A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

انتخاب مواد برای مبدل های حرارتی

برای انتخاب مواد برای مبدل های حرارتی (Material Selection of Heat Exchanger) و مخازن تحت فشار باید عوامل زیر را در نظر گرفت:

۱- سازگاری مواد با سیالات فرآیند

۲- سازگاری مواد با سایر مواد به کار رفته در مبدل حرارتی

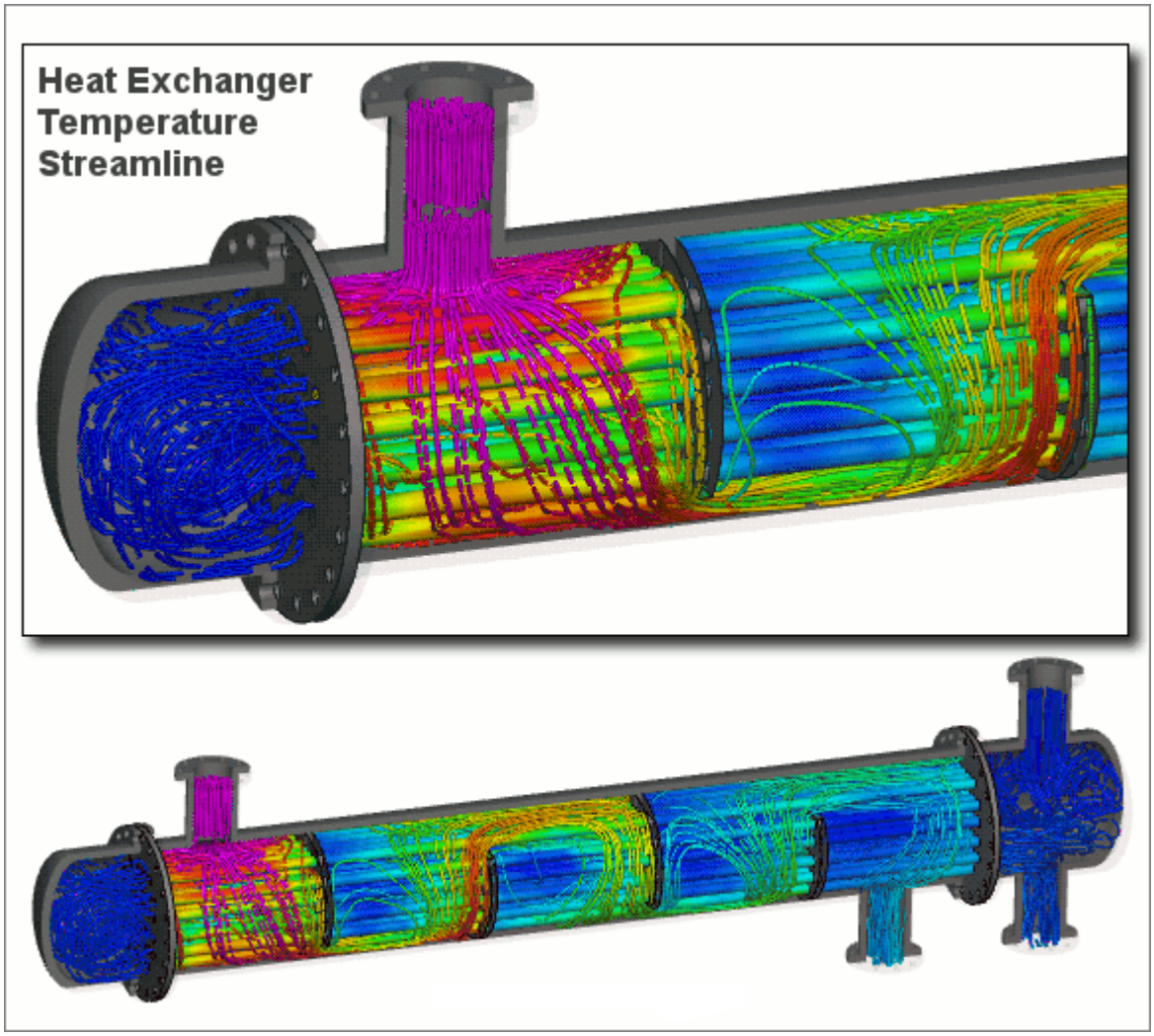
۳- سهولت ساخت و تولید با استفاده از روش های استاندارد ماشین کاری، نورد، فورجینگ، شکل دهی و روش های اتصال مواد مانند جوشکاری، لحیم کاری و لحیم برنجی

۴- استحکام ماده و توانایی تحمل فشار و دمای کار

۵- هزینه

۶- دردسترس بودن

http://www.mohandes-iran.com



هنگام انتخاب مواد برای مبدل های حرارتی باید شروط زیادی را در نظر گرفت. این شروط شامل موارد زیر می شود:

طول عمر کارخانه یا فرآیند

طول عمر کاری مواد

قابلیت اطمینان (مقدار ایمنی، خطرات و آسیب های محیط زیستی در صورت تخریب)

هزینه مواد

هزینه های تولید

http://www.mohandes-iran.com

هزینه های نگهداری و بازرسی

در دسترس بودن از نظر اندازه، شکل، ضخامت و زمان تحویل کالا

بازده سرمایه گذاری

مواد بر اساس تجربه، تست های خوردگی، مقالات و پیشنهادات تامین کننده انتخاب می شود. اثر مستقیم نحوه انتخاب مواد و فرآیند ساخت در نحوه عملکرد محصول در حین کار مشخص می شود. برای حصول اطمینان از اینکه محصول ساخته شده ایمن، قابل اطمینان و بی نقص است باید توجه ویژه ای به انتخاب مواد کرد. فرآیند انتخاب مواد با طراحی آغاز شده و در مراحل تولید، نصب و نگهداری ادامه می یابد. هنگامی که محصول در حال کار است باید عملکرد آن مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به منطق ذکر شده به بررسی انتخاب مواد برای مخازن تحت فشار و مبدل های حرارتی می پردازیم.

مروری بر فرآیند کاری

یکی از نخستین گام ها در انتخاب مواد بررسی محیط و شرایط کاری تجهیزات است که از جمله این موارد می توان به دما، فشار و فازهای سیال اشاره کرد. داده های زیر توسط مهندس طراح تعیین می شوند:

- محیط : طبیعت و ترکیب سیالات، شیمی آب، کیفیت بخار، ترکیبات و غلظت محلول، رسانایی، pH، هوادهی، ناخالصی ها و ...

- فشار: محدوده فشار و میانگین فشار، ثابت بودن یا متغیر بودن فشار، بارهای داخلی و خارجی

- دما: میانگین و محدوده دما، ثابت یا متغییر بودن دما، گرادیان های حرارتی و شوک حرارتی

- سرعت: سرعت حرکت جریان، سرعت خطی، سرعت اسمی و محدوده آن، درجه تلاطم، اغتشاش و ....

علاوه بر شرایط فوق عواملی مانند شروع و توقف کار، استفاده دوره ای، ضربات گذرا و تخریب آنی سیستم نیز باید در نظر گرفته شود.

http://www.mohandes-iran.com

مروری بر طراحی

پس از بررسی فرآیند کار باید نوع و طراحی تجهیزات، اتصالات و اتصالات جانبی، اندازه و پیچیدگی نیز در نظر گرفته شود. بررسی روش های ساخت مانند آهنگری، ماشین کاری، جوشکاری، لحیم کاری و غیره باید اندازه گیری شود.

انتخاب مواد

انتخاب ماده مناسب برای بخش های تر و خشک، بخش های تحت فشار و بدون فشار و تکیه گاه تجهیزات گام مهمی است. استانداردهای مواد مانند جامعه تست و مواد آمریکا (American Society for Testing and Materials) یا ASTM، DIN، BS، ISO و JIS اطلاعات زیادی در مود مواد آهنی و غیر آهنی ارائه می دهند. بسیاری از مواد توسط کدهای مخازن تحت فشار از کشور صادر کننده استاندارد انتخاب شده اند. اطلاعات این استانداردها توسط خواص فیزیکی مانند مدول یانگ، استحکام تسلیم، مینیمم استحکام کششی، ماکزیمم دمای مجاز کار، ازدیاد طول، ضریب انبساط و غیره تعیین شده اند. اما کدها و استانداردها به طور واضح به بیان مناسب بودن ماده برای شرایط کاری نمی پردازند. این اطلاعات باید توسط مهندس خوردگی یا سایر مراجع تعیین شود.

- بخش های تحت فشار:

تمام مواد مورد استفاده در بخش های تحت فشار باید با کد ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II مطابقت داشته باشند. تنها موادی که در کد مشخص شده اند باید برای ساخت مخزن تحت فشار یا تعمیر آن مورد استفاده قرار گیرند. تولید کننده باید هر ماده را پس از بازرسی با ترکیب شیمیایی، متالورژی و خواص قید شده تحویل دهد. تنش وارده بر هر قطعه نباید از میزان مجاز ذکر شده در کد فراتر رود.

- بخش های بدون فشار

مواد مورد استفاده برای بخش های بدون فشار باید با سیالات فرآیند و محیط اطراف سازگار بوده و قابلیت جوشکاری داشته باشند.

- الزامات کاری مواد

http://www.mohandes-iran.com

عملکرد یک تجهیز با عمر طولانی و بدون مشکل آن سنجیده می شود. هر ماده انتخابی شرایط کاری ویژه ای دارد که عملکرد تجهیز را تحت تاثیر قرار می دهد.

در مورد شرایط کاری ماده باید پارامترهای زیر مورد نظر قرار بگیرد:

۱- استحکام

۲- استحکام خستگی

۳- شکست ترد

۴- چقرمگی

۵- خزش

۶- مقاومت در حرارت

۷-حرارت و خوردگی

۸- مقاومت به خوردگی

۹- حمله هیدروژنی

۱۰- قابلیت ساخت

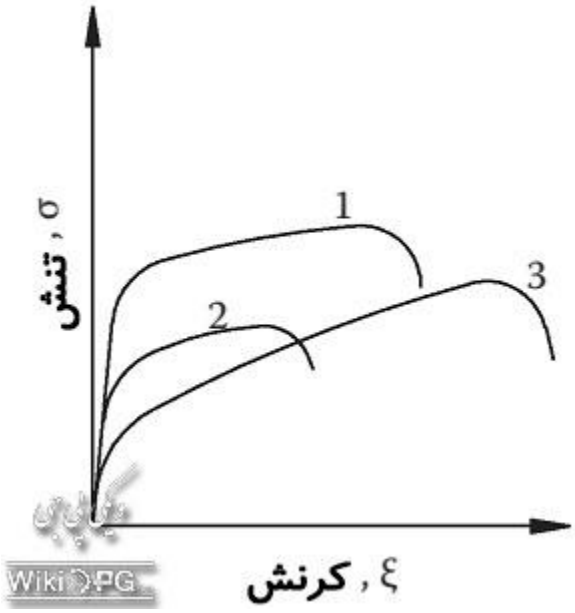
پارامترهای مهم انتخاب مواد در مبدل های حرارتی

۱- استحکام

اگرچه واژه استحکام برای بسیاری از خواص مکانیکی مورد استفاده قرار می گیرد اما منظور از استحکام در واقع استحکام کششی و استحکام تسلیم است. این دو استحکام با بررسی دیاگرام تنش – کرنش به دست می آیند. منحنی تنش – کرنش برای بسیاری از مواد مورد استفاده در مبدل حرارتی در شکل زیر نمایش داده شده است.

http://www.mohandes-iran.com

استحکام در انواع فشاری، خمشی، برشی و پیچشی هم مطرح می شود. به صورت کلی بهتر است از مواد با استحکام بالا استفاده شود تا از حداقل ضخامت مواد استفاده شود.



۱-فولاد دوپلکس(آستنیتی-فریتی)
۲-فولاد زنگ نزن فریتی
۳-فولاد زنگ نزن آستنیتی

۲- استحکام خستگی

خستگی در واقع تخریب فلز تحت تاثیر تنش های متناوب است. در حالت معمولی خستگی در اثر نوسان تنش در مقادیر بسیار پایین تر از استحکام کششی رخ می دهد. هر چه تنش افزایش یابد، تعداد تناوب های مورد نیاز برای تخریب یا شکست ماده کاهش می یابد. برای بررسی رفتار خستگی از نمودارهای S-N یا تنش بر حسب تعداد سیکل استفاده می شود. در این نمودار تنش بر حسب لگاریتم تعداد سیکل نمایش داده می شود. برای تعداد مشخصی سیکل حدی از تنش وجود که در مقادیر کمتر از آن شکست رخ نمی دهد و به آن حد تحمل و حد خستگی گفته می شود. برای جلوگیری از تخریب قطعه باید مقدار تنش های نامی در مقادیر کمتر از حد خستگی نگه داشته شود. امکان به وجود آمدن خستگی تقریبا همیشه با وجود ناپیوستگی ها، شیارها، شوک ها، تنش های باقی مانده و غیره همراه است. خستگی معمولا در اتصالات جوشی رخ می دهد زیرا این اتصالات ذاتا میزان تمرکز تنش را افزایش می دهند. برخی از مواد و روش های طراحی که در برابر خستگی مقاوم هستند، عبارتند از:

افزایش استحکام کششی با آلیاژ سازی یا عملیات حرارتی، کاهش ضخامت قطعه، پولیش سطوح، کاهش تنش طراحی، کاهش اندازه دانه، کاهش ناپیوستگی های متالورژیکی و تنش باقی مانده، ایجاد تنش فشاری در سطح،

http://www.mohandes-iran.com

کاهش نقاط مساعد به خوردگی و خستگی، اجتناب از به کار گیری پوشش فلزی مانند آبکاری کروم، نیکل یا کادمیم که می توانند استحکام خستگی را به علت وجود میکروترک ها در آبکاری کاهش دهد. برای مخازن تحت فشار، فشارهای هیدرواستاتیک بیشتر از تنش تسلیم می تواند تنش باقیمانده را آزاد کرده و استحکام خستگی را بهبود دهند.

۳- شکست ترد

شکست ترد واژه ای است که برای توصیف شکست به وسیله گسترش ناگهانی ترک در تنش های زیر استحکام تسلیم رخ می دهد. شکست ترد بیش از همه در فلزاتی با ساختار کریستالی BCC دیده شده است. به خصوص فولادهای فریتی که شکست کامل در شرایط خاصی در زیر تنش تسلیم رخ می دهد. شرایطی که منجر به شکست ترد قطعه می شوند عبارتند از:

- وجود عیب.

- وجود تنش باقی مانده یا تنش اعمالی به عیب که در صورت سه بعدی بودن شرایط بدتری نیز ایجاد می کند.

- دمای پایین.

- عوامل متالورژیکی اکسیژن زدایی، ترکیب، نورد و عملیات حرارتی ثانویه

همانطور که در کد ASME بخش ۱ نوشته شده است اجزای مخزن تحت فشار باید از نظر شکست ترد مورد ارزیابی قرار گیرند. که از جمله این قطعات می توان به پوسته، نازلکلگی، صفحه لوله گیر، پوشش پلیت ها، فلنج ها، پد تقویتی اشاره کرد. فاکتور minimum design metal temperature یا به طور خلاصه MDMT یا حداقل دمای طراحی فلز، کمترین دمایی است که در آن قطعه مود نظر چقرمگی شکست کافی دارد. هر قطعه باید توسط تست ضربه و بسته به ضخامت ماده و MDMT مورد ارزیابی قرار گیرد. شکست ترد برای طراحان مخازن تحت فشار به دلایل زیر اهمیت دارد:

- اگر مخزن در دمای بالا کار کند به نحوی که در آن دما انتظار ایجاد شکست ترد وجود نداشته باشد، احتمال شکست مخزن در هنگام تست هیدرواستاتیک سرد پیش از کار وجود دارد و مورد دیگر که باید به آن توجه داشت

http://www.mohandes-iran.com

تردی تمپر در فولادهای کروم مولیبدن است که در اثر دماهای بالای کار و زمان طولانی کارکرد در پالایشگاه ایجاد می شود.

- تغییر تناوبی بار و دما در هنگام کارکرد طولانی ممکن است اندازه عیوب را افزایش دهد و آن را به مقدار بحرانی برساند و منجر به شکست ترد در زمان آغاز یا اتمام کار و یا تست های دوره ای در حالت سرد شود.

- در مورد مخازن اتمی، بمباران نوترونی می تواند دمای انتقال یا TT را افزایش دهد.

در ساختارهای جوشکاری شده، شکست ترد از عیوب جوش آغاز می شود. شکست ترد اتصالات جوش به چقرمگی کل قطعه، اندازه بحرانی ترک و شیار، کرنش باقیمانده جوش، قیود مکانیکی، اندازه دانه، میزان ناخالصی و دما بستگی دارد. نباید فراموش کرد که یک ماده داکتیل می تواند در شرایط تنش سه بعدی تحت شکست ترد قرار بگیرد. برای کاهش شکست ترد می توان از مواد مقاوم به شیار استفاده کرد یا از شیارها اجتناب کرد. رعایت موارد زیر در طراحی شکست ترد را کاهش می دهد:

- محدود کردن عیوب، که عملا امکان پذیر نیست.

- تنش طراحی را به شکلی در نظر گرفت که از میزان لازم برای گسترش ترک کمتر باشد، اما از نظر اقتصادی به صرفه نیست.

- انتخاب ماده ای که دمای TT آن از دمای کار کمتر باشد.

- اگر تنش های سازه آزاد نشده باشد، تنش های باقی مانده به تنش اعمالی افزوده شده و منجر به تسلیم موضعی در نواحی اطراف عیوب شده و در نتیجه شکست ترد را ایجاد خواهد کرد.

برخی راهکارهای عملی برای کاهش احتمال شکست در شرایط غیر کاری به شرح زیر است:

- لبه های بریده شده و جوشکاری شده باید پیش از شکل دهی با سنگ یا سمباده آماده شوند.

- شکل دهی گرم باید در شرایطی انجام گیرد که دما محیط کمتر از ۲۴ درجه سانتی گراد است.

http://www.mohandes-iran.com

– انتخاب مواد باید با شرایط کاری و الزامات کد سازگار باشد و باید در نظر داشت که الزامات کد تنها به مینیم استانداردها اشاره کرده است.

۴– تافنس (چقرمگی)

چقرمگی یک ماده، توانایی آن در جذب انرژی و تغییر شکل پلاستیک پیش از شکست است. مقدار انرژی جذب شده در هنگام دو فرآیند تغییر شکل و شکست به عنوان چقرمگی اندازه گیری می شود. هنگامی که خواص مکانیکی در دمای پایین مطرح باشد اهمیت چقرمگی از استحکام بیشتر می شود. چقرمگی شیار تحت تاثیر ترکیب شیمیایی، ریزساختار، اندازه دانه، الگوی جریان دانه، اندازه سطح مقطع، دمای کار گرم و کار سرد، روش ساخت و شرایط سطحی مانند کربوراسیون و دکربوراسیون است.

تست های پایه: در رایج ترین تست های چقرمگی از نمونه های شیار دار استفاده می شود و چقرمگی توسط تست ضربه و چقرمگی شکست در نرخ کرنش پایین تر اندازه گیری می شود. تست های ضربه استحکام ماده در دمای پایین، کاهش داکتیلیته و تردی را مشخص می کنند. این تست ها در مورد مواد با ساختار BCC که انتقال از حالت داکتیل به ترد یا DBT را نشان می دهند، انجام می شود. دو روش رایج تست های چارپی و ایزود هستند.

تست چارپی با شیار V شکل (ASTM E23): تست چارپی با شیار V شکل یکی از مناسب ترین تست هاست، زیرا قطعه یا سازه به علت وجود شیار و یا تمرکز تنش شکسته می شود. این تست برای بدست آوردن انرژی جذب شده، انبساط عرضی و ظاهر شکست در قطعه ای به ابعاد ۱۰×۱۰×۵۵ میلی متر از ماده مورد نظر تحت بار ضربه ای اجرا می شود. شعاع شیار در نمونه ۰,۲۵۴ میلی متر یا ۰,۰۱۰ اینچ است. نتایج تست ظرفیت جذب انرژی بر حسب فوت پوند و در نتیجه نشان دهنده توانایی ماده در مقابل شکست در شرایط تمرکز تنش است.

تست شارپی با شیار V شکل ترک دار: این تست معمولا برای اندازه گیری چقرمگی شکست به کار می رود.

دمای انتقال داکتیلیته صفر NDTT یا Nil-ductility transition temperature بر اساس ASTM E208: این تست دمایی را مشخص می کند که ماده تحت تنش تسلیم به مقدار اندکی سیلان پیدا می کند. این تست به همراه تست شارپی با شیار V شکل میزان چقرمگی شکست مرجع در استاندارد ASME را مشخص می کند.

http://www.mohandes-iran.com

چقرمگی شکست: چقرمگی شیار مقیاس خوبی برای فولادهای با استحکام بالا و مواد غیر فلزی نیست زیرا این مواد به تدریج انتقال از حالت ترد به نرم را نشان می دهند. همین طور تجربه نشان داده است که نتایج تست شارپی با شیار V شکل به تنهایی مشخص نمی کند که آیا ترک با یک اندازه مشخص به آرامی رشد می کند یا مانند شرایطی که در مخازن حمل گاز مایع وجود دارد به صورت ناگهانی می شکند. در این شرایط مقدار چقرمگی شکست به عنوان چقرمگی فلز ارزیابی می شود و این روش مکانیک شکست نامیده می شود. چقرمگی شکست در حالت کرنش صفحه ای یا مقدار KIC برای محاسبه اندازه ترک بحرانی در یک قطعه تحت تنش که می تواند به شکست ناگهانی منجر شود، به کار می رود. مقدار KIC بر خلاف مقدار چقرمگی مستقل از شکل قطعه است.

چقرمگی شکست (ASTM E399 and E813): این دو تست تنها تست هایی هستند که مقادیر چقرمگی شکست "ASTM valid" را می دهند. تست E399 برای چقرمگی شکست KIC الاستیک خطی و E813 برای محاسبه کار یا J-Integral که می تواند به KIC تبدیل شود، استفاده می شوند.

۵- خزش

خزش به عنوان تغییر شکل آرام یک ماده با زمان در دماهای بالا بدون افزایش تنش تعریف می شود. در دمای اتاق خزشی در فولاد رخ نمی دهد. اما بسیاری از فولادهایی که برای مخازن تحت فشار استفاده می شوند باید در شرایط ایجاد خزش کار کنند. طراحی این مواد بر اساس نمونه های آزمایشی شامل تنشی می شود که در مقادیر کمتر از آن قطعه در طول عمر مورد انتظار نشکند. پدیده خزش به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است و نوع طراحی برای جلوگیری از آن مشخص بوده و مسئله خاصی در این شرایط رخ نمی دهد. اما باید دو نکته را در نظر گرفت.

- اگر طراحی ضعیف باشد و یک تنش موضعی بالا و پیش بینی نشده رخ دهد ممکن است تغییر شکل ناشی از خزش از مقدار مجاز فراتر رفته و منجربه شکست پیش از موعد قطعه شود.

- اگر تنش سازه ها آزاد نشده باشد، تنش باقی مانده می تواند به تنش اعمالی افزوده شده و منجر به شکست پیش از موعد قطعه شود. این پدیده ممکن است در جوش ها و نازل ها رخ دهد. بنابراین مهم است که به خاطر داشته باشیم که مخازنی که تحت شرایط خزش کار می کنند پیش از آغاز کار تنش زدایی شوند.

تست خزش: تست های سنجش مقاومت ماده در دماهای بالا به سه دسته تقسیم بندی می شوند.

http://www.mohandes-iran.com

۱- تست های کوتاه مدت (کشش، فشار، خمش، برش، پیچش و ضربه) که در دماهای بالا انجام می شوند.

۲- تست های کوتاه مدت که در دمای اتاق و پس از قرار گرفتن در معرض حرارت در زمان های متفاوت انجام می شود.

