارند. این گروه از مواد سرامیکی پایداری خوبی در برابر حرارت دارند مانند ترکیب Si_3N_4 که می‌تواند 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.

شکل ۳۴ـ پره توربین Si_3N_4

کاربرد دیگر سرامیک‌های غیر اکسیدی مربوط به‌سختی بالای آنها است. قطعاتی که در معرض اصطکاک و نیروی سایشی قرار دارند، با لایه‌ای از این مواد پوشش داده می‌شود و یا به‌طور کامل از این دسته از سرامیک‌ها ساخته می‌شود. به‌طور مثال، Si_3N_4 سیلیسیم نیترید در ساخت موتورهای با پیستون چرخشی به‌عنوان سرسوپاپ به‌کار می‌رود. اما سطح خارجی سرامیک‌های غیراکسیدی در درجه حرارت‌های بسیار بالا در معرض خطر اکسید شدن قرار می‌گیرد درصورتی که این خطر در سرامیک‌های اکسیدی دیده نمی‌شود.

شکل ۳۵ـ سرسوپاپ Si_3N_4

۳ـ مواد سرامیکی اکسیدی

گروه دیگر از مواد سرامیکی مواد اکسیدی است.
از میان سرامیک‌های اکسیدی می‌توان آلومینا (Al_2O_3)، زیرکونیا (ZrO_2)، توریا (ThO_2)، برلیا (BeO) و منیزیا (MgO) را نام برد.
اکسیدهای به کار برده شده برای تولید این مواد، باید تا حدامکان از اکسیدهای خالص باشد.
سرامیک‌های 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 ویژگی‌های زیر را نیز باید داشته باشد:

۱ـ عدم تمایل به واکنش‌های شیمیایی
۲ـ عدم تغییرات حجمی زیاد در هنگام گرم و سرد کردن
۳ـ عدم تبدیل فاز در حالت جامد

شکل ۳۶ـ آجرهای دیرگداز سیلیسیمی

از جمله مواد سرامیکی اکسیدی، پرسلان‌ها هستند. مواد خام پرسلان‌ها شامل مواد معدنی از قبیل کائولن، فلدسپات و کوارتز می‌شود.

در جدول ۸ خواص برخی از سرامیک‌های اکسیدی و غیراکسیدی مقایسه شده است.

جدول ۸ـ برخی از خواص سرامیک‌های پیشرفته

مواد	سختی (kg/mm^2)	چقرمگی ($MPa.m^{1/2}$)	مدول الاستیسیته (GPa)	استحکام (MPa)	چگالی (g/cm^3)	دمای ذوب (درجه سلسیوس)
SiO_2	۶۵۰	۰/۵	۷/۲	۴۸	۲/۲	۵۰۰
Al_2O_3	۱۳۰۰	۴/۵	۳۶ـ۴۰	۲۵۰ـ۳۰۰	۳/۹۶	۲۰۵۰
ZrO_2	۱۲۰۰	۶/۹	۱۷ـ۲۵	۱۱۳ـ۱۳۰	۵/۶	۲۷۰۰
SiC	۲۵۰۰	۳/۴	۴۰ـ۴۴	۳۱۰	۳/۲	۳۰۰۰
Si_3N_4	۱۳۰۰	۵	۳۰ـ۷۰	۴۱۰	۳/۲۴	۱۹۰۰

۴ـ سرامیک‌های پیشرفته

سرامیک‌های پیشرفته شامل کاربیدها، بریدها، نیتریدها و اکسیدها هستند. این سرامیک‌ها اغلب به‌دلیل مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی بالایی که در دمای بالا دارند، در ساخت قطعات موتورهای جت و توربین‌ها به‌کار می‌روند.

گروهی از سرامیک‌های پیشرفته به دلیل داشتن خواص فیزیکی منحصر به فرد در ساخت قطعات الکتریکی و الکترونیکی، عایق‌های الکتریکی با ولتاژ بالا و پایین، خازن‌ها، مبدل سیگنال‌های الکتریکی و به‌عنوان سرامیک‌های مغناطیسی در کامپیوترهای بزرگ دیجیتالی برای ذخیره‌سازی داده‌ها کاربرد دارند.

این مواد به‌دلیل دارا بودن ویژگی مقاومت به‌خوردگی در دماهای بالا به‌عنوان کاتالیزورهای واکنش‌های شیمیایی و در نقش سنسور برای ردیابی گازهای خطرناک به‌کار می‌روند. همچنین به‌دلیل سازگاری با بدن انسان به‌عنوان تجهیزات و اجزایی از بدن انسان کاربرد دارند. سرامیک‌های پیشرفته همچنین در سیستم‌های قطع و وصل الکترونیکی در وسایل مخابراتی اهمیت خاصی دارند.

شکل ۳۷ـ سرامیک‌های پیشرفته

از جمله سرامیک‌های پیشرفته می‌توان موارد زیر را نام برد:

سیلیسیم کاربید(SiC):

این ماده به دلیل مقاومت به خوردگی مناسب در دماهای بالا، مقاومت سایشی خزشی و حرارتی بالا اهمیت صنعتی ویژه‌ای یافته است، اما SiC ترد بوده و چقرمگی شکست پایینی دارد. استحکام سیلیسیم کاربید می‌تواند تا حدود ۴۶۰Mpa و چقرمگی شکست آن به حدود $5MPa.m^{\frac{1}{2}}$ برسد. اغلب به‌عنوان لایه پوششی برای فلزات و کامپوزیت‌های کربن ـ کربن به‌کار می‌رود. همچنین به صورت ذرات و الیاف تقویت‌کننده در کامپوزیت‌های زمینه فلزی و سرامیکی و به‌دلیل مقاومت خزشی و حرارتی بالا برای دهانه راکتورها و لوله‌های مبدل‌های حرارتی به‌کار می‌رود.

شکل ۳۸ـ سرسیلندر از جنس SiC

بور کاربید (B_4C):

این ماده سرامیکی دارای سختی بالایی بوده و از لحاظ وزن بسیار سبک است. علاوه بر کاربرد به‌عنوان پوشش هسته‌ای در راکتورهای اتمی با مقاومت سایشی بالا و برای ضدگلوله کردن زره‌پوش‌ها نیز به‌کار می‌رود. اما استحکام این ماده در دماهای بالا زیاد نیست.

شکل ۳۹ـ زره کاربید بور

سیلیسیم نیترید (Si_3N_4):

خواص این ماده سرامیکی شبیه سیلیسیم کاربید است، اما مقاومت به خوردگی آن در دماهای بالا مقدار کمتری است. سیلیسیم نیترید در ابزار برش، یاتاقان، بلبرینگ، رولبرینگ و موتور به‌کار می‌رود.

شکل ۴۰ـ بلبرینگ از جنس Si_3N_4

آلومینیوم نیترید (AlN):

عایق الکتریکی خوبی بوده و هدایت حرارتی بالایی دارد.

زیرکونیا (ZrO_2):

زیرکونیا از لحاظ ریزساختار، بالاترین مقاومت به ضربه را در بین سرامیک‌ها دارد و به‌همین دلیل در مواردی چون چوب گلف، قیچی سرامیکی، قالب‌های اکستروژن، واشر در شیرها، پروانه پمپ‌های انتقال مواد شیمیایی، سرپیستون و آسترپیستون‌ها کاربرد دارد. به‌کارگیری زیرکونیا به‌عنوان اجزای موتورهای حرارتی باعث شده

شکل ۴۱ـ گلوله‌های آسیاب زیرکونیایی

تا از کاهش دمای موتور جلوگیری شده و بازده موتور افزایش یابد و ازطرفی میزان سایش کاهش یافته و عمر موتور افزایش می‌یابد. در همین راستا به‌عنوان سر سوپاپ، میل لنگ و بادامک‌ها که مقاومت به سایش در آنها اهمیت دارد، استفاده می‌شود.

تیتانیم برایدِ TiB_2 :

این ماده به عنوان هادی الکتریسیته و حرارت به کار می‌رود. علاوه بر آن چقرمگی خوبی دارد و در ساخت زره‌های نظامی کاربرد دارد.

آلومینا Al_2O_3 :

یکی از سرامیک‌های سخت است بنابراین تغییر شکل آن بسیار مشکل است. آلومینا با مقاومت بالایی که در دماهای بالا دارد به‌عنوان ظرف ذوب فلز، ماده عایق در شمع‌های اتومبیل، ماده ترمیم دندان در دندانپزشکی، ماده پرکننده استخوان و ترمیم استخوان‌ها در ارتوپدی و همچنین برای کاربردهای الکتریکی با کیفیت بالا در جایی که اتلاف دی‌الکتریک پایین و مقاومت بالا موردنیاز است به‌کار می‌رود.

شکل ۴۲ـ کاربردهای مختلف آلومینا

اورانیوم اکسیدِ UO_2 :

به‌عنوان سوخت راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود.

شکل دادن سرامیک‌ها

روش‌های متداول برای شکل دادن سرامیک‌ها عبارت‌اند از: ریخته‌گری دوغابی، شکل‌دادن گل پلاستیک، پرس و قالب‌گیری تزریقی. بعد از شکل‌دهی، قطعه سرامیکی تولید شده استحکام کافی ندارد و درون قطعه آب و مواد افزودنی وجود دارد. سپس با فرایند خشک‌کردن و پخت تخلخل‌ها کاهش یافته و چگالی و استحکام قطعه سرامیکی افزایش می‌یابد. سپس خواص مکانیکی، الکتریکی، نوری، شیمیایی، پزشکی و سایر خواص در آنها پدید می‌آید.

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۲: ۱ـ مواد و ویژگی‌های آن ۲ـ دسته‌بندی و انتخاب مواد	۱ـ گروه‌بندی مواد براساس ساختار، کاربرد و جنس ۲ـ تفکیک و انتخاب مواد براساس مشخصه‌های ذاتی، مکانیکی و فیزیکی آنها	گروه‌بندی مواد براساس ساختار، کاربرد و جنس تفکیک و انتخاب مواد براساس مشخصه‌های ذاتی، مکانیکی و فیزیکی آنها	بالاتر از حد انتظار	گروه‌بندی براساس جنس، ساختار، کاربرد، تعیین نوع مشخصه، تفکیک براساس مشخصه	۳
			در حد انتظار	گروه‌بندی براساس جنس، ساختار، کاربرد، تعیین نوع مشخصه	۲
			پایین‌تر از انتظار	گروه‌بندی براساس جنس، ساختار، کاربرد	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۳

تحلیل و طبقه‌بندی مواد اولیه سرامیک‌ها

در تصاویر زیرفرایند تولید سیمان به عنوان یک محصول سرامیکی، مشاهده می‌شود. انتخاب فرایند و فناوری تولید سیمان، همچنین ویژگی محصول نهایی به ماده اولیه و تغییرات اعمال شده بر روی آن در فرایند تولید بستگی دارد.

شکل ۱ــ ذخیره کردن و همگن‌سازی مواد اولیه

شکل ۲ــ کارخانه سیمان

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

فعالیت

در شکل زیر خط تولید کاشی نشان داده شده است با کمک هنرآموز خود هر یک از مراحل تولید کاشی را بنویسید.

شکل ۳

تحقیق کنید

در مورد فرایند ساخت آجر اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه دهید.

انتخاب یک ماده اولیه مرغوب و همچنین فراوری و خالص‌سازی مناسب آن، نقش زیادی در کیفیت نهایی یک محصول سرامیکی دارد.

شکل ۴ــ معدن کائولن

شکل ۵ــ کائولن شسته شده

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 فیزیکی و شیمیایی ارائه شده، تضمین‌کنندهٔ کیفیت محصولی است که از آن ساخته می‌شود. جدول ۱ مشخصات یکی از انواع خاک‌های کائولن فراوری شده توسط یک کارخانه ایرانی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ مشخصات کائولن زنوز

کائولن زنوز	Products / محصولات	
۹ ± ۱	L O.I	٪ آنالیز شیمیایی Chemical Analysis ٪
۶۳ ± ۱	SiO_2	
۲۴ ± ۱	AI_2O_3	
۰.۵۵ ± ۰.۱	Fe_2O_3	
۰.۰۴ ± ۰.۰۱	TiO_2	
۱.۲ ± ۰.۲	CaO	
۰.۵۵ ± ۰.۰۶	MgO	
۰.۴ ± ۰.۱	Na_2O	
۰.۳ ± ۰.۱	K_2O	
-	SO_4	
۳۰ ± ۵	M . O . R (Kgf / cm^2) / استحکام خمشی	خواص فنی Technical Properties
۳۱ ± ۱	Peff.Plasticity /پلاستیسیته ففرکورن	
۹۲ ± ۲	Brightness (۱۱۸۰°C) / سفیدی پخت	
۵ ± ۰.۵	Drying Contraction (۱۱۰°C) / انقباض خشک	
۳.۵ ± ۰.۵	Firing Contraction (۱۱۸۰°C) / انقباض پخت	
Noodled / رشته‌ای	Physical Form / شکل فیزیکی	
< ۱۰	Moisture ٪ رطوبت	
۶۴ ± ۲	Kaolinite / کائولینیت	٪ آنالیز مینرالی Mineralogical Analysis ٪
۲۷ ± ۲	Quartz / کوارتز	
۲.۱ ± ۰.۵	Calcite / کلسیت	
-	Total Feldspar / فلدسپار	
۶ ± ۱	Others / سایر	
۰.۰۰	> ۱۵۰ µ	٪ توزیع دانه‌بندی Particle Size Distribution ٪
۰-۰.۵	> ۴۰ µ	
۹۹	< ۲۰ µ	
۷۴ ± ۳	< ۲ µ	

فعالیت

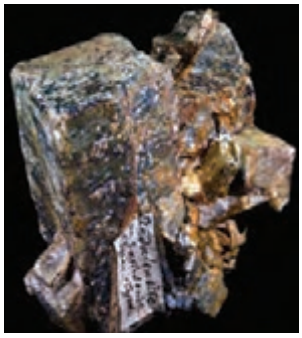
نام و مشخصات شیمیایی، مینرالی و فنی چند ماده اولیه موجود در کارگاه سرامیک را با کمک گرفتن از هنرآموز خود جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

کوه‌ها، صخره‌ها و زمین همگی از سنگ ساخته شده‌اند. سنگ‌ها بر اساس نحوه شکل‌گیری‌شان به سه گروه اصلی آذرین، رسوبی و دگرگونی تقسیم می‌شوند که همگی دربردارنده کانی‌ها و مینرال‌های متنوعی هستند.

شکل ۶ـ سنگ گرانیت و کانی‌های آن

کانی‌ها مواد طبیعی، جامد و غیرزنده در زمین هستند که فرمول شیمیایی، ساختار و خواص مشخصی دارند.

کوارتز



آندولوزیت

کائولینیت

شکل ۷

جدول ۲ـ مشخصات سه کانی کوارتز، آندولوزیت و کائولینیت

نام:	کوارتز	آندولوزیت	کائولینت
شکل بلوری:	شش وجهی	منشوری	پهن و کوتاه
فرمول شیمیایی:	SiO_2	$AL_2O_3.SiO_2$	$AL_2O_3.2SiO_2.$
سختی موس:	۷	۷/۵	۲ تا ۲/۵
وزن مخصوص:	۲/۶۵	۳/۲ ـ ۳/۱	۲/۱۶ ـ ۲/۶۸
درخشندگی:	شیشه‌ای	شیشه‌ای ـ چرب ـ مات	مات، صدفی

کنجکاوی

در کتاب علوم پایه نهم با مفهوم، ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شده‌اید. آیا یخ و نبات کانی هستند؟

شکل ۸ــ نبات

شکل ۹ــ یخ

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 می‌یابید که سنگ‌ها و کانی‌های مختلف شباهتی به هم ندارند. یک ذره‌بین به شما کمک می‌کند تا سنگ‌ها را از نزدیک بررسی کنید و جزئیاتی را مشاهده کنید که با چشم غیرمسلح به آسانی قابل دیدن نیست.

نکات ایمنی

در هنگام جمع‌آوری سنگ‌ها لباس مناسب بپوشید. همچنین عینک محافظ یا ایمنی می‌تواند چشمتان را محافظت کند زیرا هنگام ضربه زدن با چکش به سنگ، ممکن است تراشه‌های آن به سمت شما پرت شوند.

شکل ۱۰ـ برخی از وسایل مورد نیاز یک زمین‌شناس

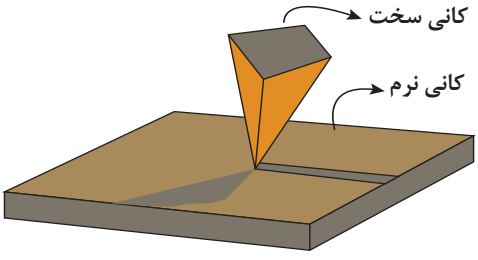
نکته

از نقشه برای شناسایی مشخصات دقیق محل سنگ استفاده کنید.

زمین‌شناسان، افرادی هستند که چگونگی تشکیل زمین، ویژگی‌ها، ساختار، ترکیب سنگ‌ها و کانی‌ها و تاریخچه آنها را مطالعه می‌کنند. دیدن مناطق جدید و بکر، کار کردن در روز، اقامت شبانه در صحرا و دور از هیاهوی شهرها و کشف راز زمین از نکات مثبت و جذاب زندگی زمین‌شناسان است. زمین‌شناسان جهت شناسایی اولیه یک کانی و سنگ چند آزمایش ساده زیر را انجام می‌دهند.

آزمایش سختی

در مقیاس موهس، کانی‌ای که قابلیت خراش کانی دیگر را دارد سختی بیشتری دارد.



شکل ۱۱

شکل ۱۲ـ سختی کانی‌های مختلف مقیاس موهس

فعالیت

با سنگ یک ظرف شیشه‌ای یا تکه‌ای از شیشه را خراش دهید. اگر سنگ ظرف شیشه‌ای را خراشید سختی آن بیشتر از شیشه است که دارای سختی بین ۵ و ۶ است.

از یک سکه برای خراشیدن سنگ استفاده کنید سختی سکه حدود ۳ است. بنابراین هر سنگی که توسط سکه خراش بردارد دارای کانی‌های با سختی ۳ یا کمتر است.

سختی ناخن کمی بیشتر از ۲ است. سنگ‌ها را با ناخن خراش دهید. اگر سنگ را خراشید کانی‌هایی که سنگ از آنها تشکیل شده است، سختی ۲ یا کمتر دارند.

فعالیت

تعدادی سنگ انتخاب کنید و با آب و برس بشویید. سپس با کمک روش‌های توضیح داده شده، سختی آنها را تخمین بزنید.

گفت‌وگو کنید

برای ساخت شیشه از مقدار زیادی کوارتز استفاده می‌شود. به چه دلیل سختی کوارتز از شیشه بیشتر است و بر روی شیشه خط می‌اندازد؟

رنگ و رنگ خاکه

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

شکل ۱۳ـ کانی کوارتز در رنگ‌های مختلف

تصویر مقابل ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیک) را در رنگ‌های مختلف نشان می‌دهد.
همچنین ممکن است چند کانی مختلف به یک رنگ باشند.

