**آلیاژها:**

همگام با پیشرفت سریع صنایع و نیز گسترش آن در زمینه های گوناگون بویژه در یک قرن گذشته استفاده از مواد و مصالح صنعتی مختلف دامنه بسیار وسیعی پیدا نموده است. به طوری که امروزه به منظور ساخت قطعات و وسایل مورد نیاز در صنایع مختلف از فلزات و آلیاژ های گوناگون مواد طبیعی مانند بتون ها و سرامیک ها و مواد مصنوعی و سنتیک مانند لاستیک ها و پلاستیک ها استفاده می گردد که انتخاب هر کدام از آنها با توجه به خواص و مشخصات مربوطه در برابر عوامل محیطی موثر صورت می پذیرد. در این مقاله با در نظر گرفتن اهمیت و ارتباط موضوع بحث و بررسی پیرامون آشنایی با فلزات و آلیاژهای مختلف از قبیل فولاد مس نیکل چدن و مقاومت آنها در برابر خوردگی و انتخاب مناسب این مواد جهت مبارزه با صدمات و خسارات ناشی از آن به عمل خواهد آمد.

قبل از وارد شدن به اصل مطلب ذکر اطلاعات مختصری در مورد فولاد چدن آلیاژهای آهنی و آلیاژهای غیر آهنی ضروری می باشد. به طور کلی فولاد یک اسم با اصطلاح کلی بوده و عبارتست از آلیاژ های از آهن و کربن که مقدار کربن آنها در حدود 1/0 تا 7/1 درصد می باشد که اغلب به نام فولاد معمولی معروفند.

فولاد نرم که مصارف خیلی زیادی دارد نوعی فولادی معمولی است که مقدار کربن آن در حدود 15/0 تا 25/0 می باشد. در مواردی که فولادهای معمولی حاوی مقادیری از فلزات و عناصر دیگر باشد آنها را فولاد های آلیاژی می نامند و در صورتی که مجموع این عناصر کمتر از 5 درصد باشد فولادهای کم آلیاژ و اگر بین 10-5 درصد باشد فولاد با آلیاژ متوسط و اگر این مقدار بیشتر از 10 درصد باشد فولادهای پر آلیاژ می نامند.

آلیاژهای آهن – کربن که حاوی 4-2 درصد کربن می باشند به چدن معروفند که معمولا دارای 3-1% سیلیسیم می باشد همچنین چدنهایی حاوی مقادیری کرم، نیکل، مولبیدن، مس، منگنز و غیره نیز در مواردی خاص به کار برده می شوند. اصطلاح آلیاژهای آهنی به آلیاژهایی اطلاق می گردد که در آنها آهن به عنوان فلز اصلی و پایه می باشد. در مقابل آلیاژهایی می باشند که مقدار آهن در آنها کمتر از 50% بوده یا اینکه آهن به عنوان فلز بنیادی آنها نمی باشد.

**تاثیر آلیاژسازی در مقاومت خوردگی**

آلیاژسازی روش موثری است که بدان وسیله می توان مقاومت فلز را در برابر محیطهای خورنده چه در حرارت های معمولی و چه در درجات حرارت بالا بهبود داد. تاثیر مفید اضافه کردن کرم و آلومینیوم را می توان برای مثال نام برد. این دو فلز در افزایش مقاومت اکسیداسیون آهن بسیار موثر می باشند.

آلیاژ کردن مخصوصا موقعی در افزایش مقاومت خوردگی موثر واقع می شود که در نتیجه آن فلزی که قبلا و به تنهایی فعال بوده به حالت روئین در آید. و به طور قابل ملاحظه ای جلوی خوردگی فلز را بگیرد.

**آلیاژهای آهن**

**آلیاژهای کرم-آهن**

اکسیداسیون آهن یا فولاد معمولی در هوا و اکسیژن در درجه حرارت ثابت ابتدا سریع بوده ولی به تدرج که لایه اکسید ضخیم تر می شود سرعت اکسیداسیون آن نیز کاهش می یابد. از نظر کمی پیشروی واکنش و تشکیل لایه ها و اکسید معمولا به صورت سهمی انجام می گیرد. به طوری که ضخامت قشر اکسید یا افزایش وزن نمونه تابعی از جذر زمان می باشد.

وجود یک یا چند عنصر آلیاژی موجب به هم خوردن این نسبت خواهد شد. مخصوصا در مواردی که انرژی آزاد تشکیل اکسید این عناصر بزرگتر از آهن باشد. به طور مثال کرم، سیلسیم یا آلومینیوم

مناسب ترین عناصری که جهت بهبود مقاومت اکسیداسیونی آهن به کار می روند کرم و آلومینیوم می باشند. کاربرد این عناصر به همراه مقادیری از نیکل و سیلسیم مؤثرتر خواهد بود بررسیها نشان داده که آلیاژ Al-Fe 8% همان مقاومت در برابر اکسیداسیون دارد که آلیاژ Ni 80% و Cr 20% دارا می باشد. متاسفانه کاربرد آلیاژ Al-Fe به علت خواص مکانیکی ضعیف و حساسیت قشرها یا اکسید محافظ آنها در برابر صدمات خارجی و نیز به سبب محدودیتهای زیادی را به وجود آورده است. البته ب اضافه کردن کرم به آلیاژ Al-Fe می توان برخی از معایب را بر طرف ساخت.

