

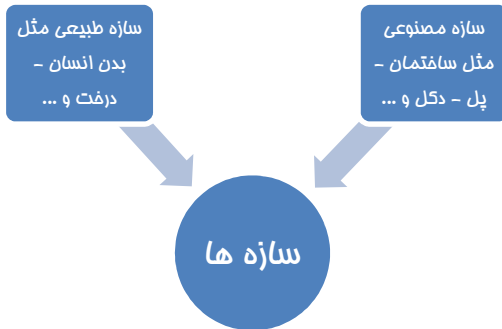
فصل اول :

مقدمات و تعاریف

مفهوم سازه

سازه (structure) عبارت است از یک عضو یا مجموعه ای از اعضا که به منظور تحمل و انتقال نیروها به کار می رود. بنابراین کار اصلی سازه، انتقال نیروهای مؤثر بر آن به نقاط تکیه گاهی به نحوی امن و اقتصادی می باشد.

در تعریفی دیگر می توان گفت: به یک ساختار معماری یا مهندسی ثابت که مجزا از دیگر ساختارها و قابل تشخیص باشد، یک سازه یا ابنیه فنی می گویند. سازه بخشی از حجم است که بارهای وارده را تحمل کرده و به صورت مطمئن به محیط اطراف منتقل می کند. به عبارت دیگر سازه، محافظ فرم خارجی اجسام در برابر بارهای وارده است.



سازه ها در دو حالت طبیعی و مصنوعی وجود دارند. (شکل‌های پایین)

سازه یا آزاد است یعنی اتصال مشخصی با زمین ندارد مانند هواپیما و یا ممکن است غیرآزاد باشد یعنی اتصال مشخصی با زمین داشته باشد. از طرفی سازه ها ممکن است دائمی باشند مانند ساختمانها، پلها و دکلها یا موقتی باشند مانند ستونهای نمایشگاه، دکلها و داربستهای تبلیغاتی و ...

در بعضی از ابنیه دیوارهای آجری، سنگی، بلوکی و به طور کلی مصالح بنایی نقش باربری دارند؛ در واقع این مصالح بار سقف و سایر اجزا را تحمل می کنند. این گروه را ساختمانهای با مصالح بنایی می نامند. در گروهی دیگر از ساختمان ها، بار سقف و اجزای دیگر نه بوسیله دیوار بلکه بوسیله ستونها تحمل و منتقل می شوند. این اعضای باربر از فلز یا بتن مسلح و یا مصالح مقاوم دیگر ساخته می شوند که در نقاط مشخصی با یکدیگر اتصال می یابند. به سازه این نوع ساختمان ها به طور کلی «سازه اسکلتی» می گویند. نام کامل و خاص اینگونه سازه ها برحسب نوع مصالح مورد استفاده تعیین می شود؛ مانند سازه اسکلت بتنی، اسکلت فلزی، اسکلت چوبی و در این درس به بررسی خواص، جزئیات اجرایی و بخشهایی از طراحی سازه های اسکلت فلزی خواهیم پرداخت.

پل گلدن گیت، برج ایفل، استادیوم ملی چین، نمایشگاه بازل و ... از نمونه سازه های فلزی مهم خارج از ایران و برج هزاره سوم میلینیوم، کلاهدک برج میلاد، پل کارون، گنبد شهدای محلاتی، فرودگاه امام (ره) و ... از نمونه های سازه های فلزی در ایران هستند. به جز اینها هم سازه هایی مثل دکل، منابع آب، قاب صنعتی (سوله)، جرثقیل، پل و ... هستند که به طور عام در همه جا کاربرد دارند.

از بین فلزات مختلف، فلزات آهنی و بویژه فولاد کاربرد بسیار گسترده تری در ساختمان سازی دارند به همین جهت ما در این درس تمرکز بیشتری بر مطالعه سازه های فولادی خواهیم داشت؛ عنوان درس نیز از این پس سازه های فولادی اطلاق خواهد شد.

تاریخچه سازه های فلزی



اولین پل فلزی جهان

استفاده از فلز به عنوان مصالح سازه ای در صنعت ساختمان، با ساخت یک پل قوسی به دهانه ۳۰ متر با استفاده از اعضای چدنی بین سال های ۱۷۷۷ تا ۱۷۷۹ فراگیر شد. (شکل روبرو). از سال ۱۸۴۰، به تدریج آهن کم کربن (چکش خوار) جایگزین چدن معمولی در ساخت سازه های فولادی شد. قدیمی ترین مثال در این زمینه پل چهار دهانه ای با دهانه های ۷۰، ۱۴۰، ۱۴۰ و ۷۰ متر می باشد که برای ساخت آن از ورق ها و نبشی هایی از جنس آهن کم کربن استفاده گردید.

با تولید و نورد نیمرخ های مختلف از جنس چدن و آهن کم کربن، استفاده از این دو فلز گسترش بیشتری یافت. نورد میلگرد ها در سال ۱۷۸۰ و نورد ریل ها در سال ۱۸۲۰ شروع شد و نهایتاً به نورد نیمرخ های ۱ شکل در سال ۱۸۷۰ انجامید.



