

۳- منگنز مقاومت، سختی و یکنواختی فولاد را بر می‌افزاید. اگر نسبت منگنز در فولاد بالا باشد فولاد سختی و شکنندگی ویژه‌ای کسب می‌کند که در این حالت برش آن بسیار دشوار است. یک اثر دیگر منگنز بر فولاد خنثی‌سازی است.

۴- نیکل موجب افزایش مقاومت و سفتی فولاد می‌شود.

۵- آلومینیوم یکنواختی شمشها و قطعات ریختگی را بهتر می‌کند.

۶- وانادیم مقاومت فولاد را در برابر خستگی بر می‌افزاید. با وجود وانادیم نرمش فولاد بسیار با می‌رود و مقاومت کششی و حد کشسانایی آن نیز افزایش می‌یابد و پایداری فولاد در برابر ضربه بسیار زیاد می‌شود.

میزان وانادیم موجود در فولادها از 0.16 تا 0.25 درصد است. این فولادها در فنرها، محور ماشین‌ها، چرخنده‌های سنگینبار و تمام قطعاتی که باید در برابر ارتعاش ثابت و تنش‌های متغیر مقاوم باشند فراوان بکار می‌رود.

فولادهای وانادیم‌داری که کرم نیز در ترکیب آنها وجود داشته باشد در بسیاری از قطعات خودرولر فنرها، محورها، میلنگ‌ها و چرخنده‌ها بکار می‌روند. بیشتر فولادهای دارای کرم - وانادیم 0.6 درصد کربن نیز دارند. بسیاری از قطعات محصول آهنگری گرم که بر روی آنها عملیات حرارتی انجام می‌شود از این فولادها ساخته می‌شوند.

۷- با وجود مولیبدن در ترکیب فولاد، فولادهای تندبر به دست می‌آیند. فولاد مولیبدن‌دار برای ساخت میل‌لنگهای بزرگ، میل‌گاردان، تفنگهای بزرگ، لوله تفنگ و صفحات دیگ‌های بخار مناسب است. دلیل نامگذاری فولاد تندبر آن است که با استفاده از این فولاد در ابزارهای برنده مانند ابزارهای ماشین تراش، برش فلز با سرعت بیشتری انجام بگیرد. فولاد تندبر در دماهای بالا سختی خود را از دست می‌دهد. ابزارهایی که از جنس این فولاد باشند در سرعت‌هایی که لبه‌های ابزار داغ می‌شوند به خوبی کار می‌کنند.

فولادهای تندبر - دارای 12 تا 20 درصد تنگستن، 2 تا 3 درصد کرم، معمولاً 1 تا 2 درصد وانادیم و گاهی کبالت نیز هستند. میزان کربن این فولادها بسیار کم (عموماً 0.65 تا 0.75) است. فولاد 1-4-18 بیشتر از سایر گونه‌های موجود کاربرد دارد. این فولاد 18 درصد تنگستن، 4 درصد کرم و 1 درصد وانادیم دارد. گونه مناسب دیگر این فولاد 2-4-14 است. فولادهایی که 18 درصد تنگستن دارند معمولاً بهترین نوع فولاد به‌شمار می‌روند. از طرفی دیگر فولادهایی که تنگستن کمتری دارند ارزانتر هستند.

اگر عملیات حرارتی و کارهای تکمیلی مناسبی روی فولاد ضد زنگ ایجاد شود این فولاد به خوبی در برابر اکسید شدن و خوردگی پایداری می‌کند. فولاد ضد زنگ کاملاً نسبت به خوردگی مقاوم نیست. ابزارهای دندانپزشکی و جراحی و کاردهای ضد زنگ دارای 12 تا 14 درصد کرم هستند.

در صنایع ریخته‌گری فولاد ریختگی از چدن قویتر است. فولادهای ریختگی ساخته شده از فولاد ضد زنگ در دماهای حدود 982 درجه سانتی‌گراد و بیش از آن (بسته به میزان کرم موجود در ترکیبشان) نسبت به اکسیداسیون مقاومت می‌کنند.

