بسم الله الرحمن الرحیم

دانش فنی پایه

رشتهٔ سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

۱۳۹۶

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 وتألیف: هادی برزگربفرویی، ندیٰ دیده‌ور، الهام صمدبین، ناصر ضیاییان‌مفید، مهدی اسماعیلی (اعضای شورای مؤلفین)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ ایمان اوجیان (طراح یونیفورم)ـ سیدعلی موسوی (نگاشتارگر [طراح گرافیک] و طراح جلد) ـ جهانگیر سرزارع (صفحه‌آرا)- مریم دهقان‌زاده (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت‌چاپ‌ونشرکتاب‌های‌درسی ایران: تهران-کیلومتر۱۷جادهٔ مخصوص کرج-خیابان ۶۱ (دارو پخش) **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 دوم ۱۳۹۶

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 ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۰- ۲۵۷۶ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 2576–0**

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 (قدِّسَ سِرّه الشّریف)

فهرست

فصل اول : کلیات ۹

فصل دوم : مواد و ویژگی های آن ۲۱

فصل سوم : فناوری و سرامیک ۵۳

فصل چهارم : محاسبات در سرامیک ۷۰

فصل پنجم : مقاومت مواد ۸۴

فصل ششم : سرامیک و محیط زیست ۹۹

فهرست منابع ۱۱۴

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 خدمات 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 دانش‌فنی‌پایه، 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

فصل ۱

کلیات

تعریف مختصر از رشته

رشته سرامیک یکی از وسیع‌ترین و مهم‌ترین شاخه‌های علم مهندسی مواد می‌باشد. سرامیک به‌طور کلی علم ساختن و به کاربردن 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، موادساینده، لعاب‌های چینی، سیمان، شیشه، مواد مغناطیس غیرفلزی، فروالکتریک‌ها و بیوسرامیک‌ها و محصولات دیگر نیز می‌شود.

اغلب فرآورده‌های 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 به فراورده‌های سرامیکی دارد.

در حال حاضر کشور ما کارخانه‌های عمده‌کاشی‌سازی، 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 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 را 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 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 زمینهٔ 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 پوستهٔ سخت حشرات 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 تقریباً دو برابر نسبت به بهترین نوع سرامیک‌های موجود استواری و استحکام دارند.

1-Kevlar

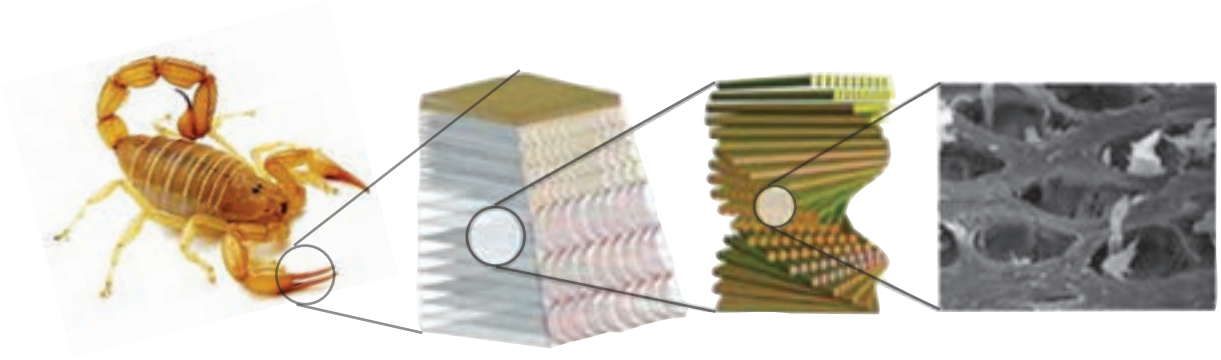
دانشمندان دربارهٔ مواد طبیعی دیگری نیز کارکرده‌اند؛ دندان‌های موش که می‌تواند قوطی‌های فلزی را سوراخ کند و شاخ کرگدن با ویژگی بازسازی و چسب‌های بسیار نیرومند که نرم‌تنان می‌سازند همگی نمونه‌هایی از مواد طبیعی سرامیکی به‌شمار می‌روند.

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 نابود کردن 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 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 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 ۲).



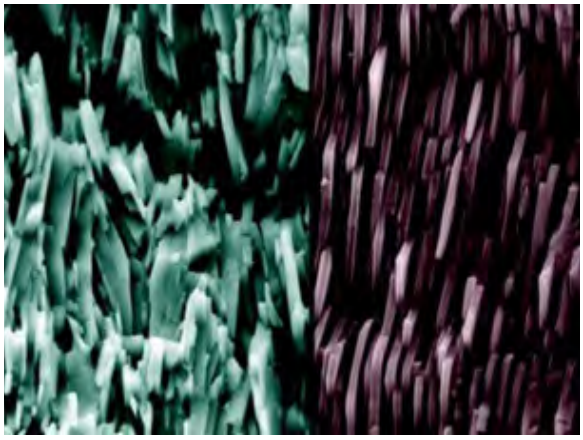
شکل ۱- ساختار کامپوزیتی چنگال عقرب

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. 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 سانتی‌گراد 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. کربنات کلسیم 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 کربنات کلسیم 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 ۳). 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 ۲- ساختار پوسته صدف زیر میکروسکوپ

تاریخچه مواد و علم مواد

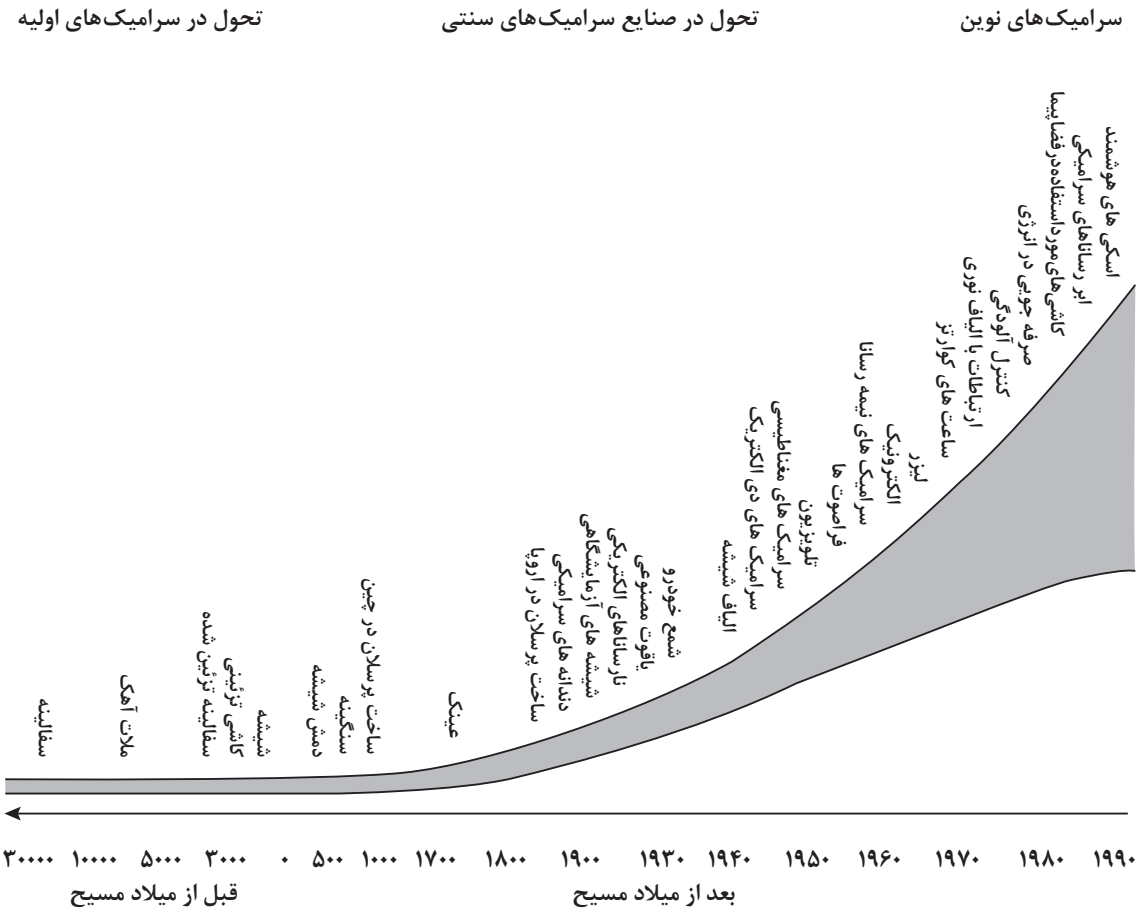
مواد در پیشرفت جوامع بشری نقش بسیار مهمی داشته است. به‌طوری که مورخین، هر دوره تاریخی را با نام یکی از موادی که در آن دوره نقش مهمی داشته است، نام‌گذاری کرده‌اند. عصر سنگ و عصر برنز از جمله این نام‌گذاری‌ها است. این موضوع نشان‌دهنده نقش مواد و اهمیت آنها در زندگی بشر و تأثیر آن بر فعالیت و رفتارهای او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