در صنعت پالایش نفت از آلیاژهای9-4% کرم جهت ساخت بسیاری از دستگاه های استفاده می شود. آلیاژهای Cr-Fe 12% به علت مقاومت خیلی خوب آنها در برابر اکسیداسیون و نیز خواص مکانیکی و مشخصات فیزیکی یشان در ساخت پره های توربینهای بخار به کار می رود. از آلیاژهای Cr 30-9% در ساخت قطعات و قسمت های مختلف کوره های و مشعل ها استفاده می نمائید. و اگر مقادیری سیلسیم و نیکل و گاهی هم سایر عناصر به این آلیاژهای اضافه شوند. در ساخت سوپاپ های موتورهای احتراق داخلی نورد استفاده قرار می گیرند. حداکثر درجه حرارت مناسب در کاربرد این آلیاژها در جدول زیر مشاهده می شود.

بررسی های به عمل آمده نشان داده اند که افزودن 1% ایتریوم Y به آلیاژ Cr-Fe 25% باعث افزایش مقاومت اکسیداسیونی با حدود 1375 درجه می گردد. فلزات نادر یا خاک های کمیاب نیز جهت ازدیاد مقاومت اکسیداسیونی کرم و آلیاژهای آن مفید است. نحوه عمل و مکانیزم آنها مربوط به افزایش مقاومت قشر اکسید حاصل در برابر پوسته شدن می باشد. Pivin و همکارانش نتیجه بررسیهای خود در مورد ایتریوم چنین خلاصه می کنند که این عنصر فضاهای خالی شبکه کریستالی را محاصره کرده و از به هم آمیختن آنها در فصل مشترک فلز اکسید جلوگیری می کند. و بدین ترتیب از تخلخل و کند شدن اکسیدهای سطحی از روی فلز ممانعت به عمل می آورد.

**آلیاژهای کرم-آلومینیوم-آهن**

این آلیاژ دارای مقاومت اکسیداسیونی بسیار خوبی می باشد. مثلا آلیاژ Si 5/0% و Al 5% Cr 30% - Fe به نام تجارتی مگاپیر ، اکسیداسیون و در هوا تا حدود 1300 درجه مقاومت دارد. همچنین آلیاژ Co 2% Al 5/5% و Cr 24% - Fe معمولا در سیم پیچی کوره ها و سایر دستگاههای حرارتی استفاده می نمایند این آلیاژهای وقتی که در درجات حرارت بالا و مدتی طولانی کار کرده باشند در درجه حرارت معمولی و در هوا به علت تشکیل نیترور آلومینیوم شکسته شده و آسیب پذیر می گردند. بدین جهت سیم پیچی کوده ها را باید به خوبی محافظت و مواظبت نمود. زیرا به علت انبساط و انقباض هایی که در آن ها بوجود می آید در اثر ضربه های مکانیکی صدمه می بینند.

**آلیاژهای فولاد:**

آلیاژهای فولاد بیشتر در مقاومت در برابر اکسیداسیون بحث می شود و موضوع فولادهای ضد زنگ پیش می آید. که در بحث انواع فولادهای ضد زنگ را بررسی می کنیم.

**انواع فولادهای ضد زنگ:**

خاصیت عمده و دلیل معروفیت و کاربرد فولادهای ضد زنگ مقاوم بودن آنها در برابر خوردگی می باشد که از نظر خواص مکانیکی و قیمت با هم متفاوتند. به همین دلیل مشخص نشدن نوع معینی از این آلیاژ جهت استفاده در محیط های خورنده مختلف و اهمیت بسیار زیادی دارد.

فولادهای ضد زنگ را معمولا براساس ساختمان متالوژیکی آنها به چهار دسته تقسیم می کنند:

الف- فولادهای ضد زنگ مارتنزیتی

ب- فولادهای ضد زنگ فریتی

ج- فولادهای ضد زنگ آستنیتی

د- فولادهای ضد زنگ سخت شده رسوبی یا پیر سختی شده

هر گروه از چندین آلیاژ تشکیل می شود که دارای عناصر سازنده و ترکیب شیمیایی متفاوتی بوده ولی خواص فیزیکی، مکانیکی و خوردگی نسبتا مشابهی دارند. به منظور مشخص نمودن انواع مختلف فولادهای ضد زنگ سیستم شماره گذاری مخصوصی توسط آنستیتوی آهن و فولاد آمریکا انجام گرفته که در صنعت و تجارب مورد استفاده می باشد.

**الف- فولادهای ضد زنگ مارتنزیتی**

این اسم از فاز مارتنزیت که در فولادهای معمولی وجود دارد گرفته شده است. مارتنزیت در نتیجه سرد کردن سریع فولاد از منطقه آستنیت دیاگرام فازها تا درجه حرارت محیط و استحاله فازی بوجود می آید. فولادهای ضد زنگ دارای سختی زیادی بوده وبه همین نسبت مقاومت بیشتری و قابلیت انعطاف پذیری کمتری دارند. مقاومت کششی فولادهای مارتنزیتی را می توان با عملیات حرارت افزایش داد. مقاومت خوردگی این فولادها با ازیاد سختی آنها افزایش می یابد. از این فولادها در مواردی که خوردگی متوسطی مد نظر بوده ولی نیاز به مقاومت مکانیکی یا سختی زیادی باشد استفاده می نمایند. این فولادهای معمولا در ساخت دستگاههای عملیاتی نظیر مخازن یا لوله کشی های مورد استفاده نمی باشند و در صنعت اغلب جهت ساخت کارد و چنگال قطعات شیرها بلبرینگ ها وسائل جراحی پیچ و مهره ها، پره های توربین های بخار و ابزار مکانیکی به کاربرده می شود. فولادهای مارتنزیتی دارای ساختمان مکعب مرکزدار B.C.C بوده خاصیت مغناطیسی داشته و قابلیت انجام عملیات حرارتی را دارند.

عناصر به کار رفته در این فولاد عبارتست از Cr,Ni,C,Mn,P,S,Si,Mo

**ب- فولادهای ضد زنگ فریتی**

اصطلاح فریتی از فاز فریت یا جزء آهنی نسبتا خالص فولادهای معمولی گرفته شده که در نتیجه سر در کردن آرام از منطقه آستینیتی حاصل می شود. مزیت یا فاز a آهن خالص در پایین تر از 910 درجه پایدار می باشد و در آلیاژ Cr-Fe با کربن کم فاز استنیت در درجه حرارت بالا فقط تا 12 درصد کرم وجود دارد و در کمتر از این مقدار آلیاژها در تمام درجه حرارت ها و تا نقطه ذوب به صورت فریت یا فاز a می باشد. این فولاد خاصیت سخت شدن توسط عملیات حرارتی را نداشته ولی آن ها را می توان به کمک کار سرد سخت نمود. فولادهای ضد زنگ فریتی داری ساختمان مکعب مرکز دار بوده و مغناطیسی می باشد. از این فولادهی در تزئینات اتومبیل ها دستگاههای اسید نیتریک و نیز به علت داشتن مقاومت در مقابل اکسیداسیون در درجه حرارتهای بالا در ساخت کوره ها و دستگاههای عملیات حرارتی استفاده می شود. از مزایای آلیاژهای فریتی مقاوم بودن آن ها در برابر خوردگی تنشی است و در مواردی که فولادهی 8-18 مقاومت مورد نظر را نداشته باشند مثلا در آبهای حاوی کلرور زیاد به کار می روند.

**ج- فولادهای ضد زنگ آستینتی**

نامگذاری این دسته از روی فاز که در آهن خالص بین 1400-910 پایدار می باشد انجام گرفته است. ساختمان این فاز مکعب با سطوح مرکز دار F.C.C بوده خاصیت مغناطیسی نداشته و قابلیت شکل پذیری راحتی دارد. این فاز تمام یا قسمت اعظم فولادهای ضد زنگ آستنیتی را در درجه حرارت معمولی تشکیل می دهد که بسته به ترکیب شیمیایی آن به صورت ساختمان متالوژیکی پایدار یا نیمه پایدار می باشد. نیکل اضافه شده به آلیاژ در نگهداری و ثبات فاز آستینیت در موقع سرد کردن آلیاژهای تجاری Ni-Fe-Cr از درجه حرارت های بالا نقش اساسی را بازی می کند. بهطوری که با افزایش مقدار Ni پایداری فاز آستنیت بیشتر می گردد. اضافه کردن عناصری مثل Mn,Co,C,N نیز به نوبه خود به پایداری فاز آستنیت کمک می کند. فولادهای ضد زنگ آستنیتی را توسط کار سرد می توان سخت نمود ولی انجام این کار بوسیله عملیات حرارتی امکان پذیر نمی باشد. در عملیات کار سرد آلیاژهای نیمه پایدار مانند انواع 201،202،301،302،B302،303Se،303،304L،304،316،316L،321،341،347،348، قسمتی از آنها تبدیل به فلز فریت می شوند و به همین دلیل است که آنها را نیمه پایدار می نامند. که دارای ساختمان مکعب مرکزدار B.C.C بوره و مغناطیسی می باشند. این تبدیل همچنین می تواند ناشی از سخت کردن زیاد باشد. بر عکس آلیاژهای 305 و 308 و 309 و 309S در موقع سخت شدن با کار سرد به طور جزئی مغناطیسی میشوند. آلیاژهای محتوی کرم و نیکل زیادتر مانند 310 و 310S و 314 آلیاژهای آستینیتی پایداری بوده و لذا هنگام تغییر شکل به صورت فرید در نیامده و خاصیت مغناطیسی پیدا نمی کند.

