



بِنامِ خدا

جلسه نهم

دیاگرام آهن - کربن و فازها

مدرس: محمد بابازاده آغ اسماعیلی

مقدمه

❖ از آنجایی که متالورژی فیزیکی آلیاژهای آهنی بر اساس نمودار تعادلی آهن - کربن استوار است در این بحث ابتدا نمودار مزبور مطالعه می شود و سپس انواع مختلف فازها و ساختارهای میکروسکوپی موجود در آلیاژهای آهنی بررسی می گردد. در انتها اثر عناصر آلیاژی بر روی دماهای بحرانی و مناطق مختلف فازی توضیح داده می شود.

آلوتروپی آهن خالص



✓ α : آهن خالص با شبکه کریستالی

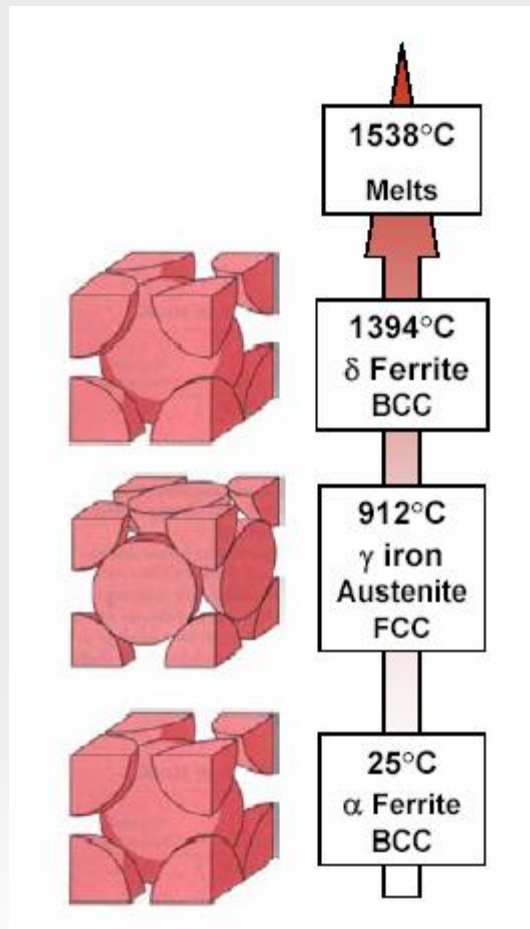
مکعب مرکز دار

✓ γ : آهن خالص با شبکه کریستالی

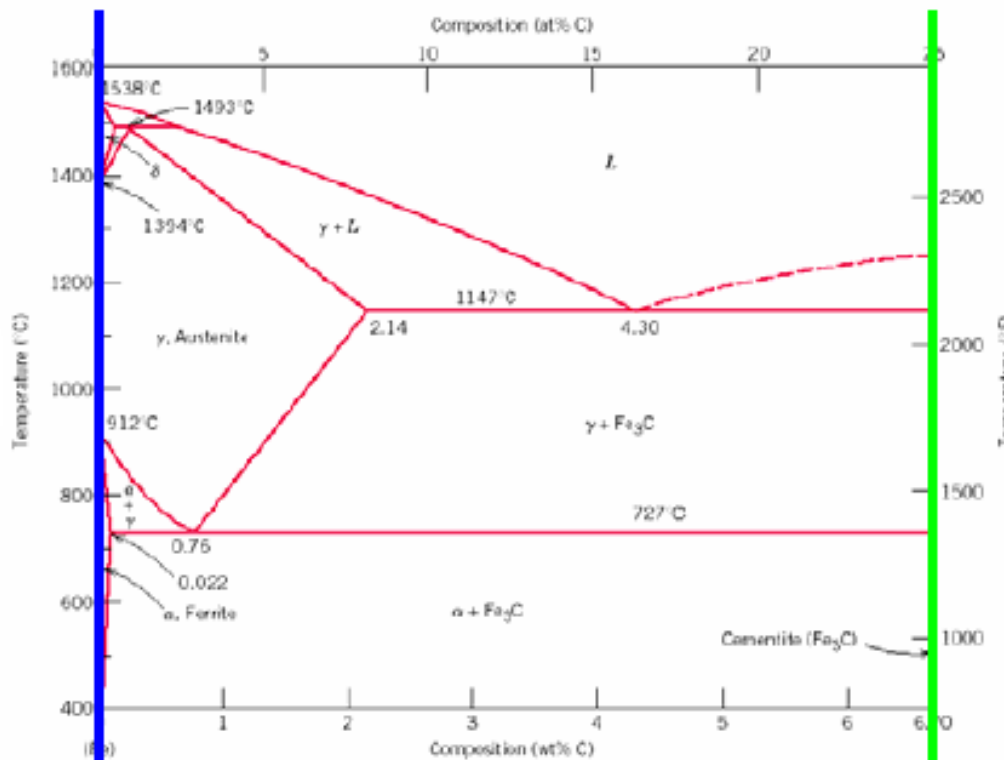
مکعب با وجوه مرکز دار

✓ δ : آهن خالص با شبکه کریستالی

مکعب مرکز دار



دیاگرام آهن - کربن



Pure Fe

Fe₃C
cementite
6.70 wt% C



فازهای موجود در دیاگرام آهن - کربن

■ آستنیت

عبارت است از محلول جامد بین نشینی کربن در آهن با شبکه کریستالی مکعب با وجوه مرکزدار (FCC). با اضافه شدن کربن منطقه پایداری آستنیت از ۱۳۹۷-۹۱۲ درجه سانتیگراد که دامنه تشکیل و پایداری آهن آستنیتی است، به دامنه وسیعی از درجه حرارت و ترکیب شیمیایی، افزایش می‌یابد. حداکثر حلالیت کربن در آستنیت، در ۱۱۴۸ درجه سانتیگراد می‌باشد و ۲/۱۱ درصد می‌رسد.



فازهای موجود در دیاگرام آهن - کربن

■ فریت α

محلول جامد بین نشینی کربن در آهن با شبکه کریستالی مکعب مرکزدار (BCC) به فریت موسوم است. حلالیت کربن در آهن فریت به مراتب کمتر از آهن آستنیت می باشد. بطوریکه حد حلالیت کربن در فریت حداکثر ۰.۲ / ۰ درصد در ۷۲۷ درجه سانتیگراد می باشد با کاهش درجه حرارت بطور ممتد کاهش یافته و در درجه حرارت اتاق به مقدار ناچیزی (۰.۰۰۲ / ۰) درصد خواهد رسید.



فازهای موجود در دیاگرام آهن - کربن

■ فریت δ

عبارت است از محلول جامد بین نشینی کربن در آهن دلتا، از آنجایی که درجه حرارت معمولی شروع عملیات حرارتی در منطقه آستنیت می باشد و فریت دلتا نیز در دماهای پایین تر به آستنیت تبدیل می شود، فریت دلتا فقط از نظر علمی مورد بررسی قرار گرفته و کاربرد صنعتی چندانی ندارد.

از آنجایی که فریت دلتا اولین فازی است که در ضمن انجماد و جوشکاری فولاد تشکیل می شود، شبیهی غلظتی ناشی از عناصر آلیاژی و یا ناخالصی ها و همچنین جدایش بین دندریتی در ضمن تشکیل این فاز به وجود می آیند.

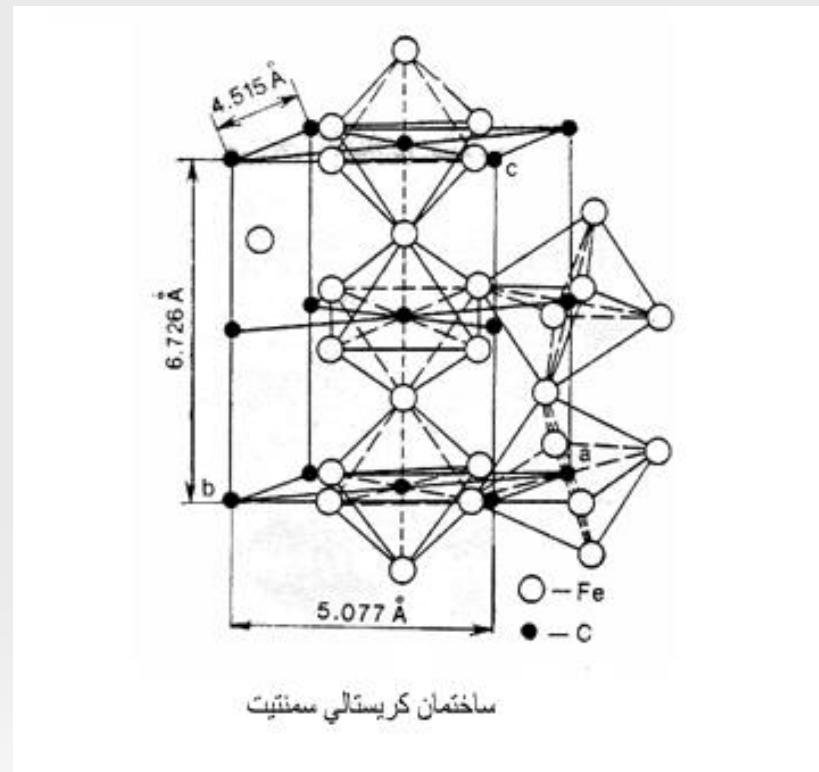


فازهای موجود در دیاگرام آهن - کربن

■ کاربرد آهن (سمنتیت)

در صورتی که درصد کربن در فولادها و آلیاژهای آهن-کربن بیشتر از حد حلالیت آن در آستنیت و یا فریت باشد فازهای جدید موسوم به کاربید آهن یا سمنتیت به وجود می‌آید. کاربرد آهن فازی است کاملاً متفاوت از محلولهای جامد فریت و آستنیت. این فاز ترکیبی است با نسبت ثابت و مشخص یک اتم کربن و سه اتم آهن که دارای ۶۷/۶ درصد کربن بوده و به صورت Fe_3C نشان داده می‌شود

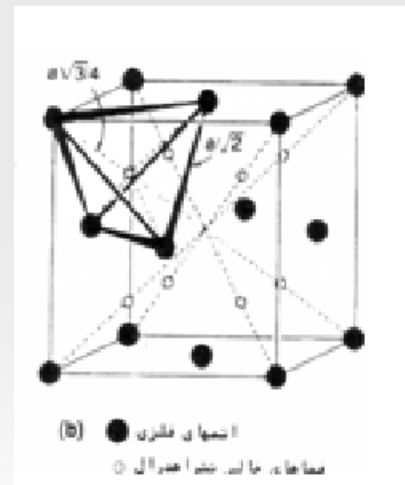
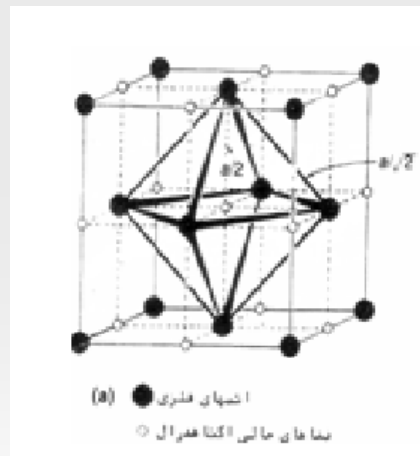
فازهای موجود در دیاکرام آهن - کربن



فضاهای بین نشین

✓ آستنیت

در آستنیت دو نوع حفره یا فضای بین نشین وجود دارد که اتم های کربن می توانند در آن جای گیرند.

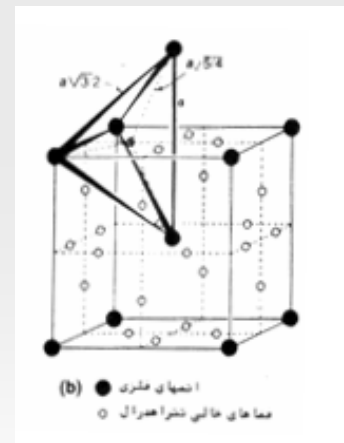
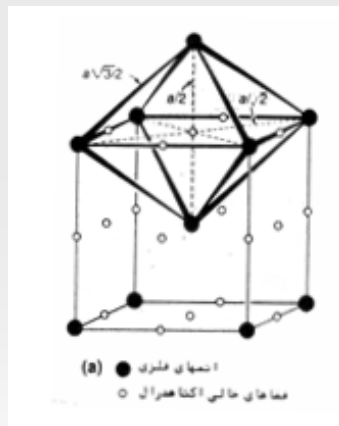


فضاهای بین نشین



✓ فریت

در فریت دو نوع حفره یا فضای بین نشین وجود دارد که اتم های کربن می توانند در آن جای گیرند.



دماهای بحرانی

■ فصل مشترك بين مناطق فازی مختلف در نمودار تعادلی آهن - کربن مشخص کننده دماهای بحرانی استحاله های مختلفی هستند که ممکن است در آلیاژهای آهن - کربن انجام گیرد.

این دماها عبارتند از:

✓ A_1 فصل مشترك منطقه دو فازی فریت- آستنیت.

✓ A_3 که فصل مشترك بين منطقه دو فازی فریت - آستنیت و منطقه تک فازی آستنیت.

✓ A_{cm} ، که فصل مشترك بين منطقه دو فازی سمنتیت - آستنیت و منطقه تک فازی آستنیت.

دماهاي بحراني



- دماهاي بحراني تابع سرعت گرم شدن ، سرعت سرد شدن و همچنین ترکیب شیمیایی فولاد هستند.
- ✓ با گرم کردن سریع باعث می شود که زمان قرار گرفتن نمونه در درجه حرارت بحرانی تعادلی برای انجام دیفوزیون کامل نباشد و بنابراین استحاله در درجه حرارتی بالاتر از درجه حرارت بحرانی تعادلی انجام گیرد.

دماهای بحرانی

✓ همچنین سرد کردن سریع باعث می شود که استحاله در درجه حرارتی پایین تر از درجه حرارت بحرانی تعادلی انجام گیرد.

✓ عناصری که پایدارکننده آستنیت می باشند دماهای بحرانی A_{C3} و A_{C1} را کاهش می دهند، اثرات عناصر مزبور با علامت منفی در روابط فوق مشخص شده اند. از طرف دیگر عناصر که تثبیت کننده فریت یا کاربید هستند، دماهای بحرانی A_{C1} و A_{C3} را افزایش می دهند.



جلسه هفتم و هشتم

استاندارد فولادها و چدن‌ها





استاندارد فولادها و چدن‌ها

- به منظور ایجاد زبانی مشترك میان تولید کننده و فروشنده و سازنده مصنوعات فولادی و چدنی انواع فولادها و چدن‌ها را نرم بندي (استاندارد) کرده اند.
- بیشتر کشور های پیشرفته صنعتی برای خود نرم بندي جداگانه دارند و بر حسب تجربیات و زبان متداولشان، از علامتها، حروف و عددهایی برای بیان اختصاری اطلاعات لازم جهت معرفی هر يك از تولیدات خود استفاده می کنند.
- در میان سازمان های بین المللی نیز برای ایجاد وحدت در نرم بندي کوشیده اند اما متأسفانه این فعالیت ها در مورد نرم بندي فلزات و آلیاژ های ان ها ثمر بخش نموده و هنوز در بیشتر کشور ها نرم بندي کشور های عمده تولید کننده اعمال می گردد.



استاندارد فولادها و چدن‌ها

نرم بندي فولاد ها

- براي معرفي انواع فولادها ، کشور های تولید کننده از علامت ها حروف ها و علامت های مخصوصي براي معرفي استفاده مي کنند به عنوان مثال کشور آلمان تمام فولاد ها طبق «دین ۱۷۰۰۶» استاندارد کرده است.
- علامت هایی که براي معرفي فولاد ها به کار مي روند شامل سه بخش عمده عناصر تشکیل دهنده روش تولید و عملیات انجام گرفته روي آنها قبل از عرضه به بازار مي باشد.



استاندارد فولادها و چدن‌ها

تقسیم بندی فولادها

- فولادها را از لحاظ ترکیب شیمیایی به دو گروه کلی فولادهای ساده کربنی و آلیاژی تقسیم بندی می کنند.
- فولادهای ساده کربنی ، فولادهایی هستند که عنصر آلیاژی اصلی آنها کربن می باشد. این فولادها نیز از لحاظ درصد کربن به سه گروه کم کربن ، میان کربن و پر کربن تقسیم بندی می شوند.

$$./ . C < 0.25$$

$$0.25 < ./ . C < 0.5$$

$$./ . C > 0.5$$

فولاد های کم کربن :

فولادهای با کربن متوسط :

فولادهای پر کربن :



استاندارد فولادها و چدن‌ها

فولادهای آلیاژی

■ فولادهای آلیاژی فولادهایی هستند که علاوه بر عنصر کربن عناصر دیگر از قبیل : نیکل ، کرم ، مولیبدن و در برخی موارد عناصر دیگر مثل: تنگستن ، وانادیم و مس به مقادیر کم بوده که هدف از افزودن آنها حصول خواص مورد نظر می باشد.

■ فولادهای آلیاژی نیز بر حسب عنصر آلیاژی به دو گروه کم آلیاژ و پر آلیاژ تقسیم بندی می شوند.

■ اگر درصد عناصر آلیاژی به غیر از کربن از ۵ درصد بیشتر باشد ، پرآلیاژ و اگر زیر ۵ درصد باشد ، کم آلیاژ گفته می شود.



استاندارد فولادها و چدن‌ها

علائم بخش عناصر تشکیل دهنده

- استحکام و درجه مرغوبیت فولاد به کمک حروف و اعداد معرفی می شود .
- حروف شناسایی برای فولاد های ساختمانی معمولی ، St است . پس از این حروف عددی نوشته می شود که با ضرب کردن آن عدد در $9/8$ مقدار حداقل استحکام کشش فولاد بر حسب نیو تن بر میلیمتر مربع به دست می آید. پس از عدد مربوط به استحکام خط تیره قرار می گیرد و سپس درجه کیفیت فولاد بوسیله اعداد ۱ تا ۳ معرفی می شود .



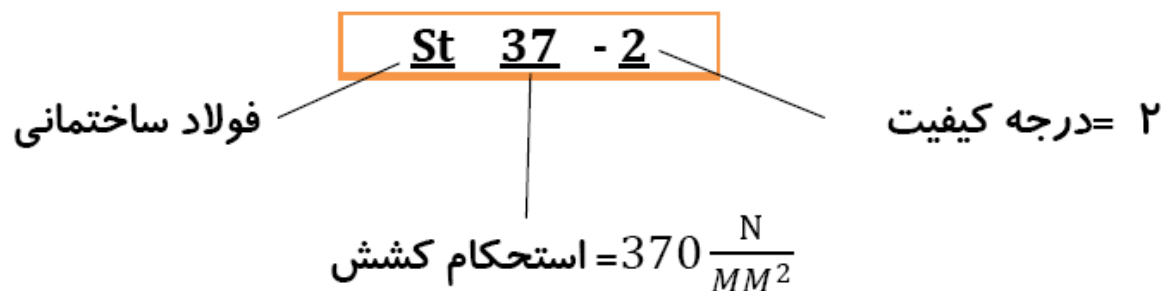
استاندارد فولادها و چدن‌ها

درجه ۱: برای کارهای معمولی که نوشته نمی شود.

درجه ۲: برای کارهای مهم

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

مثال:





استاندارد فولادها و چدن‌ها

- علاوه بر علائم یاد شده از علامت های شیمیایی عناصری که در محصول نقش تعیین کننده دارند نیز استفاده می شود در این 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 زیر ضرایب عناصر موجود در فولادها را نشان می دهد.
- در فولادهای ساده کربنی در ابتدای علامت اختصاری فولاد حرف C می آید. بعد از حرف انگلیسی دیگر که نماینگر نوع عملیات خاصی که روی فولاد انجام گرفته یا می تواند انجام بگیرد ، نوشته می شود. در نهایت در صد کربن فولاد با ضریب ۱۰۰ نوشته می شود.

استاندارد فولادها و چدن‌ها



مثال:

فولاد های غیر آلیاژی

C 60

$$60 \times \frac{1}{100} = 0/6 \text{ درصد کربن}$$



استاندارد فولادها و چدن‌ها

- برای معرفی فولاد های غیر آلیاژی نجیب با درجه خلوص بیشتر پس از علامت شیمیایی C دارای مفاهیمی به شرح زیر است :
- ✓ k : فولاد نجیب با محتوای فسفر و گوگرد کم.
- ✓ f : فولاد های سخت کاری شده با شعله و القاء.
- ✓ q : فولاد سخت شده سطحی مناسب برای عملیات پرچ کاری و چکش کاری سرد.
- ✓ حرف شناسایی فولاد نورد سیم حرف D است .

استاندارد فولادها و چدن‌ها



مثال:

Cf 53
درصد کربن $53 \times \frac{1}{100} = 0/53$ فولاد های غیر آلیاژی سخت شده با شعله القایی

Ck 10
درصد کربن $10 \times \frac{1}{100} = 0/10$ فولاد های غیر آلیاژی با گوگرد و فسفر کم

استاندارد فولادها و چدن‌ها



مثال:

Cq 35

فولاد های غیر آلیاژی مناسب

$$35 \times \frac{1}{100} = 0/35 \text{ درصد کربن}$$

برای عملیات پرچ کاری و چکش کاری سرد

استاندارد فولادها وچدن‌ها

در فولاد های کم آلیاژ، بدون استفاده از علامت شیمیایی C با يك عدد آغاز می کنند . این عدد معرف درصد مقدار کربن موجود در آنها با ضریب ۱/۱۰۰ است . پس از عدد معرف درصد کربن علامت اختصاری شیمیایی سایر عناصر مهم به ترتیب درصد و نیز موجود در آلیاژ به ترتیب ضرایب

داده شده

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

استاندارد فولادها و چدن‌ها



مثال:

25 Cr Mo 4

درصد کربن ۰/۲۵

کرم

مولیبدن

$4 \times \frac{1}{4} = 1$ درصد کرم

28 Cr Mo 7 4

درصد کربن ۰/۲۸

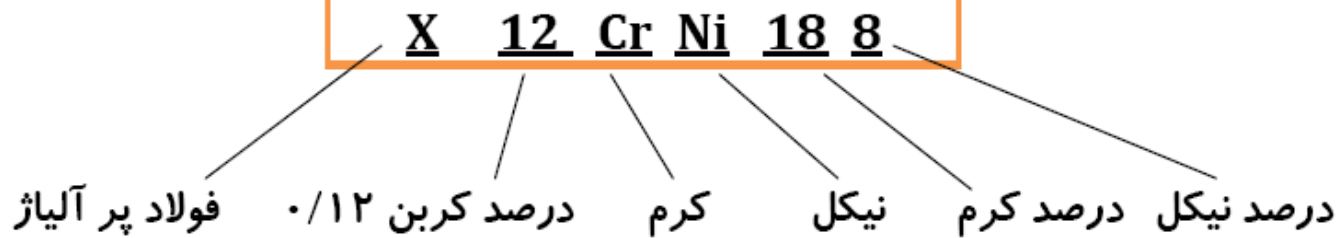
کرم

مولیبدن $7 \times \frac{1}{4} = 1/75$ درصد کرم

$4 \times \frac{1}{4} = 1$ درصد مولیبدن

استاندارد فولادها وچدن‌ها

- علامت شناسایی فولاد پر آلیاژ که مجموع عناصر تشکیل دهنده آلیاژی آنها از ۵ درصد بیشتر است ، با حروف X آغاز می شود . سپس از این حروف عددی وجود دارد که معرف مقدار درصد کربن با ضریب ۱۰۰ است . و پس از آن علامت های اختصاری شیمیایی سایر عناصر مهم به ترتیب درصد و آن در آلیاژ با ضریب ۱ نه شده می شود .



مثال:



استاندارد فولادها و چدن‌ها

- حروف شناسایی فولاد های تند بر حرف S است. پس از این حرف عددی که معرف درصد وزنی ولفرام ، مولیبدن ، وانادیم، و کبالت با ضریب ۱ است ، درج می شود.

مثال:





استاندارد فولادها و چدن‌ها

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 در ۹/۸، حداقل استحکام کششی فولاد ریختگی بر حسب نیوتون بر میلیمتر مربع بدست می‌آید.

مثال:

GS 38

فولاد ریختگی

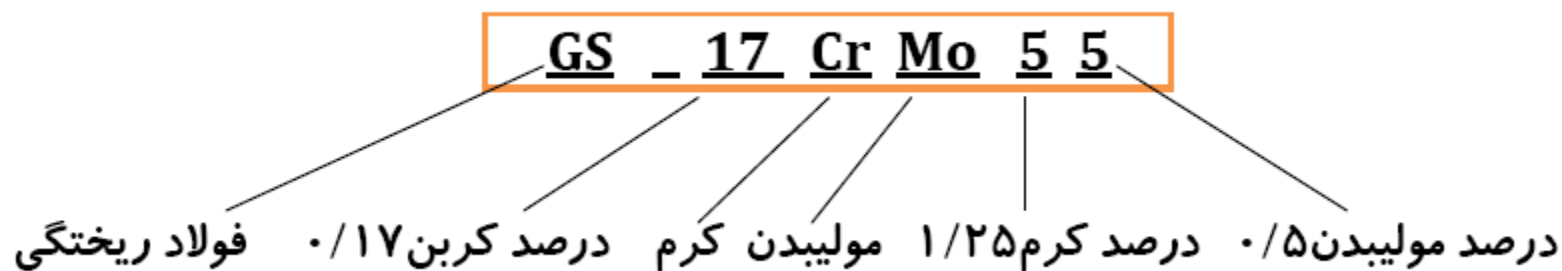
استحکام کششی $\approx 380 \frac{N}{MM^2}$



استاندارد فولادها و چدن‌ها

- برای معرفی فولاد ریخته آلیاژی پس از حروف مشخصه GS و خط تیره ، عددی نوشته می شود که معرف درصد وزنی کربن با ضریب ۱/۱۰۰ است . پس از آن ، علائم شیمیایی سایر عناصر مهم به ترتیب درصد وزنی موجود در آلیاژ و با توجه به ضرایب موجود در جدول ۱-۳ از زیاد به کم نوشته می شود.

مثال:





استاندارد فولادها و چدن‌ها

نرم بندي چدن ها

■ علامت شناسايي چدن و علامت ريختگي حرف G است. و پس از آن حروف ديگري که مشخص کننده نوع چدن يا روش ريختگي است ، قرار دارند . در انتها و پس از خط تيره ، عددي نوشته شده است که با ضرب کردن آن در عدد $9/8$ ، استحکام کششي چدن بر حسب نيوتن بر ميليمتر مربع به دست مي آيد . در ادامه ، حروف مشخصه مفهوم و مثالي از چدن ها را مشاهده مي کنيد .

استاندارد فولادها و چدن‌ها



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

استاندارد فولادها وچدنھا



با تشکر از توجه شما

