



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

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) - ۲۱۰۵۰۸
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: غلامرضا امامی‌میبدی، هادی برزگر بفرویی، حمید تقی‌پور ارمکی، ندی دیده‌ور، الهام صمدبین، ناصر ضیاییان مفید (اعضای گروه تألیف)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - سیدعلی موسوی (طراح جلد) - جهانگیر سرزارع، مهلا مرتضوی (صفحه‌آرا) - فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد (رسام)
- نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
- تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱ - ۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وب سایت: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir
- ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
- سندوق پستی: ۳۷۵۱۵ - ۱۳۹
- چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ سوم ۱۳۹۷

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 به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، 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.



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 (قدّس سرّه الشریف)



۹.....	پودمان اول : کلیات
۲۳.....	پودمان دوم : مواد و ویژگی آنها
۵۹.....	پودمان سوم : تحلیل و طبقه بندی مواد اولیه سرامیک ها
۱۰۳.....	پودمان چهارم : فناوری و سرامیک
۱۲۱.....	پودمان پنجم : کاربرد سرامیک ها در محیط زیست
۱۳۵.....	فهرست منابع

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینه 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 توسعه یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزه دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخه 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 فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشته تحصیلی است که هنرجویان در پایه دهم و در آغاز ورود به رشته تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامه تحصیل در رشته خود کسب نمایند. درس دانش فنی تخصصی که در پایه دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصی حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامه تحصیل و توسعه حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی پایه 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 پایه نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش فنی پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش نظری تأمین می‌کند.

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

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانش فنی پایه در گروه صنعت و رشته تحصیلی سرامیک برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

سخنی با هنرجویان عزیز

درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانش فنی پایه در گروه مواد و فراوری و رشته تحصیلی سرامیک، برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

در تدوین درس دانش فنی پایه، موضوعاتی مانند تاریخچه رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشته تحصیلی، نقش رشته شما در توسعه 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 وسایل کار، مصادیقی از ارتباط مؤثر فنی و مستندسازی، زبان فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشته تحصیلی در نظر گرفته 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 و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

کلیات



تعریف مختصر از رشته

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، فرآورده‌های 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.

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، فرآورده‌های رسی ساختمانی، مواد ساینده، لعاب‌های چینی، سیمان، شیشه، مواد مغناطیس غیر فلزی، فروالکترونیک‌ها و بیوسرامیک‌ها و محصولات دیگر نیز می‌شود. اغلب فرآورده‌های سرامیکی در برابر آب، اسیدها، گازها،



مشاغل صنعت سرامیک

کارخانه‌ها و مراکز تحقیقاتی به منظور دستیابی به محصولات با کیفیت بالاتر مشغول به کار 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.

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 نیازهای سرامیکی دارد.

در حال حاضر کشور ما کارخانه‌های عمده کاشی‌سازی، چینی‌سازی، تولیدکننده مواد دیرگداز، تولیدکننده 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



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

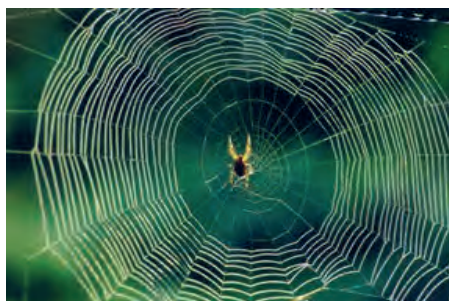
نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات (IT) در تمامی زمینه‌ها از جمله صنعت بر هیچ فردی پوشیده نیست و برنامه‌ریزان در عصر حاضر و آینده نیازمند به‌کارگیری این فناوری هستند. هنرجویان می‌توانند با کسب مداوم اطلاعات در ارتباط با فناوری‌های نوین دانش خود را به‌روز کرده و

قطعات سرامیکی متناسب با نیازهای صنعتی تولید کنند. امروزه در محیط‌های صنعتی، خلاقیت، نوآوری، کار گروهی و امکان استفاده از فناوری‌های جدید از مهم‌ترین ابزاری 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 زمینه الهام از جانداران و طبیعت کار می‌کنند، بیشتر پژوهش‌ها بر کشف ویژگی‌های مواد بدن جانداران متمرکز است که چگونه آفرینش با تعداد کمی از مواد ساختمانی ساده (قندها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و آب) به موادی مانند چوب، استخوان و پوسته سخت حشرات ایجاد می‌کند که ساختمان‌های طبیعی بسیار پیچیده و باشکوهی دارند. به‌طور مثال

محققان مطالعات زیادی را بر روی عنکبوت‌ها انجام داده‌اند و دریافته‌اند که چگونه این حشرات می‌توانند مولکول‌های پروتئینی محلول در آب را به نخ‌های ابریشمی نامحلول که محکم‌تر از کولار^۱ (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 تقریباً دو برابر نسبت به بهترین نوع سرامیک‌های موجود استواری و استحکام دارند.



1.Kevlar

دانشمندان دربارهٔ مواد طبیعی دیگری نیز کار کرده‌اند؛ 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.



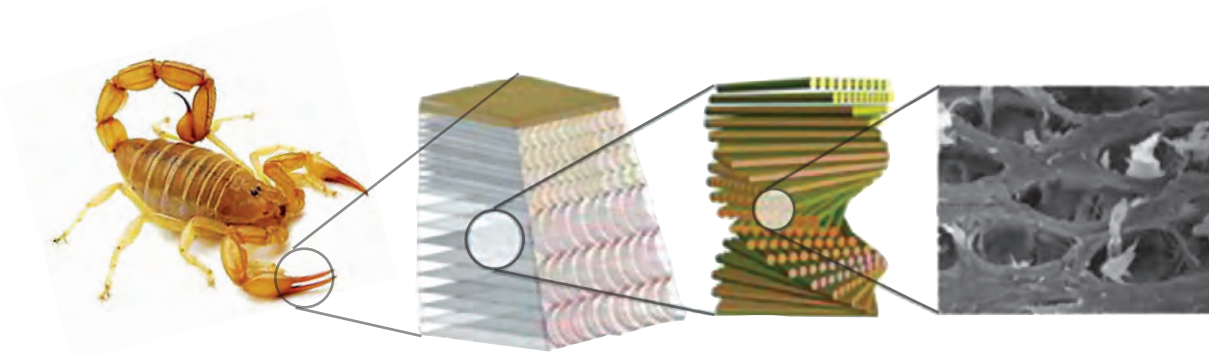
مهمی نیست، تبدیل به صدف زیبا و استوار کند. با بررسی صدف در زیر میکروسکوپ الکترونی مشخص شده که صدف دارای لایه‌های بسیار نازک سولفات کلسیم است که در شبکهٔ پروتئینی آلی به ضخامت ده میلیونم متر قرار گرفته است. این آرایش از ایجاد ترک در صدف جلوگیری کرده و شکنندگی آن را نسبت به سرامیک‌های صنعتی بسیار کمتر 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 وارد کردن الیاف در زمینه پروتئینی ساخته شده است.

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 کولار 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 به کار می‌روند بسیار خطرناک بوده و نابود کردن آنها نیز دشوار است. در حالی که تار عنکبوت آلودگی محیط‌زیستی نداشته و در هر شرایطی قابل تولید است.

در طبیعت، جاندارانی مانند صدف می‌تواند مواد ساده‌ای مانند سولفات کلسیم را که به‌طور طبیعی مادهٔ ساختمانی

زمانی که قاب پشت سوسک زیر میکروسکوپ الکترونی بررسی شد، شباهت بسیاری با موادی که در صنایع جدید نظامی به کار گرفته می‌شوند، مشاهده گردید. ساختار مشابهی در بدن عقرب نیز مشاهده شده است (شکل ۱).



چنگال عقرب

لایه‌های موجود در چنگال عقرب

ساختار کامپوزیتی لایه‌ها

شکل ۱- ساختار کامپوزیتی چنگال عقرب

ساخت فیبرهای نوری با الهام از اسفنج‌های دریایی

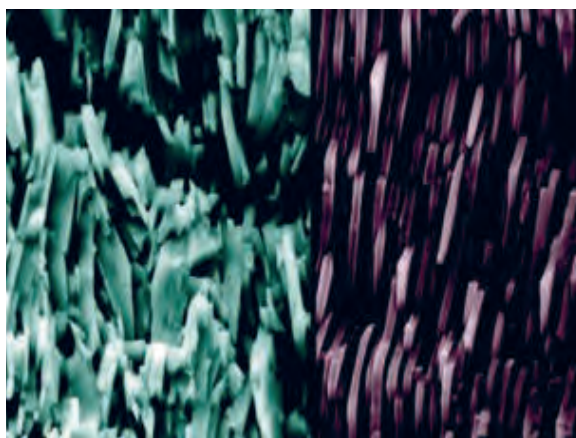
فیبرهای نوری می‌توانند با سرعت غیرقابل تصویری داده‌ها را منتقل کرده و انسان را در زمینه ارتباطات جلو ببرند. اسفنج‌های دریایی الهام خوبی برای ساخت فیبرهای نوری هستند. جنس یک نوع از اسفنج‌های دریایی از نوعی شیشه است که فیبرهای آن بسیار باریک (در حد تار موی انسان) هستند اما اگر در کنار هم جمع شوند، ساختاری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



مواد سرامیکی مقاومتر با الهام از طبیعت

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.