شکل ۱۴ـ کانی ارتوکلاز در رنگ‌های متفاوت

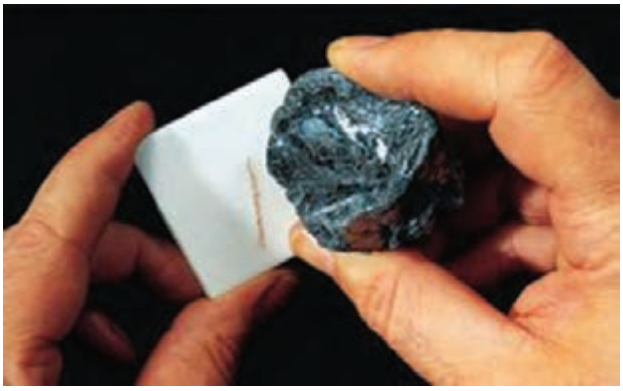
فعالیت

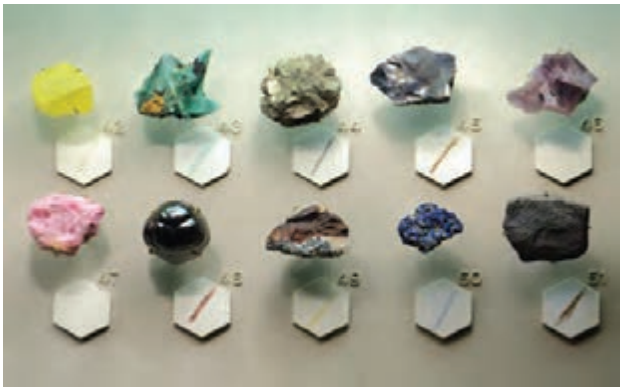
تصاویر مربوط به چند کانی در شکل زیر آمده است. از میان این تصاویر نام چهار کانی که رنگ مشابه دارند را انتخاب کنید و در جاهای خالی بنویسید:

۱ـ ..... ۲ـ .....

۳ـ ..... ۴ـ .....

علاوه بر تعیین رنگ کانی، رنگ خاکه را نیز می‌توان مشخص کرد. به این صورت که گوشه‌ای از کانی مورد نظر را بر یک صفحه چینی بدون لعاب کشیده و اثر ایجاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.





شکل ۱۵ــ کانی‌هایی با رنگ خاکه‌های متفاوت

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 حتماً شبیه هم نیستند.

گفت‌وگو کنید

به چه دلیل زمانی که فلز آهن زنگ می‌زند رنگ آن تغییر می‌کند؟

بیشتر بدانیم

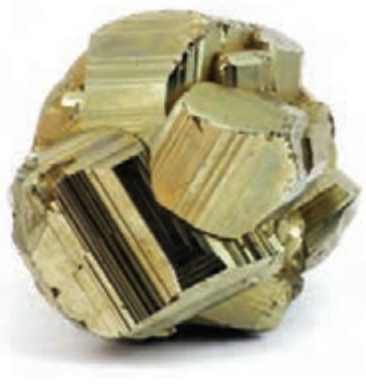
زیبایی‌های ایران زمین ـ فرش‌های خاکی

هرمز جزیره رنگ‌هاست تنوع رنگی سنگ‌های کنده شده از لایه‌های مختلف اعماق زمین توسط توده‌های نمک آن‌قدر زیاد است که هرمز را به زیباترین و کم‌نظیرترین گنبد نمکی در دنیا تبدیل کرده تا جایی که از آن با نام آزمایشگاه سنگ‌شناسی یاد می‌کنند. هرمز موزه کانی‌های جهان است.

شکل ۱۶

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 می‌دهند.



پیریت

گوگرد

شکل ۱۷

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

شکل ۱۸

تحقیق کنید

با مطالعه کتاب علوم پایه نهم کانی‌هایی با درخشش ابریشمی، صمغی و الماسی را بیابید و در کلاس در مورد آنها گفت‌وگو کنید.

رَخ (کلیواژ): عبارت است از تمایل یک کانی به شکست صفحه‌ای شکل در امتداد سطوحی معین که به این سطوح کلیواژ گفته می‌شود.

شکل ۱۹ـ رَخ در یک راستا (موسکویت)

شکل ۲۰ـ رَخ در دو راستا (فلدسپات)

شکل ۲۱ـ رَخ در سه راستا عمود بر هم (هالیت)

شکل ۲۲ـ رَخ در سه راستا غیرعمود بر هم (کلسیت)

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

شکل ۲۳ـ شکستگی چند نوع کانی

چگالی (جرم‌حجمی)

اغلب کانی‌های سیلیکاتی، که بخش زیادی از پوستهٔ زمین را می‌سازند، چگالی‌ای در حدود ۲/۵ تا ۳/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارند. کانی‌هایی که در ساختمان خود عنصرهای سنگینی مانند سرب و باریوم دارند، دارای چگالی بالاتری هستند.

جدول ۳ـ چگالی چند کانی

کانی	چگالی g/cm^3
گرانیت	۲/۶۴ ـ ۲/۷۶
هورنبلند	۳
فلدسپات	۲/۵۵ ـ ۲/۷۵
کوارتز	۲/۶۵
شیشه	۲/۲۰

بیشتر بدانیم

مفاخر ایران

ابوریحان محمدبن احمد بیرونی (۴۴۰ ـ ۳۶۲ هجری قمری، متولد خوارزم)، دانشمند برجستهٔ ایرانی، در رشته‌های گوناگون ریاضی، جغرافیا، زمین‌شناسی، مردم‌شناسی فیزیک و فلسفه، سرآمد روزگار خود بود. ابوریحان درکتاب «الجماهر فی معرفة الجواهر» به شرح فلزات و جواهرات قاره‌های آسیا، اروپا و آفریقا می‌پردازد و ویژگی‌های فیزیکی مانند بو، رنگ، نرمی و زبری حدود ۳۰۰ نوع کانی و مواد دیگر را شرح می‌دهد. ابوریحان بیرونی موفق به تعیین دقیق چگالی چند نوع فلز و مینرال شد.

آزمون اسید برای کانی‌ها و سنگ‌های کربناتی

برای اغلب زمین‌شناسان 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 دی‌اکسیدکربن است. حباب‌ها نشانه وجود کانی‌های کربناتی مانند کلسیت، دولومیت یا دیگر کانی‌های کربناتی است.

شکل ۲۴ـ تأثیر اسید بر کانی کربناتی

بیشتر بدانیم

تنسوخ‌نامه ایلخانی

تنسوخ‌نامه ایلخانی تألیف خواجه‌نصیرالدین طوسی است و یکی از آثار مهم و با ارزش در زمینه شناخت گوهرها و دانستن خواص سنگ‌ها و شناخت فلزات است.

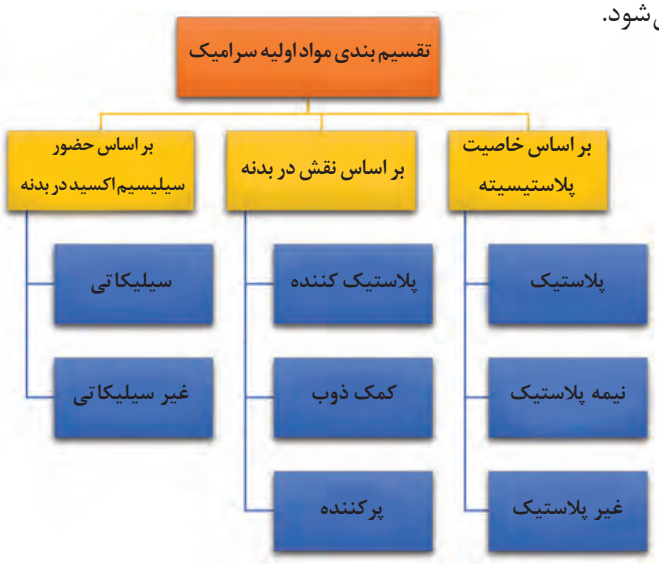
تحقیق کنید

در جدول زیر نام هفت کانی دیگر را یادداشت کرده و خصوصیات کانی‌ها را مانند مثال نوشته و در کلاس ارائه دهید.

نام کانی	رنگ	رنگ خاکه	سختی	درخشندگی	رَخ	کاربرد
مثال: کوارتز	بی‌رنگ تا سفید	سفید	۷	شیشه‌ای	ندارد	شیشه‌سازی، کاغذ سمباده

تقسیم‌بندی مواد اولیه سرامیک

مواد اولیه بر اساس خاصیت پلاستیسیته، نقش در بدنه و همچنین حضور سیلیسیم اکسید در ترکیب مواد اولیه در سه گروه تقسیم‌بندی می‌شود.



شکل ۲۵ـ نمودار تقسیم‌بندی مواد اولیه سرامیک

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

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

مواد اولیه پلاستیک (رس‌ها)

مواد پلاستیک موادی هستند که در اثر اختلاط با آب به صورت گل درمی‌آیند و قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کنند. گِل تهیه شده از خاک رس را می‌توان یکی از شکل‌پذیرترین مواد طبیعی دانست. رس خاکی است طبیعی و ریزدانه که عموماً از کانی‌های رسی تشکیل شده است. نمونه‌هایی از سنگ‌های حاوی کانی‌های رسی را در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۶ــ کانی‌های رسی

دو عامل اصلی که سبب ایجاد رفتارهای گوناگون در خاک‌های رسی می‌شود نوع کانی آنها و میزان آب است. کانی‌های رسی عمدتاً از AL_2O_3، SiO_2 و H_2O تشکیل شده‌اند که بعضی از آنها Mg، Ca، Na و Fe را نیز به همراه دارند. این عناصر در ساختمان کانی‌های رسی به شکل‌های گوناگون در کنار هم قرار می‌گیرند. به همین دلیل تجزیه شیمیایی یک خاک رس نمی‌تواند به‌طور کامل نوع کانی‌های رسی را مشخص کند.

بیشتر بدانیم

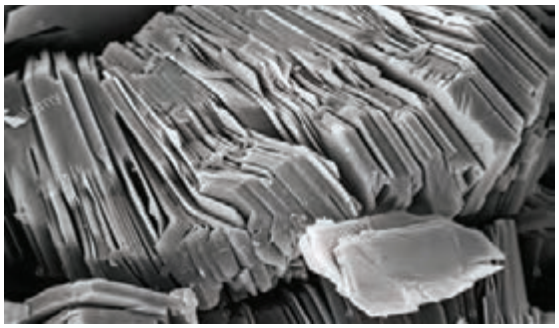
بیرونیت[1] نام کانی حاوی کلسیم‌سیلیکات و کلسیم‌کربنات آب‌دار است که در سال ۱۹۵۷ میلادی کشف و به افتخار دانشمند ایرانی، ابوریحان بیرونی نام‌گذاری گردید تا بزرگ‌داشتی بر پژوهش‌های وی درزمینه کانی‌ها و سنگ‌ها باشد.

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

شکل ۲۷ـ رفتار رس‌ها در مجاورت آب

۱ـ پلاستیسیته: نشان‌دهنده میزان تغییر شکل ترکیب خمیری خاک و آب بر اثر اعمال نیرو است. پلاستیسیته ویژگی اصلی خاک‌های رسی است که ساختار ورقه‌ای شکل کانی باعث ایجاد این خصوصیت می‌شود.

پلاستیسیته خاک‌های رسی به اندازه دانه و ورقه‌ای بودن کانی‌های آن بستگی دارد که باعث لغزش ورقه‌ها هنگام جذب آب می‌شود.



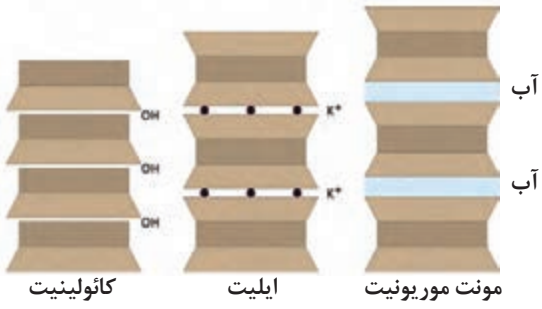
شکل ۲۸ـ تصویر میکروسکوپی کائولینیت

۱ـ Birunite

شکل‌پذیری گل رس به دلیل لغزش ورقه‌ها بر روی هم است.

شکل ۲۹ـ گِل رس

بالاترین میزان پلاستیسیته به ترتیب در رس‌های مونت موریونیت، کائولینیت و ایلیت وجود دارد.
اگر خاک‌های رسی دارای ویژگی پلاستیسیته مناسب باشند خاک پلاستیک یا چسبنده و در غیراین‌صورت خاک‌های غیرپلاستیک یا غیرچسبنده نامیده می‌شوند.
وجود مواد آلی در خاک‌های رسی ویژگی پلاستیسیته رس‌ها را افزایش می‌دهد.



شکل ۳۰ـ قرارگیری ورقه‌ها در کانی‌های رسی

۲ـ چسبندگی: رس‌ها باعث اتصال ذرات موجود در آمیز به یکدیگر می‌شوند و پس از خشک شدن توده محکم و یکپارچه به وجود می‌آورد. چسبندگی به پلاستیسیته رس‌ها بستگی دارد. رس‌هایی که پلاستیسیته زیادی دارند اغلب به نام رس‌های چسبنده معروف هستند. این رس‌ها پس از مخلوط شدن با آب و افزودن حتی بیش از ۵۰ درصد مواد غیرپلاستیک می‌توانند خمیری شکل‌پذیر ایجاد کنند.

شکل ۳۱ـ چسبندگی

بیشتر بدانیم

ارگ بم بزرگ‌ترین بنای خشتی جهان، یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین شاهکارهای تاریخی ایران‌زمین به شمار می‌آید. پیشینیان این مجموعه تاریخی عظیم را روی صخره‌ای سترگ در نزدیکی شهر بم در استان کرمان ساخته‌اند.

تحقیق کنید

در مورد بناهای خشتی در ایران و دلیل استفاده از رس به عنوان مصالح ساختمانی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

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

شکل ۳۲ـ جذب آب کانی رس

۴ـ تورم: حجم رس پس از جذب آب افزایش می‌یابد به این ویژگی تورم گفته می‌شود. این ویژگی به ترکیب کانی‌شناسی خاک رس، نوع کاتیون‌هایی که کانی‌های رسی از آنها اشباع شده‌اند و دانه‌بندی آنها بستگی دارد. رس‌های مونت موریونیتی بیشترین تورم را دارند ولی رس‌های کائولینیتی تورم کمی را نشان می‌دهند.

شکل ۳۳ـ جذب آب و تورم رس

بیشتر بدانیم

رفتار رس و بحران فرونشست زمین

رفتار تورمی معمولاً در خاک‌هایی مشاهده می‌شود که به اندازه کافی ذرات ریزدانه رسی داشته باشند. جذب رطوبت باعث افزایش حجم خاک و از دست دادن رطوبت، باعث انقباض و کاهش حجم خاک می‌شود. تغییرات حجمی ناشی از تغییر درصد رطوبت خاک، باعث وارد آمدن خسارت به سازه‌های موجود در سطح خاک می‌شود. کاهش بارش باران در ایران و حفر بیش از اندازه چاه‌های مجاز و غیرمجاز و برداشت آب‌های زیرزمینی، ایران را با بحرانی به نام فرونشست زمین مواجه کرده است. شکاف‌ها و ترک‌های عمیق ایجاد شده در دشت‌ها و اراضی کشاورزی، خسارات وارده به تأسیسات زیربنایی و مناطق مسکونی از جمله مسائلی است که فرونشست زمین باعث آن شده است.

۵ـ رنگ‌زدایی: برخی از رس‌ها می‌توانند مواد رنگی را از نفت، چربی‌ها و واکس‌ها جذب کنند. این عمل رنگ‌زدایی نامیده می‌شود. این خاصیت را می‌توان به رنگ‌آمیزی پارچه تشبیه نمود که در آن رنگ از محلول جدا می‌شود و جذب پارچه می‌گردد و با شستن پارچه از آن جدا نخواهد شد.

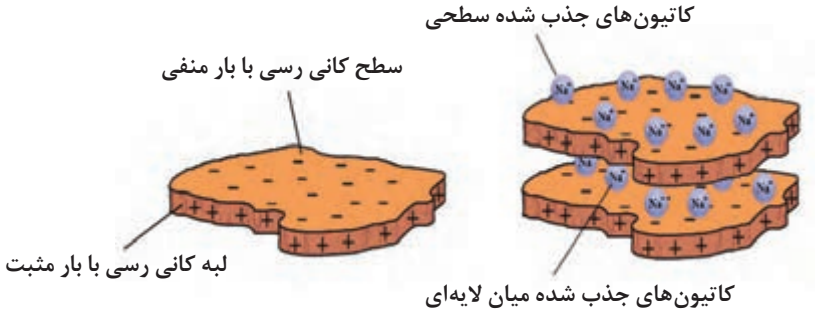
شکل ۳۴ـ جاذب بودن رس

تحقیق کنید

قرن‌هاست که از رس‌ها به‌ویژه از بنتونیت برای پالایش و تصفیه روغن‌ها استفاده می‌کنند. در مورد این ویژگی رس‌ها اطلاعاتی گردآوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

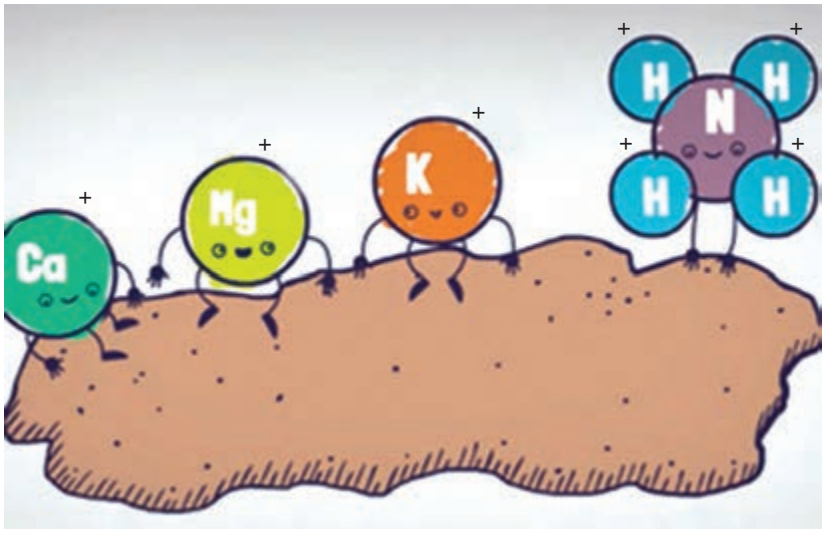
۶ـ تعویض کاتیونی: کانی رس در سطوح خود دارای بار الکتریکی منفی و در لبه‌ها بار مثبت دارد. بنابراین بلورها قادر به جذب کاتیون‌ها روی سطح و میان لایه‌های خود خواهند بود. همچنین می‌توانند کاتیون‌های خود را با دیگر کاتیون‌های محیط تعویض کنند.

تعویض کاتیونی بر روی خصوصیات فیزیکی رس تأثیر می‌گذارد. پلاستیسیته بسیار بالا در رس‌ها به تبادل کاتیونی آنها بستگی دارد. رس‌هایی که ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارند از پلاستیسیته زیادی برخوردار هستند.



