



## 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 تعیین نمود؟ اینها همه سؤالاتی هستند که ذهن هر کس 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.

### 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 به‌شمار می‌روند و در بین فلزات به ترتیب نقره، مس و آلومینیوم بیشترین قابلیت هدایتی 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 آلومینیوم 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 متشکله 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: به‌عنوان مثال نقطه ذوب یخ صفر درجه سانتی‌گراد است.

### خواص مکانیکی مواد

**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 ملکولی 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.

### خواص تکنولوژیکی مواد

قابلیت چکش خواری، ریخته‌گری، جوشکاری و براده‌برداری مواد را خواص تکنولوژی می‌گویند (شکل ۱-۲).  
**قابلیت چکش خواری:** قابلیت تغییر شکل مواد را به کمک نیروی فشاری و ضربه، قابلیت چکش خواری می‌نامند. به‌عنوان مثال فولاد، مس 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 چکش خواری ندارد.



شکل ۱-۲



شکل ۲-۲

**قابلیت ریخته‌گری:** خاصیت شکل‌پذیری اجسام را در حالت مذاب، قابلیت ریخته‌گری آنها نامند. برای تهیه قطعاتی که دیواره نازک و شکل پیچیده‌ای دارند می‌باید از موادی که قابلیت ریخته‌گری بهتری دارند استفاده گردد.  
چدن، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مس و مواد مصنوعی را می‌توان به‌راحتی ریخته‌گری کرد.

**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 پرداخته باشد.

**قابلیت جوشکاری:** موادی قابلیت جوشکاری دارند که بتوان آنها را به کمک حرارت یا حرارت توأم با فشار به‌صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها، مواد مصنوعی و فلزات غیرآهنی قابلیت جوشکاری دارند.



شکل ۲-۴



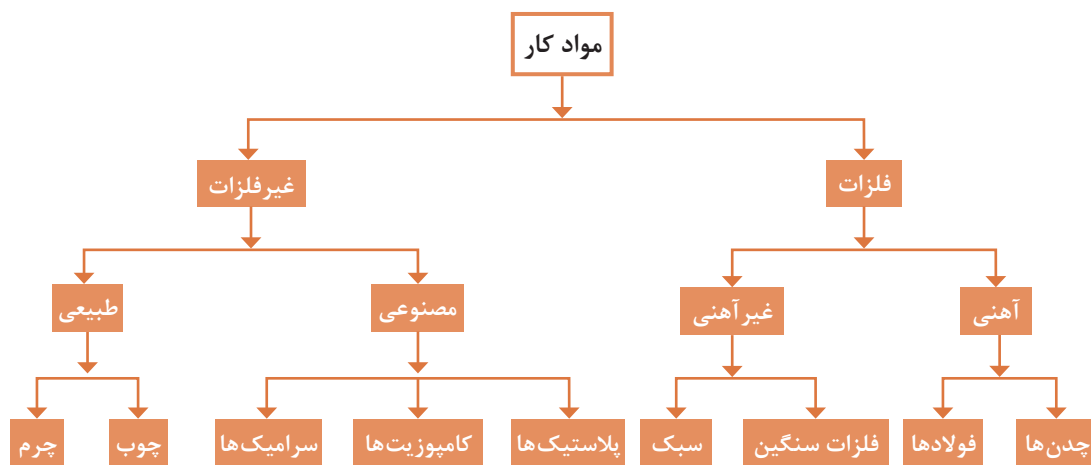
شکل ۲-۳

## خواص شیمیایی مواد

از مهم ترین خواص شیمیایی مواد می توان 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 زنگ زدن در مقابل خوردگی، قابلیت احتراق، مقاومت در مقابل خوردگی به وسیله اسیدها را می توان به کمک آلیاژ کردن افزایش داد.

## طبقه بندی مواد کار

مواد کار را می توان به دو دسته فلزات و غیرفلزات تقسیم بندی نمود.



## فلزات آهنی

فلزات به دو دسته آهنی و غیر آهنی تقسیم می شوند و در صنایع ماشین سازی یکی از پرکاربردترین مواد هستند و هریک ویژگی های مخصوص به خود را دارند.

**فلزات آهنی:** فلزات آهنی به فلزاتی گفته می شوند که از سنگ آهن استخراج شده، از معادن به دست آمده و به سه دسته آهن، فولاد و چدن تقسیم می شوند.

**آهن (Fe):** آهن عنصری است که به ندرت در طبیعت به طور خالص یافت می شود و بیشتر به صورت ترکیب با سایر عناصر مانند اکسیژن و گوگرد و... از معادن قابل استخراج است این عنصر یکی از فراوان ترین عناصر است به طوری که حدود ۵ درصد قشر جامد کره زمین را تشکیل می دهد. معمولاً سنگ آهن با توجه به ترکیبات و اکسیژن موجود در آن به چهار نوع مگنتیت (مغناطیسی) هماتیت، لیمونیت و سیدریت وجود دارد.

سنگ آهن را پس از استخراج از معدن در کوره ای به نام کوره بلند قرار داده و آهن خام از آن به دست می آورند. آهن خام به علت داشتن ناخالصی های فراوان، قابل استفاده نیست پس از کاهش ناخالصی ها، آهن به دست

می‌آید که به علت نرم بودن و پایین بودن استحکام، در صنایع کاربرد چندانی ندارد. برای افزایش استحکام و دیگر ویژگی‌ها، آن را با سایر عناصر مانند کربن و فسفر و ... آلیاژ می‌کنند. معروف‌ترین آلیاژهای آهنی، آلیاژ آهن، کربن است که در صنایع کاربرد فراوانی دارد. این آلیاژها به دو نوع فولاد و چدن تقسیم می‌شوند.

**فولاد (Steel):** به آلیاژ آهن و کربن که درصد کربن آن زیر ۲/۰۶ درصد باشد فولاد گفته می‌شود. در برخی موارد که نیاز به فولاد آلیاژی می‌باشد درصد کربن می‌تواند تا ۲/۲ درصد نیز افزایش یابد.

فعالیت



در جدول نقشه‌ها جنس برخی از قطعات St۳۷ معرفی شده است. به کمک منابع موجود و تحقیق در اینترنت به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱ عدد ۳۷ بعد از علامت St معرف چیست؟

۲ علامت St چه مفهومی دارد؟

۳ سه مورد از کاربرد St۳۷ را بنویسید.

نکته



در گفت‌وگوی روزانه به جای واژه صحیح فولاد از عبارت آهن استفاده می‌شود. با توجه به موارد ذکر شده تمام مواردی که به نام آهن شناخته می‌شوند نوعی فولاد هستند.

### انواع فولاد

آهن خام سفید به دست آمده از کوره بلند به علت داشتن کربن زیاد (۳ تا ۴ درصد) خواص تکنولوژیکی خوبی ندارد لذا طی عملیاتی با کاهش کربن و افزودن سایر عناصر خواص آنها را بهبود می‌بخشند. محصول بهسازی شده که از این عملیات به دست می‌آید فولاد نام دارد.

فولادها به روش‌های مختلفی تولید می‌شوند از جمله به روش‌های L-D، زیمنس مارتین و روش توماس بسمر اشاره نمود.

فولاد تولید شده با توجه به مقدار کربن و مواد موجود در آن به دو دسته فولادهای آلیاژی و غیرآلیاژی تقسیم می‌شوند.

**فولادهای غیرآلیاژی:** این فولادها دارای مقدار کمی کربن هستند (حدود ۰/۰۶ تا ۱/۵ درصد) و سایر عناصر موجود در این فولاد به علت پایین بودن مقدار، قابل چشم‌پوشی بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص فولاد ندارند و نقش اصلی در خواص این فولادها را کربن تعیین می‌کند به همین دلیل این فولاد را فولاد کربنی نیز می‌نامند. فولادهای کربنی به دو دسته کم کربن و پر کربن تقسیم می‌شوند. فولادهای کم کربن از ۰/۱۲ تا ۰/۶ درصد کربن داشته و به فولادهای ساختمانی معروف می‌باشند از این فولادها برای ساخت اسکلت فلزی ساختمان‌ها، زرده‌ها، پله‌ها و توری‌ها و ... استفاده می‌شوند که در جدول صفحه بعد، برخی از کاربردهای آنها نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- ویژگی‌ها و کاربردهای فولادهای ساختمانی معمولی

مقایسه با DIN ۱۷ ۱۰۰ (۱-۸۰)							
نوع فولاد		استحکام کششی (N/mm <sup>۲</sup> )	تنش تسلیم Re به N/mm <sup>۲</sup> برای ضخامت محصول به mm			درصد تغییر طول نسبی شکست %؟	خواص، کاربرد
شماره مواد	علامت اختصاری		=۱۶	>۱۶ <۴۰	>۴۰ <۸۰		
St 30	1.0035	۲۵۰	۱۶۵	۱۷۵	-	۱۸	اجزایی مانند زرده‌ها، پله‌ها، توری‌ها
St 37-2 USt 37-2 USt 37-2 St 37-3	1.0037 1.0036 1.0038 1.0116	۳۴۰...۳۷۰	۲۳۵	۲۲۵	۲۱۰	۲۵	فولاد معمولی برای ماشین‌سازی و ساختمان‌های فولادی، قابلیت براده‌برداری خوب، فولادهای فرم و تسمه
St 44-2 St 44-3	1.0044 1.0144	۴۱۰...۵۰۰	۲۷۵	۲۶۵	۲۵۰	۲۱	قطعات با تنش اعمالی متعادل، اکسل‌ها، محورها، بازوها گوه، پین، چرخنده
St 50-2	1.0050	۴۷۰...۶۱۰	۲۹۵	۲۸۵	۲۷۰	۱۹	قطعات با تنش اعمالی میانگین، اکسل‌ها، محورها، گوه، پین، چرخنده
St 52-3	1.0570	۴۹۰...۶۷۰	۳۵۵	۳۴۵	۳۰۰	۲۱	قطعات با تنش اعمالی بالا در ساختمان‌های فولادی، چرتقیل، پل‌ها
St 60-2 St 70-2	1.0000 1.0070	۵۷۰...۷۱۰ ۶۷۰...۸۳۰	۳۳۵ ۳۶۵	۳۲۵ ۳۵۶	۳۱۰ ۳۴۰	۱۵ ۱۰	قطعات با تنش اعمالی بالا، ماشین‌کاری سخت، مقاوم به خوردگی

۱- این مقادیر برای ضخامت ۳ تا ۱۰۰ mm صادق است.  
برای ضخامت بالای ۱۰۰ mm در مورد مقادیر استحکام با تولیدکننده توافق می‌شود.