سرامیک‌های جدیدی از پوسته صدف مروارید ساخته شده است. پوسته این صدف دریایی بسیار قوی‌تر و با دوام‌تر از سرامیک‌های کنونی است. همچنین تولید مصنوعی سرامیک از پوسته صدف مروارید در مقایسه با سرامیک‌های کنونی از شکنندگی کمتری برخوردار است و در ضمن می‌تواند درجه حرارت بالاتر از ۶۰۰ درجه 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 ۹۵ درصد این پوسته‌ها را تشکیل می‌دهد بسیار ترد و شکننده



شکل ۲- ساختار پوسته صدف زیر میکروسکوپ

تاریخچه مواد و علم مواد

تولید ابزار، سر پناه 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 را 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

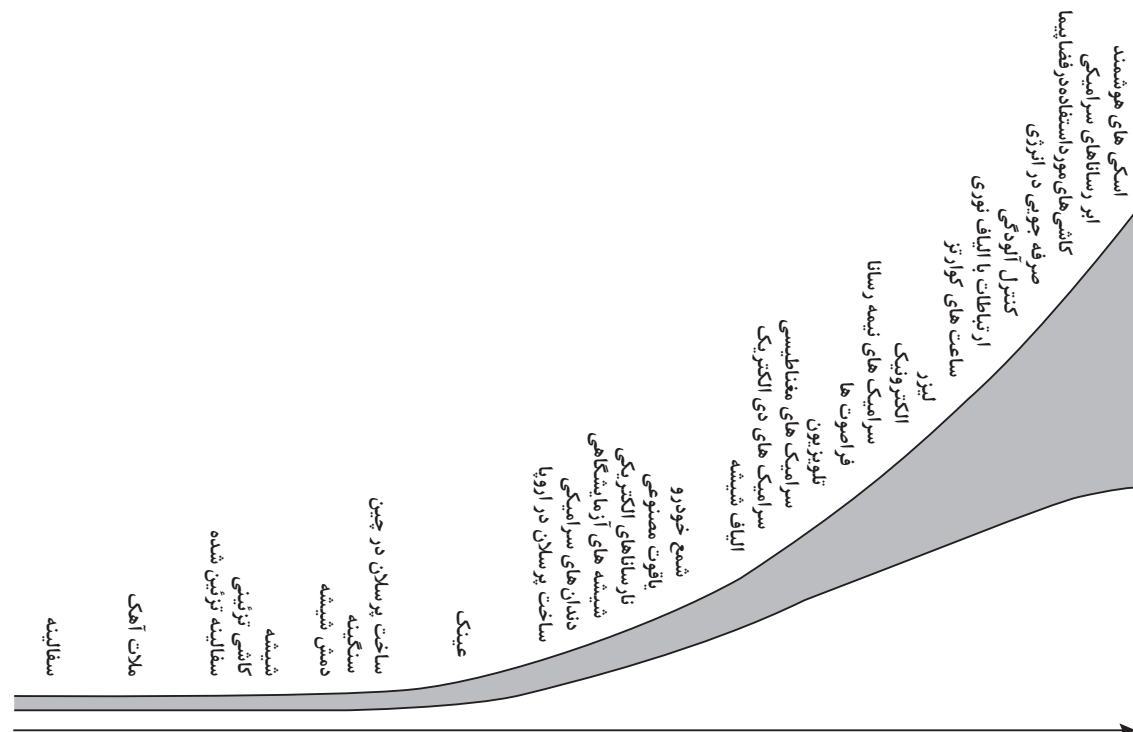
مواد در پیشرفت جوامع بشری نقش بسیار مهمی داشته است. به طوری که مورخین، هر دوره تاریخی را با نام یکی از موادی که در آن دوره نقش مهمی داشته است، نام‌گذاری کرده‌اند. عصر سنگ و عصر برنز از جمله این نام‌گذاری‌ها است. این موضوع نشان‌دهنده نقش مواد و اهمیت آنها در زندگی بشر و تأثیر آن بر فعالیت و رفتارهای او در قرون گذشته است. از نقطه نظر تاریخی می‌توان گفت که تمدن بشری با عصر سنگ آغاز شده است. در این دوران بشر برای

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 به 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 سرامیک نشان داده شده است.

سرامیک‌های نوین تحول در صنایع سرامیک‌های سنتی تحول در سرامیک‌های اولیه



شکل ۳- سیر تحول محصولات سرامیکی با گذشت زمان

سرامیک‌های اولیه

تولد سفال:

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

تصور کنید که زندگی در عصر حجر چگونه بوده است؟ در آن زمان فروشگاه، خانه، شهر و حتی خط نوشتاری وجود نداشت. غار پناهگاه انسان بوده و برای شکار از مکانی به مکان دیگر کوچ می‌کرد. آنها هیچ درکی از فلز یا پلاستیک نداشتند. تنها موادی که آنها 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 مطالعه نحوه زندگی انسان اولیه



شکل ۴- نمونه‌هایی از نقاشی بر روی دیوار غار

نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی در شکل ۵ آمده است.



شکل ۵- نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی

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

به اعتقاد باستان‌شناسان، ایران یکی از زادگاه‌های اصلی سفالگری بوده است. نمونه‌های کشف‌شده در حفاری‌های بختیاری مربوط به ده‌هزار سال قبل نشان‌دهنده 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

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 بر روی بدنه سفال ایجاد کنند. (شکل ۶)

مصلح ضروری ساختمان محسوب می‌شود که از هزاران سال پیش به‌صورت ابتدایی و حتی بدون استفاده از کوره 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 که 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



شکل ۶- 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 به کار 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 ۷- دو باریکه کاشی از جنس سفال، متعلق به دوره قاجار

سرامیک‌ها در عصر فلز

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 بر روی 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 در حدود ۵۰۰۰ سال قبل به منظور 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.

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

تحول سرامیک‌های سنتی

اختراع چرخ سفالگری

در نظر بگیرد و با چرخاندن حصیر شکل‌دهی انجام می‌دادند. 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.

سفال‌ها جزء مهمی از 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



شکل ۸- انواع چرخ‌های سفالگری

انواع جدید سفال

به دست می‌آمد، سفید و نیمه‌شفاف بود و هنگامی که با ناخن یا یک جسم سخت به آن ضربه زده می‌شد، صدای بسیار زیبایی مانند یک سنج یا اسباب موسیقی ایجاد می‌کرد. هنگامی که مار کوپولو در سال ۱۲۹۲ از سفر تاریخی خود به شرق بازگشت، این سرامیک جادویی را آلا پرسلا^۱ نام گذاشت، زیرا رنگ آن مانند رنگ صدف بود که در ایتالیا به آن پرسلانا^۲ گفته شد. امروزه ما این سرامیک‌های ظریف را پرسلان می‌نامیم. با گذشت قرن‌ها سفال و پرسلان به صناعی 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.

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 دمای است که یک اجاق خوراک‌پزی ایجاد می‌کند. ظرف‌های پخته شده در دماهای بالا تخلخل بسیار کمی داشتند، 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^۱ 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