شکل ۳۵

تمایل طبیعی رس‌ها به جذب برخی از کاتیون‌های موجود در محیط بیشتر از بقیه می‌باشد.



شکل ۳۶ـ تمایل رس‌ها به جذب کاتیون‌ها

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

۱ـ کائولن

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

۲ـ بالکلی

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

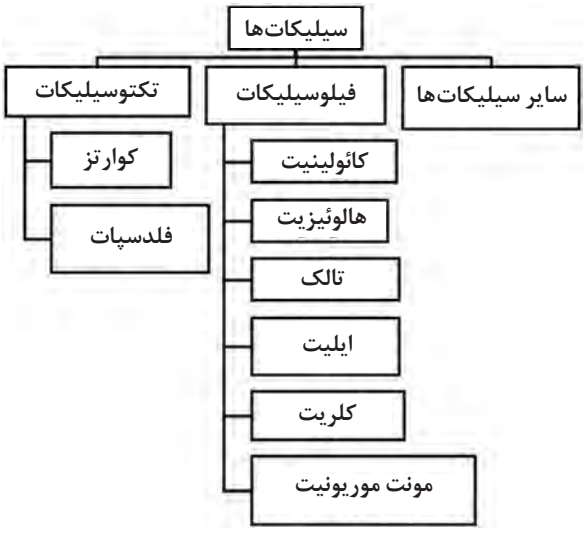
۳ـ بنتونیت

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

۴ـ رس‌های معمولی و شیل

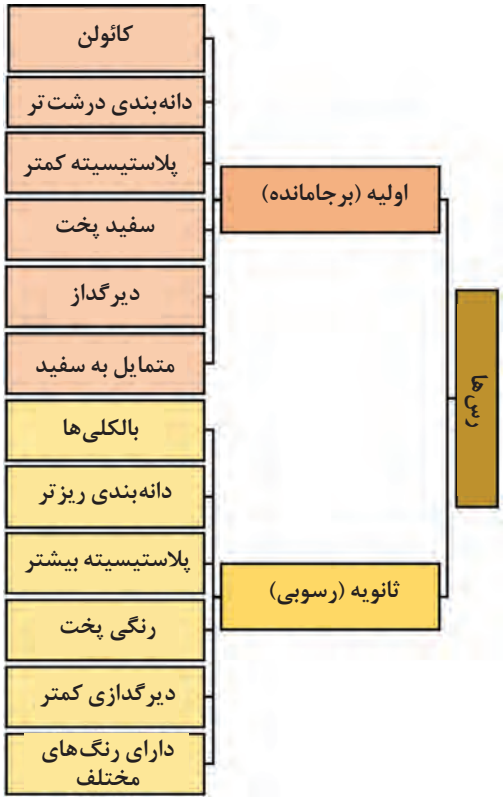
- به رس‌هایی گفته می‌شود که اندازه دانه‌های آنها کمتر از چند میلی‌متر است و به اندازه کافی دارای خاصیت پلاستیسیته است و از کانی‌های رسی ایلیت، کلریت، اندکی کائولینیت و مونت موریونیت، همراه با برخی کانی‌های کلسیت، کوارتز و فلدسپات تجزیه نشده تشکیل شده است.

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



شکل ۳۷ـ تقسیم‌بندی سیلیکات‌ها

رس‌ها از لحاظ چگونگی تشکیل، به رس‌های اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند:



شکل ۳۸ــ تقسیم‌بندی رس‌ها بر اساس چگونگی تشکیل

بیشتر بدانیم

گنبد قابوس بنایی تاریخی از سده چهارم هجری است که در شهر گنبد کاووس، شمال ایران در استان گلستان قرار دارد. این بنا که بلندترین برج تمام آجری (خشت رسی پخته شده) جهان به‌شمار می‌آید بر فراز تپه‌ای خاکی در ارتفاع نزدیک به پانزده متر بالاتر از سطح زمین قرار دارد. این بنا در سال ۳۷۵ هجری شمسی و در زمان سلطنت شمس‌المعالی قابوس بن وشمگیر و در شهر جرجان که پایتخت پادشاهان آن منطقه بود، ساخته شده است.

کائولن[1]

کائولن ابتدا در سرزمین چین شناخته شد و لغت آن از کلمه چینی کائولینگ[2] به معنی کوه بلند، گرفته شده است. ۱۷۰۰ سال قبل کائولن به‌صورت کوهی بلند در شمال چین کشف شده است. در قرون گذشته سنگ‌های این منطقه برای ساختن ظروف چینی مورد استفاده قرار گرفته است، از این‌رو واژه خاک چینی[3] نیز در مورد آن به کار می‌رود.

شکل ۳۹ـ سنگ نماد معدن کائولن در چین

سنگ کائولن حالتی نرم و خاکی دارد که شکل‌پذیر بوده و معمولاً سفید رنگ است و ۵۰ تا ۹۵ درصد آن را کانی کائولینیت تشکیل داده است. کائولن از دگرسانی سنگ‌های حاوی کانی‌های آلومینیوم‌دار مانند فلدسپات به همراه سایر کانی‌ها مثل میکا یا کوارتز به وجود می‌آید. کائولن ممکن است علاوه‌بر کائولینیت حاوی کوارتز، فلدسپات و کانی‌های دیگری مانند آهن اکسید (Fe_2O_3)، آهن هیدروکسید (FeOOH)، پیریت (FeS_2)، روتایل (TiO_2) و ترکیبات کربناتی یا مواد آلی باشد. وجود این ناخالصی‌ها در کائولن رفتار فیزیکی فرایند تولید را به شدت تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. کانی‌های رسی از تجزیه و هوازدگی سنگ‌های آذرین مثل گرانیت، گنیس، فلدسپات و پگماتیت به وجود می‌آیند.

شکل ۴۰ـ کائولن

1_ Kaolin
2_ Kao – Ling
3_ china clay

به عنوان مثال گرانیت از سه کانی میکا ($6SiO_2.3Al_2O_3.K_2O.2H_2O$)، کوارتز ($SiO_2$) و فلدسپات ($6SiO_2.Al_2O_3.K_2O$) با نسبت‌های تقریباً برابر تشکیل شده است. در بین این سه نوع کانی، فلدسپات در برابر آب و هوازدگی از همه ضعیف‌تر و ناپایدارتر است. به این ترتیب فلدسپات موجود در گرانیت چنانچه در برابر آب و هوا قرار گیرد، در طولانی مدت تخریب و باعث تشکیل کانی‌های رسی می‌شود. این فرایند کائولینیزه شدن نام دارد. در نتیجهٔ این عمل، قلیایی‌های موجود در فلدسپات تبدیل به نمک‌های محلول شده و از محیط خارج می‌شوند.

معادلات شیمیایی زیر به‌صورت کاملاً ساده و کلی این فرایند را نشان می‌دهند:

$$6SiO_2.Al_2O_3.K_2O \xrightarrow[-K_2O \\ -4SiO_2]{+2H_2O} 2SiO_2.Al_2O_3.2H_2O$$

چنانچه عمل تجزیه همچنان ادامه یابد، دیاسپور و گیبسیت به وجود خواهندآمد:

$$2SiO_2.Al_2O_3.H_2O \rightarrow Al_2O_3.H_2O$$ (سیلیس‌زدایی)

$$Al_2O_3.H_2O + 2H_2O \rightarrow Al_2O_3.3H_2O$$ (آب‌گیری)

$$Al_2O_3.H_2O + 2H_2O \rightarrow Al_2O_3.3H_2O$$ (جذب آب و تشکیل ژیپسیت)

در بیشتر معادن، استخراج کائولن به روش روباز انجام می‌شود کائولن به دو شکل طبیعی (شسته نشده) و فراوری‌شده (شسته شده) به بازار عرضه می‌شود.

شکل ۴۱ـ معدن روباز کائولن

جهت فراوری کائولن به دو روش عمل می‌شود:

۱ـ کائولن استخراج شده از معدن به کارخانه‌ای که در نزدیکی معدن است، حمل شده و در آنجا بعد از شست‌وشو و خالص‌سازی، آب اضافی توسط فیلتر پرس گرفته شده و کیک‌های به‌دست آمده به وسیله اکسترودر به قطعات کوچک برش داده می‌شود و بعد از خشک شدن، کائولن شسته شده وارد بازار مصرف می‌شود.

شکل ۴۲ـ پاشیدن آب به دیوار معدن

۲ـ در این روش برای استخراج کائولن از دستگاهی استفاده می‌شود که آب را با فشار زیاد به دیواره‌های معدن می‌پاشد تا کائولن مرغوب از دیواره‌ها شسته شود. سپس کائولن به همراه آب و با به‌جا گذاشتن ناخالصی‌ها، به داخل کانال هدایت می‌شود. سپس به داخل مخزن‌های آبگیر مجهز به هم‌زن پمپ می‌شود. سرعت هم‌زن مخزن‌ها 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 رسوب‌گذاری جدا می‌شود.

شکل ۴۳ـ مخزن آبگیر

سوسپانسیون نهایی کائولن شامل مقدار زیادی آب است. بنابراین، ابتدا مقداری از آب از طریق حوضچه‌های سرباز تبخیر می‌شود (عمل هم زدن در اینجا هم ادامه دارد) و زمانی که سوسپانسیون به حد کافی غلیظ شد، با استفاده از فیلترپرس آب آن را گرفته و کیک‌های حاصل از آن درون خشک‌کن‌ها حرارت داده می‌شود و به پودر خشک که همان کائولن است، تبدیل می‌شود.

شکل ۴۴ـ کائولن شسته شده

ترکیبات کائولن

بیشترین کانی موجود در کائولن، کائولینیت است. بر طبق آنالیزهای انجام شده میزان SiO_2 و Al_2O_3 موجود در کائولن، باید در محدوده مشخصی باشد و هرچه نزدیک به مقدار تئوری باشد نشان‌دهنده خلوص بالای کائولن فراوری شده است.

جدول ۴ـ آنالیز شیمیایی کائولن زدلیتز

اکسید	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	L.O.I	جمع کل
درصد تئوری	۴۶/۳	۳۹/۸	-	-	-	-	-	-	۱۳/۹	۱۰۰
کائولن زدلیتز	۴۷/۳۵	۳۷	۰/۸۳	۰/۲	۰/۶۵	۰/۲۴	۱/۱۱	-	۱۲/۶	۹۹/۹۸

جمع‌آوری اطلاعات

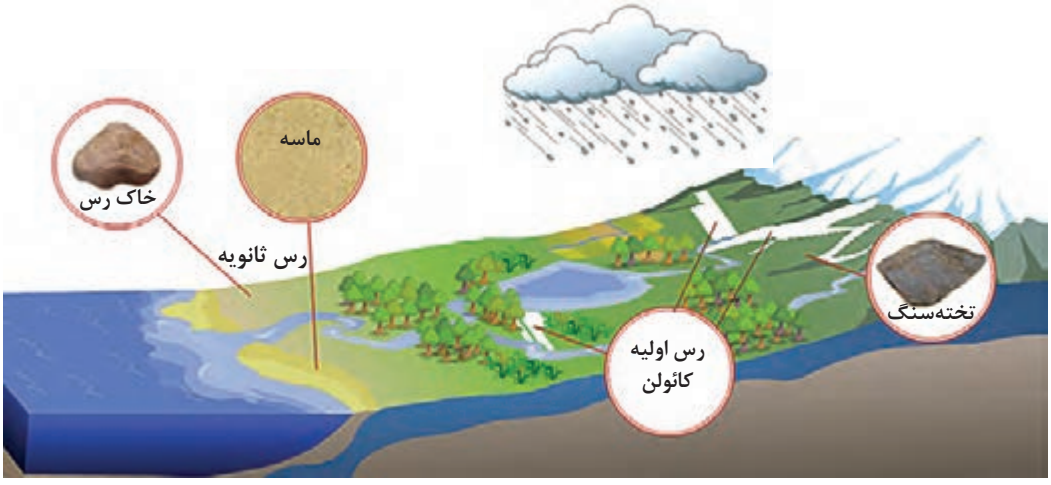
با مراجعه به پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور www.ngdir.ir از بانک اطلاعات مواد معدنی و بانک فراوری مواد معدنی ایران، اطلاعات لازم در مورد ویژگی‌های خاک کائولن در کشورمان ایران جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

تحقیق کنید

آیا در استانی که زندگی می‌کنید معدن کائولن وجود دارد؟ در صورت موجود بودن در مورد آن تحقیق کنید.

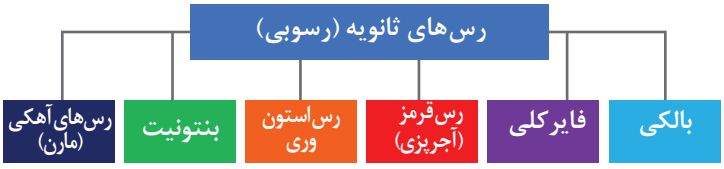
رس‌های ثانویه[1]

در صورتی‌که رس‌ها پس از پیدایش خود (کائولن) به وسیله آب به محل دیگری حمل شوند و در آنجا انباشته گردند رس‌های رسوبی یا ثانویه به‌وجود می‌آیند.



شکل ۴۵ـ تشکیل رس‌های ثانویه

بیشتر رس‌ها جزء رس‌های ثانویه هستند که از این گروه می‌توان به رس‌های زیر اشاره کرد.



1_Secondary Clay

بالکلی[1]

مهم‌ترین رس ثانویه بالکلی است که عمده کانی موجود در آن کائولینیت است.

بالکلی

مواد آلی و کانی مونت موریونیت، ترکیبات آهـــن، تیتانیـــوم و نمک‌هـــای محلول می‌توانند در بالکلی وجود داشته باشند.

کوارتز و کانی‌های میکادار به عنوان عمده‌ترین ناخالصی در بالکلی وجود دارد.

مزایای حضور بالکلی در بدنه	معایب حضور بالکلی در بدنه
● پلاستیسیته بالاتر ● افزایش استحکام خام و خشک بدنه ● جلوگیری از ته‌نشینی ذرات در دوغاب	● تیره شدن رنگ بدنه پس از پخت ● شوره زدن سطح قطعه ● نیاز به روان‌ساز بیشتر به علت حضور مونت موریونیت در دوغاب.

بالکلی استخراج شده از معدن ابتدا با انبارش، یکنواخت‌سازی و ذخیره‌سازی می‌شود و پس از آنالیز شیمیایی و ثبت مشخصات فیزیکی به بازار عرضه می‌شود.

شکل ۴۶ـ انبارش بالکلی

1_ Ball clay

مشخصات خاک بالکلی که توسط یک تولیدکننده این خاک عرضه شده است:

جدول ۵ـ آنالیز شیمیایی یک نمونه بالکلی

ویژگی	مقدار	اکسید	مقدار	اکسید	مقدار
افت وزنی	٪ ۸/۵	CaO	٪ ۰/۰۱	SiO_2	٪ ۶۴
رطوبت	حداکثر ٪ ۳۰	K_2O	٪ ۱/۰۰	Al_2O_3	٪ ۲۴
درصد انقباض پخت در ۱۲۰۰درجه سلسیوس	٪ ۴/۰	Na_2O	٪ ۰/۰۵	Fe_2O_3	٪ ۰/۴
درصد جذب آب بعد از حرارت ۱۲۰۰درجه سلسیوس	٪ ۱۳	MgO	٪ ۰/۱۶	TiO_2	٪ ۰/۹۵

جمع‌آوری اطلاعات

با مراجعه به اینترنت و جست‌وجو در وبگاه‌های معتبر، اطلاعات لازم در مورد چند بالکلی استخراج شده از معادن ایران را جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.

فایرکلی (رس نسوز)

شکل ۴۷ـ انبارش خاک نسوز

اصطلاح خاک‌نسوز به آن دسته از رس‌ها گفته می‌شود که دیرگداز هستند و در حالت عادی دارای پلاستیسیته نبوده اما در صورت ریز شدن دارای خاصیت پلاستیسیته می‌شوند. شرایط به‌وجود آمدن این رس در طبیعت به این صورت بوده است که میزان آلومینیوم اکسید در آنها نسبتاً زیاد است و در عین حال مواد قلیایی و آهن اکسید که در دیگر رس‌ها نقش گدازآور را به عهده دارند در این دسته از رس‌ها کم است. دیرگدازی رس‌های نسوز با توجه به درصد مواد تشکیل‌دهنده بین ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ درجه سلسیوس است. بنابراین در تولید دیرگدازها استفاده می‌شوند.

شکل ۴۸ـ فایرکلی

شکل ۴۹ـ آجر شاموتی

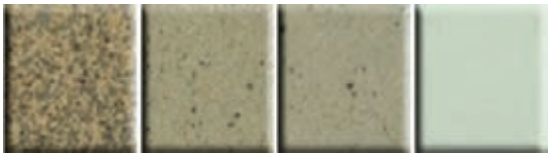
تحقیق کنید

در مورد مصالح به کار رفته در ساخت شومینه اطلاعات جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

رس استون وری

این خاک تقریباً مشابه بالکلی است، با این تفاوت که مقدار ناخالصی‌ها در آن بیشتر است. مقدار زیاد ناخالصی‌ها باعث می‌شود که رنگ بعد از پخت آنها نسبت به بالکلی‌ها بسیار تیره‌تر بوده و نیز در درجه حرارتی حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس بتوانند بدون افزایش گدازآور یا با افزایش مقدار نسبتاً کم، از آن بدنه‌ای متراکم به‌وجود آورند.

شکل ۵۰ـ بدنه استون وری



شکل ۵۱ــ انقباض و متراکم شدن بدنه

رس قرمز (آجرپزی)

فرسایش و خردایش طبیعی رس‌های قرمز بیشتر از بالکلی است.

آهن موجود در این رس‌ها باعث ایجاد رنگ نارنجی و قهوه‌ای پس از پخت می‌شود و در بدنه نقش گدازآور دارد.

کانی‌های رسی موجود در این رس کائولینیت و ایلیت می‌باشد و معمولاً 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 می‌گرفته است.

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 سال‌های ۷۰۴ تا ۷۱۲ هجری قمری، به دستور اولجایتو پادشاه مغول، معروف به سلطان محمد خدابنده ساخته شده است.

شکل ۵۲ــ گنبد سلطانیه

بنتونیت

بنتونیت‌ها از هوازدگی و دگرسانی خاکسترهای آتشفشانی به‌وجود آمده و حاوی مقدار زیادی ذرات مونت موریونیت است. به علت وجود پیوندهای ضعیف میان ورقه‌های مونت موریونیت، به راحتی بر روی یکدیگر می‌لغزند 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.

