



جلسه سوم

فولاد و تقسیم بندی آن



تعریف فولاد

- فولادها آلیاژی از آهن و کربن می باشند که میزان کربن آن از ۲ درصد کمتر است ولی عمدتاً به منظور بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی فولادها از مجموعه ای عناصر آلیاژی استفاده می گردد و در حین فولادسازی این عناصر به فولاد مذاب افزوده می گردد.
- بین عناصر آلیاژی از این نظر که آیا آنها کاربیدساز، پایدار کننده آستنیت و یا پایدار کننده فریت هستند و یا هدف خاصی دیگری را برآورده می کنند، می توان تمایز قائل شد.
- هر عنصر آلیاژی، متناسب با مقدار اضافه شده، خواص ویژه ای را در فولاد ایجاد می کند.
- استفاده همزمان از چند نوع عنصر آلیاژی متفاوت، خواص ایجاد شده در فولاد را می تواند تشدید کند و یا ممکن است تاثیر تک تک آن عناصر به تنهایی تضعیف شده و یا حتی بی اثر گردد.



تأثیر عناصر آلیاژی را در فولادها

	سختی	استحکام کششی	تنش تسلیم	ازدیاد طول نسبی	کاهش سطح مقطع	انرژی ضربه	استحکام دمای بالا	مقاومت سایشی	قابلیت آهنگری	قابلیت ماشینکاری	مقاومت خوردگی
سیلیسیم (Si)	+	+	2+	-	≈	-	+	3-	-	-	?
منگنز (Mn) در فولادهای پرلیتی	+	+	+	≈	≈	≈	≈	2-	+	-	?
منگنز (Mn) در فولادهای آستنیتی	3-	+	-	3+	≈	?	?	?	3-	3-	?
کرم (Cr)	2+	2+	2+	-	-	-	+	+	-	?	3+
نیکل (Ni) در فولادهای پرلیتی	+	+	+	≈	≈	≈	+	2-	-	-	?
نیکل (Ni) در فولادهای آستنیتی	2-	+	-	3+	2+	3+	3+	?	3-	3-	2+
آلومینیوم (Al)	?	?	?	?	-	-	?	?	2-	?	?
تنگستن (W)	+	+	+	-	-	≈	3+	3+	2-	2-	?
وانادیم (V)	+	+	+	≈	≈	+	2+	2+	+	?	+
کبالت (Co)	+	+	+	-	-	-	2+	3+	-	≈	?
مولیبدن (Mo)	+	+	+	-	-	+	2+	2+	-	2+	?
مس (Cu)	+	+	2+	≈	≈	≈	+	?	≈	≈	+
گوگرد (S)	?	?	?	-	-	-	?	?	3+	?	-
فسفر (P)	+	+	+	-	-	3-	?	?	2+	?	?
≈: تقریباً بدون تأثیر +: افزایش خواص -: کاهش خواص ? : تأثیر نامشخص اعداد: شدت افزایش و کاهش											



طبقه بندی فولادها

- به طور کلی فولادها را به سه روش عمده طبقه بندی می نمایند که عبارتند از:
 - ۱- طبقه بندی بر اساس دیاگرام آهن- کاربید آهن
 - ۲- طبقه بندی بر اساس کربن
 - ۳- طبقه بندی بر اساس کاربردهای صنعتی
 - ۴- طبقه بندی بر اساس استاندارد معتبر



طبقه بندی بر اساس دیاگرام آهن – کاربید آهن

- **فولادهای هیپو یوکتوئیدی** – این فولادها از ۰,۰۲ تا ۰,۷۷ درصد کربن دارا می باشند و طیف بسیار وسیعی از فولادهای مهندسی را به خود اختصاص می دهند. در این فولادها با افزایش کربن سختی و استحکام کششی افزایش یافته و مقاومت به ضربه و درصد ازدیاد طول نسبی کاهش می یابد.
- **فولاد یوکتوئیدی** – این فولادها معمولا ۰,۷۷ تا ۰,۸۲ درصد کربن دارا می باشند و فولادهایی با ساختمان کاملاً پرلیتی با سختی و استحکام بالا می باشند و عمدتاً برای کاربردهای سایش و ضربه انتخاب می گردند.
- **فولادهای هیپر یوکتوئیدی** – این فولادها بیش از ۰,۸۲ درصد کربن دارند و عمدتاً سختی و استحکام بالایی دارند .