نمونه ای سازه ای سافتمانی در تهران



دکل انتقال برق

چند نوع سازه ای فولادی



بزرگترین پل قوسی فولادی در ایران
پل روی رودخانه کارون

ابداع روش بسمر در سال ۱۸۵۵ برای تولید فولاد و توسعه و تکامل آن در سال ۱۸۷۰، باعث افزایش کاربرد آن در ساختمان گردید. از سال ۱۸۹۰ به تدریج فولاد جایگزین آهن کم کربن در امر ساختمان سازی شد. در حال حاضر فولاد از عمده ترین مصالح ساختمانی می باشد که با تنش تسلیم، ۲۴۰۰ تا ۷۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع به منظور های مختلف تولید می شود.

انواع سازه های فولادی:

سازه های فولادی بر سه گروه اساسی طبقه بندی می شوند:

الف: سازه های قابی (framed structure): از مجموعه ای متشکل از تیرها (اعضای محوری) و ستون ها (اعضای قائم) تشکیل شده است.

ب: سازه های پوسته ای (shell structure): از ورق های پیوسته با اشکال هندسی خواص نظیر استوانه و کره تشکیل می یابد.

ج: سازه معلق (suspension structure): در اعضای آن ها نیروی کششی حاکم است.

سازه های قابی (قاب بندی شده)

سازه های قابی ترکیبی از تیرها و ستون ها می باشند که با استفاده از اتصالات صلب و یا ساده به یکدیگر متصل شده اند. سازه های قاب بندی شده ممکن است به صورت ساختمان های چند طبقه و یا ساختمان های صنعتی باشند. اکثر ساختمان های متداول دارای اسکلت قابی هستند.

در شکلهای زیر مثال هایی از ساختمان های چند طبقه و در شکل بعدی مثال هایی از ساختمان های صنعتی نشان داده شده است. به طور کلی سازه های قابی از ترکیب دو سری قاب صفحه ای عمود بر هم به وجود آمده و تشکیل قاب فضایی را می دهند.



سازه های قابی ساختمانی



سازه‌های قابی صنعتی

قاب های ساختمانی باید قادر به تحمل نیرو های قائم و جانبی باشند. پل ها نیز از انواع سازه های قابی هستند که در شکلهای زیر مثال هایی از آنها نشان داده شده است.



سازه یک پل در حال ساخت



قسمت‌هایی از پل‌های فولادی



سازه های پوسته ای:

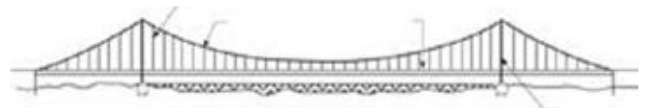


سازه پوسته ای - مخزن آمونیاک واقع در مجتمع پتروشیمی

سازه های پوسته ای به صورت گوناگون از قبیل مخازن نگهداری مایعات و گاز های تحت فشار، سیلوها، سقف های گنبدی و موارد مشابه در عمل مورد استفاده قرار می گیرند و در شکل مثالی از کاربرد آنها نشان داده شده است.

سازه های معلق:

سازه های معلق اغلب در طرح پوشش ها (سقف ها) و پل های با دهانه بلند مورد استفاده قرار می گیرند (شکل سمت راست و پایین). در چنین سازه هایی یک اسکلت قاب بندی شده وجود دارد (مثلاً در پل سازی، عبورگاه یا عرشه پل در پوشش ها، اسکلت سقف) که توسط آویزهایی از کابل کششی اصلی آویزان است. استفاده از سازه های معلق در پل سازی بسیار متداول است.



پل معلق

معایب و مزایای سازه های فولادی:

اسکلت فولادی دارای مزایای زیادی است؛ البته نقاط ضعف

محدودی نیز دارد که می توان با تدابیر لازم آنها را رفع کرد.

محاسن سازه های اسکلت فولادی:

سازه های اسکلت فولادی، به دلیل مزایای زیاد، کاربرد فراوان پیدا کرده است. مزایایی مانند استحکام، خواص خوب مکانیکی و مقاومت بالا در کشش و فشار؛ همچنین به علت تولید فولاد در کارخانه و شرایط کنترل کیفیت آن، از بتن و سایر مصالح بنایی مشخصات مناسب تری دارد.

از دیگر مزایای اسکلت فولادی می توان به امکان توسعه های سازه، اتصال چند قطعه به یکدیگر توسط جوش پیچ، امکان پیش ساخته کردن قطعات، سرعت نصب، اشغال فضای کمتر، و قابلیت کاربرد در ارتفاع زیاد اشاره کرد.



سازه ی معلق

معایب سازه های اسکلت فولادی



حساسیت فولاد در برابر رطوبت هوا منجر به زنگ زدگی اسکلت فولادی می شود. لازم است برای حفاظت آن به اقداماتی از قبیل رنگ آمیزی با ضد زنگ و سایر روش های حفاظتی، خصوصاً در مناطقی نظیر بندر، مبادرت نمود. مقاومت پایین آن در مقابل آتش سوزی و احتمال اتصالات نامناسب یا با کیفیت نامطلوب جوشکاری از معایب سازه های فولادی است.