شکل ۹- نمونه‌هایی از ظروف پرسلان

- 1 - Petuntes
- 2 - Alla Porcella
- 3 - Porcellana

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



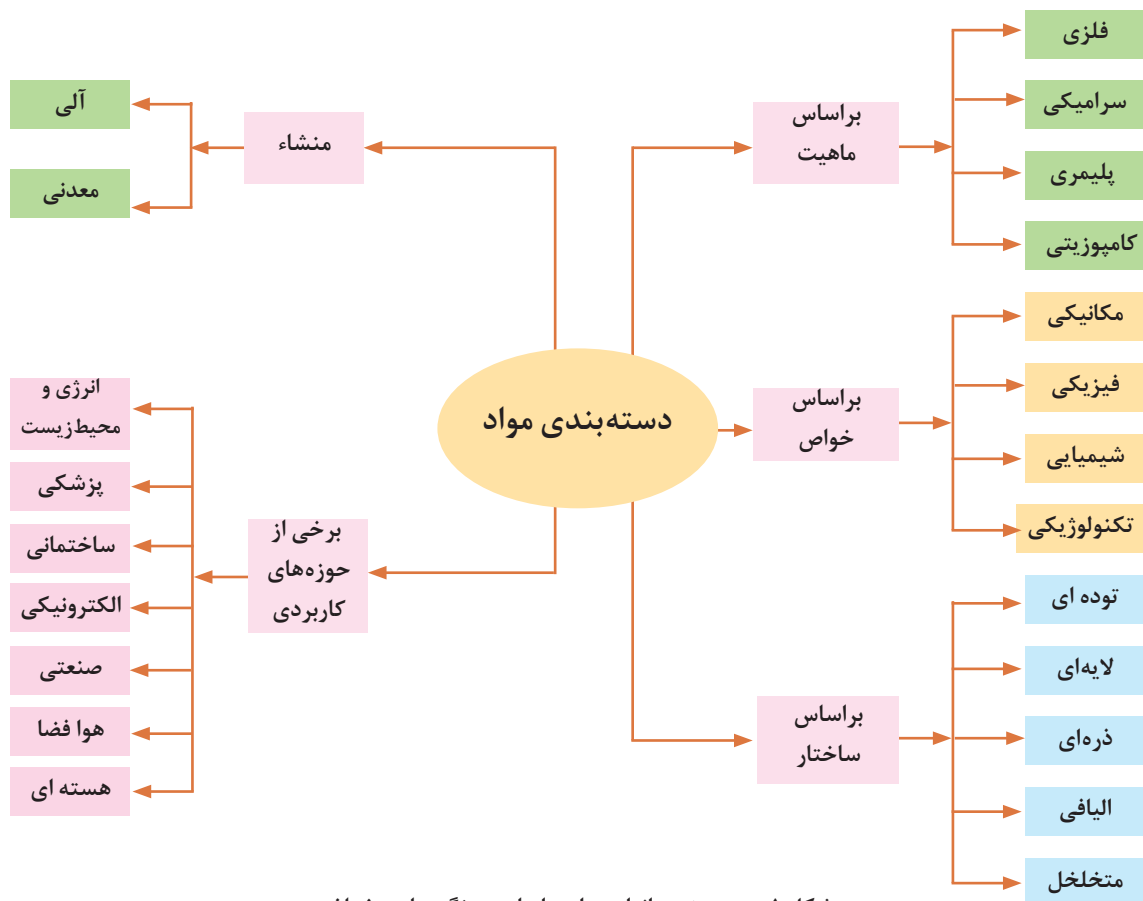
پودمان ۲

مواد و ویژگی آنها



طبقه بندی مواد

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

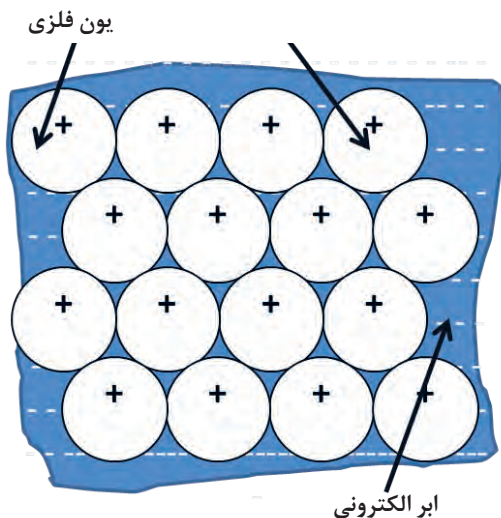


شکل ۱- دسته بندی انواع مواد بر اساس ویژگی های مختلف

طبقه بندی مواد بر اساس پیوند

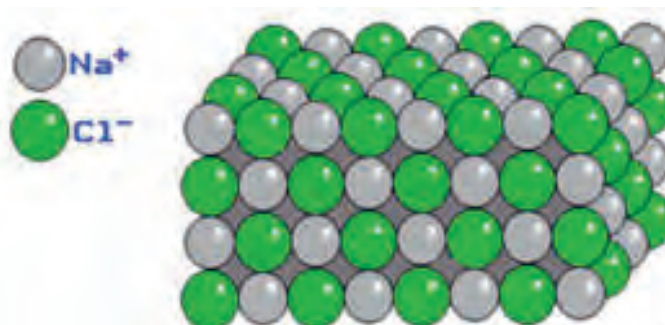
را آزاد می‌سازد. مجموع این الکترون‌ها تشکیل یک ابر الکترونی می‌دهد که به‌طور آزادانه و سریع بین یون‌های مثبت حرکت می‌کنند. نیروی جاذبه بین یون‌های فلزی و ابر الکترونی باعث ایجاد پیوند فلزی می‌شود.

خواص یک ماده بر اساس 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



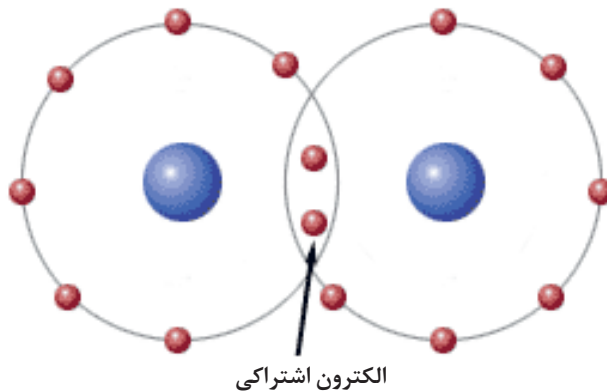
شکل ۲- تشکیل ابر الکترونی در ساختار فلزی

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 می‌کند.



شکل ۳- ساختار نمک طعام

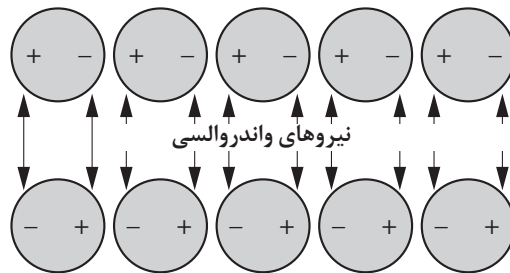
پیوند کووالانسی از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های لایه آخر دو اتم ایجاد می‌شود. این پیوند همیشه بین دو غیرفلز ایجاد می‌شود. به عنوان مثال در SiC هر یک از عناصر Si و C چهار الکترون در لایه ظرفیت خود دارند که با اشتراک این الکترون‌ها، لایه ظرفیت کامل می‌شود و ساختار پایداری SiC ایجاد می‌شود.



شکل ۴- تشکیل پیوند کووالانسی

اتم‌ها در مولکول‌ها توسط واندروالس کنار هم نگه داشته شده‌اند. مولکول‌ها در حالت مایع و جامد توسط نیروی درون مولکولی به سوی یکدیگر جذب شده که باعث به وجود 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 ۵- پیوند واندروالس

پیوندهای اتمی مختلف را از لحاظ قدرت مقایسه کنید.



کنجکاوی

دسته بندی مواد بر اساس ساختار

ساختار به معنی آرایش اتم‌های یک ماده در موقعیت‌های مشخص می‌باشد. ساختار در مقیاس میکروسکوپی به عنوان ریز ساختار بیان می‌شود. این آرایش‌ها در مقیاس‌های مختلف از کوچک‌ترین واحد در حد آنگستروم ($^{\circ}A$) تا 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 به صورت 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 به صورت تک کریستال یا چندکریستالی (پلی کریستال) باشند.

تفاوت بین مواد تک کریستال و پلی کریستال در چیست؟

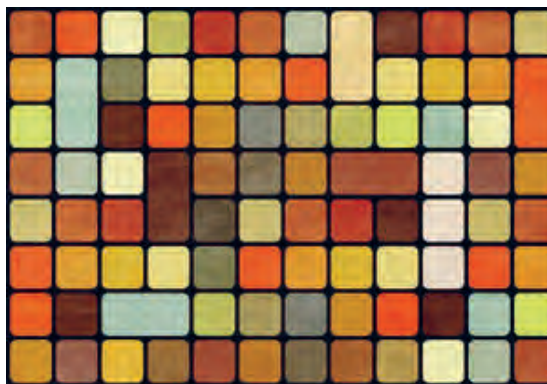


کنجکاوی

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



ب



الف

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 می‌شود که با چشم غیر مسلح قابل رؤیت نیست. با استفاده از میکروسکوپ می‌توان ریزساختار مواد را مشاهده کرد.

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 پلی کریستال و کدام یک مربوط به ماده تک کریستال است؟ **کریستال و دانه:** به هریک از مربع‌ها و مستطیل‌های شکل الف دانه یا کریستال می‌گویند.

آرایش اتمی و یونی مواد

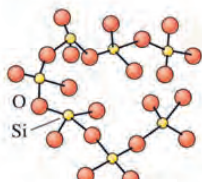
داشتن عناصر تشکیل دهنده متفاوت، دارای خواص و رفتار مشابهی هستند. پس چه راه حلی به جز ترکیب شیمیایی، موجب تفاوت در رفتار و خواص مواد می‌شود؟ برای جواب این سؤال لازم است کمی بیشتر با ساختار مواد آشنا شویم. ساختار ماده چگونگی ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. با 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 خیلی با یکدیگر متفاوت است؟ الماس به‌عنوان سخت‌ترین ماده طبیعی معرفی می‌گردد و گرافیت به دلیل نرمی بسیار، به‌عنوان ماده روانکار به کار گرفته می‌شود. تفاوت خواص گرافیت و الماس مربوط به نحوه اتصال و آرایش فضایی اتم‌های کربن در ساختار آنها می‌باشد.

ساختار منظم - ساختار بی‌نظم

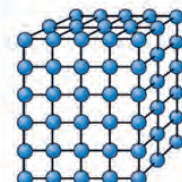
در حالت‌های مختلف مواد دو نوع آرایش را می‌توان یافت؛ کریستالی و آمورف.

