

# فصل ششم

## فلزات غیر آهنی



**هدف‌های رفتاری :** با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- ۱- ویژگی آلیاژهای آلومینیوم را بیان کند.
- ۲- موارد مهم کاربرد آلیاژهای آلومینیوم را نام ببرد.
- ۳- ویژگی مس و آلیاژهای آن را بیان کند.
- ۴- موارد مهم کاربرد مس و آلیاژهای آن را نام ببرد.
- ۵- موارد مهم کاربرد فلز روی را در صنعت بیان کند.
- ۶- موارد مهم کاربرد فلز قلع را در صنعت بیان کند.
- ۷- خواص مهم فلزات روی و قلع را نام ببرد.

## ۱-۶- آلومینیوم

در صنعت، آلومینیوم پس از فولاد در ردیف دوم از نظر پراکندگی فلز قرار دارد. توسعه سریع آلومینیوم مربوط به خواص ویژه آن است. جرم حجمی آلومینیوم در حدود یک سوم فولاد یا مس می‌باشد 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 می‌باشند. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای مقاومت به خوردگی و قابلیت ریخته‌گری مناسب و شکل‌پذیری خوبی برای تولید مقاطع مختلف نظیر: لوله، پروفیل، نبشی و ... دارند. جدول (۱-۶) خصوصیات آلومینیوم را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۶- خواص فیزیکی مهم آلومینیوم

Aluminum, Al	نام، علامت اختصاری
$2.7 \text{ gr/cm}^3$	جرم حجمی
نقره‌ای	رنگ
جامد	حالت ماده
$660^\circ \text{C}$	نقطه ذوب
$37.7 \times 10^6$ زمینس <sup>۱</sup>	رسانایی الکتریکی
$237 \text{ W/m} \times ^\circ \text{K}$	رسانایی گرمایی
Fcc	ساختار کریستالی
$900 \text{ J/Kg} \times ^\circ \text{K}$	ظرفیت گرمایی ویژه

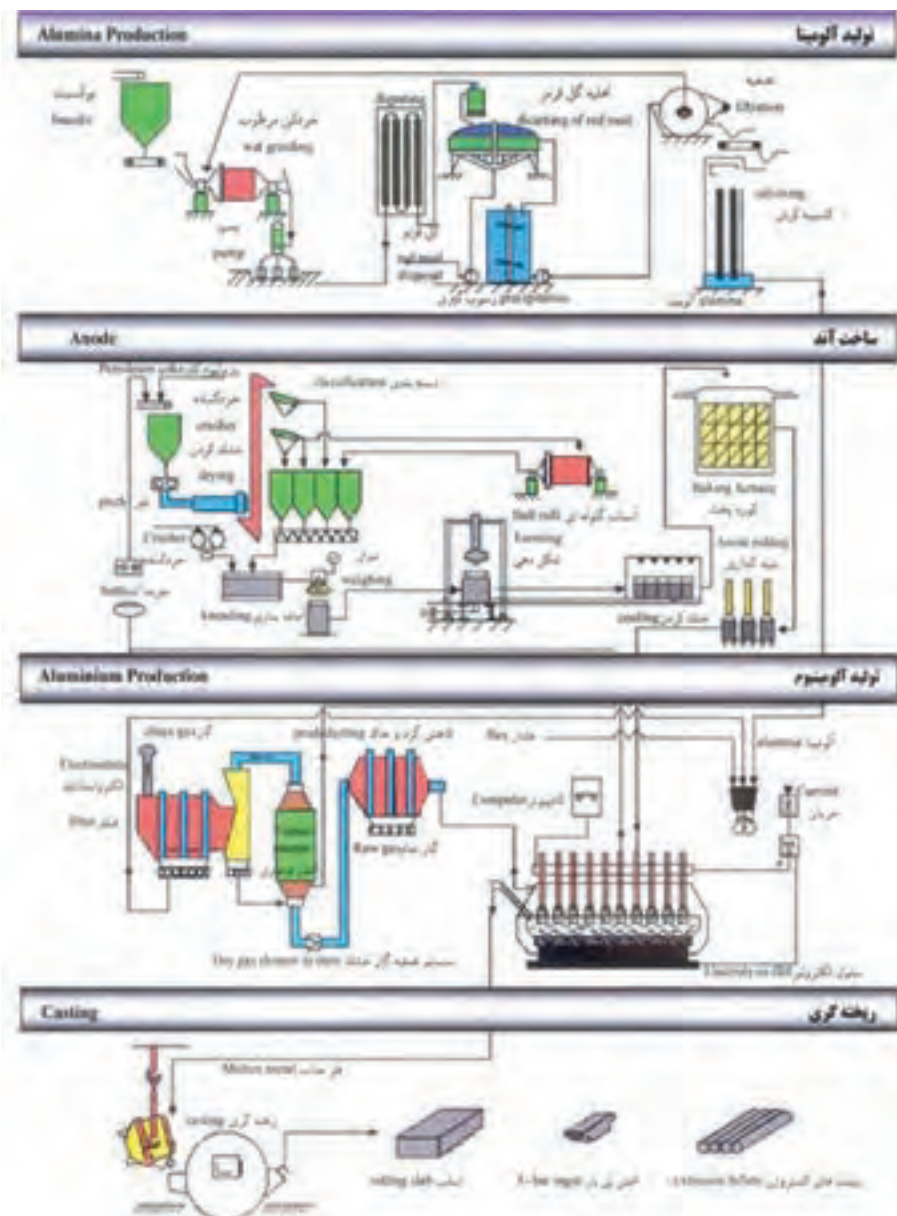
در جدول (۲-۶) دلایل و موارد کاربرد آلیاژهای آلومینیومی در صنایع مختلف نشان داده شده است.