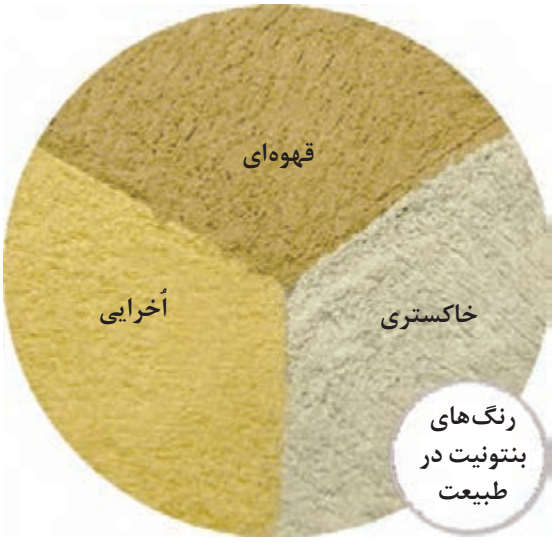
به‌طور کلی بنتونیت‌ها دو نوع هستند:

۱ـ سدیم‌دار

۲ـ کلسیم‌دار

در صنعت سرامیک بنتونیت‌های سدیم‌دار استفاده و کاربرد بیشتری دارند به این دلیل که در بنتونیت‌های سدیم‌دار، ورقه‌های مونت موریونیت می‌توانند در فاصله بیشتری از یکدیگر قرار گرفته و به عبارت دیگر بنتونیت‌های سدیم‌دار هنگام جذب آب دارای تورم بیشتری خواهد بود. بنتونیت‌ها در طبیعت به رنگ‌های مختلف یافت می‌شوند.

بنتونیت‌ها عموماً دارای نقطه ذوب پایینی هستند و شیشه حاصل از ذوب آنها معمولاً دارای رنگ تیره است. در صنعت سرامیک این خاک‌ها به دلیل پلاستیسیته بسیار زیاد به تنهایی قابل مصرف نیستند.



شکل ۵۳ـ رنگ‌های متنوع بنتونیت در طبیعت

بنتونیت سدیمی

بنتونیت کلسیمی

شکل ۵۴ـ بنتونیت سدیمی و کلسیمی

شکل ۵۵ـ بنتونیت آب جذب کرده و متورم شده

بنتونیت معمولاً به علت وجود ناخالصی‌های رنگی در مقادیر بسیار کم به آمیز بدنه (۱ یا ۲ درصد) افزوده می‌شود که باعث افزایش پلاستیسیته می‌شود و در سوسپانسیون لعاب جهت جلوگیری از ته‌نشینی مواد به مقدار بسیار کمتر (۰/۵ درصد) مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده بیشتر از بنتونیت، باعث تغییر رنگ فراورده‌ها می‌شود.

شکل ۵۶ــ اثر افزودن ۴ درصد بنتونیت در ترکیب لعاب

شکل ۵۷ــ رنگی شدن بدنه به علت وجود بنتونیت

آیا می‌دانید

گل سر شور، نوعی بنتونیت رسی است که از کانی‌های گروه میکا تشکیل شده است. ایرانیان از زمان قدیم بنتونیت را می‌شناختند و از آن استفاده می‌کردند. به احتمال زیاد این ماده در ایران باستان شناخته شده و از همان زمان در مواردی از قبیل گل سرشور، گل رخت شور، شست‌وشوی پشم، الیاف و مواد از بنتونیت استفاده می‌شده است.

رس‌های آهکی (مارن)

طبیعت با ترکیب سنگ آهک و رس، مجموعه‌ای از مواد اولیه پدید می‌آورد که نام‌گذاری آنها با توجه به مقدار سنگ آهک و رس موجود در آنها انجام می‌شود.

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

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

شکل ۵۸ــ تپه‌های مارنی

شکل ۵۹ــ بدنه ارتن‌وری

زیبایی‌های زمین

پارک زمین‌شناسی کشور چین یکی از عجیب‌ترین نقاط زمین است که در آن کوهستان رنگارنگی به چشم می‌خورد. این منطقه که به آن کوهستان رنگین‌کمانی هم گفته می‌شود به دلیل قرار گرفتن لایه‌لایه خاک و صخره‌ها بر روی یکدیگر به این شکل درآمده است. واکنش شیمیایی آب و اکسیژن با آهن و سایر عناصر همراه با مقادیر اندکی از مواد معدنی مختلف که از رسوبات زیرزمینی برجای مانده است به شکل‌گیری این کوهستان رنگین‌کمانی منجر شده است.

مواد اولیه نیمه‌پلاستیک

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

پیروفیلیت

پیروفیلیت از واژه یونانی پیر (Pyr) به معنای آتش، و فیلو (phyllo) به معنای «ورقه‌وصفحه» گرفته شده است. این نام‌گذاری به تمایل برخی از انواع پیروفیلیت‌ها، به شکسته شدن به صورت صفحات برگی شکل بعد از حرارت‌دهی اشاره دارد.

تالک یکی از نرم‌ترین موادمعدنی شناخته شده است؛ به‌طوری که می‌توان آن را با ناخن خراش داد. جهت مصرف، تالک را ابتدا به‌صورت پودر در آورده و سپس از آن برای تهیه صابون، کرم‌های آرایشی، رنگ‌سازی و صنایع پلاستیک و سرامیک استفاده می‌کنند.

شکل ۶۰ـ سنگ تالک

شکل ۶۱ـ مشخصات تالک

تالک کاربرد فراوانی در صنعت سرامیک دارد.

شکل ۶۲ـ کاربردهای تالک در صنعت

ایمنی و بهداشت

همان‌طور که می‌دانید از پودر تالک به عنوان پودر بچه استفاده می‌شود. گرد و غبار این پودر به راحتی از طریق هوا قابل انتقال بوده و استنشاق آن توسط کودک باعث خشک شدن غشاء مخاطی می‌گردد.

مواد اولیه غیر پلاستیک

درصد زیادی از مواد اولیه‌ای که برای ساخت سرامیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند خاصیت پلاستیسیته از خود نشان نمی‌دهند. این ویژگی در مواد اولیه مورد استفاده در ساخت سرامیک‌های نوین مشاهده می‌شود.

شکل ۶۳ـ مواد اولیه غیرپلاستیک

فلدسپات

در ساخت بدنه‌های سرامیکی به ماده‌ای 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 زمینه‌ای متراکم ذرات درشت دیگر را که دمای ذوب بالاتری دارند در برگرفته و باعث افزایش استحکام قطعه می‌شود.

شکل ۶۴ــ کاربردهای فلدسپات

اصلی‌ترین ماده گدازآور در بدنه‌های سرامیکی فلدسپات‌ها هستند.

شکل ۶۵ــ انواع فلدسپات

برخی از خواص فیزیکی فلدسپات‌ها در شکل ۶۶ آمده است:

شکل ۶۶ـ خواص فلدسپات‌ها

میزان گدازآوری و دامنه پخت فلدسپات‌ها از عوامل مهم و مؤثر انتخاب یک آمیز است. دامنه پخت محدوده‌ای است که فلدسپات شروع به ذوب شدن می‌کند تا هنگامی که مذاب حاصل به‌صورت فرار درآید.
پتاسیم فلدسپات نقطه ذوب و محدوده پخت بالاتری نسبت به سدیم فلدسپات دارد به همین دلیل ترجیح داده می‌شود که در ساخت بدنه‌ها 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 بدنه‌ها از پتاسیم فلدسپات و در لعاب‌ها از سدیم فلدسپات استفاده می‌شود. نقطهٔ ذوب و گرانروی مذاب پتاسیم فلدسپات از سدیم فلدسپات بیشتر است.

سیلیسیم‌اکسید (SiO_2)

در ساخت بدنه‌های سرامیکی از مواد پرکننده نیز استفاده می‌شود. پرکننده‌ها مواد غیرپلاستیک 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 ترک‌خوردگی و شکست بدنه جلوگیری می‌کنند.
یکی از مواد پرکننده سیلیس است که در ترکیب بدنه‌ها و لعاب‌ها حضور دارد و به‌صورت مجزا در ساخت شیشه و دیرگدازهای سیلیسی نقش دارد.

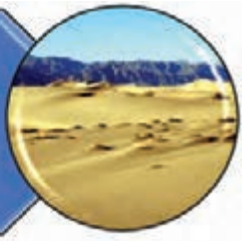
شکل ۶۷ـ تک بلور و بلور کوارتز

تعدادی از منابع تأمین‌کننده سیلیسیم‌اکسید آزاد در شکل ۶۸ آمده است.

شکل ۶۸ــ منابع تأمین‌کننده سیلیسیم‌اکسید

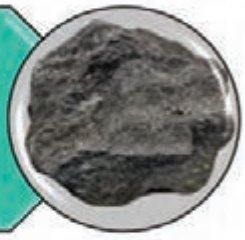
در دوران باستان از ویژگی سختی سنگ فلینت برای ساخت ابزار برنده استفاده می‌کردند.

شکل ۶۹ــ ابزار از جنس فلینت



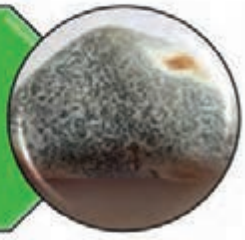
ماسه سیلیسی: به شکل خرد شده و ریز شده سنگ‌های سیلیسی که در یک‌جا رسوب می‌کنند ماسه سیلیسی گفته می‌شود.

ماسه سنگ سیلیسی: زمانی که در لابه‌لای ذرات درشت ماسه، ذرات ریزتر ماسه قرار گیرند و با سیمانی کردن به سنگ تبدیل شود، ماسه سنگ سیلیسی ایجاد می‌شود.



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 می‌آید. 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 قهوای روشن، خاکستری یا سیاه است که در اثر حرارت دادن و سوختن مواد آلی به رنگ سفید در می‌آید.

دیاتومیت‌ها: سنگ‌های رسوبی متشکل از ذرات ریز و بی‌شکل سیلیسی است که در اثر تجمع پوسته یا اسکلت‌های فسیل شده جلبک‌ها و گیاهان و جانوران میکروسکوپی و تک‌سلولی به نام دیاتومه تشکیل شده است.

ایمنی و بهداشت

سیلیکوزیس

سیلیکوزیس، یک بیماری ریوی است که بر اثر استنشاق ذرات سیلیس ایجاد می‌شود و باعث التهاب و زخم شدن ریه می‌شود. سیلیکوزیس، با کوتاه شدن تنفس، تب و سیانوزیس (پوست آبی رنگ) ظاهر می‌شود. این بیماری تنفسی ابتدا در سال ۱۷۰۵ توسط برنالدو رامازینی با مشاهده ذرات شن و ماسه در ریه یک سنگ‌تراش شناخته شد.

کربنات‌ها، سولفات‌ها و اکسیدها

کربنات‌ها

دولومیت

- کلسیم و منیزیم کربنات مضاعف $CaCO_3.MgCO_3$.
- از دولومیت در ساخت دیرگداز استفاده می‌شود.
- در لعاب‌های دما بالا به عنوان کمک ذوب استفاده می‌شود.

کلسیت

- کلسیم کربنات $CaCO_3$.
- در بدنه‌های پخت بالا و لعاب نقش گدازآور دارد.

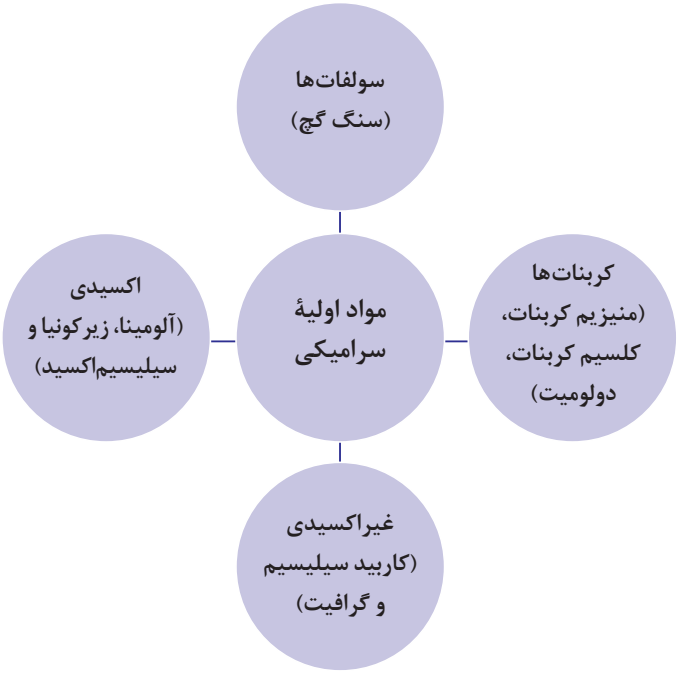
منیزیت

- منیزیم کربنات $MgCO_3$.
- در ساخت دیرگدازها استفاده می‌شود.

شکل ۷۰ــ آرامگاه فردوسی از سنگ مرمر (کلسیم کربنات) ساخته شده است.

سولفات‌ها

ژیپس (سنگ گچ)
- کلسیم سولفات $CaSO_4 2H_2O$.
- بعد از پخت به گچ نیمه هیدراته تبدیل می‌شود.
- از گچ در ساخت قالب برای تولید محصولات سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی و شکل دادن پلاستیک استفاده می‌شود.



اکسیدها

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

آلومینیوم اکسید (آلومینا) (AL_2O_3): بیشتر به‌صورت هیدراته در سنگ بوکسیت یافت می‌شود که با فراوری این سنگ، آلومینیوم اکسید (آلومینا) تولید می‌شود.

شکل ۷۱ــ گلوله آلومینایی

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 بدنه‌های سرامیکی به کار می‌رود.

زیرکونیوم اکسید (زیرکونیا) (ZrO_2): نقطه ذوب بالا، مقاومت شیمیایی خوب در دمای بالا، هدایت حرارتی کم و شوک‌پذیری حرارتی خوب از ویژگی‌های زیرکونیوم اکسید است.

کانی بادلیت حاوی زیرکونیوم اکسید است که از خالص‌سازی و تثبیت شدن آن، زیرکونیا تولید می‌شود.
زیرکونیوم سیلیکات نیز در ساخت دیرگدازهای زیرکونی، چینی‌های الکتریکی و شیمیایی مانند چینی شمع اتومبیل و همچنین اپک‌کننده لعاب استفاده می‌شود.

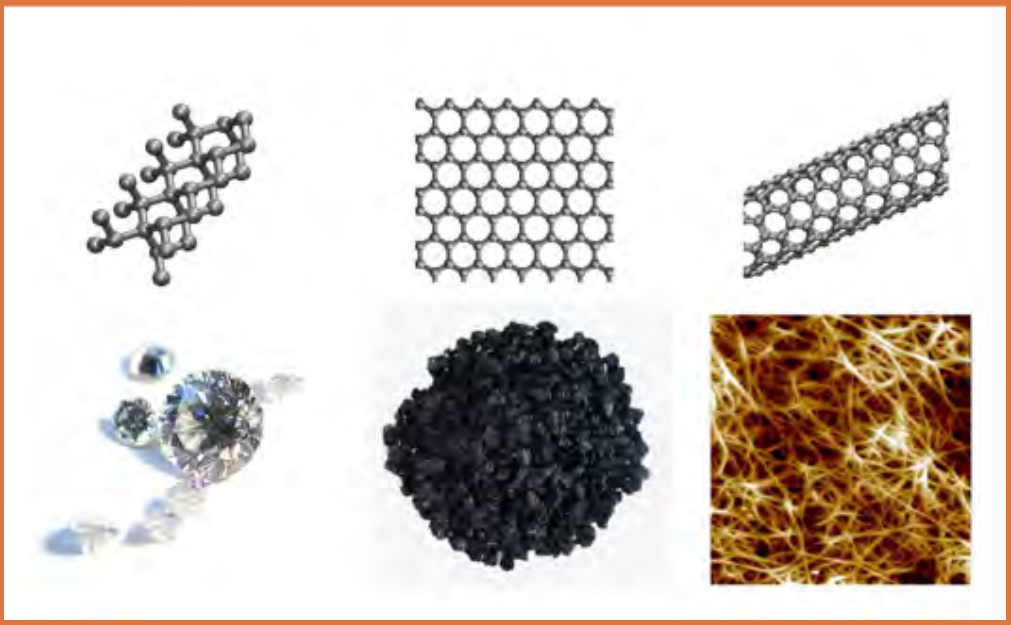
شکل ۷۲ـ بلبرینگ و ساچمه

شکل ۷۳ـ کانی بادلیت

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۳: تحلیل و طبقه‌بندی مواد اولیه سرامیک	۱ـ دسته‌بندی و تجزیه و تحلیل خواص سنگ‌ها و کانی‌ها ۲ـ دسته بندی و انتخاب مواد اولیه سرامیکی	تحلیل و شناسایی کانی و سنگ‌ها با آزمایش‌های سختی‌سنجی، رنگ و رنگ خاکه، درخشندگی، رخ، شکستگی و چگالی تفکیک و انتخاب مواد اولیه سرامیکی براساس نقش آنها در بدنه و مشخصه پلاستیسیته	بالاتر از حد انتظار	دسته‌بندی، تحلیل و انتخاب کانی‌ها و سنگ‌ها با بررسی خواص و شناسایی نمونه ارائه شده گروه‌بندی، تحلیل و انتخاب مواد اولیه سرامیکی براساس نقش در بدنه و تفکیک براساس مشخصه پلاستیسیته	۳
			در حد انتظار	دسته‌بندی و تحلیل خواص کانی‌ها و سنگ‌ها و گروه‌بندی و انتخاب مواد اولیه سرامیکی براساس نقش در بدنه تفکیک براساس مشخصه پلاستیسیته	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	دسته‌بندی کانی‌ها و سنگ‌ها و گروه‌بندی مواد اولیه سرامیکی براساس نقش در بدنه و تفکیک براساس مشخصه پلاستیسیته	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۴

فناوری و سرامیک



آیا تاکنون واژه نانوفناوری را شنیده‌اید؟
در سال ۱۹۵۹ دانشمندی به نام ریچارد فاینمن ملقب به پدر علم فناوری، در یک سخنرانی پیش‌بینی جذابی را بیان کرد. او اظهار داشت که در آینده می‌توان ۲۵هزار صفحه دایرةالمعارف را در ابعاد یک سر سوزن جا داد و تمام کتاب‌های جهان را در جزوه‌ای ۳۵ صفحه‌ای حفظ و نگهداری کرد، به شرطی می‌توان به‌این هدف دست پیدا کرد که کارها در مقیاس اتم و مولکول انجام شود و اتم‌ها را طوری که خودمان می‌خواهیم یکی یکی بچینیم. برای چیدن اتم‌ها باید از دستگاه‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری خاصی استفاده کنیم تا نسبت‌ها را کوچک کند. امروزه پیش‌بینی فاینمن به حقیقت پیوسته است و نانوفناوری دریچه جدیدی بر علم گشوده است.

