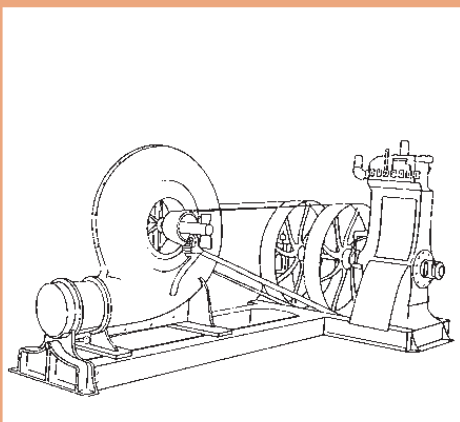


# فصل ١

## كليات



افرادی که در رشته متالورژی تحصیل می‌کنند می‌توانند در کارخانجات بزرگ صنعتی مانند ذوب آهن، کارخانه‌های تولید فولاد، آلومینیوم، مس و سرب و روی و... و همچنین کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری و شکل دادن فلزات مشغول به کار شوند و یا با اندک سرمایه می‌توانند خود با تأسیس کارگاه‌های کوچک مانند ریخته‌گری قطعات فلزی، آبکاری، عملیات حرارتی و... کارآفرینی نمایند. از طرفی می‌توانند در آزمایشگاه‌های متالورژی و تعیین خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی فلزات مشغول شوند. کسانی که در این رشته مشغول به تحصیل می‌گردند از دوره متوسطه با گرفتن مدرک دیپلم فنی می‌توانند تا سطح دکترای رشته متالورژی ادامه تحصیل دهند. در این صورت می‌توانند در مراکز آموزش عالی به عنوان مدرس این رشته نیز مشغول به کار شوند.

متالورژی یکی از رشته‌های گروه مواد و فراوری است. که عبارت است از علم و تکنیک جدا کردن فلزات از کانه آنها، خالص کردن و تبدیل آنها به فراورده‌هایی که مورد نیاز و مصرف صنایع و بازار باشد، همچنین شامل تولید، تصفیه و شکل دادن فلزات است که از استخراج کانی‌ها شروع و با تصفیه و ذوب و فرایندهای ریخته‌گری و شکل دادن فلزات شامل نورد کاری، پتک کاری، فشار کاری، جوشکاری، متالورژی پودر و ماشین کاری و کاربرد محصولات تولیدی و اقتصادی مربوطه ختم می‌شود. متالورژی جزء صنایع مادر است که بعد از استخراج و تهیه شمش فلزات، مراحل بعدی تولید قطعات صنعتی را شامل می‌گردد. به طوری که کلیه قطعات فلزی موجود در صنایع از محصولات صنعت متالورژی است از جمله ورق‌های فلزی، تیرآهن، میل‌گرد، پروفیل‌های فلزی مثل آلومینیوم نبشی و...

## تاریخچه متالورژی

براساس تحقیقات باستان‌شناسان، ریخته‌گری فلزات، یک فناوری ماقبل تاریخ بوده و قدمتی شش هزار ساله دارد. اولین اشیای ساخته شده از فلزات به صورت قطعات کوچک چکش کاری شده از مس هستند که قدمت آنها به نه‌هزار سال قبل از میلاد مسیح، می‌رسد. از نقطه نظر تاریخی، ریخته‌گری را می‌توان به چند دوره تقسیم نمود که در اینجا شرح آنها به اختصار آمده است.

### دورهٔ برنز (مس و مفرغ)

دورهٔ برنز در خاور نزدیک و در حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح آغاز شد. اولین اشیای برنزی کشف شده، به صورت آلیاژی از مس و آرسنیک (حدود ۴ درصد) بوده است. این آلیاژ که مصرف عمومی داشت، هم‌زمان با خاور نزدیک در اروپا به خصوص انگلستان نیز مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱-۱).

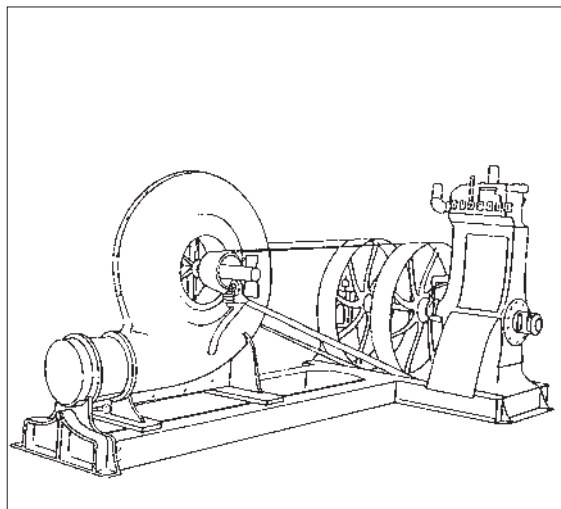


شکل ۱-۱- قالب سنگی مورد استفاده در عصر برنز

صورت گرفته باشد که با مشاهده این امر، موارد زیر در ذهن بشر القا شد:

- مذاب باید در محفظه‌ای ریخته شود تا شکل پیدا کند.  
- برای تهیه مذاب باید کوره‌های پتک‌کاری به گونه‌ای تغییر یابد که همواره تهیه مذاب در آن امکان‌پذیر باشد.  
- برای تهیه مذاب و نگهداری آن باید ظرفی نسوز یا دیرگداز تهیه کرد (بوته).

با توجه به اینکه بشر قبلاً به‌نسوز بودن بعضی از خاک‌ها پی‌برده بود و نیز به‌دلیل آشنایی با حرفه سفالگری، به نحوه شکل دادن خاک نیز دست یافته بود، لذا به نیازهای اول و سوم او پاسخ داده شد. نیاز دوم یعنی ساخت کوره‌های ذوب نیز، احتمالاً با سنگ‌چین و گل‌اندود کردن و قرار دادن محلی برای عبور هوا برآورده شد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۳- سیر تکاملی در امر هوا دادن کوره

به موتورهای تنظیم هوا با فشار مناسب، که امروزه کاربرد فراوانی دارند، منتهی شده است (شکل ۱-۳).  
به طور کلی در دوران مفرغ، ساخت قطعاتی نظیر تبر، نیزه، کارد، سپر، ظروف، شیشه و نیز ساخت آلیاژهایی از مس با عناصری نظیر قلع (تا ۱۸ درصد) و سرب (تا ۱۱ درصد) و آرسنیک و روی، معمول بوده است.

موضوع مهم در این دوره، پی بردن به تأثیر قلع بر خواص مس است که باعث افزایش استحکام و سختی آن می‌شود. این موضوع هنوز در پرده‌ای از ابهام است، زیرا نه سنگ معدن مس حاوی قلع بوده است و نه اینکه معادن مس و قلع نزدیک هم قرار دارند که آلیاژ شدن آنها به‌طور اتفاقی امکان‌پذیر باشد. به‌عنوان مثال شیئی (میخ) مربوط به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد در ایران کشف شده که دارای ۱/۷۴ درصد قلع است.

در ارتباط با چگونگی پیدایش ریخته‌گری، می‌توان این‌گونه تحلیل کرد که با توجه به اینکه پتک‌کاری قبل از ریخته‌گری مورد استفاده بشر قرار گرفته است، ممکن است در هنگام حرارت دادن فلز جهت پتک‌کاری به‌علت بالا رفتن درجه حرارت یا طولانی شدن مدت نگهداری در کوره، عمل ذوب به‌طور اتفاقی



شکل ۱-۲

از مسائل مهم در این ارتباط، موضوع دمش بود که البته این موضوع برای عصر فلز تازگی نداشت چرا که در دوران سفالگری نیز این موضوع مطرح بوده است با این تفاوت که میزان حرارت لازم برای ذوب فلز با پختن سفال تفاوت زیادی دارد که این امر به تبدیل سیستم دم از حالت فوت کردن به استفاده از کیسه دوم و سپس

## دوره آهن

اگرچه براساس کاوش باستان‌شناسان در چین قطعاتی چدنی مربوط به ۶۰۰ سال قبل از میلاد به دست آمده است، اما پیدایش آهن به عنوان یک دوره، به دو هزار سال قبل از میلاد مسیح می‌رسد. نام آهن در زبان پهلوی به عنوان «آلیسن» در آلمانی «آیزن» و در انگلیسی «آیرن» نامیده شده است و احتمالاً به هنگام ذوب مس، به آن پی برده‌اند. در هر حال در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ سال قبل از میلاد آهن تقریباً ماده اصلی اغلب سلاح‌ها و ابزارها را تشکیل می‌داد، در حالی که برنز به منظور ساخت ظروف، گلدان‌ها و اشیای تزئینی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

بدیهی است که آهن‌های به دست آمده در این دوران را نمی‌توان به ریخته‌گری نسبت داد، بلکه این آهن‌ها در اثر پتک‌کاری بر روی آهن اسفنجی به دست آمده است. با توجه به نقطه ذوب بالا ( $1539^{\circ}\text{C}$ ) بدیهی است که ذوب مستقیم آهن تا قرن نوزدهم امکان‌پذیر نبود<sup>۱</sup> ولی در اواسط دوره آهن بر اثر افزایش کربن و پایین آمدن نقطه ذوب (در چدن‌ها) قطعات ریخته‌گری نیز به وجود آمد.

نکته مهم دیگر کشف عملیات حرارتی بر روی آهن بود که از اهمیت خاصی برخوردار است. در مصر شمشیر و تبری با پوششی از خاک نسوز به دست آمده که لبه آن حاوی ۰/۹ درصد کربن و قسمت‌های میانی آن تقریباً فاقد کربن است. در این اشیاء، سختی در قسمت میانی معادل ۷۰ برینل و در قسمت لبه معادل ۴۴۰ برینل بوده است.

در دوره آهن تحولات جدیدی در آلیاژهای مس نیز به وجود آمد و آلیاژهای مختلفی از مس و قلع ساخته شد. در جدول ۱-۱ نمونه‌هایی از مصنوعات مسی درج شده است.

جدول ۱-۱- محصولات ساخته شده از آلیاژهای مس در دوره آهن

نوع محصول	نوع آلیاژ
زنگ و ظروف	۵ قسمت مس - یک قسمت قلع
کارد	۳ قسمت مس - یک قسمت قلع
آیینها	یک قسمت مس - یک قسمت قلع
تبر	۴ قسمت مس - یک قسمت قلع
بیل	۲ قسمت مس - یک قسمت قلع

از آلیاژهای دیگر ساخته شده در اواخر این دوره، آلیاژ برنج (مس و روی) و نیز برنج‌های قلع‌دار است. پیدایش روش‌های جدید ریخته‌گری و قالب‌گیری را نیز باید از دیگر تحولات دوره آهن دانست. در این دوره شواهدی در دست است که از قالب‌های سرامیکی نیز استفاده شده است. از عجایب این دوره

۱- شواهدی نیز موجود است که براساس آن ذوب آهن توسط ایرانیان باستان انجام گرفته است.

متفاوت مس نظیر برنز و برنج و عناصر دیگر و همچنین استفاده از طلا در ساخت زینت آلات و قطعات تزئینی از مظاهر دیگر این دوره است.

در این دوره متالورژی به عنوان یک علم مستقل، پیشرفت کرد. نظریه ساختار بلوری فلزات و سایر مواد توسط هارسوپکر (harsoeker) فرانسوی اعلام شد. قرن هفدهم، قرن دستیابی به ابزاری جدید به نام میکروسکوپ بود که تحولی جدی در علم متالورژی ایجاد کرد.

**دوره انقلاب صنعتی:** یکی از تعاریف انقلاب صنعتی این است که حداقل ۵۰ درصد از تولید هر ماده از خانه یا کارگاه‌های کوچک به کارخانه منتقل شود. در انگلستان سال ۱۷۵۰ را آغاز انقلاب صنعتی می‌دانند و علت آن را استفاده از کک به جای زغال چوب بیان می‌کنند. اولین کوره هواده با سوخت کک در سال ۱۷۰۹ آغاز به کار کرد. ابراهام داربی انگلیسی در سال ۱۷۷۷ اولین کوره بلند خود را برای ذوب و احیای سنگ معدن آهن به کار انداخت. از محصولات چدنی آن، پلی موسوم به پل آهن بر روی رودخانه‌ای احداث کرد که امروزه مورد بازدید عموم مردم قرار می‌گیرد. (شکل ۱-۴)

**دوره تاریک صنعتی:** در سده‌های سوم و چهارم بعد از میلاد تا قرن چهاردهم میلادی یک دوره رکود در صنایع و از جمله ریخته‌گری به وجود آمد. البته با توجه به حاکمیت کلیسا و تزئینات آن نظیر ناقوس، شمعدانی و... روش‌های جدید در ریخته‌گری ایجاد شد.

ساخت ناقوس‌ها در این دوره اهمیت خاصی پیدا کرد و رقابت برای ساخت آنها زیاد شد. در «سنت پل» ناقوسی به وزن ۱۷ تن به نام پل کبیر ساخته شد. در روسیه ناقوس‌هایی به وزن ۱۷۱ تن در «نرونسکی» و ۱۱۰ تن در مسکو ریخته شده است.

**دوره رنسانس صنعتی:** این دوره از سال ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ میلادی به طول انجامید. در این دوره صنعت توپ‌ریزی بنا نهاده شد. در ابتدا لوله‌های توپ از برنز و سپس از چدن ساخته شد و در این رابطه دولت عثمانی نقش زیادی داشت. در این دوره همچنین کوره‌ها از نظر دمش رونق یافت و برای مذاب از نگه‌دارنده استفاده شد. دوره رنسانس صنعتی را علاوه بر تکامل کوره‌ها و سیستم‌های دمشی از نظر مواد اولیه باید آغاز استفاده از ماسه و روش ریخته‌گری در ماسه محسوب کرد. ظهور چدن و فولاد به عنوان مواد اولیه در ساخت قطعات و لوازم دفاعی و خانگی و نیز استفاده از آلیاژهای



شکل ۱-۴

علاوه بر نوع کوره، روش دمیدن و استفاده از دمنده‌های بهتر و اطلاع کافی از وجود واکنش‌های گرمازا میان هوا و سوخت را باید از عوامل اصلی دیگر در تحول و تکامل ریخته‌گری محسوب کرد. روش‌های دمیدن که با استفاده از کیسه هوا (فوتک) انجام می‌گرفت، در این دوره جای خود را به دمنده‌هایی داد که با استفاده از موتور بخار کار می‌کردند.

چدن، آلیاژی سخت و شکننده بود و در مقابل، فولادهای کار شده، نرم و انعطاف پذیر بودند. چدن را می توانستند ریخته گری کنند ولی در مورد فولاد این امر امکان پذیر نبود. شاید در یکی از عملیاتی که برای نرم کردن و ساختن فولاد از چدن انجام می گرفت، چدن چکش خوار حاصل شد. «رئومور» اولین کسی است که به تهیه چدن چکش خوار اقدام کرد. فولاد ریختگی نیز در بوته و توسط بنیامین هانسمن در سال ۱۷۵۰ به عنوان کشف جدید معرفی شد. قبل از این کشف، تمامی فولادها از طریق کربن زدایی از انواع چدن خام و یا با استفاده از سنگ های معدنی مرغوب و کربن زدایی انجام می گرفت.

زیمنس در سال ۱۸۴۶ از طریق ذوب چدن و آهن قراضه و استفاده از پودر زغال کک، کوره های روباده را به وجود آورد.

استفاده از سرب و روی در ریخته گری به صورت فلزاتی مستقل و نه فقط به عنوان عناصر آلیاژی و به ویژه استفاده از روی، برای ساخت ظروف، در دوره انقلاب صنعتی معمول شد.

کشف نیکل در سال ۱۷۵۱ و استفاده آن در سال ۱۸۰۰ به عنوان عنصر آلیاژی و نیز کشف و استفاده از دو فلز سبک و پراستحکام آلومینیوم و منیزیم از موارد بسیار مهم در این دوره به شمار می آیند. در زمینه فناوری ریخته گری نیز محصولات عظیمی ساخته شد که در طی آن روش های ابتدایی ریخته گری به انواع مختلف ریخته گری تحت فشار، ریخته گری دقیق و ریخته گری ماشینی متحول شده است که هنرجویان عزیز در این کتاب با این روش های مدرن آشنا خواهند شد.

## اختراع، نوآوری، تفکر خلاق

نمی شدند، پرسش های زیادی داشتند به این ترتیب یک فرد فنی قادر است با توجه دقیق به حرکات، پدیده ها و...، ایده های تازه به دست آورد. یک هواپیما یا کشتی را با آنچه در اول بوده اند مقایسه کنید، خواهید دید که هزاران نفر در طرح های اولیه تغییر داده اند تا امروز این مصنوعات به این اوج از تکامل رسیده اند. کارهای آنها بسته به تغییراتی که داده اند می توانند اختراع یا کشف یا نوآوری باشند.

در مورد تاریخچه اختراع نمی توان به نسخه روشنی رسید به هر حال با برداشتن اولین سنگ با لبه تیز که شبیه دندان های خود انسان بود، برای بریدن گوشت شکار و بعدها اختراع کلنگ با الهام از نوک زدن پرندگان و... اختراعات بشر شروع می شود.

هنرجویان با توجه به فاکتورهای مختلفی که دارند، می توانند در زمینه نوآوری و خلاقیت گام های موثری بردارند.

به عنوان نمونه می توان ساخت پل خیبر در تاریخ جنگ های باتلاقی را یکی از این نوآوری ها و ابتکارها دانست.

**اختراع:** به وجود آوردن مصنوعی نو، به گونه ای که بتواند کاری تازه انجام دهد (و یا کاری رایج به روش های سنتی را با روشی نوین و کارآمدتر انجام دهد). به گونه ای ساده تر، ساختن وسیله ای که بتواند کاری را راحت تر از گذشته انجام دهد و می گویند اساس اختراع، نیاز است. گرچه نوآوری، اهمیتی کمتر از اختراع دارد اما در برخی موارد دارای اهمیتی بسیار است. برای نمونه ساخت سه نظام برای گرفتن قطعات در ماشین تراش یک اختراع است، در صورتی که تغییرات جزئی برای افزایش توانمندی های آن، نوآوری خواهد بود به همین ترتیب می توان گفت: پیل ولتا یک اختراع است، ولی پیل لکانشه یک نوآوری مهم، استفاده گرافیت برای نوشتن یک کشف و قراردادن آن در یک محفظه چوبی (مداد) یک نوآوری است.

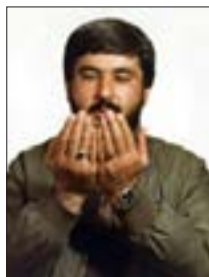
در یک اختراع معمولاً الهاماتی از طبیعت، مخترع را کمک می کند، اگر دقت کنید خواهید دید که بیشتر مخترعین و مکتشفین افرادی بوده اند که با دقت به محیط اطراف خود می نگریستند، از هر پدیده ای گذرا، رد



کافی وجود داشت، مواد شیمیایی یعنی پلی‌ایتران و پلی‌استایرن که مواد اصلی پلاستوفوم می‌باشد نیز در داخل کشور موجود بود. تنها مقداری رزین برای کار فایبرگلاس لازم بود که از خارج وارد شد. کارخانه‌های زیادی از جمله زاگرس، FM، نبوغ، فایس ساوه، یوریتان رشت و... تولید قطعات پلی‌اورتان، پلی‌استایرن، پوشش کامپوزیتی قطعات پلیمری و... را بر عهده داشتند. تمام قطعات پل از جمله بلوک‌های پلی‌استایرن همانند قطعات یک جورچین (پازل) در گوشه و کنار ایران توسط حدود ۲۰ کارخانه داخلی تهیه شده و برای مونتاژ به اهواز حمل شدند.

عمده‌ترین مشخصه این پل سبکی وزن، امکان تولید آن در مدت کوتاه و حالت خاص شناورهای آن می‌باشد. شناورهای پل‌های نظامی در واقع صندوقچه‌های هوا هستند که با ورقه‌های فلز ساخته شده‌اند. اما اگر گلوله‌ای و یا ترکشی بخورند، دیگر قابل استفاده نمی‌باشند، ولی خاصیت این پل‌ها این است که هر چقدر هم که گلوله و یا ترکشی به آن اصابت کند اگر حتی سوراخ نیز بشود، غرق‌شدنی نیست. از دیگر خاصیت‌های مهم این پل این است که قطعاتش قابل تعویض بود و در هر شرایطی می‌توان بدون اینکه سیستم پل به هم بریزد یک‌الی چند قطعه از پل را تعویض کرد.

این پل در مدت حدود دو ماه ساخته شد. افراد مختلفی جهت تکمیل شدن طرح پل نقش داشتند، از طراحان آن آقایان مهندس بهروز پورشریفی، مهندس افشارزاده، مهندس مرجوی و... است. شهدای زیادی هنگام اجرای این پل شیمیایی شده و به شهادت رسیدند که از آن جمله شهید سید محمد صنیع خانی بود که بعد از پایان جنگ به شهادت رسید (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱- شهید سید محمد صنیع خانی

## خلاقیت و نوآوری در دفاع مقدس

ابتکار و خلاقیت از خصایص پیشتازان جامعه است. یکی از ابتکارات فرماندهان ایران در طول دفاع مقدس کشاندن جنگ به محل‌هایی که نقطه ضعف دشمن بود و یا اینکه به علت صعب‌العبور بودن و پیچیدگی و سختی ظاهری، انتظار حمله از آن محل نمی‌رفت. محور هورالعظیم که باتلاقی و آب بود به عنوان استراتژی نیروهای ایران در دستور کار قرار گرفت. حرکت از این محور، بسیار مشکل و نیازمند اندیشیدن تدابیر مهندسی رزمی و اطلاعاتی بالا بود. در همین راستا عملیات خیبر در منطقه هور طرح‌ریزی و اجرا شد.

رزمندگان با استفاده از اصل غافلگیری، موفق به تصرف جزیره مجنون شمالی و بخش اعظم جزیره مجنون جنوبی شدند. اما پشت سر آنها، حدود ۱۴ کیلومتر آب بود و به عقبه جبهه متصل نبودند. احداث پل شناور ۱۳ کیلومتری خیبر راه حل این مشکل بود.

این پل از دو قسمت فلزی و شناور تشکیل شده بود. در پل خیبر ۱ از پشم شیشه، فایبرگلاس، کائوچو و رزین به عنوان صفحه شناور استفاده شد. در پل خیبر ۲ سازه فلزی تغییراتی کرد و قدرت تحمل افزایش یافت. بالآخره ابتکار تلفیق فوم و فایبرگلاس در پل خیبر راهگشا بود، زیرا پس از اصابت ترکش به پل، از شناوری آن کاسته نشده و پل غرق نمی‌شد. در واقع پل خیبر، یک پل شناور ضد ترکش بود. قسمت شناوری نیز از دو نوع ساخته شد یکی نوع «پلاستوفوم» و دیگری «پلی‌اورتان فوم» که برای عایق‌بندی از آن استفاده می‌شود تا در مقابل گلوله مقاوم‌تر باشد. پوشش روی فوم هم از فایبرگلاس و برای محافظت در مقابل ضربه‌ها ساخته شده است، صفحه فلزی پل نیز تحمل باری حدود ۶ تن را دارد و شناورها هم در هر شش متر حدود هشت متر مکعب حجم دارند. این قطعات می‌توانند تا حدود هشت تن بار نهایی را تحمل کنند. البته قطعات طوری ساخته شده‌اند که می‌توانند انتقال نیرو کرده و این امر باعث می‌شود که هر قطعه بیش از ظرفیت اسمی خود بار حمل کند.

مواد اولیه این کار اکثراً در داخل کشور به مقدار



شکل ۶-۱- تصاویری از مراحل آمادگی، نصب و آماده‌سازی پل خیبر

شکل ۶-۱ مراحل مختلف اجرای این پل را نشان می‌دهد.

## مشاغل رشته متالورژی

مشاغلی که هنرجویان پس از فارغ‌التحصیلی می‌توانند در بازار کار مشغول شوند در جدول زیر ارائه شده است.

ردیف	نام گروه کاری / شغل	ردیف	نام گروه کاری / شغل
۱	متصدی ساخت مخلوط ماسه	۱	متصدی خط تجزیه الکتریکی مواد معدنی
۲	قالب‌گیر ماسه تر	۲	متصدی فرایند تبدیل فلزات غیر آهنی
۳	کمک ماهیچه‌گیر	۳	متصدی کوره ذوب فلزات
۴	کمک متصدی کوره ذوب فلزات	۴	ذوب ریز
۵	کمک ذوب ریز	۵	مدل‌ساز فلزی
۶	کمک مدل‌ساز چوبی	۶	قالب‌گیر ماسه‌ای
۷	مدل‌ساز چوبی	۷	ماهیچه‌گیر درجه ۱
۸	ماهیچه‌گیر درجه ۲	۸	قالب‌گیر سرامیک
۹	متصدی قالب‌های فلزی	۹	آلیاژ ساز
۱۰	کارگر تخلیه درجه ریخته‌گری	۱۰	چدن ساز
۱۱	مدل‌ساز فومی	۱۱	متصدی آزمایشگاه متالورژی
۱۲	برش کار محصولات فلزی	۱۲	متصدی کوره عملیات حرارتی
۱۳	جوشکار محصولات فلزی	۱۳	آبکار فلزات
۱۴	متصدی تعمیر قطعات ریخته‌گری	۱۴	اپراتور ماشین روکش کاری فلز
۱۵	متصدی تکمیل کاری قطعات ریخته‌گری	۱۵	استادکار حفاظت کاتدی و خوردگی

**وظایف:** وظایف شاغلین در رشته متالورژی به قرار زیر است.

تولید فلزات - مدل‌سازی - ماهیچه‌سازی - قالب‌گیری - ذوب‌سازی - ریخته‌گری - آزمایشات متالورژی - عملیات حرارتی - تولید متالورژیکی قطعات - حفاظت از فلزات در برابر خوردگی



### هدف کلی: ارائه گزارش کار روزانه به گونه‌ای رسا، کوتاه، ساده و جامع

تعریف گزارش: گزارش یعنی خبر دادن، آگاه کردن از رویدادی و به‌طور معمول عبارت است از آگاه کردن با شرحی نسبتاً جامع و رسا. همچنین می‌توان برای تبیین آن از عبارات: به‌جای آوردن، انجام دادن، اظهار نظر کردن، در میان نهادن و شرح و تفسیر کردن، استفاده نمود. گزارش‌نویسی یعنی خبر دادن از انجام یک کار و یک رویداد شامل اخبار، اطلاعات، رویدادها و دلایل و تحلیل آنها به‌شکلی روشن، کوتاه، البته با رعایت اصول «ساده‌نویسی» و «درست‌نویسی». پس گزارش باید به‌گونه‌ای تهیه شود که هدف مورد نظر را در کوتاه‌ترین زمان و با ساده‌ترین گفتار بیان کند. نکاتی که در گزارش‌نویسی باید مورد توجه قرار گیرند: گزارش برای که نوشته می‌شود؟ (روی سخن با کیست؟) عنوان گزارش چیست؟ (کاملاً روشن و گویا، مانند: انجام اره کاری) گزارش انجام کار روزانه در حقیقت شامل: - چگونگی خط‌کشی - کلیه مراحل آماده‌سازی وسایل - چگونگی شروع کار - مراحل بستن قطعه کار به گیره، مشکلات احتمالی اولیه، چگونگی رفع این مشکلات - چگونگی انجام کار با توجه به اینکه در اینجا روی سخن با هنرآموز محترم است، ایشان بایستی در جریان جزئیات انجام کار این مرحله کاری قرار گیرد.

تلاش در تنظیم یک گزارش کار خوب، گویا و کامل، سطح تفکر فنی و توانایی ارائه ایده‌های ما را بالا می‌برد.

نکته



گزارش کار باید هر روز و برای هر کاری که انجام می‌شود، تهیه شود. (با ذکر تاریخ و زمان انجام کار در گزارش) برای نمونه اگر در یک روز یک کار مانند اره کاری انجام شود یک گزارش کار و اگر دو کار مختلف انجام می‌شود، دو گزارش کار ارائه گردد.

یادداشت



گزارش کار در حقیقت نوعی مستندسازی و سناریونویسی است که سرگذشت یک محصول را از بدو توجه به آن تا تولید کامل بیان می‌کند.

نکته



و اما برای کسب توانایی بیشتر در گزارش‌نویسی که در حقیقت به صورت یک علم درآمده است موارد صفحه بعد می‌توانند بسیار مفید باشند.

**تعریف گزارش نویسی:** گزارش نویسی یعنی نوشتن اخبار، اطلاعات، رویدادها و دلایل و تجزیه و تحلیل آنها به شکل روشن و کوتاه با رعایت دو اصل مهم ساده نویسی و درست نویسی.

نکته: گزارش باید به گونه ای تهیه شود که هدف مورد نظر را در کوتاه ترین زمان و با ساده ترین گفتار بیان کند. نکاتی که باید در گزارش نویسی به آن توجه کرد:

#### ۱ مخاطب گزارش کیست؟

همیشه باید در نظر داشته باشید که مخاطبان شما چه کسانی هستند و قرار است گزارش پاسخ گوی چه نیازی باشد.

#### ۲ توجه به عنوان در گزارش نویسی:

**انتخاب عنوان:** عنوان باید تا حد امکان کوتاه و با محتوای متن هماهنگ باشد. در عنوان گذاری از واژگان کلیدی که در متن آمده است استفاده شود.

گزارش نویس باید توجه داشته باشد که مخاطب در آغاز از هدف او آگاهی ندارد. در این صورت باید مسئله را به گونه ای در اول گزارش خود بیاورد. تا مخاطب در جریان کار قرار گیرد. اگر درباره همایشی گزارش می دهد، در همان چند خط اول روشن شود که این گزارش از چه مراسمی است و به چه دلیل به آن پرداخته شده است. و اگر منظور از گزارش، کاری است که از طرف خود او انجام شده، باید به وضوح شرح داده شود.

#### ۳ مراحل برنامه ریزی، تدارکات و مقدمات:

گزارشگر برای تهیه گزارش خود باید کاملاً آگاه باشد که این گزارش به چه دلیل تهیه می شود. برای پاسخ گفتن به چه نیازی است و برای هر چه بهتر شدن مطلب به چه امکانات و اطلاعاتی نیازمند است.

**مرحله تنظیم و سازمان دهی:** مهم ترین بخش گزارش نویسی تنظیم و سازمان دهی کلی گزارش است.

نکته

گزارشگر باید مخاطب گزارش را کاملاً نسبت به موضوع و آنچه برایش در گزارش دارای اهمیت بیشتری است آگاه، و روی موارد اصلی و فرعی گزارش تأکید کند.



گزارشگر برای آنکه بداند چه چیزی را باید به گزارش بیفزاید یا از آن حذف کند، باید توجه کند که اجزای گزارش با هدف گزارش سازگاری داشته باشد. برای این کار باید بتواند به پرسش های زیر پاسخ دهد:

چه کسی گزارش را خواهد خواند؟

چه کسی گزارش را خواسته است؟ ممکن است خواننده گزارش و کسی که آن را خواسته است، یکی نباشد از

گزارش چه استفاده ای خواهد شد؟

مخاطب چه انتظاری از گزارش دارد؟

یعنی یک گزارش خوب باید به پنج سؤال: چه چیز؟ چگونه؟ برای چه کسی؟ کجا؟ چه موقع؟ پاسخ دهد.

#### ۴ ساختار گزارش:

چگونگی تنظیم گزارش، مهم ترین عامل در تنظیم آن است. ساختار و بدنه هر گزارش به طور کلی بر سه پایه مقدمه، بدنه اصلی و پایان گزارش استوار است.

#### ۵ ویژگی های مقدمه:

مقدمه در ارتباط با موضوع گزارش باید به گونه ای تهیه شود که برای مخاطب قابل فهم و معنادار باشد. مقدمه باید بتواند در خواننده نسبت به موضوع علاقه ایجاد کند.

مقدمه باید به خواننده بگوید که از گزارش چه انتظاری داشته باشد.

#### ۶ متن یا بدنه اصلی:

متن یا بدنه اصلی گزارش، جای ارائه آمارها، داده ها و تحلیل و تفسیر آنهاست.

#### ۷ پایان گزارش:

در پایان گزارش نتیجه گیری و پیشنهادها می آیند.

## ۸ روش‌های تأکید بر نکته‌های مهم:

**اندازه و تناسب:** هر قدر نکته‌ای در گزارش مهم‌تر باشد، باید فضای بیشتری به آن اختصاص داده شود.

**زبان تأکید:** به کار بردن عبارت‌هایی همچون: مهم‌ترین عامل، نکته‌ی اساسی، و... توجه خواننده را جلب می‌کند.

**۹ رعایت ترتیب منطقی در گزارش‌نویسی:** در مرحله‌ی دوم گزارش‌نویسی، یعنی شکل و صورت گزارش، مطالب باید به ترتیب منطقی سامان داده شوند، در این مرحله باید عنوان‌های اصلی و فرعی مشخص، و بنابر اولویت و اهمیت مرتب شوند.

بررسی طرح برای تهیه‌ی پیش‌نویس گزارش انجام شود.

چند اصل در تعیین اولویت‌ها:

کل باید با جزء برابر باشد.

پاراگراف‌ها (بندها) از نظر اندازه تعادل داشته باشند.

باز کردن یک بخش جانبی به شکل جداگانه، بدون آنکه به بخش اصلی مربوط باشد، امکان‌پذیر نیست.

## مرحله نگارش

در این مرحله باید به چهار اصل توجه داشت:

**۱ تهیه‌ی پیش‌نویس:** پیش‌نویس، ستون و بدنه‌ی اصلی گزارش است. در این مرحله، قالب اصلی گزارش شکل می‌گیرد.

**۲ سبک گزارش:** گزارش باید روشن، دقیق، و خلاقانه باشد. گزارشگر باید بکوشد با حفظ جنبه‌ی رسمی و علمی گزارش، آن را از حالت خشک و بی‌روح درآورد. از به کار بردن واژه‌ها و اصطلاح‌های گزافه‌آمیز همچون: هرگز، بی‌نهایت، بدون ذره‌ای شبهه باید گفت و... خودداری کند.

**۳ چگونگی به کار بردن واژه‌ها:** شما نباید برای پررنگ جلوه‌دادن گزارش خود یا نشان دادن میزان اطلاعاتش درباره‌ی موضوع، از واژه‌های سنگین و دشوار فهم، بهره بگیرید.

**۴ جمله:** جمله باید شامل یک مضمون و نکته‌ی اصلی باشد. گزارش‌نویس باید توجه داشته باشد که:

- هیچ نکته‌ی اصلی نباید برای آسان فهم کردن جمله از آن حذف شود.
- هیچ نکته اضافی و غیرضروری در جمله گنجانده نشود.
- به قواعد دستور زبان از نظر جای فعل، فاعل، مفعول و فارسی‌سازی (در اندازه متعادل) واژگان، دقت شود.
- حروف ربط مانند از، و، که و... در یک جمله پشت سر هم قرار نگیرند.
- به کار بردن حرف ربط «و یا» نادرست است. «یا» را باید بدون «و» به کار برد.
- از نوشتن جمله‌های بلند خودداری شود.
- اگر جمله با اگرچه، گرچه، با اینکه، با آنکه، با وجود آنکه آغاز می‌شود، در جمله وابسته بعدی نباید از واژه اما، استفاده کرد. به طور نمونه: گرچه این موضوع به او گوشزد شده بود، توجهی به آن نکرد.
- برای آگاهی بیشتر به شیوه‌نامه ویرایش کتاب نگاه کنید.

## بند (پاراگراف):

در گزارش، پاراگراف (بند) به معنای مجموعه جمله‌هایی است که فکر یا مطلب واحدی را بیان می‌کنند.

استفاده از پاراگراف (بند) چه امتیازهایی دارد:

- شکستن یکنواختی متن
- کمک به درک تقسیم‌بندی موضوع

- آسان کردن رجوع به هر مطلب
- جلب توجه خواننده به تغییر موضوع یا موضوع‌های فرعی

نکته



نکته: در نگارش باید کوشید همان گونه که در یک جلسه غیررسمی سخن می‌گوییم، بنویسیم. به این معنا که مطالب با بیشترین میزان دقت، صراحت، روشنی و کوتاهی نگاشته شوند.

### مرحلهٔ بازبینی و اصلاح و تهیهٔ متن:

این مرحله، آخرین بخش تهیه گزارش است. در این بخش از کار، گزارشگر باید تمام مطالب را یکبار دیگر بازبینی، و ایرادهای آن را اصلاح کند.

### فایده گزارش‌نویسی:

فایده و هدف از نوشتن گزارش، رساندن پیام خود به خواننده با سرعت و صحت و روشنی است. و مهم این است که نویسنده گزارش، قادر باشد تصویری روشن از فکر و هدف خود را در ذهن خواننده ترسیم نماید. خواننده گزارش کیست؟

قبل از اینکه تصمیم به تدوین گزارش بگیرید باید بدانید که گزارش را برای چه شخصی یا اشخاصی تهیه می‌کنید. در واقع چه کسی یا کسانی، براساس گزارش شما تصمیم گرفته و اقدام خواهند کرد. دانستن افکار، تمایلات، خلق و خوی، تحصیلات، تجربیات و نحوه تصمیم‌گیری خواننده گزارش و اینکه آیا او خود تصمیم می‌گیرد یا آنکه گزارش را برای اظهار نظر به نزد دیگران ارسال می‌دارد، برای تهیه‌کننده گزارش بسیار مهم است. زیرا با آگاهی از مسائل فوق می‌توانید گزارش خود را به شکلی تهیه کنید که رسیدن به هدف را سریع‌تر و مطمئن‌تر کند.

در اغلب اوقات شروع کننده یک گزارش شما هستید، لذا باید بدانید که چه نتایجی را انتظار دارید، و چه کسی اقدام خواهد کرد. اما اگر یک مقام مافوق از شما بخواهد که گزارشی تهیه کنید، در این حالت باید شما تصمیم‌گیرنده نهایی مطالب گزارش خود را شناسایی کنید، تا بتوانید با رعایت نکات یاد شده گزارش خود را طراحی کنید. مثلاً اگر مدیر امور اداری هستید و معاون اداری و مالی سازمان مربوطه از شما بخواهد که گزارشی از نحوه مکاتبات داخل سازمان برای او تهیه نمایید، باید مطمئن شوید که او گزارش را برای تصمیم‌گیری خود می‌خواهد؛ و یا آنکه گزارش را برای پاره‌ای از تصمیم‌گیری‌ها، به نزد رئیس سازمان ارسال می‌دارد. این در طراحی و تعیین هدف گزارش شما بسیار با اهمیت است.

بنابراین با توجه به موارد فوق تهیه گزارش به یکی از این دو شکل مربوط می‌شود.

الف) از شما خواسته می‌شود که گزارش تهیه کنید. (ب) خود شروع به تهیه گزارشی می‌نمایید.

### شناسنامه فنی

تعریف: برگه‌ای است شامل ویژگی‌های یک قطعه و فرایند تولید آن بدین ترتیب می‌توان جزئیات یا سرگذشت یک قطعه، از بدو طراحی تا مورد استفاده قرار گرفتن آن را دانست. پس یک شناسنامه فنی در حقیقت برگه‌ای است شامل جنس قطعه، مقدار آن، چگونگی ساخت، آبکاری و عملیات حرارتی، وزن، قیمت، مراحل فراوری، رنگ، آزمایش‌های احتمالی لازم، کنترل‌ها... و نقشه کار. نمونه‌ای از شناسنامه فنی ارائه می‌شود.

## فصل ۲

### مواد و کاربرد آنها



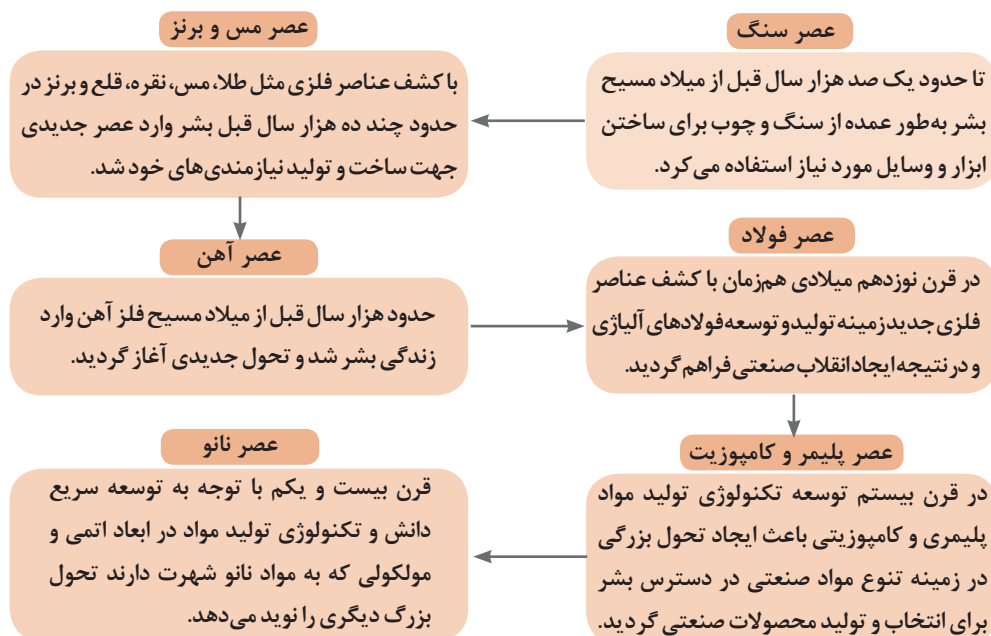
به اطراف خود دقت کنید. وسایل مورد استفاده شما از چه جنسی ساخته شده‌اند؟ تاکنون به این فکر کرده‌اید که جنس قطعات بر چه اساسی تعیین می‌شوند؟ چه عواملی در انتخاب مواد و جنس قطعات مؤثرند؟ چگونه می‌توان جنس قطعات را معین نمود؟ این‌ها همه سؤالاتی هستند که ذهن هرکسی را به خود مشغول می‌کند.

برای یافتن پاسخ این سؤالات باید با علم مواد آشنا بود و خصوصیات مواد و کاربرد آنها را به‌طور کامل مورد بحث و بررسی قرار داد.

به‌طور کلی موادی را که در ساخت و تولید قطعات، تجهیزات و سازه‌های صنعتی به‌کار می‌برند، مواد صنعتی می‌گویند. با این تعریف مواد صنعتی دربرگیرنده مواد جامد، مایع و گازی مورد استفاده در

صنایع مختلف می‌شود.

تکنولوژی مواد- علم و فناوری است که در باره فرایندهای تولید، استخراج، تصفیه، آلیاژ کردن، شکل دادن و نیز خواص فیزیکی، مکانیکی، تکنولوژیکی، شیمیایی و عملیات حرارتی بحث می‌کند و به بررسی ساختمان داخلی مواد از نظر ترکیب، ساختار و ریزساختار آنها می‌پردازد. از زمانی که بشر به روش‌هایی برای تغییر مواد طبیعی و تولید مواد جدید دست یافت، تنوع مواد جدید به سرعت گسترش پیدا کرد و بحث انتخاب ماده مناسب از میان چند ماده مختلف براساس ویژگی‌های مورد انتظار مطرح بوده است. نمودار (۲-۱) دوره‌های مهم ایجاد تحول اساسی در مواد صنعتی را در طول تاریخ بشر نشان می‌دهد.



نمودار ۲-۱- دوره‌های ایجاد تحول بزرگ صنعتی در طول تاریخ بشر

مواد مختلف در ساخت و تولید محصولات و سازه‌های صنعتی پی برد. در شکل ۲-۱ نمونه‌هایی از کاربرد مواد صنعتی در صنایع مختلف نشان داده شده است.

امروزه بازتاب تأثیر مواد صنعتی در زندگی بشر بسیار محسوس است. هنگامی که بانام اتومبیل، هواپیما، کشتی، ساختمان، پالایشگاه و... برخورد می‌کنیم ناخودآگاه طیف وسیعی از مواد صنعتی مختلف را به‌خاطر می‌آوریم. با نگاه دقیق به پیرامون خود می‌توان به تنوع و اهمیت





شکل ۱-۲- استفاده از مواد مختلف صنعتی برای تولید محصولات متفاوت

امروزه شناخت مواد و درک رفتار آنها در مقابل تأثیر مواد خارجی برای توسعه مواد جدید و به کارگیری آنها در فناوری‌های نو ضروری می‌باشد. متخصصینی که در صنعت به طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات اشتغال دارند. لازم است خصوصیات موادی را که با آن سروکار دارند بشناسند و راه‌های جلوگیری از ایجاد تغییر آنها در مقابل عوامل فیزیکی - مکانیکی و یا شیمیایی را بدانند.

به عبارت دیگر متخصصین مذکور باید بدانند:

- چه ماده ای برای هدف آنها مناسب‌تر است؟
- از چه فرایند ساخت و تولیدی می‌توانند برای تولید محصول صنعتی استفاده کنند؟
- چگونه می‌توانند خواص و ویژگی‌های مورد نظر برای محصول صنعتی را مثل: تolerانس‌های ابعادی، شرایط سطحی و ظاهری، طول عمر و کارایی آن را تأمین نمایند؟
- چگونه می‌توان بهره‌برداری مطلوبی از قطعه یا سازه صنعتی داشت؟
- چگونه می‌توان از محصول صنعتی به درستی نگهداری کرد؟
- در صورت صدمه دیدن چگونه می‌توان آن را تعمیر و بازسازی کرد؟
- سازگاری مواد مورد استفاده در ساخت قطعات صنعتی با اجزای دیگر سازه چگونه است؟
- بازیابی مواد و بازگشت آنها به طبیعت و محیط زیست چگونه است؟
- چگونه می‌توان هزینه‌های تولید را کاهش داد؟

بنابراین با پیشرفت علوم و تکنولوژی هر روز بر شمار و تنوع مواد صنعتی افزوده می‌شود و دانشمندان، بیشتر به ارتباط بین خواص مواد و کاربردهای صنعتی آنها پی می‌برند. این موضوع باعث می‌شود علم انتخاب مواد پیچیدگی‌های بیشتری پیدا کند، به طوری که امروزه موضوع انتخاب ماده مناسب برای طراحی و ساخت یک سازه صنعتی به یک رشته تخصصی تبدیل شده است.

در این فصل به‌طور محدود به ویژگی‌ها - ساختار و کاربرد مواد پرداخته و قصد داریم هرچه کوتاه‌تر در باره طبقه‌بندی مواد برای شما هنرجویان مطالبی را بیان نماییم. قبل از آن به تعریف بعضی از خواص مهم مواد اشاره خواهد شد.

## ۱-۲- خواص مواد

### ۱-۲-۱ خواص فیزیکی مواد

خواص فیزیکی باعث تغییر در ساختمان شیمیایی اجسام نمی‌شود. از خواص فیزیکی اجسام می‌توان قابلیت هدایت حرارت، قابلیت هدایت جریان الکتریسیته، جرم مخصوص و نقطه ذوب را نام برد. قابلیت هدایت حرارت: قابلیت هدایت حرارت هر جسم عبارت است از قدرت هدایت حرارت واحد طول جسم بر واحد مساحت مقطع آن. عناصر فلزی از مهم‌ترین هادی‌ها به شمار می‌روند و در بین فلزات به ترتیب نقره، مس و آلومینیم بیشترین قابلیت هدایت حرارتی را دارند.

قابلیت هدایت الکتریسیته: قابلیت هدایت الکتریسیته هر جسم عبارت است از قدرت هدایت الکتریسیته واحد طول جسم بر واحد مساحت مقطع آن. در بین فلزات به ترتیب نقره، مس، و آلومینوم قابلیت هدایت الکتریکی بیشتری دارند.

جرم مخصوص: جرم واحد حجم از هر جسم را جرم مخصوص آن جسم گویند. جرم مخصوص مواد مختلف به نوع ماده و اندازه تراکم ذرات تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. نقطه ذوب: درجه حرارتی که یک ماده از حالت جامد به حالت مایع تبدیل می‌شود نقطه ذوب نام دارد. مواد خالص نقطه ذوب مشخصی دارند؛ به عنوان مثال نقطه ذوب یخ صفر درجه سانتی‌گراد است.

### ۱-۲-۲ خواص مکانیکی مواد

عبارت است از مقاومت فلزات در مقابل تأثیرات عوامل مکانیکی. از خواص مکانیکی می‌توان استحکام، سختی و الاستیسیته را نام برد.

استحکام: مقاومتی که اجسام در مقابل نیروی خارجی از خود نشان می‌دهند استحکام نام دارد؛ و مقدار آن به نحوه تأثیر نیروی خارجی و همچنین به نیروی جاذبه بین مولکولی آنها بستگی دارد.

سختی: مقاومتی که اجسام در مقابل نفوذ جسم خارجی از خود نشان می‌دهند سختی نام دارد.

الاستیسیته: اجسامی یافت می‌شوند که تحت تأثیر نیرو، در آنها تغییر شکل حاصل شده و پس از برداشتن نیرو به حالت اولیه خود برمی‌گردند. این خاصیت برگشت‌پذیری را الاستیسیته می‌نامند. لاستیک و فنر دو نمونه از اجسامی هستند که الاستیسیته خوبی دارند.

### ۱-۲-۳ خواص تکنولوژیکی مواد

قابلیت چکش‌خواری، ریخته‌گری، جوشکاری و براده‌برداری مواد را خواص تکنولوژیکی مواد می‌گویند.

قابلیت چکش‌خواری: قابلیت تغییر شکل مواد را به کمک نیروی فشاری و ضربه، قابلیت چکش‌خواری می‌نامند. به عنوان مثال مس، فولاد و برنج را می‌توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نوردکاری، خمکاری و کوره‌کاری را روی آنها انجام داد. ولی چدن قابلیت چکش‌خواری ندارد.



شکل ۲-۲



شکل ۲-۳



شکل ۲-۴



شکل ۲-۵

قابلیت ریخته‌گری: خاصیت شکل‌پذیری اجسام در حالت مذاب را قابلیت ریخته‌گری می‌نامند برای تهیه قطعاتی که دیواره نازک و شکل پیچیده‌ای دارند باید از موادی که قابلیت ریخته‌گری بهتری دارند استفاده گردد (شکل ۲-۳).

چدن، آلیاژهای آلومینیم، آلیاژهای مس و مواد مصنوعی را می‌توان به راحتی ریخته‌گری کرد.

قابلیت جوشکاری: موادی قابلیت جوشکاری دارند که بتوان آنها را به کمک حرارت یا حرارت توأم با فشار به صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها، مواد مصنوعی و فلزات غیر آهنی قابلیت جوشکاری دارند (شکل ۲-۴).

قابلیت براده‌برداری: جسمی دارای قابلیت براده‌برداری خوبی است که بتوان آن را با سرعت زیاد و نیروی کم براده‌برداری کرد و سطح آن نیز پس از براده‌برداری کاملاً صاف و پرداخت باشد (شکل ۲-۵).

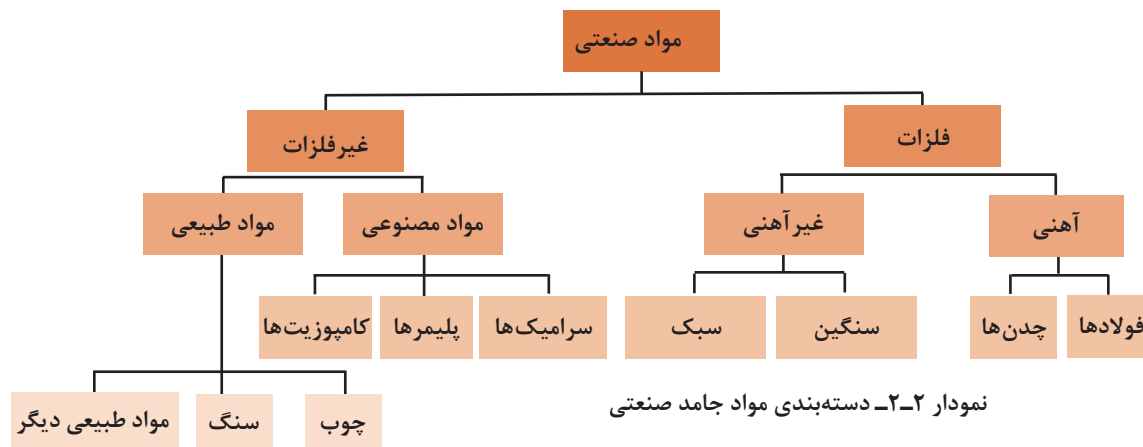
#### ۲-۱-۴ خواص شیمیایی مواد

از مهم‌ترین خواص شیمیایی مواد می‌توان مقاومت در مقابل خوردگی، قابلیت احتراق، مقاومت در مقابل اکسیدشدن و همچنین سمی بودن آنها را نام برد.

مقاومت یک فلز در مقابل عوامل خارجی مانند محیط اطراف شامل هوا، آب، خاک، اسید و... که منجر به اکسیدشدن و خوردگی می‌گردد را می‌توان به کمک آلیاژ کردن افزایش داد.

## ۲-۲ دسته‌بندی مواد جامد صنعتی

مواد جامد صنعتی را به صورت‌های مختلفی می‌توان تقسیم‌بندی کرد. در حالت کلی می‌توان آنها را به دو دسته اصلی شامل: فلزات و غیر فلزات تقسیم کرد و سپس مطابق نمودار ۲-۲ به اجزای کوچک‌تری تقسیم‌بندی نمود.



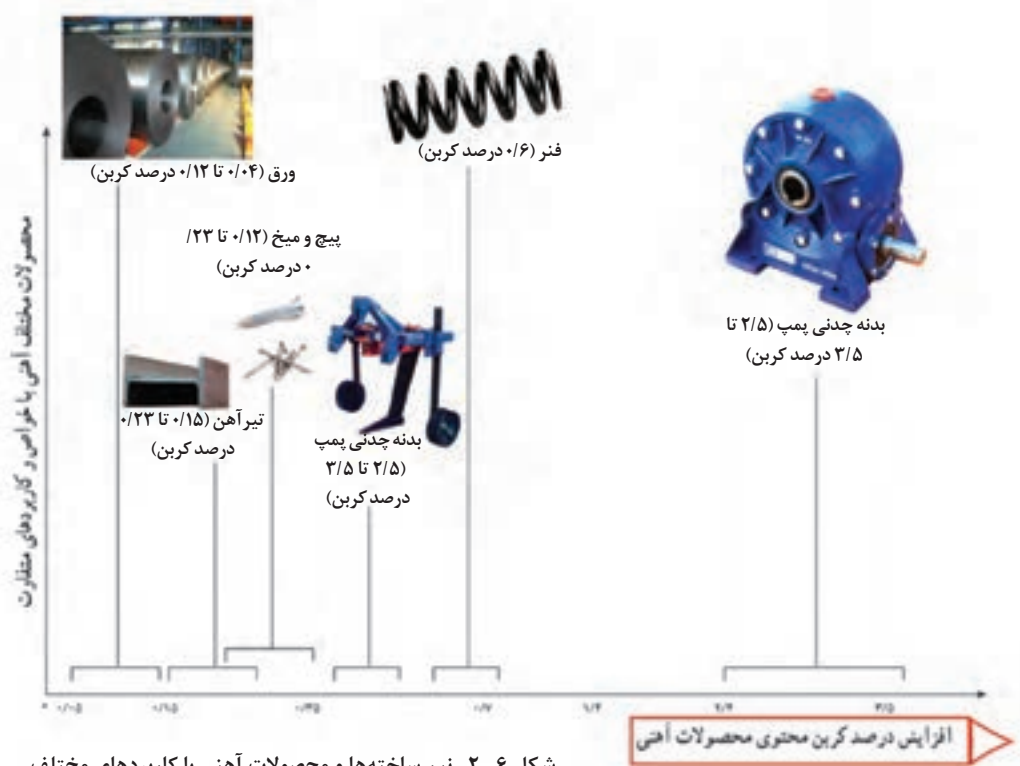
## ۲-۲-۱- فلزات

از زمانی که بشر فلز را شناخت، متالورژی را به عنوان یک علم و تکنولوژی فرا گرفت. به طور کلی علم شناخت، استخراج و کار روی فلزات را متالورژی یا فلز شناسی می گویند و فلزات دسته‌ای از مواد صنعتی هستند که دارای خواص ویژه‌ای می‌باشند؛ از نظر خواص فیزیکی به جز جیوه که مایع می‌باشد بقیه آنها در دمای محیط جامد هستند و ساختار بلوری دارند. فلزات همچنین قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی زیاد و دمای ذوب و جوش، گرمای نهان تبخیر، جرم حجمی و سختی به نسبت بالایی دارند.

از نظر خواص مکانیکی عناصر فلزی به طور کلی انعطاف پذیرند، قابلیت شکل پذیری، خاصیت چکش خواری، صیقل پذیری، تورق و مفتول شدن آنها زیاد است و نیز در مقابل ضربه، فشار و کشش مقاوم اند. فلزات و آلیاژهای آنها را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود. گروه اول فلزات آهنی و گروه دوم فلزات غیرآهنی نامیده می‌شوند.

## ۲-۳- فلزات آهنی

پرکاربردترین مواد صنعتی، آلیاژهای آهن می‌باشند که به دلیل پایین بودن خواص مکانیکی مثل: سختی و استحکام، آهن خالص کاربرد چندانی ندارد. بنابراین آنچه ما در اطراف خود از وسایل آهنی می‌بینیم مثل: میز، صندلی، در و پنجره، دوچرخه، موتورسیکلت، اتومبیل و غیره در حقیقت از فولاد (آلیاژهای آهن) ساخته شده‌اند. آلیاژهای آهن در صنعت به دو صورت فولادها و چدن‌ها (آلیاژ آهن-کربن و سیلیسیم همراه با عناصر دیگر هستند)، مورد استفاده قرار می‌گیرند که در شکل (۲-۶) چند محصول با درصدهای مختلف کربن نشان داده شده است.



## دسته‌بندی فلزات آهنی

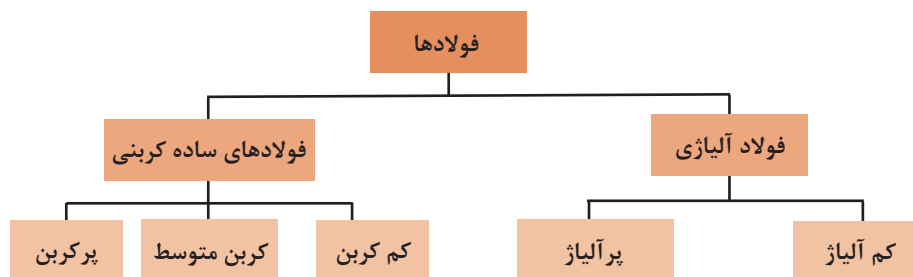
کربن و دیگر عناصر آلیاژی در ترکیب با آهن طیف گسترده‌ای از خواص را در فلزات آهنی ایجاد می‌کنند که می‌توان با شناخت این خواص از آنها در صنایع مختلف استفاده نمود. فلزات پایه آهنی براساس میزان کربن به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند (نمودار ۲-۳).

فولادها	به‌طور معمول کمتر از ۲ درصد کربن دارند
چدن‌ها	بیش از ۲ درصد تا حدود ۶ درصد کربن دارند

نمودار ۲-۳- دسته‌بندی فلزات پایه آهنی بر حسب مقدار کربن

## فولاد

به طور کلی می‌توان فولادها را مطابق نمودار (۲-۴) تقسیم‌بندی کرد.



نمودار ۲-۴- تقسیم‌بندی فولادها

## فولادهای ساده کربنی

فولادهای ساده کربنی به آن دسته از فولادها اطلاق می‌شود که کربن اصلی‌ترین و مؤثرترین عنصر آلیاژی آن می‌باشد و با افزایش میزان کربن استحکام فولاد افزایش پیدا می‌کند. فولادهای ساده کربنی مطابق نمودار (۲-۵) به سه گروه تقسیم می‌شوند.

فولادهای ساده کربنی	کم کربن	میزان کربن در حد کمتر از ۰/۲۵ درصد است
	کربن متوسط	میزان کربن حدود ۰/۲۵ درصد تا ۰/۶۵ درصد می‌باشد.
	پرکربن	میزان کربن به‌طور معمول بیشتر از ۰/۶۵ درصد می‌باشد.

نمودار ۲-۵- تقسیم‌بندی انواع فولادهای ساده کربنی



### الف - فولاد ساده کم کربن

این نوع فولاد که برای عموم قطعات مهندسی، سازه‌ها و پل‌ها، صنایع کشتی‌سازی و بدنه واگن‌ها و... به کار می‌روند، از خواص شکل‌پذیری، ماشین‌کاری، جوشکاری و مغناطیسی خوب برخوردار می‌باشند (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷- کاربرد فولادهای ساده کم کربن

### ب - فولادهای ساده کربن متوسط

در صنایع حمل و نقل به خصوص راه آهن (چرخ و محور واگن‌ها)، قطعات خودرو و ماشین‌آلات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فولادها علاوه بر داشتن خواص ماشین‌کاری و جوشکاری مناسب از قابلیت سختی‌پذیری بالایی برخوردار هستند (شکل ۲-۸).



ب) سازه‌های مربوط به فراوری مواد معدنی

الف) اکسل عقب و دیفرانسیل اتومبیل

شکل ۲-۸- کاربرد فولادهای ساده کربن متوسط

### ج - فولادهای ساده پرکربن

در مواردی که به سختی بالایی نیاز باشد از فولادهای ساده پرکربن استفاده می‌شود مانند تیغ‌های برش، غلتک نورد و... که در شکل ۲-۹ دو نمونه از این قطعات صنعتی نشان داده شده است.

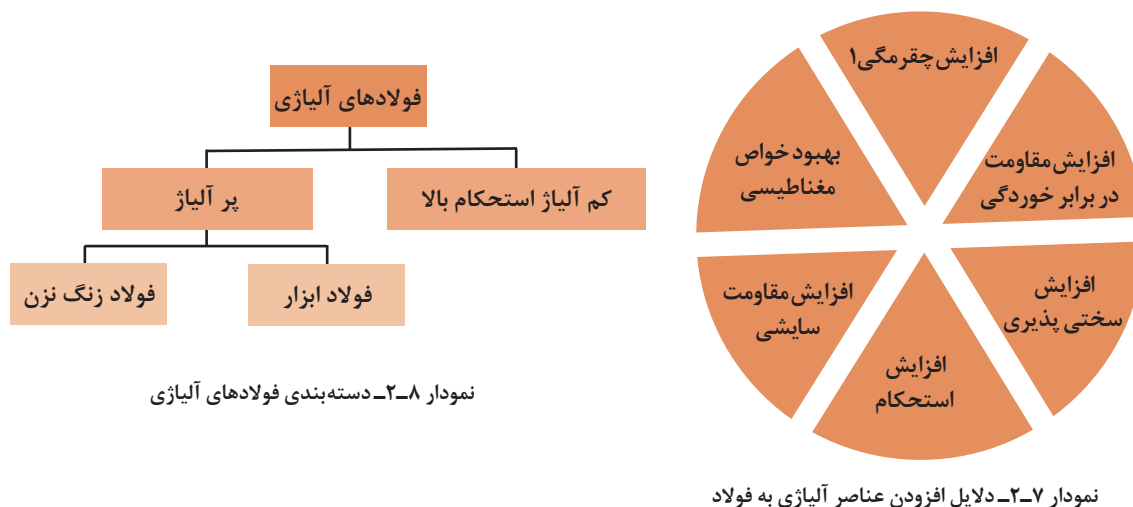
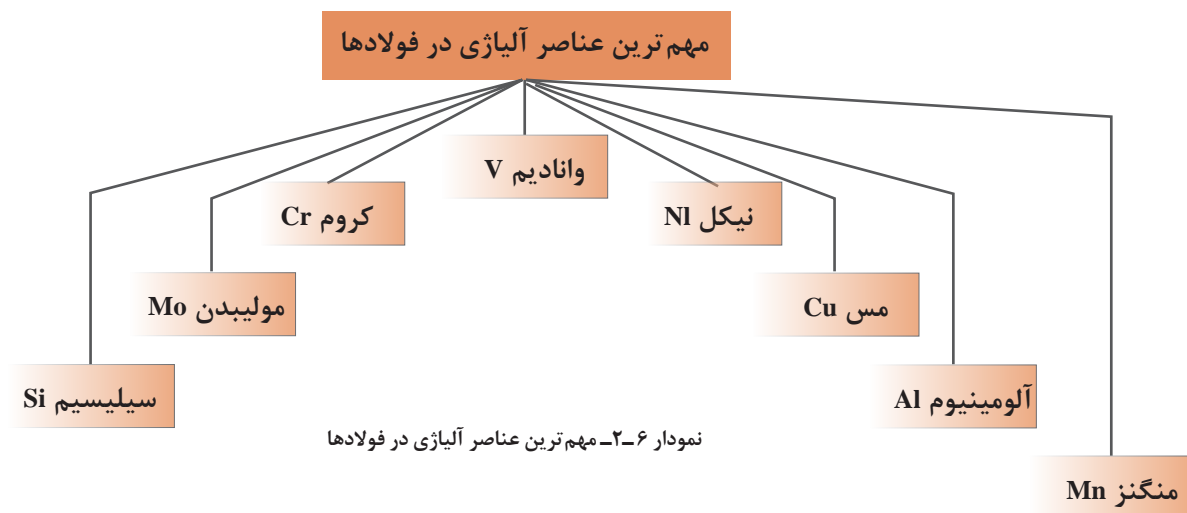


شکل ۲-۹- کاربرد فولادهای ساده پرکربن



## فولادهای آلیاژی

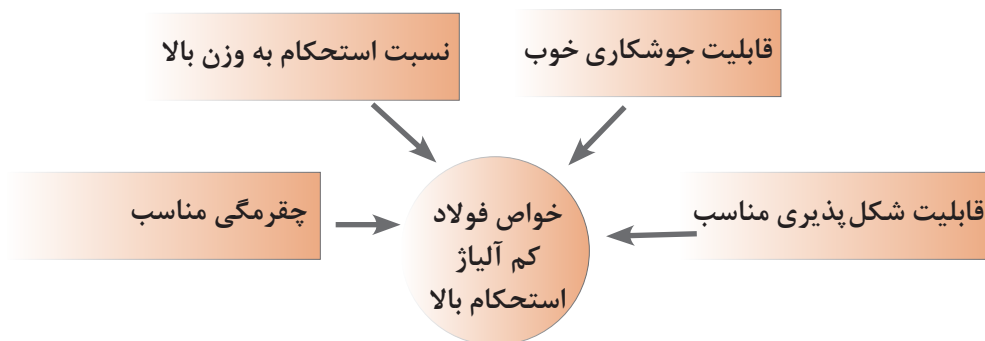
برای بهبود خواص فولادها که در نمودار (۲-۷) به دلایل اصلی آن اشاره شده است. عناصری آلیاژی به آن افزوده می‌شود که مهم‌ترین عناصر آلیاژی در نمودار (۲-۶) مشاهده می‌شوند.  
مهم‌ترین عناصر آلیاژی در فولادها



فولادهای آلیاژی را می‌توان مطابق نمودار (۲-۸) تقسیم‌بندی کرد.

۱- چقرمگی یا تافنس (Toughness): در علم متالورژی و مواد به مقاومت ماده در برابر شکست در اثر اعمال تنش گفته می‌شود و به صورت میزان انرژی جذب شده قبل از شکست در واحد حجم تعریف می‌شود. این کمیت را می‌توان از طریق محاسبه سطح زیر منحنی تنش - کرنش محاسبه کرد. بنابراین هرچه چقرمگی ماده‌ای بیشتر باشد انرژی لازم برای شکست آن بیشتر است.

**الف - فولاد کم آلیاژ استحکام بالا (HSLA)<sup>۱</sup>**  
 این نوع فولاد که فولاد میکرو آلیاژی نیز نامیده می‌شود، نوعی فولاد آلیاژی است که با افزودن مقدار اندکی از عناصر آلیاژی نظیر مولیبدن، وانادیوم و تیتانیوم تهیه می‌شود (مجموع عناصر آلیاژی در این دسته از فولادها کمتر از ۵ درصد است). فولادهای میکروآلیاژی نسبت به دیگر فولادها دارای خواص منحصر به فردی می‌باشند، که در نمودار (۲-۹) نمایش داده می‌شود.



نمودار ۲-۹- خواص منحصر به فرد فولاد کم آلیاژ استحکام بالا

**ب - فولادهای ابزار<sup>۲</sup>**  
 فولادهای ابزار گروهی از فولادها هستند که در ساخت ابزار مانند تیغه اره، تیغه قیچی، سوهان، شکل (۲-۱۰) قلم‌تراش، سوزن خط‌کشی و قالب‌های نورد و پرس مورد استفاده قرار می‌گیرند. سختی پذیری بالا، مقاومت سایشی مناسب، پایداری ابعاد خوب (انقباض و انبساط کم) و قابلیت عملیات حرارتی از جمله خواص مهم فولاد ابزار می‌باشد.  
 میزان کربن این نوع فولادها از حدود ۰.۳۵ درصد تا حدود ۱/۲۵ درصد متغیر است و بسته به نوع فولاد ابزار ممکن است دارای عناصر آلیاژی خاص مثل: تنگستن، کروم، وانادیوم و مولیبدن نیز باشند.

مهم‌ترین ویژگی این فولادها بالا بودن نسبت استحکام به وزن و چقرمگی مناسب می‌باشد. بنابراین در صنایعی که کاهش وزن مورد توجه است، استفاده از میکروآلیاژها مرسوم می‌باشد. به عنوان مثال در صنایع خودروسازی برای انتخاب ورق بدنه خودرو معیار اصلی دارا بودن استحکام بالا و به همراه وزن کم می‌باشد که از ورق‌های HSLA با ضخامت کم استفاده می‌شود.  
 فولادهای میکرو آلیاژی بدون شک یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های علم متالورژی در نیم قرن اخیر بوده است. این فولادها یک ترکیب عالی از خواص مختلف از جمله استحکام، انعطاف‌پذیری، چقرمگی، شکل‌پذیری و جوش‌پذیری را دارا می‌باشد.



شکل ۲-۱۰- کاربردهای فولاد ابزار

1- High Strength Low Alloy

2- Tool Steel



### ج - فولاد زنگ نزن<sup>۱</sup>

فولادهای زنگ نزن از جمله فولادهای آلیاژی می‌باشند که مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارند. فولادهای زنگ نزن حاوی حداقل ۱۰ درصد کروم هستند که عامل اصلی مقاومت در برابر خوردگی است. همچنین عناصر دیگری مانند نیکل و مولیبدن نیز به آن افزوده می‌شود. نمونه‌هایی از کاربرد فولادهای زنگ نزن در نمودار (۱۰-۲) آورده شده است.

### چدن

چدن‌ها دسته‌ای از آلیاژهای آهنی محتوی کربن و سیلیسیم هستند که مقدار کربن در آنها بیشتر از ۲/۱۴ درصد است (به‌طور معمول بین ۳-۴/۵ درصد کربن دارند). همچنین ممکن است برحسب کاربرد دارای عناصر دیگری مثل کرم، منگنز و غیره به ترکیب چدن‌ها اضافه شود.

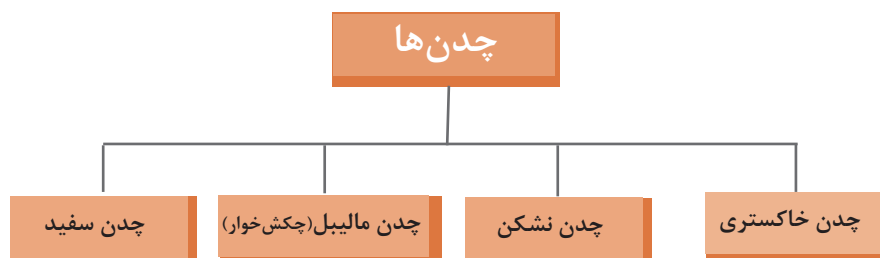
نقطه ذوب چدن‌ها نسبت به فولادها به مراتب کمتر است (حدود ۱۱۵۰ الی ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد). بنابراین به راحتی ذوب و ریخته‌گری می‌شوند، اما چدن‌ها ترد و شکننده‌اند. از این رو ساده‌ترین روش ساخت و تولید قطعات چدنی ریخته‌گری است.

دسته‌بندی چدن‌ها: یک روش ساده و متداول برای دسته‌بندی چدن‌ها، شکل ذرات گرافیت در ساختار چدن و رنگ ظاهر سطح مقطع شکست آنها می‌باشد. شکل (۱۱-۲) فرم‌های مختلف ذرات گرافیت در ساختار چدن‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۲ ساختار چدن‌ها و شکل ذرات گرافیت آزاد

براساس توضیحات ذکر شده چدن‌ها را مطابق نمودار (۲-۱۱) می‌توان به چهار دسته تقسیم نمود.



نمودار ۲-۱۱ - تقسیم‌بندی چدن‌ها

#### الف - چدن سفید

چدن ذرات گرافیت به صورت کروی شکل یا شبیه کره می‌باشند. استحکام و انعطاف‌پذیری چدن نشکن نسبت به چدن خاکستری بیشتر است لذا کاربرد گسترده این چدن‌ها در مواردی مثل شیرآلات، پمپ، میل لنگ، چرخ دنده و ماشین‌آلات صنعتی مشابه است.

سطح مقطع شکست آلیاژ، سفید رنگ است و تمام کربن موجود در آلیاژ به صورت ترکیب با آهن ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) می‌باشد. چدن سفید بسیار ترد و شکننده است و در مواردی که هدف مقاومت در برابر سایش و سختی مد نظر می‌باشد مثل غلطک‌های دستگاه نورد کاربرد دارد.

#### د - چدن مالیبیل یا چکش‌خوار

#### ب - چدن خاکستری

چنانچه چدن سفید برای مدت نسبتاً طولانی در دمای حدود ۷۰۰ یا ۸۰۰ درجه سانتیگراد قرار گیرد کاربید آهن ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) موجود در ساختار چدن تجزیه شده و ذرات گرافیت خوشه‌ای شکل تشکیل می‌شود. این چدن‌ها از استحکام و انعطاف‌پذیری یا چکش‌خواری مناسبی برخوردار می‌باشند و در مواردی مثل شاتون، چرخ دنده‌های انتقالی نیرو، تجهیزات راه آهن و به طور کلی در قطعات مهندسی تحت شرایط سخت کاری کاربرد دارند.

سطح مقطع شکست آلیاژ، خاکستری رنگ است چون بخشی از کربن موجود در آلیاژ به صورت گرافیت ورقه‌ای یا رشته‌ای شکل درآمده است. چدن خاکستری قابلیت بالایی در جذب ارتعاشات دارد و از استحکام و سختی مناسبی نیز برخوردار است. لذا در مواردی مثل بدنه دستگاه‌های تراش و فرز کاربرد دارد.

#### ج - چدن نشکن یا گرافیت کروی

چنانچه به ترکیب مذاب چدن خاکستری قبل از ریخته‌گری مقدار اندکی منیزیم یا سدیم اضافه شود باعث می‌شود شکل ذرات گرافیت تغییر کند. در این نوع

جدول ۲-۱ به طور نمونه کاربرد انواع چدن در صنایع گوناگون را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- کاربرد انواع چدن در صنایع گوناگون

نوع چدن	تصویر نمونه کاربردی
چدن چکش خوار (مالیبل)	
چدن خاکستری	
چدن سفید	
چدن نشکن (گرافیت کروی)	

## ۲-۴- فلزات غیر آهنی

فلزات غیر آهنی عبارت‌اند از: تمام فلزات و آلیاژهایی که بخش اصلی تشکیل‌دهنده ترکیب آنها عنصری غیر از آهن باشد. فلزات غیر آهنی به دلایل مختلف از جمله اینکه، مقدار آنها در طبیعت کمتر یافت می‌شود و یا مراحل استخراج آنها پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر است و یا از نظر خواص موردنظر ضعیف‌تر می‌باشند نسبت به فلزات آهنی موارد کاربرد کمتری در صنعت دارند و یا در موارد و کاربردهای مخصوصی به کار می‌روند که خواص ویژه‌ای موردنظر باشد مثل: آلیاژهای مس، آلومینیوم، منیزیم، روی، نیکل و غیره. فلزات غیر آهنی براساس جرم حجمی به دو دسته فلزات سنگین (جرم حجمی آنها بیشتر از ۵ گرم بر میلی‌متر مکعب است) مانند: مس، قلع، سرب، برنج و فلزات سبک (جرم حجمی آنها کمتر از ۵ گرم بر میلی‌متر مکعب است) نظیر: آلومینیوم، منیزیم و تیتانیوم تقسیم‌بندی می‌شوند که در شکل (۲-۱۲) مواردی از کاربردهای صنعتی فلزات غیر آهنی نشان داده شده است.



مس در صنایع برق



آلومینیوم در صنایع ساختمان



تیتانیوم در صنایع هوافضا

شکل ۲-۱۲- کاربرد فلزات غیر آهنی در ساخت سازه‌های صنعتی



## آلومینیوم

در صنعت، آلومینیوم پس از فولاد در ردیف دوم از نظر پرکاربردترین فلز قرار دارد. توسعه سریع آلومینیوم مربوط به خواص ویژه آن است. جرم حجمی آلومینیوم در حدود یک سوم فولاد یا مس می باشد ولی نسبت استحکام به وزن بعضی از آلیاژهای آلومینیوم از فولاد بیشتر است. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای هدایت الکتریکی و گرمایی مناسب و منعکس کننده خوبی برای نور و گرما می باشند. آلومینیوم و آلیاژهای آن مقاومت به خوردگی و قابلیت ریخته گری مناسب و شکل پذیری خوبی برای تولید مقاطع مختلف نظیر: لوله، پروفیل، نبشی و.... دارند. جداول (۲-۲) خصوصیات آلومینیوم را نشان می دهد.

جدول ۲-۲- خواص فیزیکی مهم آلومینیوم

نام، علامت اختصاری	Aluminum, Al
جرم حجمی	$2.7 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	نقره ای
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	$960^\circ \text{C}$
رسانایی الکتریکی	$37.7 \times 10^6$ زیمنس <sup>۱</sup>
رسانایی گرمایی	$237 \text{ W/m} \times ^\circ \text{K}$
ساختار کریستالی	Fcc
ظرفیت گرمایی ویژه	$900 \text{ J/Kg} \times ^\circ \text{K}$

در جدول (۲-۳) دلایل و موارد کاربرد آلیاژهای آلومینیومی در صنایع مختلف نشان داده شده است.

جدول ۲-۳- کاربرد آلومینیوم در صنایع مختلف

کاربرد	دلیل استفاده و نمونه کاربرد صنعتی
صنایع هوا و فضا (هواپیماها و راکت ها)	 <ul style="list-style-type: none"> <li>● سبک بودن</li> <li>● بالا بودن نسبت استحکام به وزن</li> </ul>
صنایع حمل و نقل (ریلی و خودرو)	 <ul style="list-style-type: none"> <li>● بالا بودن نسبت استحکام به وزن</li> <li>● مقاومت به خوردگی بالا</li> </ul>

۱- زیمنس واحد رسانایی جریان الکتریسته و معادل  $\frac{1}{\text{اهم}}$  است.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● مقاومت به خوردگی بالا</li> <li>● بالا بودن نسبت استحکام به وزن</li> </ul>	صنایع کشتی سازی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● مقاومت در برابر خوردگی</li> <li>● سبکی</li> <li>(موجب کاهش هزینه های حمل و نقل می شود)</li> <li>● به راحتی استریلیزه می شود</li> </ul>	صنایع بسته بندی

### مس

مس یکی از فلزات مهم صنعتی است که در حالت غیر آلیاژی و همچنین به صورت آلیاژی کاربرد وسیعی دارد. فلز مس قرمز رنگ است و از خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار بالایی برخوردار است، به طوری که در بین فلزات، تنها خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی نقره از مس بیشتر است. شکل (۲-۱۳) چند نمونه قدیمی از سازه های مسی را نشان می دهد. و جدول (۲-۴) خصوصیات مس را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۳- چند سازه مسی مربوط به دوران قدیم

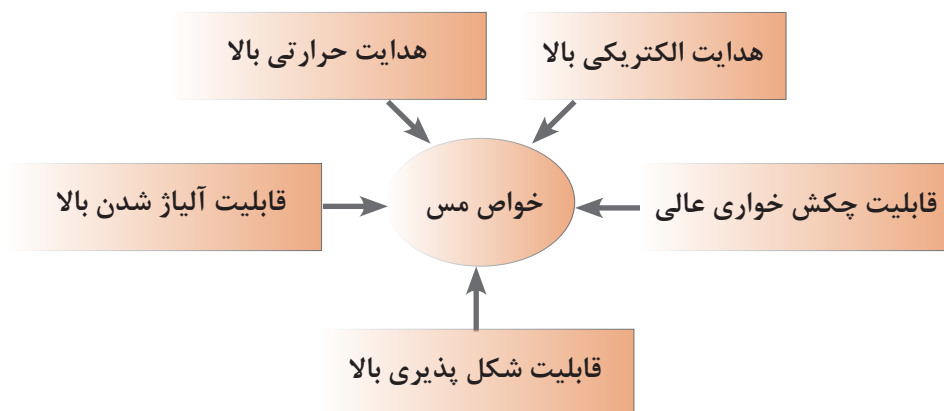
جدول ۲-۴- خصوصیات مس

نام و علامت اختصاری	Copper, Cu
جرم حجمی	$8.92 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	قرمز
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	$1084^\circ\text{C}$
رسانایی الکتریکی	$59.6 \times 10^6$ زیمنس / اهم
رسانایی گرمایی	$401 \text{ W/m} \times ^\circ\text{K}$

با نگاه به خواص مس که در نمودار (۲-۱۲) آمده است، می‌توان به نقش مس و آلیاژهای آن به عنوان یک فلز غیرآهنی مهم صنعتی پی برد.

کاربردهای مس

باتوجه به خواص مطلوب مس از آن در صنایع مختلف استفاده می‌شود که در نمودار (۲-۱۳) و شکل (۲-۱۴) موارد مهم و پرکاربرد مس و آلیاژهای آن را نشان می‌دهد.



نمودار ۲-۱۲- ویژگی‌های خوب فلز مس



نمودار ۲-۱۳- صنایعی که از مس و آلیاژهای آن به صورت گسترده استفاده می‌کنند.



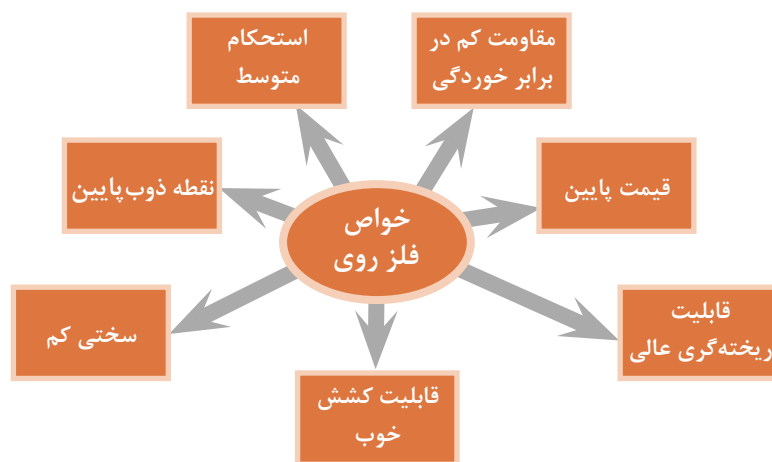
شکل ۲-۱۴- چند نمونه از کاربردهای صنعتی مس و آلیاژهای آن

## روی

جدول (۲-۵) ویژگی‌های فیزیکی مهم فاز روی و نمودار (۲-۱۴) خواص صنعتی آن را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۵- ویژگی‌های مهم روی

نام، علامت اختصاری	Zinc, Zn
جرم حجمی	$7/14 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	خاکستری کم‌رنگ مایل به آبی
حالت ماده	جامد دیامغناطیس
نقطه ذوب	$692/68^\circ \text{K}$
رسانایی الکتریکی	$10^6 \times 6 \times 10^6$ زیمنس
رسانایی گرمایی	$116 \text{ W/m} \times ^\circ \text{K}$



نمودار ۲-۱۴- خواص فلز روی

وسیعی دارند. علاوه بر روش غوطه‌وری گرم، از روش آبکاری و پاشش حرارتی نیز برای پوشش روی، در سطح فولاد استفاده می‌شود. پوشش گالوانیزه می‌تواند از خوردگی سازه فولادی در شرایط اتمسفری و یا در زیر خاک ممانعت کند. برای مثال دکل‌های انتقال نیرو در شرایط اتمسفری مقاوم است و دچار زنگ‌زدگی نمی‌شوند. شکل (۲-۱۵) خط تولید ورق و قوطی‌های گالوانیزه را نشان می‌دهد.

باتوجه به خواص فلز روی از این فلز بیشتر برای پوشش قطعات فولادی به‌منظور حفاظت در برابر خوردگی استفاده می‌شود.

### گالوانیزه کردن

پوشش دادن سازه‌های فولادی را در حمام روی مذاب، فرایند گالوانیزه (غوطه‌وری گرم) می‌گویند، در نتیجه این عمل لایه‌ای چسبنده، روی سطح فولاد تشکیل می‌شود. لوله‌ها و ورقه‌های گالوانیزه در صنایع مختلف کاربرد



شکل ۱۵-۲ خط گالوانیزه کردن ورق و قوطی‌های فولادی

## قلع

قلع فلز دیگری است که در پوشش‌های مقاوم به خوردگی (قلع اندود کردن)، آلیاژسازی، لحیم‌کاری و غیره کاربرد دارد. جدول (۲-۶) خصوصیات فیزیکی مهم فلز قلع را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۶- خصوصیات فیزیکی مهم قلع

نام، علامت اختصاری	Tin, Sn
جرم حجمی	$73/1 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	خاکستری درخشان (نقره‌ای)
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	$132^\circ \text{C}$
رسانایی الکتریکی	$9/17 \times 10^6$ زیمنس
رسانایی گرمایی	$66/6 \text{ (W/m)} \times ^\circ \text{K}$

برای ظروف بسته‌بندی غذا استفاده می‌شوند. کاربرد دیگر قلع در آلیاژهای یاتاقان می‌باشد (یاتاقان‌ها سطوح کم اصطکاک مناسبی برای نگهداری قطعات در حال چرخش یا لغزش ایجاد می‌کنند). همچنین قلع در لحیم‌کاری نرم نیز به‌عنوان یکی از عناصر تشکیل‌دهنده لحیم مورد استفاده فراوان است. شکل (۱۶-۲) کاربرد ورق‌های قلع اندود را در صنایع بسته‌بندی نشان می‌دهد.

قلع استحکام کمی دارد اما در ترکیب با فلزات دیگر مثل مس، سرب، تیتانیوم و روی باعث افزایش سختی و استحکام آنها می‌شود. از عمده‌ترین کاربردهای قلع پوشش‌دهی ورق‌های فولادی به‌خاطر افزایش مقاومت در برابر خوردگی است. نکته قابل توجه این است که ورق‌های فولادی قلع اندود به‌راحتی قابلیت فرم‌دهی، جوشکاری و لحیم‌کاری دارند. بیشتر صفحات قلع اندود شده



شکل ۱۶-۲- کاربرد ورق قلع اندود در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی

### سایر فلزات غیر آهنی

سایر فلزات غیر آهنی متناسب با خواص و ویژگی‌های مربوط به خود به‌صورت خالص یا آلیاژ در ساخت و تولید سازه‌های مختلف صنعتی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند. در جدول ۷-۲ برخی از خواص سایر فلزات غیر آهنی همراه با مهم‌ترین موارد کاربرد آنها در صنایع آورده شده است.

جدول ۷-۲- خواص و موارد کاربرد صنعتی برخی از فلزات غیر آهنی

فلز	خواص	موارد کاربرد صنعتی
نیکل جرم حجمی: $8/85 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $1450^\circ\text{C}$	- هادی جریان الکتریسیته - مقاوم در برابر اکسیداسیون - براق	- تولید فولاد زنگ‌نزن - سکه - باطری قابل شارژ - ابزار ریخته‌گری و فلزکاری - کاتالیزور - ظروف آزمایشگاه‌های شیمی - آبکاری الکتریکی
کبالت جرم حجمی: $8/6 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $1490^\circ\text{C}$	- فرومغناطیسی - مقاوم در مقابل فرسایش - براق	- قطعات توربین - کاتالیزور در صنایع شیمیایی - هواپیما (آلیاژهای دیرگداز) - رنگ‌سازی - آهن ربا - باطری‌سازی
کرم جرم حجمی: $6/8 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $1900^\circ\text{C}$	- سخت - براق - غیر قابل جوشکاری - مقاوم در برابر خوردگی - مقاوم در برابر اکسیداسیون	- قالب پخت آجر - سبز کردن رنگ شیشه - نوارهای مغناطیسی

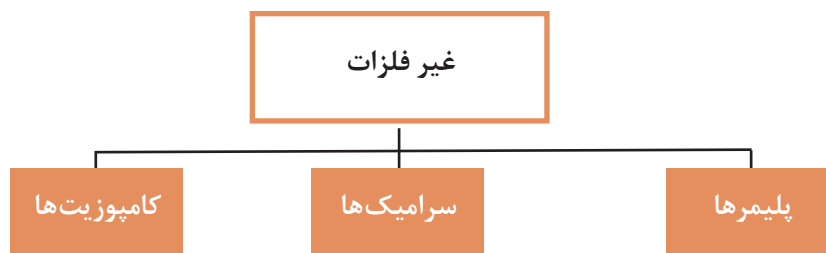


<ul style="list-style-type: none"> <li>- موتور و هواپیما</li> <li>- ماشین‌های نساجی</li> <li>- تجهیزات شیمیایی</li> <li>- وسایل جراحی</li> <li>- وسایل ارتوپدی</li> <li>- نیروگاه اتمی و حرارتی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- استحکام بالا</li> <li>- مقاوم درمقابل خوردگی</li> <li>- قابل جوشکاری</li> <li>- عملیات حرارتی پذیر</li> <li>- شکل پذیری</li> <li>- مقاوم در برابر سایش</li> </ul>	<p>تیتانیوم</p> <p>جرم حجمی: <math>4.51 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>1700^\circ \text{C}</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- مواد دیر گداز</li> <li>- آلیاژ سازی</li> <li>- فلاش دوربین عکاسی</li> <li>- منور بمب‌های آتش‌زا</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سبک</li> <li>- استحکام پایین</li> <li>- قابل اشتغال</li> </ul>	<p>منیزیم</p> <p>جرم حجمی: <math>1.74 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>650^\circ \text{C}</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- آلیاژ سازی</li> <li>- پیل‌های خشک</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سخت</li> <li>- شکننده</li> <li>- فرومغناطیس</li> </ul>	<p>منگنز</p> <p>جرم حجمی: <math>7.4 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>1250^\circ \text{C}</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- پوشش مقاوم به سایش</li> <li>- آلیاژ سازی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سخت</li> <li>- مقاوم در برابر فرسایش</li> </ul>	<p>تنگستن</p> <p>جرم حجمی: <math>19 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>3370^\circ \text{C}</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- تولید فولاد آلیاژی</li> <li>- تولید الکترودهای لامپ‌های اشعه ایکس</li> <li>- کاربرد در دماهای بالا</li> <li>- قطعات دمای بالا در دستگاه رادار</li> <li>- المنت حرارتی در کوره‌ها</li> <li>- لوازم آزمایشگاهی دما بالا</li> <li>- پوشش پیستون‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- چکش خواری</li> <li>- قابلیت شکل‌دهی</li> <li>- قابل جوشکاری</li> <li>- هدایت الکتریکی و حرارتی خوب</li> </ul>	<p>مولیبدن</p> <p>جرم حجمی: <math>10.3 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>2600^\circ \text{C}</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- تولید فولادهای آلیاژی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انبساط حرارتی کم</li> <li>- مقاوم در برابر خوردگی</li> <li>- چکش خواری</li> </ul>	<p>وانادیم</p> <p>جرم حجمی: <math>5.7 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>1715^\circ \text{C}</math></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- پوشش ورق‌های فولادی</li> <li>- مخازن مقاوم در مقابل اسیدها</li> <li>- صفحات باتری</li> <li>- حروف چاپ</li> <li>- تهیه پوشش‌های ضد پرتو رادیواکتیو</li> <li>- تهیه لوله‌های فاضلاب</li> <li>- پوشش محافظ کابل‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مقاوم در برابر خوردگی</li> <li>- چکش خواری</li> <li>- مقاوم در برابر اسیدها</li> </ul>	<p>سرب</p> <p>جرم حجمی: <math>11.3 \text{ gr/cm}^3</math></p> <p>نقطه ذوب: <math>327^\circ \text{C}</math></p>

جیوه جرم حجمی: $13/55 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $-38/8^\circ \text{C}$	- مایع در دمای محیط - انبساط حرارتی زیاد	- لامپ‌های بخار جیوه - دماسنج و فشار سنج‌ها - کلیدهای الکتریکی - آمالگام (ملقمه) دندان پزشکی
بریلیم جرم حجمی: $1/9 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $1280^\circ \text{C}$	- چگالی کم - مقاومت در برابر اکسیداسیون - هدایت بالا - خاصیت الاستیک بالا	- صنایع هواپیمایی - صنایع حمل و نقل - قطعات کامپیوتر - راکتورهای هسته‌ای
نقره جرم حجمی: $10/5 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $960^\circ \text{C}$	- هدایت الکتریکی بالا - قابلیت مفتول شدن - قابلیت ورقه شدن	- ساخت آئینه - تهیه فیلم‌ها و کاغذهای حساس عکاسی - ساخت وسایل تزئینی و تهیه جواهرات
طلا جرم حجمی: $19/2 \text{ gr/cm}^3$ نقطه ذوب: $1063^\circ \text{C}$	- هدایت الکتریکی و حرارتی بالا - مقاوم در برابر اکسیداسیون - چکش خواری عالی - بسیار نرم	- جواهر سازی - ساخت زینت آلات - کاربرد در صنایع الکترونیکی - آب طلاکاری

## ۵-۲- غیر فلزات

غیر فلزات دسته دوم مواد جامد صنعتی را تشکیل می‌دهند که می‌توان آنها را به دو دسته غیر فلزات طبیعی و مصنوعی دسته‌بندی نمود. غیر فلزات طبیعی شامل موادی مانند: چوب، سنگ، پروتئین، پشم، ابریشم، پنبه، کتان، لاستیک طبیعی یا کائوچو و امثال آنها هستند که در صنایع مختلف نظیر: نساجی، ساختمان و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند و غیر فلزات مصنوعی به تمام مواد غیرفلزی ساخته شده دست بشر اطلاق می‌شود که مطابق نمودار (۲-۱۵) می‌توان آنها را در سه دسته پلیمرها، سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها جای داد.



نمودار ۲-۱۵- تقسیم‌بندی مواد غیرفلزی



## الف - پلیمرها

پلیمرها (درشت مولکول‌ها) مولکول‌های بزرگی هستند که از به هم چسبیدن تعداد زیادی مولکول‌های کوچک‌تر تشکیل می‌شوند. مولکول‌های کوچک را مونومر و عمل اتصال و پیوند آنها را پلیمر شدن می‌گویند. در شکل (۲-۱۷) بخشی از یک مولکول پلیمری (تفلون) نشان داده شده است. چنانچه واحدهای سازنده یک پلیمر (مونومر) از یک نوع باشند آن را همونومر و اگر مونومرهای تشکیل‌دهنده یک پلیمر متفاوت باشند به آن کوپلیمر گفته می‌شود. بنابراین وزن مولکولی پلیمرها بستگی به نوع و تعداد مونومرهای تشکیل‌دهنده آن دارد.

شکل ۲-۱۷- بخشی از یک مولکول پلیمری (تفلون)

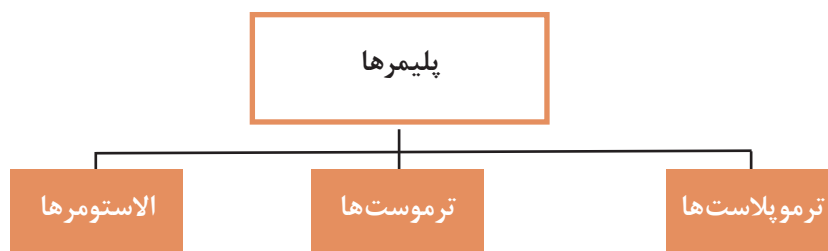
پلیمرها را می‌توان به صورت‌های مختلف تقسیم‌بندی کرد. در حالت کلی می‌توان آنها را به دو دسته پلیمرهای طبیعی و پلیمرهای مصنوعی تقسیم کرد. پلیمرهای طبیعی به طور مستقیم از گیاهان و حیوانات به دست می‌آیند نظیر: چوب، چرم، پشم، پنبه، ابریشم، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، ولی پلیمرهای مصنوعی از مولکول‌های کوچک (مونومر) در واحدهای پتروشیمی ساخته می‌شوند. مواد پلیمری به دلیل خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب، کاربرد وسیعی در صنایع مختلف از جمله در ساخت وسایل خانگی، اسباب بازی‌ها، بسته‌بندی‌ها، کیف و چمدان، کفش، میز و صندلی، شیلنگ‌ها و لوله‌های انتقال آب، رنگ‌های محافظ و تزئینی، لاستیک اتومبیل و غیره دارند. همچنین پلیمرها پایداری خوبی در مقابل مواد شیمیایی دارند. بعضی از آنها شفاف بوده و می‌توانند جایگزین شیشه شوند. اغلب پلیمرها عایق الکتریکی هستند. اما پلیمرهای خاصی نیز وجود دارند که تا حدی قابلیت هدایت الکتریکی دارند. تفلون از جمله مواد پلیمری است که به دلیل ضریب اصطکاک پایینی که دارد به عنوان پوشش برای جلوگیری از چسبیدن مواد غذایی در وسایل پخت و پز استفاده می‌شود. پلیمرهای صنعتی طی سال‌های اخیر توانسته اند با توجه به تنوع و گستردگی در خواص و ویژگی‌های خود باعث تحول بزرگی در عرصه مواد صنعتی شوند. به طوری که امروزه در بسیاری موارد به دلیل خواص بهتر و هزینه کمتر تولید، جایگزین مناسبی برای مواد صنعتی دیگر به حساب می‌آیند. در شکل (۲-۱۸) دو نمونه از جایگزینی پلیمرها مشاهده می‌شود. قسمت الف نشان می‌دهد که لوله‌های پلیمری جایگزین لوله‌های فولادی شده‌اند و قسمت ب نشان می‌دهد که امروزه قایق‌ها به دلیل مزایای ویژه مواد پلیمری (از جمله سبک بودن) از پلیمر ساخته می‌شوند.



شکل ۲-۱۸- مواد پلیمری جایگزین شده: الف) لوله‌های آب، ب) قایق

## تقسیم‌بندی پلیمرهای صنعتی

پلیمرهای صنعتی را می‌توان بر حسب خواص و رفتار آنها در برابر حرارت و خواص مکانیکی مطابق نمودار (۲-۱۶) به سه دسته تقسیم‌بندی کرد.



نمودار ۲-۱۶- تقسیم‌بندی پلیمرها

در جدول (۲-۸) سه دسته اصلی مواد پلیمری معرفی شده‌اند، همچنین خواص آنها آورده شده و مواردی از کاربردهای صنعتی آنها نشان داده شده است.

جدول ۲-۸- معرفی خواص و موادی از کاربرد پلیمرهای صنعتی

<p>مواد پلاستیکی هستند که در اثر حرارت به مایع تبدیل می‌شوند و اگر آنها را در قالب بریزیم شکل قالب را به خود می‌گیرند و هرچند بار که بخواهیم می‌توانیم آن را ذوب کرده و تغییر فرم داد. این علت کاربرد بسیار زیاد این مواد است.</p> <p>نایلون، پلی اتیلن، پلی پروپیلن پلی ونیل کلراید (P.V.C) از جمله مواد ترموپلاستیک هستند.</p>	ویژگی و خواص	<p>ترموپلاست‌ها (پلاستیک‌های گرماترم)</p>
<p>وسایل اسباب بازی کودکان، لوله‌ها و تجهیزات انتقال مایعات، تجهیزات الکتریکی، پوشش‌ها، اتصالات، لوازم آشپزخانه، کیسه پلاستیکی و نظایر آن.</p>	موارد کاربرد	
<div data-bbox="135 1324 756 1500"> <p>پلی اتیلن</p> </div> <div data-bbox="141 1535 756 1684"> <p>پلی ونیل کلراید (P.V.C)</p> <p>پلی اتیلن</p> </div> <div data-bbox="149 1729 756 1872"> <p>پلی پروپیلن</p> </div>		<p>نمونه‌های صنعتی از کاربرد ترموپلاست‌ها در صنعت</p>

<p>ترموسست یا گرما سخت به پلیمرهایی گفته می‌شود که در اثر اعمال حرارت دچار واکنش شیمیایی و سخت می‌شوند و پس از پخت و شکل‌پذیری، دیگر با استفاده از حرارت نمی‌توان شکل آنها را تغییر داد. آنها جزو پلیمرهای سه‌بعدی یا مشبک می‌باشند که دارای سختی بالا، مقاوم در برابر حرارت و حلال‌های شیمیایی هستند و مقاومت الکتریکی بالایی نیز دارند. مثل: ملامین‌ها، پلی استرها و اپوکسی‌ها</p>	<p>ویژگی و خواص</p>	<p>ترموسست‌ها (پلاستیک‌های گرماسخت)</p>
<p>از آنها در ساخت لوله‌ها، شیرها، پمپ‌ها، ظروف، پوشش محافظ وسایل الکتریکی، بدنه گوشی تلفن، بدنه و اجزای وسایل نقلیه، دوچرخه، موتورواتومبیل، وسایل خانگی، اسباب بازی، مبلمان و نظیر آن استفاده می‌شود.</p>	<p>موارد کاربرد</p>	
<div data-bbox="172 934 525 1195"> </div> <div data-bbox="525 934 894 1195"> </div> <p>پلی استر</p> <div data-bbox="177 1263 408 1379"> </div> <div data-bbox="415 1263 679 1438"> </div> <div data-bbox="683 1263 910 1438"> </div> <p>پلی استر</p> <div data-bbox="177 1385 408 1557"> </div> <div data-bbox="177 1622 408 1819"> </div> <p>اپوکسی</p> <div data-bbox="415 1622 626 1819"> </div> <div data-bbox="634 1622 860 1819"> </div> <p>اپوکسی</p>		<p>نمونه‌های صنعتی از کاربرد مواد پلیمری ترموسست در صنایع</p>

<p>پلیمرهایی هستند که قابلیت ارتجاعی زیادی دارند. الاستومرها در اثر نیروی خارجی تغییر شکل پیدا می کنند و بعد از حذف نیرو، شکل آنها از بین می رود و دوباره به حالت اولیه باز می گردد. همچنین بدون پاره شدن و گسستن در برابر تغییر شکل مقاومت می کنند. این پلیمرها در اثر گرما نرم می شوند، ولی بر خلاف ترموپلاستیک ها به حالت ویسکوز یا مایع در نمی آیند. بلکه می توان آنها را مثل ترموپلاست ها در حلال های مرسوم شیمیایی که بسته به نوع و ساختمان پلیمر تعیین می شود، حل کرد. الاستومرها از نظر شیمیایی در مقابل اسیدهای معدنی رقیق، قلیاها و نمک ها مقاوم هستند.</p>	ویژگی و خواص	<p>الاستومرها نام الاستومر از دو قسمت «الاستو» برگرفته از «لاستیک» و به معنای ارتجاعی و «مر» برگرفته از «پلیمر» تشکیل شده است</p>
<p>در ساخت محصولات زیادی مانند: لاستیک اتومبیل، مواد آب بندی، برف پاک کن، شیلنگ ها و مواد پوشش مخازن، تانک ها، لوله ها و امثال آنها کاربرد دارند.</p>	موارد کاربرد	
<div data-bbox="147 878 397 1093">  <p>شیلنگ</p> </div> <div data-bbox="397 878 659 1093">  <p>واشر پلاستیکی</p> </div> <div data-bbox="147 1105 397 1351">  <p>تایر اتومبیل</p> </div>		<p>نمونه های صنعتی از کاربرد الاستومرها در صنعت</p>

## ب - سرامیک ها

سرامیک ها دسته دیگری از مواد صنعتی غیرفلزی معدنی هستند که از جمله خواص شاخص آنها نسبت به مواد صنعتی دیگر عبارت است از:

- دیرگدازی بالا

- سختی زیاد

- مقاومت در برابر خوردگی بالا

طبقه بندی و معرفی مواد سرامیکی

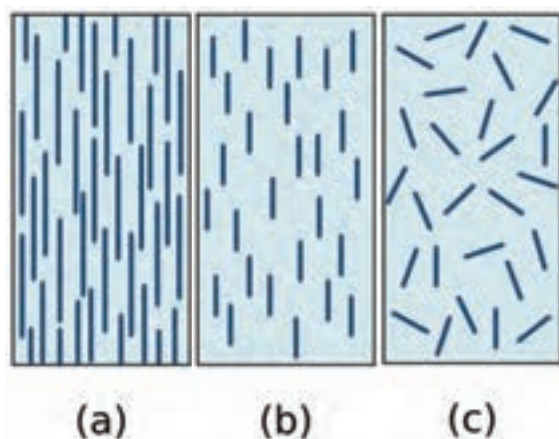
مواد سرامیکی متناسب با خواصی که دارند در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند و توسعه آنها از نظر کمی و کیفی به سرعت در حال گسترش می باشد. در جدول (۲-۹) مواد سرامیکی متداول و پرکاربرد در صنعت معرفی شده اند.



جدول ۹-۲- معرفی مواد سرامیکی متداول و پرکاربرد در صنعت

تصویر	توضیح خصوصیات و ویژگی‌ها	ماده سرامیکی
	از قدیمی‌ترین دست ساخته‌های بشر است. خاک رس ماده اصلی آن است که از اخلاط آب + خاک رس و ورز دادن به منظور افزایش قابلیت شکل‌پذیری و در نهایت خشک شدن و پختن جسم حاصل در کوره به دست می‌آید. مواد سفالی متخلخل هستند، لذا هر مایعی را به سرعت جذب کرده و از خود عبور می‌دهند. بنابراین به منظور: افزایش زیبایی، افزایش استحکام، کاهش نفوذپذیری و بهداشتی نمودن بر روی ظروف سفالی لعاب کاری صورت می‌گیرد.	سفال
	از مهم‌ترین مصالح ساختمانی است که در قدیم به روش دستی تولید می‌شد، اما امروزه آجر با استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات مخصوص به صورت مکانیزه ساخته می‌شود.	آجر
	قطعاتی مسطح از جنس سفال می‌باشند که تنها یک روی آنها لعاب داده می‌شود (ضد آب کردن کاشی) و با کمک دوغاب سیمان به دیوار می‌چسبانند؛ کاشی در دو نوع دیواری و زمینی (موسوم به سرامیک) تولید می‌گردد.	کاشی
	نوعی ماده سفید و محکم و شبیه سفال است که نسبت به نفوذ آب مقاوم‌اند. فلدسپات، کوارتز و رس سه جزء اصلی تشکیل‌دهنده چینی هستند که در کوره‌های مخصوص پخته می‌شوند.	چینی
	فراورده‌هایی می‌باشند که دارای استحکام کافی بوده و می‌توانند در دمای بالا کار کنند؛ دیر گدازها به‌طور عموم یا به صورت آجر و بلوک تولید می‌شوند (آجرهای نسوز شومینه) یا به صورت ملات‌های نسوز ساخته می‌شوند (سیمان نسوز) دیر گدازهای سنتی به‌طور معمول می‌توانند تا دمای ۱۹۰۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند در صورتی که دیر گدازهای نوین می‌توانند تا بیشتر از ۳۰۰۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند.	دیر گدازها

  <p>صفحه سنگ ساب</p> <p>کاغذ سنباده</p>	<p>مواد سرامیکی هستند که دارای سختی فوق العاده می باشند و جهت تهیه مواد ساینده و سنباده کاربرد دارند. برای ساخت ساینده ها این ذرات را ابتدا توسط قالب شکل می دهند سپس با اعمال حرارت آن را می پزند تا به قطعه ای فوق العاده سخت و محکم تبدیل می گردد. جهت تولید سنباده ها ابتدا ذرات را دانه بندی نموده و توسط چسب هایی مقاوم بر روی مقوا یا پارچه می چسبانند.</p>	<p>ساینده ها و سنباده ها</p>
	<p>پوششی سرامیکی است که با ضخامت کم به صورت پودر یا محلول بر روی قطعه قرار گرفته و توسط حرارت پخته و تثبیت می گردد، باید توجه نمود که لعاب علاوه بر ظروف سرامیکی بر روی قطعات فلزی نیز کاربرد دارد. (مثل کتری لعابی، سینک لعابی و بخاری)</p>	<p>لعب</p>
	<p>مواد سرامیکی هستند که از مواد با درجه خلوص بالا و به وسیله روش های ویژه تولید می شوند و امروزه در صنایع مختلف مثل: پزشکی، برق و الکترونیک، هوافضا، هسته ای، کامپیوتر و غیره کاربرد زیادی دارند.</p>	<p>سرامیک های مدرن</p>

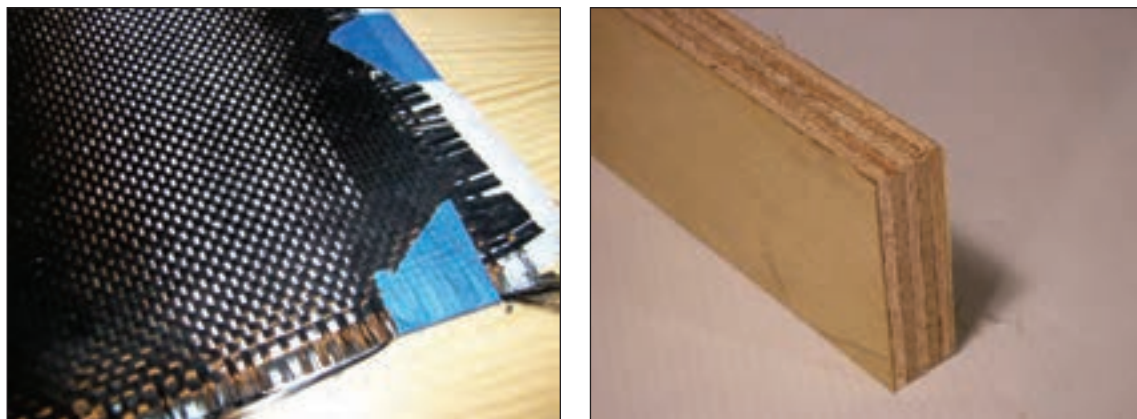


### ج - کامپوزیت ها

مواد کامپوزیتی یا مرکب از دو فاز زمینه و تقویت کننده تشکیل شده اند. فاز زمینه با احاطه کردن فاز تقویت کننده آن را در محل خود نگه می دارد و فاز تقویت کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ماده کامپوزیتی می گردد. به طور کلی فاز تقویت کننده می تواند به صورت رشته های کوتاه، بلند و یا ذرات ریز با شکل های گوناگون باشند که در (شکل ۱۹-۲) سه حالت از این مواد به صورت شماتیک نشان داده شده است.

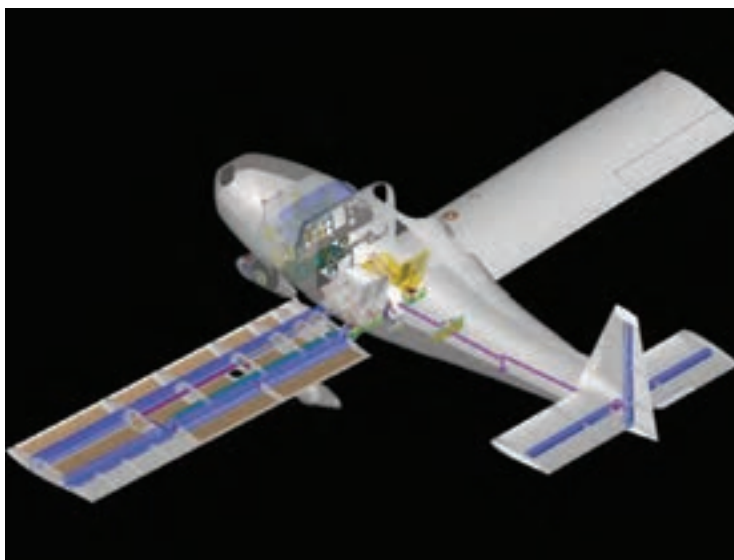
شکل ۱۹-۲- سه حالت قرار گرفتن فاز تقویت کننده در داخل فاز زمینه

مواد کامپوزیت به منظور دستیابی به مواد با خواص متفاوت و برتر از مواد صنعتی دیگر تولید می‌شوند. به کمک مواد مرکب مهندسین علم مواد قادر هستند مواد جدیدی متناسب با نیازهای واقعی صنایع در عرصه‌های مختلف بسازند. اجزای تشکیل دهنده کامپوزیت‌ها از لحاظ شکل، ترکیب شیمیایی و خواص با یکدیگر متفاوت‌اند. شکل (۲-۲۰) دو نوع از مواد کامپوزیتی چوبی و پلیمری را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۰- مواد کامپوزیت با زمینه چوب و پلیمر

فایبرگلاس یکی از پرکاربردترین کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری است که توسط فیبر شیشه تقویت شده است و امروزه در ساخت قطعات هواپیما، بدنه جنگنده‌های رادار گریز، پره نیروگاه‌های بادی و بالگردها از کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود به‌طور کلی مواد کامپوزیتی به دلیل داشتن جرم کم و استحکام مکانیکی بالا نسبت به فلزات، در صنعت هوا و فضا کاربرد وسیعی دارند (شکل ۲-۲۱).



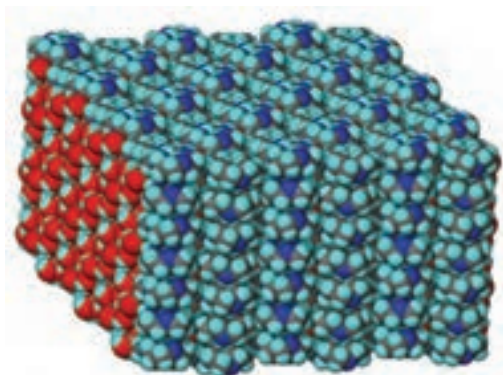
شکل ۲-۲۱- استفاده از مواد کامپوزیتی مستحکم در ساخت قطعات هواپیما موجب کاهش وزن، افزایش سرعت و کاهش مصرف سوخت می‌شود.



## ۶-۲- نانو مواد

یک نانومتر برابر یک میلیاردم متر ( $10^{-9}$  m) است. این اندازه حدود ۱۸۰۰۰ بار کوچک تر از قطر یک تار موی انسان است. به طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر طولی معادل یک نانومتر را می سازند. موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، مواد نانویی یا نانو مواد خوانده می شوند. به این ترتیب فناوری نانو عبارت از توانایی به دست گرفتن کنترل ماده در ابعاد نانومتری برای تولید و استفاده از ابزار و مواد است. از همین تعریف ساده برمی آید که اولاً همه مواد از جمله فلزات، نیمه هادی ها، شیشه ها، سرامیک ها و پلیمرها در ابعاد نانو می توانند وجود داشته باشند. ثانیاً نانو تکنولوژی یک رشته نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته ها است که در ۳ حوزه مواد، ابزار و سیستم ها قابل تقسیم است. همچنین مبالغه نیست اگر بگوییم انسان در معرض یک انقلاب اجتماعی تسریع شده و قدرتمند است که ناشی از علم نانو تکنولوژی است.

نانو مواد در مقایسه با مواد معمولی دارای خواص بسیار بهتری هستند؛ زیرا ساختار آنها تحت کنترل بوده و با دقت بالایی شکل می گیرند. شکل (۲-۲۲) قسمتی از ساختمان منظم و بی عیب و نقص یک ماده نانو را به صورت شماتیک نشان می دهد.

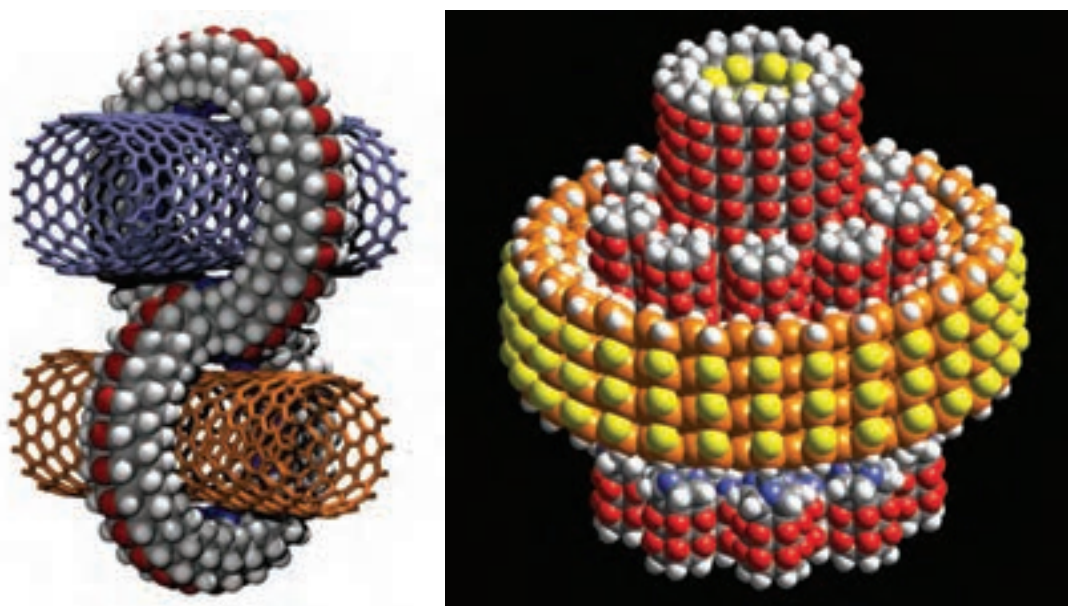


شکل ۲-۲۲- ساختار منظم و بدون نقص یک ماده تولید شده با استفاده از فناوری نانو

کاربردهای نانو تکنولوژی: تأثیر فناوری نانو بیش از هر چیز در زمینه ساخت مواد جدید می باشد. از طریق نانو فناوری می توان موادی با استحکام و مقاومت بالا در مقابل حرارت، سایش، فشار، کشش و وزن کم تولید کرد که از نظر خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، مکانیکی، حرارتی با مواد معمولی تفاوت دارند. ساختارهایی در مقیاس نانو مانند نانوذرات و نانولایه ها دارای نسبت سطح به حجم بالایی هستند که آنها را برای استفاده در تولید مواد کامپوزیت، کاتالیزور واکنش های شیمیایی، تهیه دارو و منابع ذخیره انرژی ایده آل می سازد. سرامیک های نانو ساختاری غالباً سخت تر و غیرشکننده تر از مواد مشابه در مقیاس بزرگ تر خود هستند. کاتالیزورهای مقیاس نانو راندمان واکنش های شیمیایی و احتراق را افزایش داده و به میزان چشمگیری از مواد زائد و آلودگی آن کم می کنند. وسایل الکترونیکی جدید با مدارهای کوچک تر، سرعت بیشتر و مصرف انرژی بسیار کمتر می توانند به کمک نانو ساختارها به دست آیند. اینها تنها اندکی از فواید و مزایای تولید مواد نانو می باشد. واقعیت آن است که علم بشری اینک در آستانه چنگ اندازی به عرصه ای است تا ساختارهای بی نظیری را با کارایی بسیار بالا بسازد که تاکنون بشر تصور آنها را نکرده است. به عنوان مثال:



- ۱ ساخت مواد بسیار سبک و محکم برای مصارف متداول
  - ۲ ورشکستگی صنایع قدیمی مثل فولاد با ورود تجاری مواد جدید
  - ۳ کاهش شدید تقاضا برای سوخت‌های فسیلی
  - ۴ همه‌گیر شدن آب‌ر کامپیوترهای بسیار قوی، کوچک و کم مصرف
  - ۵ سلاح‌های سبک‌تر، کوچک‌تر، هوشمندتر، دوربردتر، ارزان‌تر و نامرئی در مقابل رادار
  - ۶ شناسایی فوری کلیه خصوصیات ژنتیکی و اخلاقی افراد و استعداد ابتلا به بیماری در انسان
  - ۷ ارسال دقیق دارو به اندام مورد نظر در بدن و افزایش طول عمر
  - ۸ از بین بردن عوامل خطرناک جنگ‌های شیمیایی و میکروبی
  - ۹ از بین بردن آلاینده‌های شهری و صنعتی
  - ۱۰ تولید لباس‌های همیشه تمیز و هوشمند
  - ۱۱ تولید انبوه مواد و ابزارهایی که تا قبل از این عملی و اقتصادی نبوده‌اند.
  - ۱۲ و بسیاری از موارد غیرقابل پیش‌بینی دیگر
- شکل ۲۳-۲ دو مدل از مواد کامپوزیتی را با استفاده از تکنولوژی نانو به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۲۳-۲ ساختار منظم و بدون نقص مواد مرکب (کامپوزیت) تولید شده با استفاده از فناوری نانو