که در معرض ضربه قرار می‌گیرند با محدودیت روبرو می‌باشد. یکی از کاربردهای این فولادها را می‌توان در ساخت ابزارهای براده‌برداری، محورهای گردنده، ابزارهای دستی و ... نام برد. این فولادها به فولاد ابزارسازی کربنی یا غیرآلیاژی معروف می‌باشند.

**فولادهای پرکربن:** این فولادها دارای ۰/۶ تا ۲/۰۲ درصد کربن بوده و به علت وجود کربن قابلیت بهسازی و عملیات حرارتی را دارند. سختی این فولادها در اثر عملیات حرارتی قابل افزایش است از طرفی به علت وجود کربن زیاد خاصیت شکنندگی در این فولادها افزایش می‌یابد و استفاده از این فولادها در قطعاتی



هرچه مقدار کربن موجود در فولاد افزایش یابد قابلیت سخت کاری نیز افزایش پیدا می کند.

**فولادهای آلیاژی:** فولاد غیرآلیاژی را به علت پایین بودن برخی از ویژگی‌ها مانند مقاومت به خوردگی، استحکام به سایش، ضربه پذیری، چقرمگی و... نمی توان در ساخت تمام قطعات به کار برد، برای بهبود خواص و ویژگی‌هایی از این قبیل می توان عناصری مانند سیلیسیم، گوگرد، منگنز، نیکل، کرم، وانادیوم و... را به فولاد اضافه نمود که آلیاژ حاصل را فولاد آلیاژی می نامند و به علت وجود سایر عناصر و تشکیل سایر کاربیدها می توان درصد کربن این فولادها را تا ۲/۲ درصد نیز افزایش داد.

جدول زیر تأثیر عناصر در فولادهای آلیاژی را نشان می دهد.

فولاد ساختمانی آلیاژی

جدول ۲-۲- تأثیر عناصر آلیاژی										
خواص	Cr	Ni	Al	W	V	Mo	Si	Mn	G	P
استحکام کنشی	●	●	—	●	●	●	●	●	—	●
تنش تسلیم	●	●		●	●	●	●	●	—	●
چقرمگی ضربه	○	—	○	—	●	●	○	—	○	○
استحکام سایشی	—	○		●	●	●	○	○	—	—
قابلیت تغییر شکل گرم	—	●	○	○	●	●	○	●	○	—
قابلیت تغییر شکل سرد	—		○	○	—	○	○	○	○	○
قابلیت برده برداری	—		○	○	—	○	○	○	●	●
مقاومت خوردگی	●	—	○	—	●	—	—	—	○	—
دمای سختکاری	●	—	○	●	●	●	●	○	—	—
قابلیت سختکاری، قابلیت به سازی	●	●	○	●	●	●	●	●	—	—
قابلیت نیترووره کردن	●	—	●	●	●	●	○	●	—	—
قابلیت جوشکاری	○	○	●	—	●	○	—	○	○	○

بدون تأثیر مشخص — کاهش ○ افزایش ●

مثال: چرخنده، سختکاری کربور، آهنگری قالب بندی، عملیات حرارتی مطمئن خواسته می شود. مطلوب فولادهای مخصوص پاسخ: عملیات حرارتی (سختکاری کربور) پیش بینی شده ← فولاد کربوره  
 افزایش قابلیت تغییر شکل گرم: V, Mn؛ افزایش قابلیت و سخت کاری: Cr,  
 انتخاب فولاد (صفحه ۶۹)





به طور مثال فولادهای کربنی را نمی‌توان در محیط‌های مرطوب یا محیط‌های خورنده استفاده نمود لذا برای افزایش میزان مقاومت به خوردگی فولاد، فلزاتی مانند کرم و نیکل به آن اضافه می‌شود. فولاد حاصل را فولاد زنگ‌نزن (stainless steel) می‌نامند این فولاد دارای رنگی براق است. و در قطعاتی که با آب تماس دارند استفاده می‌شود.

اشتباه رایجی که در گفتگوی روزانه مشاهده می‌شود کلمه استیل (steel) فقط برای فولاد زنگ‌نزن استفاده می‌شود در صورتی که استیل به معنای فولاد بوده و به تمام فولادها اطلاق می‌گردد نه به یک فولاد خاص.

فولادهای آلیاژی به دو دسته فولادهای کم‌آلیاژ و پرآلیاژ تقسیم می‌شوند. این فولادها به دلیل اینکه در ساخت ابزارها بیشتر به کار می‌روند به فولادهای ابزارسازی آلیاژی معروفند. فولاد ابزارسازی کم‌آلیاژ: همان‌طور که بیان شد برای افزایش مقاومت و سایر ویژگی‌های فولاد عناصری مانند کرم، نیکل، وانادیم و لفرام، مولیبدن و منگنز به آن اضافه می‌شود در فولادهای ابزارسازی و کم‌آلیاژ مجموع این عناصر کمتر از ۵ درصد است و درصد کربن آن بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد می‌باشد. این فولادها دارای استحکام و دوام برشی قابل قبولی بوده و نسبت به فولادهای ابزارسازی غیرآلیاژی درجه حرارت بیشتری را تحمل می‌کنند. این فولادها قابلیت برشی خود را تا دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌کنند.

جدول ۳-۲- نمونه‌هایی از فولادهای ابزارسازی کم‌آلیاژ

علامت اختصاری	خصوصیات	موارد استفاده
۶۴ WCrMn ۱۰۵	دوام برش خوب، مقاوم در مقابل سایش، قابلیت آبکاری خوب.	مته‌ها، برقوها، حدیده‌ها، فلاویزها
۱۳ WV ۱۴۵	قابلیت آبکاری خوب	ابزارهای گردنده ظریف
۸ MnCrV ۹۰	تغییر اندازه و پیچیدگی کم در موقع آبکاری	وسایل اندازه‌گیری و کنترل، ابزارهای برش و تغییر فرم
CrMo V۶۴۵	فولاد گرم کار، قابلیت آبکاری خوب، درجه حرارت کاری تا حدود ۵۰۰°C، استحکام کششی زیاد	قالب‌های کوره‌کاری و ماتریس‌های پرس کاری
۹۰ Mn Si ۹۸	قابلیت پولیش کاری خوب، تغییر اندازه و پیچیدگی کم در موقع آبکاری.	قالب‌های فشاری و تزریقی مواد مصنوعی

**فولاد ابزارسازی پرآلیاژ:** این فولادها دارای سختی و مقاومت به سایش خوبی هستند و قابلیت افزایش درصد عناصر افزودنی بیشتر از ۵ درصد را دارند. به این فولادها فولاد تندبر<sup>۱</sup> نیز می‌گویند. به علت بالابودن درصد سایر عناصر، می‌تواند تا ۲/۲ درصد کربن داشته باشد. این فولاد را می‌توان تا دمای کاری ۵۵۰ درجه استفاده نمود. از این فولادها فقط برای ابزار برشی مانند رنده‌ها و تیغه‌ها استفاده می‌شود.

جدول ۴-۲- نمونه‌هایی از فولادهای ابزارسازی پر آلیاژ

علامت اختصاری	خصوصیات	موارد استفاده
X۸۰ WCo Cr ۵۱۸	برای سرعت‌های برشی زیاد با سطح مقطع براده بزرگ	ابزارهای براده‌برداری (برای خشن‌کاری)
X۱۳۰ WCo Mo۱۰ ۱۰	دوام برش خیلی زیاد، مقاومت زیاد در مقابل ساییدگی	ابزارهای برش برای خشن و پرداخت کاری
X۳۰ WCrCoVg ۲	فولاد گرم کار	ماتریس‌هایی که تحت تنش زیاد قرار بگیرد
X۲۱۰ Cr W ۱۲۱	تغییر اندازه و فرم کم در عملیات حرارتی، دوام برش زیاد، استحکام زیاد در مقابل سایش	سنبه‌هایی که تحت تنش زیاد قرار می‌گیرند.
X۱۷۰ CrMo۱۲	استحکام فشاری خیلی زیاد، سماجت خوب	قالب‌های تزریقی مواد مصنوعی، سنبه‌های ضرب زدن

## نرم‌بندی فولادها

در نرم‌بندی فولادها سه عامل مهم دخالت دارد.