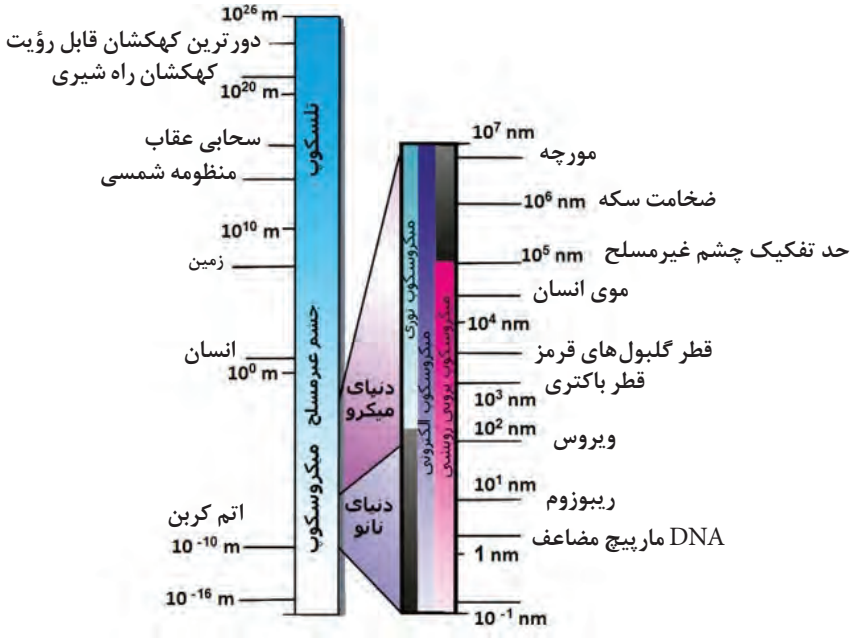
اخیراً در عملیات باستان شناسی کشف شده که برخی از سرامیک‌های لعاب‌دار دوره خلفای عباسی دارای طرحی بسیار پیچیده هستند و چندین رنگ و تلألؤ رنگین کمانی را از خود نشان می‌دهند. تعدادی از این کاشی‌ها در برخی از مساجد تونس نیز به کار برده شده است. وقتی نور سفید به این سرامیک‌ها برخورد می‌کند، رنگ آن تغییر می‌کند. این جلوه از کنار هم قرار گرفتن نانوذرات مختلف با خواص نوری منحصر به‌فرد به‌وجود می‌آید.
نانوفناوری بر صنایع الکترونیک و داروسازی، مراقبت از سلامتی، آب و هوا و محیط زیست، انرژی، شیمی‌و کشاورزی، علوم رایانه و فناوری اطلاعات اثر می‌گذارد. این علم، شکل بیشتر صنایع را تغییر می‌دهد و باعث ساخت وسایل کوچک‌تر، ارزان‌تر و سبک‌تر با تحمل و سرعت بیشتر می‌شود. به‌این ترتیب مواد خام و انرژی کمتری مصرف می‌شود.
از کاربردهای دیگر نانو فناوری می‌توان به افزایش سرعت رایانه‌ها و گسترش علوم ارتباطات اشاره کرد. نانوالکترونیک ظرفیت تجهیزات نظامی را گسترش می‌دهد، روبات‌ها را پیشرفته‌تر می‌کند و به علوم مختلف نظیر فیزیک، شیمی و مهندسی تولدی دوباره می‌دهد. با نانو فناوری می‌توان ساختمان‌ها و خودروهایی با مصالح و مواد اولیهٔ سبک‌تر و مقاوم‌تر ساخت. برد هواپیمای نظامی و ظرفیت باربری هواپیما بیشتر می‌شود و مصرف سوخت در ماشین‌ها کاهش می‌یابد. امکان پرتاب سفینه به خارج از مدار زمین و حتی خارج از منظومه شمسی افزایش می‌یابد. هواپیماها، موشک‌ها و ایستگاه‌های فضایی از قدرت و کاربرد بیشتر و وزن سبک‌تر و مواد با ثبات بیشتری برخوردار می‌شوند. فناوری نانو، امکان استفاده از انرژی

حرارتی خورشید را برای تجهیزات الکتریکی و دستگاه‌های ذخیره انرژی افزایش می‌دهد، آلودگی آب و هوا یک مشکل جهانی است. محصولات با فناوری بالا به مردم اجازه می‌دهد تا کمتر از آلودگی آب و هوا صدمه ببینند. همچنین، تجهیزات پیشرفته و ارزان برای تحقیقات پزشکی و مراقبت از سلامتی را فراهم می‌کند.

شکل ۱ــ حسگر با ابعاد بسیار کوچک برای پاک‌سازی عروق بدون نیاز به جراحی

نانو مواد

موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، نانو مواد در نظر گرفته می‌شود. یک نانومتر برابر با یک میلیاردم متر است. این اندازه ۵۰۰۰۰ بار کوچک‌تر از قطر یک تار موی انسان است. به‌طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر، طولی معادل یک نانومتر را می‌سازند که این خود به نوع اتم بستگی دارد (یک نانومتر = ۶ اتم هیدروژن در کنار یکدیگر). کوچک‌ترین اشیای قابل دید توسط چشم غیرمسلح اندازه‌ای حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر دارد. در شکل ۲ مقایسه مقیاس‌های طولی با مثال‌های گوناگون نشان داده شده است.

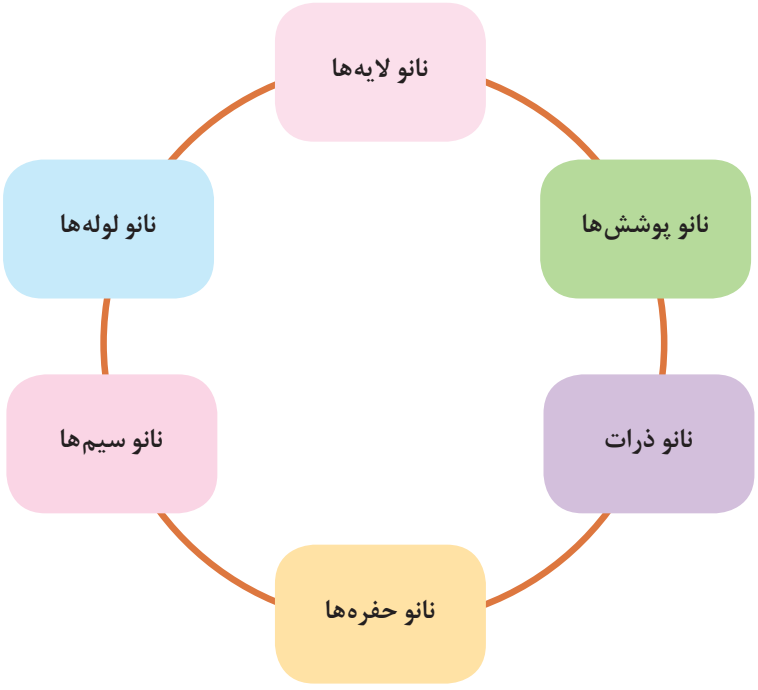


شکل ۲ــ مقیاس‌های طولی مختلف

همهٔ مواد از جمله فلزات، نیمه‌هادی‌ها، شیشه‌ها، سرامیک‌ها و پلیمرها در ابعاد نانو می‌توانند وجود داشته باشند.

دسته بندی نانو مواد

مواد در مقیاس نانو مطابق شکل ۳ تقسیم‌بندی می‌شوند.



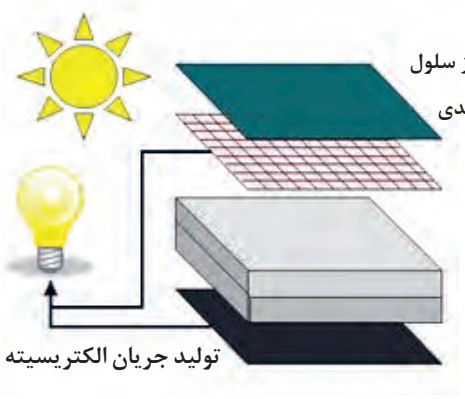
شکل ۳ـ انواع ساختارها در مقیاس نانو

از بین ساختارهایی که در نمودار بالا مشاهده می‌کنید به توضیح در مورد نانو پوشش‌ها می‌پردازیم:

نانو پوشش‌ها

یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به‌طور گسترده و مؤثری مورد استفاده قرار گرفته است، پوشش‌ها و فرایندهای پوشش‌دهی است. تحقیقات صورت گرفته بر روی نانوپوشش‌ها نشان می‌دهد که خواص آنها نسبت به پوشش‌های معمولی بهبود چشمگیری یافته است.
پوشش‌ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل تا صنایع لوازم خانگی هستند. نانوپوشش‌ها از سطوحی که در معرض آسیب‌های محیطی مانند باران، برف، نمک‌ها، رسوب‌های اسیدی، اشعهٔ ماورای بنفش، نور آفتاب و رطوبت می‌باشند، محافظت می‌کنند.
نانو پوشش‌های حفاظتی برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل

عوامل مخرب محیطی هستند. علاوه بر آن، فناوری نانو از خش برداشتن، تکه تکه شدن و خرده شدن روکش‌ها جلوگیری می‌کند. از موارد استفادهٔ نانو پوشش‌ها می‌توان به روکش‌های ضد انعکاس در مصارف خودروسازی و سازه‌ای، روکش‌های محافظ (ضد خش، غیر قابل رنگ‌آمیزی و قابل شستشوی آسان) و روکش‌های تزئینی اشاره کرد. از جمله کاربرد نانوپوشش‌ها در سطح سلول‌های خورشیدی است که به منظور افزایش جذب نورخورشید و افزایش بازده سلول‌های خورشیدی به‌کار می‌رود.



شکل ۴ــ کاربرد نانو پوشش در سطح سلول خورشیدی

استحکام و سختی بالای نانوپوشش‌های سرامیکی زمینهٔ کاربرد آنها در ادوات نظامی را فراهم کرده است. همچنین استفاده از پوشش‌های سرامیکی در تجهیزات دریایی، هزینه و صدمات ناشی از خوردگی را به شدت کاهش داده است. از جمله نانوپوشش‌های سرامیکی، پوشش‌هایی است که از نانوذرات آلومینا(Al_2O_3) و تیتانیا (TiO_2) تهیه می‌شوند.

تحقیق کنید

با جستجو در منابع مختلف لیستی از کاربردهای نانو پوشش‌ها تهیه کنید.

نانوسرامیک‌ها

با پیدایش نانو فناوری، نانو سرامیک‌ها هرچه بیشتر اهمیت خود را نشان دادند. زمان تولید نانو سرامیک‌ها را می‌توان دههٔ ۹۰ میلادی دانست. در این زمان نانوپودرهای 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 انعطاف‌پذیری 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 درصنعت

هوافضا جهت حفاظت حرارتی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد سرامیک‌های ساخته شده با فناوری نانو در حسگرها، الکترونیک و سازه‌های فضایی در حال گسترش است. در فناوری ساخت رایانه‌ها نیز امکان وقوع تحولاتی با استفاده از تراشه‌های نانوسرامیکی به جای تراشه‌های سیلیکونی وجود دارد.

سرامیک‌ها و عصر الکترونیک

الکترونیک به طور قابل توجهی زندگی ما را در برگرفته است به نظر می‌رسد هر محصولی که می‌خریم از الکترونیک در آن استفاده شده است مانند دستگاه پخت نان که قابلیت برنامه‌ریزی برای پخت نان دارد، ساعت‌های جدید که در رأس هر ساعت صدای پرنده می‌دهند و اجاق ماکروویو که که قابلیت تنظیم برای یخزدایی غذا و پخت را دارد.

نقش سرامیک‌ها در الکترونیک به چه میزان است؟

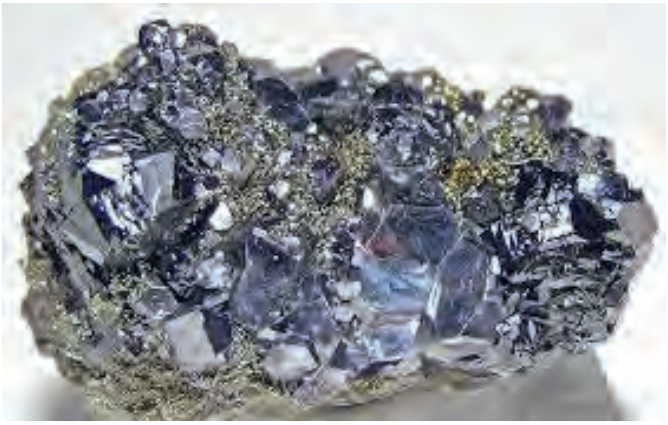
سرامیک‌ها به دلیل تنوعی که دارند به روش‌های گوناگونی در وسایل الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از سرامیک‌ها کاملاً مانع از عبور الکتریسیته شده و نارسانا نامیده می‌شوند. آلومینای مورد استفاده در شمع خودرو از جمله سرامیک‌های نارساناست که برق را از خود عبور نمی‌دهد.

برخی از سرامیک‌ها که مقاومت نامیده می‌شوند مقدار کمی جریان را از خود عبور می‌دهند. مقاومت‌ها مقدار جریان عبوری از سیم را کنترل می‌کنند. بنابراین جریان الکترون‌ها نیاز به کار بیشتری برای عبور دارد. این کار اضافی باعث ایجاد گرما می‌شود و در بعضی از موارد مقدار گرمای ایجاد شده به قدری است که می‌توان با آن اجاق‌ها، بخاری‌ها و المنت‌های مورد استفاده در ذوب شیشه را ساخت.

جدول ۱ــ رفتار متفاوت سرامیک‌ها در برابر الکتریسیته

انواع مواد الکتریکی	نوع رفتار
ابر رسانای الکتریکی	الکتریسیته را بدون هیچ مقاومتی از خود عبور می‌دهد.
رسانای الکتریکی	الکتریسیته را با مقاومت کمی از خود عبور می‌دهد.
نیمه رسانای الکتریکی	مانند یک دریچه جریان الکتریسیته را کنترل می‌کند.
نارسانای الکتریکی	از عبور الکتریسیته از سیم جلوگیری می‌کند.
مقاومت	الکتریسیته را از خود به سختی عبور می‌دهد.
خازن	الکتریسیته را ذخیره و برخی از سیگنال‌های الکتریکی را فیلتر می‌کند.
پیزو الکتریک	نیروی مکانیکی و الکتریسیته را به یکدیگر تبدیل می‌کند.
پایرو الکتریک	حرارت و الکتریسیته را به یکدیگر تبدیل می‌کند.
تراشه سیلیسیمی	مانند مغز میکروپردازنده در مدارهای مجتمع عمل می‌کند.
ترمیستور	مقاومت آن با دما تغییر می‌کند.
وریستور	مقاومت آن با ولتاژ تغییر می‌کند.
حسگرهای رطوبت و گاز	مقاومت آنها با رطوبت و فشار گاز تغییر می‌کند.

برخی از وسایل الکتریکی به جریان متناوب و برخی به جریان مستقیم نیاز دارند. دانشمندان در سال ۱۸۷۰ میلادی کشف کردند که سرامیک طبیعی به نام گالِنا یک نیمه رسانا است که می‌تواند جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل کند. این کشف به دانشمندان اجازه داد تا وسایل الکتریکی جدیدی را ابداع کنند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این ابداع در رادیو است که امواج رادیویی را به پالس‌های الکتریکی و سپس صدا تبدیل می‌کند.



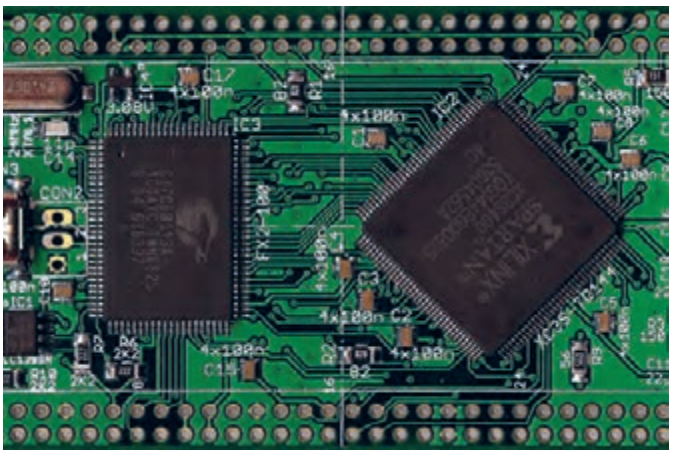
شکل ۵ـ سنگ طبیعی گالنا

نقش سرامیک در فناوری مدارهای مجتمع

تراشه سیلیسیمی

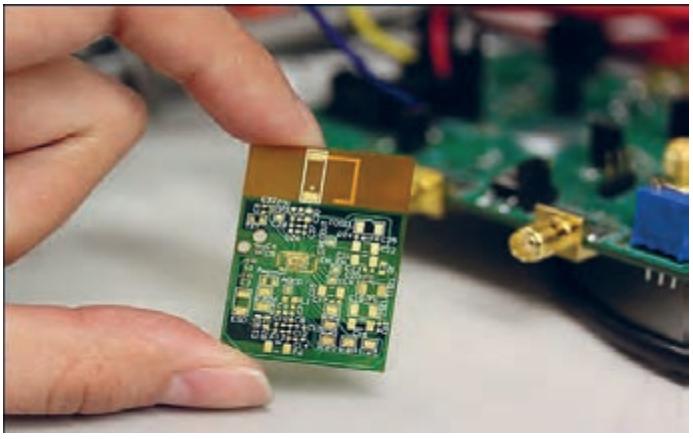
آیا تا به حال فکر کرده‌اید، چگونه دانشمندان ۱۶ میلیون ترانزیستور و تمام مسیرهای رسانای الکتریسیته، نارساناها، مقاومت‌ها و دیگر وسایل الکتریکی را در یک مدار مجتمع به‌اندازه ناخن شست جای می‌دهند؟

برای این کار هر قطعه را به‌اندازه حدود ۵۰۰ نانومتر می‌سازند و بر روی سطح یک تراشه تک بلور سیلیسیمی به‌صورت لایه‌های متوالی قرار داده می‌شود. یک تراشه می‌تواند بیش از ۲۰ لایه داشته باشد که همه آنها به صورت یک مسیر مارپیچ به یکدیگر متصل می‌شوند.



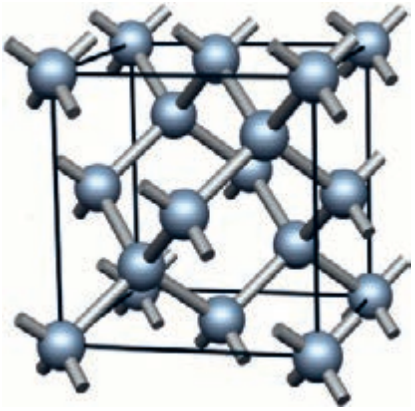
شکل ۶ـ تراشه سیلیسیمی

پیچیدگی یک مدار مجتمع را می‌توان مانند یک ساختمان ۲۰ طبقه با هزاران واحد مسکونی در نظر گرفت که هر واحد پر از سیم‌کشی‌های الکتریکی و وسایل برقی متفاوت مانند یخچال، تلویزیون و رایانه است. این وسایل برقی مانند اجزای منفرد یک ریز تراشه است که هر یک نیازمند اتصال مخصوص به خود هستند و در ضمن همگی به سیم‌کشی اصلی ساختمان متصل هستند.
حال لوله‌کشی آب را در نظر بگیرید؛ این نیز شبکه دیگری را تشکیل می‌دهد که در عین مجزا بودن به عملکرد مجتمع کمک می‌کند. سرانجام راهروها و درها را در نظر بگیرید که اینها نیز مدار دیگری را تشکیل می‌دهند. حال همه سیم‌کشی‌ها، لوله کشی‌ها، راهروها و کلیدهای برق، شیرها و درهای این ساختمان ۲۰ طبقه را به‌اندازه ناخن شست فشرده کنید. به نحوی که هیچ فضای خالی بین طبقات وجود نداشته باشد. این ساختار بسیار فشرده مثال خوبی از پیچیدگی مدارهای مجتمع است.



شکل۷ــ تصویری از یک مدار مجتمع

بیشتر مواد به‌کار رفته در مدارهای مجتمع نیمه رسانا و از جنس سرامیکی هستند، یعنی در شرایطی مانع از عبور الکتریسیته و در شرایط دیگر باعث عبور آن می‌شوند. آنها مانند میکروسوئیچ‌هایی عمل می‌کنند که الکتریسیته را در مدار مجتمع هدایت می‌کنند تا وظایفی مانند ذخیره‌سازی اطلاعات یا انجام محاسبات پیچیده را انجام دهند. از جمله این مواد سیلیسیم و ژرمانیم است. ژرمانیم ساختاری شبیه به الماس دارد. بنابراین می‌توان گفت که بیشتر مدارهای مجتمع ساختار سرامیکی دارند.



شکل ۸ــ ساختار کریستالی ژرمانیم

چگونگی ساخت مدارهای مجتمع

اولین گام در ساخت مدار مجتمع ایجاد یک تک بلور بسیار خالص سیلیسیمی‌است. دانشمندان یک روش متفاوت برای این کار ابداع کردند؛ آنها سیلیسیم را در یک بوته ساخته شده از سرامیک سیلیسی، ذوب کردند. پس از ذوب سیلیسیم، تک‌بلور آن با روش مشابه ساخت نبات ایجاد می‌شود.

دومین گام ساخت مدارهای مجتمع برش دادن میله تک‌بلور به شکل صفحات نازک با ضخامت بسیار کم و سایش و پولیش آنها تا رسیدن به یک سطح صاف و آیینه‌ای 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، سرامیک‌ها و شیشه‌ها به‌عنوان نارساناهای الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

سرامیک‌ها به‌عنوان نارسانای الکتریکی تقریباً در همه دستگاه‌های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ به‌طور مثال سرامیک‌ها در رادیو، تلویزیون، لوازم برقی خانگی، سامانه‌های مایکروویو، رایانه‌ها، دستگاه‌های صنعتی، پزشکی و سامانه‌های فضانوردی و نظامی به‌کار گرفته می‌شوند. یکی از قدیمی‌ترین کاربردهای نارساناهای سرامیکی، نارسانا کردن خطوط انتقال برقی است که برق را از مدار هیدروالکتریک به نیروگاه‌های برق و سپس به خانه‌ها منتقل می‌کنند. وقتی از کنار دکل‌های بزرگ برق عبور کنید متوجه خواهید شد که سیم‌ها هرگز به دکل‌ها وصل نمی‌شوند بلکه به نارساناهای بزرگ سرامیکی متصل می‌شوند. این نارساناهای سرامیکی باید بتوانند ولتاژهای بسیار زیاد را تحمل کنند و همچنین به‌اندازه کافی مستحکم باشند که وزن سیم‌ها را حتی در هنگام بارش یا کولاک تحمل کنند. هنگامی‌که الکتریسیته به خانه‌ها می‌رسد، نارساناهای سرامیکی، پریزها و دوشاخه‌های برق، حفاظت درمقابل شوک الکتریکی و نیز آتش را انجام می‌دهند.

از جمله کاربردهای مهم نارساناهای الکتریکی در زیر پایه‌های الکتریکی است که اجزای الکتریکی بر روی آن قرار گرفته و به هم متصل می‌شوند. مهم‌ترین سرامیک با این کاربرد آلومینا است؛ زیرا از هدایت حرارت بالایی برخوردار است.

در برخی از محصولات مانند برخی از اجزای لیزر به سرامیک‌هایی نیاز است که حرارت را بهتر از آلومینا منتقل می‌کنند. برلیم اکسید و آلومینیوم نیترید هر دو حرارت را سریع‌تر از آلومینا و تقریباً به سرعت فلزات منتقل می‌کنند. اما بهترین ماده در انتقال حرارت الماس است؛ الماس حرارت را ۵ تا ۱۰ مرتبه سریع‌تر از بهترین فلزات انتقال می‌دهد.

جدول ۲ـ هدایت حرارتی مواد مختلف

نوع ماده	هدایت حرارتی ($W/m^{\circ}K$)
SiO_2	۱۰
Al_2O_3	۲۵ ـ ۴۰
MgO	۲۵ ـ ۵۰
SiC	۲۵ ـ ۱۰۰
Si_3N_4	۵۰
AlN	۱۲۰ـ۲۲۰
BN	۱۰۰ـ۲۵۰
BeO	۲۷۰
C (الماس)	۲۲۰۰

سرامیک‌های دی الکتریک و خازن‌ها

خازن‌های سرامیکی قطعات الکتریکی هستند که تقریباً در تمام دستگاه‌های الکتریکی به کار می‌روند. خازن در واقع یک نوع نارسانای خاص به نام دی‌الکتریک است که با برقرار شدن جریان الکتریسیته دارای بار مثبت و منفی می‌شود که سبب ایجاد قطبیت در آن می‌گردد و در این حالت ذخیره الکتریسیته در آن اتفاق می‌افتد. برخی از سرامیک‌ها بهتر قطبی می‌شوند؛ آلومینا قطبی‌بودن کمی از خود نشان می‌دهد به همین دلیل نارسانای بسیار خوبی است. یک سرامیک ویژه به نام باریم تیتانات هزار مرتبه بیشتر از آلومینا قطبی می‌شود و برای ساخت خازن‌ها بسیار مفید است. میزان قطبی‌بودن مواد مختلف با ثابت دی‌الکتریک بیان می‌شود. در جدول ۳ ثابت دی‌الکتریک مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۳ـ هدایت دی الکتریک مواد مختلف

نوع ماده	ثابت دی‌الکتریک
هوا	۱/۰۰
شیشه	۷/۷۵
میکا	۵/۴۰
کاغذ	۳/۰۰
پرسلان	۵/۵۷
پیرکس	۴/۸۰
کوارتز	۳/۸۰
تفلون	۲/۱۰

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

ابررساناهای سرامیکی

ابررساناهای سرامیکی برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ میلادی کشف شدند. این ابر رساناهای سرامیکی قادر بودند با هزینه کمتری از ابررساناهای فلزی کار کنند و با کاهش اتلاف الکتریکی در حین انتقال، ذخیره‌سازی را درپی داشتند.

چرا ابر رساناها تا این حد مهم هستند؟

ابر رساناها هیچ مقاومتی در برابر عبور جریان از خود نشان نمی‌دهند. بیشتر مواد حتی بهترین رساناهای فلزی یعنی مس و نقره نیز مقداری مقاومت الکتریکی دارند که این امر باعث اتلاف بخشی از انرژی الکتریکی و ایجاد گرما می‌شود. ابر رساناهای سرامیکی کم هزینه‌تر از ابر رساناهای فلزی هستند زیرا ابر رساناهای فلزی در دماهای بسیار پایین ابررسانا می‌شوند.

سرامیک‌های مغناطیسی

سرامیک‌ها می‌توانند خاصیت مغناطیسی داشته باشند و در دستگاه‌های ضبط، نوار ضبط، بلندگوها و در تمام موتورهای لوازم جانبی خودروها که حرکت دارند (مانند موتور برف‌پاک‌کن، صندلی‌های برقی و پنجره‌های برقی) به‌کار روند.

کنجکاوی

با جستجو در منابع مختلف، چند ماده سرامیکی دارای خاصیت مغناطیسی را نام ببرید.

مصارف پزشکی

اولین کاربرد سرامیک‌های پزشکی مربوط به عدسی عینک است که به قرن دوازدهم بر می‌گردد. سپس پرسلان‌های سرامیکی به‌عنوان جایگزین برای دندان‌ها مطرح و مورد استفاده قرار گرفتند.

سرامیک‌های دندانی

پرسلان 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 لکه‌دار می‌شدند.

سرامیک‌ها علاوه بر دندان مصنوعی به‌عنوان روکش پرکردنی و تاج دندان نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روکش از یک لایه نازک سرامیکی تشکیل شده است که معمولاً بر سطح قابل رؤیت دندان‌های جلویی چسبانده می‌شود. ماده پرکردنی سرامیکی دندان با رنگ طبیعی جایگزین مناسبی است که برای ترمیم حفرات دندانی به جای پرکردنی‌های ساخته شده از آلیاژ نقره، قلع و جیوه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از یک پوسته سرامیکی توخالی جهت پوشش سطح خارجی دندان به عنوان تاج استفاده می‌شود.

شکل ۹ـ روکش‌های پرسلانی

سرامیک‌ها در ارتودنسی (ردیف کردن دندان‌های نامنظم) نیز کاربرد دارند. برای منظم کردن دندان، یک گیره توسط چسب به دندان متصل می‌کنند و یک سیم فلزی از بین گیره‌های نصب شده بر روی دندان‌ها عبور داده می‌شود تا یک فشار یکنواخت به دندان‌ها وارد شود و آنها را به تدریج منظم کند. در گذشته‌این گیره‌ها را از فلزات می‌ساختند اما به دلیل براقیت فلزات این گیره‌ها بر روی دندان‌ها مشخص بودند و ظاهر جالبی نداشتند.

الف) فلزی

ب) سرامیکی

شکل ۱۰ــ گیره ارتودنسی فلزی و سرامیکی

پیوند گوش میانی

بسیاری از مردم به دلیل بیماری یا آسیب به استخوان‌های کوچک گوش که لرزش‌های صدا را از پرده صماخ به گوش داخلی منتقل می‌کنند، دچار مشکل ناشنوایی می‌شوند. جایگزین‌های 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 شیشه‌ای شده‌اند که با بدن سازگاری دارد و با بافت‌های نرم و سخت پیوند برقرار می‌کنند و توسط بدن پس زده نمی‌شوند.

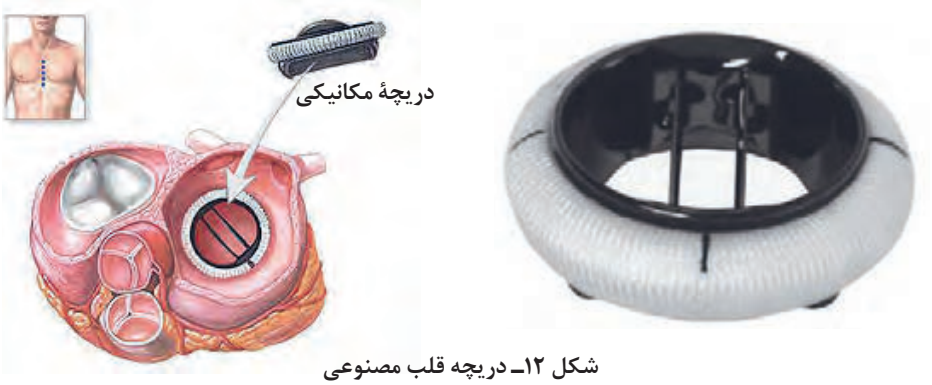
الف) کاشتنی گوش

ب) برش حفره‌ای از گوش

شکل ۱۱ــ تصویر گوش و محل قرارگیری کاشتنی گوش

دریچه قلب

یکی از نارسایی‌های قلبی مربوط به دریچه‌های آئورتی است که نمی‌توانند با هر بار تپش قلب به درستی بسته شوند. هنگامی‌که دریچه‌های قلب به خوبی عمل نمی‌کنند، خونی که باید از قلب خارج شود مجدداً به قلب باز می‌گردد که باعث کاهش میزان خون جریان یافته با هر ضربان قلب می‌شود. دانشمندان علم سرامیک یک دریچه مکانیکی مصنوعی سرامیکی ساخته‌اند که استفاده از آن موفقیت‌آمیز بوده است. این دریچه از یک ماده کربنی ویژه به نام کربن پیرولیتیک ساخته شده است و مانند دری که فنر به آن وصل شده است عمل می‌کند. این دریچه با هر بار ضربان قلب باز و سپس بسته می‌شود. کربن پیرولیتیک برای جایگزین شدن به جای استخوان نیز مناسب است.



شکل ۱۲ـ دریچه قلب مصنوعی

پروتز

محققان در ساخت بازوی دست و دیگر پروتزهای مصنوعی به پیشرفت‌های قابل توجهی دست یافته‌اند. کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف سرامیکی نسبت استحکام به وزن بالایی دارند و در نتیجه پروتزهای بسیار سبک و مستحکمی را می‌توان با این مواد طراحی کرد.

شکل ۱۳ـ بخش بالایی یک پروتز مفصل ران

سرامیک‌های مورد استفاده در دستگاه‌های تنظیم ضربان قلب

قلب عضوی است که با سرعت ثابتی می‌تپد. گاهی به ویژه در پیری ضربان قلب به نحو خطرناکی افزایش می‌یابد. پزشکان متوجه شده‌اند که شوک‌های الکتریکی ملایم می‌تواند ضربان قلب را به سرعت معمولی بازگرداند.
دستگاه تنظیم ضربان قلب، دستگاهی است که با عمل جراحی در قفسه سینه کار گذاشته می‌شود تا برای کنترل سرعت ضربان قلب به طور پیوسته پالس‌های الکتریکی رها کند. نارساناهای الکتریکی، خازن‌های سرامیکی و واشرهای شیشه‌ای که مانع از ورود مایعات بدن به داخل دستگاه می‌شوند از اجزای مهم این دستگاه محسوب می‌شوند. امروزه حتی محفظه بیرونی برخی از این دستگاه‌ها از سرامیک‌هایی مانند آلومینا ساخته می‌شود زیرا سرامیک‌ها بیش از سایر مواد با بدن سازگار هستند.

کاربردهای دما بالای سرامیک‌ها در هوا ـ فضا

کاشی‌های سرامیکی که سطح فضاپیما را می‌پوشانند به عنوان محافظ حرارتی عمل می‌کنند. در موتورهای توربین گازی، سرامیک‌هایی با ضخامت بسیار کمتر به‌عنوان پوشش‌های محافظت حرارتی به‌کار می‌روند تا از فلز زیرین در برابر دمای بالای موتور محافظت کنند.

متداول‌ترین این مواد زیرکونیا است. لایه‌ای به ضخامت حدود ۰/۰۶ سانتی‌متر از این ماده می‌تواند دمای فلز زیرین را تا حدود ۲۰۰ درجه سلسیوس کاهش دهد، به همین دلیل موتور را می‌توان در دمای بالاتر به کار برد. استفاده از موتور در دمای بالاتر قدرت آن را افزایش و سوخت مصرفی را کاهش می‌دهد.

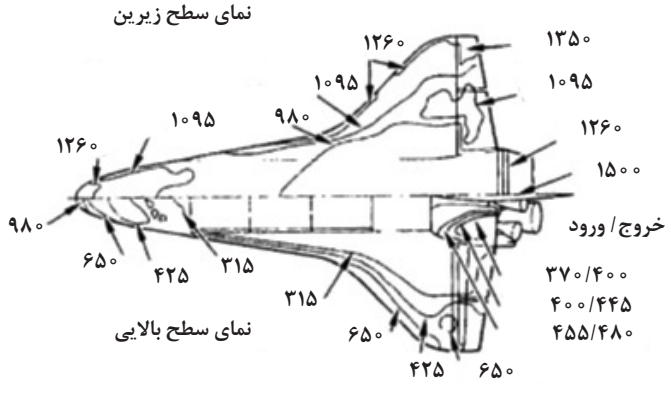
یک کاربرد دما بالای سرامیک‌ها در موتور هواپیما است. موتور هواپیما نیز مانند خودرو به شمع یا جرقه زن برای احتراق سوخت نیاز دارد، اما دمای موتور هواپیما بسیار بیشتر است. نارسانای شمع خودرو باید این دمای بالا و شوک را تحمل کند. سیلیسیم نیترید گزینه مناسبی برای این کاربرد است.

سرامیک‌ها در قسمت‌هایی از هواپیما که در معرض دمای بالا هستند، کاربرد دارد. قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی نیز در مشعل و بسیاری از قطعات موتورهای توربین گازی در حال توسعه به‌کار می‌روند.

سرامیک در صنایع فضایی

سرامیک‌ها به دلیل ویژگی پایداری حرارتی بالا کاربرد گسترده‌ای‌دارند. آشناترین کاربرد سرامیک‌ها در فناوری هوا ـ فضا شاتل هوایی یا فضاپیما است. سطح خارجی فضاپیما با حدود ۳۳۰۰۰ کاشی سرامیکی پوشانده می‌شود که بدنه آلومینیومی و نیز فضانوردان را از دمای بالا در حین خروج و نیز بازگشت به اتمسفر زمین محافظت می‌کند. اصطکاک ایجاد شده بین شاتل و هوای اطراف در سرعت بالا به قدری است که دمایی حدود ۱۴۵۰ درجه سلسیوس ایجاد می‌کند که این دما تقریباً دو برابر نقطه ذوب آلیاژهای آلومینیمی است که بدنه شاتل از آنها ساخته شده است.

دماغه و لبه بال‌ها در معرض بیشترین اصطکاک هستند و بالاترین دما را در شاتل دارند، بنابراین در این قسمت‌ها کامپوزیت سرامیکی به کار می‌رود. این کامپوزیت از الیاف کربن در زمینه کربنی تشکیل می‌شود که مقاومت دمایی بسیار بالایی دارد، اما اگر در دمای بالا در تماس با اکسیژن قرار گیرد، می‌سوزد. برای ممانعت از تماس با اکسیژن، این کامپوزیت ابتدا با لایه‌ای از سیلیسیم کاربید و سپس با لایه‌ای از سیلیسیم‌اکسید پوشانده می‌شود. سایر قسمت‌های شاتل دماهای پایین‌تری دارند و معمولاً به بیشتر از ۱۲۰۰ درجه سلسیوس نمی‌رسد و بنابراین بدنه آلومینیمی با کاشی‌هایی از جنس سیلیس محافظت می‌شود. نقطه ذوب سیلیس ۱۷۰۰ درجه سلسیوس است، بنابراین مقاومت بالایی برای کاربرد در شاتل‌ها دارد.

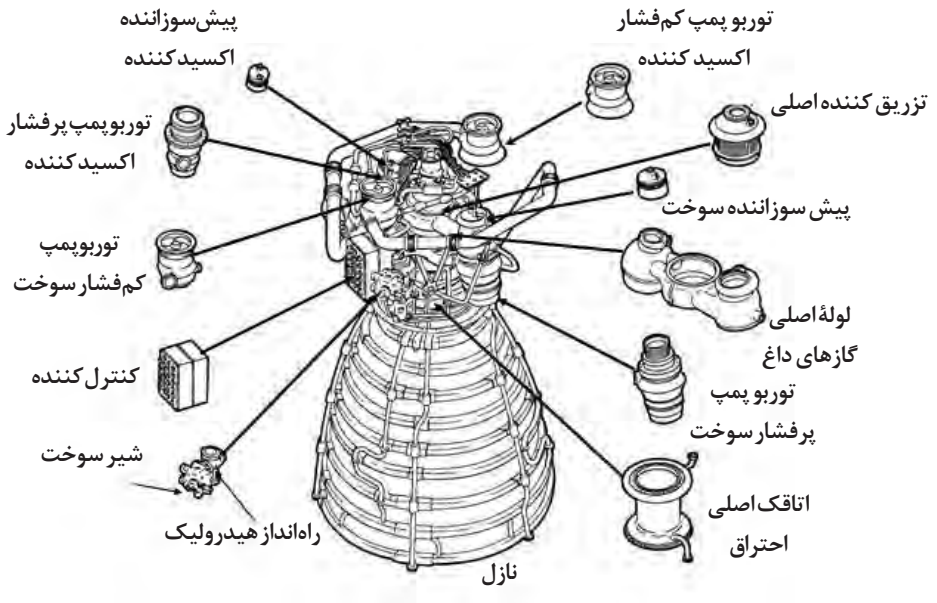


شکل ۱۴ـ نقشه دمایی شاتل (نمای زیرین و بالایی)
(دماها بر اساس درجه سلسیوس است)

کنجکاوی

به نظر شما برای کاشی شاتل سیلیسیم اکسید متخلخل مناسب است؟ چرا؟

سرامیک‌ها کاربردهای دیگری نیز در شاتل‌ها دارند، از آن جمله، آسترکاری نازل هدایت موشک است تا در برابر دمای بالا محافظت شود. همچنین سرامیک‌ها در قطعات پیشرفته، حسگرهای دما و فشار و در تقویت قطعات فلزی نیز کاربرد دارند.



شکل ۱۵ــ نازل موشک و اجزای آن

انقلاب اسلامی و شکوفایی صنعت

انقلاب اسلامی توأم با دستاوردهای مختلفی در حوزه صنعت است که از آن جمله می‌توان افزایش ۵۷ برابری صادرات غیرنفتی ایران را نام برد. از مهم‌ترین دستاوردهای انقلاب اسلامی در حوزه صنعت می‌توان موارد زیر را نام برد:

افزایش سهم صنعت در تولید ناخالص ملی از ۱۶ درصد به ۴۰ درصد بیانگر جهش صنعتی ایران پس از انقلاب اسلامی است.صادرات غیر نفتی ایران از ۵۴ میلیون دلار به ۳۱ میلیارد دلار یعنی ۵۷ برابر افزایش یافته است.

انقلاب اسلامی، ایران تک محصولی را به صادرکننده محصولات صنعتی، کشاورزی و خدمات فنی مهندسی تبدیل کرده است. محصولات پتروشیمی ایران از سال ۱۳۵۷ تاکنون ۳۳ برابر رشد داشته است.

ایران هفدهمین اقتصاد جهان را دارد. تولید فولاد از ۳۶۰ هزار تن به ۱۸ میلیون تن افزایش‌یافته و ۵۰ برابر شده است.ایران امروز در تولید فولاد و آلومینیوم رتبه چهاردهم جهان، در تولید سیمان رتبه هشتم، در تولید سرامیک رتبه پنجم، در تولید موتور وسایل نقلیه رتبه دوازدهم و در تولید خودرو و مس رتبه هجدهم جهان را احراز کرده است.مونتاژکاری در صنعت خودرو از ۱۰۰ درصد به ۱۵ درصد کاهش یافته است.

با وجود تحریم‌های شدید فنی، علمی و اقتصادی به فناوری‌های کاملاً بومی در صنایع هسته‌ای، هوایی و فضایی رسیده‌ایم. تولید سیمان در داخل کشور از هفت میلیون تن به بیش از هفتاد میلیون تن یعنی بیش از ده برابر رسیده است. تولید کاشی و سرامیک از دوازده میلیون مترمربع به چهارصد و ده میلیون مترمربع رسیده است، یعنی بیش از ۳۲ برابر شده است.

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۴: فناوری و سرامیک	۱ـ انتخاب فناوری‌های نوین در تولید سرامیک‌های پیشرفته ۲ـ به‌کارگیری فناوری‌های نوین در تولید سرامیک‌های پیشرفته	تحلیل و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در تولید سرامیک‌های پیشرفته	بالاتر از حد انتظار	انتخاب، تحلیل و به‌کارگیری فناوری	۳
			در حد انتظار	انتخاب و تحلیل فناوری	۲
			پایین‌تر از انتظار	انتخاب فناوری	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۵

کاربرد سرامیک‌ها در محیط زیست

انرژی و کنترل آلودگی

رشد روزافزون جمعیت و صنعتی‌شدن شهرها منجر به افزایش مصرف انرژی و آلوده شدن محیط‌زیست شده است. سرامیک‌ها نقش مهمی در تأمین انرژی‌های جایگزین و تمیز دارند و باعث افزایش بازده روش‌های تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شوند.

نقش سرامیک‌ها در حفظ انرژی

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

از سال ۱۹۷۰ تلاش‌های زیادی برای حفظ انرژی انجام شده است. مهم‌ترین رخداد تاریخی که توجه همگان را به خود جلب کرد، تحریم نفت توسط سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اپک) در دهه ۱۹۷۰میلادی بود. در آن زمان اپک میزان نفت صادراتی خود را محدود کرد. با تحریم نفت، کشورهای صنعتی با مسائل متعددی روبه‌رو شدند. از سوی دیگر قیمت محصولات ساخته شده از نفت مانند گازوئیل که در منازل کاربرد داشت نیز افزایش یافت.

در نتیجه فعالیت و تلاش‌های متعددی برای تأمین انرژی از منابعی نظیر باد، آب، منابع ژئوترمال (آب گرم حاصل از فعالیت‌های آتشفشانی)، گیاهان و نور خورشید مورد توجه قرار گرفت. در این برنامه‌ها سرامیک‌ها و شیشه‌ها نقش کارسازی داشتند.

عایق کاری با الیاف شیشه ای

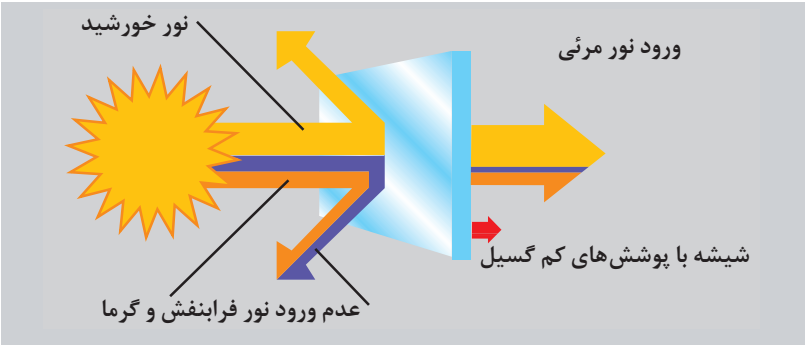
یکی از مهم‌ترین برنامه‌ها در زمینه حفظ انرژی ابداع عایق‌های حرارتی ساخته شده از الیاف شیشه‌ای است که برای حفظ انرژی در دیوارها، سقف‌ها و ساختمان‌ها به‌کار رفته است. این عایق‌ها در سال‌های ۱۹۳۱تا ۱۹۳۷ میلادی ساخته شده‌اند. الیاف شیشه‌ای رشته‌های نازک از جنس شیشه (پشمک مانند) با تخلخل‌های زیاد هستند و هوای داخل تخلخل‌ها مانع انتقال حرارت می‌شود.

برای ساخت این الیاف، مذاب شیشه از انتهای محفظه‌ای با تعداد زیاد سوراخ ریز خارج می‌شود و حالت رشته‌ای دارد. پس از دمیدن هوا و بخار پرفشار به آنها تبدیل به الیاف نازک شیشه‌ای می‌گردند. (در طی این فرایند از گلوله شیشه ای که در حدود ۱/۵ سانتی متر قطر دارد، الیافی به طول ۱۵۰ کیلومتر نیز تولید شده است).

شکل ۱ــ الیاف شیشه‌ای

شیشه‌های دوجداره و پوشش‌های بازتابنده

الیاف شیشه‌ای برای کاربرد در دیوارها و ساختمان‌ها بسیار مناسب بوده، اما کدر هستند و نمی‌توانند برای عایق‌بندی پنجره‌ها به‌کار برده‌شوند. برای کاهش اتلاف حرارت از پنجره‌ها، شیشه‌های 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.



شکل۲ـ عملکرد شیشه‌هایی با پوششی از یک لایه نازک فلزی در جلوگیری از اتلاف انرژی

تحقیق کنید

در مورد عملکرد شیشه‌های با پوشش فلز بازتابنده تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

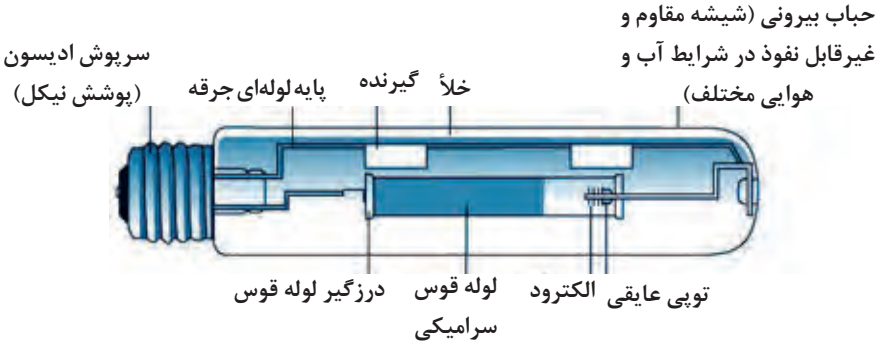
لامپ‌های با بازده بالا

لامپ‌ها جزء محصولات پرمصرف هستند که برق بسیار زیادی را مصرف می‌کنند. خوشبختانه نوآوری‌های جدید با استفاده از سرامیک‌ها بازده این لامپ‌ها را افزایش داده است.

اولین لامپ تجاری، لامپ التهابی توماس ادیسون بود که از یک رشته تنگستن که در یک حباب شیشه‌ای بدون هوا قرار دارد تشکیل شده است. تنگستن از فلزاتی است که در اثر عبور جریان الکتریسیته حرارت زیادی ایجاد می‌کند و این حرارت باعث روشنایی لامپ می‌شود.

لامپ التهابی بازده بالایی ندارد و رشته تنگستن پس از مدتی می‌سوزد. لامپی که جایگزین این لامپ‌ها شده لامپ فلورسنت است که بازده و طول عمر بیشتری نسبت به لامپ‌های التهابی دارد. همچنین لامپ‌های بخار سدیمی پرفشار که در دهه ۱۹۶۰ میلادی ابداع شدند، بازده بیشتری را نیز ایجاد می‌کنند. این لامپ‌ها نور طلایی یا زرد داشته و برای روشن کردن خیابان‌ها از آنها استفاده می‌شود. یک لامپ سدیمی ۱۴۰ لومن[1] روشنایی تولید می‌کند، در حالی که لامپ‌های تنگستن فقط ۱۵ لومن روشنایی دارند. در شکل ۳ اجزای لامپ سدیمی نشان داده شده است. جزء کلیدی در یک لامپ سدیمی، یک لوله قوس الکتریکی نازک از جنس آلومینا است که بخار سدیم و جیوه با فشار بالا در آن نگهداری می‌شود.

۱ـ واحد اندازه‌گیری مقدار نور یک منبع نوری است.



شکل ۳ــ اجزای لامپ سدیمی

کنجکاوی

ویژگی‌های آلومینا برای کاربرد در لامپ‌های سدیمی را مشخص کنید.

تنها مسئله موجود در مورد لامپ‌های سدیمی تفاوت رنگ اجسام در زیر نور لامپ سدیم با نور روز است. برای رفع این مسئله لامپ‌های هالوژنی ابداع شده‌اند. بخار هالید فلزی در این لامپ‌ها در یک لوله قوسی‌شکل از جنس شیشه سیلیسی قرار می‌گیرد. محققان درحال بررسی لوله‌های قوس آلومینایی مناسب برای لامپ هالوژنی هستند که بازده و طول عمر بیشتری داشته باشند. یک نمونه لامپ هالیدی در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکل ۴ــ یک لامپ‌هالیدی

کنجکاوی

چرا بخارهالید فلزی در یک لولهٔ قوسی شکل از جنس سرامیکی قرار می‌گیرد؟

در جدول زیر انواع لامپ‌ها از جنبه‌های گوناگون مقایسه شده است.

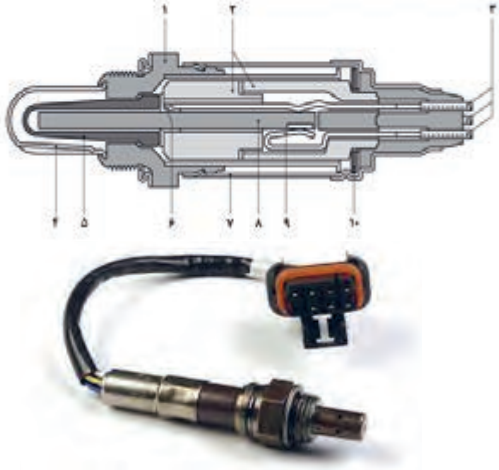
جدول ۱ــ خصوصیات مهم لامپ‌های الکتریکی

ردیف	نوع لامپ	شار نوری (لومن)	افت لومن (درصد از لومن اولیه)	متوسط طول عمر (ساعت)	حداکثر بهره نوری (لومن بر وات)
۱	رشته‌ای معمولی	۱۰ تا ۵۰۰۰۰	۱۵ تا ۴۰	۱۰۰۰	۱۰
۲	رشته‌ای هالوژن	۳۰۰ تا ۴۰۰۰۰	۸ تا ۱۵	۱۰۰۰	۱۵
۳	فلورسنت	۹۰۰ تا ۱۲۰۰۰	۸ تا ۲۵	۷۰۰۰	۴۰
۴	بخار جیوه	۱۲۰۰ تا ۶۰۰۰۰	۳۵ تا ۴۰	۳۰۰۰	۶۰
۵	هالید فلزی	۴۰۰۰تا۱۶۰۰۰۰	۳۰ تا ۴۵	۳۰۰۰	۶۰
۶	بخار سدیم پرفشار	۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰	۲۵ تا ۳۵	۵۰۰۰	۷۰
۷	بخار سدیم کم‌فشار	۱۸۰۰ تا ۳۵۰۰۰	۲۰ تا ۳۵	۴۰۰۰	۸۰

خودروهای دارای مصرف سوخت کم

بیشتر نفت وارداتی کشورها در پالایشگاه‌های بزرگ فراوری می‌شود 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 کامپوزیت‌های تقویت شده با سرامیک‌ها منجر به کاهش شدید وزن خودروها شده است. همچنین روی کارآمدن حسگرهای اکسیژن و سامانه‌های کنترل الکترونیکی در موتور خودرو نیز تأثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت داشته است. در شکل ۵ حسگر اکسیژن و اجزای آن نشان داده شده است.

۱. محفظه حسگر ۲. لوله محافظ سرامیکی ۳. سیم رابط ۴. لوله محافظ شیاردار ۵. لایه سرامیکی فعال حسگر ۶. اتصال ۷. درپوش محافظ ۸. عنصر گرم‌کن ۹. اتصالات موجدار برای عنصر گرم‌کن ۱۰. واشر فنری.



شکل ۵ــ اجزای حسگر اکسیژن

فندک‌های سرامیکی

گاز طبیعی منبع انرژی مهم دیگری است که ترکیب آن متان است و از چاه‌های نفت به دست می‌آید. 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 بررسی‌های صورت گرفته شمعک‌ها گاز طبیعی خانه‌ها را تلف می‌کنند. به منظور جلوگیری از این اتلاف، فندک‌های سرامیکی طراحی و ابداع شدند که منجر به صرفه‌جویی عظیمی در مصرف گاز طبیعی شده‌اند.

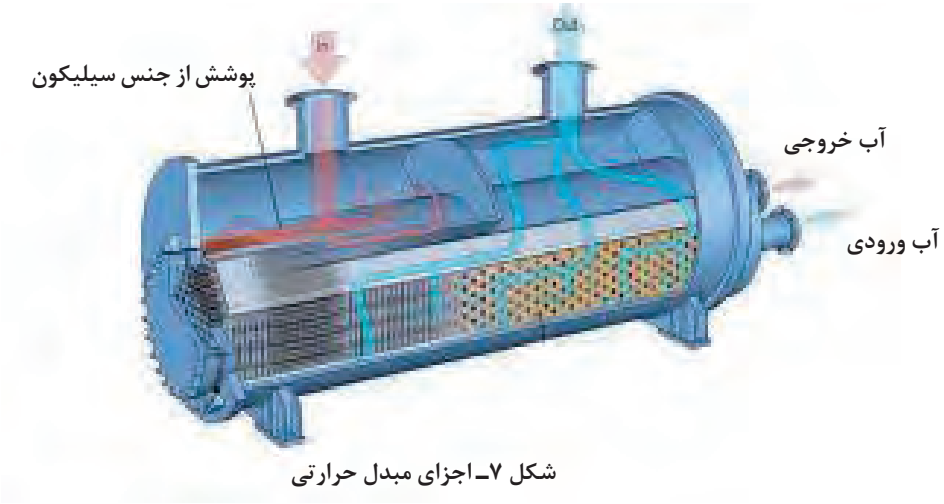
این فندک‌ها از ترکیب سرامیکی به نام سیلیسیم کاربید تشکیل شده است. هنگامی‌که فندک روشن می‌شود، جریان از سیلیسیم کاربید عبور می‌کند و در چند ثانیه به‌قدری گرم می‌شود که با این گرما می‌توان گاز طبیعی را روشن کرد.

شکل ۶ـ اجزای سرامیکی در فندک‌ها

سرامیک‌های مورد استفاده در صرفه جویی انرژی صنعتی

مبدل حرارتی

بیشتر فرایندهای صنعتی حداقل در یک مرحله نیاز به دمای بالا دارند و بازده بالا در این فرایندها دارای اهمیت است. مبدل‌های حرارتی و استفاده از حرارت اتلافی برای پیش‌گرم‌کردن هوای مورد نیاز در فرایند از جمله راهکارهایی است که برای جلوگیری از اتلاف حرارت تولیدی پیشنهاد شده است. بیشتر این مبدل‌های حرارتی از لوله‌هایی از جنس سیلیسیم کاربید ساخته شده‌اند تا گرمای فرایند با کمترین اتلاف در داخل آنها جریان یابد. سپس هوای سرد مورد نیاز برای فرایند از داخل این لوله‌ها عبور داده می‌شود تا گرم شود. ممکن است مجاری عبور هوا هم‌جهت نباشند و هوای گرم از یک جهت و هوای سرد از جهت عمود بر آن عبور کند؛ در این حالت مبدل حرارتی با جریان عمودی به‌کار می‌رود که پتانسیل زیادی برای کاربرد در صنایع کوچک و موتورهای توربین گازی دارد.



شکل ۷ـ اجزای مبدل حرارتی

تحقیق کنید

یک نوع از مبدل‌های حرارتی، ساختار لانه‌زنبوری دارد که در تصویر مقابل نشان داده شده است؛ درباره نحوه عملکرد این مبدل‌ها تحقیق کنید.

مشعل‌های تابشی

حوزه صنعتی دیگری که سرامیک‌ها برای صرفه‌جویی در انرژی در آن کاربرد دارند، در زمینه حرارت‌دهی تابشی با استفاده از مشعل است. این مشعل‌ها آلودگی بسیار کمی‌دارند و برای خشک کردن رنگ، شکل دادن شیشه خودرو و گرم کردن هوا در صنایع گوناگون به کار می‌روند. به‌منظور 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.