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. به کارگیری مواد مغناطیسی و الکتریکی انقلاب دیگری را در تمدن ایجاد کرد و سبب ظهور فناوری رادیو و رایانه‌ها شد. به‌طور خلاصه از دوره باستانی مواد جدید دائماً درحال ایجاد تمدن هستند که منجر به توسعه جامعه بشری شده است.

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.



شکل ۳- سیر تحول تاریخی سرامیک ها

سرامیک‌های اولیه

تولد سفال:

تصور کنید که زندگی در عصر حجر چگونه بوده است؟ در آن زمان فروشگاه، خانـه، شهر و حتی خط نوشتاری وجود نداشت. غـار پناهگـاه انسان بـوده و برای شکار از مکانی به مکان دیگر کوچ می‌کرد. آنها هیچ درکی از فلز یا پلاستیک نداشتند. تنها مـوادی 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 مطـالعه نحوه زنـدگی انسان اولیـه غارنشین در دست دارند، قطعات سنگی و دیگر اجسامی که در کف غارهای قدیمی دفن شده است،هستند.

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 ۴- نمونه‌هایی از نقاشی بر روی دیوار غار

نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی‌در شکل ۵ آمده است.

شکل ۵- نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی

به اعتقـاد باستان‌شناسان، ایـران یکی از زادگاه‌هـای اصلی سفالگری بوده است. نمونه‌های بـه دست آمـده در حفاری‌های بختیاری مربـوط به ده هزار سال قبـل نشان‌دهندۀ قـدمت سفالگری در ایـران است. اشیـای مذکور تماماً 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 نوشته های صاحب‌نظران این پیشینه را تأیید می‌کند. امروزه

سفال، سرامیک و کاشی یکی از مصالح ضروری ساختمان نیز 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 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 که سفال‌سازی به‌عنوان صنعت یا حرفه در ۴۷۰۰ سال قبل از میلاد 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 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. (شکل۷)

شکل ۶- نمونه‌هایی از سفال‌های باستانی ایرانی

هنر کاشی‌کاری در شوش و نـواحی غربی و مرکزی ایران تجلی داشته و در تزئینـات دیوارهای «کاخ هگمتانه» کاشی‌های رنگی متعـددی به‌کار رفته است. همچنین طی حفاری‌های انجام شده در «زیگورات/چغازنبیل» نمونه‌های متعددی از انـواع کاشی و آجرهای لعاب‌دار به‌همراه تعدادی سفال‌هـای کوچک به دست 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

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 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 جزیی 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 ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح 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 برروی 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 ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح ابداع شد. احتمالاً اولین چرخ سفالگری یک حصیر بوده که سفالگر می‌توانست بر روی آن یک سنگ صاف برای قرارگیری گل رس درنظر 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.

شکل ۸- انواع چرخ‌های سفالگری

انواع جدید سفال

سفالگران یاد گرفتند که با پختن سفال‌ها در دماهای بالاتر می‌توانند ظرف‌های سرامیکی مستحکم‌تر 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 ۱۲۰۰درجه 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 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 مارکوپولو در سال ۱۲۹۲ از سفر تاریخی خود به شرق بازگشت، این 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 صنایع 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 سه الی چهار هزار سال قبل از میلاد مسیح مصر ساخته می‌شدند. یکی از مهم‌ترین اختراعات که از نوع سرامیک می‌باشد شیشه است. سیر تکاملی تولید سرامیک‌ها همچنان ادامه دارد که به‌تولید سرامیک‌های پیشرفته گفته می‌شود.

بدین ترتیب پرسلان نیز مانند سفال، آجر و کاشی به مجموعه سرامیک‌های متداول تولید شده به صورت انبوه درآمد.

شکل ۹- نمونه‌هایی از ظروف پرسلان

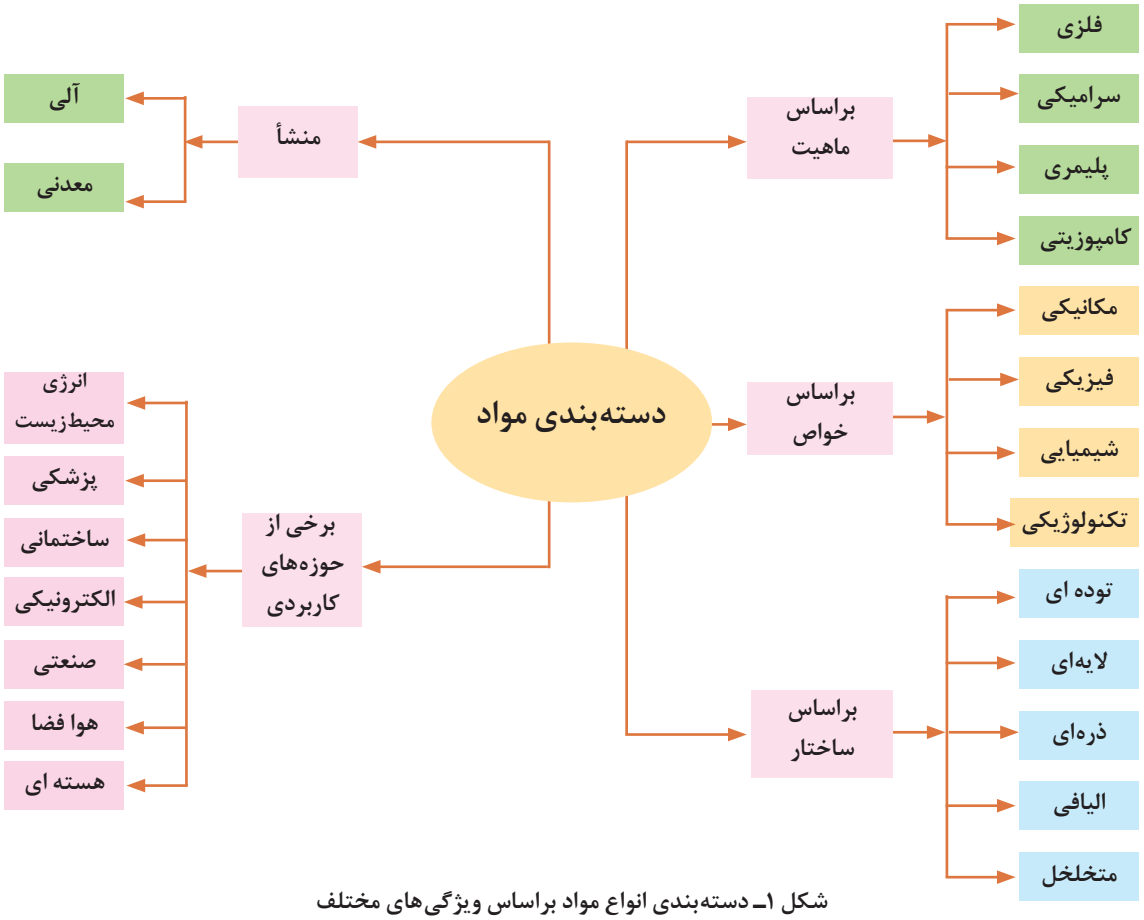
۱ ـ Petuntes
۲ ـ Alla porcella
۳ ـ Porcellana