فولاد های ضد زنگ آستینیتی دارای مقاومت خوردگی بیشتری می باشند تا فولادهای ضد زنگ کروم دار از این رو اغلب در محیط ها خورنده شدید مورد استفاده قرار می گیرد. از این فولاد ها در تزئینات اتومبیل ها ساختمان ها صنایع غذایی و شیمیایی، صنایع نفت، وسایل آشپزخانه صنایع دارویی و پزشکی و غیره استفاده به عمل می آیند. انواع 201 و 202 از لحاظ مقاومت خوردگی تقریبا نظیر نوع 302 عمل می کند. در وسایل صنعتی و دستگاههای عملیاتی انواع 304 و 304L و 316و 347 کاربرد بیشتری دارند فولادهای آستینیتی حاوی مولیبدن مانند نوع 316 نیست به نوع 304مرغوب تر و در برابر خوردگی های شکافی و حفره ای اسید سولفوریک و اسیدهای آلی گرم مقاومت بیشتری می نمایند. عموما مقاومت فولادهای ضد زنگ در برابر خوردگی و اکسیداسیون در درجه حرارت های بالا یا ازیاد مقدار نیکل و کروم افزایش می یابد. مثلا نوع 310 یا 20-25 یکی از آلیاژهای مناسب برای مقاومت در درجه حرارت های بالا می باشد.

**د- فولاد های ضد زنگ سخت شده رسوبی یا پیر سختی شده**

این دسته از فولادهای ضد زنگ دارای استحکام و سختی زیادی بوده و نحوه تهیه آن ها به این صورت است، که بعد از سرد کردن سریع از درجه حرارت های بالا به این صورت مدتی آنها را تحت عملیات حرارتی در درجات پایین در حدود 538-427 درجه سیلسیوس قرار می دهند. این نوع آلیاژهای Fe-Cr یا عاری از نیکل بوده و یا مقدار نیکل آنها بسیار کمتر از مقدار لازم جهت پایدار ساختن فلز آستنیت می باشد. ولی شامل عناصر آلیاژی دیگر مانند Al یا Cu می باشند که در هنگام تشکیل رسوب ترکیبات بین فلزی در سطح لغزش و یا مرز دانه ها سختی زیادی به فولاد می بخشد . از یان نوع آلیاژهای اغلب در صنایع جنگی و قسمت های حساس شیرها استفاده می نمایند. یکی از معمولترین انواع فولادهای ضد زنگ سخت شده رسوبی PH 4-17 است که حاوی Cr 16.5% , Ni 4.3% , C 0.04% , Cb 0.25% , Cu3.6% می باشد.

به طور کلی فولادهای ضد زنگ آستینیتی مقاومت خوردگی بالائی دارند و هد چه نیکل در این نوع فولادها بیشتر باشد مقاومت آن ها افزایش پیدا خواهد کرد. در ضمن خاصیت مخصوص اضافه کردن Mo در فولادهای ضد زنگ عاری از نیکل حاصل نمی گردد. و این موضوع نشان نی دهد مه مکانیسم روئین شدن این قبیل آلیاژها در محیط های معین مربوط به تاثیر الکترونی و متقابل Ni و Mo می باشد. فولادهای ضد زنگ آستینیتی در درجات حرارت پایین قابلیت انعطاف و ضربه پذیری بهتری دارند و اغلب در محیط های آبی محتوی اکسیژن و ازت به کار می رود. بهترین روش برای سخت کردن این نوع فولادها طریقه کار سرد است ولی این کار معمولا سبب کاهش مقاومت خوردگی آنها شده و در برخی محیط ها ببین قسمت های کار سرد شده و باز پخت شده پیل های گالوانی تشکیل نی شود. در ساخت بدنه کامیونها و قطارها اغلب استفاده می شوند. از آن جایی فولاد ضد زنگ روئین بوده و پتانسیل عجیبی را از خود نشان می دهد لذا می توان با فلزات دیگری که روئین بوده و یا ذات انجیل می باشند به صورت کوپله استفاده نمود. مثلا با فلزات یا آلیاژهایی مانند نقره، مس، نیکل آلیاژ Ni-Cu 70%، آلیاژ Fe 7% - Cr 16% - Ni 76% و آلومینیوم در محیط هایی که Al به صورت روئین عمل می کند. فولادهای ضد زنگ را می توان در محیط های محتوی هوا یا مواد اکسیدان مورد استفاده قرار داد زیرا حالت روئین خود را حفظ می کند. سطح این فولادها چه در تماس با مواد شیمیایی و چه در معرض هوا باید همواره تمیز و عاری از مواد خارجی نگاه داشته شوند. زیرا در غیر این صورت ایجاد پیل های اختلاف دمشی یا غلظتی شده و موجب حفره دار شدن و یا خوردگی های موضعی خواهد شد.

**آلیاژهای چدن**

**چدن های خاکستری نسوز**

چدن های آلیاژی که در صتعت استفاده می شوند با نام چدن خاکستری نسوز از آلیاژهای آهن-کربن و سیلیس می باشد. عناصر دیگر مانند کرم نیکل و مولیبدن به صورت جمعی یا تکی خواص مقاومت در درجه حرارت بالا را به طور موثر افزایش می دهد.

**انواع چدن های آلیاژی نسوز :**

**چدن های با سیلیس بالا**

مقدار 8-5/4 درصد سیلیس در چدن به طور بسیار زیادی هر دو خواص پوسته پوسته شدن و رشد کاهش می دهد. سیلیس دارای خاصیتی است که درجه حرارت استحاله را تا 900 درجه بالا می برد. بنابراین درجه حرارت کارکرد را بدون این که با تغییر فاز برخورد شود بالا می برد. چدن با سیلیس بالا بسیار شکننده و دارای شوک حرارتی پائین است. ساختمان میکروسکوپی چدن سیلال کلا فریتی می باشد و قبل از ذوب آن باید تا درجه حرارت 1600درجه سیلسیوس گرم شود و سپس ریخته گری شود.

ترکیب شیمیایی سیلال

C=22% Si=5.5-6% Mn=0.8% S=0.04% P=0.04% Ti=0.4-0.5%

**نیکروسیلال**

نیکروسیلال چدن آلیاژی است دارای نیکل سیلیس کروم و مقاومت در برابر حرارت و خوردگی دارد و این آلیاژ مقاومت خوبی در برابر پوسته شدن تا 800 درجه دارد و کاربرد آن در حرارت با جو گازهای گوگردی است. حداکثر مقاومت این آلیاژ 950 درجه می باشد.

**ترکیب شیمیایی**

ساختمان میکروسکوپی این چدن دارای گرافیتهای از نوع D با مقداری کم کاربید بوتکتیک در زمینه آستنیتی می باشد.

**چدن با کرو بالا:**

کرم به طور وسیعی در چدن های نسوز به کار برده می شود. به علت این که دارای خاصیت پایدار کننده کاربید است از رشد جلوگیری می کند و تمایل به تشکیل پوسته محافظ اکسید دارد. اساسا با اضافه کردن 1 تا 5/0 درصد کرم به چدن برای کاربردهای مختلف تا درجه حرارت 600 درجه مقاومت در مقابل اکسید شدن بهبود می یابد. علاوه بر آن برای بهتر نمودن مقاومت در مقابل پوسته شدن و رشد بدون این که تاثیرات زیادی در کاهش چقرمگی و خاصیت ماشینکاری چدن ها ایجاد شود تا 2 % کرم به چدن اضافه شود چدنها با کرم بالا دارای سطح مقطع سفید می باشند. چدن نسوز کرم بالا شامل 30-20% کرم و تا 2 % کربن می باشد . کرم بیشتر مقاومت در مقابل حرارت بیشتر ایجاد می کند . در جایی که خاصیت سایش در درجه حرارت بالا مطرح باشد می توان کربن بیشتری اضافه نمود.

**ترکیب شیمیایی**

کاربرد این آلیاژ در سبدهای عملیاتی حرارتی نگهدارنده کوره صفحات زره های خنک کننده که تا 1200 درجه کار میکند.

**چدن های مقاوم در برابر خوردگی:**

مقاومت خوردگی چدن خاکستری بوسیله افزودن مقادیر محسوس نیکل کروم و مس به تنهایی یا مجموعا یا سیلیس بیشتر از 3% افزایش می یابد. به طور نرمال تا 3% سیلسیم در همه چدن ها موجود است. در درصدهای بالاتر سیلسیم به عنوان یک عنصر آلیاژی به حساب می آید و باعث تشکیل لایه محافظ سطحی که در معرض محیط از اکسید شدن لایه های زیری محافظت می ننماید. مقادیر کم مولیبیدن را میتوان در چدن های پر سیلیس اضافه نمود. افزایش نیکل به چدن خاکستری مقاومت در برابر اسیدهای احیا کننده را بهبود بخشیده و همچنین مقاومت آن را در برابر بازها نیز بالا می برد.

کرم با تشکیل یک لایه محافظ مقاومت در برابر اسیدهای اکسید کننده را افزایش می دهد ولی در محیط های احیا کننده مورد استفاده کمتری قرار می گیرد.

چدن های پر سیلسیم و مولبیدن دار تا مقدار 5/3 % در بسیاری از جاها برای حمل اسیدهای خورنده استفاده می شود. با مقدار سیلیسیم ، 5/14 % بیشتر این نوع چدن ها مقاومت بالایی نسبت به اسید سولفوریک گرم 30 % پیدا می کنند.

افزایش مقدار سیلیسیم تا مقدار 5/16 % در چدن خاکستری باعث کاهش خوردگی آن در برابر اسیدهای گرم سولفوریک و نیتریک شده و در تمام غلظت های آن موثر است.

چدن خاکستری با 14 % سیلیس در برابر خورندگی اسید کلریدریک مقاومت کمتری دارد ولی می توان با افزودن 5/3 % مولیبیدن این مقاومت را بهبود داد. این مقاومت را همچنین می توان با افزودن تا مقدار 17 % سیلیس نیز افزایش داد. این چدن ها در تماس با محلولهای شامل نمک مس یا گاز مرطوب کلرین مقاومت مفیدی دارند. همچنین در برابر اسیدهای آلی و در هد غلظت و درجه حرارتی مقاوم می باشند. به هر حال در بیشتر موارد مقاومت شان نسبت به سودهای سوز آور و داغ و قوی رضایت بخش نیست و در این مورد این چدن ها نامرغوب از چدن خاکستری غیر آلیاژی هستند. این نوع چدن ها هیچ مقاومت مفیدی در مقابل جوهر نمک و اسیدهای سولفوره ندارد.

چدن های پر سیلیس از خواص مکانیکی ضعیفی برخوردارند و مخصوصا مقاومت پایینی نسبت به شوکهای مکانیکی و حرارتی دارند. ریخته گری آنها مشکل بوده و غیر قابل ماشینکاری و براده برداری هستند.

استفاده قابل توجه این چدن به خاطر مقاومت بر جسته آن نسبت به اسیدها می باشد.

این چدن ها برای لوله کشی در کارخانه های شیمیایی و آزمایشگاهی کاربرد دارند.

**چدن های پر کرم**

چدن های پر کروم با مقدار کرم 35-20 درصد نظیر چدنهای پر سیلیس در مقابل اسیدهای اکسید کننده مقاومت به خوردگی خوبی دارند اما در برابر اسیدهای احیا کننده مقاوم نیستند. این چدن ها به طور قابل اطمینانی برای استفاده در مقابل اسیدهای ضعیف تحت حالت های اکسیداسیون محلولهای نمک محلولهای اسید آلی و برای قرار گرفتن در معرض اتمسفر عمومی به کار می روند. مقاومت در مقابل خوردگی در چدنهای پر کروم نسبت به اسید نیتریک استثنایی است. این چدن در برابر تمام غلظت های بالای 95 % اسید فوق در درجه حرارت محیط مقاوم است. میزان خوردگی آن در سال کمتر از mm 12/0 است و همین میزان برای تمام درجه حرارت های تا نقطه جوش و برای غلظت های تا 70 % نیز صادق است.

چدن های پر کروم با مقدار کربن پایین تر1% برای دیگ های آنیلینگ سرب، روی، آلومینیوم، زنجیر های انتقال دهنده و قسمت های تحت خوردگی در درجه های بالا رضایت بخش هستند. چون مقاومت خورندگی، به مقدار کروم در محلول جامد فریتی بستگی دارد این عنصر باید به مقدار کافی باشد تا نتواند هم با کربن ترکیب شده و تشکیل کاربید کروم بدهد و هم مقدار اضافی آن در فریت باقی بماند.

چدنهای پرکروم با مقدار 35-30% کروم برای شرایط محیط های شدید خورندگی اسید های مورد های استفاده قرار می گیرند. این چدن ها یک مقاومت مفید به همه غلظت های اسید های سولفوره، در درجه حرارت های تا80 درجه سانتی گراد، محلول سولفید در کارخانه ی کاغذ سازی، محلول های سفید کننده در درجه حرارت های محیط، سولفات آلومینیوم سرد در غلظت های 5% و بعضی نمک ها که هیدرولیز می شوند تا محلول های اسیدی بدهند، دارند. این چدن ها در برابر تمام غلظت های اسید فسفریک 60% در درجه حرارت های تا نقطه جوش و غلظت های 85% تا 80 درجه سانتی گراد مقاوم هستند. این چدنها مقاومت خوبی در مقابل آب دریا و آب های معدنی که دارای محلول های اسیدی می باشند دارند . چدن های پر کروم خواص مکانیکی خوبی نسبت به چدن های پر سیلیس دارند و وقتی که مقدار کروم و کربن به طور مناسبی مناسبی باشد به آسانی عملیات حرارتی می شوند.

**چدنهای آوستینیتی**

چدن های آوستینیتی، خانواده ای از چدن ها هستند که به دلیل مقاومت در برابر خوردگی وابستگی شدیدی به ترکیب شیمیایی دارند. بنابراین رعایت حدود تغییرات عناصر در محدوده های تعیین شده بسیار مهم است. از آ جایی که سیلسیم از تشکیل کاربیدها جلوگیری نموده و باعث رسوب گرافیت می شود لذا بایستی با در نظر گرفتن محدوده مجاز استاندارد مقدار آن ها به بالاترین حد ممکن رساند. نوع کاربید تاثیر مهمی بر خواص ریخته گری دارد. تشکیل کاربید بیانگر این نکته است که در هنگام انجماد گرافیت کمتری رسوب نموده است و در این صورت میزان انبساط چدن در قالب کمتر می باشد.

بعلاوه کاربیدهای یوتکتیک کروم در مراحل انتهای انجماد نمی توانند به خوبی تغذیه شوند در نتیجه باعث ایجاد خلل فرج و همجنین بروز انقباض های بین دندریتی در قطعه می شوند بنابراین از نظر انقباض ناشی از انجماد بهتر است که میزان کاربیده حداقل باشد در بیشتر چدن های آوستینیتی کروم وجود دارد که تشکیل کاربیدهای کروم را می دهد. به هر حال کروم مقاومت در برابر خوردگی و اکسید شدن را افزایش می دهد. و در بعضی موارد برای ایجاد مقاومت سایشی زیاد بیش از 3% کروم به آلیاژ اضافه می شود چدن های آوستینیتی نظیر چدن های خاکستری غیر آلیاژی نسبت به ضخامت حساس هستند بدین معنی که مقاطع نازک تر نسبت به مقاطع ضخیم تر دارای کاربیدهای بیشتری هستند همچنین مقدار کاربید با افزایش کربن معادل کاهش می یابد.

کربن معادل باید به نحوی انتخاب شود که از قابلیت ریخته گری شکیل تخلخل درونی استحکام و ساختمان گرافیت مطلوب ترین شرایط بدست آید. چدن آوستینیتی قادر به تولید ساختمان گرافیتی کامل نظیر آن چه در چدنهای غیر آلیاژی دیده می شوند نیستند. کربن معادل طبق فرمول زیر قابل محاسبه است:

**کاربرد چدنهای آوستینیتی**

از چدنهای آوستینیتی برای تولید محصولاتی استفاده می شود که بایستی در محیط های گوناگون در برابر خوردگی پوسته شدن مقاوم باشند. و در درجه حرارتهای بالا تا 800 درجه رشد و خزش آنهای نسبتا کم باشد. البته این آلیاژهای به خاطر خواص خوب انبساطی الکتریکی غیر مغناطیسی بودن و سایر خصوصیات خوب فیزیکی مصارف بسیار زیادی دارد. همچنین از آن در تولید قطعاتی همچون قطعاتی که در درجه حرارتهای زیر صفر به کار گرفته می شود نیز استفاده می گردد.

کاربرد اصلی این چدنها در تولید رینگ پیستونهای موتورهای دیزلی پمپ ها و شیرهای مورد استفاده در صنایع نمک زدایی شیمیایی نفت و تمام صنایع که آب یا سایر مایعات خورنده حمل می نماید همچنین برای تولید توربوشارژهای لوله های اگزوز شیرهای مقاوم در درجه حرارتهای بالا کمپرسورها کلیدهای الکتریکی و پروانه های کشتی می باشد. مقاومت خوب چدنهای آوستینیتی در برابر خوردگی در آب دریا از مهم ترین عواملی است که استفاده از این نوع چدن را روز افزون نموده است.

**آلیاژهای مسی**

**مفرغ:**

مفرغ یا برنزهای قلع آلیاژهایی از Cu-Sn می باشند که دارای استحکام زیادی بوده و آلیاژهای محتوی بیش از Sn 5% مخصوصا در برابر حملات تصادمی مقاومند. آلیاژهای Cu-Sn که حاوی Si 4%-5 باشند. از لحاظ خواص فیزیکی بهتر از مس بوده و از نظر خوردگی مانند مس عمل می کند. این آلیاژها وقتی حاوی حدود Si 1% باشند مقاومت کمی در برابر ترک خوردگی تنشی دارند. ولی اگر مقدار سیلیسیم در حدود 4% باشد مقاومت بسیار خوبی خواهد داشت. همچنین آزمایشها نشان داده اند که آلیاژ Al-Cu 5% مقاومت بسیار خوبی در آب دریا دارد. در ساخت مبدلهای حرارتی و در مواردی که نوع محیط های خورنده در داخل لوله ها و خارج لوله ها متفاوت باشند از لوله های دو لایه استفاده می کنند. به طوری که جنس جدار داخل و جدار خارج مختلف باشند. اخیرا لوله هایی که یک طرف آن مس یا آلیاژ مسی بوده و طرف دیگر آن آلومینیوم فولاد فولاد ضد زنگ باشد کاربرد زیادی پیدا کرده است. استفاده از این نوع لوله ها قسمت عمده ای از مسائل مربوط به طراحی مبدلهای حرارتی جهت مبارزه با محیطهای خورنده را که به طور یک جا وجود داشته باشند حل می نماید. به طور مثال وقتی در یک مبدل حرارتی د. ماده خورنده متفاوت مانند آمونیاک و آب دریا در جریان باشند می توان از لوله های دو لایه ای که یک طرف آن فولاد و طرف دیگرش باشند استفاده نمود. مس و آلیاژهای مسی در ساخت لوله های آب شیرها لوله های مبدل حرارتی و صفحات نگهدارنده لوله ها وسائل فلزی پیچ و مهره سیم ها تورهای فلزی محورها، یاتاقان ها، وسائل تقطیر، آب مخازن و ظروف دیگر به کار برده می شوند.

**برنج ها: آلیاژهای مس-روی Cu-Zn**

آلیاژهای مس-روی دارای خواص فیزیکی بهتری نسبت به خود مس بوده و در مقابل حملات تصادفی نیز مقاوم تر می باشد. از این رو برنج ها در صنعت کاربردهایی بیش از مس پیدا کرده اند که مهم تر از همه استفاده از آنها در مبدلهای حرارتی یا کندانسورها می باشند. از نظر خوردگی اشکال عمده این آلیاژها زدایش روی حفره دار شدن و ترک خوردگی تنش آنهاست. به طوری که در شکل زیر دیده می شد و تمایل برنج ها به خوردگی جز در مورد حفره دار شدن با مقدار روی موجود در آلیاژ تغییر می کند. خوردگی حفره ای در برنج ها معمولا به علت تشکیل پیل های اختلاف دمشی با وجود جریان های با سرعت زیاد می باشد که برای جلوگیری از آن می توان یا از طریق تمیز نگه داشتن سطح فلز در طول مدت کار و یا با تعدیل سرعت جریان و بالاخره به وسیله تغییرات در طراحی اقدام نمود.

با توجه به مقدار روی در برنج ها اسامی گوناگونی به این آلیاژهای اطلاق می شود. که از آن جمله می بوان به موارد زیر اشاره کرد:

آلیاژ Zn-Cu 40% به نام Muntz.Metal که ابتدا در ساخت چگالنده ها استفاده شد. آلیاژی که مشابه آن بوده و حاوی 1% Sn می باشد Naval Brass نامیده می شود آلیاژ مشابه دیگری که حاوی Sn 1% ، Mn 3/.% ، Fe 1% ، Pb 1% می باشد به نام Manganese Bronze معروف است که در ساخت پروانه کشتیهای از آن استفاده می شود. از زدایش روی در این نوع پروانه ها به وسیله حفاظت کاتدی که توسط بدنه آهنی کشتیها تامین می شود جلوگیری می گردد.

**برنج زرد:**

برنج زرد Yellow Brass : آلیاژ ZN-Cu 30% می باشد که در مواردی که سهولت در تراشکاری و ریخته گری مد نظر باشد مورد استفاده قرار می گیرد. این برنج در آب دریا و آبهای سبک به تدریج تحت تاثیر زدایش روی واقع می شود که به منظور جلوگیری از این خط Sn 1% به آن اضافه نی شود در این صورت آلیاژ حاصل را Admiralty Brass می نامند. افزودن مقادیر بسیار کمی از عناصر آرسنیک، آنتیموان یا فسفر میزان زدایش روی را کاهش نمی دهد که در این صورت آلیاژ حاصل Admiralty Brass in habited نامیده می شد و که در ساخت چگالنده هایی که با آب دریا و یا آب شیرین کار می کنند به کار برده می شود.

**برنج سرخ**

برنج سرخ Red Brass: آلیاژ Zn-Cu 15% است که در برابر زدایش روی نسبتا مصون بوده ولی در عوض در برابر حملات حساستر از برنج زرد می باشد.

به منظور جلوگیری صدمات ناشی از ترک خوردگی تنشی و یا کاهش آنها در برنج ها می توان به روش های مختلف عمل نمود. که در ذیل ذکر می شود:

**الف- عملیات حرارتی تنش زدایی:**

درمورد آلیاژ Zn-Cu 30% قطعه را به مدت 1 ساعت در درجه حرارت 350 درجه نگاه می دارند ولی این کار منجر به تبلور مجدد و کاهش استحکام یا مقاومت الکتریکی آلیاژ می گردد: اجرای عملیات حرارتی در 300 درجه بدون این که در خواص فیزیکی آن تغییری ایجاد شود مقاومت آلیاژ را در برابر ترک خوردگی افزایش می دهد.

**ب- جلوگیری از تماس با NH3 یا با O2 و سایر مواد پلاریزه کننده در حضور NH3**

در عمل تضمین و تامین شرایطی که هیچ گونه تماسی بین این آلیاژ و آمونیاک وجود نداشته باشد بسیار مشکل است. چون حتی در حضور مقادیر جزئی آمونیاک نیز خطر ترک خوردگی وجود خواهد داشت. تماس پلاستیک هائی که حاوی ترکیبات آمینی بوده و یا در اثر تجزیه تولید ترکیبات آمینی می نمایند. قطعات برنجی باز پخت نشده خطرناک می باشد. کودهای شیمیایی نیز این اثر را دارا می باشند. لوله های برنجی مبدلهای حرارتی درآب مقطر حاوی NH3 به علت پائین بودن غلظت اکسیژن تحت تاثیر ترک خوردگی تنش قرار نمی گیرند.

**ج- حفاظت کاتدی:**

حفاظت کاتدی قطعات برنجی را می توان به وسیله سیستم با جریان خارجی و یا پوشش دادن آن توسط یک فلز از بین رونده مانند روی انجام داد.

**د- استفاده از H2S به عنوان کند کننده:**

مکانیزم این عمل تا اندازه ای مستلزم واکنش در حضور اکسیژن آزاد می باشد.

**آلیاژهای کوپر و نیکل Cu-Ni**

درمورد آب های سبک و شیرین از مس ، Admiralty Brass , Muntz Metal استفاده می شود. ولی در مورد آبهای شود و آب دریا Admiralty Brass آلیاژهای کوپر و نیکل Ni-Cu 30%-10 و برنج آلومینیوم Al 2% ، Cu 76% ، Zn 22% ، As 04/0 % به کار برده می شوند. در مورد آبهای آلوده ، کوپر و نیکل نسبت به برنج آلومینیوم ارجحیت دارند، زیرا برنج آلومینیوم در این قبیل آبها تحت تاثیر خوردگی حفره ای واقع می شود. برنج آلومینیوم همچنین در آب دریا ، غیر آلوده و ساکن به صورت خوردگی حفره ای آسیب می بیند.

برنج آلومینیوم در تماس با آب و با سرعت های زیاد مقاومت خوبی در مقابل حملات تصادفی داشته و از این نظر بهتر از Admiralty Brass می باشد.