

## پودمان ۵

### مواد و متالورژی



## اهمیت شناخت مواد صنعتی

نیازهای گوناگون انسان از یک سو و گسترش تکنولوژی از سوی دیگر سبب شده است تا انسان ابزار، تجهیزات و وسایل بسیاری برای پاسخ‌گویی به نیاز خود بسازد. شکل، مواد و فرایند ساخت این وسایل متناسب با عملکرد و وظیفه‌ای که از آن انتظار می‌رود، انتخاب می‌شود.

هرچه مواد سازنده ماشین با دقت بیشتری برگزیده شود، کارایی آن بیشتر خواهد بود. همچنین اگر کاربران و تعمیرکاران در مورد ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده تجهیزات آگاهی کافی داشته باشند، هنگام کاربرد یا تعمیر آنها عملکرد بهتری خواهند داشت. بنابراین طراحان، سازندگان، کاربران و تعمیرکاران، باید مواد صنعتی گوناگون را بشناسند تا طراحی، ساخت و تعمیر وسایل و تجهیزات صنعتی با شناخت بیشتر و به‌درستی انجام شود.

برای روشن شدن بیشتر، یک ماشین کشاورزی مانند گاواهن را که قطعات گوناگون از نظر شکل، جنس، چگونگی ساخت و غیره دارد، از دید چند دسته از افراد بررسی می‌کنیم.

**طراح:** متناسب با کارکرد هر یک از قطعات سازه و الزامات طراحی که برخی از موارد مهم آن در نمودار ۵-۱ آمده است، جنس قطعه، شکل، نقشه و ساخت و دیگر ویژگی‌های فنی آن را تعیین می‌کند.

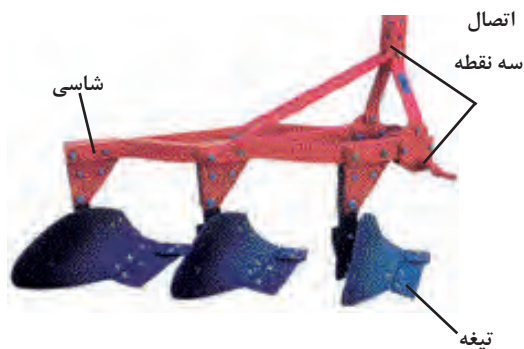
برای نمونه، مهندسی که یک گاواهن را طراحی می‌کند، باید جنس تیغه گاواهن را از ماده‌ای مقاوم به سایش و ضربه مانند فولاد سخت و به شکل گوه طراحی کند، تا هنگام نفوذ گاواهن به خاک، نیروهای سایشی و ضربه‌هایی که به اجزای گاواهن و به‌ویژه تیغه وارد می‌شود، به آن آسیب نرساند. بنابراین طراح باید از انواع فولاد و ویژگی آنها و نیز روش‌های ساخت و تولید قطعات و تجهیزات صنعتی آگاهی کافی داشته باشد.



شکل ۱-۵- چاله‌کن تراکتوری

عملکرد اجزای تشکیل‌دهنده چاله‌کن تراکتوری را بررسی کنید.

بررسی



شکل ۲-۵- گاواهن برگردان‌دار

عملکرد سازه

شرایط محیطی

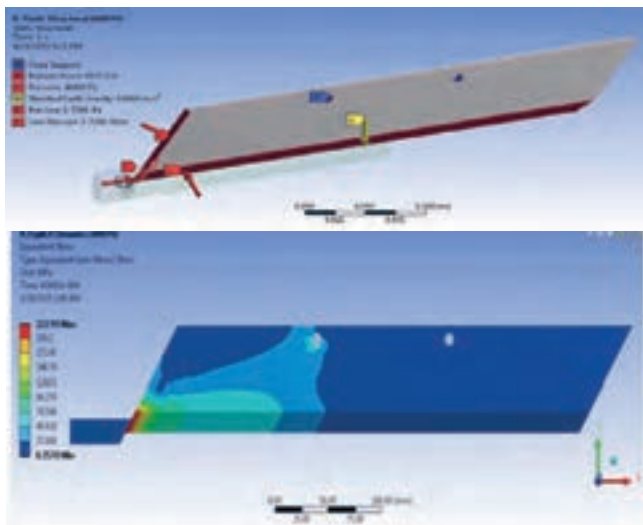
الزامات مهم طراحی

نیروی اعمالی

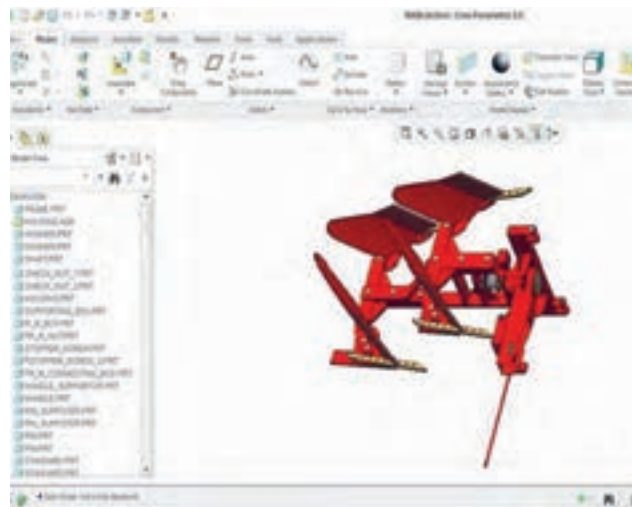
هزینه تمام شده

ضریب اطمینان

نمودار ۱-۵- الزامات طراحی



شکل ۴-۵- تحلیل نیروهای وارد بر تیغه گاوآهن



شکل ۳-۵- طراحی گاوآهن برگردان دار



شکل ۵-۵- جنس مواد برای ساخت قطعات باید در نظر گرفته شود.

**سازنده:** بر اساس طراحی انجام شده و خواسته‌های طراح باید روش‌های ساخت ابزار مورد نیاز را انتخاب کند. بنابراین سازنده باید بداند با چه روشی می‌تواند زودتر و با هزینه کمتری قطعه را بسازد. مثلاً برای ساخت تیغه با توجه به جنس آن که از فولاد سخت است باید ابزاری را که بتواند روی فولاد سخت کار کند، انتخاب کرد و با روش درست آن را ساخت.

**کاربر:** اگر از ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده تجهیزات آگاهی داشته باشد، می‌تواند از همه کارایی آن در طول عمر کاری بهره‌برداری کند. این موضوع هزینه کار و آسیب‌های احتمالی را کاهش خواهد داد.

برای نمونه، راننده تراکتور که کاربر یک چاله‌کن است، با آگاهی از جنس اجزای آن مواظبت خواهد کرد که در هنگام کار، تیغه چاله‌کن با موانع سختی مانند سنگ برخورد نکند تا هزینه تعمیرات کمتر شود، چون می‌داند قطعات فولادی مانند تیغه در برابر سایش مقاوم و در برابر ضربه آسیب‌پذیر هستند.

شرایط نگهداری ماشین و تجهیزات موضوع مهم دیگری است که ایجاب می‌نماید کاربر با شناخت کافی از جنس و ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده آنها و عوامل آسیب‌زا اقدامات مناسب را انجام دهد.

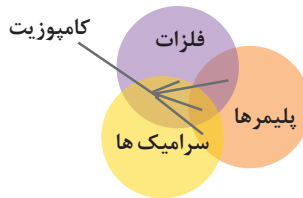
**تعمیرکار:** در فرایند بازسازی ماشین‌های گوناگون، کارهایی مانند خم کاری، جوش کاری، سوراخ کاری و غیره انجام می‌شود که برای این کارها باید از جنس و ویژگی‌های قطعه و کاربرد آن آگاهی داشت.

فرض کنید شاسی گاوآهن کج یا شکسته شده است، برای بازسازی آن باید از جنس و ویژگی‌های آن مانند سختی، انعطاف‌پذیری، جوش‌پذیری، ماشین کاری و غیره آگاهی داشت تا بر اساس آن ابزار فرایند متناسب بازسازی انتخاب شود.



یک ماشین کشاورزی را انتخاب کنید و آن را از دیدگاه طراحی، ساخت، سرویس و نگهداری، بازسازی و کاربری بررسی کنید و نتایج را در کلاس ارائه دهید.

## دسته‌بندی مواد صنعتی جامد



نمودار ۲-۵- کامپوزیت‌ها

مواد به کار رفته در اجزا و قطعات تشکیل‌دهنده سازه‌های صنعتی را مواد صنعتی می‌گویند. مواد صنعتی جامد به سه دسته اصلی فلزات، سرامیک‌ها و پلیمرها تقسیم می‌شوند و از ترکیب دو یا سه دسته اصلی با هم در حالت‌های خاص مواد جدیدی به وجود می‌آید که از نظر خواص با ویژگی‌های هر کدام از مواد تشکیل‌دهنده آن متفاوت می‌باشد. این مواد جدید کامپوزیت نامیده می‌شوند.

## ویژگی‌های مواد صنعتی

به واکنش مواد در برابر عوامل بیرونی ویژگی مواد گفته می‌شود. مواد در برابر عوامل بیرونی واکنش‌های گوناگونی از خود نشان می‌دهند. برای نمونه، اگر به یک چوب نیروی بیش از حد وارد شود، می‌شکند، یا یک سیم مسی جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهد، یا فولاد در محیط مرطوب زنگ می‌زند. مواد سه دسته ویژگی فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی دارند. در سال‌های گذشته با بخشی از این ویژگی‌ها آشنا شده‌اید. در اینجا با یادآوری آنها، برخی ویژگی‌های دیگر مواد گفته خواهد شد.

چند سازه مهم کشاورزی را نام ببرید و درباره مواد ساختمانی آنها گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگوی علمی



شکل ۶-۵- چند رنگ فلز

**ویژگی فیزیکی:** ویژگی یک ماده را که بدون تغییر ماهیت یا تخریب آن قابل تعیین است، خواص فیزیکی می‌گویند. رنگ، چگالی، رسانایی الکتریکی، نقطه ذوب، ضریب انبساط حرارتی و نفوذپذیری مغناطیسی از ویژگی‌های فیزیکی مواد به‌شمار می‌روند.

گفت‌وگوی علمی



درباره رفتار چند ماده فلزی در برابر عواملی مانند گرما، نور، صوت، جریان الکتریسیته و غیره گفت‌وگو کنید.



شکل ۵-۷- تأثیرات شیمیایی روی قطعات

**ویژگی شیمیایی:** تمایل یک ماده برای واکنش با مواد دیگر را ویژگی شیمیایی می‌گویند. مانند واکنش فولاد با اکسیژن در محیط مرطوب یا اسیدی که منجر به خوردگی فولاد و زنگ زدن آن می‌شود.

**ویژگی مکانیکی:** رفتار مواد در برابر نیروهای مکانیکی نشان‌دهنده ویژگی مکانیکی ماده است. برخی از ویژگی‌های مکانیکی مهم مواد صنعتی عبارت‌اند از: سختی، انعطاف‌پذیری، استحکام و سفتی.

شناخت ویژگی مکانیکی مواد از نیازهای طراحی سازه‌های صنعتی و انتخاب مواد در علوم مهندسی به‌شمار می‌آید، زیرا سازه‌های صنعتی از جمله ماشین‌های کشاورزی، پل‌ها، اسکلت‌های فلزی، واگن‌های قطار و غیره در معرض تأثیر انواع نیروهای مکانیکی قرار می‌گیرند.

در جدول ۵-۱ برخی از انواع نیروهای مکانیکی وارد بر قطعات و نتیجه اثر آنها آورده شده است.

نکته

بیشتر سازه‌ها زیر بار چندین نیرو قرار می‌گیرند.



جدول ۵-۱ تأثیر نیروهای گوناگون (بار) روی سازه‌های صنعتی و ویژگی‌های مکانیکی مواد در برابر آنها<sup>۱</sup>

ردیف	نوع نیرو	شکل نمونه صنعتی	خاصیت اندازه‌گیری	نمونه صنعتی تحت بار	عکس‌العمل ماده زمانی که نیرو قابل تحمل نباشد
۱	کششی		استحکام کششی	سیم بکسل	پاره شدن
۲	فشاری		استحکام فشاری	پرس هیدرولیک	شکستن یا له شدن
۳	برشی		استحکام برشی	ورقه زیر تیغه گبوتین	برش خوردن یا جداشدن

۱- از جدول آزمون گرفته نمی‌شود، مگر اینکه متن آن همراه آزمون داده شود یا جدول نشانه \* داشته باشد.

شکستن یا پریدن	پیچش هنگام بسته یا باز شدن پیچ	مقاومت پیچشی		پیچشی	۴
تغییر شکل - شکستن	چکش و سندان	چقرمگی		ضربه‌ای	۵
شکستن	بدنه پل	خستگی		سیکلی - متناوب	۶
ساییدگی	تیغه ادوات کشاورزی	سختی		سایشی	۷
خم شدن	بازوی جرثقیل	مقاومت خمشی		خمشی	۸
خزش (پاره شدن یا شکستن)	مخازن تحت فشار در دمای بالا	مقاومت خزشی		تنش در دمای بالا	۹

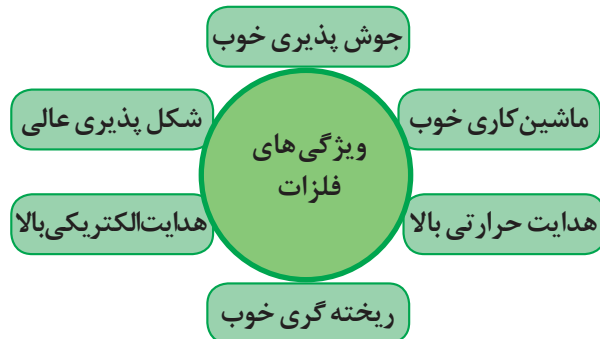
۱- با بررسی یک ماشین کشاورزی، قطعه‌ای از آن را که نیروی پیچشی بر آن وارد می‌شود، مشخص کنید.  
 ۲- چگونگی محل برش یک پین را که در اثر نیروهای اعمالی بریده شده است، بررسی کنید.

بررسی



## انواع و کاربرد فلزات صنعتی

فلزات به دلیل ویژگی‌هایشان در زندگی انسان نقش تعیین‌کننده‌ای دارند و در صنایع مختلف از جمله کشاورزی و به‌ویژه در ساخت ماشین‌های کشاورزی به صورت گسترده به کار می‌روند. هدایت الکتریکی، قابلیت زیاد انتقال حرارت، شکل‌پذیری، ریخته‌گری و جوش‌پذیری خوب از جمله ویژگی‌های فلزات است.



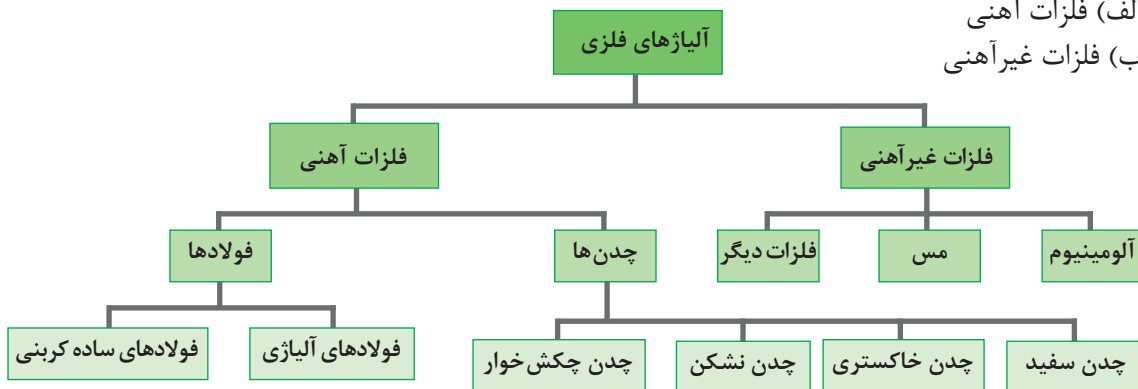
نمودار ۳-۵- برخی از ویژگی‌های مهم فلزات



شکل ۹-۵- گاواهن قلمی (چیزل)

آلیاژهای فلزی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- الف) فلزات آهنی
- ب) فلزات غیرآهنی



نمودار ۴-۵- فلزات و آلیاژ آنها



شکل ۱۰-۵- رول ورق

**فلزات آهنی:** آهن خالص کاربرد صنعتی زیادی ندارد و بیشتر آلیاژ<sup>۱</sup>

آن که انواع فولاد و چدن است در صنعت به کار گرفته می‌شود.

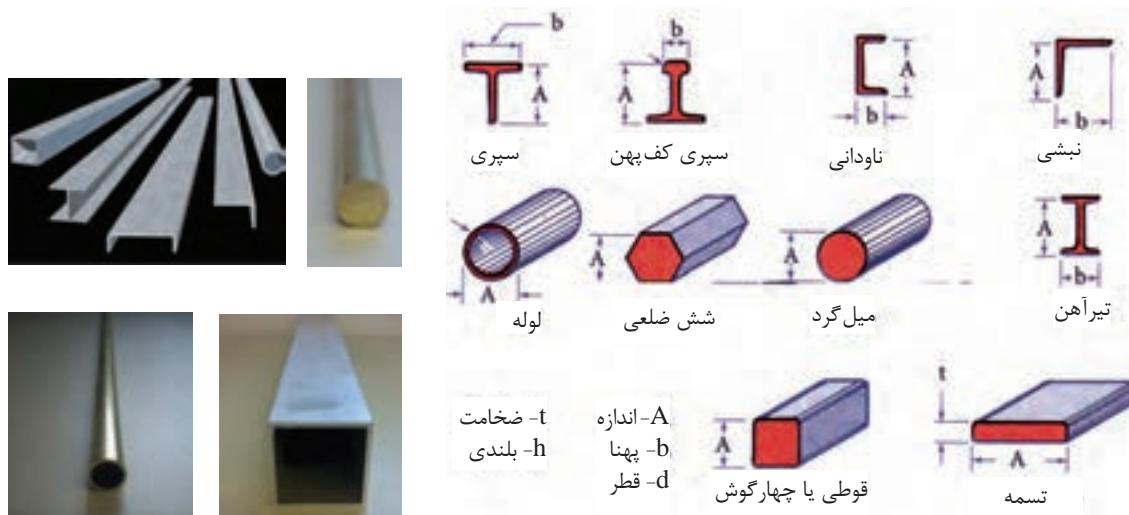
آلیاژهای فلزی مانند فولادها و چدن‌ها را که عنصر اصلی آنها آهن است، فلزات آهنی گویند.

**مراحل استخراج و تولید آهن:** آهن (Fe) بعد از آلومینیوم فراوان‌ترین

عنصر فلزی طبیعت است. فرآورده‌های کارخانه‌های ذوب بیشتر پس از

آلیاژسازی به شکل شمش یا ورق یا نیم‌ساخته‌های گوناگون مانند میل‌گرد،

تیرآهن و غیره عرضه می‌شوند تا در ساخت وسایل صنعتی، سازه‌های ساختمانی و ماشین‌ها به کار برده شوند.



شکل ۱۲-۵- چند نوع نیم‌ساخته (پروفیل)

شکل ۱۱-۵- انواع نیم‌ساخته‌ها (پروفیل‌ها)

## فولادها

فولاد، آلیاژ آهن - کربن همراه با عناصر دیگر مانند منگنز، کرم، نیکل، مس، سیلیسیم و غیره است که کربن آن کمتر از ۴ درصد وزنی است. فولاد را از دیدگاه‌های گوناگونی مانند ترکیب شیمیایی، کاربرد و کیفیت دسته‌بندی می‌کنند.

جدول ۲-۵- دسته‌بندی فولادهای ساده کربنی

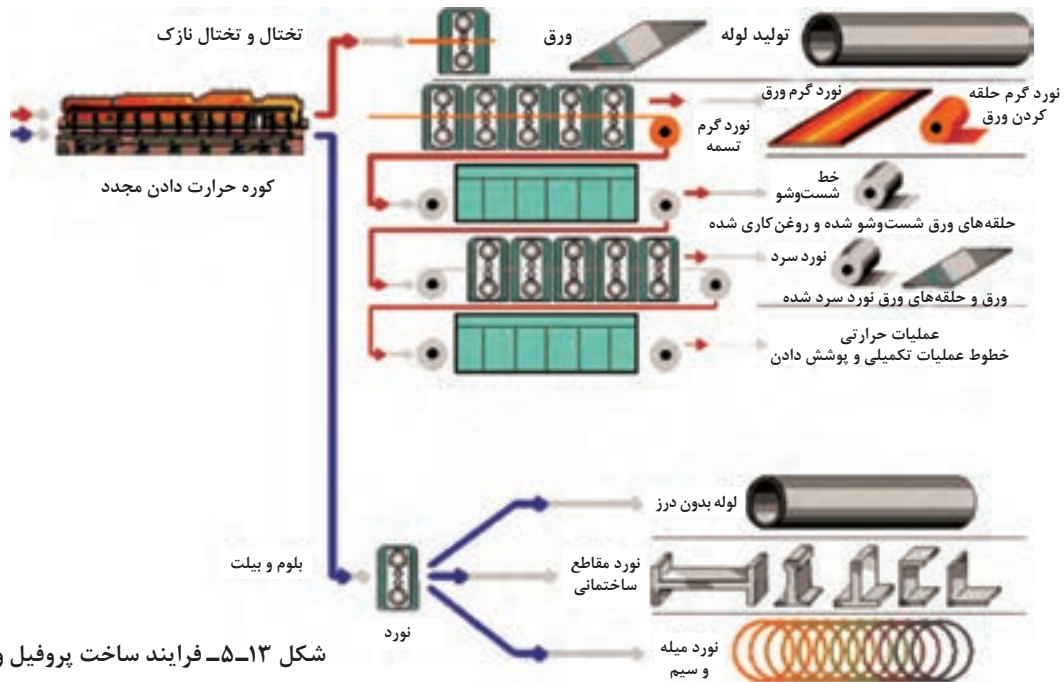
کم کربن	کربن از ۰/۵۲٪ کمتر است.
کربن متوسط	کربن بین ۰/۵۲٪ تا ۰/۵۶٪ می‌باشد.
پر کربن	کربن از ۰/۵۶٪ بیشتر است.

فولادها بر پایه ترکیب شیمیایی از جمله عناصر آلیاژی و درصد کربن به دو گروه فولاد ساده و فولاد آلیاژی دسته‌بندی می‌شوند.

**فولادهای ساده کربنی:** در فولادهای ساده کربنی، درصد دیگر عناصر آلیاژی کم است. با افزایش درصد کربن در این فولادها استحکام آن افزایش و چقرمگی کاهش می‌یابد. فولادهای ساده کربنی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

● **فولادهای کم کربن:** میزان تولید و مصرف صنعتی فولادهای کم کربن یا ساختمانی زیاد است و قابلیت ماشین‌کاری، جوش‌کاری، ریخته‌گری و شکل‌پذیری آنها مناسب است. این گروه فولادها هر چند در مقایسه با گروه‌های دیگر نسبتاً نرم و دارای استحکام کمتری هستند ولی هزینه تولید کمتری دارند. فولادهای ساده کم کربن به‌طور گسترده در صنایع ساختمانی (تیرآهن، نبشی، سپری، میل‌گرد و غیره، لوله‌های معمولی، قوطی‌های کنسرو، ماشین‌های کشاورزی، ساخت سازه‌های صنعتی، پل‌ها، صنایع کشتی‌سازی، واگن‌سازی و صنایع دیگر به کار می‌روند.





شکل ۱۳-۵- فرایند ساخت پروفیل و نیم ساخته



شکل ۱۴-۵- چرخ دنده



شکل ۱۵-۵- سیم بکسل

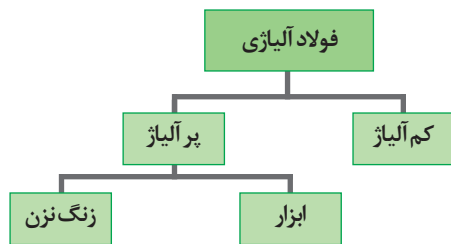
● فولادهای کربن متوسط: فولادهای کربن متوسط از فولادهای کم کربن استحکام زیادتر و انعطاف پذیری و چقرمگی کمتری دارد. با عملیات حرارتی می توان خواص مکانیکی این فولادها را بهبود داد. فولادهای کربن متوسط در ساخت چرخ های قطار، رینگ چرخ کامیون و تراکتور، چرخ دنده ها، میل لنگ ها و تجهیزاتی که نیاز به استحکام و مقاومت به سایش و چقرمگی مناسب باشد، کاربرد دارند.

● فولادهای پر کربن: فولادهای پر کربن در میان فولادهای ساده کربنی از استحکام و سختی بالایی برخوردارند ولی انعطاف پذیری کمی دارند. همچنین نسبت به جوش کاری حساس هستند.

از فولادهای ساده پر کربن برای ساخت قطعاتی مانند تیغه چاقو و قیچی، تیغه ماشین های کشاورزی و سیم بکسل که به سختی و مقاومت سایشی زیادی نیاز باشد، استفاده می شود.

### فولادهای آلیاژی

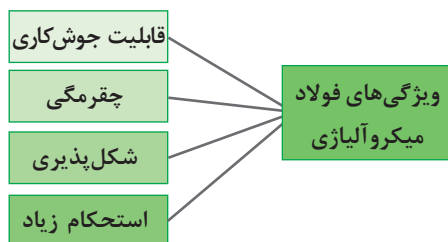
فولادهای آلیاژی کاربرد زیادی در صنعت دارند، در اینجا برخی از فولادهای آلیاژی معرفی می شوند.



نمودار ۵-۵- طبقه بندی فولادهای آلیاژی



شکل ۱۶-۵- میل لنگ



نمودار ۵-۷- ویژگی های فولاد میکرو آلیاژی



نمودار ۵-۶- کاربرد فولاد میکرو آلیاژی

● فولادهای کم آلیاژ با استحکام بالا (HSLA): فولاد کم آلیاژ پر استحکام یا میکروآلیاژ، فولادی است که با درصد کم (۱/۰ درصد) از برخی عناصر آلیاژی مانند تیتانیوم، وانادیم و کلسیم، ویژگی هایی نزدیک به فولادهای پرآلیاژ دارد. برخی از این ویژگی ها در نمودار ۵-۷ نشان داده شده اند. در برخی صنایع مانند صنایع خودرو که سبک بودن قطعه و سازه از خواسته های طراحی است، فولادهای میکروآلیاژی با ویژگی های برجسته ای مانند چگالی کم و هزینه تولید اندک در این صنایع کاربرد زیادی دارد.



شکل ۱۷-۵- کاربردهای فولاد ابزار

● فولاد ابزار: فولاد پرکربنی است که برای استحکام بیشتر، عناصر آلیاژی دیگر مانند کروم، نیکل، وانادیم، مولیبدن و تنگستن به آن افزوده شده است. این فولاد در ساخت تیغه اژه، فنر، قالب های شکل دهی و مواردی مانند آنها به کار برده می شود. قطعاتی که از این فولاد ساخته شده باشند، دارای سختی زیاد هستند ولی در برابر ضربه شکننده خواهند بود.

● فولاد زنگ نزن: این فولاد دست کم ۱۱ درصد کروم دارد و به این دلیل در برابر زنگ زدگی مقاوم است. در ساختار این فولادها عناصر دیگری مانند نیکل و مولیبدن و غیره نیز به کار رفته است. از موارد کاربرد این فولاد برخی سم پاش ها یا ماشین های شیردوش را می توان نام برد.



ب) شیردوش سیار



الف) سم پاش پشتی

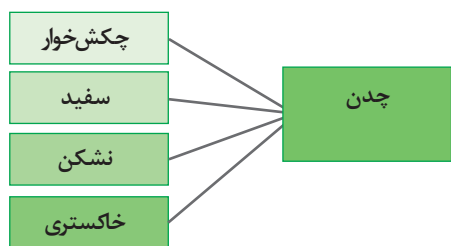
شکل ۱۸-۵- کاربرد های فولاد زنگ نزن



نمودار ۸-۵- کاربرد فولاد زنگ نزن

جدول ۳-۵- مشخصات فولاد ۲-۳۷-st

st	فولاد ساختمانی
۳۷	استحکام ۳۷۰ نیوتن بر متر مربع
۲	با کیفیت خوب برای کاربردهای مهم



نمودار ۹-۵- انواع چدن



شکل ۱۹-۵- غلتک نورد (چدن سفید)

● **نرم‌بندی فولادها:** سازندگان و مصرف‌کنندگان برای اینکه زبان مشترک و یکسانی درباره نام‌های فلزات داشته باشند، استانداردهایی را برای نام‌گذاری فلزات به کار می‌برند، این نوع دسته‌بندی‌ها را نرم‌بندی می‌گویند.

برای نمونه، در یک نرم‌بندی برای نام‌گذاری فولادها در دسته‌بندی کاربردی فولاد ساختمانی، با حروف st در اول نام این فولاد به کار می‌رود. برای نشان دادن استحکام فولاد عددی همراه این حروف آورده می‌شود که اگر در عدد ۹/۸۱ ضرب شود، کمینه استحکام آن با یکای نیوتن بر متر مربع به دست می‌آید. پس از آن نیز کیفیت فولاد با اعداد ۱ تا ۳ نشان داده می‌شود.

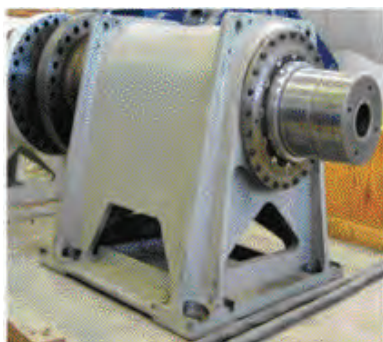
### چدن

چدن آلیاژی از آهن با ۲/۵ تا ۶ درصد کربن و یک تا سه درصد سیلیسیم است که ناخالصی‌هایی مانند فسفر و گوگرد (کمتر از ۰/۱ درصد) دارد. برجسته‌ترین ویژگی چدن‌ها قابلیت ریخته‌گری زیاد آنها است. برای بهبود کیفیت چدن در کاربردهای ویژه، عناصر آلیاژی دیگری نیز به آن افزوده می‌شود.

در هر حال چدن با دارا بودن مزایایی از قبیل بهای تمام شده کمتر، قابلیت ریخته‌گری و ماشین‌کاری، استحکام و سختی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در برابر خوردگی، انتقال گرما و جذب ارتعاش، از سایر آلیاژهای ریخته‌گری آهنی



شکل ۲۰-۵- بدنه موتور (چدن خاکستری)



شکل ۲۱-۵- پوسته ماشین

برتر است. چدن‌ها به چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از: چدن خاکستری، چدن سفید، چدن چکش‌خوار و چدن نشکن.

● **چدن سفید:** چون مقطع شکست این نوع چدن، سفید رنگ است به نام چدن سفید نامیده می‌شود. این چدن بسیار سخت، شکننده و غیرقابل ماشین‌کاری است، کاربرد چدن سفید برای قطعات انعطاف‌پذیر و مقاوم در برابر سایش مانند غلتک نورد است (شکل ۱۹-۵).

● **چدن خاکستری:** مقطع شکست این نوع چدن‌ها با داشتن لایه‌های گرافیت ورقه‌ای شکل، خاکستری رنگ است، به این دلیل به آن چدن خاکستری می‌گویند. چدن خاکستری برای ساخت تجهیزاتی مانند پوسته جعبه دنده و بدنه موتور که در معرض سایش و لرزش هستند، به کار می‌رود.

● **چدن چکش‌خوار (مالیبل):** با کاهش درصد کربن نسبت به چدن سفید، چدن چکش‌خوار به دست می‌آید. چدن چکش‌خوار دارای ویژگی‌های خوبی مانند قابلیت ریختگی، ماشین‌کاری، چقرمگی و استحکام است.

● **چدن نشکن (داکتیل):** چدن نشکن با داشتن گرافیت کروی استحکام، مقاومت در برابر خوردگی و چقرمگی زیادی دارد و بنابراین کاربرد صنعتی آن از دیگر چدن‌ها بیشتر است. برخی از کاربردهای چدن نشکن در ساخت بدنه شیر، لوله، پمپ و چرخ‌دنده است.

## فلزات غیر آهنی

فولادها و سایر آلیاژهای آهنی به دلیل داشتن محدوده گسترده از خواص مکانیکی و آسان بودن فرایند تولید و نیز صرفه اقتصادی، در حجم وسیعی تولید و مصرف می‌شوند. اما محدودیت‌هایی نظیر حساسیت به خوردگی در برخی محیط‌ها، هدایت الکتریکی نسبتاً کم و چگالی زیاد، ضرورت استفاده از آلیاژهای فلزات دیگر را توجیه می‌کند. **آلومینیوم و آلیاژهای آن:** در بازارهای جهانی آلومینیوم پس از فولاد در ردیف دوم پرکاربردترین فلزات قرار دارد. توسعه سریع آلومینیوم مربوط به خواص ویژه آن است. آلومینیوم سبک وزن است ولی نسبت استحکام به وزن بعضی از آلیاژهای آلومینیوم از فولاد بیشتر است. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای هدایت الکتریکی و گرمایی مناسب و منعکس‌کننده خوبی برای نور و گرما است و مقاومت به خوردگی و قابلیت ریخته‌گری و شکل‌پذیری آن مناسب است. برخی از زمینه‌های کاربرد آلومینیوم در صنایع در جدول ۴-۵ آورده شده است.

جدول ۴-۵- زمینه‌های کاربرد آلومینیوم

شکل	ویژگی‌های مناسب کاربرد	کاربرد
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سبکی</li> <li>- بزرگی نسبت استحکام به وزن</li> <li>- مقاومت در برابر زنگ زدگی</li> </ul>	حمل و نقل هوایی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- هدایت گرمای زیاد</li> <li>- استحکام</li> <li>- تمیز شدن آسان</li> <li>- روکش شدن برای نچسبی غذا</li> </ul>	لوازم آشپزی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- آسانی حفظ بهداشت</li> <li>- مقاومت در برابر خوردگی و زنگ زدگی</li> <li>- مقاومت در برابر ضربه</li> <li>- بهداشتی بودن</li> </ul>	بسته بندی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- هدایت الکتریکی زیاد</li> <li>- استحکام</li> <li>- مقاومت در برابر خوردگی</li> </ul>	الکتریسیته



نمودار ۱۰-۵- ویژگی‌های مس

**مس و آلیاژهای آن:** مس به دلیل ویژگی هدایت الکتریکی در الکتریسیته و با داشتن هدایت گرمایی کاربرد زیادی در سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی به شکل لوله دارد. این فلز و آلیاژهای آن در صنعت و مهندسی بسیار پرکاربرد است.

زمینه‌های کاربرد مس: مس با داشتن ویژگی‌های خوب، در بیشتر صنایع به کار گرفته می‌شود.

### جدول ۵-۵- کاربردهای مس

	
صنایع الکتریکی	ساختمان - سقف مسی
	
صنایع دستی	وسایل آشپزخانه

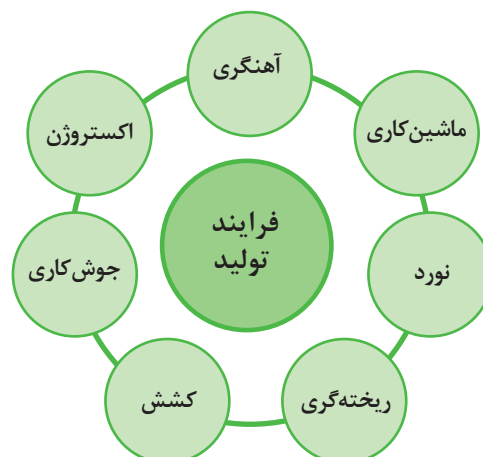
## فرایندهای تولید فلزات

فرایندهای گوناگونی برای ساخت تجهیزات و سازه‌های صنعتی به کار برده می‌شود. هر کدام از این روش‌ها ممکن است برای ساخت شماری از وسایلی که در محیط زندگی به کار می‌گیریم، مناسب باشد یا برای جنس ویژه کاربرد داشته باشد (نمودار ۵-۱۱).

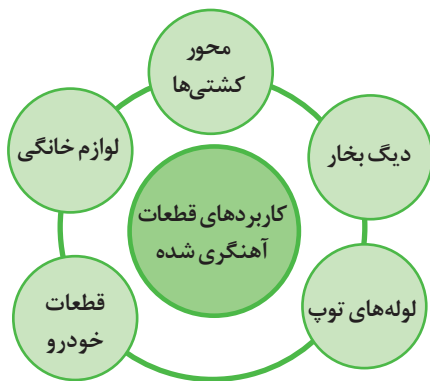
**آهن‌گری:** آهن‌گری یکی از کهن‌ترین روش‌های فرم‌دهی فلزات است. برای آهن‌گری، فلز را در کوره‌های ساده تا نزدیک به دمای گداخته شدن گرم می‌کنند، سپس آن را روی سندان یا جایگاه مناسب با ضربه شکل می‌دهند.



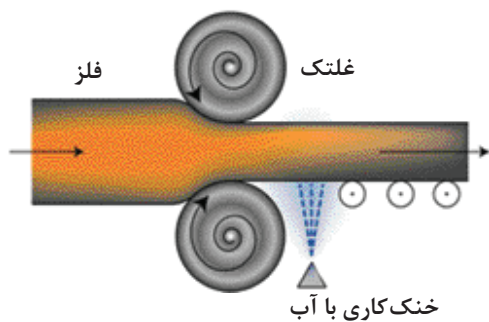
شکل ۵-۲۲- آهن‌گری



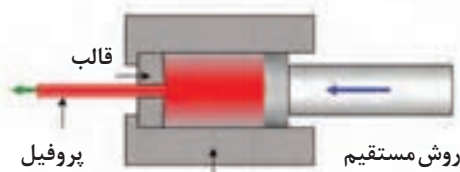
نمودار ۵-۱۱- فرایندهای تولید فلزات



نمودار ۱۲-۵- کاربردهای قطعات آهنگری شده



شکل ۲۳-۵- نورد



شکل ۲۴-۵- اکستروژن



شکل ۲۶-۵- تولید سیم در کارخانه

فلزاتی را می‌توان آهنگری کرد که تُرد نباشند و ویژگی چکش‌خواری خوبی داشته باشند. برای نمونه، چدن‌ها چون ترد هستند بر اثر ضربات چکش یا پتک ترک می‌خورند و نمی‌توان آنها را آهنگری کرد. میل‌لنگ و دسته پیستون خودرو نمونه‌هایی از قطعات آهنگری شده هستند.

**نورد:** نورد گذراندن قطعه فلز (گرم یا سرد) از میان دو غلتک است تا در اثر نیروهای فشاری غلتک‌ها، قطعه تغییر شکل یابد.

نورد سرد را برای خم کردن لوله‌ها و ورق اگر تغییر شکل خواسته شده ساده باشد، به کار می‌برند. نورد سرد در دمای نزدیک به دمای اتاق انجام می‌شود.

برای تغییر شکل‌های پیچیده و نورد فلزاتی که نورد سرد روی آنها انجام‌پذیر نیست، نخست فلز را تا دمای لازم گرم می‌کنند، سپس فلز گرم شده را نورد می‌کنند. به این روش **نورد گرم** می‌گویند.

بخش زیادی از فراورده‌های فولادسازی نخست به شکل شمش درمی‌آید، سپس با دستگاه‌های نورد به ورق، تیرآهن، تسمه‌های فولادی، ریل، انواع پروفیل، لوله و سیم تبدیل می‌شود.

**اکستروژن:** در این روش که برای شکل‌دهی برخی از پروفیل‌ها به کار می‌رود، فلز در شکل خمیری با فشار از قالب می‌گذرد. این فشار فلز را به شکل قالب درمی‌آورد. لوله‌های بدون درز، میله‌ها و لوله‌های با مقطع هندسی پیچیده نمونه‌های تولید شده با این روش هستند.

**کشش:** در این روش قطعه فلز را با نیروی کششی از چندین قالب که دهانه آنها از بزرگ تا کوچک تنظیم شده است، می‌گذرانند، فلز با گذشتن از این قالب‌ها به شکل دلخواه درمی‌آید. سیم، میله و لوله با این روش تولید می‌شود.



شکل ۲۵-۵- تولید سیم به روش کشش

۱- Extrusion

۲- Tension



(الف)



(ب)

شکل ۲۷-۵- ریخته‌گری

**ریخته‌گری:** در فرایند ریخته‌گری نخست مدلی از قطعه می‌سازند. سپس از روی مدل قالب آن ساخته شده و مذابریزی درون قالب انجام می‌شود و در پایان پس از انجماد و باز کردن قالب‌ها، در صورت نیاز قطعه پلیسه‌گیری و پرداخت می‌شود. بیشتر از ۵۰ درصد قطعات انواع ماشین‌ها که دارای اشکال پیچیده هستند، به این روش ساخته می‌شوند.

**ماشین‌کاری:** ماشین‌کاری را می‌توان با روش‌های گوناگونی انجام داد.

### • تراش‌کاری<sup>۱</sup>

تراش‌کاری، براده‌برداری سطوح گرد برای ایجاد قطعات استوانه‌ای، مخروطی، پیچ و غیره است. در این روش، قطعه کار را به محور ماشین تراش می‌بندند و با سرعت مناسب به چرخش در می‌آورند. هم‌زمان ابزار برنده (رنده) را به سطح قطعه کار درگیر می‌کنند تا با براده‌برداری در قطعه کار، شکل دلخواه ایجاد شود.

### • سنگ‌زنی<sup>۲</sup>

سنگ زدن روشی برای تراش و شکل‌دهی قطعات سخت مانند ابزار برنده یا پرداخت قطعات با دقت زیاد با سنگ سنباده است. برای کارهای ساده سنگ‌زنی، سنگ سنباده رومیزی به کار برده می‌شود.



شکل ۲۸-۵- ماشین تراش



شکل ۳۰-۵- تیز کردن ااره صفحه‌ای



شکل ۲۹-۵- سنگ سنباده

۱- Turning

۲- Grinding





شکل ۳۱-۵- ماشین فرز

### ● فرز کاری<sup>۱</sup>

فرز کاری یک روش شکل دهی از نوع براده برداری، برای ایجاد شکل های پیچیده است که در آن ابزار برش می چرخد و از قطعه براده برمی دارد. قطعه کار روی میز بسته می شود و می توان آن را حرکت داد. اگر محور تیغه ماشین های فرز افقی باشد، آن را ماشین فرز افقی گویند.

### ● سوراخ کاری<sup>۲</sup>

به ایجاد حفره و سوراخ در قطعات، سوراخ کاری گفته می شود. برای سوراخ کاری از ماشین مته (دریل) و سرمته استفاده می کنند.



شکل ۳۳-۵- دریل ستونی



شکل ۳۲-۵- سوراخ کاری

### ● برش کاری<sup>۳</sup>

به عملیات برش قطعات برای ایجاد شکل و اندازه دلخواه، برش کاری گفته می شود.



شکل ۳۴-۵- اره برقی قابل حمل

۱- Milling

۲- Drilling

۳- Cutting



شکل ۳۵-۵- جوش کاری

## جوش کاری<sup>۱</sup>

جوش کاری یکی از فرایندهای اتصال قطعات فلزی یا غیر فلزی است. جوش کاری را با چندین روش می توان انجام داد. رایج ترین روش آن جوش کاری ذوبی است.

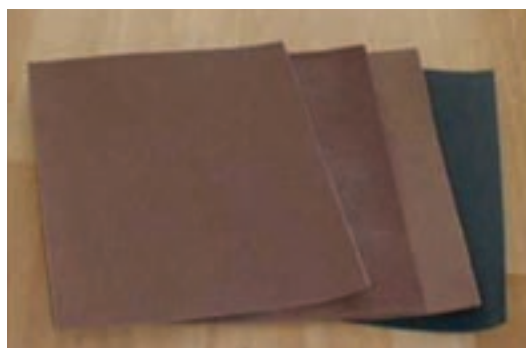
یکی از فرایندهای تولید فلزات را بررسی کنید و کاربرد روش ها و تجهیزات رایج را مشخص کنید.

بررسی



## سرامیکها

سرامیکها مواد صنعتی غیرفلزی هستند که بیشتر از ترکیب عناصر فلزی و غیرفلزی ساخته می شوند. مواد سرامیکی دارای سختی و نقطه ذوب بالا و از سوی دیگر شکننده هستند. امروزه کاربرد سرامیکها از نظر کمی و کیفی به سرعت در حال گسترش است.



شکل ۳۶-۵- چند نوع سرامیک

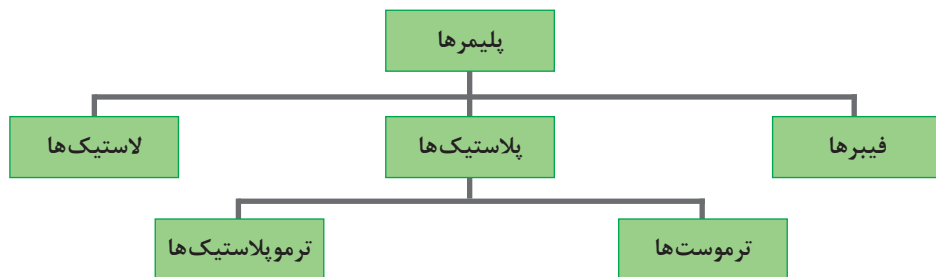


شکل ۳۷-۵- برش سرامیک

## پلیمرها

پلیمرها دسته ای از مواد غیرفلزی و غیرمعدنی هستند که بیشتر از مواد آلی بوده و دو دسته طبیعی و مصنوعی دارند. پلیمرهای طبیعی از گیاهان و حیوانات به دست می آیند؛ مانند چوب، چرم، پشم، پنبه، ابریشم، پروتئین ها و غیره. پلیمرهای مصنوعی از مولکول های آلی کوچک و در واحدهای پتروشیمی تولید می شوند. امروزه پلیمرها به دلیل داشتن ویژگی های بهتر و هزینه کمتر جایگزین قطعات و مواد چوبی یا فلزی گردیده اند.

پلیمرها بر حسب ویژگی‌های کاربردی به سه گروه دسته‌بندی می‌شوند.



نمودار ۱۳-۵- انواع پلیمر



شکل ۳۹-۵- پلی‌استر (یونولیت)



شکل ۳۸-۵- پلی‌اتیلن (ظرف پلاستیکی)



شکل ۴۱-۵- چند نمونه پلاستیک



شکل ۴۲-۵- کاربرد ترموپلاستیک

**پلاستیک‌ها:** پلاستیک‌ها از دید ترکیب شیمیایی و ویژگی‌ها، بسیار گوناگون‌اند؛ برخی خیلی صلب و ترد هستند مانند برخی از پلی‌استرها، اپوکسی‌ها و فنولیک‌ها که در پوشش محافظ وسایل الکتریکی، بدنه گوشی تلفن، بدنه و اجزای وسایل نقلیه، دوچرخه، موتورسیکلت و اتومبیل به کار گرفته می‌شوند. برخی دیگر مانند برخی پلی‌اتیلن‌ها نرم و انعطاف‌پذیر هستند که در تولید اسباب‌بازی به کار می‌روند. از جمله ویژگی‌های پلی‌پروپیلن مقاومت در برابر کشش، چگالی کم، بی‌رنگی، سختی، مقاومت در برابر اسید، باز و حلال‌ها هستند.



شکل ۴۰-۵- پروپیلن (صنایع خودرو)

مواد پلاستیکی از نظر رفتار در برابر دمای بالا و نیروهای مکانیکی به دو گروه ترموپلاستیک‌ها و پلاستیک‌های ترموست دسته‌بندی می‌شوند.

#### ● ترموپلاستیک‌ها

ترموپلاستیک‌ها در اثر گرما نرم می‌شوند و با افزایش دما ذوب و پس از سرد شدن سخت می‌گردند. این فرایند تکرارپذیر است؛ یعنی بارها می‌توان آنها را ذوب کرد و سازه‌های گوناگون ساخت.



شکل ۴۳-۵- کاربرد پلاستیک‌های ترموست

### ● پلاستیک‌های ترموست

پلاستیک‌های ترموست به هنگام گرم شدن ذوب می‌شوند و به صورت دائمی سخت می‌گردند؛ یعنی با گرم کردن دوباره، نرم نمی‌شوند.



شکل ۴۴-۵- کاربرد لاستیک‌ها

### لاستیک‌ها

لاستیک‌ها یا الاستومرها از دیگر مواد پتروشیمی به‌شمار می‌آیند که از ترکیبات آلی ساخته شده‌اند. انواع تسمه‌ها، لاستیک و تیوپ وسایل نقلیه، شیلنگ‌ها و روکش سیم‌های برق و غیره از لاستیک تشکیل شده‌اند.



شکل ۴۵-۵- تولید فیبر

**فیبرها:** پلیمرهای فیبری بیشتر در صنایع نساجی و فرش‌بافی برای تولید پارچه، لباس، الیاف فرش، نخ و طناب کاربرد دارند. در صنایع کشاورزی برای بستن علوفه در ماشین‌هایی به نام بسته‌بند از نخ فیبری استفاده می‌شود.

### کامپوزیت‌ها



شکل ۴۶-۵- کاربردهای کامپوزیت‌ها (ب) (الف)

مهندسان برای دستیابی به ماده‌ای با ویژگی‌های دلخواه می‌توانند به‌طور ماکروسکوپی مواد گوناگون را با هم ترکیب کنند و ماده جدیدی ایجاد نمایند. به این مواد، کامپوزیت می‌گویند؛ مانند آسفالت، کاه‌گل، بتن آرمه، فایبرگلاس و تایر خودرو.

کامپوزیت‌ها موادی چندجزئی هستند که ویژگی آنها از هر کدام از اجزا بهتر است. کامپوزیت‌ها ساختاری دو

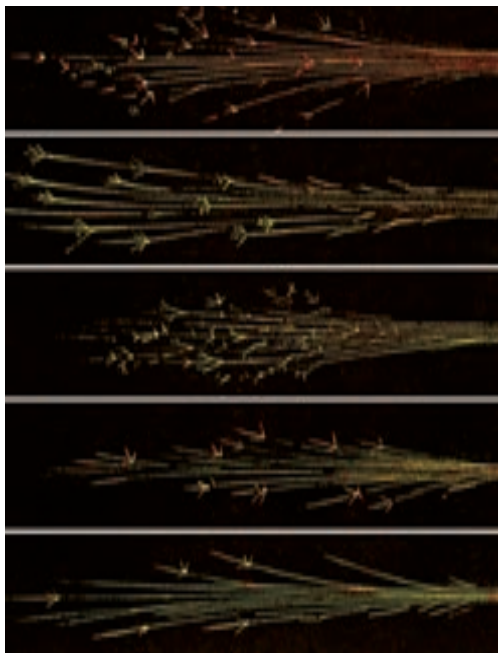
فاز<sup>۱</sup> دارند. فاز زمینه که پیوسته است و فاز دوم به نام فاز تقویت‌کننده که در داخل فاز زمینه جای می‌گیرد. برای نمونه در تایر خودرو، فاز زمینه لاستیک و فاز تقویت‌کننده فلز (مفتول) است. ویژگی‌های کامپوزیت به فازهای تشکیل‌دهنده آن، شکل، اندازه و برخی عوامل دیگر بستگی دارد.

۱- فاز (بخش) قسمتی از مواد است که دارای خواص یکسان باشد.

## شناسایی فلزات

**سطح مقطع شکسته فلز** - اگر قطعه‌ای فلز را بشکنید خواهید دید که شکل و رنگ مقطع آنها یکسان نیست. برای نمونه رنگ چدن، سیاه و مقطع آن دانه‌های براق دارد ولی مقطع فولادها براق مایل به خاکستری است. صدا - هنگامی که به فلز ضربه‌ای زده شود، فلزات مختلف صداهای گوناگونی خواهند داد، برای نمونه صدای چدن بم و صدای فولاد زیر است. **شکل و رنگ جرقه** - نوع جرقه حاصل از سنگ‌زنی فلز نشانگر مواد تشکیل‌دهنده آن است.

بیشتر کارگران و تکنسین‌ها کارهایی را انجام می‌دهند که برای آن باید جنس قطعه کار را انتخاب یا شناسایی کنند. شما بیشتر با قطعه کارهای فلزی سروکار خواهید داشت. شناسایی فلزات کاری پیچیده است که برای آن باید آموزش دید و ابزارها و وسایل پیشرفته داشت. ولی می‌توان با روش‌های کارگاهی با دقت کافی جنس فلزات را تشخیص داد. برخی از این روش‌ها به شرح زیر است: **رنگ ظاهری فلز** - آشکارترین ویژگی فلزات برای شناسایی، رنگ ظاهری آنها است. با مقایسه رنگ برخی از فلزات می‌توانید آنها را شناسایی کنید.



شکل ۴۷-۵. شکل جرقه فولادهای مختلف



شکل ۴۸-۵. جرقه‌های حاصل از سنگ‌زدن فلزات

فولاد قابل آبکاری - شکل جرقه شعاع‌های مستقیم (الف)

فولاد قابل به‌سازی - دسته جرقه‌های به شکل خار (ب)

فولاد ابزارسازی - دسته جرقه‌های منشعب شده (ج)

فولاد ابزارسازی آلیاژی - جرقه‌های متراکم (د)

فولاد فنر - جرقه نازک به شکل سر نیزه (ه)

۱- چند قطعه فلز را که جرقه‌های آن را هنرآموز روی سنگ سنباده نشان می‌دهد، بررسی کنید.  
۲- رنگ و شکل مقطع این قطعات را بررسی کنید.

فعالیت



## مفهوم و اهمیت خوردگی<sup>۱</sup>



شکل ۴۹-۵- فرسوده شدن قطعات فلزی

فرسوده شدن و از بین رفتن مواد در اثر واکنش‌های محیطی، خوردگی نامیده می‌شود.

هر سازه‌ای هنگام ساخت و پس از آن در معرض انواع عوامل خوردگی قرار می‌گیرد. هرچه عوامل کمی و کیفی خوردگی بیشتر و شرایط محیطی نامناسب‌تر باشد، سازه زودتر از بین می‌رود و برعکس در شرایط مناسب‌تر کاربری و نگهداری سازه دیرتر خراب می‌شود.

بنابراین مهم است که:

- عوامل خورنده و مکانیزم خوردگی را به خوبی بشناسیم؛
- اجزای حساس و آسیب‌پذیر تجهیزات را بشناسیم؛
- راه‌های مقابله و کنترل فرایند خوردگی را بیاموزیم؛
- برنامه‌های سرویس و بازسازی قطعات آسیب‌دیده را به درستی و به‌هنگام اجرا کنیم.

برخی از تأثیرات انواع خوردگی را بررسی کنید و نتایج را در کلاس ارائه دهید.

بررسی



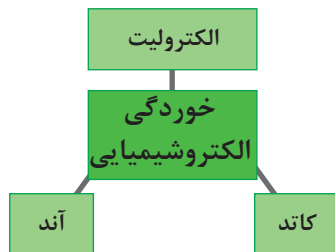
## انواع خوردگی و عوامل آن

عوامل خوردگی مواد صنعتی را می‌توان به دو دسته مکانیکی و غیرمکانیکی دسته‌بندی کرد. منشأ اول خوردگی، نیروهای مکانیکی هستند که به روش‌های گوناگون به سازه وارد می‌شوند ولی گاهی منشأ خوردگی نیروهای مکانیکی نیست و عوامل دیگری مانند: سرما، گرما، رطوبت، مواد شیمیایی، نور خورشید، باران‌های اسیدی و غیره سبب فرسودگی تجهیزات صنعتی می‌شوند.

**خوردگی مکانیکی:** خوردگی مکانیکی در اثر نیروهای مکانیکی مانند ضربه، فشار، کشش، پیچش و غیره اتفاق می‌افتد. برای نمونه، قطعات ماشین‌های کشاورزی مانند گاوآهن و کمباین هنگام کار در اثر ضربه، اصطکاک و غیره دچار سایش می‌شوند.

**خوردگی شیمیایی:** خوردگی شیمیایی هنگامی اتفاق می‌افتد که سازه در اثر واکنش‌های شیمیایی فرسوده می‌شود. برای نمونه یک جسم پلاستیکی در برابر نور خورشید می‌پوسد و یا یک قطعه فلزی در اثر اسید خورده می‌شود.

**خوردگی الکتروشیمیایی:** خوردگی الکتروشیمیایی بر پایه تشکیل پیل الکتروشیمیایی (کاتد، آند و الکترولیت) کار می‌کند.



نمودار ۱۴-۵- خوردگی الکتروشیمیایی



شکل ۵-۵۰- خوردگی الکتروشیمیایی  
قطعات فلزی

تأثیر الکتریکی مواد شیمیایی در فرسودگی سازه را خوردگی الکتروشیمیایی می‌نامند. هنگامی که ماده صنعتی با محیط پیرامون خود یک پیل تشکیل دهد، جریان الکتریکی با حرکت یون‌ها بین آند و کاتد برقرار شده، ذراتی از ماده را جابه‌جا می‌کند و خوردگی روی آند اتفاق می‌افتد.

بیشتر خوردگی‌هایی که به صورت روزمره در اطراف خود می‌بینیم، ماهیت الکتروشیمیایی دارند. رطوبت، دما، اکسیژن و برخی دیگر از عوامل این نوع خوردگی هستند. نمونه آشکار این خوردگی، زنگ زدن وسایل و تجهیزات فلزی است.

یکی از نمونه‌های خوردگی شدید فلز به دلیل تماس قطعات با جنس‌های متفاوت در مجاورت الکترولیت در شکل روبه‌رو است.

مقاومت مواد گوناگون در برابر خوردگی یکسان نیست. برای نمونه یک قطعه

آهنی در شرایط گرما و نم خیلی زود زنگ می‌زند ولی یک قطعه فولاد زنگ‌نزن در این شرایط به‌آسانی دچار زنگ‌زدگی یا خوردگی نمی‌شود؛ بنابراین باید طراحی و ساخت ابزار و ماشین‌ها برای کاربردهای متفاوت با آگاهی از ویژگی‌های مواد صنعتی مانند مقاومت آنها در برابر پدیده خوردگی باشد.

با بررسی چند ماشین کشاورزی، خوردگی‌های ایجاد شده در آنها را بررسی کنید و نتایج را در کلاس ارائه دهید.

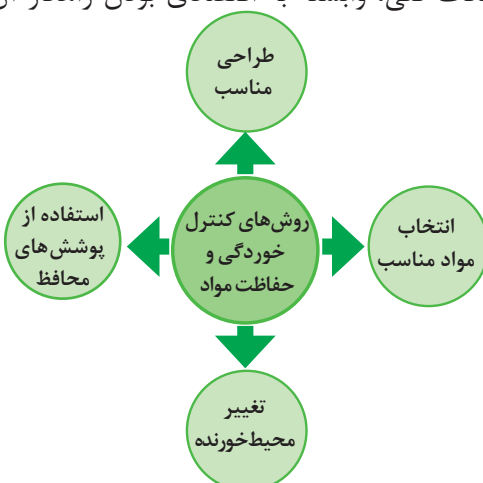
بررسی



**تأثیر توأم عوامل خورنده:** در بیشتر مواقع دو یا چند عامل با هم خوردگی را ایجاد می‌کنند. در چنین شرایطی سرعت خوردگی بسیار بیشتر از هنگامی است که هر عامل خورنده جداگانه موجب خوردگی می‌شوند.

## روش‌های کنترل خوردگی مواد

برای کاهش میزان خوردگی و حفاظت مواد در برابر این پدیده چهار روش یا ترکیبی از آنها به کار می‌رود. گزینش روش اجرایی افزون بر نکات فنی، وابسته به اقتصادی بودن راهکار آن روش است.



نمودار ۵-۱۵- روش‌های کنترل خوردگی



شکل ۵۱-۵- با فیلتر کردن دود خروجی از دودکش کارخانه‌ها می‌توان شرایط خوردنده محیط را تغییر داد

**تغییر شرایط محیط خوردنده:** یکی از راهکارهای کاهش خوردگی و حفاظت از مواد، تغییر شرایط محیط خوردنده است. برای نمونه می‌توان با فیلتر کردن مواد خروجی از دودکش کارخانه‌ها و جلوگیری از ورود آنها به محیط یا کاربرد مواد خنثی‌کننده، شرایط خوردنده محیط را تغییر داد. این مواد اگر در هوا پخش شوند، هنگام بارندگی با آب ترکیب می‌شوند و باران‌های اسیدی ایجاد می‌کنند. باران اسیدی اگر روی تجهیزات فلزی بریزد موجب خوردگی آنها خواهد شد. همچنین با نفوذ به سفره‌های زیرزمینی آب‌ها را نیز آلوده می‌نماید.

**بهره‌برداری درست:** بهره‌بردار یا کاربر دستگاه‌ها و وسایل صنعتی برای جلوگیری از فرسودگی زودهنگام تجهیزات باید درباره ویژگی‌های مواد صنعتی، عوامل آسیب‌زا و چگونگی کاهش یا حذف آنها آگاهی داشته باشد. برای نمونه باید نیروی مکانیکی مجاز وارد بر تجهیزات، شرایط و چگونگی تأثیر نیروها و عوامل محیطی که می‌توانند سبب خوردگی شوند را بشناسد و در راه کاهش آسیب‌های مکانیکی و غیرمکانیکی بکوشد.

**طراحی و انتخاب مواد مناسب:** اگر در ساخت ابزار، ماشین‌ها و تجهیزات صنعتی مواد به‌درستی گزینش نشود، خوردگی اثر زیادی بر سازه خواهد داشت. طراحان سازه‌های صنعتی باید تلاش کنند اثر عوامل خوردگی را کاهش دهند تا شرایط ایجاد خوردگی ایجاد نشود. از سوی دیگر آنان باید تلاش کنند خوردگی روی همه سطح سازه یکنواخت باشد، زیرا قطعات و طرح‌های با خوردگی یک بخش، زودتر فرسوده می‌شوند و نامناسب هستند. برجسته‌ترین نکته در طراحی، پرهیز

از شکل‌گیری پیل‌های الکتروشیمیایی، یعنی تماس فلز در کنار مایع خوردنده است، زیرا خوردگی به‌ویژه در نزدیکی محل تماس دو فلز، با سرعت زیادی ایجاد می‌شود.

**کاربرد پوشش‌های محافظ:** یکی از دلایل کاربرد پوشش در سازه‌های صنعتی نگهداری آنها از خوردگی است. پوشش‌های پلیمری، سرامیکی، فلزی یا کامپوزیتی از هر جنسی که باشند در شرایط مناسب همانند سدی در برابر عوامل خوردنده سازه صنعتی عمل می‌کنند و مانع تماس این عوامل با سطح می‌شوند.

لازم به ذکر است عملکرد پوشش‌ها نسبت به شرایط سطح قطعه و تمیز بودن آن پیش از پوشش بسیار حساس می‌باشد، بنابراین هنگام پوشش‌دهی باید هرگونه آلودگی مانند پلیسه، زنگار، چربی، جرقه‌های جوش کاری و غیره از سطح قطعه تمیز گردد.

پوشش باید همه سطح سازه را بپوشاند و هنگام آسیب‌دیدگی بخشی از پوشش باید آن بخش ترمیم شود.

نزدیک به ۷۰ الی ۸۰ درصد اثربخش بودن پوشش به تمیز بودن و شرایط سطح کار، پیش از اعمال پوشش بستگی دارد.

نکته





## جدول ۶-۵- پوشش‌های محافظ پر کاربرد

ردیف	نوع پوشش	ماهیت پوشش	روش‌های رایج پوشش‌دهی
۱	پلیمری	این پوشش برای محافظت سازه‌های فلزی در هوای آزاد کاربرد دارد: مانند اپوکسی، پلی‌اورتان، پلی‌استر و غیره	پاشش، غوطه‌وری، ابزار دستی
۲	فلزی	این پوشش‌ها دو دسته‌اند: ۱- پوشش تک‌عنصری مانند پوشش گالوانیزه، قلع، طلا، نقره، کروم ۲- پوشش‌های آلیاژی از ترکیب دو یا چند عنصر فلزی	پاشش، غوطه‌وری، آب کاری
۳	سرامیکی	این پوشش‌ها ماهیت معدنی (غیرفلزی و غیرپلیمری) دارند؛ مثل انواع لعاب‌ها که روی ظروف سفالی اعمال می‌شوند.	پاشش، غوطه‌وری

## انواع پوشش‌های محافظ

پوشش‌های فلزی با فرایندهای گوناگون، مانند مذاب، رسوب‌نشانی با جریان الکتریسیته، غوطه‌ور کردن سازه در وان فلز مذاب و غیره ایجاد می‌شود.

## ● رسوب‌نشانی الکتریکی

در این روش با استفاده از جریان الکتریسیته پوشش‌های فلزی روی سطح رسوب داده می‌شوند. رسوب‌نشانی الکتریکی برای پوشش فلزی لوسترها، شیر حمام، آشپزخانه و دست‌شویی و بیشتر وسایل تزئینی به کار می‌رود.

## ● غوطه‌ور کردن در فلز مذاب

در این روش نخست سطح قطعه را با اسید کاملاً تمیز و چربی آن را برطرف می‌نمایند. سپس قطعه را در فلز مذاب (مثلاً روی، سرب، قلع مذاب) غوطه‌ور می‌کنند تا پس از بیرون آوردن قطعه از فلز مذاب، لایه نازکی از فلز مذاب روی سطح آن را پوشش دهد.

یکی از کاربردهای متداول این روش، غوطه‌ور کردن سازه‌های فولادی در مذاب فلز روی می‌باشد که **گالوانیزه کردن** نامیده می‌شود.

گالوانیزه کردن بیشتر برای جلوگیری از زنگ‌زدگی قطعات فولادی به کار می‌رود. لوله‌های فولادی و ورق‌ها از قطعات گالوانیزه شده است که کاربرد زیادی دارد.

گالوانیزه کردن برای روکش قطعه با فلزاتی مانند نیکل، کروم، کادمیم، روی، نقره، طلا و غیره به کار می‌رود. در شکل ۵-۵۲ ورق گالوانیزه رنگی نشان داده شده است.

## ● پاشش فلز مذاب

در این روش به کمک پیستوله فلز را که به شکل مفتول یا

بسته به هدف پوشش‌ها و کاربرد آن، مواد گوناگون فلزی، پلیمری، سرامیکی یا ترکیبات آنها برای پوشش به کار گرفته می‌شود.

**پوشش‌های پلیمری:** با نگاهی به پیرامون خود می‌توانیم پوشش‌های پلیمری را ببینیم؛ مانند روی دیوار کلاس، اتاق‌ها، حیاط مدرسه، نرده‌ها، پنجره‌ها، ماشین، دوچرخه، میز، صندلی و بسیاری وسایل دیگر که هر روز با آنها سروکار داریم. این پوشش‌ها از یک یا چند نوع ماده هستند و در حلال‌های گوناگون مانند اتر، الکل، نفت سفید و غیره حل می‌شوند. کاربرد پوشش‌های پلیمری بیشتر برای محافظت سطح سازه در برابر عوامل خوردنده موجود در هوا مانند رطوبت، اکسیژن، دی‌اکسید گوگرد، ذرات جامد معلق در هوا و نیز ایجاد ظاهر جذاب روی سطح قطعات است.

گاهی برای جلوگیری از زنگ زدن پیچ و مهره‌ها یا قطعات فلزی سطح آنها را با روغن یا گریس آغشته می‌کنند. این کار باعث تشکیل یک لایه نازک چربی روی سطح و جلوگیری از خوردگی قطعه می‌شود.

**پوشش‌های فلزی:** این پوشش‌ها ماهیت فلزی دارند و به صورت ساده یا ترکیب آلیاژی روی سطح اعمال می‌شوند و کاربرد گسترده‌ای در بهبود خواص فیزیکی یا مکانیکی سطح یا جلوگیری از خوردگی سازه دارند. برای نمونه، پوشش‌های فلزی در لوسترها برای ایجاد ظاهری زیبا و براق کاربرد دارند ولی پوشش ورقه‌های فلزی مورد استفاده در پشت بام یا زیر خاک برای جلوگیری از خوردگی به کار می‌روند.



شکل ۵۲-۵- ورق‌های  
گالوانیزه رنگی



شکل ۵۳-۵- پوشش سرامیکی ظروف آشپزخانه

پودر است با گرمای گاز یا قوس الکتریکی به صورت مایع درمی‌آورند، سپس به کمک هوای فشرده به صورت ذرات ریز روی قطعه می‌پاشند.

با این روش قطعه را می‌توان با فلزاتی مانند روی، آلومینیوم و فولادهای آلیاژی روکش داد. کاربرد روش پاشیدن به کمک پیستوله، همیشه برای محافظت در برابر خوردگی نیست، بلکه در بازسازی نیز به کار می‌رود.

**پوشش‌های سرامیکی:** مواد سرامیکی سختی و مقاومت خوبی در برابر حرارت، مواد شیمیایی و خوردگی دارند، مثلاً لعابی که برای پوشش ظروف و قطعات گوناگون مانند مخازن ذخیره مواد شیمیایی به کار می‌رود. ضعف این پوشش‌ها متخلخل بودن و مقاومت کم در برابر تنش‌های مکانیکی است که آنها را بسیار شکننده می‌کند.

## ارزشیابی پودمان پنجم (مواد و متالورژی)

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحد یادگیری)
۳	تعیین نوع ماده صنعتی، خصوصیات و ویژگی آن، روش محافظت از آن در برابر خوردگی و تحلیل علل انتخاب نوع ماده جامد در فرایند طراحی و ساخت	بالاتر از حد انتظار	تعیین ویژگی‌ها، کاربرد و خصوصیات، مواد صنعتی جامد و تحلیل روش‌های حفاظت مواد صنعتی جامد بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها مطابق با استاندارد ملی ایران	۱- طبقه‌بندی مواد صنعتی جامد
۳	تعیین نوع ماده صنعتی، خصوصیات و ویژگی آن و روش محافظت از آن در برابر خوردگی	در حد انتظار		۲- حفاظت از مواد در برابر خوردگی
۱	دسته‌بندی و طبقه‌بندی انواع ماده صنعتی	پایین‌تر از حد انتظار		
				نمره مستمر از ۵
				نمره واحد یادگیری از ۳
				نمره واحد یادگیری از ۲۰ = (نمره مستمر + (۵ × نمره واحد یادگیری از ۳))

- ۱- برنامه درسی درس دانش فنی پایه رشته ماشین‌های کشاورزی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۳۹۴.
- ۲- برقعی، سید علی محمد و پیمان، میرحسین، محاسبات فنی با کد ۴۹۵/۵، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.
- ۳- حاجی حسن، عباس و همکاران، زراعت و باغبانی عمومی با کد ۳۵۸/۴ و ۴۹۸، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.
- ۴- حبیبی، آرش، واحدی، حمید، ابزارشناسی و عملیات کارگاهی با کد ۳۵۹/۵۲، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.
- ۵- دهپور، محمد باقر، اصول ایمنی در ماشین‌های کشاورزی، انتشارات دانشگاه گیلان، ۱۳۸۱.
- ۶- ساکنیان دهکردی، نادر و دیگران. ماشین‌های تهیه زمین و کاشت با کد ۴۸۲/۹، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲.

7- Machinery Management, Fundamentals of Machine operation, FMO. John Deere, Co., Moline, III. 1987.

8- Safety, Fundamentals of Machine operation, FMO, JohnDeere, Co., Moline, III. 1987.