- ۱ روش تولید ۲ عناصر تشکیل‌دهنده ۳ عملیات انجام گرفته روی فولاد
- هرکدام از این عوامل دارای علائم و حروف مشخص به خود می‌باشند که توضیح کامل آنها در این مبحث نمی‌گنجد و فقط به‌طور اختصار به آن اشاره می‌شود.
- ۱ روش تولید: خواص و ویژگی‌های فولاد در روش‌های تولید با هم متفاوت است. به‌طور مثال فولاد تولید شده با روش LD با فولاد تولید شده به روش قوس الکتریکی باهم متفاوت هستند. بدین منظور مطابق استاندارد از علائم و نشانه‌های خاصی استفاده می‌شود مانند:

مثال:



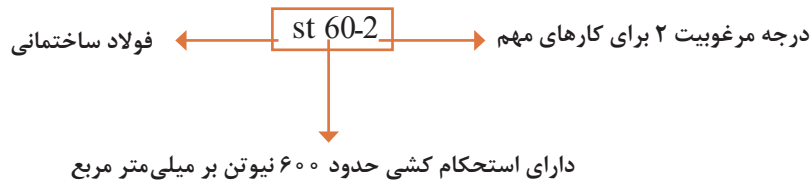
- ۲ عناصر تشکیل‌دهنده: در این قسمت معمولاً مشخصه‌هایی مانند عناصر تشکیل‌دهنده (نوع فولاد) استحکام کششی و درجه مرغوبیت نوشته می‌شود. همان‌طوری که بیان شد عناصر تشکیل‌دهنده هر فولاد نوع آن را مشخص می‌کند. به‌طور مثال St برای فولادهای ساختمانی معمولی و C برای فولادهای کربنی و ... استفاده می‌شود که در کتاب همراه هنرجو جداول آن کامل آمده است.
- مثال: فولادهای غیرآلیاژی با عناصری مانند گوگرد و فسفر را به‌صورت زیر نمایش می‌دهند:



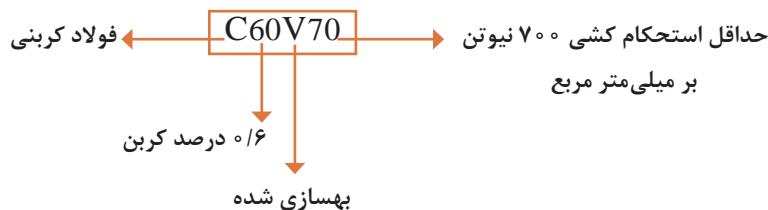
جدول ۵-۲

۴	۱۰	۱۰۰	۱۰۰۰
Cr کرم	C آلومینیوم Ta	C تانتالیم	B بُر
Co کبالت	Be پرلییم Ti	S تیتانیوم	
Mn منگنز	Cu مس V	V وانادیم	
Ni نیکل	Mo مولیبدن Zr	Zr زیرکونیم	
Si سیلیسیم	Nb نیوبیم (کلمبیوم)		
W تنگستن	Pb سرب		

درجه کیفیت یا مرغوبیت: کیفیت در نرم‌بندی فولادها دارای ۳ درجه است؛ درجه ۱ برای کارهای معمولی که نوشته نمی‌شود؛ درجه ۲ برای کارهای مهم و درجه ۳ دارای درجه خلوص بالا و مناسب برای جوشکاری.

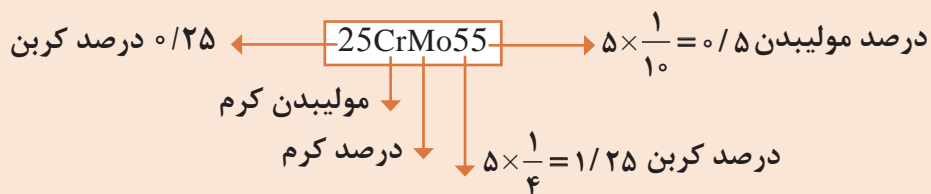


**۳ عملیات انجام گرفته روی فولاد:** عملیاتی مانند عملیات حرارتی، روش فرم دادن کیفیت سطح در بخش عملیات انجام گرفته، مورد توجه قرار می گیرند. عملیات حرارتی معمولاً برای افزایش خصوصیات مانند سختی، قابلیت ماشین کاری و... پس از تولید فولاد انجام می گیرد. این علائم معمولاً معرف خواص فیزیکی تکنولوژیکی و مکانیکی می باشد و در بخش انتهایی فرم بندی آورده می شود.



چنانچه بخواهند نوع فولادهای کم آلیاژ را فرم بندی نمایند عناصر آلیاژی آنها را ذکر می کنند.

#### فولاد کم آلیاژ



در فرم بندی فولادهای آلیاژی پرآلیاژ درصد عناصر آلیاژی با ضریب ۱ مشخص شده و در ابتدای آن علامت × قرار می گیرد.

x25CrNi 15 10

علامت به کار رفته برای فولاد مقابل را به طور کامل شرح دهید.

علائم فولادهایی که در زیر توضیح داده شده را بنویسید.

(الف) فولاد کربنی با ۰/۳۵ درصد کربن و استحکام کشی ۴۸۰ نیوتن بر میلی متر مربع برای کارهای مهم  
 (ب) فولاد پرآلیاژ ۱/۷ درصد کربن و دارای ۱۲ درصد کرم و ۱۰ درصد نیکل  
 (ج) فولاد کم آلیاژ با ۰/۳ درصد کربن و ۱/۵ درصد کرم و ۲ درصد مولیبدن

نکته



نکته



فعالیت



سه قطعه فولادی با جنس‌های متفاوت را که دارای یک اندازه باشند انتخاب کنید ابتدا قطعات را شماره گذاری کرده و سپس سه مرحله زیر را روی این قطعات انجام دهید.  
 الف) هر کدام از قطعات را به وسیله یک تکه نخ هم‌اندازه بسته و از یک میله با فاصله‌های مناسب آویزان نمایید و سپس به وسیله یک چکش ۱۰۰ گرمی دسته چوبی به قطعات به صورت یکنواخت ضربه بزنید. صدای این قطعات را به لحاظ زیر و بم بودن درجه‌بندی کنید و با درجه ۱ و ۲ و ۳ در جدول زیر ثبت نمایید.

جدول ۲-۶

درجه	قطعه	قطعه ۱	قطعه ۲	قطعه ۳
۱				
۲				
۳				

ب) هر کدام از قطعات را به سنگ ابزار تیزکنی گرفته و جرقه پرتاب شده از این قطعات را به دقت مشاهده کنید و نوع و رنگ آن را یادداشت نمایید.

جدول ۲-۷

قطعه	رنگ جرقه	نوع جرقه
شماره ۱		
شماره ۲		
شماره ۳		

پ) به وسیله یک سنبه نشان با چکش روی این قطعات ضربه بزنید و اثر به جای مانده را مشاهده نمایید. میزان فرورفتگی نوک سنبه در ضربات یکنواخت را در جدول یادداشت نمایید.

جدول ۲-۸

قطعه ۱	قطعه ۲	قطعه ۳



در صورتی که سنبه روی این قطعات تأثیری نداشت به وسیله خود این قطعات روی یکدیگر - خطی کشیده و مشاهده کنید که کدام قطعه روی قطعه دیگر خط اثر باقی می گذارد. هر قطعه ای که سخت تر باشد روی قطعه نرم تر اثر بیشتری دارد و سپس جدول زیر را کامل کنید.

جدول ۹-۲

میزان سختی	نوع جرقه	درجه صدا	قطعه آزمایش
			قطعه شماره ۱
			قطعه شماره ۲
			قطعه شماره ۳

حال با توجه به مراحل آزمایش به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ رابطه صدا با نوع جرقه در قطعات چگونه است؟

۲ رابطه صدا با درجه سختی چگونه است؟

۳ رابطه سختی با نوع جرقه چگونه است؟

چنانچه در کارگاه، جدول نوع و جرقه و جنس وجود دارد؛ نتایج این جدول را با آن مقایسه کنید.

**چدن‌ها:** همان‌طوری که بیان شد اگر درصد کربن آلیاژ آهن کربن بین ۲/۰۶ تا ۶/۶۷ درصد باشد این محصول را چدن می‌نامند.

چدن‌ها را از طریق ذوب شمش‌های آهن خام خاکستری در کوره کوپل<sup>۱</sup> تولید می‌کنند. در این فرایند کربن اضافه کاهش داده و در صورت نیاز برخی عناصر به آن اضافه می‌شود. چدن‌ها با توجه به نوع تولید و میزان عناصر افزوده شده به انواع مختلف دسته‌بندی می‌شوند.

**۱ چدن خاکستری با گرافیت لایه‌ای (GG):** در تولید این چدن آهسته سرد کردن و مقداری سیلیسیوم باعث می‌شود کربن موجود به صورت لایه‌های گرافیتی شکل گیرد و قابلیت ماشین‌کاری این نوع چدن بالا بوده و چکش‌خوار نیست.



شکل ۲-۵

**۲ چدن خاکستری با گرافیت کروی (GGG):** به این چدن علاوه بر عنصر سیلیسیوم عناصری مانند نیکل و منیزیم افزوده می‌شود در نتیجه هنگام سرد شدن، گرافیت آن به صورت کروی شده و جدا قرار می‌گیرند. این چدن نسبت به چدن خاکستری با گرافیت لایه‌ای از قابلیت خم‌کاری، انبساط و استحکام خوبی برخوردار است و این چدن‌ها را برای ساخت چرخ دنده‌های میل‌لنگ‌ها و پوسته پمپ‌ها استفاده می‌شوند.



شکل ۲-۶

یا قوس الکتریکی (تمپرگوس خام) را در کوره‌ای تا دمای ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چند روز حرارت داده و سپس به آرامی سرد می‌کنند در طی این فرایند، کربن اضافی از چدن خارج شده و استحکام کشی و قابلیت تغییر شکل افزایش یافته و شکنندگی خود را از دست می‌دهد به طوری که انعطاف‌پذیری خوبی را به دست می‌آورد.

چدن چکش‌خوار در دو نوع با مغز سفید (GTW) و با مغز سیاه (GTS) وجود دارد. از این چدن در ساخت قطعاتی مانند اهرم‌ها که تحت اثر نیروهای خمشی قرار می‌گیرند استفاده می‌شود.

۵ چدن آلیاژی (GK و GZ): این چدن از افزودن عناصری مانند نیکل، کروم، وانادیم و مولیبدن به سایر چدن‌ها به دست می‌آید.

این چدن دارای استحکام زیادی بوده و در مقابل عوامل خوردنده مانند اسیدها و حرارت مقاوم است. این چدن به نام چدن مخصوص نیز شناخته می‌شود.

۳ چدن سخت (GH): در این چدن کربن به صورت یک پیوند شیمیایی با آهن ( $Fe_3C$ ) تشکیل شده و سریع سرد کردن باعث تشکیل کریستال‌ها در نتیجه موجب افزایش سختی آن می‌شود. این نوع چدن، بسیار سخت بوده و معمولاً عمق سختی نیز در کنار علامت چدن نوشته می‌شود GH ۳۵ یعنی چدن سخت با عمق سختی ۳۵ میلی‌متر است.

این چدن به علت سختی بالا و مقاومت به ساییش خوب در ساخت چرخ‌های واگن، انواع نورد و پیستون‌های هیدرولیکی به کار می‌رود.

۴ چدن چکش‌خوار (GTS و GTW): این چدن به نام‌های مالیل و تمپرگوس نیز شناخته می‌شود تمپرگوس از نام کوره‌ای گرفته شده که عملیات حرارتی تمپر<sup>۱</sup> کردن در آن انجام می‌گیرد.

این چدن از آهن خام سفید در کوره کوپل یا کوره قوس الکتریکی به دست می‌آید فرایند تمپر کردن بدین صورت است که چدن حاصل از کوره کوپل

این چدن‌ها با دو روش، ریخته‌گری در قالب فلزی و ریخته‌گری گریز از مرکز تولید می‌شوند چدن‌هایی که با روش ریخته‌گری در قالب فلزی تولید می‌شوند، GK و چدن‌هایی که با روش گریز از مرکز تولید می‌شوند با علامت GZ شناخته می‌شوند.

نکته



### نرم‌بندی چدن‌ها

نرم‌بندی چدن‌ها در استاندارد DIN بسیار ساده است به طوری که ابتدا علامت مشخصه چدن سپس استحکام کشی نوشته می‌شود.

مثال:

$$\text{چدن خاکستری با گرافیت لایه‌ای} \leftarrow \boxed{\text{GG-25}} \rightarrow \text{استحکام کشی } 25 \times 10^6 = 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

۱- به این عمل تمپر کردن می‌گویند.



### جدول ۲-۱۰

نمونه	علامت اختصاری	مفهوم
GG - $\alpha\alpha$	GG	چدن خاکستری با گرافیت لایه‌ای
GGG - ۷۰	GGG	چدن خاکستری با گرافیت کروی
GTW - ۳۵	GTW	چدن چکش خوار سفید
GTS-۶	GTS	چدن چکش خوار سیاه
GH - ۶۰	GH	چدن سخت
GK - $AlMg_3$	GK	چدن آلیاژی ریخته‌گری در قالب فلزی
GZ - $X_{12}Cr_{14}$	GZ	چدن آلیاژی ریخته‌گری گریز از مرکز

فعالیت

به قطعات زیر نگاه کنید با توجه به مطالب گفته شده جنس هریک را تعیین کنید.



شکل ۲-۸- میل‌لنگ خودرو



شکل ۲-۷- چرخ واگن قطار



شکل ۲-۱۰- نورد



شکل ۲-۹- اهرم کلاچ ماشین تراش

### محصولات فولادی

کارخانه‌های فولادسازی محصولات متنوعی را تولید می‌کنند آنچه تاکنون گفته شد بر جنس، محصولات تکیه داشت ولی براساس نیاز بازار مصرف شکل محصولات تولیدی این کارخانه‌ها نیز متنوع است. معمولاً کارخانه‌های فولادسازی دارای دو بخش عمده می‌باشند؛ بخش ذوب فلزات و بخش تولید نیمه‌ساخته. در بخش ذوب فلزات محصول تولیدی به صورت بلوکه‌های چهارگوش در ابعاد استاندارد است و سپس در بخش نوردکاری به نیمه‌ساخته تبدیل می‌شوند. ولی کارخانه‌هایی وجود دارند که فقط دارای واحد نوردکاری می‌باشند و بلوکه‌های تولیدی شرکت‌های فولادسازی را به نیمه‌ساخته تبدیل می‌کنند. نیمه‌ساخته‌ها شامل: ورق، میل‌گرد، پروفیل، شمش با مقاطع مختلف و ... می‌باشند که در صنایع ماشین‌سازی برای ساخت قطعات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### فلزات غیر آهنی

فلزات غیر آهنی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردشان کاربردهای زیادی در صنایع دارند. فلزات غیر آهنی تنوع زیادی دارند که در زیر به طور اختصار راجع به آنها توضیح داده می‌شود. فلزات غیر آهنی به دو دسته فلزات سبک و فلزات سنگین تقسیم می‌شوند. فلزاتی که چگالی (جرم حجمی) آنها کمتر از  $5 \text{ kg/cm}^3$  باشد فلزات سبک و فلزاتی که چگالی آنها بیشتر از  $5 \text{ kg/cm}^3$  باشد را فلزات سنگین می‌گویند. فلزات غیر آهنی سبک: این فلزات به خاطر سبک بودن در صنایع کاربرد فراوانی دارند. فلزاتی مانند آلومینیوم، منیزیم، تیتانیوم و بریلیم از این دسته هستند. اغلب با آلیاژ کردن می‌توان استحکام آنها را افزایش داد.



شکل ۱۱-۲



شکل ۱۲-۲

**آلومینیوم (Al):** آلومینیوم فلزی است نقره‌ای مایل به سفید با چگالی  $27 \text{ kg/dm}^3$  و نقطه ذوب  $658^\circ \text{C}$  که میل ترکیبی شدید با اکسیژن دارد و به سرعت در مجاورت هوا اکسید می‌شود. ممکن است این سؤال مطرح شود که چرا در محیط‌های مرطوب بیشتر از سایر فلزات کاربرد دارد؟ پاسخ این است اکسید آلومینیوم یک ماده بسیار سخت است که در مجاورت هوا روی قطعه آلومینیومی تشکیل می‌شود این اکسید به عنوان یک لایه محافظ عمل نموده و از خوردگی بیشتر قطعه جلوگیری می‌کند.

**کاربرد آلومینیوم:** آلومینیوم به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل بالا بودن قابلیت جوشکاری، شکل‌پذیری، مقاومت به خوردگی، هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی در صنایع به‌وفور استفاده می‌شود. زیر نمونه‌هایی از کاربرد آن را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱۱-۲

کاربرد	صنایع
نوارهای زینتی و برخی از قطعات موتور	اتومبیل‌سازی
مخازن، ظروف حمل و نقل و لوله‌ها	صنایع شیمیایی
سیم‌ها و کابل‌های انتقال الکتریسیته و منعکس‌کننده‌های نور	صنایع الکتریکی
پوشش بام‌ها، پنجره‌ها و کارهای زینتی	صنایع ساختمانی
ساخت هواپیماها	صنایع هوایی



شکل ۱۳-۲

**منیزیم (Mg):** فلزی است نرم و نقره‌ای رنگ با چگالی  $1/74 \text{ kg/cm}^3$  و نقطه ذوب  $650^\circ\text{C}$  این فلز میل ترکیبی بالایی با اکسیژن دارد به طوری که ورق منیزیم در مجاورت شعله به سرعت شعله‌ور شده و می‌سوزد. به همین دلیل ذوب منیزیم در حالت معمول امکان‌پذیر نیست و باید در محیطی صورت پذیرد که کاملاً بدون اکسیژن باشد.

**کاربرد منیزیم:** به علت استحکام پایین در صنایع به عنوان قطعات صنعتی کاربرد ندارد ولی در چدن‌ها باعث می‌شود کربن به صورت گرافیت لایه در آید و در صنایع به عنوان عنصر آلیاژی با آلومینیوم به کار می‌رود همچنین به علت نور درخشان هنگام سوختن، برای وسایل آتش‌بازی استفاده می‌شود.

**تیتانیوم (Ti):** فلزی است نقره‌ای رنگ مایل به خاکستری با چگالی  $4/5$  و نقطه ذوب  $1670^\circ\text{C}$  این فلز در میان فلزات سبک از استحکام خوبی برخوردار است به طوری که مقاومت و استحکام آن را می‌توان با فولاد مقایسه نمود. این فلز به دلیل سبکی و مقاومت بالا در صنایع موشکی و هواپیماسازی و نیز وسایل زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**بریلیم (Be):** فلزی است سفید خاکستری با چگالی  $1/9$  و نقطه ذوب  $1280^\circ\text{C}$  این فلز سخت و شکننده است و در مقابل اکسیدشدن در دمای معمولی مقاوم است این فلز در صنعت هوا فضا بیشترین کاربرد را دارد همچنین در راکتورهای هسته‌ای و پنجره‌های مخصوص اشعه ایکس و قطعات کامپیوتر و آلیاژ کردن سایر فلزات مانند مس به کار می‌رود.



شکل ۲-۱۴



شکل ۲-۱۵

### فلزات غیر آهنی سنگین

این فلزات شامل مس، روی، سرب، قلع، نیکل، کرم و ... در صنایع کاربرد فراوانی دارند.

**مس (Cu):** فلزی است قرمز رنگ با چگالی  $8/9$  و نقطه ذوب  $1093^{\circ}\text{C}$  با قابلیت چکش خواری بسیار بالا و قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی خوبی دارد. مس در مجاورت هوا بر اثر فعل و انفعالات شیمیایی ماده‌ای سبزرنگ به نام کربنات مس تولید می‌کند. این کربنات به صورت یک لایه نازک محافظ روی مس ایجاد شده و در مقابل تأثیرات جوی آن را محافظت می‌کند.

**کاربرد مس:** این فلز به دلیل دارا بودن خصوصیاتی از قبیل شکل پذیری بالا و انعطاف، در صنایع کاربرد فراوانی دارد. در صنایع الکتریکی در ساخت شمش‌ها، سیم‌ها و کابل‌های حامل جریان، و صنایع مکانیک لوله‌ها، تنوره سماور، هویه‌های لحیم‌کاری، کوپل‌های حرارتی و برودتی و قطعات تزئینی به کار می‌رود.

یکی از کاربردهای مس در صنایع پلاسازی است، طلا به علت نرمی و پایین بودن استحکام قادر به حفظ شکل ساخته شده نیست، برای برطرف کردن این محدودیت به طلای خالص مقداری مس اضافه می‌شود تا استحکام آن به حد مطلوب رسیده و بتوانند در ساخت وسایل زینتی از آن استفاده کنند. وقتی گفته می‌شود طلای ۱۸ عیار یعنی ۷۵ درصد طلا و ۲۵ درصد مس است این طلا به طلای  $750$  معروف است.

بیشتر  
بدانید



شکل ۲-۱۶

**روی (Zn):** فلزی است خاکستری رنگ با دانه‌بندی درشت به چگالی  $7/1\text{ kg/m}^3$  با نقطه ذوب  $419^{\circ}\text{C}$  این فلز بسیار شکننده بوده و بیشترین انبساط حرارتی را دارد. در مقابل اکسید شدن در مجاورت هوا مقاومت خوبی داشته و استحکام روی پایین بوده و بدون آلیاژ شدن نمی‌توان در ساخت قطعات صنعتی از آن استفاده نمود.

**کاربرد روی:** در قدیم از روی استفاده‌های زیادی می‌شد ولی امروزه کاربرد عمومی خود را از دست داده یکی از کاربردهای مهم روی در صنعت برای پوشش ورق‌های فولادی است و محصول تولیدی را ورق گالوانیزه می‌نامند و دیگر کاربرد روی در صنعت برای آلیاژ کردن است.



شکل ۱۷-۲

**قلع (Sn):** فلزی است نرم به رنگ نقره‌ای درخشان با چگالی  $7/3$  کیلوگرم بر دسی متر مکعب و نقطه ذوب  $232$  درجه سانتی‌گراد. این فلز در مقابل اسیدها مقاومت خوبی دارد.

**کاربرد قلع:** به دلیل سمی نبودن، این فلز در صنایع غذایی برای پوشش ظروف مسی و قوطی‌های کنسرو استفاده می‌شود. یکی دیگر از کاربردهای قلع در صنعت در تولید ورق حلبی است که از قلع‌اندود نمودن ورق‌های فولادی نازک به دست می‌آید.

**سرب (Pb):** سرب فلزی است خاکستری مایل به آبی با چگالی  $11/3$  با نقطه ذوب  $327$  درجه سانتی‌گراد، این فلز در مقابل اسیدها مقاومت خوبی داشته و بسیار نرم است ترکیبات سرب سمی بوده و نمی‌توان بدون رعایت موارد ایمنی با آن کار کرد. یکی دیگر از خصوصیات سرب جاذب اشعه X یعنی این اشعه را از خود عبور نمی‌دهد.



شکل ۱۸-۲

**کاربرد سرب:** از سرب برای پوشش ورق‌های فولادی، مخازن اسید، باتری‌ها، آب‌بندی لوله‌های فاضلاب، پوشش کابل‌ها، ظروف کریستال، عدسی‌های دوربین و لباس‌های ایمنی اتاق‌های رادیولوژی.



شکل ۱۹-۲

با توجه به اینکه فلزات سنگین دامنه گسترده دارند ادامه آنها در جدول زیر به صورت کاربردی آورده شد.

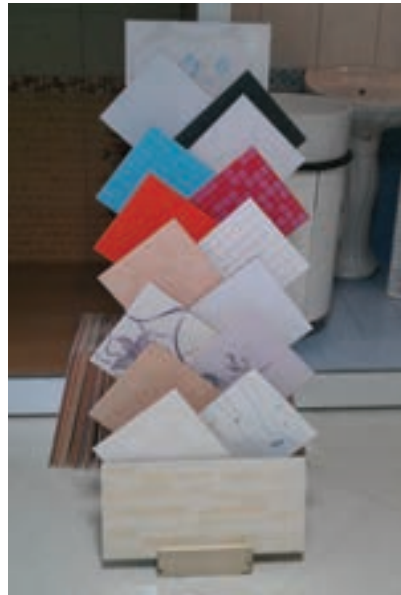
جدول ۱۲-۲

فلز	علامت	دمای ذوب	چگالی kg/dm <sup>۳</sup>	خصوصیات	کاربرد
نیکل	Ni	۱۴۵۰	۸/۸۵	رنگ خاکستری مایل به سفید- مقاومت در برابر خوردگی	پوشش فلزات، آلیاژ کردن فولادها
کرم	Cr	۱۹۰۰	۷/۲	رنگ خاکستری مایل به سفید - مقاومت در برابر خوردگی	پوشش محافظ برای فولادها، آلیاژ کردن فولادها
نقره	Ag	۹۶۰	۱۰/۵	خاکستر براق، مقاوم در مقابل خوردگی	کارهای زینتی، پوشش فیلم عکاسی
ولفرام	W	۲۶۰۰	۱۰/۳	رنگ خاکستری مایل به سفید دیرذوب	آلیاژ کردن فلزات، فیلامان لامپ الکترو دائم جوش آرگون
مولیبدن	Mo	۲۶۰۰	۱۰/۳	رنگ سفید نقره‌ای خاصیت مغناطیسی ندارد	فولادهای نجیب آلیاژی، الکترو لامپ‌های اشعه ایکس
وانادیوم	V	۱۷۱۵	۵/۷	رنگ خاکستری مایل به سفید بسیار سخت و شکننده	به دلیل سخت کنندگی در آلیاژ کردن فولاد ابزارسازی تندبر و فولاد هنر
کبالت	Co	۱۴۹۰	۸/۶	رنگ سفید مایل به قرمز	به دلیل سخت کنندگی در آلیاژ کردن فولاد ابزارسازی تندبر و آهن‌ربای دائمی
جیوه	Hg	-۳۹	۱۳/۵	رنگ نقره‌ای براق، در دمای محیط مایع است	در دماسنج‌ها، صنایع الکتریکی لامپ‌های بخار جیوه و کلیدهای جیوه‌ای

تنوع مواد غیر فلزی بسیار گسترده است. این مواد به علت دارا بودن خصوصیات منحصر به فرد خود کاربردهای فراوانی دارند به طور مثال مواد اولیه بسیاری از قطعات صنعتی را مواد غیر فلزی تشکیل می دهند. این مواد به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می شوند. موادی مانند چوب، چرم، سرامیک ها، پلاستیک ها و کامپوزیت ها جزء مواد غیر فلزی هستند.

### سرامیک ها

به مواد سخت، ترد و جامدی که بخش عمده تشکیل دهنده آنها مواد معدنی باشد، سرامیک گفته می شود این مواد مقاومت خوبی در مقابل حرارت دارند و دارای انواع مختلف می باشند. سرامیک ها از لحاظ کاربرد به دو دسته سنتی و مدرن تقسیم می شوند. **سرامیک های سنتی:** این سرامیک ها دارای مصارف عمومی هستند که در محیط اطراف به وفور پیدا می شوند مانند کاشی، سفال، چینی، شیشه، گچ، سیمان و ... از این دسته سرامیک ها هستند.



شکل ۲۰-۲

**سرامیک های مدرن:** این سرامیک ها که به سرامیک های مهندسی نیز معروف هستند در حقیقت برای مصارف صنعتی ساخته شده اند. در دسته بندی این سرامیک ها می توان به سرامیک های اکسیدی و سرامیک های غیر اکسیدی اشاره نمود. از جمله ویژگی برتر این مواد نسبت به سایر مواد می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- دیرگدازی بالا
- مقاومت به خوردگی بالا
- سختی زیاد
- استحکام فشاری بالا



شکل ۲-۲۱

### سرامیک‌های اکسیدی

این سرامیک‌ها اغلب از اکسید شدن فلزاتی مانند آلومینیوم، منیزیم، تیتانیوم و بریلیم به دست می‌آید از این سرامیک‌ها به عنوان ذرات ساینده در ساخت ابزار براده‌برداری استفاده می‌کنند به طور مثال سنگ‌های ابزار تیزکنی از اکسید آلومینیوم ( $Al_2O_3$ ) ساخته می‌شوند.



شکل ۲-۲۲

### سرامیک‌های غیراکسیدی

مواد تشکیل‌دهنده این سرامیک‌ها از ترکیبات کربن‌دار (کاربیدها) یا نیتروژن‌دار (نیتrideها) در شرایط خاص به دست می‌آیند. این مواد دارای سختی بسیار بالایی بوده و در درجه حرارت‌های بالا مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند به همین دلیل در ساخت ابزار براده‌برداری کاربرد فراوانی دارند. سرامیک‌هایی همچون کاربید تنگستن (WC)، کاربید بریلیم (BeC) و نیتريد تیتانیوم (TiN) و ... امروزه در صنعت ابزارسازی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند.



شکل ۲-۲۳



## پلاستیک‌ها

پلاستیک‌ها اغلب از مشتقات نفتی تولید شده و به دلیل خواص منحصر به فردی که دارند مورد توجه هستند. این مواد به مواد پلیمری معروفند. نایلون و پلی‌اتیلن از مواد پلاستیکی مهمی هستند که امروزه بسیاری از وسایل مانند پاکت‌های پلاستیکی و یا بدنه خیلی از دستگاه‌ها از آنها استفاده می‌شود. اگر به محیط اطراف خود با دقت نگاه کنید خواهید دید که بسیاری از مواد به کار رفته در ساخت قطعات وسایل و ابزار مورد استفاده ما از پلاستیک است.

## خواص پلاستیک‌ها

### الاستومرها

**ترموپلاست‌ها:** این گروه از پلاستیک‌ها را می‌توان با حرارت دادن تغییر شکل داده به طوری که با سرد شدن شکل جدید خود را حفظ می‌کنند. به همین دلیل به راحتی قابلیت بازیافت داشته و استفاده مجدد از آنها بدون تغییر خواص کند، امکان پذیر است. از مهم‌ترین پلاستیک‌های این گروه می‌توان به موادی مانند پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌پروپیلن (PP) و پلی‌ونیل‌کلراید PVC اشاره کرد. تولید این مواد به دلیل فرایند تولید ساده ویژگی‌های خوب آنها در ساخت اغلب قطعات مانند لوله‌ محفظه‌های ظروف، بدنه قطعات، طلق‌های شفاف و اسباب‌بازی‌ها استفاده می‌شوند.

از این مواد در محیط‌های اسیدی که خوردگی بالایی را ایجاد می‌کنند می‌توان به سهولت استفاده نمود چرا که در مقابل خوردگی‌های اسیدی و اکسیدشدن و رطوبت مقاومت بسیار بالایی داشته و علاوه بر این از مزایای دیگر این مواد عمر بیشتر آنها در مقایسه با سایر پلاستیک‌ها است.

۱ مقاومت زیادی نسبت به خوردگی در محیط و یا محیط‌های خورنده دارند.

۲ دارای چگالی کمتر از آب هستند و اغلب بر روی آب شناورند.

۳ هرچند استحکام کمتری از فلزات دارند ولی به خاطر وزن کمی که دارند در ساخت قطعات مورد توجه قرار می‌گیرند.

۴ اغلب مواد ترموپلاست مقاومت کمی نسبت به دمای بالای  $100^{\circ}\text{C}$  دارند و در دماهایی نه چندان زیاد سیالیت خوبی از خود نشان می‌دهند استحکام آنها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۵ پلاستیک‌ها بسیار شفاف هستند و امکان تولید در رنگ‌های مختلف را دارند. و عده‌ای خاص از آنها را می‌توان آبکاری کرد.

پلاستیک‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

■ ترموپلاست‌ها

■ ترموست‌ها



شکل ۲-۲۴



ادامه شکل ۲-۲۴

استفاده از ظروف ساخته شده از ترموپلاست‌ها که در جامعه به یک بار مصرف پلاستیکی معروفند به طرز سرسام‌آوری گسترش یافته است. با توجه به اینکه این مواد در چرخه طبیعت تجزیه نمی‌شوند زیان‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌کنند باید استفاده از این ظروف را تا حد امکان کاهش داده و پس از استفاده این ظروف را به چرخه بازیافت برگردانید.

هشدار!



روی تمام ظروف ساخته شده از ترموپلاست یکی از علامت‌های شکل زیر درج می‌کنند به کمک دوستان در یک گروه این علامت، حروف و اعداد نوشته شده را به طور کامل تفسیر نموده و نتایج را به هنرآموز خود تحویل نمایید.

فعالیت



شکل ۲-۲۵

**ترموستها:** این مواد برخلاف ترموپلاست پس از انجماد به ماده سخت شکننده‌ای تبدیل می‌شود که در مقابل حرارت مقاوم بوده و قابلیت بازیافت را ندارد. از مهم‌ترین ترموستها می‌توان باکالیت را نام برد. این پلیمر بسیار سخت، شکننده ولی مقاوم به حرارت و جریان الکتریکی است و در صنایع برق و الکترونیک کاربرد وسیعی دارد. این ماده در ساخت و تولید کلیدها و پریزهای برق مصرف زیاد دارد. در شکل زیر نمونه‌هایی از کاربرد باکالیت در صنعت نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۶

**الاستومرها:** الاستومرها پلیمرهایی از خانواده پلاستیک که دارای ضریب کشسانی بالایی هستند. این مواد خاصیت ارتجاعی بسیار خوبی دارند. لاستیک‌ها که از الاستومر ساخته می‌شوند در صنعت کاربردهای مختلفی دارند. لاستیک‌ها به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. لاستیک مصنوعی نسبت به لاستیک طبیعی دارای خاصیت ارتجاعی بهتری هستند از همین روست که این ماده می‌تواند تا چند برابر طول خود کش بیاید و نیروهای بسیار زیادی را هم تحمل کند و با برداشتن نیروی اولیه شکل خود را حفظ کند. کاربردهای مهم الاستومرها در صنعت برای ساخت لاستیک خودرو، ضربه‌گیرها، قطعات ارتعاش‌گیر، کاسه نمدها و اُ-رینگ‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۲-۲۷



سه قطعه از جنس های ترموپلاست (پلاستیکی)، ترموست (باکالیت) و الاستومر (لاستیک) را تهیه کرده و مراحل زیر را روی آنها آزمایش کنید و نتایج را در جدول زیر با اعداد یک تا سه درجه بندی کنید.

- ۱ آنها را روی یک سطح قرار داده و به هریک از قطعات ضربه بزنید.
- ۲ آنها را از یک ارتفاع یکسان روی سطح سفت رها کنید.
- ۳ میزان نرمی آنها را به وسیله دست (با فشردن در مشت) معین کنید.
- ۴ آنها را به وسیله دو دست بکشید (آزمایش خاصیت ارتجاعی)

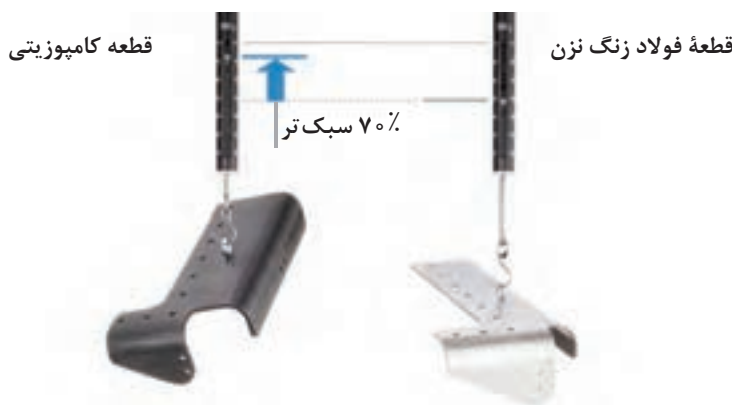
جدول ۲-۱۳

قطعه مرحله	۱	۲	۳	۴
پلاستیکی				
لاستیکی				
باکالیتی				

درباره آزمایش انجام شده برداشت خود را در سه خط توضیح دهید.

### کامپوزیت ها

به شکل زیر نگاه کنید در سمت راست قطعه ای از جنس فولاد زنگ نزن و در سمت چپ همان قطعه ساخته شده از کامپوزیت است. از این شکل چه مفهومی را درک می کنید؟ کامپوزیت ها یا مواد مرکب، ترکیبی هستند غیرمحلول از دو یا چند ماده مجزا که محصول نهایی خواص بهتری نسبت به هریک از اجزای تشکیل دهنده آن دارد. از قدیمی ترین کامپوزیت می توان به کاهگل اشاره نمود که برای افزایش مقاومت به ترک خوردن گل به آن کاه اضافه می کردند.



شکل ۲-۲۸



## انواع کامپوزیت

کامپوزیت‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند.

- ۱ طبیعی مانند استخوان و ماهیچه
- ۲ مصنوعی (مهندسی) مانند فایبرگلس و فیبرکربن و ... . کامپوزیت‌های مهندسی به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند.



۱ کامپوزیت‌هایی با زمینه سرامیکی (CMC)

۲ کامپوزیت‌هایی با زمینه پلیمری (PMC)

۳ کامپوزیت‌هایی با زمینه فلزی (MMC)

ابزار ساخته شده از فیبرکربن که یکی از کامپوزیت‌های مورد استفاده در ابزارسازی است امروزه برای براده‌برداری مواد سخت به کار می‌رود.

شکل ۲-۲۹

۷ هزینه کمتر و صرفه‌جویی اقتصادی

کاربرد: با توجه به ویژگی‌های کامپوزیت‌ها این مواد در تمام صنایع از جمله هوافضا، ابزارسازی، پوشش‌نماهای ساختمانی، بدنه اتومبیل‌های پیشرفته، دوچرخه‌ها و ... کاربرد فراوانی دارند. در شکل زیر تعدادی از وسایل ساخته شده با کامپوزیت را مشاهده می‌کنید.

## ویژگی‌های قطعات ساخته شده از کامپوزیت

- ۱ مقاومت مکانیکی بالا نسبت به وزن
- ۲ مقاومت بالا در برابر خوردگی
- ۳ خواص عایق حرارتی خوب
- ۴ استحکام بالا
- ۵ جرم حجمی کم
- ۶ سبک بودن

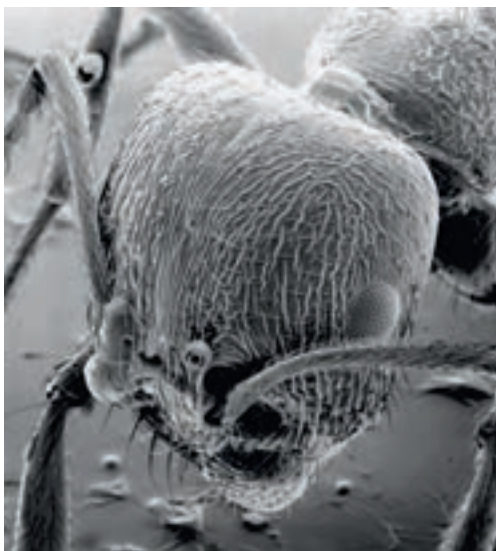


شکل ۲-۳۰



ادامه شکل ۲-۳۰

## فناوری نانو



شکل ۲-۳۱

نانو تکنولوژی علم کوچک و کوچک‌ترین هاست. این علم به بررسی مواد در اندازه‌های بسیار کوچک می‌پردازد، در چنین اندازه‌هایی اتم‌ها و مولکول‌ها رفتارهای متفاوتی از آنچه در طبیعت می‌بینیم، دارند و همین رفتارهای متفاوت باعث می‌شود تا خواص منحصر به فردی در مواد تولید شده مشاهده شود.

نانو از واژه یونانی به معنی کوتوله گرفته شده است. در حقیقت یک نانومتر، یک بیلیونیم متر و چیزی در حدود  $\frac{1}{800000}$  قطر تار موی یک انسان است. ولی همان‌طور که انتظار می‌رود، اندازه نانو در برابر مقیاس اندازه‌های اتمی بسیار بزرگ است. این اتم اندازه‌ای در حدود یک دهم یک نانومتر دارد و هسته آن در حدود یکصد هزارم نانومتر است.

اندازه نانو و ذراتی که در این علم از آنها با نام نانو مواد نام برده می‌شوند، اندازه‌هایی میان یک تا صد نانومتر دارند. اندازه‌های بزرگ‌تر را با میکرون و اندازه‌های کوچک‌تر را هم با اندازه‌های اتمی می‌شناسند. فناوری نانو به سرعت جای خود را در علوم مختلفی

بدن انسان از میلیون‌ها سلول تشکیل شده است و باید بدانیم که هر سلول بدن ما در حقیقت یک نانو ماشین طبیعی است. در مقیاس نانو، قادر هستیم اتم‌ها را برای ساختن محصولات مختلف به گونه‌ای دلخواه چیدمان کنیم و در کنار همدیگر قرار دهیم.



شکل ۲-۳۲

مثل بیولوژی، شیمی و فیزیک و به ویژه مهندسی باز کرده و انقلاب تازه‌ای در این عرصه‌ها آغاز کرده است. از جمله مشکلات در زمینه فناوری نانو مشاهده ذرات و تجهیزات ساخته شده در این علم است. دیدن اشیا در این اندازه‌ها نه تنها با چشم غیرمسلح امکان ندارد، بلکه جالب است بدانید که با میکروسکوپ‌های الکترونی و تجهیزات خاص این امر میسر است.

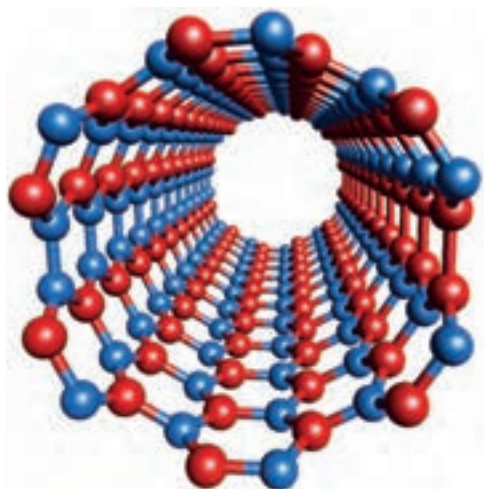
### سلامت و دارو

در حیطه سلامت و دارو ابداع تجهیزاتی که به راحتی فشار خون را به صورت مداوم و با تجهیزات سبک و ارزان اندازه‌گیری می‌کنند از پیشرفت‌های جالب است. البته این اندازه‌گیرهای حیاتی صرفاً به فشارخون محدود نیستند و در دستگاه‌های اندازه‌گیری دیگری همچون قندخون نیز کاربرد فراوانی دارند. از دیگر کاربردهای فناوری نانو در سلامت و دارو، به کارگیری پوشش‌های نانو ذرات نقره است که باعث پاکیزگی محیط از جمله هوا می‌شود.

### جامعه و محیط زیست

شاید تاکنون نام انرژی‌های تجدیدپذیر را شنیده باشید. از جمله مهم‌ترین این انرژی‌ها نور خورشید است. هم‌اکنون به کمک فناوری نانو سلول‌های خورشیدی تولید شده است که تا ۸۵ درصد بازدهی دارند و نور خورشید را به برق تبدیل می‌کنند. شیشه‌های ضد لک که با فناوری شبیه به آنچه در

برگ نیلوفر آبی رخ می‌دهد، ساخته شده‌اند، هرگز خیس نمی‌شوند و آب و مواد دیگر از جمله رنگ و گرد و غبار هیچ‌گاه روی سطح آنها نمی‌نشیند و آنها را کثیف نمی‌کند. پارچه‌های خاصی نیز توسط دانشمندان تولید شده‌اند که با دارا بودن یک پوشش از نانو مواد، همین ویژگی را دارند و هرگز آلوده نمی‌شوند.

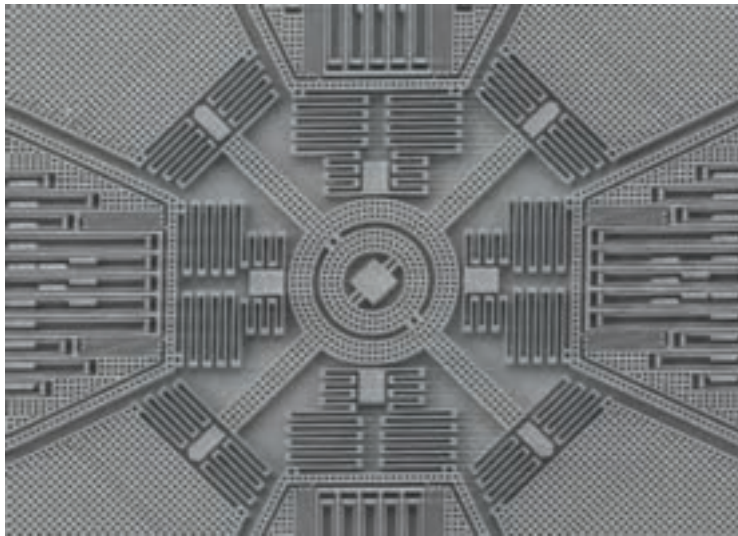


شکل ۳۳-۲- نانو تیوب کربن

### نانو و روش‌های تولید

فناوری نانو بیشتر زمینه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده است. از مهم‌ترین کاربردها روی مواد می‌توان به نانو ذرات کربن اشاره کرد. نانو ذرات کربن به اشکال مختلف تولید می‌شوند که مهم‌ترین آنها لوله‌های کربنی است. این لوله‌ها از قرارگیری اتم‌های کربن در کنار یکدیگر تولید می‌شوند (فرض کنید یک صفحه از اتم‌های کربن را لوله کرده‌ایم).

این لوله‌ها کاربردهای وسیعی در الکترونیک و مکانیک یافته‌اند، به طوری که گاهی استحکام قطعات تولید شده از این لوله‌ها با فولادهای با استحکام بالا قابل مقایسه است.

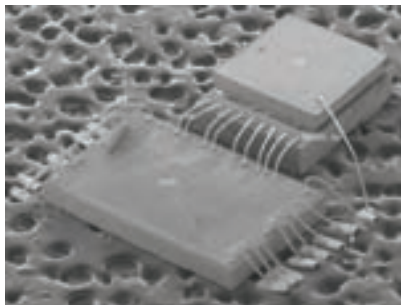


شکل ۳۴-۲. یک موتور نانوتکنولوژی

موفق بوده است. تولید حسگرها با اندازه‌های بسیار کوچک رویای کنترل همه‌جانبه تجهیزات مکانیکی را به حقیقت تبدیل کرده است. نخستین حضور MEMS در حسگرهای شتاب بر روی کیسه‌های هوا در خودروها بود که توانست به خوبی جای روش‌های قدیمی اندازه‌گیری شتاب را گرفته و مزایای زیادی همچون اندازه و وزن کم را باعث شود. در زمینه MEMS آینده‌ای بسیار درخشان در علوم مختلف را متصور هستیم.

فناوری نانو در عرصه تولید تجهیزات، انقلابی نیز برپا کرده است. از مهم‌ترین شاخه‌های عمل نانو در روش‌های تولید MEMS<sup>۱</sup> است. تولید گوشی تلفن قابل حمل از دهه ۵۰ به عنوان یک ایده مطرح بود، ولی هرگز تا شروع انقلاب نانوتکنولوژی و ساخت اولین مدارهای IC امکان پذیر نشد، تا جایی که هم‌اکنون هر روز پیشرفت جدیدی را در عرصه شاهد هستیم. در زمینه MEMS که در حقیقت فصل مشترک میان دو علم مکانیک و الکترونیک است باید بیان داشت که این علم در عرصه تولید حسگرها بسیار





شکل ۲-۳۶- یک مکانیزم MEMS



شکل ۲-۳۵- مکانیزم چرخ و زنجر MEMS

## مواد چرب کاری و خنک کننده

این مواد برای کاهش اصطکاک بین دو قطعه که در تماس هستند به کار می‌روند. هنگامی که قطعات روی یکدیگر می‌لغزند، چون سطح آنها کاملاً صاف نیست لذا برجستگی‌ها و فرورفتگی‌های این دو سطح باهم برخورد نموده و حرکت این قطعات روی یکدیگر کند می‌شود به این عمل اصطکاک می‌گویند. در اثر اصطکاک، حرارت بین دو قطعه افزایش یافته و باعث استهلاک قطعات می‌گردد. به منظور کاهش دمای بین دو قطعه و اصطکاک، از مواد لغزنده‌ای استفاده می‌کنند این مواد به مواد چرب کاری معروف می‌باشند.

### خصوصیات مواد چرب کاری

۱ چرب کاری بالا ۲ خنک کاری زیاد ۳ عاری از آب و اسیدها ۴ حین کار نباید گلوله گلوله شوند ۵ در تغییرات دمایی و فشار بتوانند خصوصیات خود را حفظ نمایند.

### انواع مواد چرب کاری

۱ روغن‌های معدنی: این روغن‌ها حاصل از مشتقات خام بوده و بیشترین کاربرد را در صنعت دارند. این روغن‌ها از خصوصیات بسیار خوبی برخوردارند و از لحاظ غلظت به سه دسته رقیق و نیمه رقیق و غلیظ تقسیم می‌شوند در جدول زیر کاربرد این روغن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۴

کاربرد	روغن
برای چرب کاری محورهایی که دارای سرعت محیطی زیاد بوده و نیروی کمی به آنها وارد می‌شود	رقیق
برای چرب کاری محورهایی که با سرعت زیاد و نیروی متوسط کار می‌کنند. مانند: یاتاقان‌ها و الکتروموتورها	نیمه رقیق
برای چرب کاری کمپرسورها، جعبه‌دنده‌ها، سیلندر ماشین‌های بخار و محل‌هایی که درجه حرارت زیاد و نیروی زیاد و سرعت محیطی کم باشد.	غلیظ

**۲ روغن‌های گیاهی:** این روغن‌ها از پرس کردن دانه‌های گیاهی مانند تخم شلغم، زیتون و ... به دست می‌آیند. این روغن‌ها دارای چرب کاری زیادی بوده ولی به سادگی گلوله گلوله شده و فاسد می‌شوند ولی خاصیت خنک کنندگی خوبی دارند. از این روغن‌ها به عنوان خنک کننده در برخی از فلزات استفاده می‌کنند.

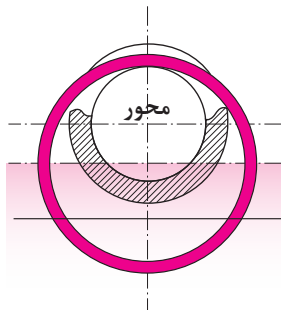
**۳ روغن‌های حیوانی:** این مواد از ریختن چربی حیوانات به دست آمده و خصوصیات آنها مانند روغن‌های گیاهی می‌باشد. همچنین این روغن‌ها به سختی قابلیت اسیدی پیدا می‌کنند و دیر خشک می‌شوند. این روغن‌ها برای روغن کاری دستگاه‌های ظریف استفاده می‌شود، در مواردی می‌توان با افزودن مواد بی‌خاصیت آنها را افزایش داد از گلوله گلوله شدن آنها جلوگیری نمود.

**۴ گریس‌ها:** مخلوط نیمه جامدی از روغن‌های معدنی با صابون‌ها بوده و در مواردی که نتوان مواد چرب کاری مایع استفاده نمود به کار می‌روند. این نوع مواد پس از پرکردن فضای بین قطعات عمل روغن کاری همانند چرب کارهای مایع انجام می‌دهند.

**۵ روغن‌های مصنوعی:** این روغن‌ها به روغن‌های سنتتیک معروف بوده و جزو روغن‌های حیوانی و گیاهی نبوده و از هیدروکربن‌های عادی و مشتقات آنها نیز به دست نمی‌آیند. این روغن‌ها مانند مواد سیلکونی از زنجیره طولی از سیلیسیوم و اکسیژن تشکیل شده‌اند این روغن‌ها در مقایسه با سایر روغن‌ها از خصوصیات بسیار خوبی برخوردار هستند و محدودیت‌های روغن‌های گیاهی و حیوانی را هم نیز ندارند.

### روش‌های روغن کاری

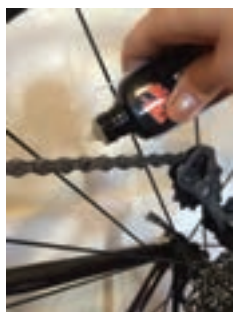
در شکل زیر انواع روغن کاری را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۳۸- روش غوطه‌وری



شکل ۲-۳۷- روش قطره‌ای



شکل ۲-۴۰- به کمک روغن دان



شکل ۲-۳۹- روش پاششی

## جدول ۱۵-۲

کاربرد	روش
زمانی که حرکت دورانی کم بوده و نیروی اصطکاک نیز کم باشد.	قطره‌ای
سرعت دورانی متوسط زیاد و نیروهای زیاد مانند جعبه‌دنده‌ها	غوطه‌وری
در سرعت دورانی بسیار زیاد و نیروی زیاد زمانی که روغن باید در یک مدار خنک‌کننده قرار گیرد تا بتواند هم عمل خنک‌کنندگی و وظیفه هدایت مواد زاید را به‌عهده داشته باشد.	پاششی یا جریانی
زمانی که حرکت بسیار آرام بوده و نیروها کم باشند که به‌صورت روزانه روغن کاری انجام می‌شود.	روغن‌دان

## مواد خنک‌کننده

مواد خنک‌کننده موادی هستند که در هنگام عملیات براده‌برداری و یا تغییر فرم فلزات با روش‌های بدون براده‌برداری وظیفه خنک کردن و چرب کاری را به‌عهده دارند. وظایف این‌گونه مواد را می‌توان به‌طور خلاصه چنین بیان کرد:

- ۱ هدایت و انتقال حرارت از ابزار و قطعه کار
  - ۲ روغن کاری بین ابزار و قطعه کار کم کردن مقاومت اصطکاک و در نتیجه تقلیل نیروی تلف شده می‌باشد.
  - ۳ افزایش دوام ابزار
  - ۴ بهبود کیفیت سطح
  - ۵ شستشو و انتقال براده‌ها از محل براده‌برداری
  - ۶ جلوگیری از زنگ زدن قطعه کار، ابزار و ماشین
- در انتخاب مواد خنک‌کننده بایستی جنس ابزار، جنس قطعه کار و نحوه براده‌برداری را مورد توجه قرار داد. در هنگام استفاده از ماده خنک‌کننده بایستی مایع به‌حد وفور و به‌طور مداوم بر روی محل براده‌برداری جریان داشته باشد. مهم‌ترین موادی که به‌عنوان مواد خنک‌کننده به‌کار می‌روند عبارت‌اند از:
- الف) روغن‌های برش:** روغن‌های برش ممکن است که از روغن‌های معدنی، حیوانی و یا گیاهی انتخاب شده و یا در بعضی موارد مخلوطی از آنها باشند. این مواد را هیچ‌گاه نبایستی با آب رقیق نمود زیرا در آب حل نمی‌شوند. معمولاً برای افزایش قدرت چرب کاری این مواد به آنها گوگرد نیز اضافه می‌کنند.
- ب) روغن‌های مته:** این روغن‌ها که نقش خنک‌کنندگی و چرب کاری را توأمان به‌عهده دارند، محلول‌هایی هستند از صابون و روغن‌های معدنی. نسبت اختلاط آنها بستگی به مورد استفاده‌شان داشته و ممکن است که از ۵ تا ۲۵ درصد مواد صابونی داشته باشند. این مقدار بستگی دارد به اینکه نقش خنک‌کنندگی بیشتر موردنظر باشد یا نقش چرب کاری.

**ج) آب صابون:** این مایع در صنایع فلزکاری به نام آب صابون معروف است در حقیقت امولسیون است از ۱۰ تا ۱۲ درصد روغن مته در آب؛ و به‌خاطر مقدار آب زیادی که دارد قابلیت خنک‌کنندگی آن بر قابلیت چرب کاری فزونی دارد. برای درست کردن آن بایستی از آب نرم (آب با املاح معدنی کم) و نه چندان سرد استفاده نمود. اگر برای منظور فوق از آب داغ استفاده شود قسمت مهمی از مواد آن از بین خواهد رفت.

در هنگام ریختن روغن مته در آب (هیچ‌گاه برعکس عمل نکنید) بایستی مخلوط را به‌شدت بهم زد. این ماده خنک‌کننده نبایستی کثیف گردد.

نکته

به‌علت امکان بروز بیماری‌های پوستی از تماس مداوم آب صابون با دست خودداری نمایید.



آب صابون تمایل زیادی به تفکیک داشته و از آنجایی که در هنگام استفاده، روغن بیشتر از آب جذب براده‌ها می‌گردد، بایستی هرچندگاه یک بار آن را بهم زده و در صورت نیاز کمی روغن مته به آن اضافه نمود. روغنی که برای تهیه آب صابون به‌کار می‌رود، در ایران به‌نام روغن Z۱ معروف است که توسط شرکت ملی نفت تولید و به بازار عرضه می‌گردد.

## ارزشیابی

۱ قابلیت هدایت الکتریکی چهار عنصر فلزی مس، آهن، نقره و آلومینیوم را به ترتیب و مطابق جدول زیر بنویسید.

۴	۳	۲	۱

۲ خواص مواد را مطابق جدول بنویسید.

خواص تکنولوژیکی	خواص مکانیکی	خواص شیمیایی	خواص فیزیکی	
				۱
				۲
				۳
				۴

۳ سختی یا الاستیسیته مواد، نسبت ... دارد.

۴ موارد خواسته شده در جدول را با کلمه دارد و یا ندارد مشخص کنید.

مواد مصنوعی	مس	چدن	فولاد	
				قابلیت جوشکاری
				قابلیت ریخته‌گری
				قابلیت چکش‌خواری

۵ زیر هر عنوان نام ماده مناسب را بنویسید.

فلزات آهنی	مواد طبیعی	مواد مصنوعی

فصل دوم: مواد و کاربرد آنها

- ۶ فولاد آلیاژی علاوه بر عنصر آهن و کربن دارای چه عناصر دیگری نیز می‌باشد.  
 ۷ مفهوم هر یک از اجزای عبارت‌های زیر را بنویسید.

C ۶۰ V ۷۰	ST ۶۰-۲	MST ۳۵
:C	:ST	:M
:۶۰	:۶۰	:ST
:V	:۲	:۳۵
:۷۰	_____	_____

- ۸ مقدار کربن فولادها و چدن‌ها چقدر است  
 ۹ مفهوم GG ۲ S و GGG ۷۰ چیست؟  
 ۱۰ منظور از نیم‌ساخته‌ها چیست؟  
 ۱۱ چگالی کدام یک از فلزات زیر بیشتر است؟ به ترتیب اولویت با شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ مشخص کرده، کاربرد هر یک را بنویسید.

روی	مس	آلومینیوم	آهن	
				وضعیت چگالی
				کاربرد

- ۱۲ چهار مورد از خواص پلاستیک‌ها را بنویسید.  
 ۱۳ سه نمونه از وسایل و تجهیزاتی که از مواد ترموست و ترموپلاست ساخته می‌شوند را بنویسید.

ترموپلاست			ترموست		

- ۱۴ چهار مورد از خواص کامپوزیتی را بنویسید.  
 ۱۵ به کمک یکی از هم‌کلاسی‌های خود و جست‌وجو در اینترنت وسایلی را که جنس آنها از مواد سرامیکی و کامپوزیتی است مطابق جدول بنویسید.

مواد کامپوزیتی			مواد سرامیکی		

- ۱۶ با ذکر یک مثال کاربرد فناوری نانو را در زندگی روزمره نوشته و مزایای آن را بنویسید.
- ۱۷ چهار مورد از وسایل منزل شما که نیاز به روغن کاری دارند را با ذکر محل روغن کاری نام ببرید.
- ۱۸ آیا می توان به جای مواد خنک کاری از مواد چرب کاری استفاده نمود؟ چرا؟
- ۱۹ تفاوت ظاهری گریس با روغن چیست؟
- ۲۰ راهکار پیشنهادی شما برای افزایش عمر مواد خنک کاری (آب صابون) چیست؟ شرح دهید.