تا به حال 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 تشکیل دهنده آنها است. با این تفکر، خواص مواد تنها حاصل تنوع عناصر تشکیل دهنده آنها خواهد بود و تمامی ویژگی‌های رفتاری مواد باید با شناخت عناصر تشکیل دهنده آنها روشن شده و همه اسرار مربوط به خصوصیات مواد آشکار گردد. به راستی با دانستن ترکیب شیمیایی، چه خواصی از مواد معلوم می‌شود؟

با کمی دقت 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



(ب) آمورف

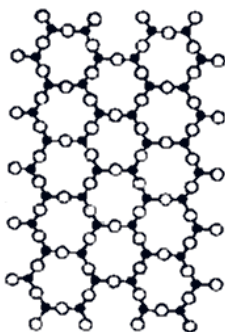


(الف) کریستالی

شکل ۶- انواع نظم اتمی

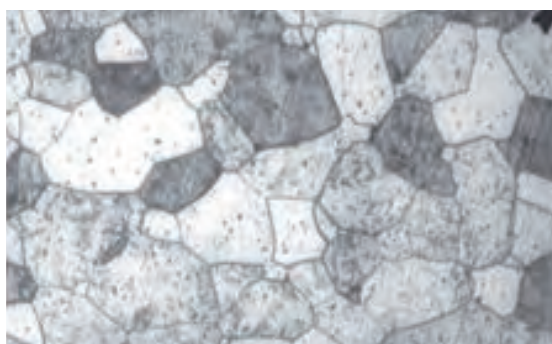
مواد با ساختار منظم - کریستال

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 ۷- 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، تک کریستال نام دارد. مواد تک کریستال در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی و نوری مناسب می‌باشند. به‌طور مثال تراشه‌های کامپیوتر از سیلیکون تک کریستال ساخته می‌شود. مواد پلی کریستال از تعداد زیادی کریستال‌های کوچک در سه بعد تشکیل شده‌اند. شکل ۸ ساختار فولاد زنگ نزن پلی کریستال را نشان می‌دهد.



(ب) ساختار فولاد زنگ نزن زیر میکروسکوپ

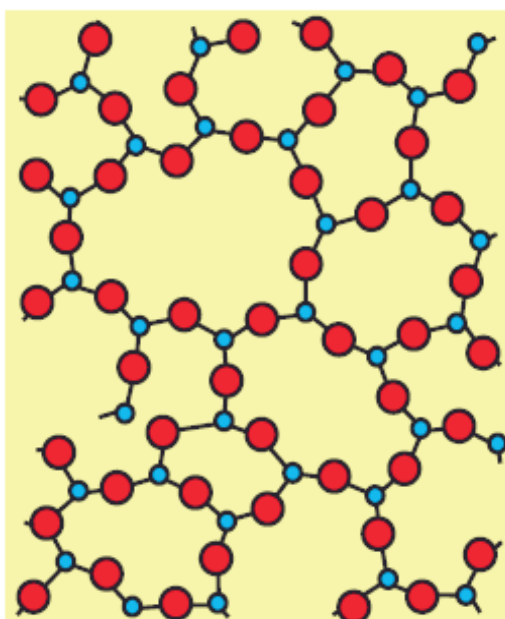


(الف) فولاد زنگ نزن

شکل ۸

مواد با ساختار نامنظم – آمورف

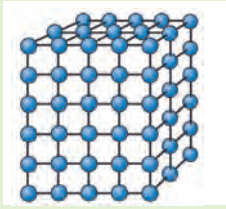
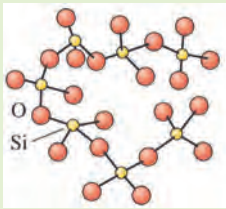
هر ماده‌ای که بی‌نظمی در بین اتم‌های خود داشته باشد، ماده آمورف نامیده می‌شود. بنابراین مواد آمورف غیر کریستالی هستند. به‌طور کلی اکثر مواد تمایل دارند یک آرایش منظم و تکراری تشکیل دهند، زیرا در این حالت آرایش پایداری دارند.



ساختار آمورف

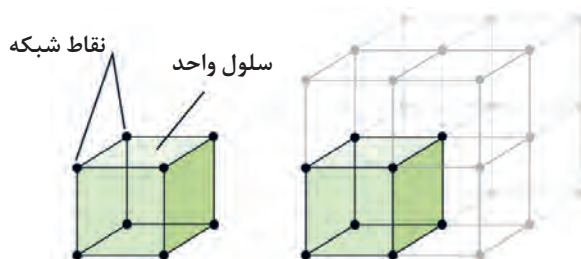
مواد را می‌توان براساس نظم ساختاری نیز دسته بندی کرد. جدول ۱ این نوع دسته بندی از مواد را نشان می‌دهد.

جدول ۱

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

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 به هم وصل شوند سیستمی به وجود می‌آید که شامل تعداد زیادی متوازی‌السطوح است، این سیستم را شبکه کریستالی می‌نامند. کوچکترین متوازی‌السطوحی که با انتقال پیوسته آن در سه جهت بتوان تمام جهت شبکه را پر کرد سلول واحد نامیده می‌شود. به عبارت دیگر از کنار هم گذاشتن سلول‌های واحد در سه جهت فضایی می‌توان حجم کریستال را ساخت.



شکل ۹- سلول واحد و شبکه کریستالی

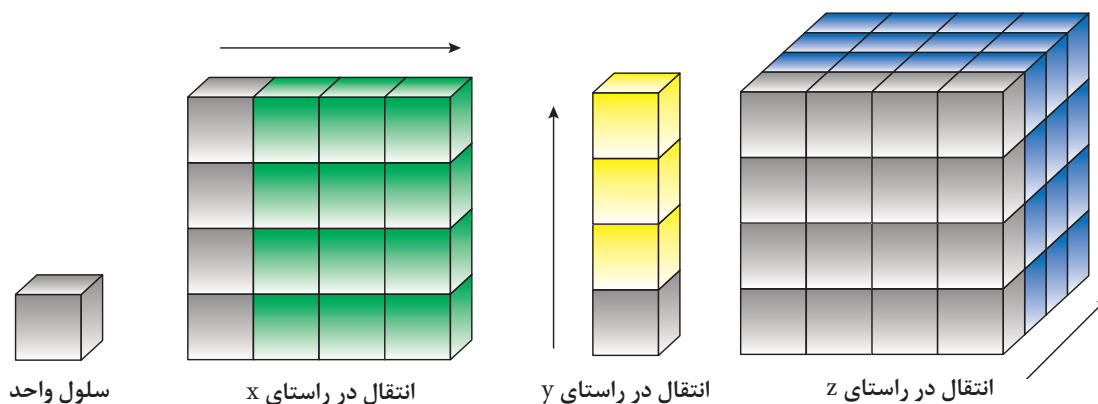
برای بررسی ساختار یک شبکه کریستالی کافی است کوچک‌ترین قسمت شبکه یعنی سلول واحد در نظر گرفته شود.

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 می‌گویند و به کل مکعب کریستال می‌گویند.



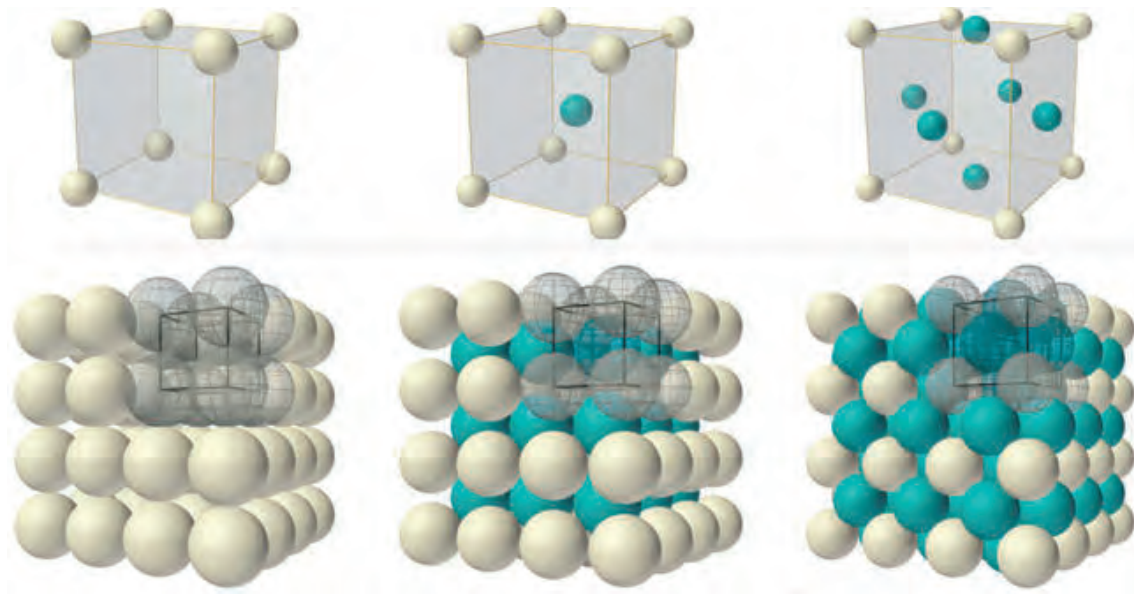
شکل ۱۰- روبیک

در شکل ۱۱ تکرار چیدمان سلول واحد در جهت محورهای X ، Y و Z نشان داده شده است.