انواع مختلف تفریب و ضعف قطعات فولاد
اجرای اسکلت فولادی در ارتفاع

استاندارد و آیین نامه چیست؟

در ساخت سازه های فولادی نیز مثل سایر تولیدات صنعتی باید ضوابط و معیار های رعایت شود که به آن « آیین نامه یا استاندارد» گفته می شود، در اینجا به توضیح این مطالب می پردازیم.

تعریف استاندارد: استاندارد، مشخصات فنی یا سایر قواعدی است که به وسیله ی مرجعی شناخته شده و رسمی به منظور کاربرد زیاد و ایجاد کارایی و اطمینان و ایمنی بیشتر تصویب گردیده است. در ایران موسسه ی استاندارد و تحقیقات صنعتی مسئول تنظیم و تصویب استانداردهای کالاهای مختلف است.

تعریف آیین نامه: آیین نامه، مجموعه روش ها و شیوه های فنی، اجرایی، ایمنی، اقتصادی و زیست محیطی است که معیار طراحی، اجرا، نظارت و کنترل و ارزیابی کیفی عملیات اجرایی و یا نگهداری و بهره برداری از وسایل و تجهیزات، تاسیسات و سازه ها و یا محصولات تولیدی است، آیین نامه از سوی گروه های کارشناسی تهیه و پس از تصویب مراجع قانونی برای اجرا ابلاغ می شود.

استاندارد ها و آیین نامه های ساختمان های فولادی

کشورهای مختلف دارای آیین نامه های مختلفی هستند، مثلاً در آلمان آیین نامه ی *DIN4114* یا در آمریکا آیین نامه ی *AISC* برای سازه های فولادی بکار می برند.

در ایران، از حدود سال ۱۳۵۰ به بعد، به تدریج ضوابطی در مورد ساختمان و مقررات ملی ساختمان از سوی موسسه ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سپس دفتر تحقیقات و معیار های فنی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، و در سال های اخیر از سوی دفتر امور مقررات ملی ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی تدوین گردیده است. مقررات ملی ساختمان باید به طور کامل طی ضوابط قانونی و توسط کلیه ی طراحان و مجریان به مرحله عمل درآید. مقررات تحت عنوان «مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمان های

فولادی» یکی از منابع در تدوین این کتاب است که آیین نامه طراحی مورد استفاده مهندسين ایران است.

فلزات آهنی

فلزات آهنی فلزاتی هستند که از آهن (سنگ آهن) تولید می شوند و شامل آهن، چدن و فولاد می باشند. با گداختن سنگ آهن در کوره های آهن گدازی، آهن خام تولید می کنند و با آهن خام نیز آهن معمولی، چدن و فولاد می سازند. در واقع چدن و فولاد آلیاژ هایی از آهن هستند. آلیاژ (چند جوش) ترکیبی از فلزات مختلف است که در صورت لزوم مواد افزودنی غیر فلزی به آن افزوده می شود.

کاربرد فلزات آهنی از تمامی فلزات بیشتر است و ۹۵٪ فلزات تولید شده در سراسر جهان را تشکیل می دهند.

آهن (Iron)

آهن یکی از رایج ترین عناصر زمین است که تقریباً ۵٪ پوسته زمین را تشکیل می دهد. این عنصر (Fe) فلزی سنگین، درخشان و خاکستری رنگ است که از سنگ معدن آهن استخراج می گردد و به ندرت به حالت آزاد (عنصری) در طبیعت یافت می شود.

کاربرد آهن از همه فلزات بیشتر است (با توجه به این که چدن و فولاد را نیز از آهن خام می سازند). قیمت پایین و مقاومت بالای ترکیبات آهن، استفاده از آن را در صنایع مختلف و نیز ساختمان سازی اجتناب ناپذیر می کند. این فلز در ساختمان به صورت نبشی، ناودنی، ورق، میخ، پیچ و مهره و ... به کار می رود.

«مقررات طرح، مناسبه و اجرای ساختمان های فولادی» مذاقل ضوابط و مقررات لازم را برای طراحی، تحلیل و اجرای ساختمان های فولادی تعیین می کند. کاربرد این مبمٹ در ممدوده ی ساختمان ها با کاربری های مندرج در قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و آیین نامه اجرایی آن می باشد و شامل سازه های خاص از قبیل پل های جاده و راه آهن نیست.





کارخانه فولاد سازی

آهن به عنوان یک عنصر شیمیایی، در طبیعت به ندرت به صورت خالص یافت می شود. این عنصر بعد از آلومینیوم فراوان ترین عناصر بوده و در حدود ۵ درصد از قشر جامد کره زمین را تشکیل می دهد. آهن اغلب به صورت اکسید در معادن وجود دارد، ولی به صورت کربنات، سیلیکات و سولفید آهن نیز در طبیعت یافت می شود. آهن خالص به علت نرم بودن و نداشتن استحکام کافی در صنایع مورد استفاده ندارد و معمولاً آن را همراه با عناصر دیگری مانند غیر فلزات (کربن، گوگرد، فسفر و سیلیسیم) و در بعضی موارد با فلزات (کربن، نیکل، وانادیم، مولیبدن و غیره) به صورت آلیاژ بکار می برند و محصول نهایی به نام های اصلی فولاد و چدن نامیده می شود.

سنگ آهن

برای تولید آهن، سنگ آهن را در کوره های آهن گذاری حرارت داده و آهن خام (*Pig Iron*) می سازند. سپس از آهن خام، انواع مختلف آهن و آلیاژهای آن را تولید می کنند. سنگ آهن مخلوطی از اکسید های آهن، نمک های معدنی، سنگ آهن، سیلیس، آلومین و ... است. از چهار نوع سنگ آهن می توان در کوره آهن گذاری استفاده کرد.

- ۱- اکسید های آهن: سنگ آهن مغناطیسی یا مگنتیت (Fe_3O_4) که ۶۸٪ وزنش آهن دارد و سنگ آهن سرخ یا هماتیت (Fe_2O_3) که ۶۰٪ وزنش آهن دارد.
- ۲- هیدروکسید آهن: سنگ آهنی لیمویی تا قهوه ای که ۵۰٪ وزنش آهن دارد.
- ۳- کربنات آهن ($FeCO_3$)
- ۴- سولفور آهن (FeS_2)

فولاد (Steel)

فولاد عنصر نیست بلکه معروف ترین آلیاژ است که بین ۱/۵-۲/۰٪ کربن دارد. پر مصرف ترین فلز آهنی است. این فلز را از آهن خام سفید می سازند. بدین ترتیب که آهن خام سفید را همراه با مقداری آهن قراضه حرارت می دهند تا کربن آن بسوزد و برخی از ناخالصی های آن نیز به صورت سرباره خارج شود. در حال حاضر تقریباً ۵۰٪ تولید کنونی فولاد دنیا از آهن قراضه است.

فولاد ها آلیاژی هستند که از آهن و کربن که عناصر دیگری نیز همراه دارند. در این میان کربن نقش مهمی داشته و مقدار آن تعیین کننده قسمت اعظم خصوصیات فولاد (قابلیت کوره کاری، آبکاری، ریخته گری، نقطه ذوب و غیره) است.



سالن ریخته گری مداوم فولاد

اگر مقدار کربن از ۲/۰۶ درصد کمتر باشد محصول را فولاد نامیده و چنانچه مقدار آن از ۲/۰۶ تا ۴/۵ درصد باشد، آن را چدن گویند. درصد کربن در فولاد های ساختمانی تا حدود ۰/۶۵ درصد است. همان گونه که گفته شد آهن در طبیعت به صورت سنگ آهن یافت می شود. سنگ معدن آهن از اکسید های آهن و ناخالصی های مختلف تشکیل شده است. ناخالصی هایی که همراه

سنگ آهن وجود دارند عبارتند از اکسید سیلیسیم، مخلوط گل رس و در بعضی موارد کربنات کلسیم ، گوگرد، منگنز، ترکیبات فسفر و غیره. آماده کردن سنگ معدن در چند مرحله شامل غربال کردن، خرد کردن، تغلیظ و پر عیار کردن انجام می گیرد. عناصر موجود در فولاد به شرح زیرند:

- **کربن (C):** تغییر میزان کربن در فولاد باعث تغییر خواص فیزیکی آن می شود. کربت فولاد را ترد می کند، مقاومت کششی و سختی آن را افزایش داده و دمای ذوب آن را کاهش می دهد. هر چه میزان کربن در فولاد کمتر باشد، فولاد نرم تر شده و قابلیت چکش خواری بهتری خواهد داشت. ولی با فولادی که درصد کربن آن کم است نمی توان ابزار ساخت. در نوشتار های بعد از فولاد و کاربردهایشان بر حسب میزان کربن آنها شرح داده خواهد شد.
- **سیلیسیم (Si):** این عنصر نیز مقاومت کششی و سختی فولاد را افزایش می دهد ولی آن را ترد و تیره رنگ می کند و قابلیت چکش خواری آن را نیز کاهش می دهد. میزان سیلیسیم در فولاد نباید از ۰/۳۵٪ وزنش بیشتر باشد.
- **منگنز (Mn):** مقاومت کششی و سختی فولاد را افزایش و چکش خواری آن را کاهش می دهد. میزان منگنز در فولاد ۱-۰/۵٪ وزن آن است. با فولاد منگنزی، ساچمه های سخت فولادی می سازند.
- **کرم (Cr):** حداقل ۱۲٪ کرم در فولاد، مقاومت کششی آن را افزایش داده و مانع زنگ زدگی آن می شود. از فولاد کرم دار قاشق، چنگال، کارد و ظروف فولادی می سازند.
- **مس (Cu):** برای جلوگیری از زنگ زدن فولاد هایی که در مناطق مرطوب مورد استفاده قرار می گیرند، به آن ها مس می زنند (۰/۲۵-۰/۵۵٪ وزن فولاد).
- **گوگرد (S) و کرم (P):** این دو عنصر نیز همانند آن چه در مورد چدن گفته شد، باید در فولاد به حداقل ممکن برسند.

تأثیر عناصر در فولاد ها

عناصری که به همراه آهن در فولاد های آلیاژی و یا غیر آلیاژی وجود دارند شامل دو گروه فلزات و یا غیر فلزات هستند و می توانند بر حسب مورد استفاده، روی خواص فولاد ها اثرات مطلوب یا نامطلوب داشته باشند. در جدول زیر تاثیر مهمترین عناصری که معمولاً همراه این گونه فولاد ها وجود دارند توضیح داده شده است.

نوع فولاد	کاهش می دهد	افزایش می دهد	عناصر	
فولاد های غیر آلیاژی	نقطه ذوب، طاقت، انبساط، قابلیت جوشکاری و کوره کاری	استحکام، سختی، قابلیت آبکاری	کربن	غیر فلزات
	قابلیت جوشکاری	الاستیسیته، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در برابر خوردگی، جدا شدن گرافیت چدن خاکستری	سیلیسیم	
	انبساط، استحکام در مقابل ضربه	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	فسفر	
	استحکام در مقابل ضربه	شکنندگی براده، غلظت در حالت مذاب، شکنندگی در حالت گداخته بودن	گوگرد	
فولاد های آلیاژی	قابلیت براده برداری، جدا شدن گرافیت چدن خاکستری	قابلیت آبکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ساییدگی	منگنز	فلزات
	انبساط حرارتی	طاقت، استحکام، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارت های بالا، قابلیت آبکاری عمقی	نیکل	
	انبساط (به مقدار کم)	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ساییدگی، مقاومت در برابر خوردگی	کرم	
	حساسیت در مقابل حرارت های بالا	دوام، سختی، طاقت، استحکام در حالت گرم	وانادیم	
	انبساط، قابلیت کوره کاری	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	مولیبدن	
	طاقت، حساسیت در مقابل حرارت های بالا	سختی، دوام، برندگی، استحکام در حالت گرم	کبالت	
	انبساط (به مقدار کم)	سختی، استحکام، مقاومت در برابر خوردگی، درجه حرارت آبکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارت های بالا، دوام، برندگی	ولفرام (تنگستن)	

کوره ها و پاتیل های فولاد سازی

در تولید فولاد دو هدف دنبال می شود:

- سوزاندن مقداری کربن و نیز سوزاندن ناخالصی های آهن خام سفید یا خروج آن ها به صورت سرباره.
- افزودن مقادیر معین از مواد آلیاژ دهنده (عناصر مورد نیاز در فولاد) به آهن خام سفید.

برای تولید فولاد از کوره ها و پاتیل های^۱ مختلفی استفاده می کنند که روش کار هر یک از آنها متفاوت است. در ادامه هر یک از کوره ها و پاتیل های فولاد سازی و روش کار آنها مختصراً شرح داده خواهد شد.

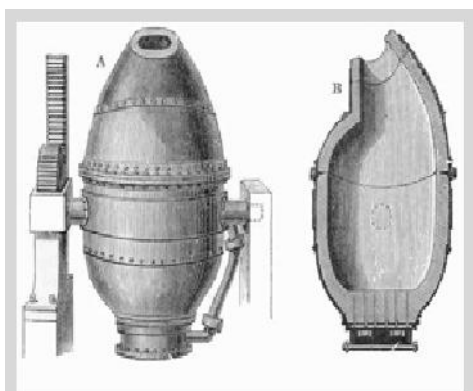
▪ **کوره شعله ای:** این کوره همانند کوره شعله ای چدن سازی است. امروزه دیگر از این کوره برای فولاد سازی استفاده نمی شود.

▪ **پاتیل بسمر:** آستر این پاتیل از آجر نسوز اسیدی است که با سیلیس و خاک رس ساخته شده است. زیرا در این پاتیل فولاد اسیدی تولید می شود. در پاتیل بسمر، اکسیژن با فشار به روی آهن خام دمیده می شود. و ناخالصی های آن را اکسید می کند. در پاتیل بسمر از آهک استفاده نمی کنند زیرا با سیلیس موجود در آستر، تولید سیلیکات کلسیم می کند و باعث خوردگی آن می شود.

▪ **پاتیل توماس:** آستر این پاتیل از آجر نسوز قلیایی است که با دولومیت ساخته شده است. زیرا در این پاتیل فولاد قلیایی می سازند. در پاتیل توماس برای گرفتن ناخالصی فسفر، به آهن خام مذاب آهک می زنند تا سرباره فسفات کلسیم تشکیل شود.

▪ **کوره زیمنس مارتن (آپن هارت):** در این کوره با دمیدن هوای داغ، کربن آهن مذاب را می سوزانند. جنس فولاد تولید شده در این کوره ممتاز بوده و ناخالصی آن کم است زیرا در برابر حرارت به عمل می آید.

▪ **کوره الکتریکی:** در این کوره حرارت ناشی از ایجاد قوس الکتریکی بین الکترودهای گرافیتی و آهن خام مذاب درون کوره، سبب ذوب و اکسید شدن ناخالصی ها می شود. این کوره نیاز به ماده سوختنی و اکسیژن ندارد و فولاد حاصل از آن نیز از کیفیت بالایی برخوردار است. از این کوره برای تصفیه فولاد بدست آمده از کوره ها و پاتیل های دیگر و تبدیل آن به فولاد مرغوب نیز استفاده می کنند.



تصویر شماره ۱۵.۱۷. پاتیل فولاد سازی



تصویر شماره ۱۴.۱۷. سازه فولادی

لوله های چدنی را هم به روش ریخته گری و هم با استفاده از قالب چرخنده می سازند. بدین ترتیب که چدن مذاب هنگام چرخیدن قالب به بدنه آن پرتاب شده و به آن می چسبد و به شکل لوله در می آید. جنس این لوله ها از لوله های ریخته گری بهتر است. مقاومت کششی لوله های چدنی نباید از $1200 \frac{kg}{cm^2}$ کمتر باشد.

^۱ پاتیل فولاد سازی ظرفی گلابی شکل از جنس فولاد به ارتفاع ۸ متر و قطر ۵ متر است که داخل آن با آجر نسوز آستر شده است.

خواص عمومی فولاد

فولاد به علت قابلیت شکل پذیری و مقاومت زیاد، یکی از مهم ترین مصالح ساختمانی بشمار می رود. خواص فولاد به درصد کربن موجود در آن، عملیات حرارتی انجام شده بر روی آن و فلز های آلیاژ دهنده موجود در آن بستگی دارد.

- **وزن مخصوص:** مقدار آن برای فولاد $\frac{gr}{cm^3}$ ۷/۸۵ است.
- **انبساط حرارتی:** با افزایش دما تا ۱۰۰ درجه، فولاد ۰.۲٪ منبسط می شود.
- **قابلیت شکل پذیری:** فولاد را می توان به هر شکل دلخواهی در آورد. در مورد نحوه شکل دادن به فولاد در مباحث آتی صحبت خواهد شد.
- **قابلیت اتصال:** با استفاده از اتصال خشک (پیچ و مهره یا تا کردن) و اتصال تر (جوش کاری) می توان قطعات مختلف فولادی را به یکدیگر متصل کرد.
- **اکسیداسیون:** فولاد در برابر رطوبت و نمک ها به سرعت زنگ می زند (اکسید می شود) و یا پوسیده می گردد. همان گونه که قبلاً ذکر شد، برای مقابله با زنگ زدگی فولاد می توان عناصری نظیر کرم، مس، وانادیم و نیکل را به آلیاژ آن اضافه کرد. این گونه فولاد ها (*Cor - Ten*) هنگام استفاده باید طوری قرار داده شوند که آب باران از روی آنها بر مواد دیگر مخصوصاً بتن و شیشه نچکد چون باعث ایجاد لکه روی آنها می شود. همچنین برای جلوگیری از زنگ زدگی فولاد، می توان سطح آن را قلع اندود (حلبی)، روی اندود (آهن سفید) و یا با مواد آلی و پلاستیکی رنگ کرد.
- **مقاومت های مکانیکی:** مقاومت کششی فولاد های مختلف متفاوت است. امروزه مقاطع مختلف فولاد را بر اساس مقاومت کششی آنها به صورت *ST33* ، *ST37* ، *ST45* ، *ST50* و *ST52* نام گذاری می کنند که مقاومت کششی هر یک به ترتیب ۳۳۰۰ ، ۳۷۰۰ ، ۴۵۰۰ ، ۵۰۰۰ و $\frac{kg}{cm^2}$ ۵۲۰۰ است. مقاومت فشاری، برشی، خمشی، ضربه ای و نیز سختی فولاد های مختلف بر حسب آلیاژ آنها متفاوت است. خواص مکانیکی فولاد را می توان با عملیات مختلف گرمایی و سپس سرد کردن تحت شرایط مختلف، تغییر داد. سرد کردن فولاد می تواند به صورت سریع در داخل آب یا روغن (آب دیده کردن) و یا به آهستگی به وسیله دستگاه خنک کننده یا در هوا صورت گیرد. تأثیر هر یک از این روش ها بر فولاد متفاوت خواهد بود.



ساخت مجسمه تزئینی با فولاد Cor-Ten



اتصال خشک قطعات فولادی از طریق تا کردن



اتصال خشک قطعات فولادی از طریق پیچ و مهره

انواع فولاد

کلی ترین دسته بندی برای فولاد بر حسب میزان کربن در آن است که بدین شرح است:

(۱) فولاد نرم (*Mild Steel*): درصد کربن در این فولاد کم و حدود ۰/۲٪ است. این فولاد را نمی توان د ابزار سازی بکار برد بلکه از آن برای ساخت سیم، لوله، ورق فولادی و تیر های فولادی مورد استفاده در سازه ساختمان ها استفاده می کنند.

(۲) فولاد متوسط (*Medium Steel*): درصد کربن در این فولاد بین ۰/۶-۰/۲٪ است. این فولاد در ساخت ریل، دیگ بخار و ماشین آلات بکار می رود.

(۳) فولاد سخت (*Hard Steel*): درصد کربن در این فولاد زیاد و بین ۱/۵-۰/۶٪ است. از این فولاد برای ساخت ابزار آلات، مته، فنر، کارد و چنگال و ... استفاده می کنند.