۳- تست های بلند مدت که در دمای اتاق انجام می شوند.

تست های بلند مدت را می توان به تست های با بار ثابت (خزش، تنش گسیختگی و بسیاری از تست های خستگی) و یا خمیدگی ثابت (رهاسازی تنش و برخی تست های خستگی) تقسیم بندی کرد.

تست استانداردی که برای تعیین میزان خزش به کار می رود ASTM E139 با عنوان " Standard Test Methods for Conducting Creep, Creep-Rupture, and Stress-Rupture Tests of Metallic Materials" است. پارامتر لارسن میلر برای استفاده از داده های تست هایی که در دمای بالا برای تعیین زمان گسیختگی خزش استفاده می شوند، قابل اعتماد است. پارامتر لارسن میلر یا P که برای پیش بینی داده های تنش گسیختگی برای فولادهای کم آلیاژ توسط معادله زیر بدست می آید:

$$P=1.8T(k+\log t)\times 10^{-3}$$

که در این معادله:

T: دما بر حسب کلوین

t : زمان برحسب ساعت

k: ثابت که برای فولادهای کم آلیاژ ۲۰ در نظر گرفته می شود.

۶- مقاومت در برابر حرارت

مقاومت در برابر حرارت مواد ساختمانی در دماهای مختلف مورد بررسی قرار می گیرد زیرا رفتار مواد به شدت به دمای کارکرد آن ها بستگی دارد. به این ترتیب دمای کاری به ۴ محدوده تقسیم بندی می شود:

۱- دمای کارکرد زیر صفر وکاربردهای برودتی

http://www.mohandes-iran.com

۲- دمای کاری پایین (تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد)

۳- دمای کاری متوسط (۲۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد)

۴- دمای کاری بالا (بیش از ۶۵۰ درجه سانتی گراد)

- دمای کارکرد زیر صفر وکاربردهای برودتی

یکی از مهمترین ویژگی های مواد برای کاربرد در دماهای زیر صفر چقرمگی است. فولادها و مواد غیر فلزی در کاربردهای برودتی برای نگهداری، جابجایی و حمل و نقل گازهای مایع و میعان گازها به کار می روند. برخی از فولادها در بازه دمایی کوچکی زیر دمای اتاق کاهش شدیدی در داکتیلیته یا (nil-ductility temprature) از خود نشان می دهند. به این پدیده دمای انتقال تردی به نرمی یا DBTT گفته می شود. استفاده از فلزات در زیر NDT منجر به شکست ترد می شود زیرا در این دما انرژی کمی برای گسترش ترک نیاز است.

دما کاری متوسط

دمای کاری متوسط شامل بیشتر مخازن مورد استفاده در صنایع نفت و پتروشیمی است. مهمترین پارامترهایی که در این دما باید مورد توجه قرار گیرد مقادیر تنش ها و طراحی مناسب قطعه و داکتیلیته ماده است.

کاربرد دمای بالا

در کاربردهای دمای بالا مواد در حالت نیمه پلاستیک یا پلاستیک قرار دارند و طراحی باید بر اساس تنش هایی انجام گیرد که تغییر شکل غیر الاستیک در محدوده مجاز بوده و منجر به شکست قطعه نشود. تنش های طراحی در دمای بالا بر اساس استحکام خزشی بلند مدت و مقاومت فلز در برابر پوسته شدن مشخص می شوند. برای استفاده در دمای بالا باید توجه کرد که ماده مورد نظر خواصی مشخصی را داشته باشند که در جدول زیر بیان شده است.

http://www.mohandes-iran.com

خواص مکانیکی مهم برای کاردردمای بالا
استحکام کششی یا استحکام تسلیم
استحکام خزشی و خزش - گسیختگی
پارامترهای خستگی حرارتی
پارامترهای شوک حرارتی
تردی تمپر
خوردگی در اثر سولفیدها، سولفیداسیون دما بالا برای فولادهای کربنی در دمای بالا ۲۶۰ درجه سانتی گراد و مقدار گوگرد بالای ۰,۲ درصد
پایداری متالورژیکی، اندازه دانه، تبلور مجدد، تغییر فاز و غیره
مقاومت در برابر اکسیداسیون سطحی و کربوریزاسیون
رسوب فازهای بین فلزی در مرز دانه و تخریب جوش

در دماهای بالای ۸۰۰ درجه فارنهایت یا ۴۲۵ درجه سانتی گراد مواد باید در برابر حرارت مقاوم بوده و خواص مقاومت در برابر خوردگی، استحکام مکانیکی، پایداری متالورژیکی، مقاومت خزشی، مقاومت به اکسیداسیون، استحکام تنش گسیختگی، و پایداری سطحی خود را در مقابل گازهای احتراق و مواد شیمیایی حفظ کنند.

عناصر آلیاژی برای مواد مقاوم به حرارت:

فولادها باید برای مقاومت در برابر اکسیداسیون حاوی کروم باشد. کبالت، آلومینیم، سیلیسیم و عناصر کمیاب خاکی تشکیل، پایداری و چسبندگی لایه اکسیدی سطحی را بهبود می بخشند. نیکل، منجر به افزایش استحکام، پایداری، چقرمگی و مقاومت به کربوریزاسیون می شود. تنگستن و مولیبدن نیز استحکام دمای بالا را افزایش می دهند.

http://www.mohandes-iran.com

مواد و دمای کاری آن ها:

برای دماهای بالای ۶۰۰ درجه سانتی گراد از مواد زیر استفاده میشود:

۱- فولادهای فریتی با ۱۷ تا ۲۷ درصد کروم و مولیبدن

۲- فولادهای آستنیتی پر استحکام و دما بالا (فولادهای کروم - نیکل - مولیبدن با مقدار نیکل بالای ۸ ٪) مانند فولادهای ۳۲۱، ۳۴۷، ۳۱۶ و ۳۱۰

۳- فولادهای زنگ نزن ریخته گری شده و مقاوم در برابر حرارت: HC، HK، HT، HP، HX

۴- آلیاژهای پایه نیکل رسوب سختی شده حاوی کروم، مانند X-718 و X-750

۶- آلیاژهای پایه کبالت: N-155 ، ۱۸۸، L605، ۲۵

۷- سرامیک های پیشرفته و سایر مواد دیرگداز (دمای بالا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد)

معمولا به مواد رده ۴ تا ۶ سوپر آلیاژ گفته می شود.

فولادهایی برای کاربردهای دما بالا

۱- فولادهای کم آلیاژ برای کار در دمای بالا

فولادهای آلیاژی C-Mo، فولادهای آلیاژی کروم-مولیبدن و فولادهای آلیاژی منگنز - مولیبدن - (نیکل) برای کاربرهای دما بالا مورد استفاده قرار می گیرند. هنگامی که استحکام دما بالا (استحکام خزشی) مد نظر باشد، معمولا میزان مولیبدن در ترکیب فولاد افزایش می یابد اما اگر مقاومت به خوردگی در دمای بالا مد نظر باشد مقدار کروم افزایش می یابد. به عنوان مثال در مورد تجهیزات پالایش نفت خام که در معرض حمله هیدروژنی هستند، کروم و مولیبدن را برای افزایش مقاومت در برابر حمله هیدروژنی استفاده می کنند.

۲- فولادهای زنگ نزن برای دمای بالا

http://www.mohandes-iran.com

می توان از فولادهای کربنی تا دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد و از فولادهای کم آلیاژ تا دمای ۶۰۰ - ۶۵۰ درجه سانتی گراد استفاده کرد. اما نمی توان از این مواد در بالای این محدوده دمایی به علت وقوع خزش استفاده کرد. اگرچه سوپرآلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت می توانند دماهای بالا را بدون افت خواص مکانیکی تحمل کنند اما به علت قیمت بالا و در دسترس نبودن، برای کاربردهای عمومی مانند نیروگاه های فسیلی با دمای کاری ۶۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد استفاده نمی شوند. برای این محدوده دمایی فولاد زنگ نزن آستنیتی ترجیح داده می شود. در حالی که فولاد زنگ نزن برای این محدوده انتخاب می شود علاوه بر استحکام خزشی باید خوردگی دما بالا، اکسیداسیون، پوسته شدن و کربوراسیون و رسوب فاز ثانویه را نیز در نظر داشت. در این مورد استفاده از E-Brite 26-1 یا (Allegheny Ludlum) بسیاری از مشکلات مرتبط با استفاده از ۳۱۶ را نخواهد داشت.

۳- توسعه تکنولوژی آلیاژهای آهنی برای کاربردهای دما بالا

در طی ۲۵ سال گذشته آلیاژهای جدید با استحکام و مقاومت به خوردگی بالاتر برای استفاده در صنایع هسته ای، فسیلی و پیتروشیمیایی توسعه پیدا کرده اند. گروه های خاصی از آلیاژها شامل فولادهای کم آلیاژ حاوی وانادیم، فولاد 9Cr-1Mo-V ، فولادهای زنگ نزن با مقادیر کم نیوبیوم و آلیاژهای کرم-نیکل- آهن . افزودن عناصر آلیاژی وانادیم، نیوبیوم، تیتانیم و نیتروژن در افزایش استحکام فولادهای فریتی و آستنیتی نقش موثری داشته اند.

مواد مقاوم در برابر حرارت بر پایه نیکل:

اینکونل (آلیاژهای نیکل-کروم) و اینکو در برابر اکسیداسیون و کربوریزاسیون و سایر تخریب های دمای بالا مقاوم است. آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت متداول عبارتند از:

۱) آلیاژ اینکونل ۶۰۰، ۶۰۱، ۶۱۷، ۶۲۵، ۷۱۸ و X-750، آلیاژ اینکو HX

۲) آلیاژهای نیکل-آهن- کروم و آلیاژ اینکو نیکل-آهن- کروم مانند اینکولوی ۸۰۰، 800HT، ۸۲۵

۳- سایر آلیاژهای جدید مانند 253MA، ۵۵۶، HR-120، HR-160، 45ASTM230 و ۲۱۴.جدول ۱۳,۳ گروه های مواد و دماهای کاری آن ها را نشان می دهد.

http://www.mohandes-iran.com

مواد برای کاربردهای دما بالا	
محدوده دمایی (سانتی گراد)	آلیاژها
تا ۶۵۰	فولادهای کربنی با کمتر از ۱ درصد کروم یا دارای ۱ تا ۱۲ درصد کروم و مولیبدن تا ۱ درصد
۶۵۰ تا ۸۰۰	فولادهای کربنی و کم آلیاژ، فولادهای Cr-Ni-Mo که حاوی ۱۲ تا ۲۵ درصد کروم و ۵ تا ۲۵ درصد نیکل هستند. مانند AISI 310
۸۰۰ تا ۱۰۰۰	فولادهایی با ۱۷ تا ۲۷ درصد کروم و مولیبدن، یا فولادهای Cr-Ni-Mo با بیش از ۸ درصد نیکل
۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰	آلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت با۱۸ تا ۳۵ درصد کروم، افزودن آلومینیم به این آلیاژها مقاومت آن ها را در برابر اکسیداسیون دمای بالا و اکسیداسیون متناوب افزایش می دهد.
بیش از ۱۲۰۰	سرامیک های پیشرفته و مواد دیرگداز

تست هایی برای ارزیابی فولادها در دمای بالا: انواع تست های مورد استفاده برای ارزیابی خواص فولاد در دمای بالا شامل موارد زیر می شود:

تست های دما بالا کوتاه مدت

تست های دما بالا بلند مدت

تست های کوتاه مدت و بلند مدت که پس از قرار گرفتن در معرض حرارت به مدت طولانی انجام می شود.

تست های خستگی (شامل خستگی حرارتی و آزمون های شوک حرارتی)

تست های خستگی وابسته به زمان

تست های داکتیلیته و چقرمگی

http://www.mohandes-iran.com

۷- حرارت و خوردگی

آلیاژهایی که هر دو خواص دما بالا و مقاومت به خوردگی مناسب را دارند برای استفاده طولانی مدت در فرآیندهای دما بالا و محیط های آلوده به مواد خورنده ضروری هستند.

مکانیزم خوردگی در دمای بالا: بسیاری از خوردگی های دما بالا به دلیل تخریب پوسته سطحی رخ می دهد. ناخالصی های متداولی که شدت خوردگی دما بالا را افزایش می دهند شامل کربن، نیتروژن، هالوژن ها، گوگرد، خاکستر و نمک مذاب می شود. مکانیزم خوردگی در دمای بالا شامل مراحل زیر است:

۱- کربوریزاسیون: که منجر به رسوب کاربیدهای داخلی و تردی می شود.

۲- نیتریدیزاسیون: که منجر به رسوب داخلی نیتریدها و تردی می شود.

۳- تشکیل هالیدهای فلزی فرار روی سطح

۴- رسوب خاکستر داغ و تشکیل مناطق مذاب

۵- خوردگی به دلیل حضور گوگرد در سیالات فرآیندی یا سولفیداسیون

تغییر ترکیب آلیاژ برای غلبه بر مشکلات خوردگی در دمای بالا با افزودن Cr، Ni، Si، Al و Mo به صورت جداگانه یا همزمان صورت می گیرد.

۸- مقاومت به خوردگی

بسیاری از فلزات و آلیاژهای آن ها، غیر فلزات ماند پلاستیک، شیشه و گرافیت توسط هوا، آب یا محلول های آبی مورد حمله قرار می گیرند. تخریب فلزات و آلیاژ ها به این وسیله خوردگی نامیده می شود. از آنجایی که اکثر فرآیندهای تجاری به صورت پیوسته هستند، شکستن یا آسیب دیدن تجهیزات، مبدل های حرارتی، لوله ها و سایر اجزای سیستم به معنای تحمیل هزینه های سنگین خاموشی، تعمیرات و جایگزینی قطعات است. بنابراین ساخت قطعات برای مخازن تحت فشار مبدل های حرارتی باید به نحوی باشد که نرخ خوردگی مطلوبی در حین عمر کاری داشته باشند. نگرانی دیگر در مورد اتمسفر کاری این قطعات است.

http://www.mohandes-iran.com

انتخاب مواد برای مقابله با شرایط خورنده:

ترکیب های مرجح: درانتخاب آلیاژها همیشه ترکیب هایی از فلز و محیط خورنده وجود دارد که مقاومت در برابر خوردگی را با کمترین هزینه به حداکثر مقدار می رسانند. یک لیست جزئی از این ترکیبات در ادامه آورده شده است:

- فولادکربنی/ اسید سولفوریک غلیظ

- فولادهای زنگ نزن/ اسید نیتریک

- آلومینیم / اتمسفر غیر آلوده

- مس – نیکل / آب شور و آب دریا

- مونل ۴۰۰ / اسید هیدروفلوئوریک

- هاستلوی / اسید هیدروکلریک داغ

- تیتانیم / محلول های اکسیدکننده قوی و داغ

- تانتالم / بسیاری از مواد شیمیایی

- فولادهای سوپرفریتی / آب دریا

ترکیب یجاد

این ت

- آمونیاک و محلول های آمونیاکی / مس و آلیاژهای مس به جز مس – نیکل ها

- هالوژن ها و هالیدها / فولادهای زنگ نزن آستنیتی

- جیوه / آلومینیم و آلیازهای آن، مس و آلیاژهای آن، مونل

http://www.mohandes-iran.com

- گوگرد و سولفیدها (در دماهای بالا) / نیکل و آلیاژهای نیکل

- سود سوزآور و سایر بازهای قوی / آلومینیم

مرجع داده های مواد: برای آگاهی از عملکرد یک ماده، مهندس مواد باید اطلاعاتی در مورد خوردگی مواد در محیط های مختلف داشته باشد. طیف وسیعی از اطلاعات خوردگی موجود است. موارد زیر از رایج ترین مراجع داده های خوردگی هستند:

۱- اعطا کننده جواز فرآیند (Process Licensors)

۲- کارخانجات و نیروگاه موجود و استفاده از تجربیات آن ها.

۳- داده های تست واحد پایلوت و مانیتورنیگ خوردگی در کارخانه و نیروگاه.

۴- نشریات فنی.

۵- اطلاعاتی که توسط شرکت های صنعتی خصوصی (معمولا تامین کننده ها) جمع آوری شده اند که با درخواست شرکتها در اختیار آن ها قرار می گیرد مانند Inco Alloys، Allegheny Ludlum، Lukens Steels، US Steels، TIMET، RMI، TiTanium Company وغیره.

۶- نشریات تجاری.

سایر مراجع برای کسب اطلاعات:

نشریات انجمن های فنی مانند انجمن ملی مهندسان خوردگی (NACE)، جامعه آمریکایی فلزات (ASTM)، انجمن آلومینیم (AA)، انجمن توسعه مس (CDA)، جامعه مهندسان خودرو و غیره...

انجمن های تخصصی مانند HTRI و HTFS

نشریات دولتی

http://www.mohandes-iran.com

تخریب های خوردگی:

حتی زمانی که مواد به دقت انتخاب شده و از روش های ممانعت از خوردگی استفاده می شود، برخی تخریب های غیر منتظره رخ می دهد و باید راهکاری برای این شرایط در نظر گرفته شود. تخریب های غیر منتظره از یکی از موارد زیر ناشی می شود:

۱- ماده معیوب

۲- طراحی نامناسب

۳- شرایط کاری غیرعادی

۴- تولید نامناسب و عدم بازرسی کافی

۵- نگهداری نامناسب

۹- حمله هیدروژنی

حمله هیدروژنی یک مکانیزم تخریب است که در مورد فولادهای کربنی و کم آلیاژ که در معرض هیدروژن در دماهای ۲۰۰ تا ۲۴۳ درجه سانتی گراد قرار می گیرند رخ می دهد. در دمای اتاق نیز هیدروژن تحت فشار نمی تواند در سیلندرهای فولادی نگهداری شود. در دماهای بالا هیدروژن در فولاد حل شده و می تواند با اتم های کربن واکنش داده و طبق واکنش زیر تشکیل گاز متان دهد:

$$Fe+۴FeC \rightarrow CH+۲H۲$$

در دماها یا فشارهای بالا؛ هیدروژن می تواند با کرین که به صورت بین نشین در محلول جامد قرار دارد واکنش داده و منجر به دکربوریزاسیون شود. این کار منجر به ناپایدار شدن کاربیدها و تشکیل حباب های متان در مرزدانه ها می شود. از آنجایی که متان نمی تواند در فولاد نفوذ کرده و خارج شود، تجمع آن موجب شکافتگی و تاول شده و در نتیجه داکتیلیته را کاهش می دهد که در نهایت منجر به تخریب می شود. پایداری ترکیب کاربید، مرفولوژی و توزیع مناسب آن ها برای کاهش این مشکل مفید است.

http://www.mohandes-iran.com

جلوگیری از حمله هیدروژنی

تنها راه عملی برای جلوگیری از حمله هیدروژنی استفاده از فولادها بر اساس تجربیات کارخانه ها است . قوانین زیر بر حمله هیدروژنی حاکم هستند:

عناصر آلیاژی تشکیل دهنده کاربید مانندکروم و مولیبدن، یا عناصر آلیاژی پایدار کننده کاربید مانند کروم، تیتانیم و وانادیم، مقاومت فولاد را در برابر حمله هیدروزنی افزایش می دهند. مولیبدن در این زمینه چهار برابر موثر تر از کروم است. وانادیم به عنوان یک استحکام دهنده قوی در فولادهای کم آلیاژ برای رسوب CV استفاده می شود که در برابر حمله هیدروژنی مقاوم است.

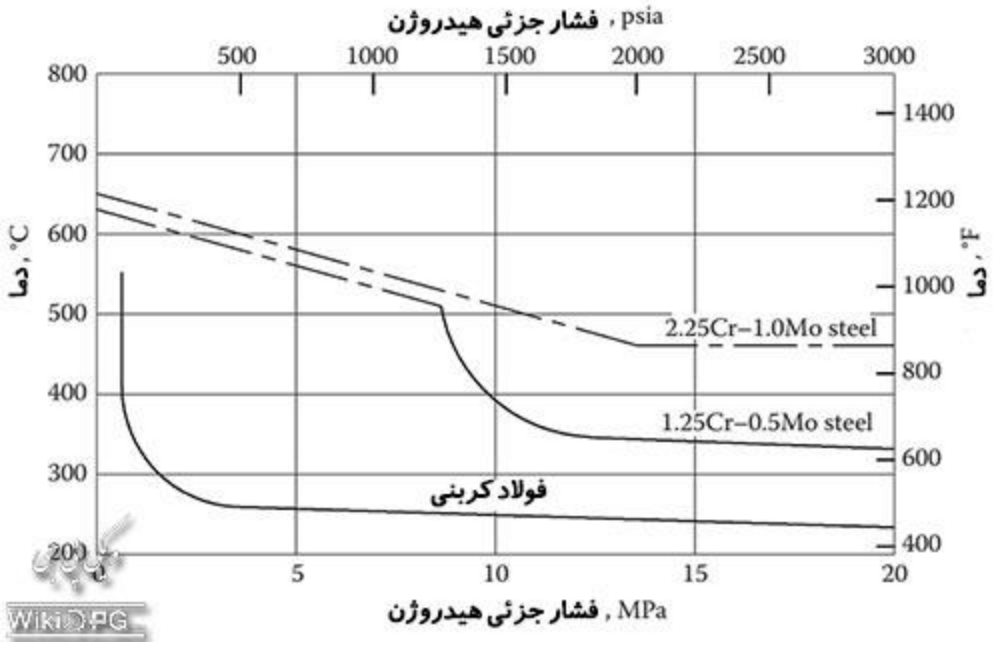
تمام فولادهای زنگ نزن آستنیتی در برابر حمله هیدروژنی در دمای بالا مقاومت می کنند زیرا مقدار کروم درترکیب آن ها بالاست. در نتیجه برای جلوگیری از خوردگی داخل مخازن فولاد کم آلیاژ را با فولاد زنگ نزن می پوشانند.

مناطق HAZ یکی از مناطق مستعد در برابر حمله هیدروژنی هستند.

جلوگیری از حمله هیدروژنی با نمودارهای نلسون: حمله هیدروژنی معمولا در انتخاب فولادها برای تجهیزات پالایشگاهی نقش مهمی را بازی می کند. از حمله هیدروژنی به فولاد می توان با محدود کردن دما، فشار جزئی و ترکیب آلیاژها که در نمودارهای نلسون مطرح شده، جلوگیری کرد. نمودارهای نلسون در سراسر جهان برای انتخاب مواد پالایشگاهی مورد استفاده قرار می گیرند. این نمودار ها بر اساس تجارب طولانی مدت در پالایشگاه ها بدست آمده است. این نمودار ها به طور متاوب توسط زیر مجموعه API که تخصص مهندسی مواد و بازرسی را دارد، مورد بازبینی قرار می گیرد و در این مورد باید به API 941 رجوع کرد.

بخشی از نمودارهای نلسون به صورت شماتیک در شکل نمایش داده شده است. کاربیدهای کروم، مولیبدن نسبت به کاربیدهای آهن تمایل کمتری به واکنش دارند، بنابراین فولادهای کروم-مولیبدن نسبت به فولادهای کربنی مقاومت بیشتری در برابر حمله هیدروژنی دارند. فولادهای زنگ نزن آستنیتی در تمامی دماها و فشارهای هیدروژن در برابر حمله هیدروژنی مقاومند.

http://www.mohandes-iran.com



۱۰-قابلیت ساخت

قابلیت ساخت شامل سهولت شکل دهی، ماشین کاری، جوشکاری و سایر فرآیندهای اتصال فلزات و عملیات حرارتی ثانویه می شود. تمامی کارگاه ها از نظر فنی توانایی استفاده از مواد مورد نظر را ندارند. بنابراین مصرف کننده باید از ظرفیت های سازنده خود مطلع باشد. به علاوه روش های ساخت پیشرفته به روش های پیشرفته تری برای بازرسی و اطمینان از کیفیت ساخت نیاز دارند.

http://www.mohandes-iran.com