چدن چکش خوار می‌شوند. در فرایند تافتن کربن اضافی بر اثر عملیات حرارتی طولانی در دمای 899 درجه سانتی‌گراد حذف می‌شود. با گذشت چند ساعت کربن گرافیتی جذب و چدن به گونه‌ای دیگر تبدیل می‌شود.

۴- آهن چکش‌خوار: بنا بر تعریف این ماده نوعی فولاد کم کربن است که مقدار زیادی سرباره دارد. آهن چکش خوار از نظر روش ساخت با فولاد فرق دارد و فرق آن در این است که هنگام تولید کاملاً ذوب نمی‌شود. این آهن دارای 1 تا 2 درصد سرباره است. برای تولید آهن چکش خوار از آهن سفید استفاده می‌شود و ناخالصی‌ها در فرایند همزنی حذف می‌شوند.

با وجود گوگرد آهن چکش خوار شکننده و بر اثر حرارت سرخ شکن می‌شود. فسفر در دمای معمولی موجب سردشکنندگی آهن می‌شود. آهن چکش خوار در 870 درجه سانتی‌گراد نرم و قابل جوشکاری است و در دماهای پایین‌تر نیز همچنان امکان چکش‌خواری آن وجود دارد.

فولاد تعبیری کلی و بیانگر آلیاژی است که فلز پایه آنها آهن و مهمترین عنصر افزودنی آنها کربن است فولادهای ساده آلیاژی از آهن و کربن هستند که از 0 تا 2 درصد کربن دارند و عنصر دیگری در ساختمان آنها شرکت نمی‌کند. از نظر کمی، فولاد خالص (آلیاژ آهن و کربن) هیچگاه ساخته نمی‌شود. در فولادهای کربنی ساده تجارتي سومین عنصر آلیاژی منگنز است. مقادیر کمی سیلیکون، فسفر، گوگرد و مقدار ناچیزی از سایر عناصر نیز در این فولاد یافت می‌شود. فولادهای کربنی ساده دارای چند صدم تا 1.4 درصد کربن هستند و خاصیت‌های آنها بستگی به میزان کربن و عملیات حرارتی دارد.

بیشتر فولادهای کم کربن به شکل نورد شده و یا پس از تافتن بکار می‌روند. ولی از فولادهای پر کربن در مواردی استفاده می‌شود که سختی زیاد لازم باشد. افزایش میزان کربن فولاد تا درصد معینی مقاومت آن را بالا می‌برد ولی پس از این حد از مقاومت فولاد کاسته می‌شود. برای مثال فولاد نرم 0.1 درصد کربن دارد و مقاومت کششی آن در حدود 35 گرم بر میلی‌متر مربع است. وجود 1.2 درصد کربن استحکام را تا 98 کیلوگرم در میلی‌متر مربع می‌افزاید که مقاومت خوبی برای فولادهای کربنی است. با وجود دو درصد کربن مقاومت کششی به حدود 63 کیلوگرم در میلی‌متر مربع می‌رسد و با افزودن تدریجی میزان کربن، ماده با سرعت خصوصیات چدن را کسب می‌کند.

فولادهای کربنی ساده به نظر بیش از 1.4 درصد کربن دارند. حد بالای کربن موجود در این فولادها از دیدگاه نظری 2 درصد است افزون بر کربن عناصر دیگری برای کسب خصوصیات بهتر به فولاد اضافه می‌شوند. نتیجه افزودن این عناصر به شرح زیر است:

۱- فسفر سختی فولاد را برمی‌افزاید و در برابر ساییدگی مقاومت می‌کند. فولاد با درصد فسفر بالا در برابر ضربه و تنشهای ارتعاشی ضعیف است. بنابراین فسفر برای ورق‌های دیگ بخار ناخالصی زیان باری به شمار می‌رود.

۲- گوگرد بر شکل‌دهی و چکش‌خواری فولاد اثر می‌گذارد زیرا شکنندگی فولاد را در دماهای بالا افزایش می‌دهد و فولاد «سرخ شکن» می‌شود. میزان گوگرد موجود در فولاد نباید بیش از 0.02 تا 0.05 درصد باشد.

درصد است که به دو صورت تشکیل می‌گردد، بخشی به صورت محلول یا ترکیبی و بخشی دیگر سراسر جرم فلز به شکل گرافیت یا کربن غیر ترکیبی پخش می‌شود.

چدن

با فشار شکل نمی‌گیرد و با نورد و کشش به شکل‌های مفید در می‌آید این آهن در واقع آهن خام است که دوباره ذوب شده است. مقدار کربن موجود در چدن بیش از 2 درصد است بدین ترتیب فلز چدن در همه‌ی دمایی چکش‌خوار نیست. چدن در صنایع ریخته‌گری کاربرد فراوان دارد و دارای چهار نوع است:

۱- چدن خاکستری: این نوع چدن در ریخته‌گری معمولی بیشترین کاربرد را دارد. این چدن نرم دارای درصد بالایی از گرافیت است که موجب سفتی و از سوی دیگر مقاومت کششی اندک آن می‌شود. چدن خاکستری در هنگام شکست با دانه‌بندی درشت به رنگ تیره یا خاکستری می‌گسلد. این رنگ ناشی از ورقه‌های پهن گرافیت است که در سراسر ماده پخش شده‌اند. اگر ورقه‌های گرافیتی بزرگ فراوان باشند مقاومت کششی چدن اندک است. اندازه و مقدار ورقه‌های گرافیت از چگونگی شکل‌گیری آنها در هنگام انجماد تأثیر می‌پذیرد. اگر سرعت انجماد زیاد باشد کربن کمتری به شکل گرافیت جدا می‌شود. بنابراین سختی ماده بر اثر افزایش میزان کربن ترکیبی زیاد می‌شود. چدن خاکستری دارای 2.5 تا 3.5 درصد کربن است.

۲- چدن سفید: آهن با درصد کربن کم (2 تا 2.5 درصد) آهن سفید نامیده می‌شود. این آهن در تمام طریقه‌های ریخته‌گری کربن ترکیبی خود را کاملاً حفظ می‌کند و بنابراین گرافیت تشکیل می‌شود. در نتیجه حاصل از ریخته‌گری بسیار سخت و شکننده خواهد بود. از آهن سفید هنگامی برای ساخت قطعات ماشین استفاده می‌شود که مطلوب، سختی باشد و شکنندگی مسئله‌ای ایجاد نکند. اگر گرافیت هم کم و بیش تشکیل شود لخته‌های تیره‌ای در آهن سفید مشاهده خواهد شد و در مناطق سختی کاهش می‌یابد. این آهن، چدن خالدار نامیده می‌شود.

چدن چکش‌خوار: برای ساخت قطعات پیچیده دستگاه‌ها و در مواردی که نرمش ماده ضرورت باشد از چدن چکش‌خوار بیش از گونه‌های دیگر استفاده می‌شود. قطعات ریخته‌گری ساخته شده از چدن چکش‌خوار را می‌توان در محدوده تحمل این ماده بدون ایجاد شکستگی خم کرد. قطعات ریخته‌گری از چدن سفید سخت و شکننده ساخته می‌شوند و پس از فرایند تافتن تبدیل

درصد است که به دو صورت تشکیل می‌گردد، بخشی به صورت محلول یا ترکیبی و بخشی دیگر سراسر جرم فلز به شکل گرافیت یا کربن غیر ترکیبی پخش می‌شود.