شکل ۱۱- نحوه 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؟

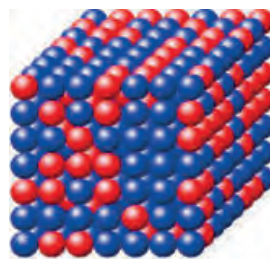


تقسیم بندی مواد از نظر ماهیت

۱- فلزات

عناصر فلزی را با یکدیگر یا با عناصر غیرفلزی آلیاژسازی می‌شوند. 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.

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 هستند. فلزات در صنعت به ندرت به صورت خالص استفاده می‌شوند و برای بهبود خواص آنها، معمولاً



شکل ۱۲- نحوه قرارگیری اتم‌ها در آلیاژ

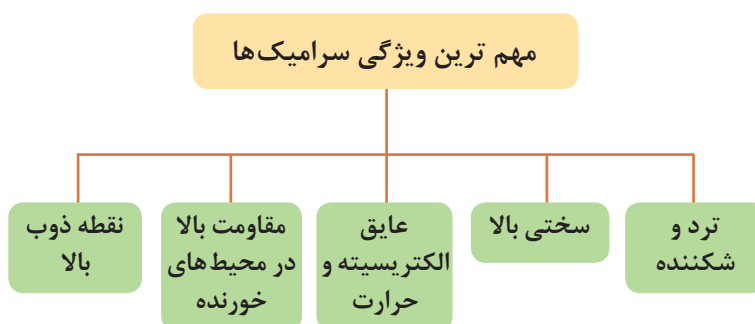
بررسی کنید آلیاژهای فولاد و برنج از چه عناصری تشکیل می‌شوند؟



کنجکاوی

۲-سرامیک‌ها

از فراوان‌ترین عناصر موجود در پوسته زمین عناصر سیلیسیم (Si) اکسیژن (O) و آلومینیوم (Al) می‌باشند. از 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 نظیر اکسیدها، نیتrideها و کاربیدها را نام برد.



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



کنجکاوی

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 ۱۳- نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف (YAG)



بررسی کنید در هر یک از کاربردهای زیر چه ویژگی از سرامیک‌ها مورد توجه قرار داشته است؟

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

۳- پلیمرها

الکتريسيته، پایداری شیمیایی و شکل پذیری بالا است. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها است. پلیمرها به راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند، زیرا در دمای بالا خاصیت جاری شدن این مواد به شدت 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.

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 پلی اتیلن (PE)، نایلون و پلی وینیل کلراید (PVC) هستند. خواص پلیمرها چگالی کم، مقاوم در برابر خوردگی، عایق

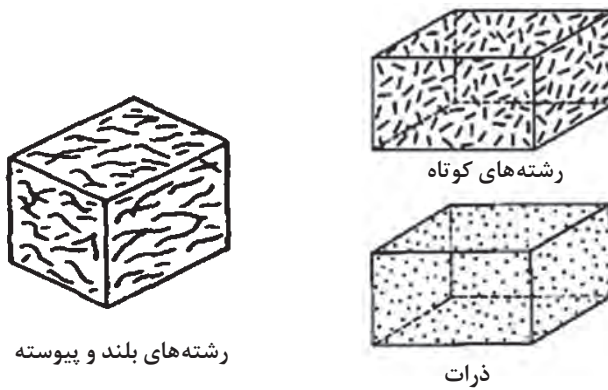


شکل ۱۴- مواد پلیمری مختلف

۴- کامپوزیت‌ها

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 نسبت استحکام به وزن بالا و مقاومت به خوردگی 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.

در کاربردهای مهندسی امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم کند، وجود ندارد. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که علاوه بر استحکام بالا، ویژگی‌های دیگری نظیر سبکی، مقاومت به خوردگی و سایش بالا داشته باشد. 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 شده است. کامپوزیت‌ها برحسب نوع زمینه به سه دسته زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری



شکل ۱۵ - کامپوزیت‌های مختلف براساس شکل جزء تقویت‌کننده

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



تحقیق کنید

خواص مواد

حتماً خاصیت ماده نیز متفاوت خواهد بود. خواص مواد شامل چهار دسته خواص شیمیایی، خواص فیزیکی، خواص ساختاری و خواص تکنولوژیکی می‌شود:

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

خواص شیمیایی مواد

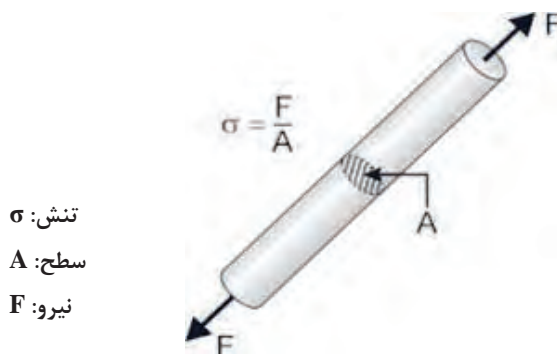
همان‌طور که می‌دانید مواد از اتم‌ها تشکیل می‌شوند. برای اینکه تخمینی از تعداد اتم‌های موجود در یک جسم به‌دست آورید سربیک سوزن را در نظر بگیرید؛ تقریباً در سر سوزن در حدود $10^9 \times 35$ اتم وجود دارد. برای تشکیل یک ماده لازم است که اتم‌ها در کنار یکدیگر قرار گیرند که این امر توسط پیوندهای اتمی انجام می‌پذیرد. همان‌طور که گفته شد نوع عناصر و نوع پیوند موجود در اجزای تشکیل‌دهنده مواد باعث ایجاد خواص شیمیایی مواد می‌شود. سرامیک‌ها دارای پیوندهای یونی و کووالانسی 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 تمامی اسیدها با غلظت ۱۰۰ درصد (به جز اسید فلئوئوریدریک) پایداری دارند. همچنین در کوره‌های دما بالا تا ۳۰۰۰ درجه سلسیوس نظیر کوره‌های ذوب فلزات کاربرد دارند.

خواص مکانیکی

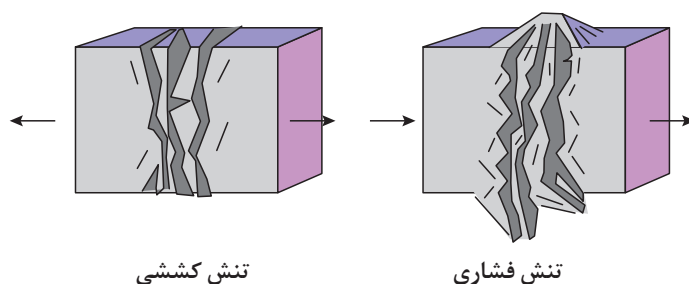
قطعات معمولاً طوری طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای مختلفی را تحمل کنند. اعمال نیرو و میزان آن تا جایی ادامه می‌یابد که قطعه یا جزء مورد نظر دچار تغییر شکل دائم و یا شکست نشود. رابطه میان نیرو و تغییر شکل با بررسی خواص مکانیکی مواد سنجیده می‌شود.

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.



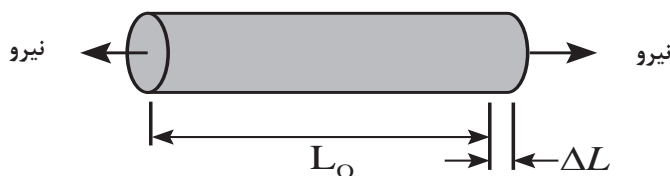
شکل ۱۶- مفهوم تنش

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.



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 ۱۸- مفهوم کرنش

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



کنجکاوی

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 نمی‌شود. مقاومت کششی سرامیک‌ها در دماهای پایین مناسب نمی‌باشد اما مقاومت کششی مناسبی در دماهای بالا دارند.

جدول ۲- استحکام مواد گوناگون

استحکام فشاری (مگاپاسکال) (MPa)	استحکام کششی (مگاپاسگال) (MPa)	ماده
۱۰-۲۰	۲-۵	چوب
۱۰-۱۵	۶۰-۱۰۰	پلیمر
۳۰-۱۰۰	۱۰۰-۶۰۰	آلومینیوم و آلیاژهای آن
۱۰۰۰	۴۰-۱۵۰	شیشه
۴۰۰-۸۰۰	۱۰۰-۲۰۰	پرسلان
۱۷۲۵-۲۵۰۰	۳۱۰	سیلیسیم کاربید

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



سختی

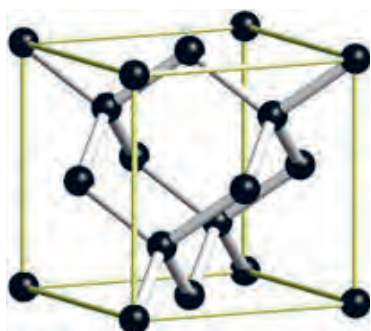
به طوری که هر چقدر سختی بیشتر شود، استحکام نیز افزایش خواهد یافت. از طرفی می‌توان انتظار داشت که ماده سخت به راحتی در مواد دیگری که دارای سختی کمتر از آن هستند، ایجاد خراش کند.

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.