فصل ۲

مواد و ویژگی‌های آن

طبقه‌بندی مواد

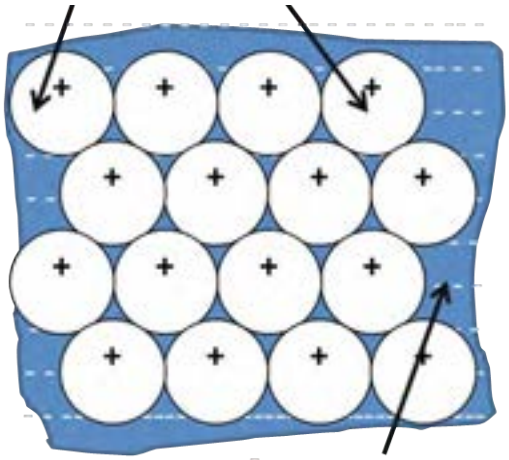
روش‌های متعددی برای طبقه بندی مواد وجود دارد. در شکل ۱ طبقه‌بندی مواد از جنبه‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۱ــ دسته‌بندی انواع مواد براساس ویژگی‌های مختلف

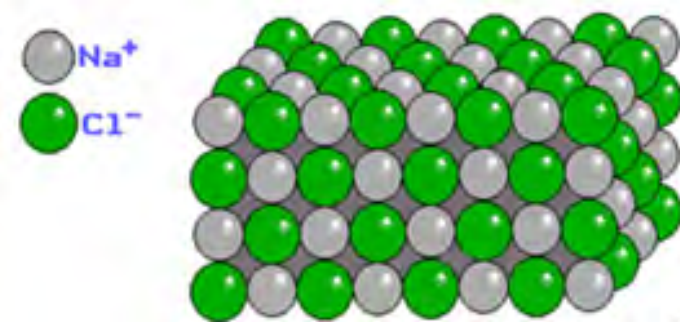
طبقه‌بندی مواد براساس پیوند

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 راآزاد 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.



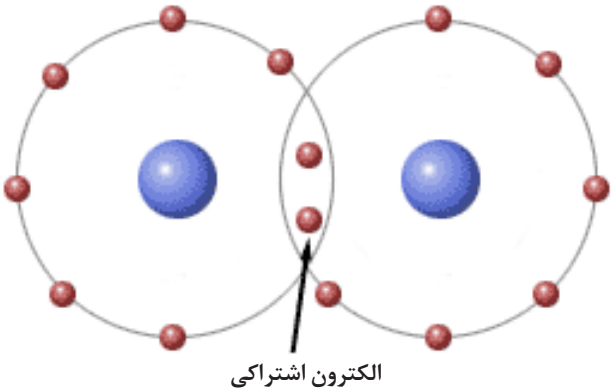
شکل ۲ـ تشکیل ابر الکترونی در ساختار فلزی

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.



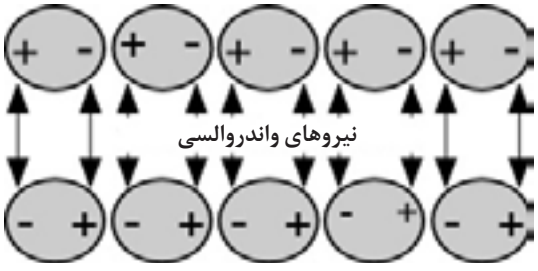
شکل ۳- ساختار نمک طعام

پیوند کووالانســـی از به اشتراک گذاشـــتن الکترون‌های لایه آخر دو اتم ایجاد می‌شود. این پیوند همیشه بین دو غیرفلز ایجاد می‌شـــود. 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.



شکل۴- تشکیل پیوند کووالانسی

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



شکل۵- پیوند واندروالس

پیوندهای اتمی‌مختلف را از لحاظ قدرت مقایسه کنید.

سؤال

دسته بندی مواد بر اساس 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 (Å) 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 بلند برد باشد، به این ساختار، کریستالی گفته می‌شود، مانند ساختار بسیاری از جامدات.

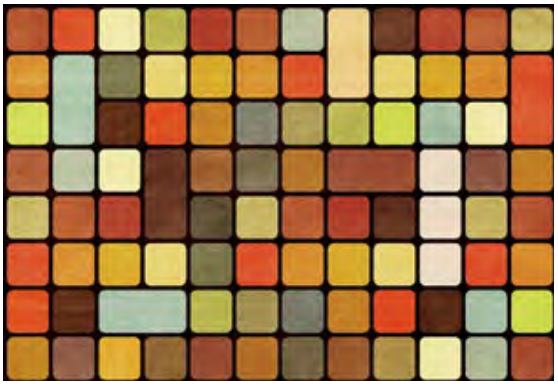
آمورف: اگر اتم‌ها در ساختار هیچ‌گونه نظمی نداشته باشند و یا دارای نظم ازنوع برد کوتاه باشند، ساختار آمورف نامیده می‌شود، مانند شیشه‌ها.

برخی از مواد با ساختار کریستالی ممکن است به‌صورت چند کریستالی (پلی کریستال) یا تک کریستالی باشند.

تفاوت بین مواد پلی کریستال و تک کریستال در چیست؟

سؤال

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 پلی کریستال و کدام‌یک مربوط به ماده تک کریستال 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 مرز دانه ریز ساختار گفته می‌شودکه با چشم غیر مسلح قابل رؤیت نیست. با استفاده از میکروسکوپ می‌توان ریز ساختار مواد را مشاهده کرد.

آرایش اتمی و یونی مواد

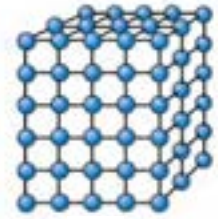
تا به‌حال از خود پرسیده‌اید که چرا مواد مختلف با هم متفاوت‌اند؟ چرا برخی از آنها استحکام بالاتری در مقایسه با سایرین دارند؟ چرا برخی از مواد رسانا و برخی نارسانا می‌باشند؟ چرا نور می تواند از بعضی از مواد عبور کند و از بعضی دیگر نه؟ سؤال‌هایی از این دست ذهن را متوجه تفاوت‌های مواد از نظر خواص می کند و ما را در رابطه با علت این تفاوت‌ها، به تفکر بیشتر وادار می کند. 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 راه حلی به‌جز ترکیب شیمیایی، موجب تفاوت در رفتار و خواص مواد می‌شود؟ برای جواب این سؤال لازم است کمی‌بیشتر با ساختار مواد آشنا شویم.

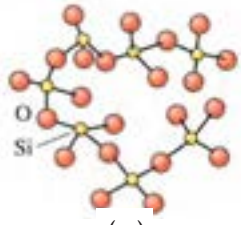
ساختار ماده چگونگی ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده آن ماده را مشخص می کند. با پیوندهای شیمیایی که نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها را مشخص می‌کنند، در درس‌های گذشته آشنا شده‌اید. در اینجا برای روشن شدن تأثیر ساختار روی خواص مواد مثال معروفی را ارائه می‌کنیم. همان‌طور که می‌دانید گرافیت 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.

نظم ـ بی‌نظمی

در حالت‌های مختلف مواد دو نـــوع آرایش را می‌توان یافت؛



(الف)

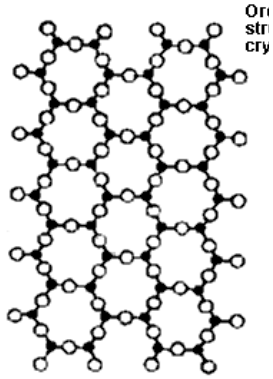


(ب)

شکل ۶- انواع نظم اتمی

مواد با ساختار منظم

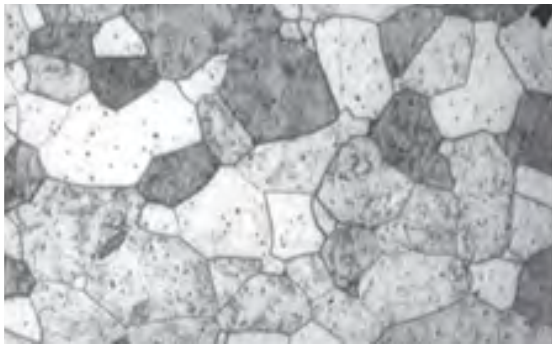
اکثر فلزات و آلیاژهای فلزی، نیمه‌هادی‌ها، سرامیک‌ها و برخی از پلیمرها که ساختار کریستالی دارند ، دارای نظم در ساختارشان هستند. گستردگی این نظم در بین اتم‌ها یا یون‌ها بزرگ‌تر از ۱۰۰ نانومتر در سه بعد می‌باشد.



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، 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 شده است. شکل زیر ساختار فولاد زنگ نزن پلی‌کریستال را نشان می‌دهد.

(الف)فولاد زنگ نزن

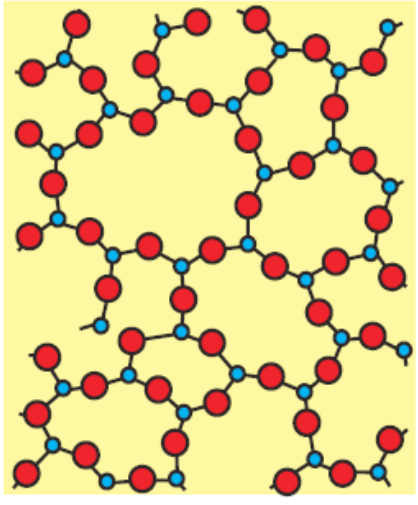


(ب) ساختار فولاد زنگ نزن زیر میکروسکوپ

شکل ۸

مواد آمورف

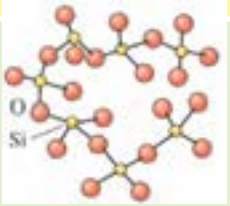
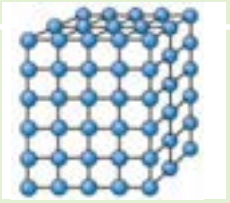
هر ماده‌ای که بی‌نظمی در بین اتم‌های خود داشته باشد، ماده آمورف نامیده می‌شود. بنابراین مواد آمورف غیرکریستالی هستند. به‌طور کلی اکثر مواد تمایل دارند یک آرایش منظم و تکراری تشکیل دهند، زیرا در این حالت آرایش پایداری دارند.



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

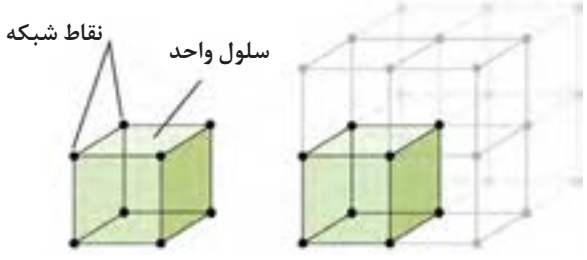
نوع مواد	نوع نظم	مثال	شکل نظم ساختاری
آمورف	بی نظم	شیشه آمورف، پلاستیک	
کریستال جامد	منظم	فلز، آلیاژ فلزی، سرامیک	

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.

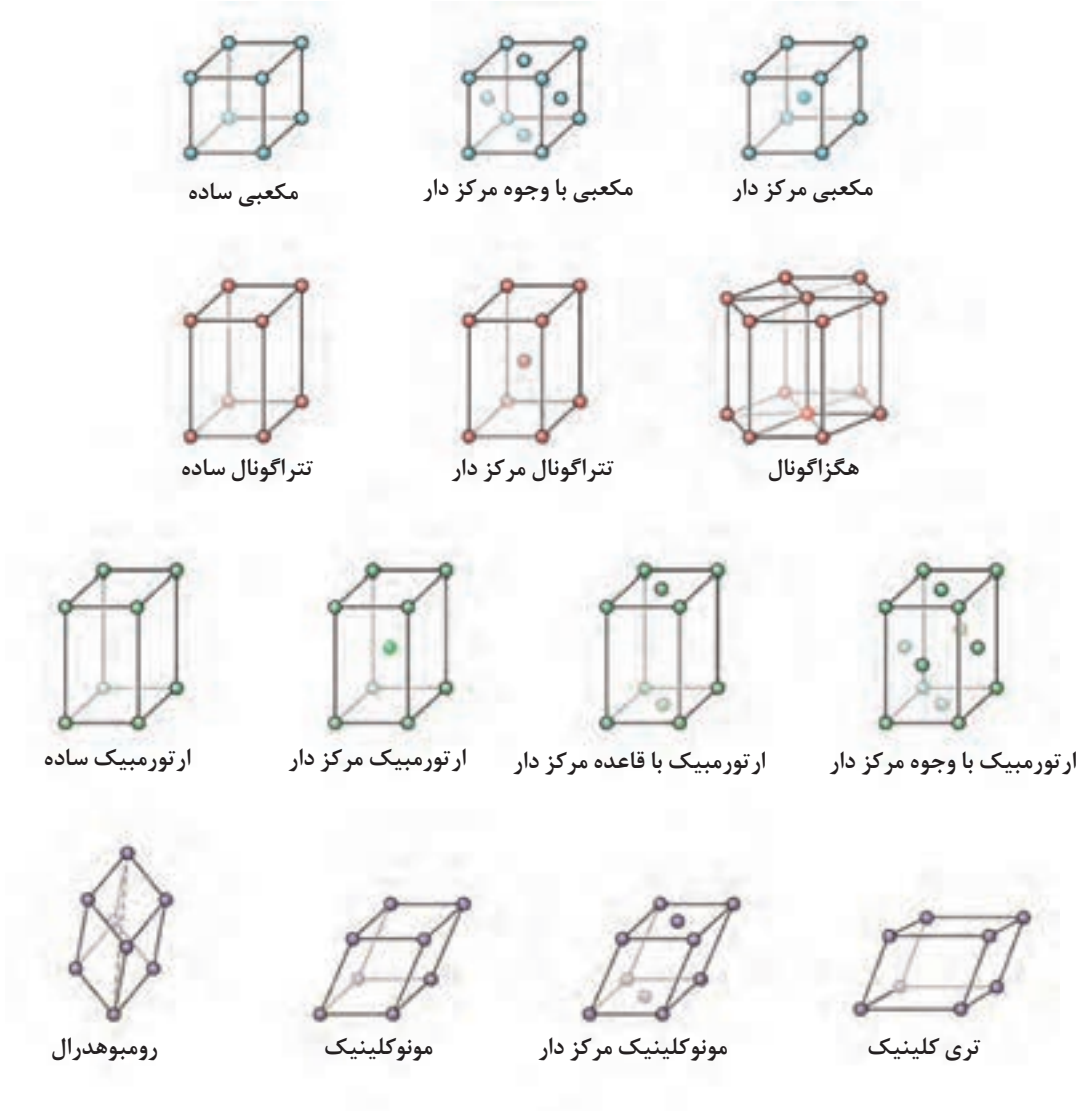
کوچکترین متوازی‌السطوحی که با انتقال پیوسته آن در سه جهت بتوان تمام جهت شبکه را پرکرد سلول واحد نامیده می‌شود.

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



شکل ۹- سلول واحد و شبکه کریستالی

برای بررسی ساختار یک شبکه کریستالی کافی است کوچک‌ترین قسمت شبکه یعنی سلول واحد درنظر گرفته شود. براساس زاویه‌ها و اندازه اضلاع سلول واحد، انواع شبکه فضایی تشخیص داده شده است که به شبکه‌های براوه معروف است، در شکل ۱۰ تصویر این شبکه‌ها نشان داده شده است.

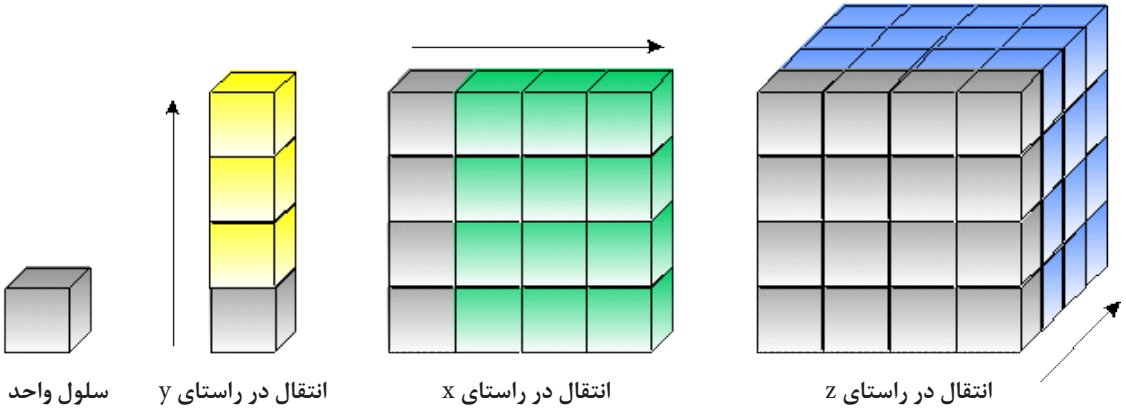


شکل ۱۰- شبکه های براوه

همان‌طور که قبلاً بیان شد، شبکه از لحاظ گستردگی بی‌نهایت می باشد، بنابراین برای بررسی هر شبکه کریستالی یک سلول واحد را در نظر می‌گیریم. سلول واحد یک زیر مجموعه‌ای 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 ۱۳ 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 مکعب های کوچک سلول واحد می‌گویند و به کل مکعب کریستال می‌گویند.

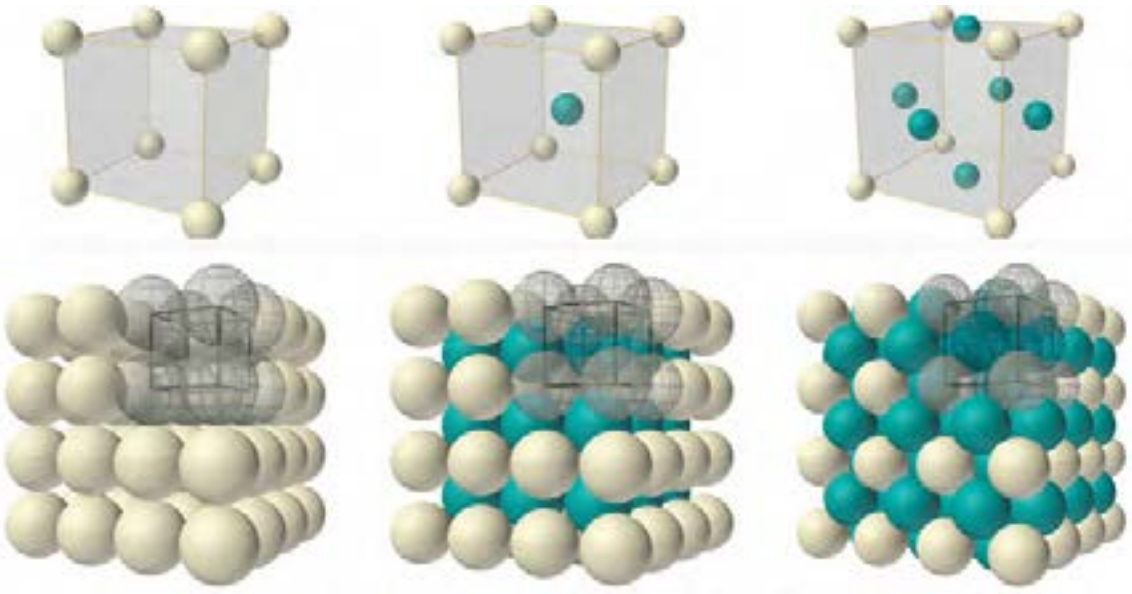
شکل ۱۱- روبیک

در شکل ۱۴ تکرار چیدمان سلول واحد در جهت محورهای z ، y و x نشان داده شده است.



شکل ۱۲- 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؟

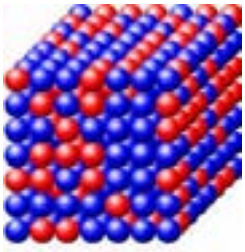


شبکه‌های چهارده گانه براویس در هفت سیستم کریستالی دسته‌بندی می‌شوند. این سیستم‌های کریستالی شامل مکعبی، تتراگونال، اورترومبیک، هگزاگونال، مونوکلینیک، تری کلینیک و رومبوهدرال می‌باشند که در شکل ۱۰ به‌طور کامل نشان داده شده‌اند.

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 هستند. فلزات در صنعت به ندرت به‌صورت خالص استفاده می‌شوند و برای بهبود خواص آنها، معمولاً عناصر فلزی را با یکدیگر و 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.



شکل ۱۳ــ نحوه قرارگیری اتم‌ها در آلیاژ

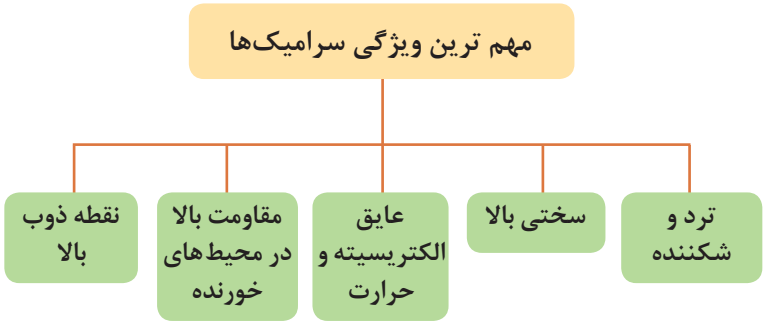
بررسی کنید آلیاژهای فولاد و برنج از چه عناصری تشکیل می‌شوند؟

سؤال

۲ــ سرامیک‌ها

از فراوان ترین عناصر موجود در پوسته زمین عناصر سیلسیم (Si) اکسیژن (O) و آلومینیم (Al) می‌باشند. حاصل 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.

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



سؤال

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 ۱۴ نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف نشان داده شده است.

شکل ۱۴ــ نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف(YAG)

سؤال

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

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

۳ـ پلیمرها

پلیمرها از زنجیره های 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 می شود. از جمله پلیمرهای بسیار رایج پلی‌اتیلن (PE)، نایلون و پلی‌وینیل کلراید (PVC) هستند.

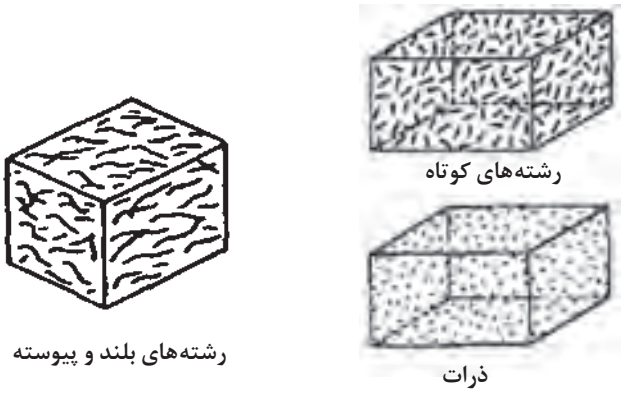
خواص پلیمرها چگالی کم، مقاوم در برابر خوردگی، عایق الکتریسیته، پایداری شیمیایی و شکل پذیری بالا است. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها است. پلیمرها به‌راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند، زیرا در دمای بالا خاصیت جاری شدن این مواد به‌شدت افزایش می یابد و امکان قالب‌گیری آنها به شکل های مختلف فراهم می‌شود. اما مقاومت حرارتی آنها کم است و همین امر استفاده از آنها را محدود کرده است.

شکل ۱۵ـ 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 شده است. 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 نسبت استحکام به وزن بالای آن و مقاومت به خوردگی خوب آن است. انواع پروفیل‌های ساختمانی، انواع کانال مخصوص عبور سیم و لوله از کاربردهای فایبرگلاس است. در شکل ۱۶ کامپوزیت‌های مختلف براساس نحوه قرارگیری شکل جزء تقویت‌کننده در زمینه نشان داده شده است.



شکل ۱۶ ـ کامپوزیت‌های مختلف براساس شکل جزء تقویت کننده

سؤال

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

خواص مواد

آیا تا به حال از خود پرسیده‌اید که چرا مواد مختلف خواص متفاوتی دارند؟ چرا برخی از مواد استحکام بیشتری دارند؟ چرا برخی از مواد قابلیت دارند که به شکل‌های مختلف ساخته شوند؟ چرا برخی از مواد، رسانا و برخی دیگر نارسانا هستند؟

تفاوت خواص مواد، تنها به عناصر تشکیل‌دهنده ارتباط ندارد. برخی از مواد با وجود دارا بودن عناصر تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی متفاوت با یکدیگر، خواص و رفتار

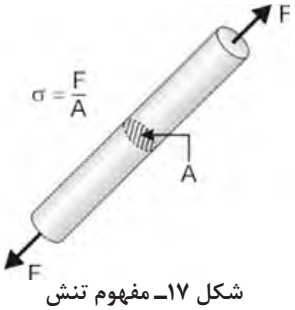
مشابهی دارند.
ساختار مواد ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. نحوهٔ اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها به وسیله پیوندهای شیمیایی مشخص می‌شود. اگر نحوه اتصال (نوع پیوند) اتم‌ها متفاوت باشد، حتماً خاصیت ماده نیز متفاوت خواهد بود.
خواص مواد شامل چهار دسته خواص شیمیایی، خواص فیزیکی، خواص ساختاری و خواص تکنولوژیکی می‌شود:

خواص شیمیایی مواد

همان‌طور که می‌دانید مواد از اتم‌ها تشکیل می‌شوند. برای اینکه تخمینی از تعداد اتم‌های موجود در یک جسم به‌دست آورید سر یک سوزن 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 اتمی انجام 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

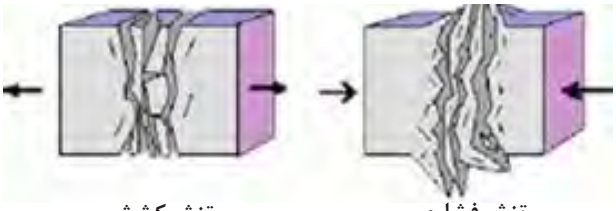
قطعات معمولاً طوری طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای مختلفی را تحمل کنند. اعمال نیرو و میزان آن تا جایی ادامه می‌یابد که قطعه یا جز مورد نظر دچار تغییر شکل دائم و یا شکست نشود. رابطه میان نیرو و تغییر شکل با بررسی خواص مکانیکی مواد سنجیده می‌شود.
یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که در شناخت خواص مکانیکی مواد اهمیت 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 ۱۷ــ مفهوم تنش

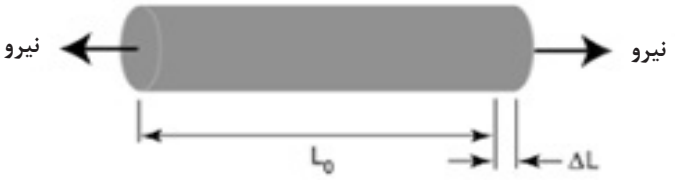
تنشی که باعث کشیده شدن جسم می‌شود تنش کششی و تنشی که موجب کوتاه‌تر شدن طول جسم می‌شود را تنش فشاری می‌نامند. در شکل ۱۸ تنش‌های کششی و فشاری نشان داده شده است.



تنش کششی　　تنش فشاری

شکل ۱۸

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 ۱۹ــ مفهوم کرنش

سؤال

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 اطلاق 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

ماده	استحکام کششی (مگا پاسگال) (MPa)	استحکام فشاری(مگاپاسکال)
چوب	۲_ ۵	۱۰_۲۰
پلیمر	۶۰ _۱۰۰	۱۰_۱۵
آلومینیوم وآلیاژهای آن	۱۰۰_ ۶۰۰	۳۰_۱۰۰
شیشه	۴۰_۱۵۰	۱۰۰۰
پرسلان	۱۰۰_۲۰۰	۴۰۰_ ۸۰۰
کاربید سیلیسیم	۳۱۰	۱۷۲۵ _ ۲۵۰۰

سؤال

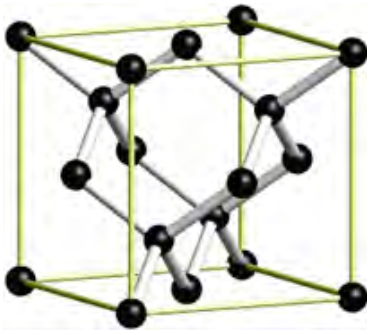
چرا سرامیک‌ها در دماهای بالا مقاومت کششی مناسبی دارند در حالی که در دماهای پایین مقاومت کششی اغلب آنها کمتر از فلزات است؟

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 مستقیمی‌با 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.

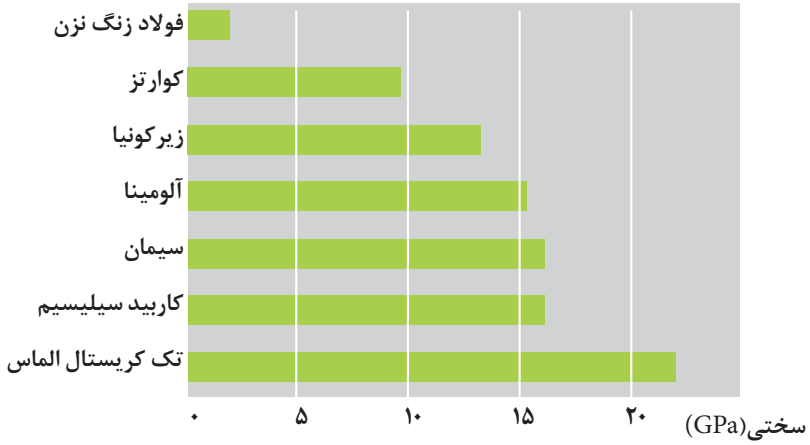
شکل۲۰ـ روش‌های دستی و دستگاهی تعیین سختی

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



شکل ۲۱- 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 ۲۲ سختی سرامیک‌های مختلف را می‌توان مقایسه کرد.



شکل ۲۲ـ مقایسه سختی سرامیک‌های مختلف

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

سؤال

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، آن ماده چقرمه‌تر خواهد بود. استفاده از پلاستیک در سپر اتومبیل نیز به‌دلیل چقرمگی بالای آنها نسبت به فلزات است.

شکل ۲۳ـ گسترش ترک و مقاومت ماده در برابر آن (چقرمگی)

سؤال

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.

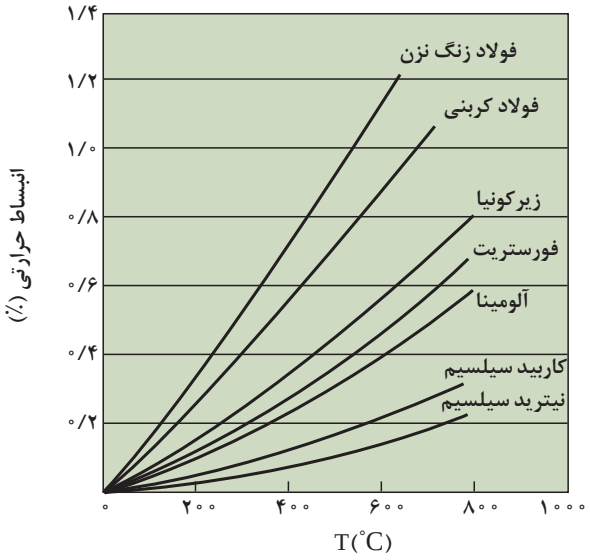
هرچه استحکام و قدرت پیوند اتمی‌در ماده بیشتر باشد، نقطه ذوب افزایش می‌یابد. در جدول۳ نقطه ذوب مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۳ ـ نقطه ذوب مواد مختلف

ماده	نقطه ذوب($^{\circ}C$)
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 می کنند و با کاهش درجه حرارت (سرد شدن) طول آنها کاهش می‌یابد. جامدات نه‌تنها 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 ۲۴ــ اثر افزایش دما بر ضریب انبساط حرارتی

سؤال

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

جرم مخصوص

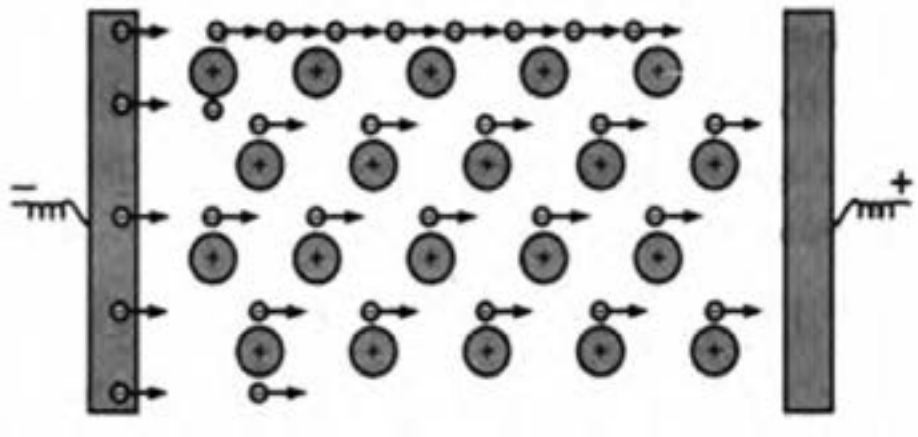
جرم واحد حجم هر ماده را جرم مخصوص می‌گویند که برای هر ماده مقدار معین و ثابتی است که به نوع و ساختمان ماده بستگی دارد. هر چه ماده‌ای متراکم‌تر باشد، جرم مخصوص بیشتری خواهد داشت. درجدول ۴جرم مخصوص مواد مختلف بیان شده است.

جدول۴ــ 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). درست به‌همین دلیل است که گرم‌کن‌های برقی با استفاده از چند مفتول فلزی گرمای زیادی تولید می‌کنند.



شکل ۲۵ـ 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 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 به‌جای دیگری می‌برد. 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.

جدول۵ ــ هدایت الکتریکی و مقاومت الکتریکی مواد مختلف

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

سؤال

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 موردتوجه است پرداخته می‌شود، مهم‌ترین این خواص شامل مواد زیر است:

قابلیت چکش خواری

توانمندی تغییر شکل مواد به‌کمک نیروی فشاری و ضربه، 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.

سؤال

چرا سرامیک‌ها قابلیت چکش‌خواری ندارند؟

قابلیت ریخته‌گری

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

سؤال

ریخته‌گری مذاب در تولید چه 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 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.

انواع مواد سرامیکی

عموماً 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 ویژه‌ای هستند. سرامیک‌های اکسیدی بسیار خالص مانند آلومینا و زیرکونیا، سوخت‌های هسته‌ای، کاربیدها و نیتریدها و شیشه سرامیک‌ها در دسته سرامیک‌های مهندسی قرار می‌گیرند. در شکل ۲۶ کاربردهای مختلف سرامیک‌های سنتی و پیشرفته نشان داده شده است.

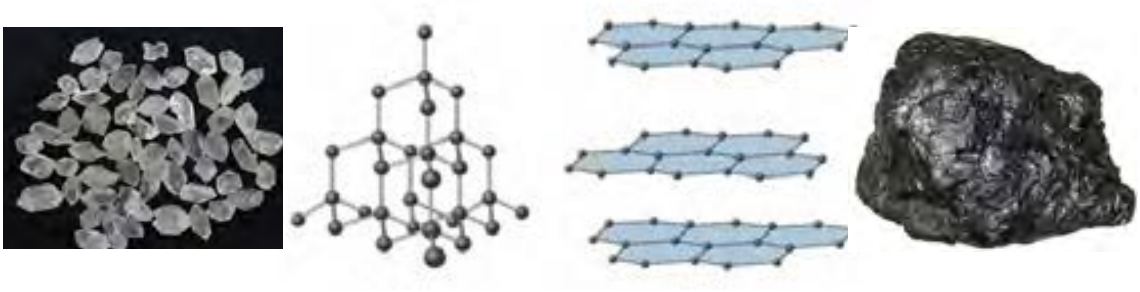
شکل۲۶- دسته بندی سرامیک‌ها

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

۱ــ مواد سرامیکی تک عنصری

مواد سرامیکی تک عنصری شامل اتم‌های چهار ظرفیتی نظیر Si ، C و Ge هستند. عنصر بُر (B) نیز از مواد سرامیکی تک عنصری محسوب می‌شود. این عنصر در دمای بیش از ۲۰۰۰°C 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 خصوصیاتی نظیر استحکام زیاد، وزن کم و مقاومت در برابر خوردگی و حرارت کاربرد زیادی دارد. کربن براساس ساختار کریستالی اهمیت صنعتی فراوانی دارند. 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 ۲۷- الف) ساختار گرافیت ب) ساختار الماس

در جدول ۶ خواص مختلف الماس و گرافیت بیان شده است.

جدول ۶- مقایسه خواص مختلف الماس و گرافیت

خواص	الماس	گرافیت
نقطه ذوب ($^{\circ}C$)	۴۱۰۰	۳۷۵۰
چگالی ($g / cm^{۳}$)	۲/۲۶	۱/۴ـ۲
پایداری در مقابل واکنش‌های شیمیایی	دارد	دارد
هدایت الکتریکی	ندارد	در بین لایه‌ها هدایت الکتریکی دارد

سؤال

چرا گرافیت تنها در بین لایه‌ها، هدایت الکتریکی دارد؟

۲ـ مواد سرامیکی غیراکسیدی

مـواد سرامیکی غیـراکسیدی یکی از گـروه‌های مهم موادسرامیکی است. این مـواد از بیش از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند. ترکیبات این گروه از مـواد سرامیکی را بیشتر عناصر C، Si، Ge و Mg همچنین B، N، H تشکیل می‌دهند، به‌عنوان مثال ترکیبات نیتریـدی و کاربیدی که به‌عنوان مواد مقاوم در حرارت‌های بالا در ماشین‌های حرارتی کاربرد دارند. این گروه از مواد سرامیکی پایداری خوبی در برابر حرارت دارنـد مانند ترکیب $Si_۳N_۴$ که می‌تواند درجه حرارتی تا $۱۴۰۰^{\circ}C$ را تحمل کند. این ترکیب از واکنش پـودر سیلیسیم تحت جریان گاز نیتروژن و در دما فشار زیـاد ایجاد می‌شود، برای مثال پره توربین با این روش تولید شده است.

شکل ۲۸- پره توربین Si_3N_4

کاربرد دیگر سرامیک 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 سرامیک ساخته می‌شود. به‌طور مثال، Si_3N_4 نیترید سیلسیم در ساخت موتورهای با پیستون چرخشی به‌عنوان سرسوپاپ به‌کار می‌رود. اما سطح خارجی سرامیک‌های غیراکسیدی در درجه حرارت‌های بسیار بالا در معرض خطر اکسیده شدن قرار می‌گیرد درصورتی که این خطر در سرامیک‌های اکسیدی دیده نمی‌شود.

شکل۲۹- سرسوپاپ Si_3N_4

۳ــ 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 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 تا تمایل به واکنش‌های شیمیایی نداشته باشند. برای این منظور اکسیدهای فلزی چند ظرفیتی مناسب هستند. همچنین باید تغییرات حجم زیادی در هنگام گرم و سرد کردن نداشته باشند؛ به‌عبارتی دیگر ضریب انبساط حرارتی آنها جزئی بوده و همچنین تبدیل فاز در حالت جامد در آنها ایجاد نشود.

شکل ۳۰- آجرهای دیرگداز سیلیسیمی

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

در جدول ۷ خواص برخی از سرامیک‌های اکسیدی و غیراکسیدی مقایسه شده است.

جدول ۷ـ 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 (C°)
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	۴۰-۴۴	۳۱۰	۳/۲	۳۰۰۰
Si_3N_4	۱۳۰۰	۵	۳۰ـ۷۰	۴۱۰	۳/۲۴	۱۹۰۰

۴ـ سرامیک‌های پیشرفته

سرامیک‌های پیشرفته شامل کاربیدها، برایدها، نیتریدها 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 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، مبدل‌های 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 به‌عنوان 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 وسایلی نظیر سیستم‌های فلورسنتی با فرکانس بالا و فیلترهای مخابراتی اهمیت خاصی دارند.

شکل ۳۱- سرامیک‌های پیشرفته

از جمله سرامیک‌های پیشرفته می‌توان موارد زیر را نام برد:

کاربید سیلیسیم(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 کاربید سیلیسیم می‌تواند تا حدود ۴۶۰Mpa و چقرمگی شکست آن تا 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 ۳۲- سرسیلندر از جنس SiC

کاربید بور(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 بالایی که دارد، برای ضدگلوله کردن زره‌پوش‌ها به‌کار می‌رود اما استحکام این ماده در دماهای بالا زیاد نیست.

شکل ۳۳- زره کاربید بور

نیترید سیلسیم(Si_3N_4) :

خواص این ماده سرامیکی شبیه کاربید سیلیسیم است اما مقاومت به خوردگی آن در دماهای بالا مقداری کمتری است. Si_3N_4 در ابزار برش، یاتاقان، بلبرینگ، رولبرینگ و موتور به‌کار می‌رود.

شکل ۳۴- بلبرینگ از جنس Si_3N_4

نیترید آلومینیوم (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 گرم، واشر در شیرها، پروانه پمپ‌های انتقال مواد شیمیایی، سرپیستون و آسترپیستون‌ها کاربرد دارد. به‌کارگیری زیرکونیا به‌عنوان اجزای موتورهای حرارتی باعث شده 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.

شکل ۳۵- گلوله‌های آسیاب زیرکونیایی

برایدتیتانیم TiB_2 :

این ماده به عنوان‌هادی 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 اورتوپدی و همچنین برای کاربردهای الکتریکی با کیفیت بالا در جایی که اتلاف دی‌الکتریک پایین و مقاومت بالا مورد نیاز است به‌کار می‌رود.

شکل ۳۶- کاربردهای مختلف آلومینا

اکسید اورانیوم UO_2 :

به‌عنوان سوخت راکتورهای هسته‌ای به‌کار می‌رود.

شکل دادن سرامیک‌ها:

روش‌های متداول برای شکل دادن سرامیک‌ها عبارت‌اند از: ریخته‌گری دوغابی، روش‌های شکل‌دادن گل پلاستیک، پرس، ریخته‌گری تحت فشار، شکل دادن نوری، قالب‌گیری تزریقی. بعد از شکل‌دهی قطعه سرامیکی تولید شده، هنوز محکم نیست و شامل آب و مواد افزوده شده است. سپس با فرایند خشک‌کردن و پخت تخلخل‌ها کاهش یافته و چگالی و استحکام قطعه سرامیکی افزایش یافته و خواص مکانیکی، الکتریکی، نوری، شیمیایی پزشکی و سایر خواص در آنها پدید می‌آید.