همان طور که قبلاً اشاره شد، با افزودن برخی عناصر به فولاد، فولاد های ویژه ای جهت مصارف خاص، تولید می کنند. من جمله فولاد ضد زنگ، فولاد مقاوم در برابر آب و هوا (*Cor - Ten*)، فولاد مقاوم در برابر گرما و ...



فولاد سخت

فولاد متوسط

فولاد نرم

فولاد ریزی (شکل دادن به فولاد)

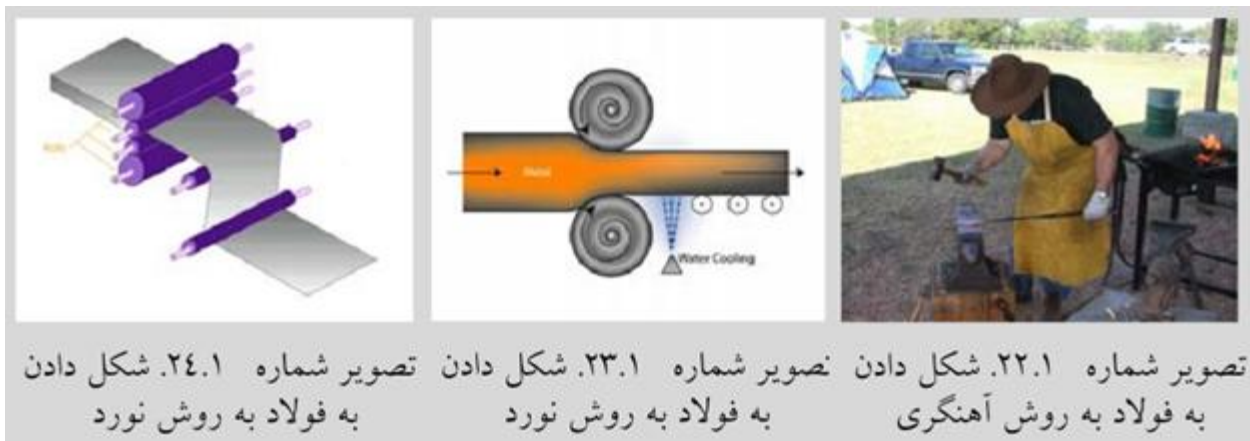
فولاد را به روش های مختلفی که در زیر شرح داده شده اند، شکل می دهند.

- ریخته گری (*Founding*): در این روش فولاد مذاب را در قالب های ویژه ای می ریزند تا به شکل دلخواه درآید. چون فولاد هنگام گرفتن، کمی منقبض می شود، قالب را از هر جهت ۲-۱/۵٪ بزرگتر می سازند.
- آهن گری (*Smithing*): در این روش فولاد را حرارت داده تا به حالت خمیر درآید. سپس آن را زیر فشار پرس می کنند یا با ضربات چکش شکل می دهند. پرچ و گل میخ را با این روش می سازند.
- نورد (*Rolling*): در این روش فولاد را حرارت می دهند تا به حالت خمیر درآید. سپس آن را از میان غلتک های مخصوص عبور می دهند تا به شکل دلخواه درآید. نورد کردن روشی ارزان قیمت است که اکثر قطعات ساختمانی نظیر تیر ها، ریل ها، ورق ها، میلگرد ها و حتی لوله ها را به این روش می سازند. نورد به دو صورت

سرد و گرم انجام کی گیرد. نورد سرد برای فولاد هایی با مقاطع نازک که حرارت خود را از دست می دهند، استفاده می شود در روش نورد گرم نیز فولاد را ۹۰۰-۱۲۵۰ درجه سانتیگراد حرارت می دهند تا خمیری شود.

• کشیدن (**Holding**): با کشیدن سرد یا گرم می توان از میله های فولادی کلفت، میله های فولادی نازک و سیم فولادی تهیه کرد. مقاومت کششی و سختی میله یا سیم فولادی سرد کشیده شده از حالت گرم کشیده شده بیشتر است. برای تولید کابل های فولادی، یک دسته میله فولادی را دور هم می پیچند تا به صورت کلاف درآیند.

• شکل دهی سرد (**Cool Forming**): در این روش ورق های فولادی را توسط دستگاه مخصوص شکل می دهند. این روش از نورد گرم ارزان تر است و پروفیل های در و پنجره را با این روش می سازند.



بارگذاری سازه ها

برای سازه های متعارف ساختمانی انواع بارهای خارجی معمولاً به صورت زیر وارد می شوند. این بارها در دو دسته بارهای قائم و بارهای جانبی طبقه بندی می شوند. موارد الف، ب و ج در گروه بارهای قائم و موارد د، ه و و در گروه بارهای جانبی گنجانده می شوند.

الف (بارهای مرده : (DL)

بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی ساختمان ها شامل اجزای فولادی، تیرها، ستونها، کف ها، دیوارها، بامها، راه پله و تیغه ها. وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می شوند.

ب) بارهای زنده : (LL)

بارهای زنده عبارتند از بارهای غیر دائمی که در حین استفاده و بهره برداری از ساختمان به آن وارد می شوند. بارهای زنده با توجه به نوع کاربری ساختمان و یا هر بخش از آن، و مقداری که احتمال دارد در طول مدت عمر ساختمان به آن

وارد گردد، تعریف می شوند. بارهای زنده شامل وزن افراد، تجهیزات، وسایل، دستگاهها و بارهای ضمن اجرای ساختمان می شوند.

ج) بار برف : (SL)

بار برف بنا به تعریف، وزن لایه برفی است که بر اساس آمار موجود در منطقه احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ۲ درصد (دوره بازگشت ۵۰ ساله) باشد. بار برف مبنا تحت عنوان P_s را می توان با انجام مطالعات دقیق تر آماری برای منطقه مورد نظر تعیین نمود. طبق آیین نامه مناطق مختلف ایران در شش گروه دسته بندی شده و بار برف مبنایشان از ۲۵ تا ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است.

د) بار باد : (WL)

ساختمان ها، سازه ها و کلیه اجزا و پوشش های آنها باید برای اثر ناشی از باد، با توجه به حداکثر سرعت باد در منطقه، ارتفاع و شکل هندسی ساختمان ها و میزان حفاظتی که موانع مجاور برای آنها در مقابل باد ایجاد می کنند طراحی و ساخته شوند.

ه) بار زلزله : (EL)

کلیه ساختمان ها باید علاوه بر اثر باد در مقابل اثر زلزله نیز محاسبه و ساخته شوند. فرض می شود که باد و زلزله هر کدام جداگانه عمل می نماید و احتیاجی به در نظر گرفتن اثر آنها به طور همزمان نمی باشد. به طور کلی ساختمان و هر یک از اعضای تشکیل دهنده آن باید بتواند بزرگترین تنش حاصل از دو عامل باد و زلزله را کاملاً تحمل کند. محاسبه ساختمان در هریک از جهات اصلی به طور جداگانه و بدون منظور داشتن جهت دیگر انجام می شود و احتیاجی به در نظر گرفتن اثر زلزله در دو جهت به طور همزمان نمی باشد.

در محاسبه نیروی زلزله فقط مؤلفه افقی در نظر گرفته می شود و از اثر مؤلفه قائم صرف نظر می گردد (به استثنای چند مورد خاص مثل پیش آمدگی های طره ای، تیرهای بلند و یا دارای بار متمرکز و ...). حداقل نیروی افقی زلزله که در هریک از جهات ساختمان در نظر گرفته می شود باید طبق استاندارد شماره ۲۸۰۰ ایران باشد.

و) بارهای ناشی از فشار آب و خاک : (HL)

این بارها به طور خاص برای اعضای که در مجاورت خاک و یا آب قرار دارند لحاظ می شوند. به عنوان نمونه بارهای وارد بر دیوارهای حائل، فشار بر کنشکفها و ... در این دسته محاسبه می شوند.

ز) بارهای خاص : (TL)

این بارها در حالات خاص اتفاق افتاده و شامل اثرات خود کرنشی ناشی از تغییرات دما، نشست پایه ها، وارفتگی و غیره می باشند. به طور دقیقتر در آیین نامه مقادیر این بارها مشخص شده است.

بارگذاری و ترکیبات بارها :

بارهای محاسباتی ارائه شده باید با مشخصات استانداردهای ۵۱۹ و سایر مقررات ملی ساختمان مطابق باشند. لازم به ذکر است در هر ساختمان بارها همیشه همگی همزمان با هم وارد نمی شوند. لذا به جهت اینکه بتوانیم اثرات بارهای مختلف را دقیقتر بررسی کنیم، از ترکیبات خاصی از بارها استفاده می کنیم که به طور کامل در آیین نامه ها ارائه شده اند.

ترکیب بارها

در طراحی سازه ها، احتمال همزمانی تاثیر بارها باید به شرحی که در زیر گفته شده است، در نظر گرفته شوند. ضرائب جزئی ایمنی هر یک از بارها و متقابلاً مقدار تنشهای مجاز محاسباتی مربوط به هر ماده، بسته به روش طراحی سازه، باید بر اساس ضوابط طراحی خاص همان سازه در نظر گرفته شود. اجزاء سازه باید برای ترکیبی از بارها که بیشترین اثر را در آنها ایجاد می کند، طراحی شوند.

(۱) D

(۲) $D + L + (L_r \text{ یا } S)$

(۳) $D + (W \text{ یا } E)$

(۴ الف) $D + L + (L_r \text{ یا } 0.5S) + (W \text{ یا } E)$

(۴ ب) $D + L + (L_r \text{ یا } S) + (0.5W \text{ یا } E)$

(۵) $D + H$

(۶) $D + L + (L_r \text{ یا } S) + H$

(۷) $D + T$

(۸) $D + L + (L_r \text{ یا } S) + T$

علائم بکار رفته در این روابط عبارتند از:

D : بار مرده

L : بار زنده طبقات به جز بام

L_r : بار زنده بام

S : بار برف

W : بار باد

T : بار تغییرات دمایی و نشستها

H : فشارهای اندرکنش آب و خاک