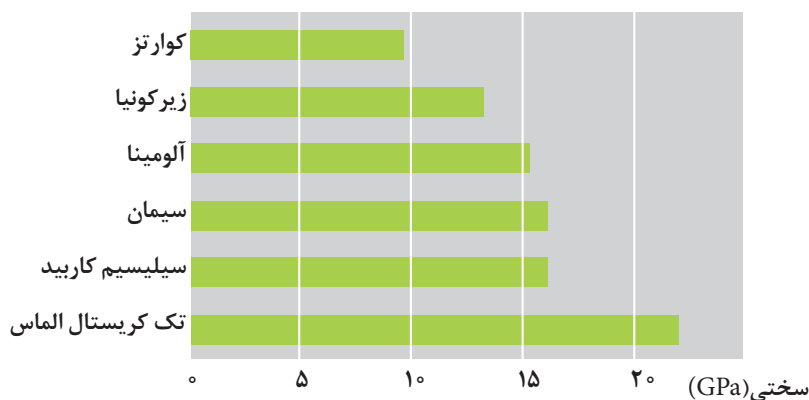
شکل ۱۹- روش‌های دستی و دستگاهی تعیین سختی

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



شکل ۲۰- تصویر الماس و ساختار کریستالی آن

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



شکل ۲۱- مقایسه سختی سرامیک‌های مختلف

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



کنجکاوی

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



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

چند مادهٔ سرامیکی با چقرمگی بالا نام ببرید.



کنجکاوی

خواص فیزیکی

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

- ۱- نقطهٔ ذوب
- ۲- ضریب انبساط حرارتی
- ۳- جرم مخصوص
- ۴- قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

نقطه ذوب

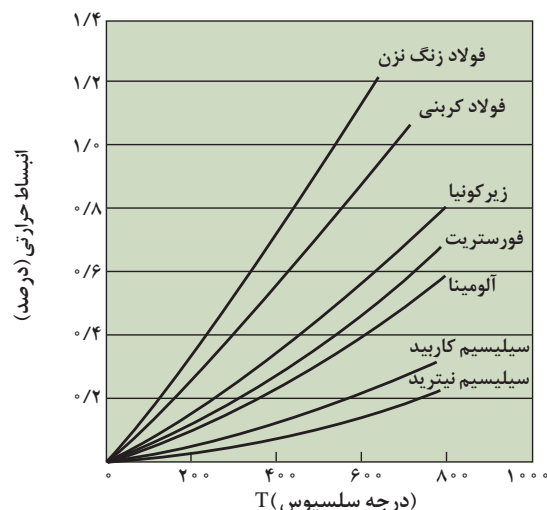
نقطهٔ ذوب، درجه حرارتی است که مادهٔ جامد در آن درجه حرارت به حالت مایع تبدیل می‌شود. برای مثال این درجه حرارت برای یخ، صفر درجه سلسیوس است. مواد و عناصر خالص دمای ذوب ثابتی دارند. هرچه استحکام و قدرت پیوند اتمی در ماده بیشتر باشد، نقطه ذوب افزایش می‌یابد. در جدول ۳ نقطه ذوب مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۳ - نقطه ذوب مواد مختلف

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

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



شکل ۲۳- اثر افزایش دما بر ضریب انبساط حرارتی

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



کنجکاوی

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. در جدول ۴ جرم مخصوص مواد مختلف بیان شده است.

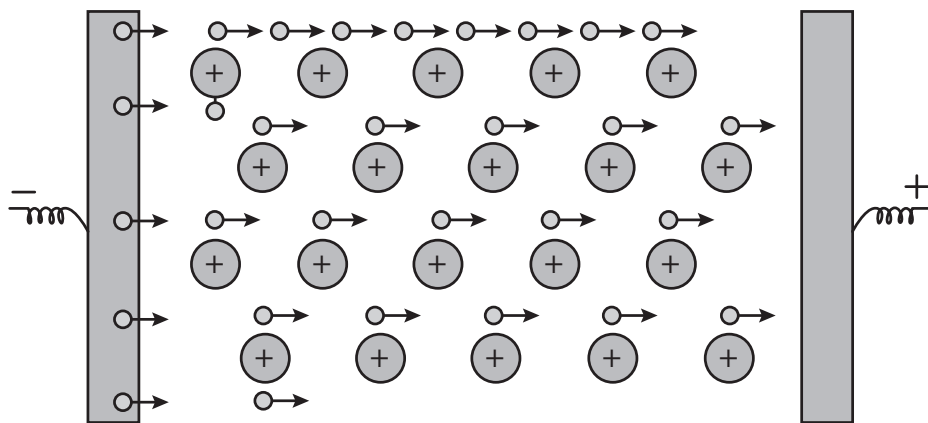
جدول ۴- جرم مخصوص مواد مختلف

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

قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

مقاومت کمتری ایجاد می‌کنند. اثر مقاومت اتم‌ها در برابر حرکت الکترون‌ها و جریان الکتریکی به صورت گرما در ماده نشان داده می‌شود (یعنی هر چقدر مقاومت در برابر عبور جریان بیشتر باشد، ماده گرم‌تر خواهد شد). با توجه به همین ویژگی در گرم‌کن‌های برقی با استفاده از چند مفتول فلزی گرمای زیادی تولید می‌شود.

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 رسانی می‌گویند. در حقیقت هرچقدر ماده‌ای رساناتر باشد، اتم‌های آن ماده در برابر عبور جریان الکتریکی



شکل ۲۴- هدایت الکتریکی

قابلیت هدایت حرارتی عبارت است از توانایی یک جسم در انتقال حرارت از نقطه‌ای به نقطه 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.

هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی، رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر دارند. در بیشتر موارد هر چقدر ضریب هدایت الکتریکی بیشتر باشد، ضریب هدایت حرارتی 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.

جدول ۵ - هدایت الکتریکی و مقاومت الکتریکی مواد مختلف

مواد	مقاومت الکتریکی (Ω)	هدایت الکتریکی ($\Omega \times m$)
نقره	$1/59 \times 10^{-2}$	$6/30 \times 10^2$
مس	$1/68 \times 10^{-2}$	$5/96 \times 10^2$
طلا	$2/44 \times 10^{-2}$	$4/10 \times 10^2$
آلومینیوم	$2/82 \times 10^{-2}$	$3/5 \times 10^2$
کلسیم	$3/36 \times 10^{-2}$	$2/98 \times 10^2$
تنگستن	$5/60 \times 10^{-2}$	$1/79 \times 10^2$
روی	$5/90 \times 10^{-2}$	$1/69 \times 10^2$
نیکل	$6/99 \times 10^{-2}$	$1/43 \times 10^2$
لیتیم	$9/28 \times 10^{-2}$	$1/08 \times 10^2$
آهن	$1/0 \times 10^{-2}$	$1/00 \times 10^2$
پلاتین	$1/06 \times 10^{-2}$	$9/43 \times 10^2$
قلع	$1/09 \times 10^{-2}$	$9/17 \times 10^2$
فولاد زنگ‌نزن	$6/09 \times 10^{-2}$	$1/45 \times 10^2$
جیوه	$9/8 \times 10^{-2}$	$1/02 \times 10^2$
آب دریا	2×10^{-1}	۸/۴
آب آشامیدنی	2×10^3	5×10^{-2}
سیلیکون	$6/400 \times 10^3$	$1/56 \times 10^{-2}$



کنجکاوی

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

خواص تکنولوژیکی مواد

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

قابلیت چکش خواری

توانمندی تغییر شکل مواد به کمک نیروی فشاری و ضربه را قابلیت چکش خواری می‌نامند. به عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می‌توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد. سرامیک‌ها برخلاف فلزات دارای قابلیت چکش خواری نمی‌باشند.



چرا سرامیک‌ها قابلیت چکش خواری ندارند؟



کنجکاوی

قابلیت ریخته‌گری

این مفهوم رابطه نزدیکی با شکل‌پذیری دارد. برخی از مواد را می‌توان به خوبی توسط فرایند ریخته‌گری تولید کرد. این مواد به دلیل خاصیت سیالیت در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به خوبی پر می‌کنند. به عنوان مثال می‌توان به چدن و آلومینیوم اشاره کرد که دارای قابلیت ریخته‌گری مناسبی هستند.



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



کنجکاوی

قابلیت جوشکاری

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

قابلیت براده برداری

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



استحکام سرامیک‌ها

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

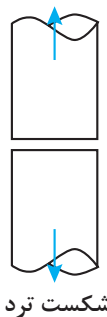


وقتی نیروی وارد شده بر قند بیشتر از استحکام آن باشد، شکسته می‌شود. اما در این نوع شکلات ابتدا تغییر شکل در آن ایجاد می‌شود و سپس از هم جدا می‌گردد. اغلب سرامیک‌ها همانند قند شکسته می‌شوند. در مقابل نیروهای وارد شده استحکام دارند، اما به محض آنکه تنش وارد شده بیشتر از استحکام آنها باشد، دچار شکست می‌شوند.

