فصل نهم

کامپوزیت ها و نانو مواد

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می رود که:

۱- کامپوزیت را تعریف کند.
۲- دسته بندی کامپوزیتها را بیان کند.
۳- ویژگیهای کامپوزیتها را توضیح دهد.
۴- فناوری نانو را تعریف کند.
۵- مفهوم عناصر پایه را در فناوری نانو بنویسد.
۶- ویژگی های مواد نانو را توضیح دهد.

۱-۹- کامپوزیت ها

مقدمه:

مواد کامپوزیتی، ازترکیب دو یا چند ماده با خواص متفاوت به وجود می آیند. مواد موجود در یک ماده ی کامپوزیتی، ازلحاظ ساختار داخلی به آسانی قابل تشخیص هستند و در هم حل نشده اند و با هم پیوند نداده اند.

کامپوزیت ها درطبیعت نیزیافت می شوند. یک تکه چوب؛ کامپوزیتی ازالیاف بلند سلولز است که با ماده دیگری به نام لیگنین (**lignin**) به هم اتصال پیدا کرده اند .سلولز همچنین در پنبه و کتان نیز وجود دارد ، اما قدرت پیوند لیگنین است که باعث شده یک تکه چوب از یک تکه پنبه محکم تر باشد. استخوان نیز یک کامپوزیت مستحکم و ترد است.

کامپوزیت ها مواد جدیدی نیستند؛ انسان ها از مواد کامپوزیتی به مدت هزاران سال استفاده می کردند. از اولین کامپوزیت‌های ساخت بشر می‌توان کاه گل اشاره کرد. قایق‌هایی که سرخپوست‌ها با قیر و بامبو می‌ساختند و تنورهایی که از گل، پودر شیشه و پشم بز

ساخته می‌شدند و در نواحی مختلف کشورمان یافت شده است، از کامپوزیت‌های نخستین هستند.

کامپوزیت معروف دیگر، بتُن است که از مصالح سنگی (سنگ و ماسه های ریز و درشت) تشکیل شده که به وسیله ی سیمان به هم دیگر متصل شده اند. بتن مقاومت خوبی در برابر فشار دارد. این ماده را می توان به وسیله ی افزودن میله های فلزی کامپوزیت کرد (بتن تقویت شده) تا در برابر کشیدگی (نیروهای کششی) نیز بتواند رفتار خوبی داشته باشد.

اولین کامپوزیت مهندسی که در اواخر دهه ی ۱۹۴۰ تولید شد، فایبرگلاس[1] است. فایبرگلاس از رشته های شیشه که در زمینه پلیمری قرار گرفته اند، تشکیل شده است. این کامپوزیت هم اکنون متداولترین کامپوزیت مصرفی در کشورهای مختلف جهان است و در بدنه خودروها، صنعت ساختمان سازی، بدنه های قایق و وسایل ورزشی کاربرد دارد.

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها:

طبق تعریف انجمن مواد آمریکا: به ترکیب ماکروسکوپی دو یا چند ماده ی مجزا که سطح مشترک مشخصی بین آنها وجود داشته باشد، کامپوزیت گفته می‌شود. کامپوزیت از دو قسمت اصلی زمینه و فاز تقویت کننده تشکیل شده‌است. زمینه با احاطه کردن فاز تقویت کننده، آن را در محل نسبی خودش نگه می‌دارد. فاز تقویت کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ساختار می‌گردد.

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها از دیدگاه زیستی به صورت زیر است:

کامپوزیت‌های طبیعی. مانند استخوان، ماهیچه، چوب و ...

کامپوزیت‌های مصنوعی(مهندسی)

کامپوزیت‌های مهندسی از لحاظ فاز زمینه به سه گروه دسته‌بندی می شوند:

کامپوزیت‌های با زمینه سرامیکی

کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری

کامپوزیت‌های با زمینه فلزی

بر اساس نوع ، شکل و توزیع فاز تقویت کننده، کامپوزیت می تواند خواص متفاوتی در

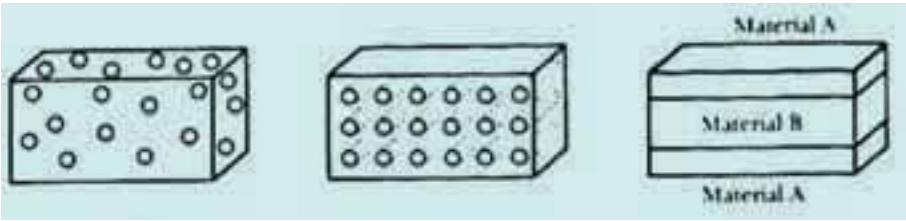
۱- fiber glass

جهات مختلف داشته باشد. دسته‌بندی کامپوزیت‌ها از لحاظ نوع تقویت کننده در ذیل آمده است (شکل ۱-۹):

کامپوزیت‌های تقویت شده با رشته ها

کامپوزیت‌های تقویت شده توسط ذرات

کامپوزیت‌های ساختمانی (لایه ای)



الف ب ج

شکل ۱-۹- مقایسه سه نوع از مواد مرکب
(الف) ماده مرکب ذره ای (ب) ماده مرکب تقویت شده با الیاف و (ج) ماده مرکب لایه ای.

مهم‌ترین مزیت مواد کامپوزیتی آن است که با توجه به نیازها، می‌توان خواص آنها را کنترل کرد. به طور کلی مواد کامپوزیتی دارای مزایای زیر هستند:

مقاومت مکانیکی بالا نسبت به وزن

مقاومت در برابر خوردگی بالا

خصوصیات خستگی عالی

خواص عایق حرارتی خوب

کاربرد کامپوزیت ها:

در کامپوزیت های زمینه پلیمری ، علاوه بر سه نوع اصلی رشته تقویت کننده شیشه ای، کربنی و آرامید؛ از بور، کاربید سیلیسیم و اکسید آلومینیم در حد محدودی استفاده می شود. رشته های بور در اجزاء هواپیماهای نظامی ، تیغه های پره بالگرد و برخی وسایل ورزشی بکار میرود. از رشته ی کاربید سیلیسیم و آلومینا در راکتهای تنیس ، مدار چاپی و

دماغه مخروطی موشک استفاده می شود شکل(۲-۹) .

شکل۲-۹- کاربرد کامپوزیت های زمینه پلیمری در وسایل ورزشی

قالبها و ماهیچه هایی که برای ریخته گری فلزات استفاده می شوند، غالباً از دانه های شن و سیلیس ساخته شده و بوسیله ی یک زمینه رزینی آلی یا غیرآلی پیوند داده شده اند. دانه های شن، مواد نسوز و عایقی هستند که با فلز مذاب واکنش نمی دهد. چسب های معمولی شامل رزینهای فنلی، رزینهای اورتان، رزینهای فوران و سیلیکات سدیم است. رزینها، دانه های شن را بطور مجزا پوشش می دهند و باعث برقراری اتصال بین آنها می شوند. حفره های بین دانه ای شن به گازها اجازه می دهد تا پیش از اینکه در فلز حبس شوند، از قالب خارج شوند.

سرمتها نمونه کامپوزیتهای سرامیک–فلز هستند . کاربید های سمانته از معروف ترین سرمتها هستند که از ذرات بسیار سخت یک سرامیک کاربیدی دیرگداز مثل کاربید تنگستن[۱] یا کاربید تیتانیم[۲] در زمینه فلزی مثل کبالت یا نیکل تشکیل شده اند. از این کامپوزیتها به عنوان ابزار برشی فولادها استفاده می شود. ذرات، خاصیت برشی را ایجاد می کنند و زمینه، از بهم پیوستن این ذرات ترد وامکان اشاعه ترک از طریق آنها جلوگیری به عمل می آورد. دیرگداز بودن زمینه و ذرات باعث می شود که دمای بالایی که در اثر برش مواد بسیار سخت ایجاد می شود، تحمل شود (شکل ۳-۹).

۱- WC

۲- TiC

شکل۳-۹- کاربرد سرمت ها

لاستیک ها و پلاستیک ها غالباً با ذرات مختلفی نظیر دوده تقویت می شوند. دوده، ذرات بسیار ریز و کروی شکل کربن است که از طریق احتراق گاز طبیعی یا روغن در محیطی با اکسیژن کم تولید می شود . این ماده ارزان وقتی به لاستیک افزوده می شود استحکام کششی، چقرمگی و مقاومت سایش و گسیختگی را افزایش می دهد . تایر خودرو محتوی ۳۰٪-۱۵٪ حجمی دوده است . اندازه ذرات ۲۰ تا ۵۰ نانومتر است. ذرات دوده پیوند چسبنده مستحکمی با ماده لاستیک برقرار می سازند.

لاستیک هایی که در ساخت تایرهای اتومبیل بکار می روند، با استفاده از سیم های نایلونی، کولار و فولاد تقویت میشوند. سیم تقویت کننده یا الیاف، استحکام و عمر لاستیک را بهبود می بخشد (شکل ۴-۹).

کامپوزیت های زمینه سرامیکی شامل انواع گوناگون شیشه، شیشه‌سرامیکها و سرامیکهایی همچون کربن، کاربیدسیلیسیم[۱]، نیتریدسیلیسیم[۲]، آلومیناتها و اکسیدها میباشد. تقویت کننده های مورد استفاده عبارتند از کاربیدها، بوریدها، نیتریدها و کربن. کامپوزیت های زمینه سرامیکی، تنها کامپوزیت هایی هستند که بالای ۹۰۰ درجهٔ سانتیگراد استحکام خود را حفظ می کنند. عمده ترین کامپوزیت های زمینه سرامیکی عبارتند از: کامپوزیت های کربن/کربن، کامپوزیت های آلومینا/کاربید سیلیسیم و کامپوزیت هایی با زمینه نیتریدسیلیسیم یا کاربیدسیلیسیم تقویت شده با الیاف پیوسته کاربیدسیلیسیم و کربن.

۱- SiC

۲- Si_3N_4

شکل ۴-۹- کاربرد کامپوزیت ها در لاستیک و موتور خودرو

کامپوزیت های کربن/کربن با پوشش کاربیدسیلیسیم به عنوان محافظ حرارتی در شاتل های فضایی استفاده شده است و کامپوزیت های کاربید سیلیسیم/کربن مواد مناسبی برای هواپیماها هستند. از کاربردهای دیگر کامپوزیت های سرامیکی می توان به اجزای موتورهای دما بالا، مته و ابزار تراش، اجزای مقاوم در برابر سایش، لوله اگزوز، نازل، لوله های مبدل گرما و غیره اشاره کرد (شکل ۵-۹).

موادی که برای تماس های الکتریکی در کلیدها و رله ها استفاده می شوند، باید ترکیب خوبی از مقاومت به فرسایش و هدایت الکتریکی داشته باشند. در غیر اینصورت، اتصالات ساییده و فرسوده می شوند که باعث تماس ضعیف و جرقه زدن می شوند. مواد مرکب ذره ای با زمینه نقره که با ذرات تنگستن تقویت شده است، موادی را مهیا می کنند که ترکیب مناسب از سختی و هدایت دارند. نقره خالص، بطور مؤثری جریان را هدایت می کند در حالی که تنگستن، مقاومت سایشی را ایجاد می کند.

شیشه ایمنی خودرو، ماده مرکب لایه ای است که در آن یک لایه ی چسب پلاستیکی، دو قطعه از شیشه را به هم متصل می کند. هنگامی که شیشه می شکند، چسب، تکه های شیشه را از متلاشی شدن باز می دارد. لایه ها برای عایق بندی در موتورها، ساخت دنده ها،

تخته های مدار چاپی، موارد تزیینی و لوازم منزل استفاده می شوند.

شکل ۵-۹- کاربرد کامپوزیت های در هوا فضا

فلزات روکش دار[1]، مواد مرکب فلز– فلز هستند. مواد روکشی، ترکیبی از مقاومت به خوردگی خوب با استحکام بالا تولید می کند. آلکلاد[2] یک ماده مرکب لایه ای است که در آن آلومینیم خالص تجاری با آلیاژهای آلومینیم با استحکام بالاتر متصل می شود. آلومینیم خالص از آلیاژ با استحکام بالاتر، در مقابل خوردگی محافظت می کند. ضخامت لایه آلومینیم خالص حدود ۱٪ تا ۱۵٪ از ضخامت کل است. آلکلاد در ساخت هواپیما، مبدل های حرارتی، ساختمان سازی و مخازن استفاده می شود که در آن ترکیبی از مقاومت به خوردگی، استحکام و وزن سبک موردنظر است.

در کامپوزیت های زمینه فلزی از بیشتر آلیاژهای فلزی نظیر آلومینیم، مس، آهن، منیزیم، تیتانیم، نیکل و سرب استفاده می شود. فاز تقویت کننده به شکل ذرات اکسیدی و کاربیدی یا رشته های پیوسته و ناپیوسته ی کربن، کاربید سیلیسیم، بور، آلومینا و فلزات

۱- Clad

۲- Alclad

دیرگداز است. در جدول ۱-۹ به بعضی از کاربردهای کامپوزیت های زمینه فلزی که دارای استحکام بالا نسبت به وزن، خواص حرارتی مناسب، ضریب انبساط حرارتی پایین و مقاومت سایشی مناسب هستند اشاره شده است. با افزودن درصد کمی فاز تقویت‌کننده سرامیکی به آلیاژهای فلزی متداول می‌توان مقاومت سایشی را به مقدار زیادی افزایش داد. این کامپوزیت‌ها، هدایت حرارتی و الکتریکی مناسبی دارند.

برخی قطعات موتور از کامپوزیت های زمینه آلیاژهای آلومینیم که توسط رشته های آلومینا و کربن تقویت شده است، تولید شده اند. این کامپوزیت‌ها وزن کمتری دارند و مقاومت آنها در برابر سایش و اعوجاج حرارتی بیشتر است.

جدول۱-۹ کاربرد کامپوزیت‌های زمینه فلزی

زمینه	تقویت‌کننده	کاربرد
آلومینیوم، منیزیم، سرب	گرافیت	خود روغن‌کار
آلومینیوم	کاربید سیلیسیم، آلومینا، کاربید تیتانیم، کاربید بور، اکسید سیلیسیم	مقاومت سایشی با سختی متوسط
تیتانیوم، مس	کاربید تنگستن، الماس	مقاومت سایشی با سختی بالا
آلومینیوم، منیزیم	کاربید سیلیسیم، آلومینا	ساختمانی
تیتانیوم	کربن، آلومینا	دمای بالا

۲-۹- نانو فلزات

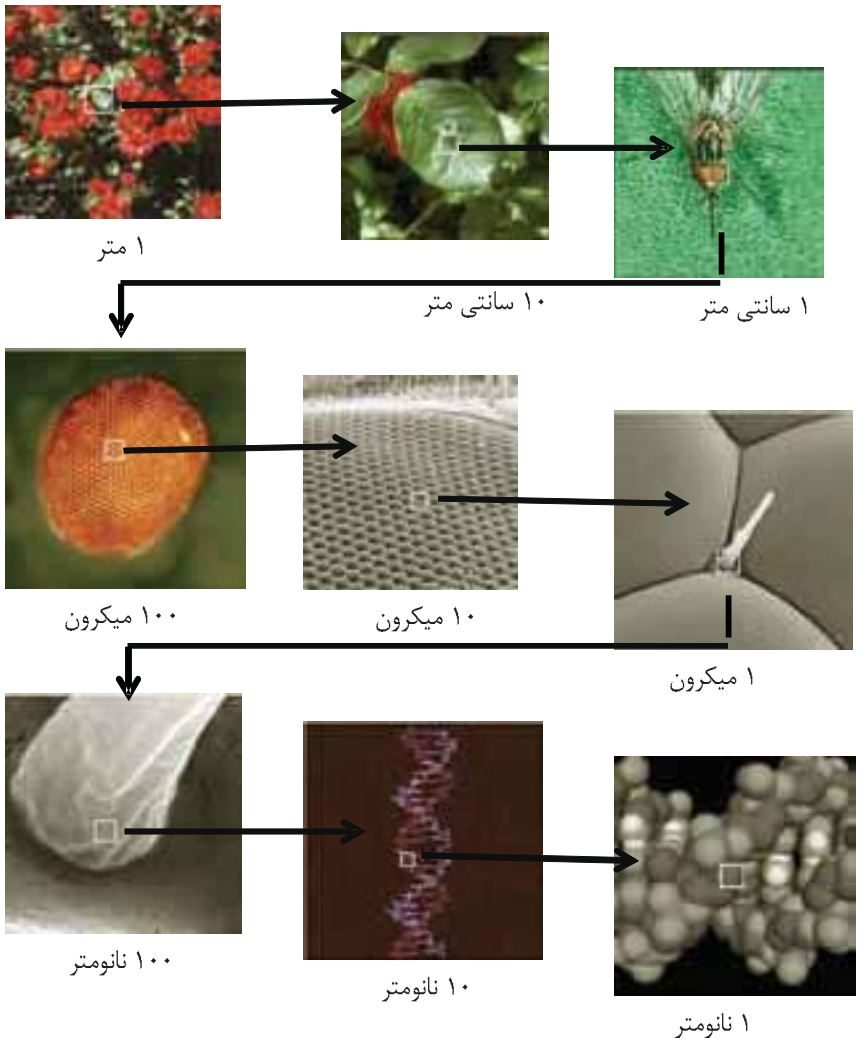
مقدمه:

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با اندازه نانو اطلاق می‌شود. معمولاً منظور از مقیاس نانو ابعادی در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. (۱ نانومتر برابر ۹-۱۰ (یک میلیاردیم) متر است). در شکل۶-۹ اندازه های مختلف از ۱ متر تا ۱ نانومتر نشان داده شده است.

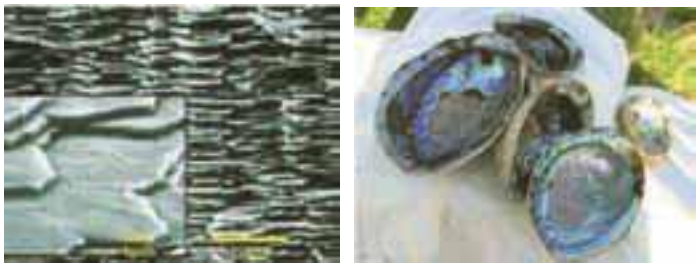
در طبیعت، مثالهای فراوانی از ساختارهای نانو وجود دارد که از آن جمله می توان به ساختار برگها در عمل فتوسنتز و پوسته صدف دریایی و کف پای مارمولک، تار عنکبوت ، شاخ جانوران و سطوح برگها و بال پروانه ها اشاره کرد(شکل۷-۹).

اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال، ریچارد فاینمن طی یک سخنرانی با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» ایده فناوری نانو را مطرح ساخت. وی این نظریه را ارائه داد که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مستقیم دستکاری کنیم. واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلرانس ابعادی آنها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک درکسلر در کتابی تحت عنوان : «موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری‌نانو» بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله ی دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم‌ها، ماشین‌های مولکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آنها» توسعه داد. تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری‌های دیگر در اندازه مواد و ساختارهایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته تنها کوچک بودن اندازه مورد نظر نیست؛ بلکه زمانی که اندازه مواد دراین مقیاس قرار می‌گیرد، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت در برابر خوردگی و ... تغییر می‌یابد. در حقیقت اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر ارزیابی و بیان کنیم، می‌توانیم وجود "عناصر پایه" را به

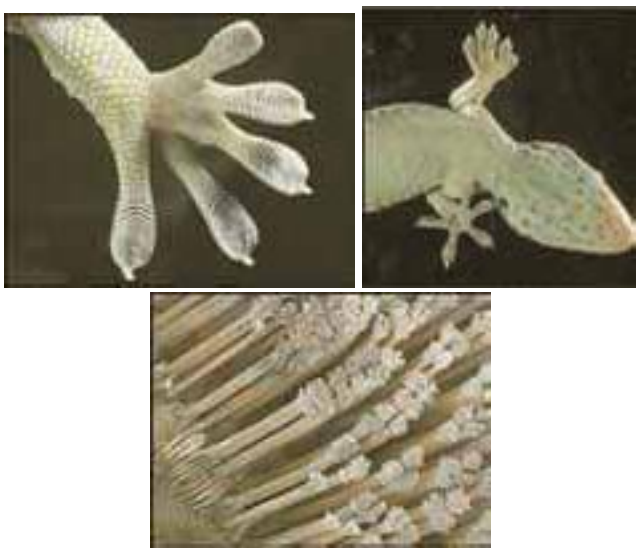
عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه، در حقیقت همان عناصر به اندازه ی نانو هستند که خواص آنها در حالت اندازه ی نانو با خواص‌شان در اندازه بزرگتر فرق می‌کند (شکل ۸-۹).



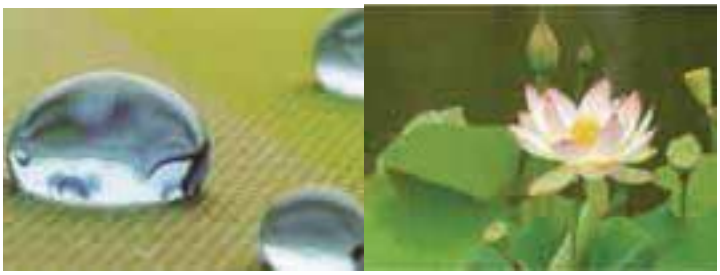
شکل۶-۹- اندازه های مختلف از ۱ متر تا ۱ نانومتر



شکل۷-۹- (الف) پوسته صدف دریایی شامل لایه های کربنات کلسیم است با ضخامت نانو که با پروتئینی به نام موتار به هم متصل شده اند.



(ب) کف پای مارمولک خانگی با نیم میلیون شاخک های مویی، به قطر ۲۰۰ نانومتر، پوشیده شده است و امکان راه رفتن روی سقف یا سطوحی مثل شیشه را به جانور می دهد.



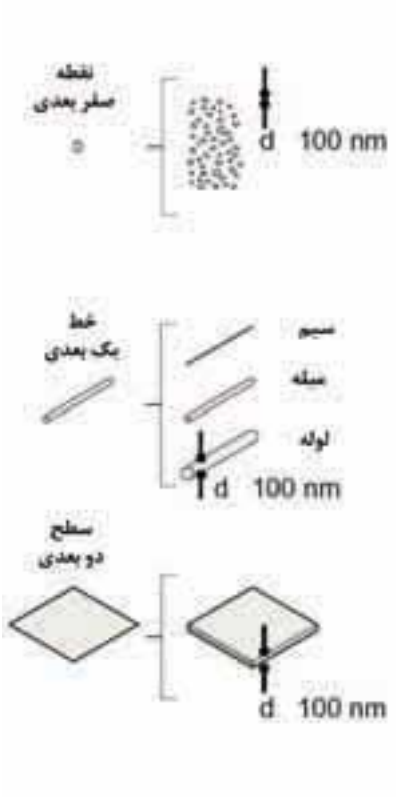
(ج) برگ گل نیلوفر آبی دارای خاصیت خود- تمیز شوندگی است و آلودگی سطح آن با آب باران شسته می شوند.

اولین و مهمترین عنصر پایه، نانوذره است. منظور از نانوذره، همانگونه که از نام آن مشخص است، ذراتی با ابعاد نانومتری در هر سه بعد می‌باشد. نانوذرات می‌توانند از مواد مختلفی تشکیل شوند، مانند نانوذرات فلزی، سرامیکی، ... .

دومین عنصر پایه، نانوکپسول است. همان طوری که از اسم آن مشخص است، کپسول‌هایی هستند که قطر نانومتری دارند و می‌توان مواد مورد نظر را درون آنها قرار داد و کپسوله کرد.

عنصر پایه بعدی، نانولوله کربنی است. این عنصر پایه در سال ۱۹۹۱ در شرکت **NEC** کشف شدند و در حقیقت لوله‌هایی از گرافیت می‌باشند. اگر صفحات گرافیت را پیچیده و به شکل لوله در بیاوریم، به نانولوله‌های کربنی می‌رسیم. این نانولوله‌ها دارای اشکال و اندازه‌های مختلفی هستند و می‌توانند تک دیواره یا چند دیواره باشند. این لوله‌ها خواص بسیار جالبی دارند که منجر به ایجاد کاربردهای جالب توجهی از آنها می‌شود.

شکل ۸-۹- عناصر پایه در فناوری نانو



روش های ساخت عناصر پایه

به طور کلی عناصر پایه با دو روش «بالا به پایین» و «پایین به بالا» قابل ساخت می‌باشند. در روش بالا به پایین برای تولید محصول، یک ماده توده‌ای را شکل‌دهی و اصلاح می‌کنند. در حقیقت در این روش، یک ماده بزرگ را برمی‌داریم و با کاهش ابعاد و شکل‌دهی آن، به یک محصول با ابعاد نانو می‌رسیم. به عبارت دیگر، اگر اندازه ی یک ماده توده‌ای را به طور متناوب کاهش دهیم تا به یک ماده با ابعاد نانومتری برسیم، از روش بالا به پایین استفاده

کرده‌ایم. این کار اغلب و نه همیشه شامل حذف بعضی از مواد به شکل ضایعات است، مثل ماشین‌کاری یک بخش فلزی یا نانوساختاری‌کردن فلزات به طریق تغییرشکل‌دهی (که شامل ضایعات نیست). روش پایین به بالا درست عکس روش بالا به پایین می‌باشد. در این روش، محصول از طریق کنار هم قراردادن مواد ساده‌تر به وجود می‌آید، مانند ساخت یک موتور از قطعات آن. در حقیقت کاری که در اینجا انجام می‌شود، کنار هم قرار دادن اتم‌ها و مولکول‌ها (که ابعاد کوچکتر از اندازه نانو دارند) برای ساخت یک محصول نانومتری است. تصور کنید که قادریم اتم‌ها و مولکول‌ها را به طور واقعی ببینیم و آنها را به طور دلخواه کنار هم قرار دهیم تا شکل مورد نظر حاصل شود. معمولاً روش‌های پایین به بالا ضایعاتی ندارند؛ هر چند الزاماً این مسأله صادق نیست.

نانو ذرات

یک نانوذره، ذره ای است که ابعاد آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. نانو ذرات رایج‌ترین عناصر در علم و فناوری نانو بوده و خواص جالب‌توجه آنها باعث گردیده است کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی ، الکترونیک و کشاورزی داشته باشند. با توجه به ترکیب شیمیایی، این ذرات به انواع فلزی، سرامیکی، پلیمری و نیمه‌هادی تقسیم می‌شوند. سنتز شیمیایی و فرآیندهای حالت جامد نظیر آسیاب کردن و متراکم کردن بخار، روش‌های معمول برای ساخت نانوذرات هستند. کنترل فرایند تولید برای رسیدن به نانوذرات با خواص مناسب امری بدیهی است، در همین راستا تعیین مشخصات نانوذرات با روش‌های آنالیز میکروسکوپی، ساختاری و تعیین اندازه وسطح و... بررسی می‌شود.

نانوذرات زمینه های کاربردی زیادی دارند که مهم ترین آنها عبارتند از:

مواد کامپوزیت

کامپوزیتهای ساختاری

کاتالیزور

بسته بندی

پوششها

افزودنیهای سوخت و مواد منفجره

ساینده‌ها

باتریها و پیلهای سوختی

پزشکی و داروسازی

دارو رسانی

محافظت کننده‌ها

آنالیز زیستی و تشخیص پزشکی

لوازم آرایشی

برای تولید نانوذرات، روش های بسیار متنوعی وجود دارد. این روش ها اساساً به سه دسته تقسیم می شوند:

متراکم کردن از یک بخار، سنتز شیمیایی و فرآیندهای حالت جامد نظیر آسیاب کردن.

نانوذرات فلزی

نانوذرات فلزی با استفاده از روشهای متراکم کردن بخار و سیم انفجاری تولید می شوند. این نانوذرات میتوانند بدون اینکه ذوب شوند (تحت نام پخت) در دماهای پائین تر از نقطه ذوب فلز، در سطح یک قطعه جامد پوشش داده شوند، این کار منجر به آسانتر شدن فرآیند تولید پوشش ها و بهبود کیفیت آنها، خصوصاً در کاربردهای الکترونیکی نظیر خازن ها میگردد. همچنین نانوذرات فلزی، در مقایسه با ذرات فلزی بزرگتر؛ در دماهای پایینتری به سطوح و مواد توده ای تبدیل میشوند و هزینه ی ساخت را کاهش میدهند.

رایج ترین نانوذرات، نانوذرات سرامیکی هستند که به سرامیک های اکسید فلزی، نظیر اکسیدهای تیتانوم، روی، آلومینیم و آهن و نانوذرات سیلیکاتی(اکسیدهای سیلیکون)که عموماً به شکل ذرات در اندازه نانو خاک رس هستند، تقسیم می شوند. نانوذرات اکسید فلزی، دارای اندازهٔ یکسانی در هر سه بعد، از دو یا سه نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر هستند.

وقتی اندازهٔ نانوذرات کاهش می یابد، نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی و خاصیت کاتالیستی افزایش می یابد. به همین دلیل نانوذرات به عنوان کاتالیزور در زمینه هایی نظیر باتری ها، پیل های سوختی و انواع فرآیند های صنعتی کاربرد دارند. افزایش سهم اتم ها در سطح نانوذرات نیز خواص فیزیکی آنها را تغییر می دهد، به طور مثال سرامیک هایی که به طور عادی شکننده اند، نرم تر می شوند . سرانجام این که افزایش سطح مؤثر، حلالیت را افزایش می دهد.

نانوکامپوزیت های نانو ذره ای فلزی

نانوکامپوزیت های نانوذره ای فلزی از مخلوط شدن نانوذرات فلزی با پلیمرها بدست می آیند. این نانوکامپوزیت ها، به دلیل جلوگیری از تداخل امواج الکترومغناطیس، می توانند در رایانه و تجهیزات الکترونیکی به کار روند. نانوکامپوزیت های نانوذره ای فلزی قابلیتهای ویژه ای در هدایت گرمایی والکتریکی دارند که کارایی آن ها را افزایش می دهد.

نانوپوشش ها و نانولایه ها

نانوپوشش ها، سطوحی تک لایه یا چند لایه با ضخامت ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند. پوشش های مبتنی بر نانوذرات خواص مختلفی را از خود بروز می دهند. استحکام و مقاومت سایشی جزو خواصی هستند که بیشترین مزیت را در نانوپوشش ها داشته و شفافیت نیز در مورد آنها حائز اهمیت است؛ خصوصاً در حالتی که افزایش سختی بدون کدر شدن سطح نیاز باشد. استفاده از پوشش ها روی سطوح سرامیکی ، باعث ضدخش شدن و راحت تمیز شدن سطوح مذکور می گردد (شکل **۹-۹**).

همچنین، می توان از نانوپوشش های سخت و ضد خش برای پوشش دهی شیشه های عینک استفاده کرد. نوعی از پیل های خورشیدی عرضه شده اند که به منظور افزایش استحکام شان از نانوذرات ساخته شده اند. پوشش های پاششی، مبتنی بر نانوذرات اکسید فلزی در تعمیر بخش های فلزی فرسوده یا خورده شده مورد استفاده قرار می گیرند .

شکل۹-۹- پوشش های نانو روی سطح مواد سرامیکی

امروزه، نانوذرات فلزی در صنعت الکترونیک برای پوشش دادن سطوح خازن ها نیز استفاده می شوند. نانوپوشش اکسیدتیتانیم نانوبلوری ، امکان تولید پنجره های فتوکرومیک (تغییر رنگ در اثر نور) یا الکتروکرومیک (تغییر رنگ در اثر اعمال پتانسیل الکتریکی) ارزان قیمت را بوجود می آورد. همچنین می توان سطوحی را روی پنجره ها به وجود آورد که با کمترین بارش اتفاقی باران، خود به خود پاکیزه شوند. پوشش ها می توانند ضد الکتریسیته ی ساکن، ضد بخار و ضد بازتاب باشند و در عین حال که اجازه ی عبور نور مرئی را می دهند، مانع عبور طول موجهای کوچک نور نظیر اشعه ی ماورای بنفش شوند. تعدادی از پوشش های سرامیکی حاوی نانوذرات یک نوع کامپوزیت را به وجود آورده اند که به خاطر خواصی چون مقاومت سایشی و شیمیایی و عایق حرارتی کاربردهای زیادی دارند . به طور مشابه پوشش های مبتنی بر سولفید مولیبدن که حاوی نانوخوشه ها هستند مقاومت بیشتری را در برابر اصطکاک ، سایش و خوردگی شیمیایی حاصل از اصطکاک تحت شرایط مرطوب نشان داده اند .

پوشش ها، به طور اجتناب ناپذیری کاربردهایی همچون حفاظت وسایل الکترونیکی سفینه های فضایی در برابر تشعشع و حفاظت حرارتی برای ورود مجدد به جو را خواهند داشت.

پوشش های سرامیکی نانوذره ای، موجب پایداری حرارتی و مقاومت فرسایشی در قطعات موتور می شوند. پوششهای حاوی نانوذرات فلزی که کاربردهای مشخصی در کامپیوترها و تجهیزات الکترونیکی دارند، در مقابل تداخل الکترومغناطیسی ممانعت خوبی نشان

می دهند.

نانوسیم های فلزی- نانوسیم های فلزی در نانوقطعات الکترونیکی و الکتریکی به عنوان اتصال دهنده کاربرد دارند. این نانوساختارها همچنین میتوانند به عنوان حافظه نیز عمل کنند.

مواد نانوبلوری توده ای

مواد نانوبلوری توده ای از بلورهایی ساخته شده اند که شامل چندصد تا چندهزار اتم بوده و در کنار یکدیگر قرارگرفته اند. ساختار نانوبلورها بدلیل فشردگی اتم ها در کنار یکدیگر کمترین انرژی آزاد سطحی را دارد. وقتی اندازه ی بلور در ماده به سمت اندازه نانو می رود، نسبت اتم های موجود بر روی مرز بلورها به تعداد اتمهای کل افزایش مییابد. رفتار اتمهای مرزی کاملاً متفاوت از اتم های داخل ذره می باشد و رفتار کل ماده را تحت تأثیر قرار میدهد. غالبا این پدیده در فلزات باعث افزایش استحکام، سختی، مقاومت الکتریکی، ظرفیت حرارتی ویژه، بهبود انبساط حرارتی، خواص مغناطیسی و کاهش رسانایی حرارتی و در سرامیکها باعث افزایش چکش خواری، بهبود خواص مکانیکی و حرارتی می گردد.

برای ایجاد مواد نانوبلوری توده ای چندین روش وجود دارد که عبارتنداز:

- فشرده سازی پودر
- روشهای متبلورسازی مواد آمورف اولیه
- فرآوری تغییر شکل پلاستیکی شدید

در روش فشرده سازی پودر، ابتدا ذرات نانومقیاسی تولید می شوند که متعاقباً توسط روش های استاتیکی یا دینامیکی به هم فشرده می شوند.

متبلورسازی مواد آمورف میتواند ریزترین اندازه از نانوساختارها را تولید کند، اما محدود به موادی می شود که می توانند ابتدا به حالت آمورف برسند.

روش های فرآوری تغییر شکل های شدید تنها برای فلزات کاربرد دارند. کاهش اندازهٔ بلور تقریباً در هر فلز باعث افزایش چشمگیر استحکام و در بسیاری مواد باعث افزایش چکش خواری میگردد. به دلیل اینکه چنین روشهایی میتوانند در مقیاس بزرگ اجرا شوند، بسیار

بیشتر از روشهای دیگر برای تجاری سازی مورد توجه هستند.

کاربردی ترین مواد نانوبلوری توده ای، فلزات نانوبلوری هستند که در صنایع خودروسازی، هوافضا و صنایع ساختمانی کاربرد دارند. فلزات نانوبلوری می توانند به جای فلزات و آلیاژهای ساختاری موجود مصرف شوند. یکی از زمینه هایی که فلزات نانوبلوری مورد استفاده قرار می گیرند، تولید قطعات مستحکم مورد استفاده در صنایع خودروسازی است. در چنین مواردی عملکرد فوقالعاده ی آنها در دماهای بالا، یعنی انبساط کمتر در اثر افزایش دما، از محاسن آنها به شمار می رود.

استفاده از نانو فلزات در بخش های مختلف عبارتند از: (شکل ۱۰-۹):

الف- بهبود خواص مکانیکی و ایجاد مواد مستحکم و سبک

کاربرد سازه ای: اسکلت فلزی ساختمان ها و پل ها

صنایع دفاعی: زره ها و تجهیزات دفاعی

موتورها: خودروسازی و موتور جت هواپیماهای تجاری و نظامی

قطعات کاشتنی پزشکی

تجهیزات ورزشی

ب- مواد با مقاومت خوردگی بالا

ساخت ابزارها و تاسیسات ضد خوردگی: دکل های نفتی

لوله ها: انتقال نفت و گاز، انتقال آب و مواد شیمیایی

ج- بهبود مقاومت حرارتی

بهبود خواص انبساط حرارتی، افزایش ظرفیت حرارتی ویژه و کاهش رسانایی حرارتی

هوا و فضا: ساخت قطعات مورد استفاده در دماهای بالا: نازل موشک، سپر حرارتی سفینه فضایی

قطعات موتور خودرو و هواپیما

د- خواص خاص ضد باکتری و قارچ

پزشکی: پارچه و الیاف ضدباکتری؛ شامل ذرات فلزی مس، نقره، و روی ، بهبود سریع

زخم

تولید رنگ ها و کاشی و سرامیک های ضد باکتری

استریل کردن تجهیزات پزشکی، تصفیه هوا

کشاورزی: مبارزه با آفت هاو بیماری های گیاهی

سازگار با محیط زیست و بی ضرر برای انسان

شکل ۱۰-۹- کاربردهای نانوفلزات

سرامیک و رنگ: خاصیت ضد عفونی و ضد سایش

استحکام مکانیکی، پایداری شیمیایی و مقاومت حرارتی

دیوار ساختمانهای مسکونی و بیمارستانها، بدنه کشتی ها

تولید و نگهداری محصولات کشاورزی و دامپروری: حفظ کیفیت و

نگهداری طولانی مدت در ظروف حاوی نانو ذرات فلزی

خودآزمایی:

۱- کامپوزیت چیست؟ انواع دسته بندی کامپوزیت ها را بنویسید.

۲- مهم‌ترین مزیت مواد کامپوزیتی را نام ببرید.

۳- کاربرد کامپوزیت هارا در خودرو بنویسید.

۴- کامپوزیت های زمینه فلزی از کدام زمینه ها و کدام تقویت کننده ها تشکیل می گردد؟

۵- عناصر پایه در فناوری نانو چیست؟ انواع عناصر پایه و روش ساخت آنها را نام ببرید.

۶- کاربرد نانو فلزات در صنایع مختلف را بنویسید.

نُرم بندی فلزات و آلیاژهای آهنی و غیر آهنی

مقدمه

به منظور ایجاد زبانی مشترک میان تولید کننده، فروشنده و سازنده مصنوعات فولادی و چدنی انواع فولادها و چدن ها را نرم بندی (استاندارد) کرده اند. بیشتر کشورهای صنعتی پیشرفته، برای خود نرم بندی جداگانه ای دارند و بر حسب تجربیات و زبان متداولشان، از علامت ها، حروف و عددهایی برای بیان اختصاری اطلاعات لازم جهت معرفی هر یک از تولیدات خود استفاده می کنند.

در این میان، سازمان های بین المللی نیز برای ایجاد وحدت در نرم بندی کوشیده اند اما متأسفانه این فعالیتها در مورد نرم بندی فلزات و آلیاژهای آنها ثمر بخش نبوده و هنوز در بیشتر کشورها، نرم بندی کشورهای عمده تولید کننده اعمال می گردد.

۱-۱۰- نرم بندی فولادها

برای معرفی انواع فولادها، کشورهای تولید کننده از علامتها، حروف و عددهای مخصوصی برای معرفی استفاده می کنند؛ به عنوان مثال، کشور آلمان تمام فولادها را طبق "دین ۱۷۰۰۶ " استاندارد کرده است.

علامت هایی که برای معرفی فولادها به کار می روند، شامل سه بخش عمده عناصر تشکیل دهنده، روش تولید و عملیات انجام گرفته روی آنها قبل از عرضه به بازار می باشد.

۱- ۱-۱۰- علائم بخش عناصر تشکیل دهنده: در این بخش، عناصر تشکیل دهنده، استحکام و درجه مرغوبیت فولاد به کمک حروف و اعداد معرفی می شود.

حروف شناسایی برای فولادهای ساختمانی معمولی، **St** است. پس از این حروف، عددی نوشته می شود که با ضرب کردن آن عدد در ۹/۸۱ ، مقدار حداقل استحکام کششی فولاد بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع به دست می آید. پس از عدد مربوط به استحکام، خط تیره

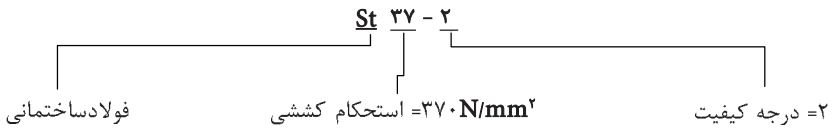
قرار می گیرد و سپس درجه کیفیت فولاد به وسیله اعداد ۱ تا ۳ معرفی می شود.

درجه ۱: برای کارهای معمولی که نوشته نمی شود.

درجه ۲: برای کارهای مهم

درجه ۳: فولادی که آرام ریخته گری شده و دارای درجه خلوص بالا و خواص جوشکاری خوب است.

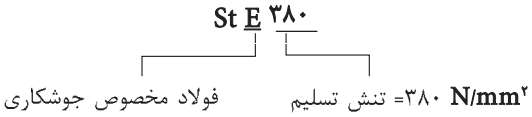
مثال:



حروف شناسایی فولادهای ساختمانی دانه ریز مخصوص جوشکاری، **St E** است.

برای معرفی مقدار حداقل تنش تسلیم در این فولادها، از اعدادی که بعد از حروف نوشته می شوند، استفاده می شود.

مثال:



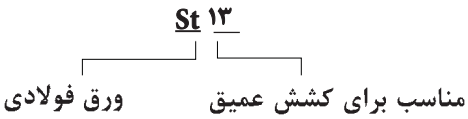
برای تسمه ها و ورقهایی که جنس آنها از فولاد غیرآلیاژی نرم است و برای کشش مناسب هستند، ازحروف شناسایی **St** استفاده می شود و پس از آن، اعداد ۱۲ تا ۱۴ درج می گردد.

۱۲: برای کشش معمولی

۱۳: برای کشش عمیق

۱۴: برای کشش عمیق و مخصوص

مثال:



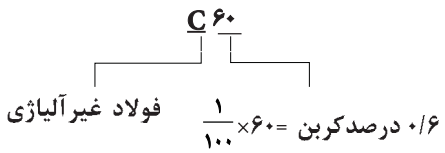
در این بخش، علاوه بر علائم یاد شده از علامت شیمیایی عناصری که در محصول نقش تعیین کننده دارند، نیز استفاده می شود. دراین گونه موارد، علائم شیمیایی به ترتیب درصد وزنی موجود در آلیاژ و با توجه به ضرایب مربوط از زیاد به کم نوشته می شود. جدول ۱-۱۰ ضرایب عناصر موجود در فولاد را نشان می دهد.

جدول ۱-۱۰- ضرایب عناصر موجود در فولاد

۱۰۰۰		۱۰۰		۱۰		۴	
B	بر	C	کربن	Ta	تانتالم	Al	آلومینیم	Cr	کرم
		S	گوگرد	Ti	تیتانیم	Be	بریلیم	Co	کبالت
		N	نیتروژن	V	وانادیم	Cu	مس	Mn	منگنز
		Cs	سزیم	Zr	زیرکنیم	Mo	مولیبدن	Ni	نیکل
				Pb	سرب	Nb	نیوبیم (کلمبیم)	Si	سیلیسیم
								W	تنگستن

حرف C، حرف شناسایی فولادهای غیر آلیاژی (کربنی) است که برای عملیات حرارتی سخت کاری و به سازی مناسب هستند. پس از حرف شناسایی، عددی نوشته می شود که معرف مقدار کربن موجود در آنها با ضریب $\frac{۱}{۱۰۰}$ است.

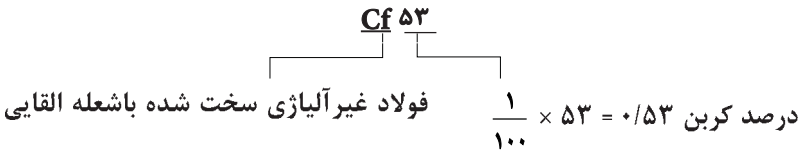
مثال:



برای معرفی فولادهای غیرآلیاژی نجیب با درجه خلوص بیشتر، پس از علامت شیمیایی C از حروف دیگری نیز استفاده می شود که دارای مفاهیمی به شرح زیر هستند:

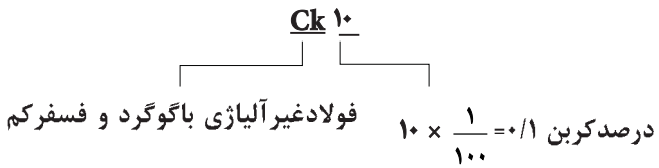
f= فولادهای سختکاری شده با شعله والقاء

مثال:



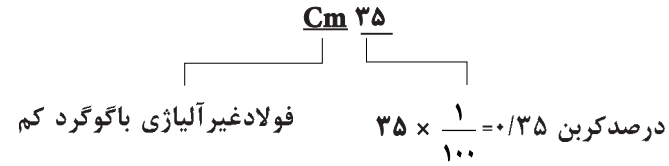
k= فولاد نجیب با محتوای گوگرد و فسفرکم

مثال:



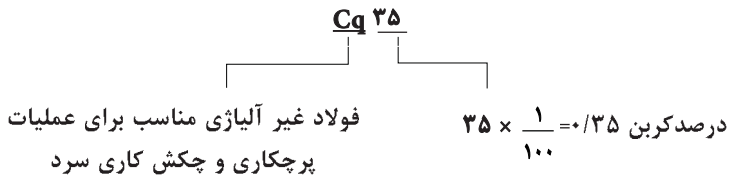
m= فولاد نجیب با محتوای گوگرد کم (۰/۰۲ تا ۰/۰۳۵ درصد)

مثال:



q= فولاد سخت شده سطحی، مناسب برای عملیات پرچکاری و چکش کاری سرد

مثال:

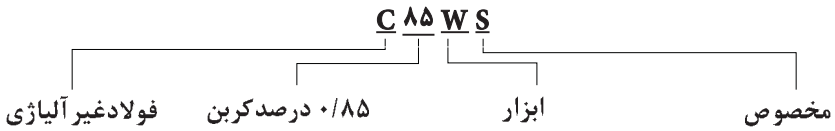


برای معرفی فولادهای ابزارسازی غیرآلیاژی، پس از علامت شیمیایی C و عدد معرف مقدارکربن با ضریب $\frac{۱}{۱۰۰}$ ، حرف W((ابزار) و سپس اعداد از ۱ تا ۳ یا حرف S نوشته می شود.

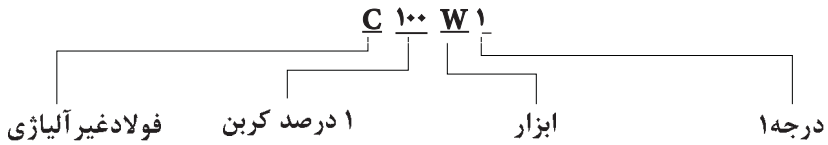
۱، ۲، ۳= درجه مرغوبیت

۳= مخصوص

مثال ۱:

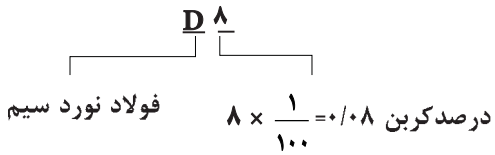


مثال ۲:



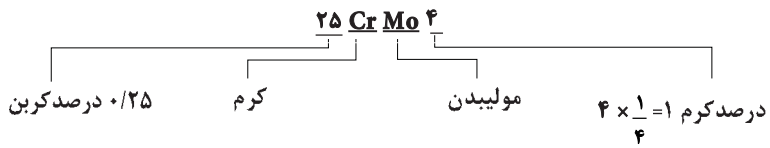
حرف شناسایی فولاد نورد سیم، حرف D است. پس از این حرف، عددی که معرف مقدار کربن موجود درآن با ضریب، $\frac{۱}{۱۰۰}$ است، نوشته می شود.

مثال:

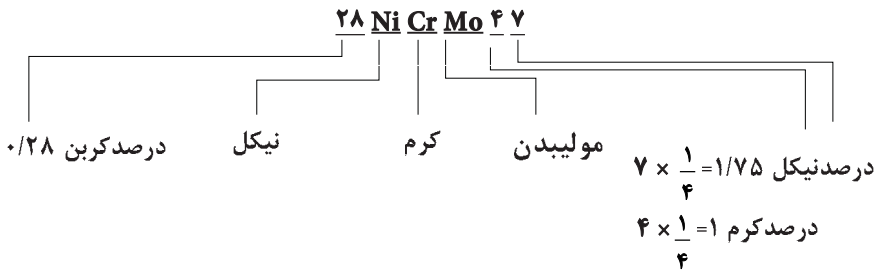


معرفی فولادهای کم آلیاژی را که مجموع عناصر تشکیل دهنده آنها از ۵ درصد کمتر باشد، بدون استفاده از علامت شیمیایی C با یک عدد آغاز می کنند. این عدد معرف مقدار درصد کربن موجود در آنها با ضریب $\frac{۱}{۱۰۰}$ است. پس از عدد معرف درصد کربن، علامت اختصاری شیمیایی سایر عناصر مهم به ترتیب درصد وزنی موجود درآلیاژ و با توجه به ضرایب داده شده در جدول ۱-۱۰ از زیاد به کم می نویسند.

مثال ۱:

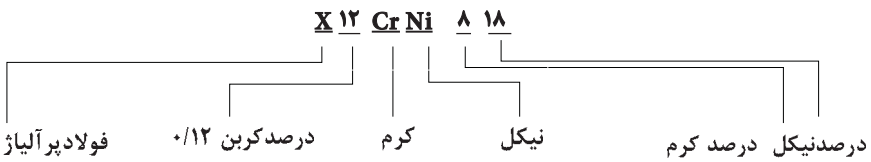


مثال ۲:



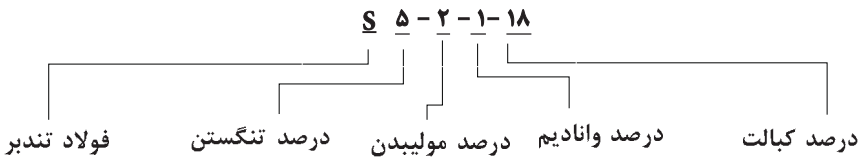
توجه: مقدار مولیبدن موجود در آلیاژ زیر ۱ درصد است و نوشته نشده است.

علامت شناسایی فولادهای پرآلیاژ که مجموع عناصر تشکیل دهنده آلیاژی آنها از ۵ درصد بیشتر است، با حرف X آغاز می شود. پس از این حرف، عددی وجود دارد که معرف مقدار درصد کربن با ضریب $\frac{۱}{۱۰۰}$ است. و پس از آن، علامتهای اختصاری شیمیایی سایر عناصر مهم به ترتیب درصد وزنی موجود درآلیاژ با ضریب ۱ نوشته می شود. مثال:



حرف شناسایی فولادهای تندبر حرف S است. پس از این حرف، عددی که معرف مقدار درصد وزنی تنگستن، مولیبدن، وانادیم و کبالت با ضریب ۱ است، درج می شود.

مثال:



۲-۱-۱۰- بخش روش تولید: حروفی که در این بخش به کار می رود فرآیند تهیه فولاد ویژگیهای برجسته و نحوه ریخته گری آنرا مشخص می کند. درجدول ۲-۱۰، مفاهیم این حروف را مشاهده می کنید.

جدول۲-۱۰

حروف مشخصه	مفهوم	مثال
A	فولاد مقاوم به تغییرات جوی	A 25 Cr Mo 4
G	مواد ریختگی	G -X12 Cr 14
P	مناسب برای قطعات تهیه شده در قالبهای بسته آهنگری	PSt 50 - 2
R	فولاد آرام شده هنگام ریختن در کوکیل	RSt 37 - 2
RR	فولاد آرام مخصوص	RR St 34 -7
RO	مخصوص لوله های جوشکاری	ROSt 37 - 3
S	مناسب برای جوشکاری	GTW - S38 - 12
T	مناسب برای دماهای پایین	TStE - 32
U	فولاد نا آرام	USt 37 - 2
WT	فولاد مقاوم به تغییرات آب و هوا	WTSt 37 - 3
Z	مخصوص کشش	ZSt 44 - 2

۳-۱-۱۰- بخش عملیات انجام شده: حروفی که در این بخش به کار می روند، مشخص کننده عملیات حرارتی، روش شکل دادن وکیفیت سطح در ورقهای ظریف است.

علامتهای مربوط به این بخش درآخر حروف و اعداد معرف فولاد نوشته می شوند.

در بعضی موارد، پس از حرف مربوط به بخش عملیات انجام شده، عددی قرار دارد که معرف استحکام کششی آن بر حسب دکا نیوتن بر میلیمتر مربع است.

در جدول ۳-۱۰ ، حروف معرف این بخش و مفاهیم آنها را به همراه یک مثال مشاهده می کنید.

جدول۳-۱۰

حروف مشخصه	مفهوم	مثال
G	آنیل[1] نرم شده است.	16 Mn Cr 5 G
K	در حالت سرد کشیده شده است.	95 Mn 28 K
N	آنیل نرمال شده است.	Ck 45 N
SH	پوسته های سطحی بر طرف شده است.	Ck 45 SH
U	عملیات حرارتی انجام نشده است.	St 37 - 2 U
V	عملیات[2] بهسازی انجام شده است.	42 Cr Mo 4 V 90

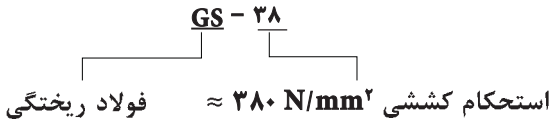
۱- منظور از آنیل یا تاباندن این است که فولاد را به آرامی تا رسیدن به دمای معینی گرم می کنند سپس تا زمانی معین آن را در این دما نگه می دارند؛ آنگاه آن را در محیطی بسته تا دمای محیط به تدریج خنک می کنند.

۲- سخت کردن فولاد همراه با برگشت دردمای بالا را بهسازی گویند؛ به این وسیله سماجت فولاد زیاد می شود و استحکام آن نیز بالا می رود.

۲-۱۰- نرم بندی فولادهای ریختگی

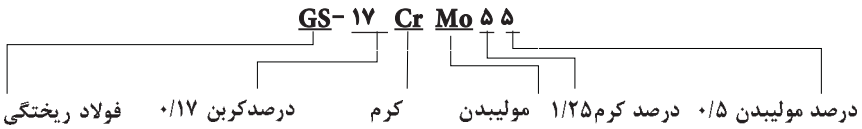
حروف شناسایی فولادهای ریختگی GS است. پس از این علامت، خط تیره و بعد از آن عددی وجود دارد که با ضرب آن درعدد ۹/۸۱ ، حداقل استحکام فولاد ریختگی بر حسب

نیوتن بر میلیمتر مربع به دست می آید. مثال:



برای معرفی فولاد ریختگی آلیاژی پس از حروف مشخصه GS و خط تیره، عددی نوشته می شود که معرف درصد وزنی کربن با ضریب $\frac{۱}{۱۰۰}$ است. پس از آن، علائم شیمیایی سایرعناصر مهم به ترتیب درصد وزنی موجود در آلیاژ و با توجه به ضرایب موجود در جدول ۱-۱۰ از زیاد به کم نوشته می شود.

مثال:



۳-۱۰- نرم بندی چدن ها

علامت شناسایی چدنها و مواد ریختگی حرف G است. و پس از آن، حروف دیگری که مشخص کننده نوع چدن یا روش ریخته گری قطعه ریختگی است، قرار دارند. در انتها و پس از خط تیره، عددی نوشته شده است که با ضرب کردن آن در عدد ۹/۸۱، استحکام کششی چدن بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع به دست می آید. در جدول ۴-۱۰، حروف مشخصه مفهوم و مثالی از چدنها را مشاهده می کنید.

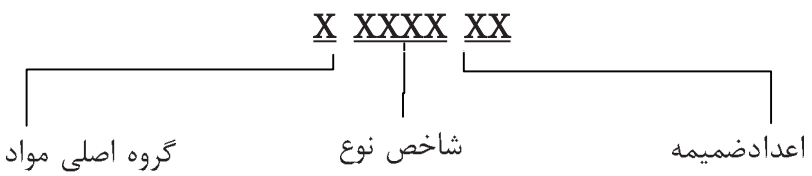
جدول ۴-۱۰

حروف مشخصه	مفهوم	مثال
GG	چدن خاکستری با گرافیت لایه ای	GG - 20
GGG	چدن خاکستری با گرافیت کروی (داکتیل)	GGG - 60
GTS	چدن چکش خوار (مالیبل) سیاه	GTS - 55
GTW	چدن چکش خوار (مالیبل) سفید	GTW - 35
GH	چدن سخت	GH - 15
GK	ریخته گری در قالب فلزی	GK - AlMg 3
GZ	ریخته گری گریز از مرکز	GZ - X 12 Cr 14

توجه: عدد درج شده درانتهای علامت چدن سخت، عمق نفوذ سختی آن را برحسب میلیمتر نشان می دهد (نه استحکام آن را).

۴-۱۰- شماره گذاری مواد طبق دین ۱۷ ۰۰۷ آلمان

در این سیستم، مشخصات مواد به کمک شماره گذاری معرفی می شود. شماره مواد از ۷ رقم (عدد) تشکیل شده و ساختار آن به قرار زیر است:



۱-۴-۱۰- گروه اصلی مواد: گروه اصلی مواد به کمک عددهای یک رقمی با مفاهیم زیر مشخص می شود:

۰= آهن خام، آلیاژهای آهن دار، چدن

۱= فولاد، فولاد ریختگی

۲= فلزات غیر آهنی سنگین

۳= فلزات سبک

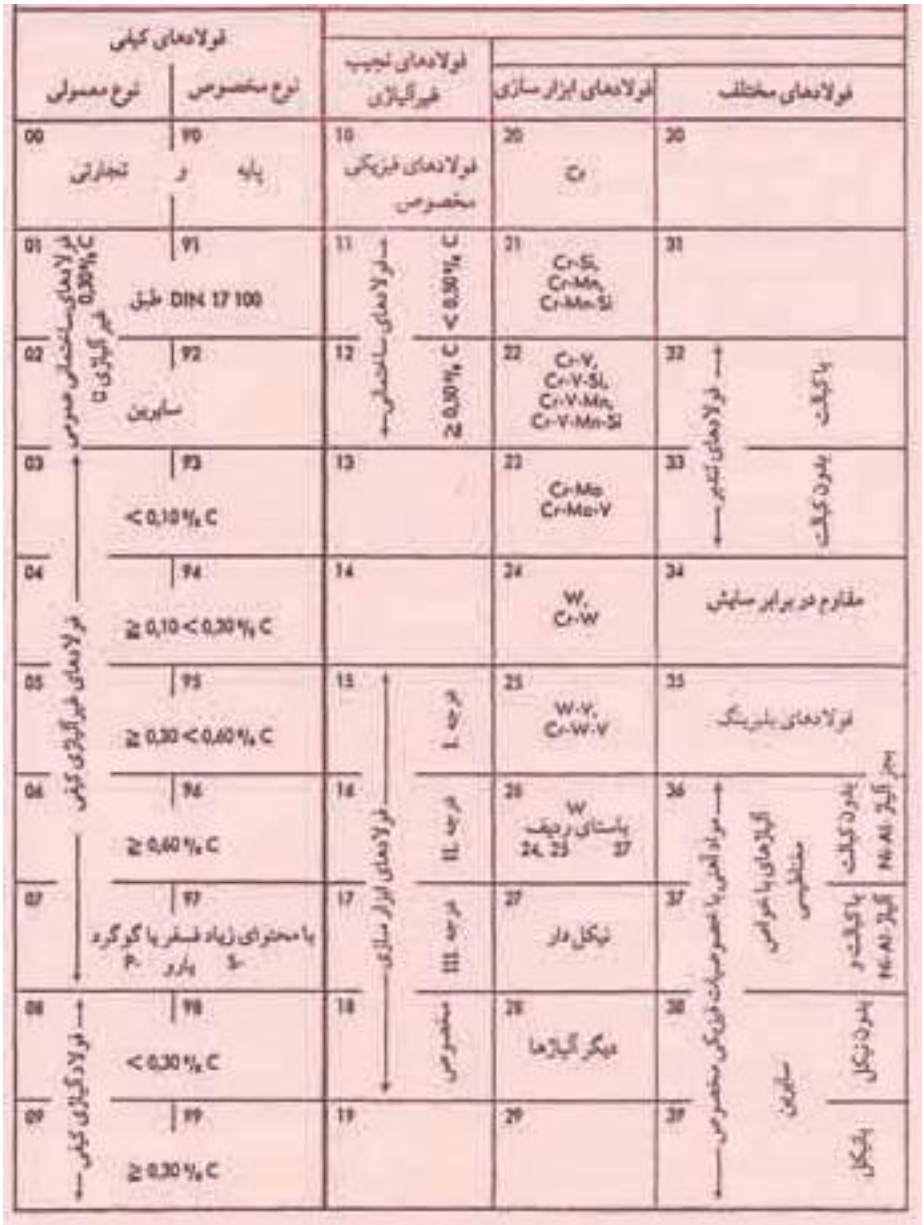
۴ تا ۸= مواد غیر فلزی

۹= آزاد برای سایر مصارف یا کاربرد داخلی

۲- ۴-۱۰- شاخص نوع: رقمهای دوم و سوم از سمت چپ، مشخص کنندهٔ نوع مواد است. جدول ۵-۱۰ شماره نوع فولادها و مفهوم آن را نشان می دهد.

رقمهای چهارم و پنجم از سمت چپ، نشان دهنده شماره عددی هستند. شماره عددی هیچ مطلبی را درباره ترکیب شیمیایی بیان نمی کند.

جدول ۵-۱۰


فولادهای کیفی
نوع مخصوص
نوع معمولی
فولادهای نجیب غیرآلیاژی
فولادهای ابزارسازی
فولادهای مختلف
00
90
پایه و تجارتی
10
فولادهای فیزیکی مخصوص
20
Cr
20
01
91
طبق DIN 17 100
11
< 0,50 % C
21
Cr-Si,
Cr-Mn,
Cr-Mn-Si
31
02
92
سایرین
12
≥ 0,50 % C
22
Cr-V,
Cr-V-Si,
Cr-V-Mn,
Cr-V-Mn-Si
32
با کبالت
بدون کبالت
03
93
< 0,10 % C
13
23
Cr-Mo
Cr-Mo-V
33
04
94
≥ 0,10 < 0,30 % C
14
24
W,
Cr-W
34
مقاوم در برابر سایش
05
95
≥ 0,30 < 0,60 % C
15
درجه I
25
W-V,
Cr-W-V
35
فولادهای بلبرینگ
06
96
≥ 0,60 % C
16
درجه II
26
W
پاستای ردیف
24, 25 27
36
07
97
با محتوای زیاد فسفر یا گوگرد
یا بور
درجه III
27
نیکل دار
37
08
98
< 0,30 % C
18
مخصوص
28
دیگر آلیاژها
38
09
99
≥ 0,30 % C
19
29
39
فولادهای ساختمانی عمومی
0,30 % C
غیرآلیاژی
فولادهای ساختمانی
فولادهای ابزارسازی
فولادهای غیرآلیاژی کیفی
فولادآلیاژی کیفی
مواد آلیاژی با خصوصیات فیزیکی مخصوص
فولادهای تندبر
آلیاژهای با خواص مغناطیسی
بدون کبالت
با کبالت و آلیاژ Ni-Al
بدون نیکل
سایرین
با نیکل

فولادهای نجیب					
فولادهای نجیب آلیاژی					
مواد مقاوم در مقابل عوامل شیمیایی		فولادهای ساختمانی			
40	فولادهای ضد زنگ با < 2,0 % Ni بدون مولیبدن و سایر عناصر	50 Mn, Si, Cu	60 Cr-Ni ≧ 2,0 < 3,0 % Cr	70 Cr	80 Cr-Si-Mo, Cr-Si-Mn-Mo, Cr-Si-Mo-V, Cr-Si-Mn-Mo-V
41	با مولیبدن و بدون سایر عناصر	51 Mn-Si, Mn-Cr	61	71 Cr-Si, Cr-Mn, Cr-Si-Mn	81 Cr-Si-V, Cr-Mn-V
42		52 Mn-Cu, Mn-V, Si-V, Mn-Si-V	62 Ni-Si, Ni-Mn, Ni-Cu	72 Cr-Mo < 0,35 % Mo	82 Cr-Mo-W, Cr-Mo-W-V
43	فولادهای ضد زنگ با ≧ 2,0 % Ni بدون مولیبدن و سایر عناصر	53 Mn-Ti, Si-Ti, Mn-Si-Ti, Mn-Si-Zr	63 Ni-Mo, Ni-Mo-Mn, Ni-Mo-V, Ni-V-Mn, Ni-Cu-Mo	73 Cr-Mo ≧ 0,35 % Mo	83
44	با مولیبدن و بدون سایر عناصر	54 Mo به انضمام Mn, Si, Nb, Ti, V, W, Cr-W, Cr-V-W	64	74	84 Cr-Si-Ti, Cr-Mn-Ti, Cr-Si-Mn-Ti
45	با سایر عناصر	55	65 Cr-Ni-Mo < 0,4 % Mo + < 2,0 % Ni	75 Cr-V < 2,0 % Cr	85 فولاد نیتروژه
46		56 Ni	66 Cr-Ni-Mo < 0,4 % Mo + ≧ 2,0 < 3,5 % Ni	76 Cr-V ≧ 2,0 % Cr	86
47	فولادهای مقاوم به حرارت با < 2,0 % Ni	57 Cr-Ni < 1,0 % Cr	67 Cr-Ni-Mo < 0,4 % Mo + ≧ 3,5 < 5,0 % Ni oder ≧ 0,4 % Mo	77 Cr-Mo-V	87
48	با ≧ 2,0 % Ni	58 Cr-Ni ≧ 1,0 < 1,5 % Cr	68 Cr-Ni-V, Cr-Ni-W, Cr-Ni-V-W	78	88 آلیاژهای سخت
49	مواد مقاوم در دمای بالا	59 Cr-Ni ≧ 1,5 < 2,0 % Cr	69 Cr-Ni بجز ردیف 57 bis 68	79 Cr-Mn-Mo, Cr-Mn-Mo-V	89

۳- ۴-۱۰- **اعداد ضمیمه:** رقم ششم، شماره مواد فرآیند تهیه فولاد و رقم هفتم، وضعیت عملیات حرارتی آن را مشخص می کند. در زیر مفاهیم رقم ششم را مشاهده می **کنید.**

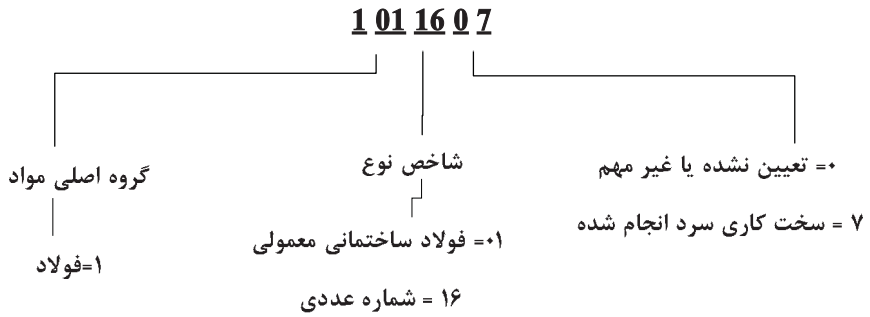
شماره	مفهوم
۰	تعیین نشده یا غیر مهم
۱	فولاد ناآرام توماس
۲	فولاد آرام توماس
۳	نوع دیگر ذوب، نا آرام
۴	نوع دیگر ذوب، آرام
۵	فولاد ناآرام زیمنس- مارتین
۶	فولادآرام زیمنس- مارتین
۷	فولاد ناآرام تهیه شده با روش L -D (دمش اکسیژن)
۸	فولاد آرام تهیه شده با روشL -D (دمش اکسیژن)
۹	فولاد تهیه شده درکوره قوس الکتریکی

مفهوم اعداد رقم هفتم شماره مواد به قرار زیر است:

شماره	مفهوم
۰	بدون عملیات حرارتی
۱	آنیل نرمال شده است.
۲	آنیل نرم شده است
۳	عملیات حرارتی برای اصلاح قابلیت براده برداری انجام شده است
۴	به سازی برای افزایش چقرمگی
۵	به سازی برای افزایش مقاومت کششی انجام شده است
۶	به سازی برای افزایش سختی انجام شده است

۷	سخت کاری سرد انجام شده است
۸	سخت کاری سرد با سختی فنری انجام شده است
۹	عملیات حرارتی طبق داده های خاص انجام شده است

مثال ۱:



مثال۲: شماره مواد را برای فولاد ۲- St ۳۷ ، فولاد آرام، زیمنس مارتین و آنیل نرمال را به دست آورید.

پاسخ:

۱.۰۰ ۳۷ . ۶۱

۵-۱۰- نرم بندی فولادها طبق استاندارد اروپا

در استاندارد اروپا، انواع فولادها به سه گروه: فولادهای پایه، فولادهای کیفی و فولادهای نجیب تقسیم شده است.

۱- ۵-۱۰- فولادهای پایه: فولادهایی هستند که خواص کاربردی مخصوصی از آنها انتظار نمی رود و حداکثر مقدار مجاز کربن در آنها ۰/۱ درصد در نظر گرفته شده است.

عملیات حرارتی روی آنها مشخص نبوده وحداقل استحکام کششی آنها ۶۹۰ نیوتن بر میلیمتر مربع است.

۲- ۵-۱۰- فولادهای کیفی: فولادهای کیفی فولادهایی هستند که با توجه به

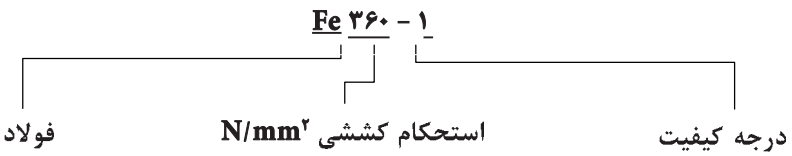
کیفیت سطحی زمینه وغیر حساس بودن در مقابل شکنندگی، هنگام تولید دقت زیادی را طلب می کنند؛ مانند فولادهای غیر آلیاژی جهت به سازی و سخت کاری سطحی، فولادهای قابل جوشکاری، فولادهای قابل تغییر شکل سرد وگرم، ورقهای کشش عمیق، فولادهای اتومات، فولادهای آلیاژی دانه ریز، فولادهای سیلیسیم و منگنز دار و فولادهای مقاوم به سایش.

۳-۵-۱۰- فولادهای نجیب: فولادهایی که روی آنها با دقت زیاد کارشده است و هنگام عملیات حرارتی در تمام نقاط آنها خواصی یکسان به وجود آمده است، فولادهای نجیب به شمار می آیند؛ مانند فولاد غیرآلیاژی جهت به سازی یا سخت کاری سطحی، فولادهای ابزار و تمام فولادهایی که جزو فولادهای آلیاژی نیستند.

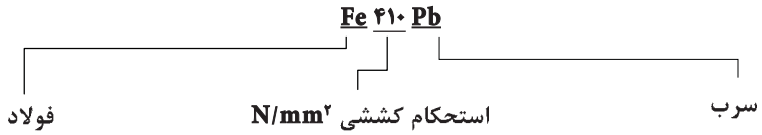
۴-۵-۱۰- نرم بندی فولادها برحسب خواص مکانیکی: در این روش، علائم اختصاری با حروف قراردادی آغاز می شود و سپس عدد مربوط به استحکام کششی یا تنش تسلیم برحسب نیوتن بر میلیمتر مربع قرار می گیرد. در پایان علامت، یک عدد درجه کیفیت آن را معرفی می کند.

حروف قراردادی	مفهوم
Fe	فولاد
FeG	فولاد ریختگی
FeE	فولاد مخصوص جوشکاری

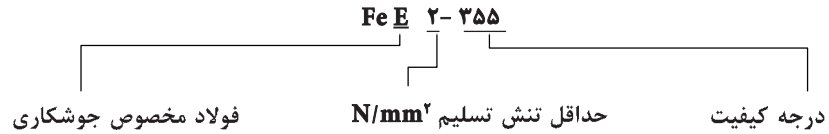
مثال ۱:



مثال ۲:



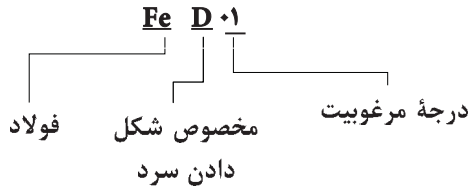
مثال ۳:



۵- ۵-۱۰- نرم بندی فولادها بر اساس اهداف کاربردی: در این حالت، بعد از علامت نوع فولاد، حروفی قرار می گیرند که معرف ویژگیهای فولاد هستند. در صفحه بعد، حروف مشخصه، اهداف کاربردی و مفهوم آنها را مشاهده می کنید.

حروف مشخصه	مفهوم
M	خواص مغناطیسی ویژه برای ورق با دانه بندی مخصوص
P	مخصوص کشش عمیق
D	مخصوص شکل دادن سرد
R	مخصوص تولید لوله های جوشکاری یا پروفیلهای سرد کار

مثال:



۶-۵-۱۰- نرم بندی فولاد بر اساس کیفیتهای مخصوص: در زیر حروف مشخصه مربوط به کیفیتهای مخصوص مفهوم آنها داده شده است.

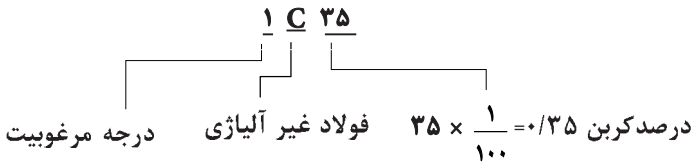
بر اساس نوع دی اکسیداسیون		
حروف	مفهوم	مثال
FU	فولاد ناآرام	
FN	فولاد آرام	Fe ۴۲۰ - ۲ FN
FF	فولاد آرام مخصوص	
بر اساس خواص کاربردی ویژه		
FD	مخصوص شکل دادن سرد	
KZ	مخصوص کشش	
KW	مخصوص کاردر دماهای بالا	Fe ۳۶۰ - ۱ KW
بر اساس نوع سطح		
MB	عملا بدون عیب	FeP۰۳ MB RP
RM	مات	
RL	صاف	FeP۰۳ RL
RN	براق	
بر اساس نوع تغییر شکل		
HK	تغییر شکل سرد	Fe ۵۰۰ -۲ HK

HW	تغییر شکل گرم	
بر اساس نوع عملیات حرارتی		
TA	آنیل تنش زدایی	
TB	آنیل نرم	
TC	آنیل شده	
TD	آنیل نرمال	Fe ۳۵۰ -۳ TD
TF	بهسازی شده	

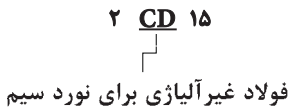
۷- ۵-۱۰- نرم بندی فولادها بر اساس ترکیب شیمیایی: در زیر نمونه هایی از این نرم بندیها را مشاهده می کنید.

- فولادهای غیرآلیاژی:

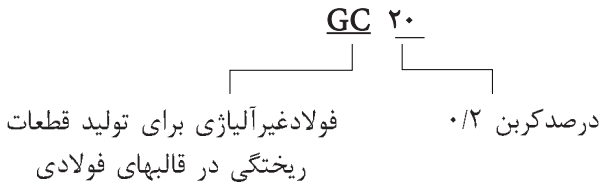
مثال ۱:



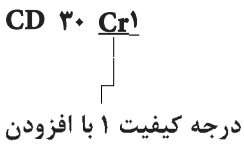
مثال ۲:



مثال ۳:

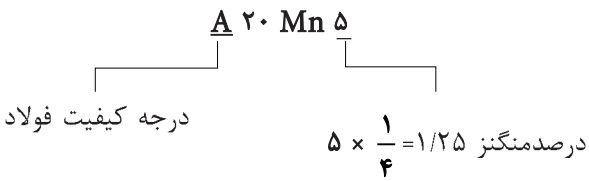


مثال ۴ :



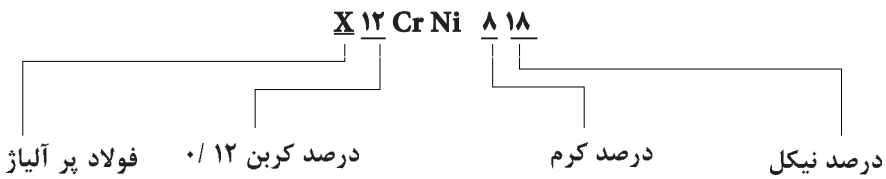
- فولادهای کم آلیاژ (مقدار هر عنصر آلیاژی کمتر از ۵ درصد): در علامت اختصاری فولادهای کم آلیاژ مقدار درصد وزنی عناصر تشکیل دهنده آلیاژ، با در نظر گرفتن ضرایب جدول ۱-۸ به ترتیب از کم به زیاد نوشته می شود.

مثال ۱:



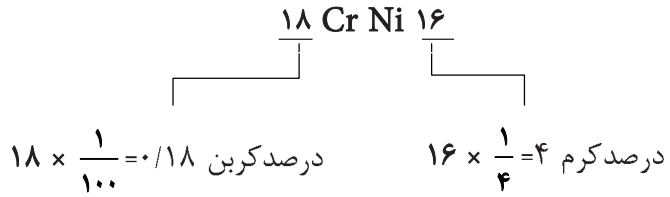
مثال ۲:

مثال ۳:



- فولادهای پر آلیاژ (مقدار هر عنصر آلیاژی بیش از ۵ درصد):

مثال :



۶-۱۰-نرم بندی فلزات غیرآهنی و آلیاژهای آنها[1]

۱-۶-۱۰- نرم بندی فلزات غیرآهنی

علامت مشخصه فلزات غیرآهنی خالص، علامت اختصاری شیمیایی آنها و یک عدد است. درجه خلوص آنها برحسب درصد و به وسیلهٔ یک عدد نشان داده می شود.

- مثال:

Pb ۹۸.۵	Sn ۹۸	Zn ۹۹.۹۹	Al ۹۹
سرب بادرجه خلوص ۹۸/۵	قلع با درجه خلوص ۹۸	روی با درجه خلوص **۹۹ /۹۹**	آلومینیم با درجه خلوص **۹۹**

در نرم بندی فلزات غیرآهنی، مس یک استثناست و درجه خلوص آن به جای اعداد با حروف**A** تا **F** نشان داده می شود. **A** معرف کمترین درجه خلوص (۹۹ درصد) و **F** معرف بیشترین درجه خلوص (۹۹/۹ درصد) است. مانند **KE - Cu** که معرف مس کاتدیک الکترولیزی با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد است و در مصارف الکتریکی با هدایت الکتریکی عالی مورد استفاده دارد.

در جدول ۶-۱۰ علامت مشخصه، درصد خلوص و مورد استفاده نمونه هایی از مس را مشاهده می کنید.

۷-۱۰- نرم بندی آلیاژهای فلزات غیرآهنی

آلیاژهای فلزات غیرآهنی به دو گروه آلیاژهای ریختگی و آلیاژهای خمیری تقسیم می شود. آلیاژهای ریختگی را می توان بخوبی ریخته گری کرد و با روشهای مختلفی مانند ریخته گری در قالب ماسه ای، ریخته گری گریز از مرکز و ریخته گری تحت فشار، فرم داد (شکل ۱-۱۰) ۰ آلیاژهای خمیری را می توان در حالت سرد یا گرم با روش بدون براده برداری فرم داد (شکل۱-۱۰). از روشهایی که برای این منظور به کار می روند، می توان نوردکاری، پرس کردن (رانش)، کشیدن و فرم دادن در قالبهای فشاری را نام برد. از آلیاژهای

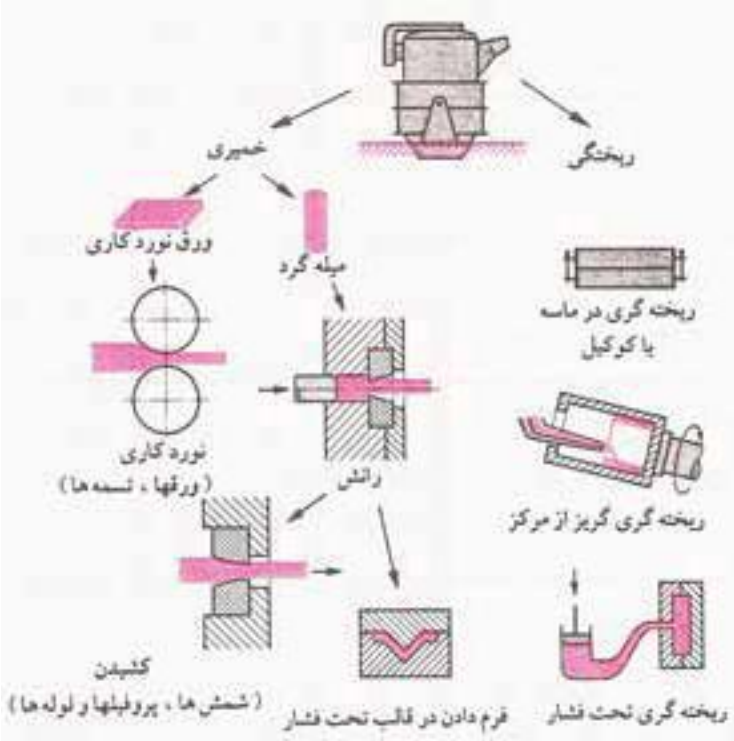
۱- طبق استاندارد (DIN۱۷۰۰۱-۵۴)

خمیری، با استفاده از یکی از روشهای یاد شده می توان انواع نیمه ساخته ها را به فرم های شمش، میله، ورق، لوله و پروفیل تولید کرد.

جدول۶-۱۰:علامت مشخصه، درصد خلوص وموارد استفاده مس

جدول ۱ـ۱۰ـ علامت مشخصه ، درصد خلوص و موارد استفاده از مس			
انواع مس		در صد خلوص	موارد استفاده
اکسیژن دار	بدون اکسیژن		
—	SA — Cu	۹۹/۰	لوله های آتش (تنوره سماور) انگشتی ها ، ساختن دستگاههای برقی
—	SB — Cu	۹۹/۲۵	لوله هایی که در کشتی سازی به کار می روند .
C — Cu	—	۹۹/۵	نیمه ساخته های غیر قابل جوشکاری ، لحیم کاری و ریخته گری
D — Cu	SD — Cu	۹۹/۸	نیمه ساخته های قابل جوشکاری و لحیم کاری سخت ، قابلیت تغییر شکل در نوع بدون اکسیژن آن
F — Cu	SF — Cu	۹۹/۹	
E — Cu	SE — Cu	۹۹/۹	نوع اکسیژن دار برای تهیه نیمه ساخته های مورد مصرف در صنایع الکتریکی . نوع بدون اکسیژن برای تهیه قطعاتی که لازم است قابلیت جوشکاری ، هدایت و تغییر فرم خوبی داشته باشند .

شکل۱-۱۰: کاربرد آلیاژهای ریختگی وخمیری

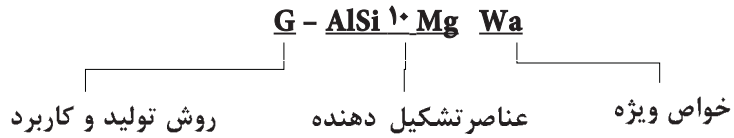


علامتهایی که برای معرفی آلیاژهای فلزات غیرآهنی به کارمی روند طبق دین ۱۷۰۰ شامل سه بخش عمده به شرح زیر هستند.

. روش تولید و کاربرد

. عناصر تشکیل دهنده

. خواص ویژه



۱-۷-۱۰- علائم بخش روش تولید و کاربرد: در این بخش، به کمک یک یا دو حرف، روش تولید و کاربرد آلیاژ معرفی می شود مطابق جدول ۷-۱۰:

جدول ۷-۱۰

حروف مشخصه	مفهوم	مثال	
G	ریخته گری	GD-MgAl۸Zn۱	آلیاژ ریخته گری تحت فشار منیزیم آلومینیم با ۸ د رصد آلومینیم و ۱درصد روی
GD	ریخته گری تحت فشار		
Gk	ریخته گری درقالب فلزی		
Gz	ریخته گری گریزازمرکز		
Gc	ریخته گری مداوم		
GL	فلزات لغزشی		
Lg	فلزات یاتاقان		
L	لحیم		

۲-۷-۱۰-علائم بخش عناصر تشکیل دهنده: در این بخش با استفاده از حروف عناصر تشکیل دهنده به کمک اعداد درصد وزنی آنها معرفی می شود مطابق جدول ۸-۱۰.

جدول ۸-۱۰

حروف مشخصه	مفهوم	مثال
Al	آلومینیم	Mg۳Al آلیاژ آلومینیم -منیزیم با ۳درصد منیزیم و بقیه آلومینیم
Cu	مس	
Fe	آهن	Al Si ۱۰ Mg آلیاژآلومینیم، سیلیسیم با ۱۰ درصدسیلیسیم مقدارکمی منیزیم وبقیه آلومینیم
Pb	سرب	
Sn	قلع	
Zn	روی	

۳-۷-۱۰- علائم بخش خواص ویژه: در این بخش، علائم وضعیت عملیات حرارتی، سختی یا حداقل استحکام کششی آلیاژ با قرار دادن حرف F قبل از عدد مربوط، آورده می شود مطابق جدول ۹-۱۰.

جدول ۹-۱۰

علائم وضعیت عملیات حرارتی و سختی	مفهوم	مثال
g	آنیل شده	
ku	تغییر شکل سرد	
wu	تغییر شکل گرم	
wa	پیر سختی گرم	
ka	پیر سختی سرد	
w	نرم	

h	سخت	C- Cu h سخت درجهٔ خلوص ۹۹/۵
z	کشیده شده	
wh	نورد شده	Al ۹۹ wh آلومینیم با درجه خلوص۹۹ نوردشده
p	پرس شده	

مثال:

آلیاژ خمیری مس و روی (برنج) با۴۰ درصد روی، ۲ درصد سرب و بقیه مس

در علامتگذاری سیستماتیک، نخستین رقم از سمت چپ شماره مواد، مربوط به اعداد مشخصه گروه اصلی مواد (جدول ۱۰-۱۰) و مفهوم آن به قرار زیر است:

۲- فلزات غیرآهنی سنگین

۳- فلزات سبک

شماره های شاخص نوع (رقم دوم و پنجم) ترکیبات، نوع و مقدار افزوده آلیاژ را معرفی می کند. رقم ششم نوع عملیات حرارتی و رقم هفتم مراحل انجام کاری را مشخص می کند که به وسیلهٔ عملیات حرارتی به دست آمده است.

جدول۱۰-۱۰: شماره های مشخصه در علامتگذاری سیستماتیک فلزات غیر آهنی

گروه عملیات حرارتی	مکان ۵	فلز اصلی	شماره نوع
بدون عملیات حرارتی	0	مس	2.0000...2.1799
نرم	1	روی، آلومینیم	2.2000...2.2499
سختکاری سرد نرم (سخت کاری سبک)	2	منیزیم	2.3000...2.3499
سختکاری سرد ۱/۲ (سخت و بالای آن)	3	تیتانیم	2.3500...2.3999
آنیل محلول سازی، بدون عملیات مکانیکی بعدی	4	بریلیم، کبالت	2.4000...2.4999
آنیل محلول سازی، ماشینکاری سرد بعدی	5	فلزات خالص	2.5000...2.5999
سختکاری رسوبی گرم، بدون عملیات مکانیکی بعدی	6	فلزات با بعدی فوق بالا	2.6000...2.6999
سختکاری رسوبی گرم، ماشینکاری سرد بعدی	7	آلومینیم	3.0000...3.4999
تنش زدائی، بدون سختکاری سرد قبلی	8	منیزیم	3.5000...3.5999
عملیات حرارتی خاص (مثلاً آنیل پایداری)	9	تیتانیم	3.7000...3.7999

مثال: شماره کامل مواد برای NCI 60 15 ، سختکاری سرد با نورد و تنش زدائی شده: 2.4867.21

مراجع

- سایت دانشنامه رشد: daneshnameh.roshd.ir

- سایت شرکت فولاد مبارکه اصفهان: www.mobarakeh.com

- سایت شرکت ذوب آهن اصفهان: www.esfahansteel.com

- سایت ستاد ویژه توسعه فناوری نانو: www.nano.ir

- اسمیت، ویلیام فورچن، «ساختار، خواص و کاربرد آلیاژهای مهندسی»، ترجمه علی اکبر اکرامی، مرتضی سیدریحانی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، چاپ اول، ۱۳۸۳.

- تویسرکانی، حسین، «اصول علم مواد»، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ دوم ۱۳۸۰.

-اردشیر طهماسبی، «آلومینیم»، انتشارات جامعه ریخته گران ایران، چاپ اول اردیبهشت ۱۳۶۴

-پرویز دوامی- جلال حجازی، «درس فنی سال چهارم»، آموزش فنی ریخته گری، وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۴

- «The Making, **Shaping and Treating of Steel», Editor: David H. Wakelin, 1999,** The AISE Steel Foundation.

- **M. F. Ashby, P. J. Ferreira, D. L. Schodek, «Nanomaterials, Nanotechnologies and Design», 2009, Elsevier.**

- **H. J. Quadbeck-Seeger, «World of the Elements Elements of the World», 2007, Wiley-VCH.**

- **Fathi Habashi, «Alloys Preparation, Properties, Applications», 1998, Wiley-VCH.**

- **Fathi Habashi, «Handbook of Extractive Metallurgy», 1997, Wiley-VCH.**

- Alan M. Russell, Kok Loong Lee, «Structure- Property Relations in Nonferrous Metals», 2005 ,John Wiley & Sons.