طبقه بندی بر اساس کربن

- فولادها به سه بخش از نظر کربن تقسیم بندی می شوند
 - کم کربن
 - کربن متوسط
 - پر کربن



فولاد کم کربن

این گروه از فولادها حاوی کربن کم‌تر از ۰/۲۵٪ در ساختار خود هستند در صنعت، این فولادها به فولادهای کششی معروف هستند. به علت اینکه ازدیاد طول نسبی بالاتری دارند بیشتر به صورت ورقه‌های نازک تولید می‌شوند و گاهی به صورت سیم و یا مفتول به کار می‌روند. و قابلیت عملیات حرارتی را ندارند. برای سخت کردن این فولادها لازم است از فرایندهای سخت‌کنندگی سطحی یا چکش‌کاری استفاده کنیم. این گروه بیشترین میزان تولید فولاد در جهان را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌طور که می‌دانیم، هر چه میزان کربن در فولاد کمتر باشد جوش‌پذیری فولاد بیشتر است، بنابراین همان‌طور که انتظار می‌رود، این فولادها قابلیت ماشین‌کاری و جوشکاری خوبی دارند و



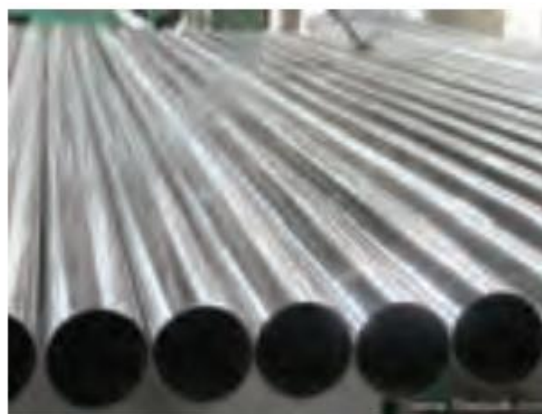
جوشکاری و لحیم کاری در آنها به راحتی صورت می گیرد. علاوه بر این، تولید این فولادها پیچیدگی خاصی ندارد و به همین دلیل بسیار مورد توجه هستند. از جمله می توان به کاربرد این فولادها در صنایع خودروسازی، سازه های فلزی (تیرآهن ها، نبشی ها و غیره)، ورق های تولید لوله در ساختمان ها و پل ها اشاره کرد. استحکام این فولادها در حدود 300 MPa است و افزایش طولی در حدود $1/4$ طول اولیه خود دارند.



شاسی خودرو



لوله های انتقال سیال



ورق لوله

فولاد کربن متوسط

این نوع فولادها حاوی ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ درصد وزنی کربن در ساختار خود هستند. قابلیت عملیات حرارتی کم و استحکام متوسطی دارند. به منظور افزایش استحکام و افزایش قابلیت عملیات حرارتی در این فولادها، آلیاژی صورت می‌پذیرد. این فولادها در کاربردهایی همچون تولید ریل‌های راه‌آهن، چرخ‌دنده‌ها، میل‌لنگ خودروها و انواع پیچ‌های اتصال اجزاء ماشین کاربرد دارند

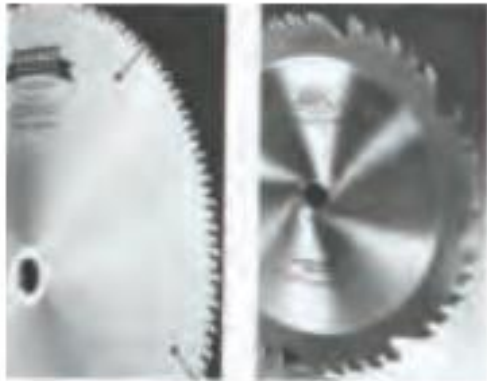


انواع پیچ‌های اتصال



فولاد پرکربن

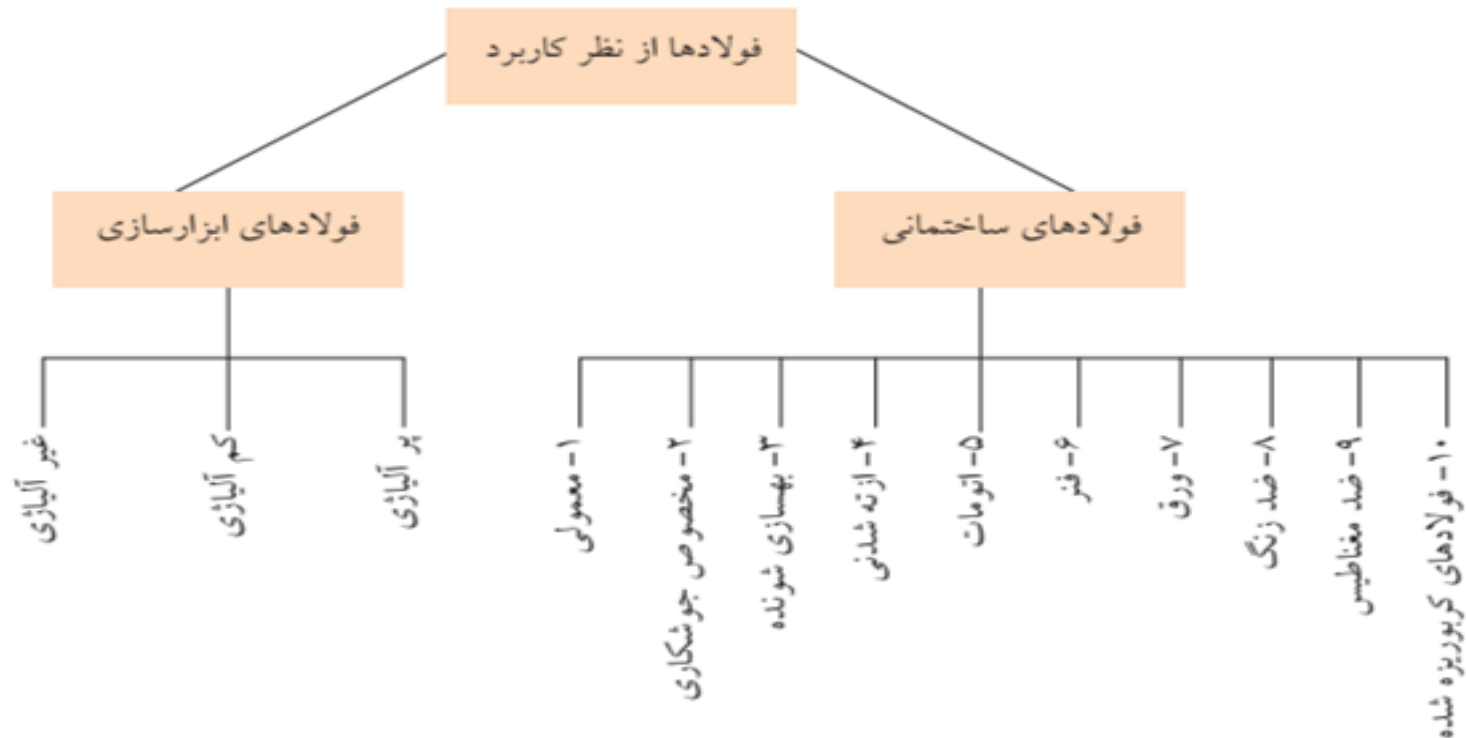
چنانچه درصد وزنی کربن در ساختار یک فولاد بین ۰/۶ تا ۱/۴ باشد، فولاد را فولاد پرکربن می‌نامیم. این فولادها دارای بیشترین سختی و استحکام در میان فولادهای کربنی غیرآلیاژی هستند. مقاومت به سایش این گروه از فولادها بسیار زیاد است و از آنها برای تولید تیغه‌های برش که در آنها دمای زیادی تولید نمی‌شود، استفاده می‌شود. عملیات حرارتی در این فولادها در ایجاد خواصی مانند سختی و مقاومت به سایش بیشترین اثر را دارد. این فولادها، دارای قابلیت جوش‌پذیری خیلی ضعیف هستند چرا که حاوی بیشترین مقدار کربن در ساختار خود هستند. از کاربردهای فولادهای پرکربن می‌توان در ایجاد لبه تیز کاردها، تیغه‌ها، تیغه‌اره‌ها و فنرها اشاره کرد



کاربردهای فولادهای پرکربن

تقسیم بندی فولاد از نظر کاربرد

فولادها از نظر کاربرد به نوع فولاد ساختمانی و فولاد ابزارسازی تقسیم می شوند



فولادهای ساختمانی

حدود ۹۰ درصد از محصولات کارخانه‌های فولادسازی به فولادهایی اختصاص دارد که مواد اولیه برای ساختمان اسکلت‌های فلزی، پل‌ها، ساختمان اجزای وسایل نقلیه، دستگاه‌ها، ماشین‌آلات، پیچ و مهره، میله و محور، یاتاقان و از این‌گونه محصولات است که به فولاد ساختمانی معروف هستند



جرثقیل

فولاد ساختمانی معمولی

این فولاد جزء فولادهای غیرآلیاژی محسوب می‌شود و در سه گروه با درجه مرغوبیت ۱ و ۲ و ۳ تولید و به بازار عرضه می‌شود.

◀ کاربرد: نرده‌ها، توری‌ها، فولادهای تسمه، سازه‌های فولادی برخی از اجزاء ماشین، قطعات با تنش بالا، جرثقیل‌ها و پل‌های فولادی.

درجه ۱: برای کارهای معمولی (توری‌ها)

درجه ۲: برای کارهای مهم (اجزا ماشین)

درجه ۳: دارای درجه خلوص بالا و خواص جوشکاری خوب است (پل‌های فولادی).



فولاد مخصوص جوشکاری

این نوع فولاد قابلیت خوبی برای جوشکاری دارد
◀ کاربرد: شاسی خودرو، تأسیسات نقاله، آگزوز و مخازن تحت فشار.



شاسی خودرو

فولاد کم کربن بسیار جوش پذیر است
به این دلیل است که حاوی مقدار بسیار کمی کربن و مقدار کمی از عناصر آلیاژی دیگر است. این
مساله مانع از تشکیل ریزساختار شکننده مانند مارتنزیت می شود

فولاد سخت کاری شونده سطحی (کربوریزه)

این نوع فولاد برای ساخت قطعاتی که دارای سختی سطحی اما با مغز نرم مورد نیاز است به کار می رود. برای این منظور مقدار کربن آنها را که کم تر از ۰/۲ درصد است در سطح خارجی، افزایش می دهند

◀ کاربرد: توپی ها، مفصل ها، پین ها و میل بادامک، چرخ دنده ها و وسایل اندازه گیری



میل بادامک

فولاد بهسازی شده

این نوع فولاد برای ساخت قطعاتی که در معرض ضربه و برخورد قرار دارند، استفاده می شود

◀ کاربرد: میل لنگ ها، محورهای پرس های ضربه ای و محور وسایل نقلیه، میل گاردان.



با عملیات حرارتی ویژه ای این فولادها دارای استحکام کششی خیلی بالا و چقرمگی (قابلیت جذب انرژی) بالا می گردد.

فولاد ازته شده (نیتروژنه)

این نوع فولاد در ساخت قطعاتی که در هنگام عملیات نباید پیچیدگی پیدا کنند، به کار می رود و عناصری همچون مولیبدن، کروم و آلومینیم در آن یافت می شود. این عناصر، قابلیت جذب ازت را در فولاد افزایش می دهند و می توان سطح آنها را به وسیله جذب ازت، سخت کرد

◀ کاربرد: سوپاپ خودروهای سواری، قطعات توربین بخار، شاتون ها و محوره های بزرگ.



سوپاپ

فولاد اتومات

در هنگام براده‌برداری از این نوع فولاد به علت وجود گوگرد در ترکیب آن، براده‌های کوتاه جدا می‌شود و سطح خوبی را به وجود می‌آورد. به همین دلیل به این گونه فولادها، فولادهای خوش تراش نیز می‌گویند. استفاده از فولادهای اتومات برای جوشکاری و تغییر فرم سرد و قرار دادن در معرض ضربه، توصیه نمی‌شود.

◀ کاربرد: مواد خام برای براده‌برداری در دستگاه‌های براده‌بردار خودکار



قطعه در حال تراش بدون
براده‌برداری

فولاد فنر

این نوع فولاد، علاوه بر استحکام کششی زیاد، باید خاصیت الاستیسیته خوبی هم داشته باشد و در برابر سایش و ارتعاش نیز مقاوم باشد. وجود سیلیسیم در فولاد فنر، خاصیت الاستیسیته و وجود کروم استحکام و مقاومت در مقابل خوردگی را افزایش می دهد.

◀ کاربرد: انواع فنر همانند فنرهای تخت، مخروطی، بشقابی، استوانه ای، حلقه های فنری و صفحات فنری.



فنر

فولاد ورق

این نوع فولاد در صنعت کاربرد فراوانی دارد و در گروه‌های خیلی ظریف سفید و ظریف، متوسط، خشن و ورق دیگ‌سازی تولید می‌شوند. ورق‌های خیلی ظریف و سفید را با ضخامت کمتر از ۰/۵ میلی‌متر تولید می‌کنند. ورق‌های سفیدی که در ایران به حلبی معروفند، قشر نازکی از قلع دارند.

ورق‌های ظریف	کد فولاد
ورق‌هایی با قابلیت کشش معمولی	St10
ورق‌هایی با قابلیت کشش خوب	St12
ورق‌هایی با قابلیت کشش عمیق	St13
ورق‌هایی با قابلیت کشش خیلی خوب	St14



- ◀ کاربرد ورق‌های ظریف: تسمه و ورق با قابلیت جوش نقطه‌ای و درزی
- ◀ کاربرد ورق‌های متوسط و خشن: تولیدات صفحه شکل، تسمه‌ها
- ◀ کاربرد ورق‌های دیگ‌سازی: مخازن تحت فشار، تأسیسات دیگ بخار



فولادهای ضد زنگ

دسته‌ای از فولادها هستند که مقاومت بسیار زیادی در برابر خوردگی در شرایط مختلف محیطی، به‌ویژه در هوای مرطوب را دارند، هرچند کاربرد آنها به مقاومت در برابر خوردگی ناشی از مجاورت با رطوبت محدود شده، ولی لازم است اشاره شود که این نوع فولادها در برابر بیشتر محیط‌های خورنده مثل محیط‌های اسیدی، بازی و دیگر محیط‌های فعال خوردگی، مقاوم هستند و دچار خوردگی نمی‌شوند. عناصر اصلی ایجادکننده خاصیت ضدخوردگی در این فولادها کروم، نیکل و مولیبدن هستند. به فولادهای ضدزنگی که برای ظروف و مواد غذایی استفاده می‌شود، مقداری مس برای جلوگیری از بوی بد فولاد اضافه می‌شود.



عده دیگری از فولادهای ضد زنگ، به دلیل مقاومت بسیار زیادشان در برابر حرارت‌های بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند، چرا که در چنین درجه حرارت‌هایی، به اکسایش مقاوم هستند و خواص مکانیکی خود را تا حد مطلوبی به علت وجود کروم حفظ می‌کنند. این فولادها را با نام فولادهای نسوز هم می‌شناسند. از جمله کاربردهای این فولادها می‌توان به توربین‌های گازی، بویلرها و کوره‌های عملیات حرارتی اشاره کرد



کاربرد فولادهای نسوز در
تولید توربین‌های گازی

فولاد ضد مغناطیس

در ترکیب این نوع فولادها منگنز زیادی وجود دارد. فولادهای ضد مغناطیس را می توان در حالت سرد به خوبی فرم داد.

◀ کاربرد: ساختن کارد و چنگال، ظروف تزئینی، محفظه قطب نما، قاب ساعت.



فولادهای ابزار

فولادهای ابزار به فولادهایی گفته می‌شود که در ساختن ابزارهای براده‌برداری و برش (مانند مته، حدیده، قلاویز، قیچی و سنبه ماتریس) و ابزارهای تغییر فرم بدون براده‌برداری (مانند چکش، تیغه‌های دستگاه خم‌کن، قالب‌های کوره‌کاری و ریخته‌گری) استفاده می‌شود. در این فولادها از میان خواص مکانیکی بیشتر قابلیت برش و سختی اهمیت دارد. این فولادها را برحسب درصد عناصر موجود در آنها به فولادهای ابزارسازی کرم - تنگستن - مولیبدن هستند. در فولادهای ابزار غیر آلیاژی در صد کربن ۰/۵ تا ۱/۵ درصد است. با توجه به اینکه دمای کاری مورد استفاده در فولادهای ابزارسازی متفاوت است، برحسب دمای مورد استفاده به فولادهای سردکار و گرم‌کار نیز تقسیم‌بندی می‌شوند. فولادهای سردکار، مقاومت خوبی در مقابل ضربه، فشار و ساییدگی دارند. فولادهای گرم‌کار دارای استحکام مکانیکی و دوام برندگی در دماهای بالا هستند.





یکی از کاربردهای مهم فولادهای
گرم کار در فرایند فورج (آهنگری) است.



ابزارهای برش از فولادهای
ابزار ساخته می شود که بیشتر از فولادهای
ابزارهای سردکار هستند.

فولادهای ابزار سردکار

- فولادهای ابزار سردکار برای ساخت ابزارهایی استفاده می‌شود که دمای سطح آنها در حین کار به بیش از ۲۰۰ درجه سانتی گراد نرسد.
- این فولادها در دماهای کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد، با داشتن خواص ذیل مقاومت ابزار را در برابر تنش‌های شدید ناشی از فرآیندهای مختلف ماشینکاری (فولاد ابزار سردکار) و شکل دهی، تضمین می‌نمایند:

- _ مقاومت به سایش زیاد
- _ استحکام فشاری و ضربه ای عالی
- _ پایداری ابعادی بالا در سختکاری
- _ قابلیت ماشینکاری کافی



ویژگی‌های فولاد ابزار گرمکار

- مقاومت در برابر تغییر شکل در دمای کار
- مقاومت در برابر شوک
- مقاومت در برابر ساییش در دمای کار



مهم ترین فولادهای ابزار سردکار

- ۱- فولاد کربنی آبدهی شده در آب و روغن و هوا
- ۳- نوع پرکربن و پرکرم

مهمترین فولادهای ابزار گرمکار

- ۱- کرم پایه H1 تا H19
- ۲- فولادهای تنگستن پایه انواع H20 تا H39
- ۳- مولیبدن پایه، انواع H40 تا H59