شکل ۸ـ مشعل تابشی

انرژی باد و آب

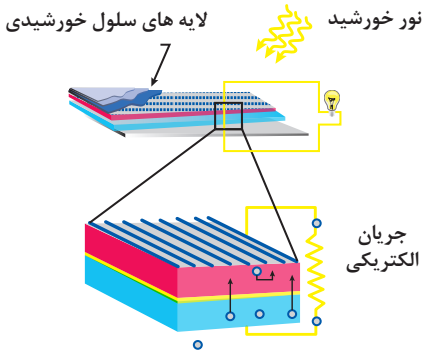
سوزاندن نفت و زغال‌سنگ باعث مصرف منابع طبیعی می‌شود که تشکیل آنها چندین میلیون‌سال به‌طول انجامیده است و این منابع تجدیدناپذیر هستند، بنابراین باید منابع تجدیدپذیر جایگزین آنها شوند. آسیاب‌های بادی و سدهای هیدروالکتریک دو منبع انرژی تجدیدپذیر هستند که سالیان زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سرامیک‌ها در این دو فناوری نیز دارای اهمیت خاصی هستند. در هر دوی این فناوری‌ها از سرامیک‌های الکتریکی به ویژه نارساناهای الکتریکی استفاده می‌شود؛ همچنین پرّهٔ آسیاب‌های بادی از کامپوزیت‌های حاوی الیاف سرامیکی ساخته می‌شوند. قطعاتی که در این روش تولید انرژی به‌کار می‌روند با سرعت زیادی می‌چرخند، بنابراین از سرامیک‌های مقاوم در برابر سایش، به‌ویژه ساچمه‌های سیلیسیم نیترید استفاده می‌شود.

شکل ۹ــ توربین‌های بادی با طراحی‌های مختلف

انرژی خورشید

نورخورشید منبع انرژی مهمی‌است که برای تولید انرژی‌های نو مورد توجه قرار دارد. راه‌های زیادی برای استفاده از انرژی خورشید وجود دارد. از جملهٔ این روش‌ها، متمرکز کردن نور خورشید توسط آینه‌ها است که با این روش می‌توان حرارت مورد نیاز برای راه‌اندازی یک توربین را فراهم کرد.

روش دیگر تولید الکتریسیته با پیل‌های فوتو ـ ولتایی است که به نام پیل خورشیدی معروف هستند. پیل‌های خورشیدی از نیم‌رسانای سیلیسیمی (همان ماده‌ای که برای ساخت تراشه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد) 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.



شکل ۱۰ــ تولید انرژی در سلول‌های خورشیدی

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

کنجکاوی

بررسی کنید چگونه می‌توان جریان الکتریسیته مستقیم را به متناوب تبدیل کرد؟

انرژی حاصل از گیاهان

درختان، سبزه‌ها و ساقه‌های ذرت می‌توانند منبع مهم انرژی باشند. یکی از روش‌هایی که برای تولید انرژی از گیاهان پیشنهاد شده شامل تبدیل انرژی ناشی از سوزاندن گیاهان به انرژی الکتریکی است و راه دیگر تبدیل انرژی شیمیایی گیاهان به سوخت‌های مایع مانند الکل یا سوخت‌های گازی مانند متان است. سرامیک‌ها در هر دوی این روش‌ها برای کنترل و حفظ انرژی تولید شده کاربرد دارند.

کنجکاوی

چه ویژگی‌ای از سرامیک‌ها برای کاربرد در این روش مورد توجه است؟

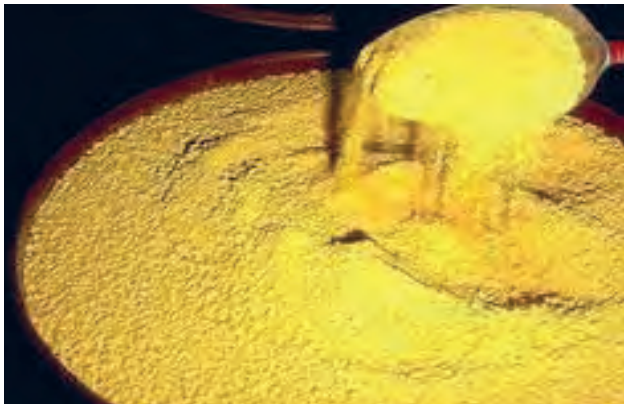
برق حاصل از سوخت‌های فسیلی تجدید ناپذیر

سرامیک‌ها برای کنترل آلودگی نیز از اهمیت زیادی برخوردار هستند. برای مثال می‌توان به پارچه‌های سرامیکی که غبار و خاکستر نسوخته را از گازهای گرم اتلافی پیش از خارج شدن از دودکش کارخانجات جدا می‌کنند، اشاره کرد.
هنگامی‌که نیروگاه سیکل ترکیبی کار می‌کند، زغال‌سنگ پودر شده با هوا مخلوط شده و در یک کوره بزرگ سوزانده می‌شود. این فرایند گازهای داغی (عمدتاً هوا) را ایجاد می‌کند که باعث چرخش سریع پرّه‌های توربین و حرکت ژنراتور می‌شود. همچنین گازهای داغ که از توربین خارج می‌شوند از لوله‌های مبدّل حرارتی که در میان آنها آب جریان دارد، عبور داده می‌شوند؛ با انتقال انرژی گرمایی آب می‌جوشد و بخار پرفشاری را ایجاد می‌کند که از یک توربین بخار عبور کرده و الکتریسیته بیشتری تولید می‌کند.
مشکل این سامانه‌ها آن است که زغال‌سنگ ناخالصی‌های زیادی دارد که به خوبی نمی‌سوزد و تولید خاکستر می‌کند. ورود خاکستر به داخل موتور باعث خوردگی و سایش زیادی می‌شود و مانع از عملکرد مناسب توربین‌ها می‌شود. برای جلوگیری از ورود خاکستر به درون توربین، فیلترهای سرامیکی به کار برده می‌شود. در شکل ۱۱ چند نمونه فیلتر سرامیکی نشان داده شده است.

شکل ۱۱ــ چند نمونه فیلتر سرامیکی

انرژی هسته‌ای

سرامیک‌ها در صنعت انرژی هسته ای نیز کاربرد دارند که شامل قرص سوختی، میله کنترل و دفع زباله‌های رادیواکتیو است. سوخت مورد استفاده در راکتورهای سنتی عمدتاً از جنس اورانیم اکسید که یک نوع سرامیک است، می‌باشد. واکنش هسته‌ای قرص‌های 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 پرانرژی‌تری که مخلوطی از اورانیم اکسید و پلوتونیم اکسید است استفاده می‌کنند و گرما را به طور مؤثرتر و ایمن‌تری به یک فلز مذاب منتقل می‌کنند.



شکل ۱۲ــ اورانیم‌اکسید

بیشتر بدانیم

یک قرص اورانیم اکسید با قطری حدود ۱ سانتی‌متر و طول ۱/۲۵ سانتی‌متر دارای انرژی معادل انرژی ۱ تن زغال‌سنگ، ۵۶۷ لیتر نفت یا ۶۳۷ متر مکعب گاز طبیعی است. قرص‌های سوخت رآکتورهای هسته‌ای در میله‌هایی به طول ۳/۵ متر نگه‌داری می‌شوند. یک راکتور معمولاً بیش از ۱۵۰۰۰ میله سوخت دارد و می‌تواند الکتریسیته مورد نیاز ۳۵۰۰۰۰ خانه که فقط از انرژی برق استفاده می‌کنند را تأمین کند.

مهم‌ترین کاربرد سرامیک‌ها در صنعت هسته‌ای در دفن زباله‌های هسته‌ای رادیواکتیو است. ورود زباله‌های رادیواکتیو به داخل هوا یا آب‌های زیرزمینی آسیب‌های زیادی را ایجاد می‌کند. مهندسین سرامیک برای جلوگیری از ورود تشعشعات این زباله‌ها راه‌هایی برای اختلاط پسماندهای رادیواکتیو با پودرهای سرامیکی و تبدیل آنها به شیشه یا سرامیک‌های بسیار پایدار طراحی کرده‌اند. ذوب پسماندهای رادیواکتیو و تبدیل آنها به شیشه یا سرامیک‌ها، احتمال نشت پسماندهای هسته‌ای به محیط اطراف را به‌حداقل می‌رساند.

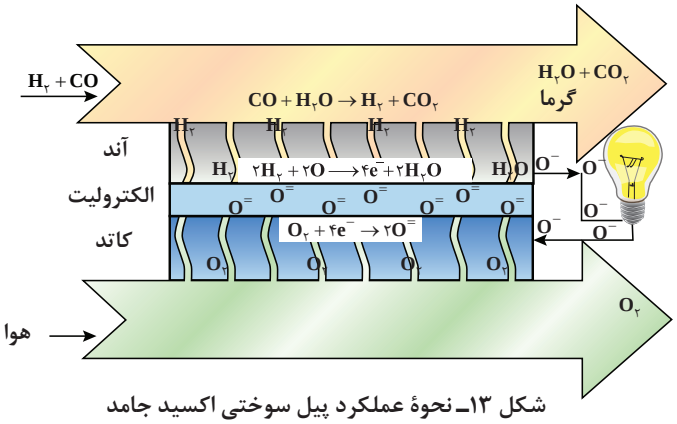
سرامیک‌های مورد استفاده در پیل‌های سوختی

نیروگاه‌های زغال‌سنگی و نفتی بازده بالایی ندارند و بیشتر این نیروگاه‌ها فقط می‌توانند حدوداً ۳۲ تا ۳۵ درصد انرژی ذخیره شده در سوخت را به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. پیل‌های سوختی جایگزین مناسبی برای این نیروگاه‌ها هستند. در پیل‌های سوختی به جای سوزاندن سوخت از واکنش‌های شیمیایی برای ایجاد الکتریسیته استفاده می‌شود.

یک پیل سوختی می‌تواند به طور مستقیم حدود ۶۰ درصد انرژی سوخت را به الکتریسیته تبدیل کند و هم زمان گرمای مناسبی برای گرم کردن خانه‌ها و یا تولید الکتریسیته اضافی فراهم کند. مزیت دیگر پیل‌های سوختی این است که آلودگی بسیار کمتری نسبت به فرایندهای سوزاندن سوخت ایجاد می‌کنند.

پیل‌های سوختی انواع گوناگونی دارند که مهم‌ترین آنها برای صنعت سرامیک، پیل سوختی اکسید جامد (SOFC[1]) است. این پیل مشابه حسگر اکسیژن زیرکونیایی عمل می‌کند که در اثر اختلاف غلظت اکسیژن در داخل و خارج حسگر اکسیژنی یک ولتاژ ایجاد می‌شود.

در SOFC هوا در یک طرف زیرکونیا و در طرف دیگر سوختی‌مانند گاز طبیعی یا هیدروژن قرار می‌گیرد. اکسیژن موجود در هوا از زیرکونیا عبور کرده و با سوخت واکنش می‌دهد و در اثر انجام واکنش شیمیایی الکتریسیته ایجاد می‌شود. در اثر انجام واکنش شیمیایی بین سوخت و اکسیژن، گرما نیز تولید می‌شود و پیل سوختی را در دمای کاری مناسب و بهینه نگه می‌دارد.



شکل ۱۳ــ نحوهٔ عملکرد پیل سوختی اکسید جامد

کنجکاوی

اگر به جای هوا، گاز هیدروژن یا گاز طبیعی مثل متان به‌کار رود علاوه بر الکتریسیته چه محصولاتی تولید خواهد شد؟

1- Solid State Oxide Fuel Cell

تحقیق کنید

هم اکنون پیل‌های سوختی در چه وسایلی کاربرد دارند؟

نقش سرامیک‌ها در کنترل آلودگی

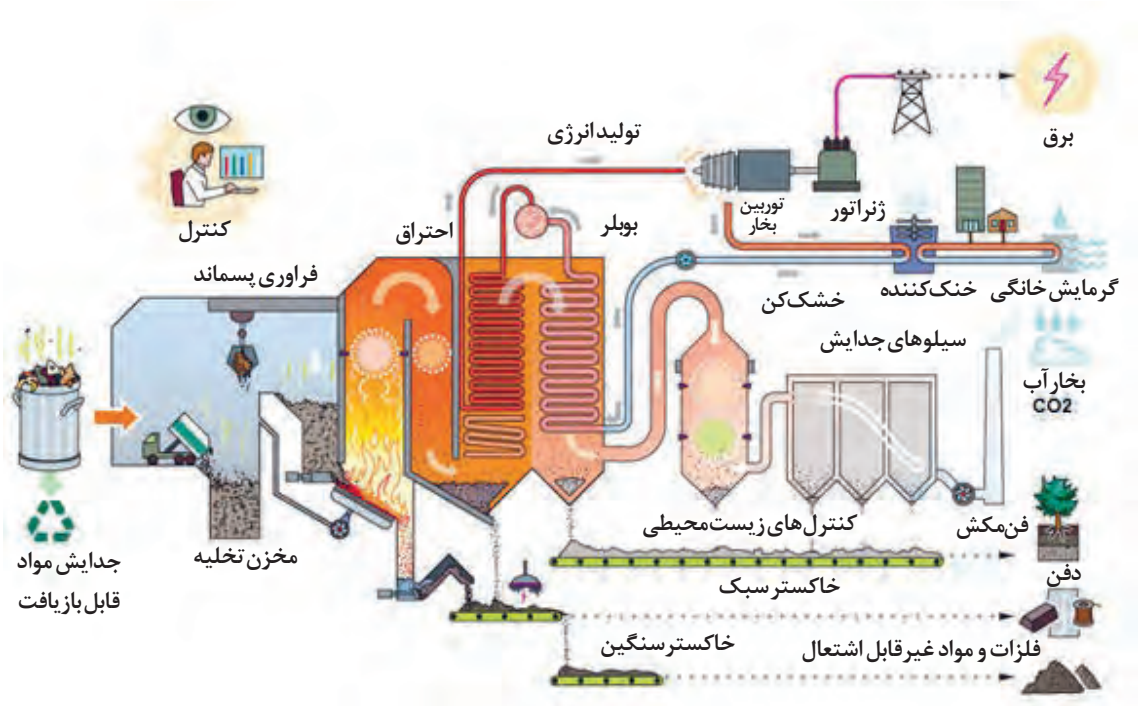
تاکنون برخی از کاربردهای سرامیک‌ها در کنترل آلودگی مورد بررسی قرار گرفت. و در مورد کاربرد سرامیک‌ها در فیلترهای نیروگاه‌های زغال‌سنگی و حبس زباله‌های هسته‌ای بحث شد. در ضمن نقش سرامیک‌ها در دستگاه‌ها و روش‌های حفظ انرژی یا تولید انرژی با بازده بالا نیز مورد بررسی قرار گرفت. لامپ‌های با بازده بالا، مبدّل‌های حرارتی سرامیکی، فندک‌های جایگزین شمعک موتورهای حرارتی دما بالا و پیل‌های سوختی همگی به کاهش آلودگی کمک می‌کنند. سرامیک‌ها علاوه بر موارد ذکر شده در حوزه‌های دیگری مانند سوزاندن زباله‌ها، کنترل آب و فاضلاب و حتی نظافت لکه‌های نفتی در دریاها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین از فیلترهای سرامیکی در اگزوز خودروها و غبارگیری صنعتی استفاده می‌شود.

سوزاندن زباله‌ها و مواد شیمیایی خطرناک

یکی از مسائلی که محیط زیست را تهدید می‌کند انباشته شدن زباله‌ها است. از جمله فناوری‌هایی که در سال‌های اخیر در این زمینه انجام شده سوزاندن زباله‌های شهری است. در ابتدا زباله‌ها به مراکز دفن زباله حمل شده و سپس به کارخانه‌های صنعتی منتقل می‌شوند. در آنجا ماشین‌های خودکار، مواد قابل بازیافت را جدا می‌کنند و بقیه را در کوره‌های بزرگ می‌سوزانند و حرارت ایجاد شده برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از انتقال و اتلاف حرارت، زباله‌سوزها با سرامیک‌ها آستر کاری می‌شوند. همچنین سرامیک‌ها در زدودن ذرات خاکستر از هوایی که از زباله‌سوزها خارج می‌شود نیز نقش دارند.

بسیاری از مواد شیمیایی مضر و نیز سلاح‌های شیمیایی نظامی‌به قـدری خطرناک هستند که نمی‌توان آنها را دفن کرد یا در زباله‌سوزهای معمولی سوزاند. این مواد در زباله‌سوزهای ویژه‌ای سوزانده می‌شوند تا به موادی بی‌خطر تبدیل شوند که معمولاً جنس زباله‌سوزها سرامیکی است.

شکل ۱۴ــ تفکیک زباله



شکل ۱۵ــ فرایند زباله سوز شهری

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 سرامیک‌های متخلخل داخل آب دمیده می‌شود.

کنجکاوی

به نظر شما چرا باید لوله‌های انتقال آب‌های آلوده که اغلب جنس فلزی یا پلاستیکی دارند، با سرامیک‌ها آسترکاری شوند؟

مهار لکه‌های نفتی

یکی از شگفت‌انگیزترین کاربرد سرامیک‌ها، مهار لکه‌های 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 لکه‌های نفتی آن را با یک ساختار شناور به نام بوم محاصره می‌کنند و سپس سوزانده می‌شوند.

در ابتدا بوم‌هایی از جنس فولاد مطرح شدند که بسیار سنگین و گران بود. اما سپس بوم سرامیکی به نام بوم آتشین

ابداع شد. این بوم از شناورهایی تشکیل شده که به راحتی می‌توان آنها را با یک قایق به دور از لکه نفتی یدک کرد. شناورها دو بخش داخلی و خارجی دارند. بخش داخلی از یک سرامیک متخلخل شناور با لایه‌هایی از تورهای فولادی مقاوم در برابر خوردگی و یک پارچه سرامیکی دما بالا تشکیل شده و لایه‌خارجی (دامن بوم آتشین) از جنس پلاستیکی به نام پلی‌وینیل کلرید است. پس از احاطه شدن لکهٔ نفتی توسط بوم آتشین لکه آتش زده می‌شود.

شکل ۱۶ــ مهار لکه نفتی با بوم آتشین

تحقیق کنید

آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از نشت نفت به دریا را بررسی کنید.

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۵: کاربرد سرامیک‌ها در محیط‌زیست	تحلیل کاربرد سرامیک‌ها در محیط‌زیست	انتخاب مواد و به‌کارگیری مواد سرامیکی سازگار با محیط‌زیست	بالاتر از حد انتظار	انتخاب، تحلیل و به‌کارگیری مواد سرامیکی سازگار با محیط‌زیست	۳
			در حد انتظار	انتخاب و تحلیل مواد سرامیکی سازگار با محیط‌زیست	۲
			پایین‌تر از انتظار	انتخاب مواد سرامیکی سازگار با محیط‌زیست	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				

فهرست منابع و مراجع

۱ـ برنامه درسی رشته سرامیک، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، ۱۳۹۳

۲ـ تویسرکانی، حسین، زمستان ۱۳۸۰، اصول علم مواد، چاپ دوم، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر

3- Richerson, David. 1944. The magic of ceramics.

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی