

پودمان ۲

فلزات آهنی



انواع مواد

در شکل ۱ کاربردهایی از مواد مختلف نشان داده شده است؛ انتخاب بهترین ماده برای یک کاربرد مشخص با توجه به گستردگی انواع مواد، همواره مورد توجه قرار دارد.



پروتز مفصل ران



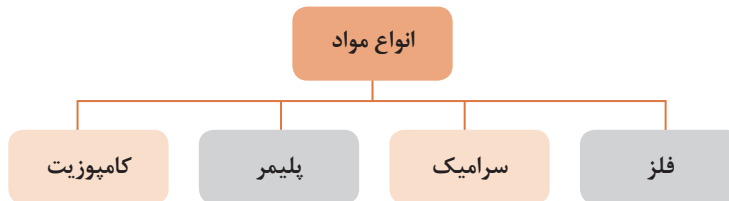
پره توربین



هواپیمای مسافری

شکل ۱

به طور کلی مواد را می‌توان در چهار بخش کلی تقسیم‌بندی کرد. هر یک از این مواد دارای ویژگی‌های خاصی هستند که مورد توجه طراحان مواد است.



نمودار ۱

فلز

آهن، آلومینیوم، مس، نیکل، فولاد و برنج از جمله فلزات و آلیاژهای متداول در صنعت هستند. فلزات دارای خواص الکتریکی، حرارتی و مکانیکی بسیار خوبی هستند و مهم‌ترین ماده در کاربردهای مختلف می‌باشند. مهم‌ترین ویژگی فلزات عبارت‌اند از:

- ۱ رسانای حرارت و الکتریسیته هستند.
- ۲ استحکام بالایی دارند.



شکل ۳



شکل ۲



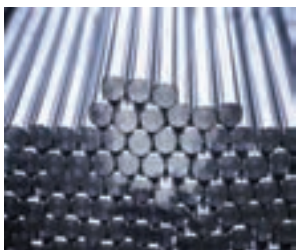
شکل ۴

۳ سطح براق و قابلیت صیقل دادن دارند.



شکل ۵

۴ شکل پذیری بالا و قابلیت چکش خواری دارند؛ فلزات را می توان به صورت ورقه نازک یا سیم نازک درآورد.



شکل ۶

۵ فلزات چگالی بالایی دارند.

در هر یک از کاربردهای زیر کدام ویژگی از فلزات مورد توجه قرار داشته است؟

.....	
.....	
.....	

شکل ۷

گفت و گو کنید



به تصاویر زیر نگاه کنید. آیا دربارهٔ مواد اولیه و روش ساخت این محصولات اطلاع دارید؟



شیشهٔ تخت

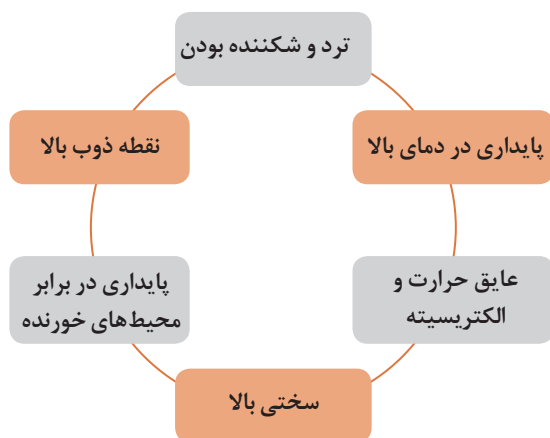


دیرگدازهای کورهٔ ذوب فلزات



چینی مظلروف

شکل ۸



نمودار ۲- ویژگی‌های مواد سرامیکی

سرامیک‌ها دسته‌ای از مواد هستند که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آنها مواد معدنی و غیرفلزی هستند. مواد سرامیکی کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزانه و در صنعت دارند. کشور ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های محصولات سرامیکی به‌شمار می‌آید و قابلیت تولید انواع محصولات سرامیکی را دارا است. مهم‌ترین ویژگی‌های مواد سرامیکی در نمودار ۲ آورده شده است:

مواد سرامیکی و فلزی را از لحاظ نوع پیوند شیمیایی با هم مقایسه کنید.

پرسش
کلاسی



مراحل تولید محصولات سرامیکی را می‌توان به‌طور کلی به‌صورت نمودار ۳ نشان داد. مواد اولیه سرامیکی پس از استخراج از معادن، خردایش و خالص‌سازی می‌شوند. سپس بدنه با توجه به کاربرد و مواد اولیه با روش‌های مختلف شکل‌دهی می‌شود. سپس آب اضافی موجود در بدنه شکل‌دهی شده، درون خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجهٔ سلسیوس خشک شده و بدنه‌ها آمادهٔ پخت می‌شوند. بدنهٔ خشک شده درون کوره در دمای مناسب پخت می‌شود تا به استحکام و خواص مطلوب برسد.



نمودار ۳- مراحل تولید محصولات سرامیکی

علاوه بر این مراحل، مرحله لعاب‌زنی و تزیین نیز در برخی از محصولات سرامیکی برای ایجاد جلوه و زیبایی بیشتر وجود دارد.

دربارۀ روش‌های شکل‌دهی ریخته‌گری دوغابی و پرس پودر در تولید محصولات سرامیکی تحقیق کنید و گزارش آن را به کلاس ارائه کنید.

تحقیق کنید



محصولات سرامیکی

انواع محصولات سرامیکی را می توان به دو دسته سنتی و پیشرفته دسته بندی کرد. در نمودار زیر، انواع کاربردهای مواد سرامیکی دسته بندی شده اند.



نمودار ۴

سرامیک های سنتی

مواد اولیه این دسته از سرامیک ها بر پایه سیلیکات ها (SiO_2) است. برخی از مهم ترین کاربردهای سرامیک های سنتی شامل سفال ها، کاشی، چینی مطروف، چینی بهداشتی، سیمان، مواد دیرگداز و شیشه است.



چینی بهداشتی

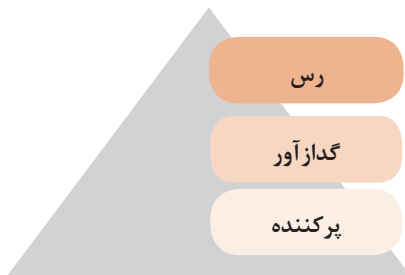


سفال



کاشی

شکل ۹



نمودار ۵

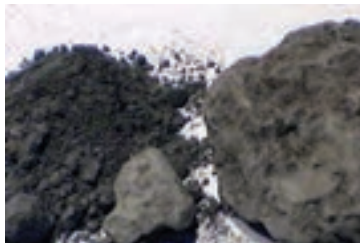
مواد اولیه تشکیل دهنده محصولات سرامیک سنتی از سه جزء اصلی تشکیل شده است:



شکل ۱۰

رس‌ها مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین مواد اولیه در تولید سرامیک‌های سنتی هستند. رس‌ها موادی هستند که در اثر اختلاط با آب به شکل گل در می‌آیند و قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کنند.

رس‌ها انواع مختلفی دارند که شامل کائولن، بالکلی، رس قرمز، رس نسوز و بنتونیت می‌شود. انواع رس‌ها در ویژگی‌هایی شامل قابلیت شکل‌دهی، دمای پخت، رنگ بدنه پس از پخت با هم تفاوت دارند. قابلیت شکل‌دهی رس‌ها به نوع و میزان ناخالصی‌های موجود در آنها بستگی دارد. وجود ناخالصی اکسید آهن باعث افزایش قابلیت شکل‌دهی در رس می‌شود اما باعث تیره‌شدن رنگ بدنه می‌شود. رنگ پس از پخت محصولاتی که در آن کائولن به کار می‌رود سفید است اما در بدنه‌های تولید شده از سایر رس‌ها، رنگ بدنه پس از پخت تیره‌تر می‌شود.



بالکلی



کائولن



بنتونیت



رس قرمز

شکل ۱۱- انواع رس



چه نوع خاک رُسی برای تولید چینی مظلوف و آجر ساختمانی مناسب تر است؟ چرا؟

رُس‌ها به تنهایی برای تولید سفالینه‌ها به کار می‌روند اما به منظور کاهش دمای پخت و ایجاد خواص مطلوب‌تر و کنترل میزان انقباض بدنه‌های سرامیکی مواد گداز‌آور و پرکننده نیز افزوده می‌شود. گداز‌آورها موادی هستند که در صنعت سرامیک به منظور کاهش دمای پخت بدنه‌های سرامیکی به کار می‌رود. فلدسپات‌ها مهم‌ترین گداز‌آورهای مصرفی در این صنعت هستند که حاوی اکسیدهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم هستند.

اگر در ساخت بدنه‌های سرامیکی فقط رس و کمک ذوب به کار رود بدنه سرامیکی انقباض شدیدی می‌کند و ترک بر می‌دارد. با افزودن مواد پرکننده در مواد اولیه سرامیکی می‌توان استحکام بدنه سرامیکی را افزایش داد و میزان انقباض بدنه را کنترل کرد. مهم‌ترین مواد پرکننده سیلیس (SiO_2) و آلومینا (Al_2O_3) هستند.

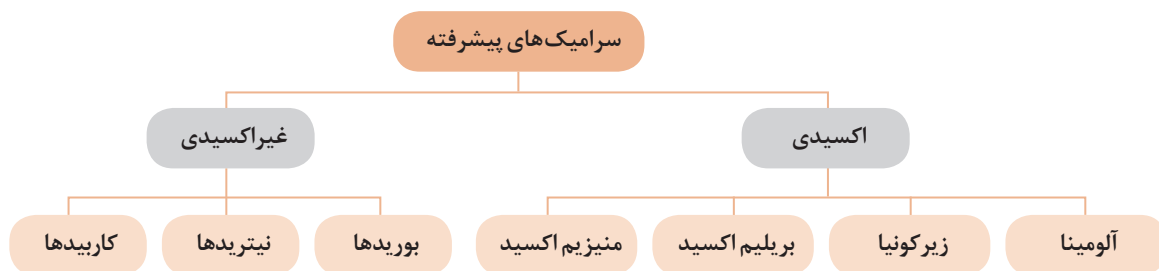


با توجه به آنچه آموخته‌اید هر یک از مواد اولیه سرامیک را به دسته مربوط به آن وصل کنید.

- | | | | |
|----------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| رس | <input type="radio"/> | سیلیس | <input type="radio"/> |
| گداز‌آور | <input type="radio"/> | بنتونیت | <input type="radio"/> |
| پرکننده | <input type="radio"/> | سدیم فلدسپات | <input type="radio"/> |
| | <input type="radio"/> | آلومینا | <input type="radio"/> |
| | <input type="radio"/> | بالکلی | <input type="radio"/> |
| | <input type="radio"/> | کائولن | <input type="radio"/> |

سرامیک‌های پیشرفته

این نوع مواد سرامیکی بخش وسیعی از صنعت سرامیک را در بر می‌گیرد و برای کاربردهای خاص مانند مقاومت حرارتی بیشتر، خواص مکانیکی بهتر، خواص الکتریکی ویژه و مقاومت شیمیایی مناسب‌تر به کار می‌روند. سرامیک‌های پیشرفته شامل دو دسته اکسیدی و غیراکسیدی می‌شوند. مهم‌ترین سرامیک‌های پیشرفته در نمودار ۶ آورده شده است.



نمودار ۶- انواع سرامیک‌های غیراکسیدی

سرامیک‌های اکسیدی: از میان سرامیک‌های اکسیدی می‌توان آلومینا Al_2O_3 ، زیرکونیا ZrO_2 ، توریا ThO_2 ، برلیا BeO و منیزیا MgO را نام برد. اکسیدهای به‌کار برده شده برای تولید این مواد، باید تا حد امکان از اکسیدهای خالص باشد. در جدول ۱ پرکاربردترین سرامیک‌های اکسیدی معرفی شده است.

جدول ۱

سرامیک اکسیدی	ویژگی	کاربرد
آلومینا	استحکام فشاری و سختی بالا و همچنین دیرگدازی بالای آلومینا باعث کاربردهای گسترده آن شده است.	ماده عایق در شمع‌های اتومبیل، ماده ترمیم‌کننده دندان و استخوان، پوشش‌های مقاوم به فرسایش، نوک ابزار برش فلزات، ساینده
زیرکونیا	مهم‌ترین سرامیک چقرمه است که برخلاف بیشتر سرامیک‌ها در برابر ضربه مقاوم می‌باشد.	پوشش‌های سدحرارتی، چکش‌های سرامیکی، رنگ سرامیکی و اپک‌کننده، ساینده، دیرگداز، روکش‌های دندانی
منیزیا	منیزیم اکسید ماده عایق الکتریکی به‌شمار می‌آید.	در تولید دیرگداز و عایق الکترونیکی

تحقیق کنید



شکل ۱۲- گلوله‌های سرامیکی

در شکل ۱۲ گلوله‌های سرامیکی از جنس آلومینا در ابعاد مختلف نشان داده شده است. درباره کاربرد این گلوله‌ها تحقیق کنید و گزارش آن را به کلاس ارائه کنید.

سرامیک‌های غیراکسیدی: سرامیک‌های غیراکسیدی شامل کاربیدها، نیتريد‌ها و نیتريد‌ها می‌شوند. این نوع از سرامیک‌ها به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مانند پایداری حرارتی، مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی مناسب در دمای بالا در ساخت قطعات پیشرفته مانند توربین و هواپیما کاربرد دارند. در جدول ۲ برخی از کاربردهای سرامیک‌های غیراکسیدی آمده است.



جلیقه ضد گلوله بور کاربرد



نازل گاز سیلیسیم نیتريد



ورق سنباده سیلیسیم کاربرد

شکل ۱۳- کاربردهای سرامیک غیراکسیدی

جدول ۲

ویژگی و کاربرد	انواع سرامیک غیراکسیدی
<ul style="list-style-type: none"> ● لایه پوششی برای فلزات و کامپوزیت‌ها ● ذرات و الیاف تقویت‌کننده در کامپوزیت‌ها ● رآکتورها و لوله‌های مبدل‌های حرارتی ● ماده ساینده 	سیلیسیم کاربید SiC
<ul style="list-style-type: none"> ● ابزار برش، یاتاقان، بلبرینگ، و تجهیزات موتور 	سیلیسیم نیتريد Si_3N_4
<ul style="list-style-type: none"> ● رآکتورهای اتمی ● زره‌های نظامی ضدگلوله 	بور کاربید B_4C

در هر یک از شکل‌های زیر نوع سرامیک (اکسیدی یا غیراکسیدی) و کاربرد آن را مشخص کنید.

فعالیت
کلاسی



.....		پایه عایق شمع اتومبیل
.....		بلبرینگ
.....		روکش
.....		دیرگداز سرامیکی

شکل ۱۴- کاربرد سرامیک



بررسی کنید در هر یک از کاربردهای زیر، کدام ویژگی از سرامیک‌ها مورد توجه قرار دارد؟

ویژگی مورد نظر سرامیک در این کاربرد	کاربرد
	سیلیسیم کاربرد به عنوان ساینده
	آلومینا در لامپ‌های هالیدی
	آستر سیلیسیم نیتريد در توربین‌های حرارتی
	آجر نسوز رسی

پلیمر

پلیمرها از زنجیره‌های بلند کربن و هیدروژن (منومر) در کنار یکدیگر به وجود می‌آیند و پیوند بین اتمی در پلیمرها از نوع پیوندهای ثانویه است. این مواد شامل دو گروه اصلی پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها هستند. از جمله پلیمرهای بسیار رایج پلی اتیلن (PE)، نایلون و پلی وینیل کلراید (PVC) هستند. خواص پلیمرها شامل: چگالی کم، مقاوم در برابر خوردگی، عایق، پایداری شیمیایی و شکل پذیری بالا است. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها است. پلیمرها به راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند زیرا در دمای بالا امکان قالب‌گیری آنها به شکل‌های مختلف فراهم می‌شود اما مقاومت حرارتی آنها کم است و همین موضوع استفاده از آنها را محدود کرده است.



شکل ۱۵- کاربرد مواد پلیمری

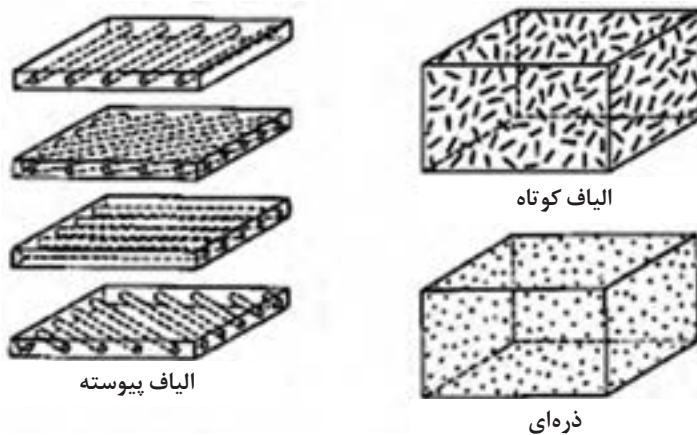
کامپوزیت

چگونه لاستیک هواپیما در هنگام فرود آمدن دمای بسیار بالای ناشی از اصطکاک لاستیک با زمین را تحمل می‌کند؟



شکل ۱۶

در کاربردهای مختلف امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص موردنظر را فراهم کند، وجود ندارد؛ به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که علاوه بر استحکام بالا، ویژگی‌های دیگری نظیر سبکی، مقاومت به خوردگی و سایش بالا داشته باشد. کامپوزیت‌ها ترکیبی از دو یا چند ماده با خواص متفاوت هستند که هر یک از اجزای تشکیل دهنده، خواص خود را حفظ می‌کنند و همچنین در کنار هم خواص قطعه را بهبود می‌بخشند. معمولاً کامپوزیت‌ها از دو جزء شامل جزء زمینه و جزء تقویت کننده تشکیل شده است. کامپوزیت‌ها بر حسب نوع زمینه به سه دسته زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری تقسیم بندی می‌شوند. در شکل ۱۷ کامپوزیت‌های مختلف براساس نحوه قرارگیری شکل جزء تقویت کننده در زمینه نشان داده شده است.



شکل ۱۷- کامپوزیت‌های مختلف براساس شکل جزء تقویت کننده



شکل ۱۸- کاربرد کامپوزیت

کاهگل و بتن مثال‌های معمولی از مواد کامپوزیتی هستند. گاه به صورت رشته‌ای در زمینه گل توزیع شده است تا کامپوزیت کاهگل تولید شود که یک نوع کامپوزیت سرامیک - پلیمر است. در این کامپوزیت گاه موجب افزایش استحکام و مقاومت گل در برابر ترک می‌شود. همچنین در بتن، ذرات شن و ماسه وظیفه تحمل بار در زمینه نرم سیمان دارند.

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

پرسش



فلزات

مهم‌ترین فلز در زندگی بشر آهن است. تاریخچه استفاده انسان از آهن به ۳۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد. به دلیل ویژگی و کاربردهای گسترده آهن، فراوانی و سهولت استخراج آن از معادن معیار دسته‌بندی فلزات، آهن است و فلزات به دو دسته فلزات آهنی و غیرآهنی تقسیم بندی می‌شوند.

خداوند در قرآن می‌فرماید: «وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ»
«و آهن را نازل کردیم و آن را مقاوم ساختیم تا انسان‌ها از ویژگی آن بهره‌مند شوند.»



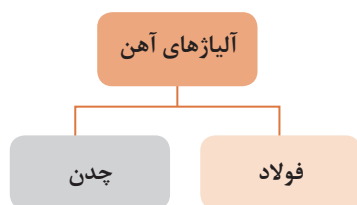
شکل ۱۹- چند نمونه وسیله فلزی قدیمی



Fe₃C چه خصوصیتی از فلزات را دارد؟

عناصر فلزی با یکدیگر یا با عناصر غیرفلزی آلیاژ می‌سازند. آلیاژ به مخلوطی گفته می‌شود که از چند عنصر تشکیل شده است و یکی از این عناصر حتماً باید فلز باشد و ترکیب حاصل خاصیت فلزات را داشته باشد. به عنوان مثال به آهن اکسید که ترکیبی از آهن با اکسیژن است آلیاژ گفته نمی‌شود زیرا این ترکیب خاصیت فلزی ندارد. اما ترکیب آهن با کربن (Fe₃C) کاربید آهن آلیاژ است زیرا خاصیت فلزات را داراست.

آلیاژهای آهن به دو دسته فولاد و چدن دسته‌بندی می‌شوند. فولادها و چدن‌ها، آلیاژهایی از آهن و کربن هستند که کربن نقش مهمی دارد و مقدار آن عامل اصلی تعیین‌کننده خصوصیات است. اگر مقدار درصد کربن از ۲ درصد کمتر باشد محصول فولاد نامیده می‌شود و چنانچه مقدار کربن بیشتر از ۲ درصد باشد به این آلیاژ چدن گفته می‌شود.



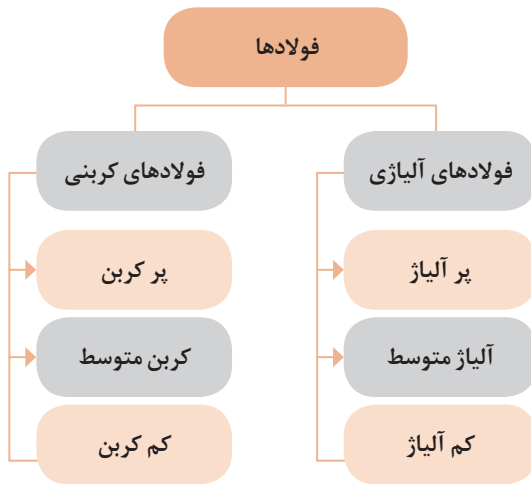
نمودار ۷- گروه‌بندی فلزات

انواع فولاد

فولاد پرکاربردترین آلیاژ فلزی است که در لوازم خانگی و در صنعت کاربردهای زیادی دارد. کاربردهای فولاد به دلیل قیمت پایین، فراوانی و سهولت در استخراج آهن گسترش یافته است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای آن در سازه‌های فولادی است.



شکل ۲۰- سازه فولادی



نمودار ۸- تقسیم‌بندی انواع فولاد

فولادها را می‌توان از جنبه‌های مختلف دسته‌بندی کرد. فولاد بر اساس ترکیب شیمیایی به دو دسته فولاد ساده کربنی و آلیاژی دسته‌بندی می‌شوند. در نمودار ۸ انواع فولادهای ساده کربنی و آلیاژی معرفی شده است.

فولاد ساده کربنی: فولاد ساده کربنی به فولادی گفته می‌شود که غیر از آهن مقداری کربن داشته باشد به همین دلیل به آن فولاد ساده کربنی (carbon steel) نیز گفته می‌شود. در ترکیب این فولادها به جز کربن درصد جزئی از عناصر همراه شامل منگنز، گوگرد، فسفر و سیلیسیم وجود دارد. فولادهای ساده کربنی بیشترین میزان تولید فولاد در جهان را به خود اختصاص می‌دهند و در مقایسه با فولادهای آلیاژی قیمت پایینی دارند. فولادهای ساده کربنی را می‌توان با توجه به مقدار کربن به گروه‌های زیر دسته‌بندی کرد:

جدول ۳- انواع فولادها

نام فولاد	درصد وزنی کربن	کاربرد
کم کربن	کمتر از ۰/۱	<ul style="list-style-type: none"> ● ورق بدنه خودرو ● قوطی کنسرو
ساختمانی	در محدوده ۰/۱ تا ۰/۲۵	<ul style="list-style-type: none"> ● اسکلت ساختمان ● بدنه کشتی ● مخزن تحت فشار
کربن متوسط (ماشین‌سازی)	در محدوده ۰/۲۵ تا ۰/۶	<ul style="list-style-type: none"> ● شفت انتقال قدرت ● چرخ دنده ● زنجیر
پر کربن (مقاوم به سایش)	در محدوده ۰/۶ تا ۲	<ul style="list-style-type: none"> ● مته ● تیغه ● بلبرینگ

با افزایش درصد کربن به فولاد دارای ویژگی‌های زیر می‌شود و مطابق با این ویژگی‌ها فولاد کاربرد متفاوتی دارد.



نمودار ۹- اثر افزودن کربن بر خواص فولاد

فولادهای ساده کم کربن دارای ویژگی شکل پذیری بالا هستند بنابراین در ساخت بدنه خودرو، لوازم خانگی، مفتول بافندگی و واشر فلزی و سیم خاردار از این فولاد استفاده می‌شود.



بدنه لوازم خانگی



سیم خاردار

شکل ۲۱- کاربردهای فولاد کم کربن

فولادهای متوسط کربن شکل پذیری و استحکام نسبتاً مناسبی دارند اما این نوع فولاد قابلیت جوشکاری مناسبی ندارند، به عنوان مثال قلاب جرثقیل و انواع فنرها از این نوع فولاد ساخته می‌شوند.



انواع فنر



قلاب جرثقیل

شکل ۲۲- چند نمونه فولاد کربن متوسط

فولادهای پرکربن دارای استحکام بالا هستند ولی چقرمگی مناسبی ندارند بنابراین در قطعات و وسایلی که تحت نیروی بالا هستند، کاربرد ندارند. این نوع فولادها به فولاد ابزار نیز معروف هستند. ابزارهایی مانند آچار و الماس‌های شیشه‌بری از این نوع فولاد ساخته می‌شوند.



آچار



تیغه اره

شکل ۲۳- چند نمونه فولادهای ابزار

برای هر نوع کاربرد مشخص کنید چه نوع فولاد کربنی مناسب است؟

نوع فولاد	تصویر	نوع محصول
.....		بدنه لوازم خانگی
.....		ریل قطار
.....		میله فولادی

شکل ۲۴



فولادهای آلیاژی^۱: فولادهای آلیاژی فولادهایی هستند که حاوی عناصر آلیاژی با نسبت‌های مختلف هستند که در مواردی که خاصیت ویژه‌ای نیاز باشد به کار می‌روند. ترکیب فولادهای آلیاژی شامل: آهن، کربن، عناصر همراه و عناصر آلیاژی است.

به منظور مقایسه کاربردهای فولاد ساده کربنی و آلیاژی به مثال‌های زیر توجه کنید. در شکل ۲۵ پل روگذر آزاد راه‌ها و پل عابر پیاده نشان داده شده است که در پل‌های روگذر آزادراه از فولادهای ساختمانی کربنی آلیاژی استفاده می‌شود زیرا در این پل‌ها نیاز به استحکام بالایی است در حالی که پل عابر پیاده از جنس فولاد ساختمانی کم کربن است.



پل روگذر آزادراه از جنس فولاد آلیاژی



پل عابر پیاده از جنس فولاد ساده کربنی

شکل ۲۵

به این دو وسیله باربری دقت کنید. بدنه شکل الف از جنس فولاد ساده کربنی است در حالی که فولادهای کربنی آلیاژی در تریلی به کار می‌رود زیرا در این وسیله نیاز به استحکام بالایی است.

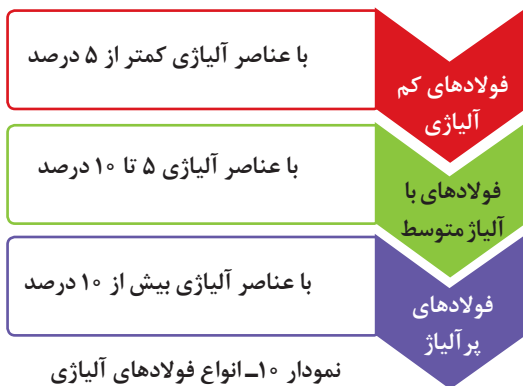


ب) بدنه خودرو از جنس فولاد آلیاژی



الف) بدنه خودرو از جنس فولاد ساده کربنی

شکل ۲۶



تقسیم‌بندی فولادهای آلیاژی بر اساس مجموع عناصر آلیاژی (غیر از کربن)، صورت می‌گیرد که در نمودار ۱۰ آمده است:

عناصر آلیاژی که در تولید فولادهای آلیاژی به کار می‌روند در جدول ۴ آمده است. اثر عناصر آلیاژی بر فولادها عبارت‌اند از: **۱** بهبود خواص مکانیکی با افزایش عمقی که فولاد می‌تواند سخت شود.

۲ حفظ استحکام در دمای کاری بالا.

۳ بهبود خواص مکانیکی در دماهای پایین و بالا.

۴ بهبود مقاومت به خوردگی و اکسایش در دمای بالا.

نکته



با وجود اثرات مفید اغلب عناصر آلیاژی برخی از عناصر مانند فسفر و گوگرد اثرات نامطلوبی بر خواص فولاد دارند و می‌توانند مضر باشند.

۵ بهبود خواص ویژه از قبیل مقاومت به سایش و خواص خستگی.

جدول ۴

کاربرد	تأثیر بر خواص فولاد	نماد شیمیایی	عنصر
	افزایش استحکام و چقرمگی	Mn	منگنز
	افزایش مقاومت به اکسیدشدن در دمای بالا	Si	سیلیسیم
	افزایش مقاومت به خوردگی افزایش استحکام و سختی	Cr	کروم

	<p>افزایش مقاومت به خوردگی افزایش استحکام و چقرمگی</p>	<p>Ni</p>	<p>نیکل</p>
	<p>افزایش چشمگیر چقرمگی افزایش استحکام در دمای بالا</p>	<p>Mo</p>	<p>مولیبدن</p>
	<p>افزایش چشمگیر چقرمگی و استحکام افزایش استحکام در دمای بالا</p>	<p>V</p>	<p>وانادیم</p>
	<p>افزایش مقاومت به خوردگی در هوا</p>	<p>Cu</p>	<p>مس</p>
	<p>تأمین سختی در دمای بالا</p>	<p>W</p>	<p>تنگستن</p>



برای تشخیص فولاد ساده کربنی از فولاد آلیاژی می‌بایست جدول آنالیز شیمیایی هر فولاد را مشاهده کنید. سپس به غیر از آهن و کربن مقدار سایر عناصر را با جدول زیر مقایسه کنید؛ اگر مقدار هر عنصر از اعداد جدول کمتر بود آن عنصر، عنصر آلیاژی محسوب نمی‌شود. اگر در پایان هیچ عنصر آلیاژی نیافتید، فولاد ساده کربنی است.

جدول ۵- محدوده عناصر آلیاژی در فولاد

V	Ti	Si	S	P	Mo	Cu	W	Mn	Ni	Cr	عنصر
۰/۱	۰/۰۶	۰/۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۴	۰/۴	۱/۶۵	۰/۳	۰/۳	حداقل مقدار به عنوان عنصر آلیاژی (درصد وزنی)

در جدول ۶ نمونه‌ای از آنالیز یک تیرآهن از جنس فولاد ساده کربنی و آنالیز ظروف آشپزخانه از جنس فولاد آلیاژی آمده است (همه اعداد براساس درصد وزنی می‌باشند).

جدول ۶

نوع فولاد	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Fe
ساده کربنی	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۶۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	باقی مانده
آلیاژی	۰/۰۳	۰/۸۳	۱/۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۸/۹۱	۸/۷۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	باقی مانده

برای هر یک از موارد زیر مشخص کنید که در کدام دسته از فولادهای آلیاژدار قرار می‌گیرد؟

.....	Fe - ۰/۸Cr
.....	Fe - ۳/۵Ni - ۰/۲۵Mo



فولاد زنگ نزن: فولاد زنگ نزن و به اصطلاح استیل^۱، یکی از مهم‌ترین فلزاتی است که در زندگی روزمره با آن سر و کار داریم. فولاد زنگ نزن به دلیل مقاومت بالا در برابر خوردگی، زیبایی ظاهری و سهولت تولید، کاربردهای فراوانی دارد. نمونه‌هایی از کاربرد فولادهای زنگ نزن در شکل ۲۷ نشان داده شده است. فولادهای زنگ نزن در تمامی صنایع کاربردهایی دارند و در ساخت تجهیزات به کار می‌روند.



شکل ۲۷



شکل ۲۸

فولادهای زنگ نزن حاوی حداقل ۱۰/۵ درصد کروم هستند که عامل اصلی مقاومت به خوردگی آنها است. همچنین عناصر دیگری مانند نیکل و مولیبدن نیز به آن افزوده می‌شود. بر همین اساس فولادهای زنگ نزن به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- فولادهای زنگ نزن کروم دار: این فولادها علاوه بر مقاومت در برابر خوردگی، سخت و بااستحکام هستند به همین دلیل کاربردهایی نظیر چاقو و تیغ جراحی دارند.



شکل ۲۹

۲- فولادهای زنگ نزن کروم-نیکل دار: این گروه دارای مقاومت به خوردگی عالی هستند و بسیار شکل پذیرند به همین دلیل در ساخت ظروف مانند بشقاب، لیوان و مخازن نگهداری مواد غذایی کاربرد دارند.



مانند نمونه برای هر کاربرد، فولاد مناسب را پیشنهاد کنید.

کاربرد	نام فولاد
بدنه کشتی	فولاد کم آلیاژ
قاشق و چنگال
تیغه چاقوتیزکن
لوله‌های خطوط انتقال نفت

نام گذاری فولاد

با توجه به تنوع و گستردگی فولادها نیاز به یک زبان مشترک برای نام گذاری آنها ضروری است تا خریداران، فروشندگان، سازندگان و طراحان فولاد مورد نظر را با نام یکسان انتخاب کنند. در ایران نام گذاری فولاد براساس سیستم نام گذاری با استاندارد آلمانی (DIN) و آمریکایی (ASTM) متداول است.

فولاد کم کربن: این فولادها براساس استاندارد DIN ۱۶۱۴ دسته بندی و نام گذاری می شوند. در جدول ۷ سه نوع از معروف ترین این فولادها آمده است.

جدول ۷- نام فولادهای کم کربن متداول

نام فولاد	ویژگی	مثال
ST12	مناسب برای خم کاری	رینگ خودرو
ST13	مناسب برای کشش	لوازم خانگی
ST14	مناسب برای کشش عمیق	بدنه خودرو

فولاد ساختمانی: این فولادها براساس استاندارد DIN ۱۷۱۰۰ دسته بندی و نام گذاری می شوند. نام گذاری این فولادها به صورت زیر است:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{ST} & \text{XX} & \\
 \leftarrow & & \rightarrow \\
 \text{دو حرف اول کلمه STHAL به معنی فولاد در زبان آلمانی} & & \text{حداقل استحکام کششی}
 \end{array}$$

$$\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

در جدول ۸ سه نوع از معروف‌ترین این فولادها به همراه خصوصیات آنها آمده است.

جدول ۸

نام فولاد	حداقل ازدیاد طول بعد از شکست (%)	حداقل استحکام تسلیم (MPa)	حداقل استحکام کششی (MPa)	گروه
ST37	۲۶	۲۳۵	۳۶۰	۱
ST44	۲۴	۲۷۵	۴۳۲	۲
ST52	۲۰	۳۵۵	۵۱۰	۳

فولادهای پرکربن: قانون نام‌گذاری این فولادها به صورت زیر است:



مثلاً C۴۵ یعنی فولاد ماشین‌سازی (پرکربن) که دارای ۴۵ درصد وزنی کربن است. در صورتی که فولاد دارای ناخالصی گوگرد و فسفر کمتر از ۰/۰۳۵ درصدوزنی باشد بعد از حرف C از حرف K استفاده می‌شود: مثلاً CK۴۵.

نام‌گذاری فولادهای زنگ نزن

سیستم نام‌گذاری این نوع فولادها براساس AISI (انجمن آهن و فولاد آمریکا) است که براساس جدول ۹ دسته‌بندی می‌شوند.

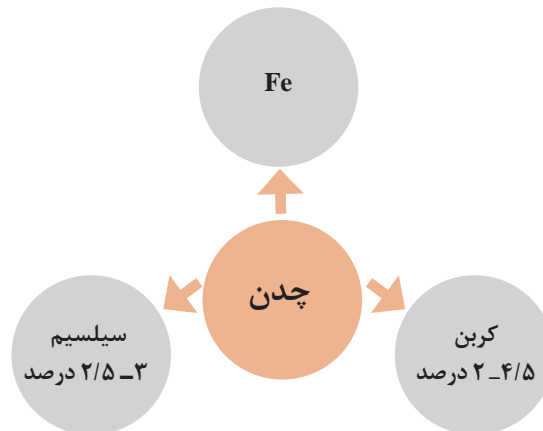
جدول ۹

انواع فولاد زنگ نزن	کد نام‌گذاری	مثال
فولاد زنگ نزن کروم دار	۴XX	۴۱۰، ۴۲۰ و ۴۳۰
فولاد زنگ نزن کروم-نیکل دار	۳XX	۳۰۴، ۳۰۴L، ۳۱۶، ۳۱۶L، ۳۲۱

چدن^۱

چدن‌ها گروهی از آلیاژهای آهنی هستند که شامل کربن و سیلیسیم هستند و حداقل ۲ درصد وزنی کربن باید داشته باشند و تنها از طریق ریخته‌گری تولید می‌شوند. بنابراین فرق اساسی بین فولاد و چدن، در میزان کربن موجود در ترکیب شیمیایی آنها است.

۱- Cast iron



نمودار ۱۱- ترکیب شیمیایی چدن

کاربرد وسیع چدن‌ها به دلیل هزینه کم و خواص متنوع آنها است. ترکیب شیمیایی و عوامل مهم دیگری مانند عملیات حرارتی و نحوه سرد کردن بر خواص چدن تأثیر می‌گذارد. سایر عناصر آلیاژی برای ایجاد مقاومت به سایش، خراش و خوردگی به ترکیب چدن افزوده می‌شود. در شکل ۳۰ چند نمونه از کاربردهای چدن آمده است.



پمپ آب



دیگ شوفازخانه



قابلمه

شکل ۳۰

ویژگی‌های چدن در جدول ۱۰ آمده است. این ویژگی باعث شده که تولید قطعات ریخته‌گری چدن با ضخامت‌های مختلف، دقت ابعادی بالا، کیفیت سطحی خوب و پیچیدگی زیاد به سهولت امکان‌پذیر باشد.

جدول ۱۰

ویژگی	مزیت
نقطه ذوب و ریخته‌گری پایین	هزینه کم ریخته‌گری
سهولت در ساخت قطعات	سیالیت بالا، ریخته‌گری در دمای پایین
قیمت نسبی پایین	مواد اولیه ارزان
مقاومت در برابر اکسیداسیون	قابلیت کاربرد در محیط‌های خورنده اسیدی



علاوه بر موارد ذکر شده در جدول ۱۰، چدن دارای قابلیت جذب ارتعاش و صدا است. در بسیاری از قطعات نظیر پایه ماشین‌های تراش، کاسه چرخ خودرو و به‌طور کلی قطعاتی که در حرکت بوده، تحت نوسانات ارتعاشی قرار دارند و خصوصیت جذب ارتعاش مورد نیاز است، چدن به کار می‌رود. فولادها در مقایسه با چدن‌ها قابلیت جذب ارتعاش کمتری دارند.

شکل ۳۱- کاربرد چدن در دستگاه تراش

با وجود خواص و ویژگی‌های چدن محدودیت‌هایی نیز دارد. در جدول ۱۱ محدودیت‌های چدن از جنبه‌های مختلف آمده است.

جدول ۱۱

ویژگی	محدودیت کاربرد چدن
خواص مکانیکی	مقاومت به ضربه قطعات چدنی نسبت به فولاد کم است.
قابلیت شکل پذیری	چدن در حالت جامد قابلیت شکل‌دهی ندارد و به‌صورت ورق به کار نمی‌رود و تنها با روش ریخته‌گری شکل‌دهی می‌شود.
قابلیت برش کاری	برش کاری قطعات چدنی به روش حرارتی امکان‌پذیر نیست و تنها با روش‌های مکانیکی برش داده می‌شوند.

انواع چدن‌ها

چدن‌ها را می‌توان با توجه به توزیع کربن در ریزساختار آنها به چهار گروه اصلی چدن سفید، خاکستری، چکش‌خوار و نشکن دسته‌بندی کرد. انواع چدن‌ها و مقدار تقریبی کربن و سیلیسیم آنها در جدول ۱۲ آمده است. کربن در ساختار چدن سفید به صورت سمنتیت (Fe_3C) وجود دارد اما کربن در ساختار بقیه چدن‌ها (خاکستری، نشکن و چکش‌خوار) به صورت گرافیت آزاد (C) وجود دارد.



نمودار ۱۲- انواع چدن

جدول ۱۲- ترکیب شیمیایی انواع چدن‌ها

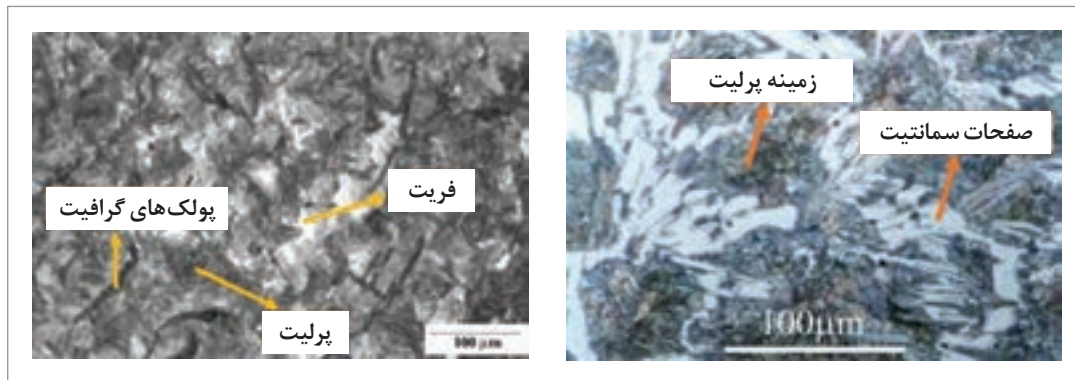
عنصر	کربن	سیلیسیم	منگنز	فسفر	گوگرد
چدن خاکستری ^۱	۲/۵-۴	۱-۳	۰/۲۵-۱	۰/۰۲-۰/۲۵	۰/۰۵-۱
چدن سفید ^۲	۱/۸-۳/۶	۰/۵-۱/۹	۰/۲۵-۰/۸	۰/۰۶-۰/۲	۰/۰۶-۰/۱۸
چدن چکش خوار ^۳	۲-۲/۶	۱/۱-۱/۶	۰/۲-۱	۰/۰۴-۰/۱۸	۰/۱۸
چدن نشکن ^۴	۳-۴	۱/۸-۲/۸	۰/۱-۱	۰/۰۳	۰/۵



شکل ۳۲- چدن سفید

۱- چدن سفید: در چدن سفید، در اثر ترکیب شیمیایی و سرد شدن سریع مذاب، کربن و آهن تشکیل ترکیب سمنتیت^۵ (Fe₃C) آهن کاربید می‌دهند که فازی سخت و شکننده است. علت نام‌گذاری این چدن آن است که سطح مقطع شکست صاف است و نور را بازتاب می‌کند و به رنگ روشن (سفید نقره‌ای) دیده می‌شود. چدن سفید دارای استحکام فشاری بالا و مقاومت سایش عالی است.

۲- چدن خاکستری: اگر ترکیب شیمیایی چدن در محدوده چدن خاکستری و سرعت انجماد آهسته باشد، کربن موجود در آهن به هنگام انجماد جدا می‌شود و لایه‌های گرافیتی را تشکیل می‌دهند (شکل ۳۳- ب). میزان سیلیسیم چدن خاکستری بالای ۲ درصد وزنی است و با افزایش درصد این عناصر امکان تشکیل چدن خاکستری نسبت به تشکیل چدن سفید افزایش می‌یابد. اگر مقادیر کربن و سیلیسیم به حد کافی نباشد، چدن سفید تشکیل می‌شود. هنگامی که چدن خاکستری می‌شکند، بخش عمده شکست در پولک‌های گرافیت رخ می‌دهد و به همین دلیل رنگ مقطع شکست آن خاکستری است از این رو «چدن خاکستری» نامیده می‌شوند.



شکل ۳۳- ب) چدن خاکستری

شکل ۳۳- الف) چدن سفید

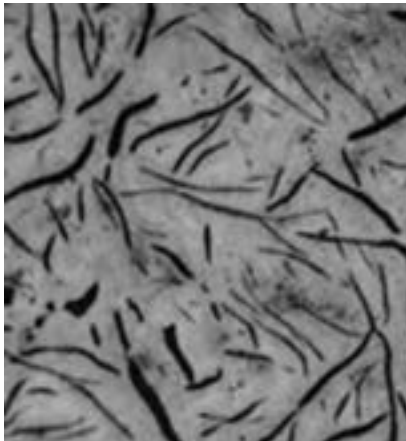
۱- Gray Cast iron

۲- White Cast iron

۳- Ductile cast iron

۴- Maleable cast iron

۵- Cementite (Fe₃C)



وجود گرافیت لایه‌ای در چدن خاکستری سبب ایجاد خواص ویژه‌ای مانند مقاومت سایشی خوب، مقاومت به خوردگی، خود روانکاری، قدرت جذب ارتعاش عالی و قابلیت ماشینکاری می‌شود.

شکل ۳۴- گرافیت لایه‌ای در ساختار چدن خاکستری

در شکل ۳۵ قابلیت ماشینکاری چدن و فولاد نشان داده شده است. در قسمت الف براده تراش به شکل نواری ایجاد شده است که باعث افزایش دمای قطعه کار می‌شود اما در چدن خاکستری به علت حضور گرافیت لایه‌ای، براده‌های حاصل از ماشینکاری منقطع (تکه تکه) هستند. بنابراین این چدن‌ها دارای قابلیت ماشینکاری مناسب و سطوح تمام شده تمیز و صافی هستند.



ب) چدن خاکستری



الف) فولاد

شکل ۳۵- مقایسه قابلیت ماشینکاری فولاد و چدن

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	تحلیل، تعیین، طبقه‌بندی و نام‌گذاری انواع فولاد و چدن براساس استاندارد	بالاتر از حد انتظار		۱- بررسی دسته‌بندی مواد و ویژگی آنها ۲- تحلیل عملکرد، نقش و کاربرد فلزات آهنی	پودمان ۲: فلزات آهنی
۲	۱- طبقه‌بندی انواع فولاد و چدن براساس درصد کربن و کاربرد و خواص ۲- تعیین نوع فولاد و چدن با توجه به شرایط کاربرد و خواص	در حد انتظار			
۱	دسته‌بندی انواع فولاد و چدن	پایین‌تر از حد انتظار			
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					