انواع شکست در مواد

۱- شکست ترد

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



شکست ترد

۲- شکست نرم

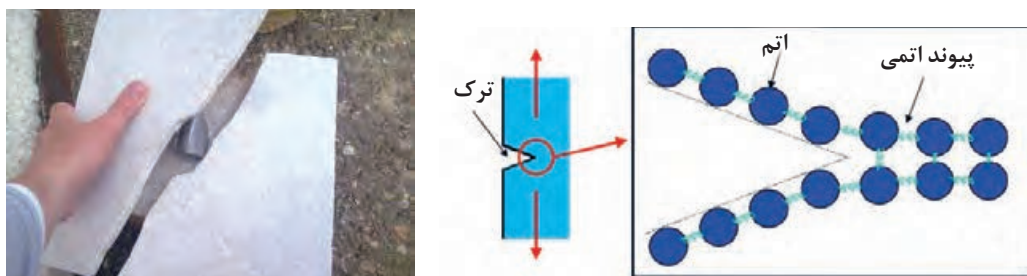
بعد از ایجاد تغییر شکل پلاستیک در نمونه شکست رخ می‌دهد. این نوع شکست بیشتر در فلزات اتفاق می‌افتد.



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 ایجاد ترک و وارد شدن نیرو شکسته می‌شود.



شکل ۲۵- 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 - 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 وارد آمدن تنش کمتری دچار شکست می‌شوند.

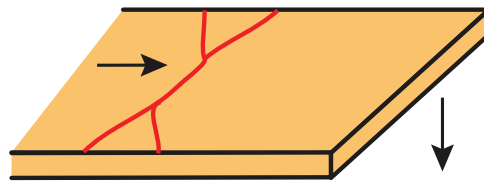
جدول ۶- استحکام خمشی سرامیک‌های مختلف

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

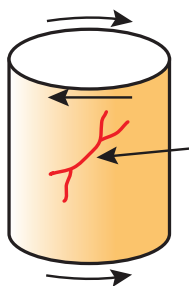
در شکل ۲۶ انواع مدل های ترک برداشتن در اثر تنش های مختلف وارد شده بر قطعات سرامیکی نشان داده شده است.



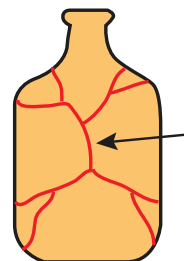
(ب) تنش فشاری



(الف) تنش خمشی



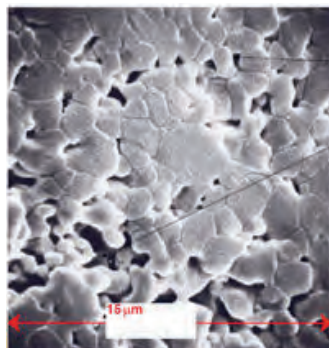
(د) تنش پیچشی



(ج) تنش های داخلی

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

در هنگام شکل دهی سرامیک ها به دلایل مختلفی، تخلخل (فضای خالی) در ساختار ایجاد می شود، در شکل ۲۷ تخلخل های درون ساختار قطعه سرامیکی از جنس آلومینا نشان داده شده است.



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

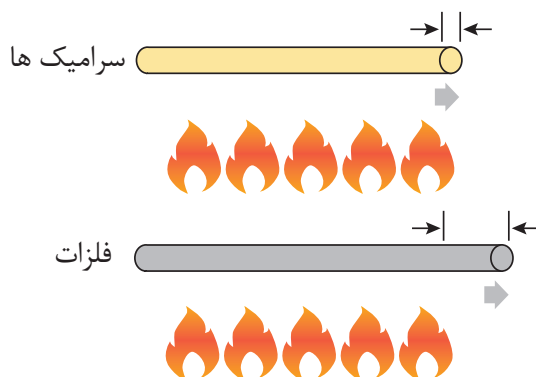
به نظر شما چرا با افزایش درصد تخلخل ها استحکام قطعه کاهش می یابد؟



کنجکاوی

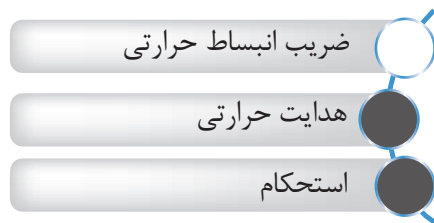
مقاومت ماده در برابر تغییرات دمایی

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.

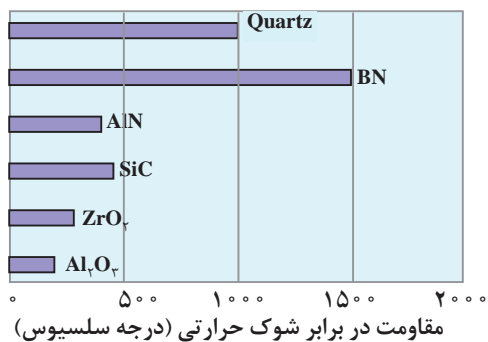


شکل ۲۸

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



۱- ضریب انبساط حرارتی: هرچه ضریب انبساط حرارتی ماده موردنظر کمتر باشد، انبساط و انقباض قطعه کمتر می‌شود و در مقابل شوک حرارتی پایداری خواهد بود. در تصویر افزایش طول فلزات و سرامیک‌ها بر اثر افزایش حرارت نشان داده شده است. میزان افزایش طول سرامیک‌ها به دلیل کم بودن ضریب انبساط حرارتی کمتر از فلزات است.



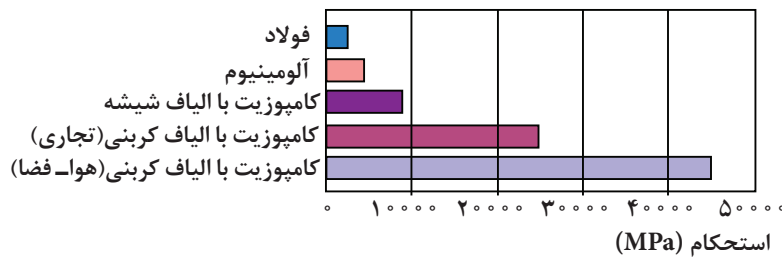
شکل ۲۹- مقایسه مقاومت در برابر شوک حرارتی سرامیک‌ها

- ۲- هدایت حرارتی هر چه قابلیت ماده در انتقال حرارت بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدار تر خواهد بود.
- ۳- استحکام هر چه استحکام و قدرت پیوند های ماده بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدار تر 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:

- ۱- کامپوزیت‌سازی: کامپوزیت‌های با زمینه فلزی با پلیمری که در آنها الیاف سرامیکی به کار می‌رود، در برابر تنش‌های کششی مقاومت مناسبی دارند. این کامپوزیت‌ها می‌توانند مقاومت بیشتری نسبت به فلزات داشته باشند. (شکل ۳۰)

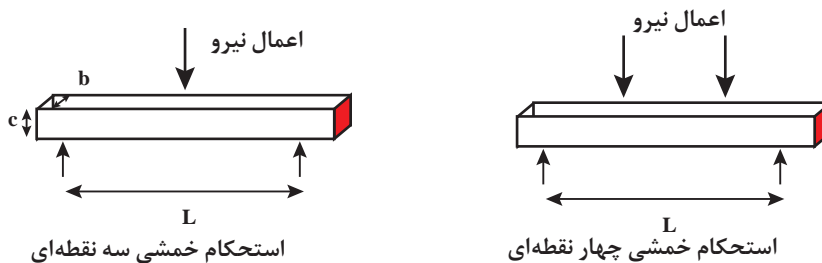


شکل ۳۰- مقایسه استحکام کامپوزیت‌های مختلف

- ۲- برای قطعاتی که از سطح ترک برمی‌دارند و رشد ترک در آنها زیاد است، پوشش‌دهی سطحی بر روی آنها انجام می‌شود. به‌عنوان مثال لعاب کاری باعث افزایش مقاومت به ضربه سرامیک‌ها می‌شود.

مدول شکست^۱ (MOR)

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

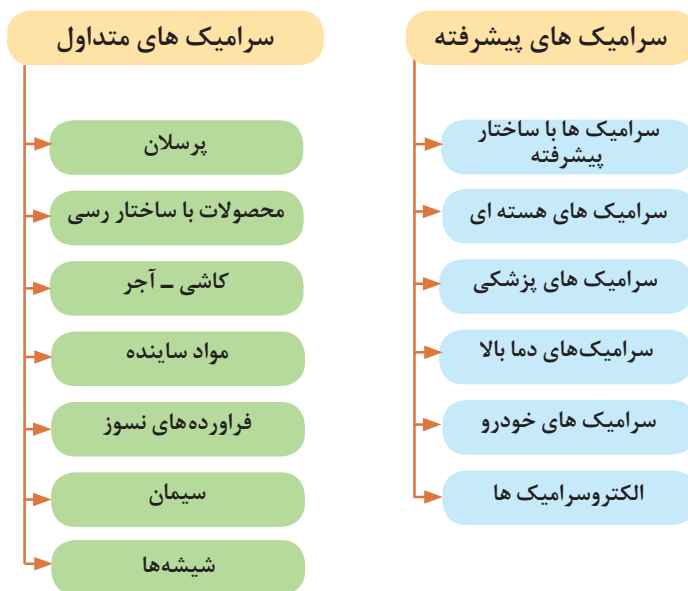


شکل ۳۱- انواع آزمایش استحکام خمشی

انواع مواد سرامیکی

ویژه‌ای هستند. سرامیک‌های اکسیدی بسیار خالص مانند آلومینا و زیرکونیا، سوخت‌های هسته‌ای، کاربردها و نیتريدها در دسته سرامیک‌های مهندسی قرار می‌گیرند. در شکل ۳۲ کاربردهای مختلف سرامیک‌های سنتی و پیشرفته نشان داده شده است.

مواد سرامیکی در کاربردهای صنعتی به دو گروه تقسیم می‌شوند: متداول و پیشرفته. مواد سرامیکی متداول عمدتاً سرامیک‌های سیلیکاتی هستند که شامل آجرها، کاشی‌ها، چینی‌ها و شیشه‌ها می‌شوند. سرامیک‌های پیشرفته دارای خواص حرارتی، مکانیکی و شیمیایی



شکل ۳۲- دسته بندی سرامیک‌ها

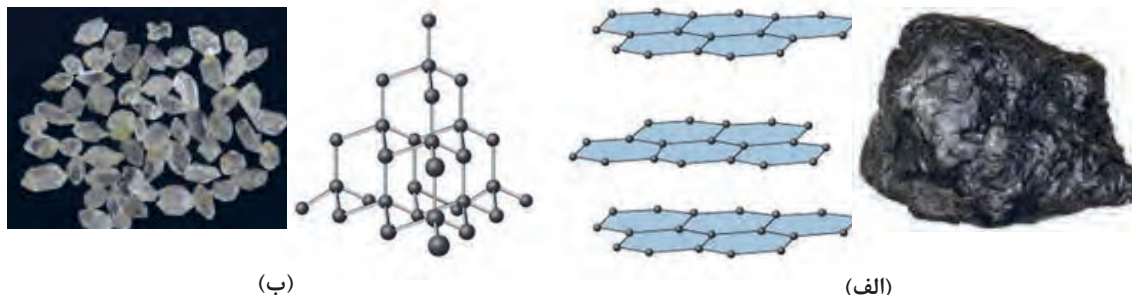
کاربردهای سرامیکی بیان شده در نمودار بالا از ترکیب شدن مواد سرامیکی که در زیر بیان شده است، ایجاد می‌شود.

۱- مواد سرامیکی تک‌عنصری

زیادی دارد. کربن براساس ساختار کریستالی اهمیت صنعتی فراوانی دارند. 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.

مواد سرامیکی تک‌عنصری شامل اتم‌های چهار ظرفیتی نظیر Si، C و Ge هستند. عنصر بور (B) نیز از مواد سرامیکی تک‌عنصری 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-فضا کاربرد زیادی دارد. Si و Ge به‌عنوان مواد اصلی نیمه‌هادی‌ها به‌کار می‌روند.

کربن به‌دلیل دارا بودن خصوصیتی نظیر استحکام زیاد، وزن کم و مقاومت در برابر خوردگی و حرارت کاربرد



شکل ۳۳- الف) ساختار گرافیت ب) ساختار الماس

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

جدول ۷- مقایسه خواص مختلف الماس و گرافیت

خواص	الماس	گرافیت
نقطه ذوب (درجه سلسیوس)	۴۱۰۰	۳۷۵۰
چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)	۲/۲۶	۱/۴-۲
پایداری در مقابل واکنش های شیمیایی	دارد	دارد
هدایت الکتریکی	ندارد	در بین لایه ها هدایت الکتریکی دارد

چرا گرافیت تنها در بین لایه ها، هدایت الکتریکی دارد؟



کنجکاوی

۲- مواد سرامیکی غیراکسیدی

مواد سرامیکی غیراکسیدی یکی از گروه های مهم مواد سرامیکی است. این مواد از بیش از یک نوع اتم تشکیل شده اند. ترکیبات این گروه از مواد سرامیکی را بیشتر عناصر C ، Si ، Ge و Mg همچنین B ، N ، H تشکیل می دهند، به عنوان مثال ترکیبات نیتریدی و کاربیدی که به عنوان مواد مقاوم در حرارت های بالا در ماشین های

حرارتی کاربرد دارند. این گروه از مواد سرامیکی پایداری خوبی در برابر حرارت دارند مانند ترکیب Si_3N_4 که می تواند درجه حرارتی تا 1400 درجه سلسیوس را تحمل کند. این ترکیب از واکنش پودر سیلیسیم تحت جریان گاز نیتروژن و در دما و فشار زیاد ایجاد می شود، برای مثال پره توربین با این روش تولید شده است.



شکل ۳۴- پره توربین Si_3N_4

در ساخت موتورهای با پیستون چرخشی به عنوان سرسوپاپ به کار می‌رود. اما سطح خارجی سرامیک‌های غیراکسیدی در درجه حرارت‌های بسیار بالا در معرض خطر اکسید شدن قرار می‌گیرد در صورتی که این خطر در سرامیک‌های اکسیدی دیده نمی‌شود.

کاربرد دیگر سرامیک‌های غیر اکسیدی مربوط به سختی بالای آنها است. قطعاتی که در معرض اصطکاک و نیروی سایشی قرار دارند، با لایه‌ای از این مواد پوشش داده می‌شود و یا به طور کامل از این دسته از سرامیک‌ها ساخته می‌شود. به طور مثال، Si_3N_4 سیلیسیم نیتريد



شکل ۳۵- سرسوپاپ Si_3N_4

۳- مواد سرامیکی اکسیدی

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:

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

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 حد امکان از اکسیدهای خالص باشد. سرامیک‌های اکسیدی که کاربرد دیرگداز دارند، باید



شکل ۲۶- آجرهای دیرگداز سیلیسیمی

از جمله مواد سرامیکی اکسیدی، پوسلانها هستند. مواد خام پوسلانها شامل مواد معدنی از قبیل کائولن، فلدسپات و کوارتز می شود.

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

جدول ۸- برخی از خواص سرامیکهای پیشرفته

دمای ذوب (درجه سلسیوس)	چگالی (g/cm ³)	استحکام (MPa)	مدول الاستیسیته (GPa)	چقرمگی (MPa.m ^{1/2})	سختی (kg/mm ²)	مواد
۵۰۰	۲/۲	۴۸	۷/۲	۰/۵	۶۵۰	SiO _۲
۲۰۵۰	۳/۹۶	۲۵۰-۳۰۰	۳۶-۴۰	۴/۵	۱۳۰۰	Al _۲ O _۳
۲۷۰۰	۵/۶	۱۱۳-۱۳۰	۱۷-۲۵	۶/۹	۱۲۰۰	ZrO _۲
۳۰۰۰	۳/۲	۳۱۰	۴۰-۴۴	۳/۴	۲۵۰۰	SiC
۱۹۰۰	۳/۲۴	۴۱۰	۳۰-۷۰	۵	۱۳۰۰	Si _۳ N _۴

۴- سرامیکهای پیشرفته

سرامیکهای مغناطیسی در کامپیوترهای بزرگ دیجیتالی برای ذخیره سازی دادهها کاربرد دارند. این مواد به دلیل دارا بودن ویژگی مقاومت به خوردگی در دماهای بالا به عنوان کاتالیزورهای واکنشهای شیمیایی و در نقش سنسور برای ردیابی گازهای خطرناک به کار می روند. همچنین به دلیل سازگاری با بدن انسان به عنوان تجهیزات و اجزایی از بدن انسان کاربرد دارند. سرامیکهای پیشرفته همچنین در سیستمهای قطع و وصل الکترونیکی در وسایل مخابراتی اهمیت خاصی دارند.

سرامیکهای پیشرفته شامل کاربیدها، برایدها، نیتريدها و اکسیدها هستند. این سرامیکها اغلب به دلیل مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی بالایی که در دمای بالا دارند، در ساخت قطعات موتورهای جت و توربینها به کار می روند.

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 به عنوان



شکل ۳۷- 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 460 Mpa و چقرمگی شکست آن به حدود $5 \text{ MPa.m}^{\frac{1}{2}}$ برسد. اغلب به‌عنوان لایه پوششی برای فلزات و کامپوزیت‌های کربن-کربن به کار می‌رود. همچنین به صورت ذرات و الیاف تقویت‌کننده در کامپوزیت‌های زمینه فلزی و سرامیکی و به دلیل مقاومت خزشی و حرارتی بالا برای دهانه راکتورها و لوله‌های مبدل‌های حرارتی به کار می‌رود.



شکل ۳۸- سرسیلندر از جنس SiC

بور کاربید (B₄C):

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



شکل ۳۹- زره کاربید بور

سیلیسیم نیتريد (Si₃N₄):

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



شکل ۴۰- بلبرینگ از جنس Si₃N₄

آلومینیوم نیتريد (AlN):

عایق الکتریکی خوبی بوده و هدایت حرارتی بالایی دارد.

زیرکونیا (ZrO₂):

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



شکل ۴۱- گلوله‌های آسیاب زیرکونیایی

تا از کاهش دمای موتور جلوگیری شده و بازده موتور افزایش یابد و از طرفی 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.

تیتانیوم براید TiB_2 :

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

آلومینا Al_2O_3 :



شکل ۴۲- کاربردهای مختلف آلومینا

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 شم‌های 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 به کار می‌رود.

اورانیوم اکسید UO_2 :

به‌عنوان سوخت راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود.

شکل دادن سرامیک‌ها

روش‌های متداول برای شکل دادن سرامیک‌ها عبارت‌اند از: ریخته‌گری دوغابی، شکل دادن 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 خشک کردن 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.

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