۱- زمینس واحد رسانایی جریان الکتریسیته و معادل  $\frac{1}{\text{اهم}}$  می‌باشد.

جدول ۲-۶- کاربرد آلومینیوم در صنایع مختلف

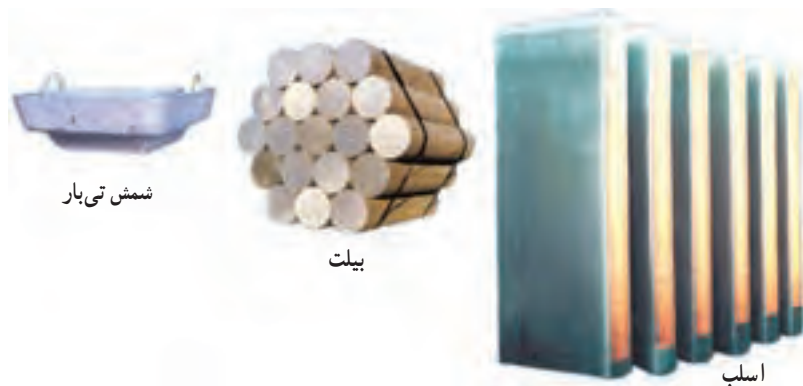
دلیل استفاده و نمونه کاربرد صنعتی	کاربرد	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● سبک بودن</li> <li>● بالا بودن نسبت استحکام به وزن</li> </ul>	<p>صنایع هوا و فضا (هواپیماها و راکت‌ها)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● بالا بودن نسبت استحکام به وزن</li> <li>● مقاومت به خوردگی بالا</li> </ul>	<p>صنایع حمل و نقل (ریلی و خودرو)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● مقاومت به خوردگی بالا</li> <li>● بالا بودن نسبت استحکام به وزن</li> </ul>	<p>صنایع کشتی‌سازی</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● مقاوم در برابر خوردگی</li> <li>● سبکی</li> <li>(موجب کاهش هزینه‌های حمل و نقل می‌شود)</li> <li>● به راحتی استرلیزه می‌شود</li> </ul>	<p>صنایع بسته بندی</p>

۱-۱-۶- تولید آلومینیوم: آلومینیوم یکی از فراوان‌ترین فلزات پوسته زمین است که به صورت ترکیب با عناصر دیگر مثل آهن، سیلیسیم و اکسیژن وجود دارد. مهم‌ترین سنگ معدن آن بوکسیت است که برای تولید آلومینیوم به کار می‌رود. در شکل (۱-۶) مراحل تولید آلومینیوم به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱-۶- مراحل تولید آلومینیوم

همان‌طور که در شکل (۶-۱) دیده می‌شود در انتهای مراحل تولید، آلومینیوم به شکل‌های گوناگون تولید می‌شود که مهم‌ترین آنها اسلب، شمش تی بار و بیلت می‌باشد. شکل (۶-۲) تصویر این تولیدات را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۲- محصولات متداول کارخانه تولید آلومینیوم



آلومینیوم هرمزگان (هرمزگان)



آلومینیوم اراک

شکل ۶-۳- کارخانه‌های بزرگ تولید آلومینیوم در ایران

محصولات تولید شده در کارخانه‌های بزرگ آلومینیوم‌سازی (مثل اراک و هرمزگان) به کمک عملیات شکل‌دهی نظیر: اکستروژن<sup>۱</sup>، آهنگری<sup>۲</sup> و ... به صورت محصولات نیم ساخته به بازار عرضه می‌شوند، شکل (۶-۴) انواع متداول نیم ساخته‌های آلومینیومی را نشان می‌دهد.

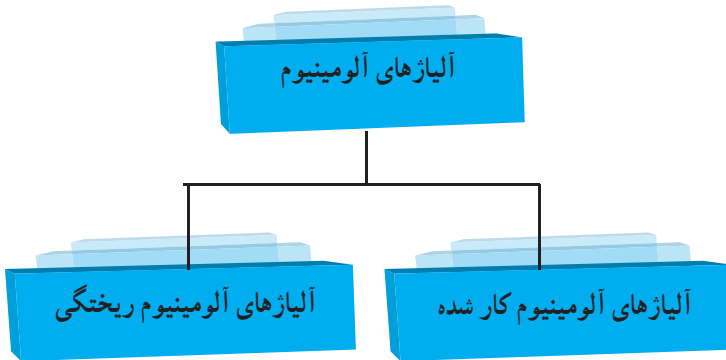
۱- Extrusion

۲- فورج (Forg)



شکل ۶-۴- انواع متداول نیم ساخته‌های آلومینیومی


۶-۱-۲- آلیاژهای آلومینیوم: آلومینیوم و آلیاژهای آن را به دو دسته کلی مطابق نمودار (۶-۱) تقسیم بندی می‌کنند.










نمودار ۶-۱- تقسیم بندی آلومینیوم و آلیاژهای آن

برای شناسایی هر یک از دو گروه آلیاژهای آلومینیوم از یک عدد چهار رقمی استفاده می‌شود که در جدول (۶-۳) گروه‌های مختلف آلیاژهای آلومینیوم همراه با کاربرد صنعتی آنها آورده شده است.

جدول ۳-۶- گروه‌های مختلف آلیاژهای آلومینیوم و موارد کاربرد آن در صنعت



نام گروه	عنصر آلیاژی اصلی	ویژگی‌های مهم	موارد کاربرد صنعتی	نمونه کاربرد
۱XXX	با درجه خلوص ۹۹ درصد	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مقاوم در برابر خوردگی</li> <li>- هدایت حرارتی و الکتریکی بالا</li> <li>- خواص مکانیکی پایین</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- هادی‌های الکتریکی</li> <li>- تجهیزات واحدهای شیمیایی</li> <li>- زوررق</li> </ul>	  
۲XXX	مس	<ul style="list-style-type: none"> <li>- خواص مکانیکی بالا</li> <li>- چقرمگی شکست و استحکام خوب در سرما</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- پیستون</li> <li>- رینگ</li> </ul>	 

ادامه جدول ۳-۶- گروه‌های مختلف آلیاژهای آلومینیوم و موارد کاربرد آن در صنعت

نام گروه	عنصر آلیاژی اصلی	ویژگی‌های مهم	موارد کاربرد صنعتی	نمونه کاربرد
۳XXX	منگنز	<ul style="list-style-type: none"> <li>- استحکام متوسط</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سازه ساختمانی</li> <li>- دکل برق</li> </ul>	 
۴XXX	سیلیسیم	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مقاوم در برابر سایش</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- پیستون</li> <li>- سیلندر</li> <li>- سرسیلندر</li> <li>- فیلتر هوا</li> </ul>	 
۵XXX	منیزیم	<ul style="list-style-type: none"> <li>- استحکام متوسط</li> <li>- جوشکاری خوب</li> <li>- مقاوم به خوردگی</li> <li>- شکل پذیری خوب</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نمای ساختمان</li> <li>- بدنه کشتی</li> <li>- لوازم خانگی</li> </ul>	  



ادامه جدول ۳-۶- گروه‌های مختلف آلیاژهای آلومینیوم و موارد کاربرد آن در صنعت

نمونه کاربرد	موارد کاربرد صنعتی	ویژگی‌های مهم	عنصر آلیاژی اصلی	نام گروه
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- لوازم خانگی</li> <li>- قطعات خودرو</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- قابلیت فرم‌پذیری خوب</li> <li>- مقاوم در برابر خوردگی</li> <li>- استحکام متوسط</li> <li>- سختی‌پذیری مناسب</li> </ul>	<p>روی</p>	<p>۷XXX</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- لوازم خانگی</li> <li>- قطعات خودرو</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- قابلیت فرم‌پذیری خوب</li> <li>- مقاوم در برابر خوردگی</li> <li>- استحکام متوسط</li> <li>- سختی‌پذیری مناسب</li> </ul>	<p>منیزیم - سیلیسیم</p>	<p>۶XXX</p>

## ۲-۶- مس

مس یکی از فلزات مهم صنعتی است که در حالت غیرآلیاژی 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 (۵-۶) چند نمونه قدیمی از سازه‌های مسی را نشان می‌دهد. و جدول (۴-۶) خصوصیات مس را نشان می‌دهد.



سرویس قاشق و چنگال مسی

ظرف مسی

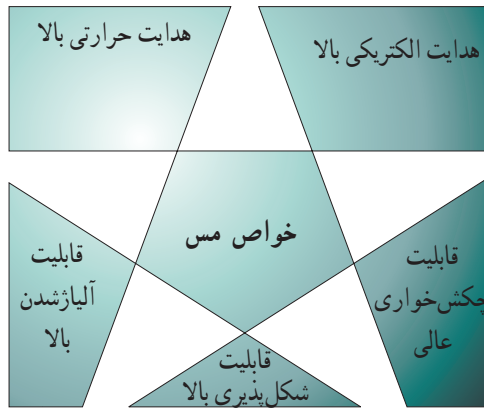
سرنیزه‌های ساخته شده از مفرغ

شکل ۵-۶- چند سازه مسی مربوط به دوران قدیم

جدول ۴-۶- خصوصیات مس

Copper, Cu	نام و علامت اختصاری
$8.92 \text{ gr/cm}^3$	جرم حجمی
قرمز	رنگ
جامد	حالت ماده
$1084^\circ \text{C}$	نقطه ذوب
$1.6 \times 10^6 / 59 \text{ اهم}$	رسانایی الکتریکی
$401 \text{ W/m} \times ^\circ \text{K}$	رسانایی گرمایی

با نگاه به خواص مس که در نمودار (۲-۶) آمده است، می‌توان به نقش مس و آلیاژهای آن به عنوان یک فلز غیرآهنی مهم صنعتی پی برد.



نمودار ۲-۶- ویژگی‌های خوب فلز مس

### بیشتر بدانیم

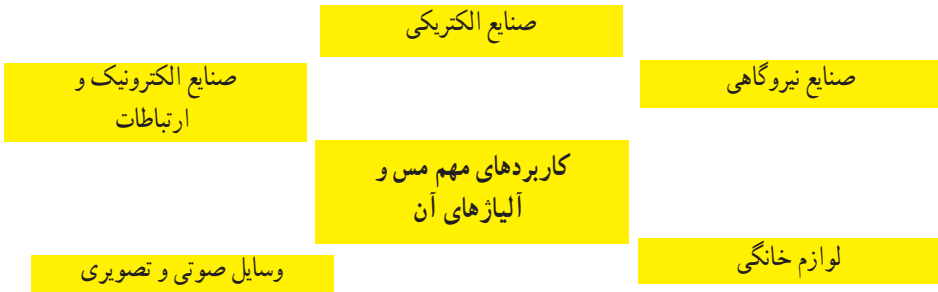
#### مقایسه هدایت حرارتی و الکتریکی

قابلیت هدایت الکتریسیته عبارت است از قدرت هدایت الکتریسیته واحد طول جسم بر واحد سطح مقطع. در بین فلزات به ترتیب نقره، مس و آلومینیوم بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی را دارند که در لوازم خانگی، صنعتی، تجهیزات آزمایشگاهی و پزشکی، قطعات رایانه‌ای، تجهیزات ارتباطی، نیروگاهی، نظامی و ... کاربرد دارند. در نمودار زیر هدایت الکتریکی فلزات خالص تجاری را در دمای محیط به طور نسبی مشاهده می‌کنید.

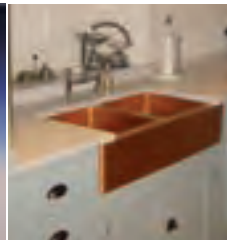
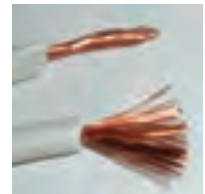
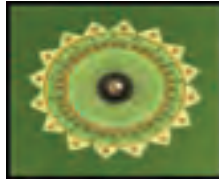


بهرتر است بدانید که با افزایش عناصر آلیاژی به مس هدایت الکتریکی آن به طور محسوسی کاهش پیدا می‌کند.

۱-۲-۶- کاربردهای مس : با توجه به خواص مطلوب مس از آن در صنایع مختلف استفاده می شود که در نمودار (۳-۶) و شکل (۶-۶) موارد مهم و پرکاربرد مس و آلیاژهای آن را نشان می دهد.

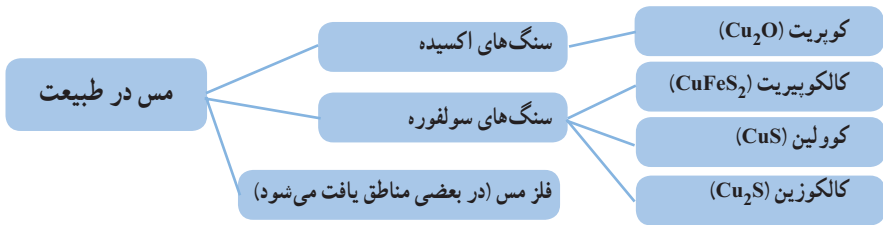


نمودار ۳-۶- صنایعی که از مس و آلیاژهای آن به صورت گسترده استفاده می کنند.



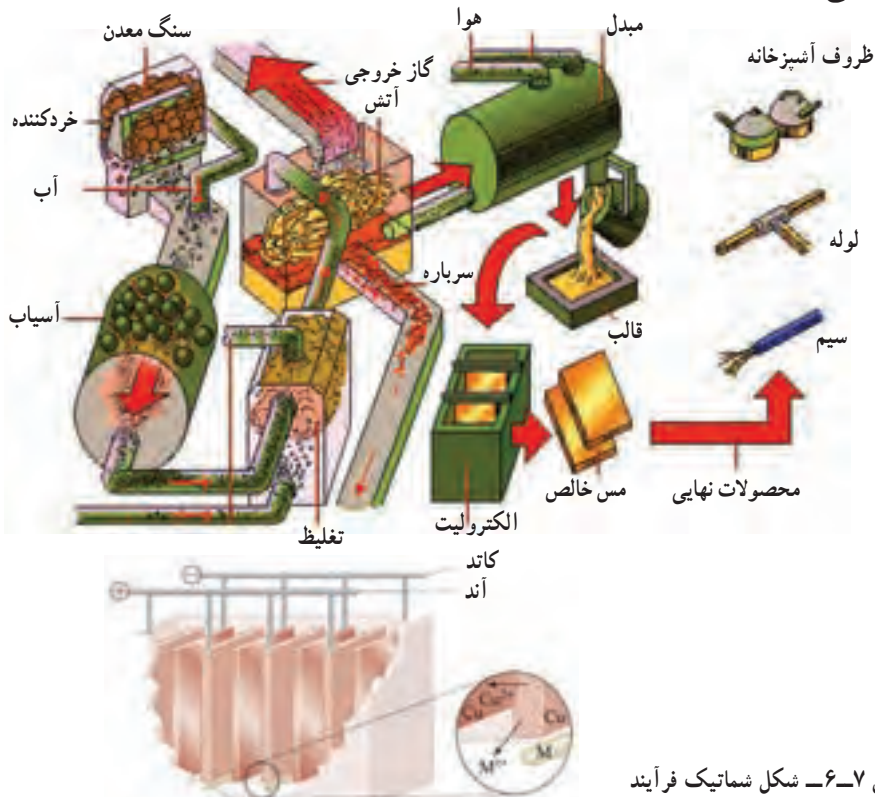
شکل ۶-۶- چند نمونه از کاربردهای صنعتی مس و آلیاژهای آن

۲-۲-۶- تولید مس : منبع مس در طبیعت سنگ های معدنی حاوی مس می باشند که حدود پنج هزارم درصد پوسته زمین را تشکیل می دهند. نمودار (۴-۶) ترکیب های موجود مس را در طبیعت نشان می دهد.



نمودار ۶-۴- ترکیب‌های مس (موجود در طبیعت)

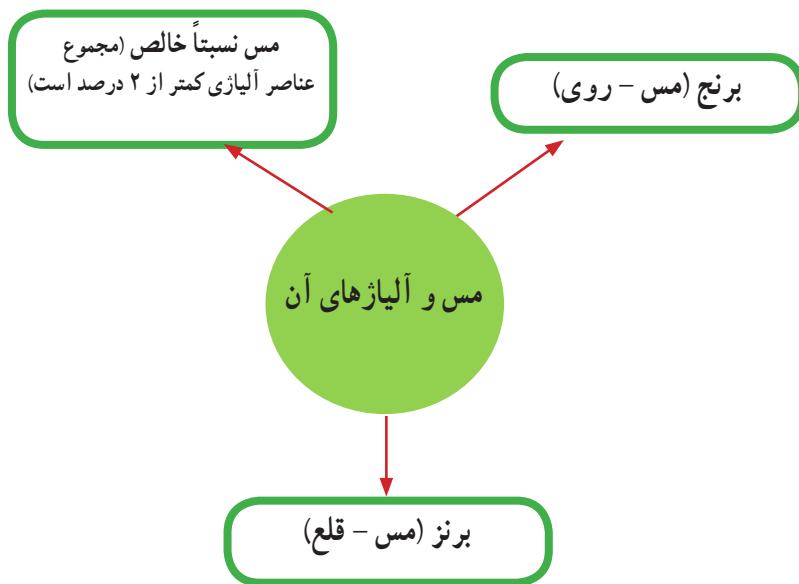
در کارخانه‌های تولید مس مثل (مجتمع مس سرچشمه) از هر دو فرآیند متالورژی استخراجی (پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی) برای استخراج و تولید مس استفاده می‌شود. شکل (۶-۷) فرآیند استخراج مس را به روش پیرومتالورژی نشان می‌دهد. (در فصل دوم فرآیند استخراج مس به روش هیدرومتالورژی یا متالورژی تر بررسی شد).



شکل ۶-۷- شکل شماتیک فرآیند تولید مس به روش پیرومتالورژی

۱- لجن آندی: منظور رسوبات قوانین ته نشین شده در کف ظرف می‌باشد که به‌طور معمول محتوی عناصر فلزی همراه کانی‌های مس می‌باشند که تا این مرحله از فرآیند استخراج حذف نشده‌اند.

۳-۲-۶- دسته‌بندی مس و آلیاژهای آن : مس و آلیاژهای مسی را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد که نمودار (۵-۶) این دسته‌بندی را نشان می‌دهد.



نمودار ۵-۶- دسته‌بندی مس و آلیاژهای آن در حالت کلی

هم‌چنین از طرف انجمن توسعه مس (CDA) <sup>۱</sup> آلیاژهای مس را به دو دسته آلیاژهای کار شده و آلیاژهای ریختگی تقسیم نموده است که در جدول (۵-۶) این تقسیم‌بندی مشاهده می‌شود.

جدول ۵-۶- دسته‌بندی آلیاژهای مس بر اساس استاندارد CDA

نوع آلیاژ	ترکیب آلیاژی	نمونه آلیاژی	نمونه کاربرد در صنعت
آلیاژهای کار شده	xx۱C	مس با درجه خلوص بالا	لوله‌های مسی، کابل‌ها و لوله‌های دوجداره، تجهیزات تقطیر
	xx۲C	آلیاژهای مس - روی (برنج)	لوله‌ها، مدال‌ها، فیوز، پلاک
	xx۳C	آلیاژهای مس - روی - سرب (برنج‌های سرب‌دار)	مبدل‌های حرارتی
	xx۴C	آلیاژهای مس - روی - قلع (برنج‌های دارای قلع)	سوئیچ و بست‌های الکتریکی
	xx۵C	آلیاژهای مس - قلع (برنزهای فسفردار)	اتصالات الکتریکی، سخت‌افزار خطوط الکتریکی
	xx۶C	آلیاژهای مس - آلومینیوم (برنزهای آلومینیوم)، آلیاژهای مس - سیلیسیم (برنزهای سیلیسیم‌دار)	مبردها، لوله‌های مبدل گرما و بخار، لوله‌های تقطیر
آلیاژهای ریختگی	xx۷C	مس - نیکل و مس - نیکل - روی	تقویت‌کننده‌های ارتباطی، فنرهای الکتریکی، لوله‌های مبدل گرما و بخار، بست فلزی، مقاومت‌ها
	xx۸C	آلیاژهای ریختگی با درصد زیاد مس، انواع برنج‌های ریختگی، آلیاژهای ریختگی برنز - منگنز	اتصالات رادیاتور، لامپ
	xx۹C	آلیاژهای ریختگی مس - قلع، مس - قلع - سرب، مس - قلع - نیکل، مس - آلومینیوم - آهن، و مس - نیکل - آهن و مس - نیکل - روی	یاتاقان، بوش، رینگ، پیستون

### ۶-۳-۳- روی و قلع

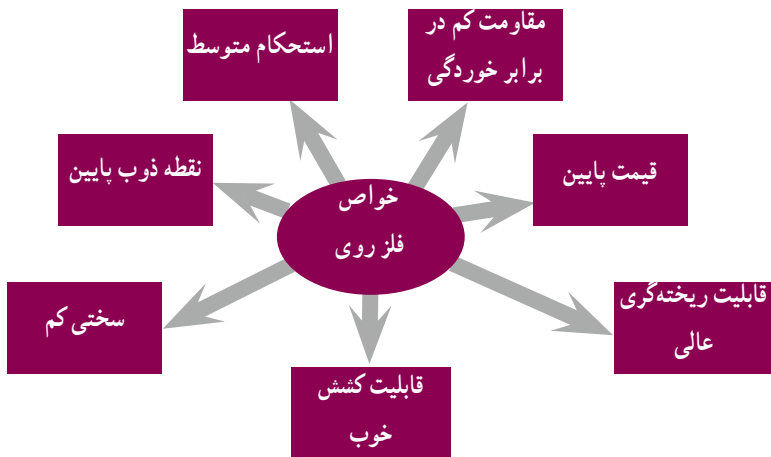
در میان فلزات غیر آهنی روی و قلع پس از آلومینیوم و مس بیشترین کاربرد را دارند.

۶-۳-۳-۱- روی: جدول (۶-۶) ویژگی‌های فیزیکی مهم فلز روی و نمودار (۶-۶) خواص

صنعتی آن را نشان می‌دهد.

جدول ۶-۶- 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	$692/68 \text{ }^\circ\text{K}$
رسانایی الکتریکی	$10^6 \times 6 \times 10^6$ زمینس
رسانایی گرمایی	$116 \text{ W/m } \times \text{ }^\circ\text{K}$



نمودار ۶-۶- خواص فلز روی

با توجه به خواص فلز روی از این فلز بیشتر برای پوشش قطعات فولادی به منظور حفاظت در

برابر خوردگی استفاده می‌شود.



**گالوانیزه کردن:** پوشش دادن سازه‌های فولادی را در حمام روی مذاب، فرآیند گالوانیزه (غوطه‌وری گرم) می‌گویند، در نتیجه این عمل لایه‌ای چسبنده، روی سطح فولاد تشکیل می‌شود. لوله‌ها و ورقه‌های گالوانیزه در صنایع مختلف کاربرد 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 (۸-۶) خط تولید ورق و قوطی‌های گالوانیزه را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۶. خط گالوانیزه کردن ورق و قوطی‌های فولادی

**آلیاژهای روی:** فلز روی به صورت خالص غیر از کاربرد پوشش‌دهی سطح سازه‌های فولادی که در بخش قبلی توضیح داده شد، کاربرد بسیار محدودی دارد و بیشتر به عنوان عنصر آلیاژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از معروف‌ترین آلیاژهای روی می‌توان به زاماک<sup>۱</sup> اشاره کرد که علاوه بر روی دارای عناصری مانند آلومینیوم، مس و منیزیم نیز می‌باشد.

۱- در ایران به سرب خشک معروف هستند.

۲-۳-۶- قلع : قلع فلز دیگری است که در پوشش‌های مقاوم به خوردگی (قلع اندود کردن)، آلیاژسازی، لحیم کاری و غیره کاربرد دارد. جدول (۶-۷) خصوصیات فیزیکی مهم فلز قلع را نشان می‌دهد.

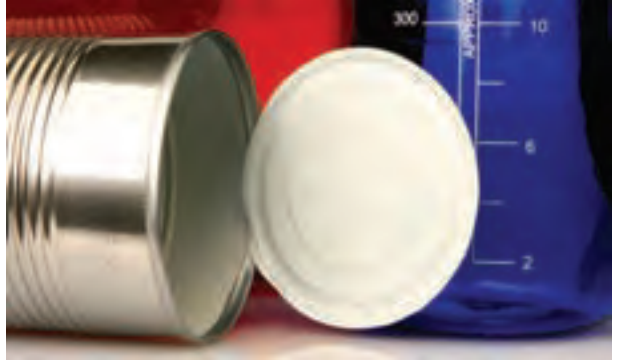
جدول ۶-۷- خصوصیات فیزیکی مهم قلع

نام، علامت اختصاری	Tin, Sn
جرم حجمی	۷۳/۱ gr/cm <sup>۳</sup>
رنگ	خاکستری درخشان (نقره‌ای)
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	۱۳۲ °c
رسانایی الکتریکی	۹/۱۷ × ۱۰ <sup>۶</sup> زمینس
رسانایی گرمایی	۶۶/۶ (W/m) × °K

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 پوشش دهی ورق‌های فولادی به‌خاطر افزایش مقاومت در برابر خوردگی است. نکته قابل توجه این است که ورق‌های فولادی قلع اندود به‌راحتی قابلیت فرم‌دهی، جوشکاری و لحیم کاری دارند. بیشتر صفحات قلع اندود شده 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 لحیم کاری نرم نیز به‌عنوان یکی از عناصر تشکیل دهنده لحیم مورد استفاده فراوان است. شکل (۶-۹) کاربرد ورق‌های قلع اندود را در صنایع بسته‌بندی نشان می‌دهد.



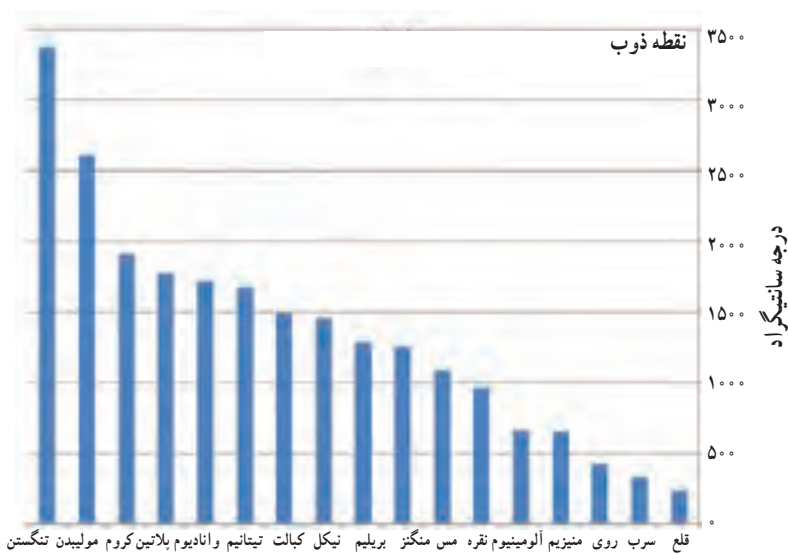
شکل ۹-۶- کاربرد ورق قلع اندود در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی

**آلیاژهای قلع:** از فلز قلع مثل فلز روی در حالت خالص برای پوشش دادن سطوح قطعات فولادی استفاده می‌شود ولی به عنوان عنصر آلیاژی هم موارد استفاده زیادی دارد از مهم‌ترین کاربردهای آلیاژهای قلع ساخت یاتاقان می‌باشد.

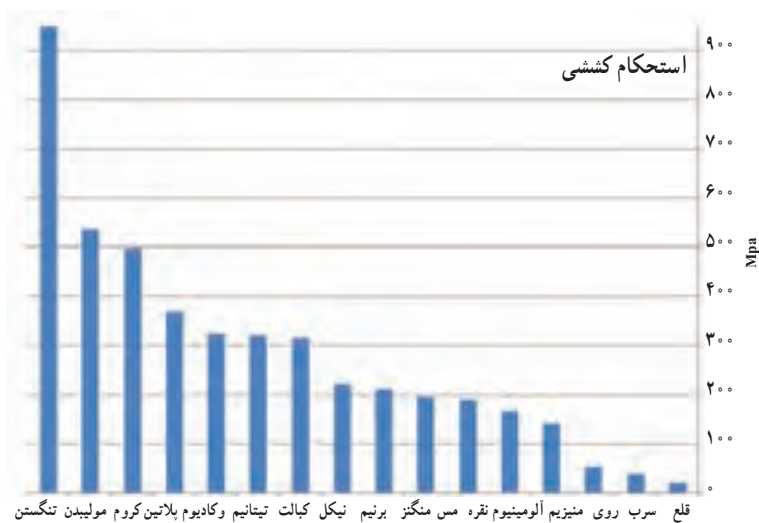
#### ۴-۶- سایر فلزات غیر آهنی

سایر فلزات غیر آهنی متناسب با خواص و ویژگی‌های مربوط به خود به صورت خالص یا آلیاژ در ساخت و تولید سازه‌های مختلف صنعتی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند.

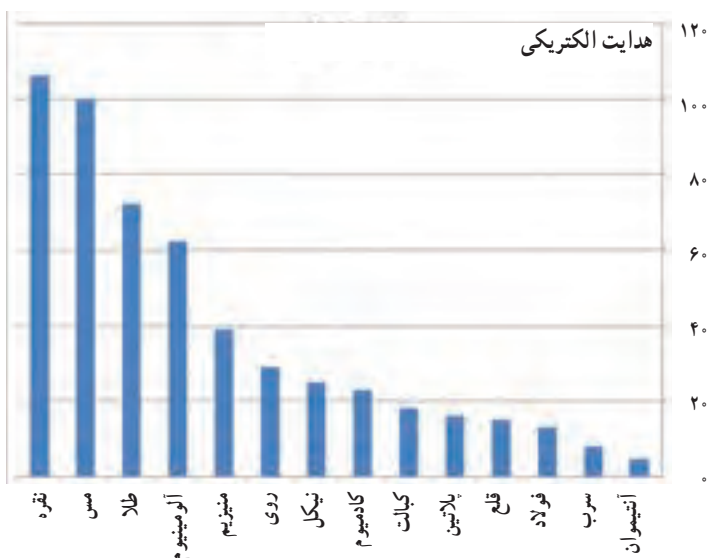
با توجه به این که فرصت بررسی تک‌تک عناصر فلزی در این بخش مقدور نمی‌باشد، لذا در نمودارهای مقایسه‌ای (نمودارهای ۷-۶ تا ۱۰-۶) در مورد خواص مهم فیزیکی و مکانیکی عناصر فلزی متداول مورد استفاده در صنایع آمده است. هم‌چنین در جدول (۸-۶) برخی از خواص سایر فلزات غیر آهنی همراه با مهم‌ترین موارد کاربرد آنها در صنایع آورده شده است.



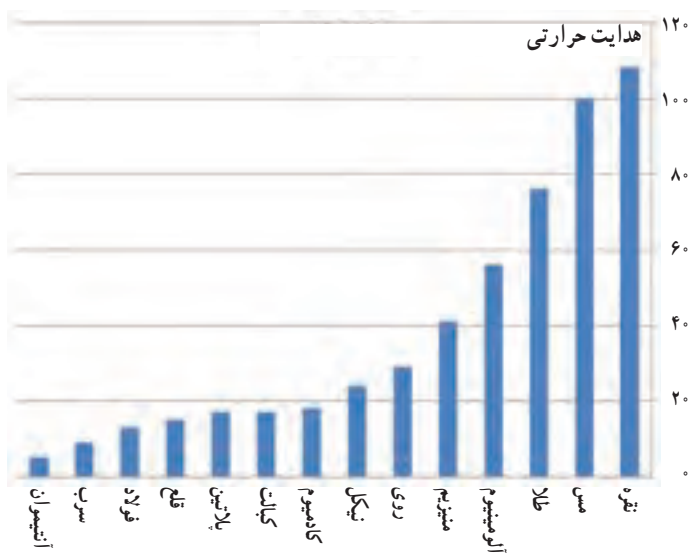
نمودار ۶-۷- مقایسه نقطه ذوب فلزات پر کاربرد در صنایع



نمودار ۶-۸- مقایسه استحکام کششی فلزات پر کاربرد در صنایع



نمودار ۹-۶- مقایسه هدایت الکتریکی فلزات پرکاربرد در صنعت



نمودار ۱۰-۶- مقایسه هدایت حرارتی فلزات پرکاربرد در صنعت

جدول ۸-۶- خواص و موارد کاربرد صنعتی برخی از فلزات غیر آهنی

فلز	خواص	موارد کاربرد صنعتی
نیکل	<ul style="list-style-type: none"> <li>- هادی جریان الکتریسیته</li> <li>- مقاوم در برابر اکسیداسیون</li> <li>- براق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تولید فولاد زنگ‌نزن</li> <li>- باتری قابل شارژ</li> <li>- کاتالیزور</li> <li>- آبکاری الکتریکی</li> <li>- سکه</li> <li>- ابزار ریخته‌گری و فلزکاری</li> <li>- ظروف آزمایشگاه‌های شیمی</li> </ul>
کبالت	<ul style="list-style-type: none"> <li>- فرومغناطیس</li> <li>- مقاوم در مقابل فرسایش</li> <li>- براق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- قطعات توربین</li> <li>- هواپیما (آلیاژهای دیرگداز)</li> <li>- آهن ربا</li> <li>- کاتالیزور در صنایع شیمیایی</li> <li>- رنگ سازی</li> <li>- باتری سازی</li> </ul>
کروم	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سخت</li> <li>- براق</li> <li>- غیر قابل جوشکاری</li> <li>- مقاوم در برابر زنگ زدگی</li> <li>- مقاوم در برابر اکسیداسیون</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- قالب پخت آجر</li> <li>- سبز کردن رنگ شیشه</li> <li>- نوارهای مغناطیسی</li> </ul>
تیتانیوم	<ul style="list-style-type: none"> <li>- استحکام بالا</li> <li>- مقاوم در مقابل خوردگی</li> <li>- قابل جوشکاری</li> <li>- قابل عملیات حرارتی پذیر</li> <li>- شکل پذیری</li> <li>- مقاوم در برابر سایش</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- موتور و هواپیما</li> <li>- ماشین های نساجی</li> <li>- تجهیزات شیمیایی</li> <li>- وسایل جراحی</li> <li>- وسایل ارتوپدی</li> <li>- نیروگاه اتمی و حرارتی</li> </ul>
منیزیم	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سبک</li> <li>- استحکام پایین</li> <li>- قابل اشتعال</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مواد دیرگداز</li> <li>- آلیاژسازی</li> <li>- فلاش دوربین عکاسی</li> <li>- منور بمب‌های آتش‌زا</li> </ul>
منگنز	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سخت</li> <li>- شکننده</li> <li>- فرومغناطیس</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- آلیاژ سازی</li> <li>- پیل های خشک</li> </ul>
تنگستن	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سخت</li> <li>- مقاوم در برابر فرسایش</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- پوشش مقاوم به سایش</li> <li>- آلیاژسازی</li> </ul>

- ۱- خواص ویژه آلومینیوم که باعث گستردگی کاربرد آن شده است را بنویسید؟
- ۲- گالوانیزه کردن چیست؟
- ۳- محصولات با روکش روی در صنعت چه کاربردی دارد؟
- ۴- ورق‌های فولاد با پوشش قلع چه کاربردی دارند؟
- ۵- چرا از آلیاژ قلع برای ساخت یاتاقان‌ها استفاده می‌شود؟
- ۶- از کدام فلز جهت انتقال جریان برق بیشتر استفاده می‌شود؟  
الف) مس      ب) روی      ج) آلومینیوم      د) گزینه الف و ج
- ۷- برای گالوانیزه کردن سازه‌های فولادی از کدام روش استفاده می‌شود؟  
الف) غوطه‌وری      ب) پاشش حرارتی  
ج) آب‌کاری      د) تمام موارد
- ۸- ویژگی‌های مهم مس و آلیاژهای آن چیست؟
- ۹- کاربردهای مهم فلز آلومینیوم و آلیاژهای آن چیست؟