چدن

با فشار شکل نمی‌گیرد و با نورد و کشش به شکل‌های مفید در می‌آید این آهن در واقع آهن خام است که دوباره ذوب شده است. مقدار کربن موجود در چدن بیش از 2 درصد است بدین ترتیب فلز چدن در همه‌ی دمایی چکش‌خوار نیست. چدن در صنایع ریخته‌گری کاربرد فراوان دارد و دارای چهار نوع است:

۱- چدن خاکستری: این نوع چدن در ریخته‌گری معمولی بیشترین کاربرد را دارد. این چدن نرم دارای درصد بالایی از گرافیت است که موجب سفتی و از سوی دیگر مقاومت کششی اندک آن می‌شود. چدن خاکستری در هنگام شکست با دانه‌بندی درشت به رنگ تیره یا خاکستری می‌گسلد. این رنگ ناشی از ورقه‌های پهن گرافیت است که در سراسر ماده پخش شده‌اند. اگر ورقه‌های گرافیتی بزرگ فراوان باشند مقاومت کششی چدن اندک است. اندازه و مقدار ورقه‌های گرافیت از چگونگی شکل‌گیری آنها در هنگام انجماد تأثیر می‌پذیرد. اگر سرعت انجماد زیاد باشد کربن کمتری به شکل گرافیت جدا می‌شود. بنابراین سختی ماده بر اثر افزایش میزان کربن ترکیبی زیاد می‌شود. چدن خاکستری دارای 2.5 تا 3.5 درصد کربن است.

۲- چدن سفید: آهن با درصد کربن کم (2 تا 2.5 درصد) آهن سفید نامیده می‌شود. این آهن در تمام طریقه‌های ریخته‌گری کربن ترکیبی خود را کاملاً حفظ می‌کند و بنابراین گرافیت تشکیل می‌شود. در نتیجه حاصل از ریخته‌گری بسیار سخت و شکننده خواهد بود. از آهن سفید هنگامی برای ساخت قطعات ماشین استفاده می‌شود که مطلوب، سختی باشد و شکنندگی مسئله‌ای ایجاد نکند. اگر گرافیت هم کم و بیش تشکیل شود لخته‌های تیره‌ای در آهن سفید مشاهده خواهد شد و در مناطق سختی کاهش می‌یابد. این آهن، چدن خالدار نامیده می‌شود.

چدن چکش‌خوار: برای ساخت قطعات پیچیده دستگاه‌ها و در مواردی که نرمش ماده ضرورت باشد از چدن چکش‌خوار بیش از گونه‌های دیگر استفاده می‌شود. قطعات ریخته‌گری ساخته شده از چدن چکش‌خوار را می‌توان در محدوده تحمل این ماده بدون ایجاد شکستگی خم کرد. قطعات ریخته‌گری از چدن سفید سخت و شکننده ساخته می‌شوند و پس از فرایند تافتن تبدیل

۴- آهن دلتا: این گونه آهن کاربرد بسیار کمی دارد. از آزاد شدن حرارت در 1401 درجه سانتیگراد نشان تغییر ساختمان داخلی فلز در گذار از فاز بتا به فاز گاما است. نقطه بحرانی در 1401 درجه آتش می شود و بنابراین در بالا و پایین نقطه بحرانی فازهای مختلف آن تشکیل می شوند. آهن دلتا در حواصل دماهای 1401 و 1528 درجه سانتیگراد به وجود می آید.

آهن خام

ترکیبی از آهن، کربن و سیلیکون، گوگرد، فسفر و منگنز است. مقدار کربن موجود در آهن خام 2 تا 5 درصد است که به دو صورت تشکیل می گردد، بخشی به صورت محلول یا ترکیبی و بخشی دیگر در سراسر جرم فلز به شکل گرافیت یا کربن غیر ترکیبی پخش می شود.

چدن

با فشار شکل نمی گیرد و با نورد و کشش به شکل های مفید در می آید این آهن در واقع آهن خام است که دوباره ذوب شده است. مقدار کربن موجود در چدن بیش از 2 درصد است بدین ترتیب فلز چدن در هر دمایی چکش خوار نیست. چدن در صنایع ریخته گری کاربرد فراوان دارد و دارای چهار نوع است:

۱- چدن خاکستری: این نوع چدن در ریخته گری معمولی بیشترین کاربرد را دارد. این چدن نرم دارد درصد بالایی از گرافیت است که موجب سفتی و از سوی دیگر مقاومت کششی اندک آن می شود چدن خاکستری در هنگام شکست با دانه بندی درشت به رنگ تیره یا خاکستری می گسلد. این ناشی از ورقه های پهن گرافیت است که در سراسر ماده پخش شده اند. اگر ورقه های گرافیتی بزرگ فراوان باشند مقاومت کششی چدن اندک است. اندازه و مقدار ورقه های گرافیت از چگونگی شکل گیری آنها در هنگام انجماد تأثیر می پذیرد. اگر سرعت انجماد زیاد باشد کربن کمتری به گرافیت جدا می شود. بنابراین سختی ماده بر اثر افزایش میزان کربن ترکیبی زیاد می شود. خاکستری دارای 2.5 تا 3.5 درصد کربن است.

چدن سفید: آهن با درصد کربن کم (2 تا 2.5 درصد) آهن سفید نامیده می شود. این آهن در تمام ریخته گری کربن ترکیبی خود را کاملاً حفظ می کند.

فلزات عناصر شیمیایی مانند آهن، طلا یا آلومینیم هستند که با حل شدن در محلول اسیدی خالص حامل بار مثبت می‌شوند و در هسته الکتریکی به سوی قطب منفی حرکت می‌کنند. بیشتر فلزات رساناهای خوبی برای گرما و الکتریسیته و عموماً سخت، سنگین و مقاوم هستند.

فلزات آهنی

در ساختمان فلزات آهنی عنصر آهن وجود دارد. ماشین‌کاران دیر زمانی است که با خاصیت‌های مفید آهن سروکار دارند.

آهن

آهن خالص (فریت) عنصری نسبتاً نرم با ساختمان بلورین است. آهن خالص در 1527 درجه سانتی‌گراد به حالت جامد درمی‌آید و دما در طی زمان کوتاهی که بستگی به نرخ انجماد و جرم فلز دارد در این حد ثابت می‌ماند. سپس دما به 898 درجه کاهش می‌یابد و در این حالت نیز وقفه دیگری در کاهش دما پیش می‌آید. با سرد شدن بیشتر تا 769 درجه باز هم دما برای زمان کوتاهی ثابت می‌ماند. با کاستن دما از 769 درجه سانتی‌گراد تا دمای محیط توقف دیگری در افت دما پیش نمی‌آید.

با سرد شدن آهن خالص تغییرات معینی در آن روی می‌دهد. آهن خالص چهار فاز جامد با خصوصیات فیزیکی متفاوت دارد. فازهای آهن خالص عبارتند از:

- ۱- آهن آلفا: این آهن نرم و مغناطیسی است و حلال کربن نیست. آهن آلفا در حد فاصل میان دمای محیط و 769 درجه سانتی‌گراد پدید می‌آید.
 - ۲- آهن بتا: این فاز آهن در دماهای بالا دارای خاصیت مغناطیسی ضعیفی است ولی در دماهای پایین خاصیت مغناطیسی ندارد. به شدت سخت و شکننده است و تقریباً اثری بر کربن ندارد. آهن بتا در 769 تا 898 درجه سانتی‌گراد به وجود می‌آید.
 - ۳- آهن گاما: در این فاز آهن آماده حل کردن کربن است و حلالیت آن با افزایش دما بیشتر می‌شود. اگر شدن آهن گاما همراه با عبور سریع از نقطه بحرانی باشد گذار آن از آهن گاما به آهن آلفا نرم تعویق می‌افتد. بنابراین در این حالت آهن از نظر سختی ناپایدار و آماده تبدیل به فاز نرم آلفاست. به نظر می‌رسد وجود مواد خارجی مانند کربن، نیکل و منگنز مقاومت آهن گاما را نسبت به تبدیل شدن به آهن آلفا افزایش می‌دهد و به این ترتیب آهن گاما در دماهای پایین مقاومتر و پایدار خواهد بود.
- از طرفی دیگر وجود کرم، تنگستن، آلومینیوم، سیلیکون، فسفر، آرسنیک و گوگرد، گذار آهن بتا به آهن نرم آلفا را ساده می‌کند. از نظر سختی آهن گاما در میان آهن آلفا و آهن بتا قرار دارد. در حد فاصل دماهای 898 و 1401 درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود.