دوره آموزشی شناخت و انتخاب مواد در Piping

(بر اساس استانداردهای API , ASME , ASTM)

با همکاری آموزشگاه مجازی نفت و گاز ایران پایپینگ

ارائه شده در گروه تلگرام "مهندسین پایپینگ"

www.IranPiping.ir

۱۳۹۴/۱۲/۱۰

مدرس : مهندس صالح سجودی

کارشناس مهندسی مکانیک (حرارت و سیالات) از دانشگاه تبریز

مدیر عامل شرکت فنی مهندسی پارسا تدبیر صنعت (تاسیس ۱۳۸۴)

مهندس مشاور و مدرس دوره های Piping , PDMS , Welding , NDT

بازرس تایید صلاحیت شده جوش AWS Certified Welding Inspector (CWI)

کارشناس سطح ۲ آزمایشات غیر مخرب ASNT NDT Level II (VT,PT,MT,RT,RTI,UT)

مربی رسمی سازمان فنی و حرفه ای در رشته های نرم افزارهای مکانیک ، صنایع شیمیایی و تاسیسات مکانیکی

استاد و مدرس تایید شده دوره های آموزشی تخصصی شرکت ملی نفت و گاز (پخش ، پالایش ، انتقال و خطوط لوله نفت)

کارشناس ، ممیز و مشاور مستندسازی و استقرار سیستم های مدیریت کیفیت (ISO 9001 , ISO 14001 , OHSAS 18001)

عضو انجمن مهندسان مکانیک و بازرسی آمریکا (ASME-ASNT) – عضو حرفه ای انجمن مهندسین پایپینگ آمریکا (SPED)

با بیش از ۱۰ سال سابقه در زمینه های طراحی ، اجرا و بازرسی تاسیسات صنعتی ، مشاوره و آموزش

لطفا جهت کسب اطلاعات بیشتر ، رزومه شرکت ، لیست کامل دوره های تخصصی ، نرم افزارها و استانداردها تماس بگیرید.

Mob: 0914 313 4373 **Email : Ptseco@yahoo.com**

جلسه اول از آموزش متریال در لوله کشی صنعتی

با عرض سلام و خسته نباشید خدمت دوستان و همکاران , از دوستانی که مطالب برایشان تکراری یا مقدماتی است عذر خواهی میکنم و مشتاقانه آماده دریافت تمامی نظرات , پیشنهادات و انتقادات هستم .

در صورت علاقه مندی و نیاز دوستان جزوات , استانداردها و منابع متعددی در تمامی زمینه ها در پایان کلاس ارسال خواهد شد که مطالعه آنها را به همه توصیه میکنم . ضمنا مجموعه سوالاتی نیز در این زمینه موجود است که امکان برگزاری امتحان و ارزیابی را در همین گروه در صورت نیاز میسر خواهد کرد تا دوستان بیشتر با مفاهیم و مطالب آشنا شوند .

اهمیت شاخه متریال در صنایع نفت و گاز بر همگان مشخص است و دلایل زیر را میتوان شمرد :

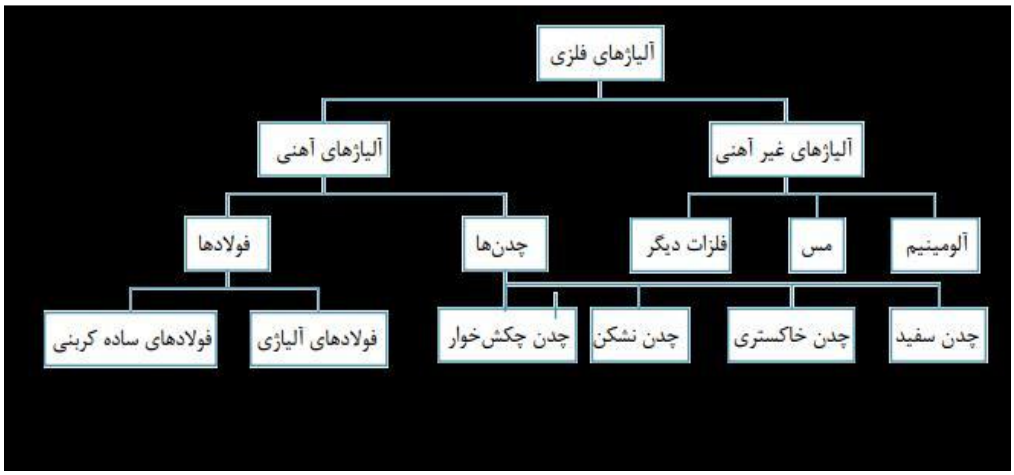
۱- طراحی و انتخاب صحیح جنس اقلام و هزینه بهینه در ساخت واحد
۲- تاثیر مستقیم جنس بر ضخامت لوله کشی و تجهیزات واحد
۳- تاثیر مستقیم جنس و ضخامت در هزینه و زمان ساخت (جوشکاری)
۴- نظارت صحیح و دقیق بر خرید انواع اقلام با جنسهای مختلف
۵- تاثیر مستقیم جنس در عملکرد صحیح تاسیسات و عمر مفید واحد
۶- و ....

صد البته که مسائل مالی و اقتصادی هم دخیل هستند و به جهت موارد فنی در نظر گرفته نمیشوند

خوب اکنون با توجه به تاثیر منفی زمان و هزینه در ساخت یک پالایشگاه یا پتروشیمی و همچنین اثرات مخرب ناشی از تعدد در تعمیرات و اور هال overhaul و لزوم شاخه متریال , جهت ورود به بحث نیاز به تقسیم بندی اساسی داریم :

۱- شناخت و آشنایی با اطلاعات انواع متریال

در این قسمت متداولا ابتدا تقسیم بندی کلی انواع مواد صنعتی و خوراکی ذکر میشود و با توجه به موضوع لوله کشی صنعتی به مواد صنعتی پرداخته میشود . مواد صنعتی شامل مواد فلزی metallic و مواد غیر فلزی nonmetallic میباشد . که البته با توجه به پرکاربرد بودن مواد فلزی و بویژه آلیاژهای آهنی ferrous mtels , اهمیت , در دسترس بودن و قیمت آن در صنعت تقسیم بندی های مختلفی صورت گرفته است :



این نوع طبقه بندی برای فلزات جامع ترین و مشهور ترین نمونه میباشد

آشنایی و شناخت کامل و هر چه بیشتر فلزات و مخصوصا انواع فولادها موجب قدرت بیشتری در انتخاب و طراحی خواهد شد . جهت برآورده کردن این امر شناخت انواع خواص فلزات امری مهم است . این خواص عبارتند از :

۱- خواص فیزیکی (Physical Properties) مانند نقطه ذوب , جرم مخصوص , هدایت حرارتی و ...

۲- خواص مکانیکی (Mechanical Properties) مانند استحکام , الاستیسیته و سختی

۳- خواص شیمیایی (Chemical Properties) مانند مقاومت به خوردگی , اکسیداسیون و قابلیت احتراق

۴- خواص تکنولوژیکی (Technological Properties) مانند قابلیت جوشکاری , ماشینکاری و ریخته گری

همانطور که میدانید اکثر این خواص با هم در یک ماده در ارتباط هستند که در جلسات بعدی تعدادی از آنها بعدا بررسی خواهد شد . به عنوان مثال با افزایش درصد کربن در یک فولاد , استحکام تسلیم آن بالاتر رفته و دمای ذوب نیز بالاتر میرود ولی قابلیت جوشکاری و براده برداری (ماشینکاری) کاهش پیدا میکند . از جمله مباحث مربوط "تاثیر عناصر آلیاژی بر خواص فولادها" میباشد .

***** درک این خواص در مواد صنعتی و ارتباط آنها با یکدیگر و تاثیر شرایط کاری محیط روی آنها منجر به انتخاب صحیح خواهد شد . البته در انتخاب پارامترهای دیگری هم تاثیر دارند که بعدا بحث خواهد شد .**

فولاد چیست؟

واژه آلیاژهای آهنی (ferrous alloys) برای بیان دامنه وسیعی از آلیاژهایی به کار می رود که عنصر اصلی تشکیل دهنده آنها آهن است یا به عبارت دیگر پایه آهنی (iron-based) هستند.

این آلیاژها به سه گروه اصلی تقسیم می شوند:

- آهن کارشده (wrought iron)
- چدن (cast iron)
- فولاد (steel)

آهن کارشده که دیگر به صورت تجاری تولید نمی شود، آهن تقریبا" خالصی است که شامل ناخالصی های غیر فلزی به صورت سرباره است. امروزه آهن کارشده در حقیقت از فولاد کم کربن تولید شود. کیفیت این نوع آلیاژ توسط درصد کربن و منگنز پایین مشخص می گردد. (کربن کمتر از ۰/۰۸ درصد و منگنز کمتر از ۰/۰۶ درصد)

چدن آلیاژی از آهن و کربن است که عموما ۳ تا ۵ درصد کربن و ۱ تا ۳ درصد سیلیسیم دارد.

فولاد را در گذشته به صورت آلیاژی از آهن و کربن توصیف می کردند اما امروزه با وجود برخی از مهم ترین انواع فولاد نظیر فولادهای(Interstitial- Free(IF و فولادهای زنگ نزن فریتی نوع ۴۰۹ که در آنها کربن یک ناخالصی است که مقدار آن در حد چند جزء در میلیون است، دیگر نمی توان از توصیف آلیاژ آهن و کربن برای فولاد استفاده کرد. طبق تعریف، فولاد باید شامل حداقل ۵۰ ٪ آهن و یک یا چند عنصر آلیاژی دیگر باشد. این عناصر معمولا شامل کربن، منگنز، سیلیسیم، نیکل ، کرم ، وانادیم، مولیبدن، تیتانیوم، نیوبیم و آلومینیوم هستند.

رایج ترین نوع فولاد، فولاد کربنی ساده (plain carbon steel) است که معرف فولادی شامل آهن و کربن به همراه مقادیر اندکی منگنز، سیلیسیم یا آلومینیوم است. یکی دیگر از انواع مهم فولادها ، فولاد آلیاژی است که علاوه بر عناصر ذکر شده در بالا، مقادیر قابل توجهی از عناصری نظیر کرم، نیکل و مولیبدن آن را از فولاد کربنی ساده متمایز می کند. بخش خاصی از فولادهای آلیاژی، فولادهای زنگ نزن (stainless steel) هستند که حداقل ۱۱/۵ درصد کرم دارند. فولادهای ابزار (tool steels) فولادهایی هستند که برای ساخت ابزار مورد نیاز جهت برش، شکل دهی و سایر فرآیندهای مورد نیاز برای تبدیل مواد فلزی و غیر فلزی به اشکال مورد نظر بکار می روند.

ذکر این نکته لازم است که برخی فولاد ها به شکل فولاد ریختگی (steel castings) مورد استفاده قرار می گیرند اما روی بیشتر قطعات فولادی کار مکانیکی انجام می گردد تا به شکل نهایی برسند و بدین جهت به محصولات کارشده (wrought products) موسوم هستند.

<u>از موارد مهمی که در تصویر فوق میتوان اشاره کرد :</u>

۱- حداقل درصد عنصر آهن ۵۰٪
۲- محدوده درصد کربن که مهم است کمتر از ۲,۱ یا ۲,۰۶ ٪
۳- وجود عناصر آلیاژی مانند منگنز , کرم , نیکل و ... که البته درصد آنها پایین است

<u>و البته تقسیم بندی خود فولادها :</u>

۱- فولاد ساده کربنی یا سیاه
۲- فولاد آلیاژی
۳- فولاد ضد زنگ

دسته بندی فولادها :

دسته بندی انواع مختلف فولاد با ترکیب شیمیایی و خواصشان سالهاست توسط سازمان های تدوین استاندارد صورت می گیرد. مانند استاندارد EN اروپایی، ASTM و AISI آمریکا، JIS ژاپن، GB چین و بین المللی ISO

به طور کلی گرید های فولاد بر اساس موارد زیر طبقه بندی می شوند :

- ترکیب شیمیایی مانند کربن، کم آلیاژ و یا گرید فولاد زنگ نزن
- روش ساخت، بر پایه پروسس اکسیژن یا روش کروه الکتریکی
- پروسه نهایی، مانند گرید استیل برای نورد گرم یا نورد سرد
- شکل نهایی محصول، به طور مثال ورق، شیت، استریپ، لوله یا اشکال ساختمانی
- پروسه اکسیژن زدایی مانند فولاد کشته شده، نیمه کشته شده
- ریز ساختار، مانند گرید فریتی، پرلیتی و مارتنزیتی
- عملیات حرارتی اعمال شده از قبیل آنیل، کوئنچ تمپر و پروسه ترمومکانیکی
- سطح استحکام لازم

برحسب میزان کربن موجود در فولاد، فولادها معمولاً به سه دسته اصلی تقسیم می شوند :

- فولاد کم کربن (حداکثر۲۵/. درصد کربن)
- فولاد با کربن متوسط (بین ۰,۲۵ تا ۰,۵ درصد کربن)
- فولاد با کربن بالا (بیش از ۰,۵ درصد کربن)

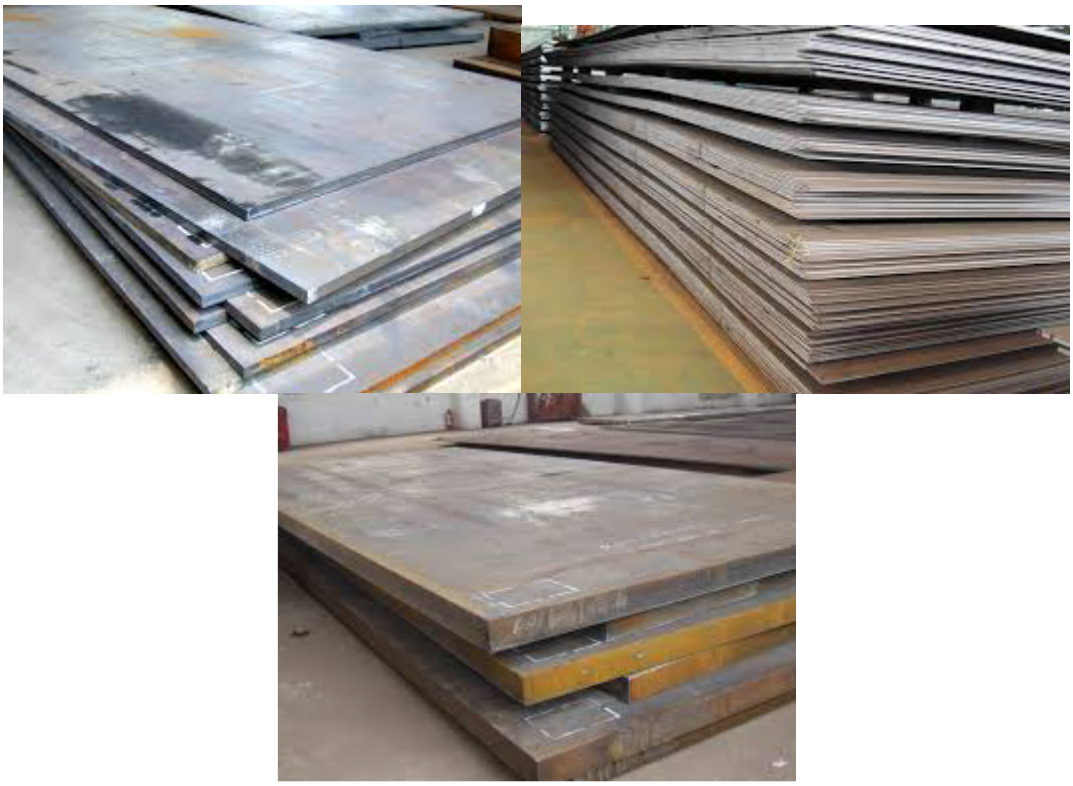
از طرف دیگر، با توجه به دسته بندی اروپایی، انواع فولاد به گروه های زیر تقسیم می شود :

- فولاد غیر آلیاژی
- فولاد آلیاژی
- فولاد ضد زنگ
- فولاد ابزار
- فولاد ساختمانی و پروفیل و ورق ها و
- فولاد برای استفاده های الکتریکی و الکترونیکی

اشکال مختلف تولید در فولادها :

1) Plate & Sheet
2) Pipe & Tube
3) Profiles & Bars
4) Wire & Rope
5) Coil & Strip

1) Plate & Sheet



2) Pipe & Tube

3) Profiles & Bars

4) Wire & Rope

5) Coil & Strip

آشنایی با اشکال فوق بسیار مفید و جالب میباشد ولی با توجه به اهداف و زمینه کاری در شکل لوله و تیوپ یا انواع ورق بیشتر کاربرد دارد .

آشنایی با استانداردها، شناخت فولادها و چندهای متداول در صنعت و چگونگی استفاده ازکتاب کلید فولاد
گردآوری و تنظیم:کامران خدابرستی

تقسیم بندی فولادها

فولادها به روشهای مختلفی تقسیم بندی می شوند که تقسیم بندی آنها می تواند بر اساس موارد زیر باشد:

- بر اساس ترکیب شیمیایی، مانند فولاد کربنی، فولاد کم آلیاژ ، فولاد زنگ نزن و ...
- بر اساس روش تولید، نظیر مانند open hearth ، روش کوره الکتریکی و ...
- بر اساس روش ساخت، مانند نورد گرم، نورد سرد و ...
- بر اساس شکل محصول مانند ورق، لوله، میله، صفحه و ...
- بر اساس روش اکسیژن زدایی مانند فولاد آرام، نیمه آرام، جوشان و ...
- بر اساس ریز ساختار مانند فریتی، پرلیتی، مارتنزیتی
- بر اساس استحکام مورد نیاز
- بر اساس عملیات حرارتی مانند بازپختی، کوئنچ و تمپر و...
- بر اساس کیفیت محصول مانند فولاد با کیفیت آهنگری، کیفیت تجاری و ...
- بر اساس کاربرد مانند فولاد فنر، فولاد ساختمانی، فولاد ابزار و ....

در حال حاضر استانداردهای ملی، منطقه ای و بین المللی بسیاری وجود دارند که سیستم نامگذاری مخصوص به خود جهت نامگذاری فولادها دارند. در ادامه سعی خواهد گردید برخی از رایج ترین این استانداردها که در سطح کشور ما نیز کاربرد بیشتری دارند مورد بررسی قرار گیرند.

به این منظور روش های نامگذاری فولادها را در سه شاخه اصلی: استانداردهای آمریکایی ، استانداردهای اروپایی و استانداردهای برخی از کشورهای صنعتی مورد بررسی قرار می دهیم. البته در اینجا منظور از استانداردهای آمریکایی استانداردهای مربوط به کشورهای آمریکایی شمالی (ایالات متحده و کانادا) است.

سیستم نامگذاری فولادها در استانداردهای آمریکایی

در آمریکا سازمانهای مختلفی متولی امر استاندارد هستند که هر کدام از آنها سیستم ویژه ای جهت نامگذاری فولادها دارند. برخی از این سازمانها عبارتند از :

انجمن آهن و فولاد آمریکا (AISI)، انجمن ملی استاندارد آمریکا (ANSI)، انجمن نفت آمریکا (API)، جامعه مهندسین مکانیک آمریکا (ASME)، موسسه آزمون و مواد آمریکا (ASTM)، انجمن جوشکاری آمریکا (AWS)، موسسه استاندارد کانادا (CSA) و جامعه مهندسین خودرو آمریکا (SAE)

سازمانهای مختلفی در زمینه نامگذاری انواع فولادها کار کرده اند ولی آنچه که در صنایع نفت و گاز مهم است سازمان ASTM میباشد که به عنوان مرجع اصلی در نظر گرفته میشود :

ASTM = American Society for Testing and Materials

برای کسب اطلاعات بیشتر میتوانید به وب سایت انجمن تست و مواد آمریکا مراجعه نمایید : www.ASTM.org

سازمان مجموعا فصل و ۷۷ زیر فصل (بخش) به شرح زیر دارد :

استاندارد ASTM در حالت کلی در برگیرنده ۱۵ فصل و ۷۷ بخش به قرار زیر است:

فصل اول	:	مشتمل بر هشت بخش پیرامون محصولات آهنی و فولادی
فصل دوم	:	مشتمل بر پنج بخش پیرامون محصولات فلزی غیر آهنی
فصل سوم	:	مشتمل بر شش بخش در حوزه روشهای آزمون فلزات و دستورالعمل های تحلیلی
فصل چهارم	:	مشتمل بر سیزده بخش درباره مصالح ساختمانی
فصل پنجم	:	مشتمل بر شش بخش شامل فرآورده های نفتی، روانکارها، سوختهای فسیلی
فصل ششم	:	مشتمل بر چهار بخش رنگها و پوشش ها
فصل هفتم	:	مشتمل بر دو بخش در برگیرنده اطلاعات منسوجات
فصل هشتم	:	مشتمل بر چهار بخش در برگیرنده اطلاعات پلاستیکها
فصل نهم	:	مشتمل بر دو بخش در مورد اطلاعات لاستیکها و انواع آنها
فصل دهم	:	مشتمل بر چهار بخش در برگیرنده اطلاعات عایقهای الکتریکی و مباحث الکترونیک
فصل یازدهم	:	مشتمل بر شش بخش اطلاعات تکنولوژی آبی و مسایل محیطی
فصل دوازدهم	:	مشتمل بر دو بخش پیرامون انرژی هسته ای، انرژی خورشیدی و انرژی زمین گرمایی
فصل سیزدهم	:	مشتمل بر دو بخش پیرامون ابزارهای پزشکی
فصل چهاردهم	:	مشتمل بر چهار بخش روشهای کلی و ابزارهای اندازه گیری
فصل پانزدهم	:	مشتمل بر نه بخش در حوزه ویژگیهای محصولات عمومی

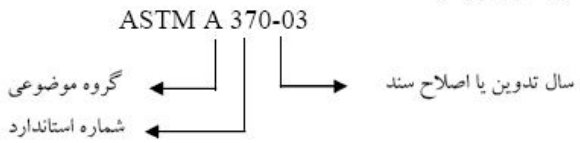
نحوه نام گذاری به این صورت است که قبل از شماره متریال یک حرف مشخص کننده شرایط کلی آن است :

چند نکته درباره استاندارد ASTM

هریک از استانداردهای ASTM با ترکیبی از حروف و شماره‌ها معرفی می‌شوند که هر کدام از این حروف و شماره‌ها اطلاعاتی را درباره آن استاندارد در اختیار ما قرار می دهند. به عنوان مثال

Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

به صورت زیر معرفی می شود:



ذکر این نکته لازم است که اگر از حرف M پس از شماره استاندارد استفاده شده باشد ، نشان دهنده تغییر سیستم استاندارد از سیستم اینچی به متریک است مانند: ASTM F 606M-01. در برخی موارد هم ممکن است حروف d, c, b, a دیده شوند که مربوط به ترتیب بازنگری‌ها و اصلاحات انجام شده برروی آن سند در همان سال می‌باشد مثلا 99a نشان‌دهنده دومین بازنگری در سال 99، 99b سومین بازنگری در سال 1999 و الی آخر می‌باشد. برای استانداردهایی که در این بازنگری‌ها بدون هیچ تغییری به تصویب می‌رسند، سال این تصویب مجدد را در پرانتز نشان می‌دهند مثلا (2004). اگر از اپسیلون به‌صورت superscript استفاده شده باشد نشانگر تغییرات editorial بر روی آخرین بازنگری یا تصویب مجدد آن سند است ε1 برای اولین تغییر و الی آخر. بعنوان مثال: A 144-90(2003)ε1 . برای کامل‌تر شدن نکات مربوط به شناسایی شماره استاندارد ASTM، گروه‌بندی موضوعات این استاندارد در زیر آورده شده است:

A ferrous metals; **B** nonferrous metals; **C** cementitious, ceramic, concrete, and masonry materials; **D** miscellaneous materials; **E** miscellaneous subjects;

به عنوان مثال ASTM A106 مشخص کننده یک متریال فلزی پایه آهنی و ASTM B48 مشخص کننده یک متریال فلزی پایه غیرآهنی میباشد . دقت کنید که بر خلاف سایر سازمانها مانند AISI , DIN در استانداردهای ASTM شماره چند رقمی هیچ ارتباطی با خواص فولاد ندارد و جهت اطلاع از شکل و نوع و کلاسه بندی و سایر خواص الزاما باید به فایل استاندارد مربوطه مراجعه کنیم.

فولادهای ASTM

مثالهای زیر کاربرد حروف و اعداد را در این استاندارد برای نامگذاری فولاد ها مشخص می کنند.

ASTM A 516/A 516M-01 Grade 70 – Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower- Temperature Service

- حرف A نشان دهنده فلز آهنی است اما آنرا به زیر مجموعه های چدن، فولاد کربنی، فولاد آلیاژی یا فولاد زنگ نزن تقسیم نمی کند.
- عدد 516 یک شماره ترتیبی است که مستقیما" با خواص فلز ارتباطی ندارد.
- حرف M نشان می دهد که استاندارد بر مبنای واحدهای SI نوشته شده است (حرف M از واژه Metric آمده است) و A 516/A 516M یعنی واحد های SI و اینچ – پوند تواما" به کار رفته اند.
- عدد 01 نشان دهنده سال باز بینی یا انتشار است(2001).
- Grade 70 نشان می دهد که حداقل استحکام کششی (Tensile Strength) 70 ksi است.

توجه به این نکته لازم است که در صنعت فولاد واژه های Grade، Type و Class معانی مشخصی دارند.
" Grade " برای مشخص کردن ترکیب شیمیایی، " Type " برای اشاره به روش اکسیژن زدایی و " Class " برای نشان دادن سایر ویژگی ها نظیر درجه استحکام یا درجه پرداخت سطحی به کار می روند.
اگر چه در استاندارد ASTM این واژه ها برای مشخص کردن یک فلز خاص در استاندارد تطبیق داده شده اند و معمولا" بدون تعریف خاص بکار می روند اما اساسا" همان معانی ذکر شده برای آنها صادق است. مثالهای زیر موضوع را روشن می کنند.

در مورد ASTM A106 فقط میتوان گفت که یک نوع فولاد هست ولی جهت کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد مراجعه میکنیم :

به محض باز کردن هر استاندارد ابتدا به عنوان دقت کنید :

Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service[1]

لوله بدون درز کربن استیل (ساده کربنی) برای سرویس های با دمای بالا

اطلاعاتی که عنوان مشخص میکند :

۱- طبقه بندی کلی فولاد (ساده - آلیاژی - ضد زنگ)
۲- شکل تولید (ورق , لوله ....)
۳- اطلاعات کلی از نحوه ساخت و تولید (ریخته گری , آهنگری ....) (لوله با درز یا بدون درز ....)
۴- گاها هم اطلاعات و موارد مصرف گفته میشود

در قسمت **Scope** دامنه کاربرد و شرایط استفاده از استاندارد رو بیان شده توصیه میشود همیشه این قسمت رو مطالعه کنید . در قسمت **Referenced Documents** هم سایر استانداردهای مرجع ذکر میشود .

از قسمتهای بسیار مهم هر فولاد ترکیب شیمیایی و درصد عناصر تشکیل دهنده میباشد که در جدول **Chemical Requirements** ذکر شده است . به جدول مربوط به **ASTM A106** توجه کنید :

TABLE 1 Chemical Requirements

	Composition, %		
	Grade A	Grade B	Grade C
Carbon, max[A]	0.25	0.30	0.35
Manganese	0.27–0.93	0.29–1.06	0.29–1.06
Phosphorus, max	0.035	0.035	0.035
Sulfur, max	0.035	0.035	0.035
Silicon, min	0.10	0.10	0.10
Chrome, max[B]	0.40	0.40	0.40
Copper, max[B]	0.40	0.40	0.40
Molybdenum, max[B]	0.15	0.15	0.15
Nickel, max[B]	0.40	0.40	0.40
Vanadium, max[B]	0.08	0.08	0.08

در این قسمت محدوده عناصر تشکیل دهنده در تمامی گرید **Grade** ها ذکر میشود .

شاید سوال بشه که گرید چیست ؟

تفاوت در دصد های عناصر اصلی یک فولاد یا نحوه ساخت منجر به تولید همان فولاد با خواص مختلفی میشود که در جدول فوق بیان میشود .

از قسمتهای مهم دیگه استانداردها جدول مربوط به خواص مکانیکی و استحکام است که تاثیر مهمی در انتخاب متریال و حتی انتخاب الکترود جوشکاری دارد . در این جدول حداقل استحکام تسلیم و نهایی ذکر شده است و البته واحد ها بصورت **MPa** و **Psi** ذکر شده اند .

TABLE 2 Tensile Requirements

	Grade A (Explanatory Note 2)		Grade B		Grade C	
Tensile strength, min, psi (MPa)	48 000 (330)		60 000 (415)		70 000 (485)	
Yield strength, min, psi (MPa)	30 000 (205)		35 000 (240)		40 000 (275)	
	Longitu-dinal	Transverse	Longitu-dinal	Transverse	Longitu-dinal	Transverse
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %:						
Basic minimum elongation transverse strip tests, and for all small sizes tested in full section	35	25	30	16.5	30	16.5
When standard round 2-in. or 50-mm gage length test specimen is used	28	20	22	12	20	12
For longitudinal strip tests	[A,B]		[A,B]		[A,B]	
For transverse strip tests, a deduction for each 1/32-in. (0.8-mm) decrease in wall thickness below 5/16 in. (7.9 mm) from the basic minimum elongation of the following percentage shall be made		1.25[C]		1.00[C]		1.00[C]

سه قسمت ذکر شده فوق شامل عنوان Title , جدول ترکیب شیمیایی Chemical Requirements و جدول الزامات استحکامی Tensile Requirements در تمامی استانداردها مشترک است ولی برحسب شرایط اطلاعات دیگری هم به استاندارد میتواند اضافه شود , به عنوان مثال در همین لوله بدون درز A106 مقادیر Elongation Values در جدول ۴ و حد مجاز تغییر در قطر لوله ها Variations in Outside Diameter در TABLE 5 و سایر ابعاد در TABLE X1. 1 و سایر جداول داده شده است .

TABLE 4 Elongation Values

Area, in.[2A]	Tension Test Specimen Wall Thickness, in.[B]				Elongation in 2 in. min., Specified Tensile Strength, psi		
					Grade A	*Grade B*	*Grade C*
	½ in. Specimen	¾ in. Specimen	1 in. Specimen	1 ½ in. Specimen	48 000	60 000	70 000
≥ 0.75	≥ 1.491	≥ 0.994	≥ 0.746	≥ 0.497	36.0	29.5	25.5
0.74	1.470–1.490	0.980–0.993	0.735–0.745	0.490–0.496	36.0	29.5	25.5
0.73	1.451–1.469	0.967–0.979	0.726–0.734	0.484–0.489	36.0	29.5	25.5
0.72	1.430–1.450	0.954–0.966	0.715–0.725	0.477–0.483	36.0	29.5	25.5
0.71	1.411–1.429	0.941–0.953	0.706–0.714	0.471–0.476	35.5	29.0	25.5
0.70	1.390–1.410	0.927–0.940	0.695–0.705	0.464–0.470	35.5	29.0	25.5
0.69	1.371–1.389	0.914–0.926	0.686–0.694	0.457–0.463	35.5	29.0	25.5
0.68	1.350–1.370	0.900–0.913	0.675–0.685	0.450–0.456	35.5	29.0	25.0
0.67	1.331–1.349	0.887–0.899	0.666–0.674	0.444–0.449	35.5	29.0	25.0
0.66	1.310–1.330	0.874–0.886	0.655–0.665	0.437–0.443	35.0	29.0	25.0
0.65	1.291–1.309	0.861–0.873	0.646–0.654	0.431–0.436	35.0	28.5	25.0
0.64	1.270–1.290	0.847–0.860	0.635–0.645	0.424–0.430	35.0	28.5	25.0
0.63	1.251–1.269	0.834–0.846	0.626–0.634	0.417–0.423	35.0	28.5	25.0
0.62	1.230–1.250	0.820–0.833	0.615–0.625	0.410–0.416	35.0	28.5	25.0
0.61	1.211–1.229	0.807–0.819	0.606–0.614	0.404–0.409	34.5	28.5	24.5

TABLE 5 Variations in Outside Diameter

NPS Designator	Permissible Variations in Outside Diameter			
	Over		Under	
	in.	mm	in.	mm
⅛to 1½, incl	1/64(0.015)	0.40	1/64(0.015)	0.40
Over 1½ to 4, incl	1/32 (0.031)	0.79	1/32 (0.031)	0.79
Over 4 to 8, incl	1/16(0.062)	1.59	1/32(0.031)	0.79
Over 8 to 18, incl	3/32(0.093)	2.38	1/32 (0.031)	0.79
Over 18 to 26, incl	⅛(0.125)	3.18	1/32 (0.031)	0.79
Over 26 to 34, incl	5/32(0.156)	3.97	1/32 (0.031)	0.79
Over 34 to 48, incl	3/16(0.187)	4.76	1/32(0.031)	0.79

در بعضی از استانداردهای ASTM قسمتی با عنوان SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS وجود دارد که رعایت موارد و بندهای آن زمانی الزامی میشود که خریدار در شرایط خود درج کرده باشد . این مورد در لوله های تحت استاندارد API 5L با عنوان Product Specification Level (PSL) مطرح شده که دو سطح دارد . سطح ۱ مربوط به تمامی لوله ها تحت استاندارد API 5L میباشد که یک الزام عمومی است و در شرایط خاص بر حسب شرایط خاص و الزامات خریدار سطح ۲ مطرح میشود که تستها و شرایط سخت گیرانه تری دارد .

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

One or more of the following supplementary requirements shall apply only when specified in the purchase order. The purchaser may specify a different frequency of test or analysis than is provided in the supplementary requirement. Subject to agreement between the purchaser and manufacturer, retest and retreatment provisions of these supplementary requirements may also be modified.

به عنوان مثال در یکی از بندهای همین استاندارد A106 الزام کربن معادل ذکر شده است که بعد از گزارش آزمایش و آنالیز فلز لوله و محاسبه با فرمول ذیل حداکثر ۰,۵ باشد (C.E<=0.5)

A 106

S5. Carbon Equivalent

S5.1 The steel shall conform to a carbon equivalent (CE) of 0.50 maximum as determined by the following formula:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

S5.2 A lower CE maximum may be agreed upon between the purchaser and the producer.

S5.3 The CE shall be reported on the test report.

کربن معادل مجموع معادل شده عناصر آلیاژی تشکیل دهنده فولاد است که توسط رابطه فوق حساب میشود

از کاربردهای دیگر کربن معادل در تخمین نیاز به پیش گرمایش و مقدار آن میباشد

و این مورد در API 5L هم آورده شده است :

9.2 Chemical composition

9.2.1 For PSL 1 pipe with $t \leqslant 25{,}0$ mm (0.984 in), the chemical composition for standard grades shall be as given in Table 4, and the chemical composition for intermediate grades shall be as agreed, but consistent with those given in Table 4.

NOTE Grade L175P or A25P is re-phosphorized and, therefore, has better threading properties than Grade L175 or A25; however, it can be somewhat more difficult to bend.

9.2.2 For PSL 2 pipe with $t \leqslant 25{,}0$ mm (0.984 in), the chemical composition for standard grades shall be as given in Table 5 and the chemical composition for intermediate grades shall be as agreed, but consistent with those given in Table 5.

9.2.3 The chemical composition based on the requirements of Tables 4 and 5 may be applied for pipe with $t > 25{,}0$ mm (0.984 in). Otherwise, the chemical compositions shall be agreed.

9.2.4 For PSL 2 pipe with a product analysis carbon mass fraction equal to or less than 0,12 %, the carbon equivalent, CE_{Pcm}, shall be determined using Equation (2):

$$CE_{Pcm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \qquad (2)$$

where the symbols for the chemical elements represent the mass fraction in percent (see Table 5).

If the heat analysis for boron is less than 0,000 5 %, then it is not necessary for the product analysis to include boron, and the boron content may be considered to be zero for the CE_{Pcm} calculation.

9.2.5 For PSL 2 pipe with a product analysis carbon mass fraction greater than 0,12 %, the carbon equivalent, CE_{IIW}, shall be determined using Equation (3):

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} \qquad (3)$$

where the symbols for the chemical elements represent the the mass fraction in percent percent (see Table 5).

NOTE A derogation from the ISO rules for the presentation of chemical equations has been granted for Equations (2) and (3) in deference to their longstanding use in the industry.

Table 4 — Chemical composition for PSL 1 pipe with $t \leqslant 25{,}0$ mm (0.984 in)

Steel grade (Steel name)	Mass fraction, based upon heat and product analyses [a] %							
	C max.[b]	Mn max.[b]	P min.	P max.	S max.	V max.	Nb max.	Ti max.
Seamless pipe								
L175 or A25	0,21	0,60	—	0,030	0,030	—	—	—
L175P or A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	0,030	—	—	—
L210 or A	0,22	0,90	—	0,030	0,030	—	—	—
L245 or B	0,28	1,20	—	0,030	0,030	c,d	c,d	d
L290 or X42	0,28	1,30	—	0,030	0,030	d	d	d
L320 or X46	0,28	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L360 or X52	0,28	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L390 or X56	0,28	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L415 or X60	0,28 [e]	1,40 [e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L450 or X65	0,28 [e]	1,40 [e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L485 or X70	0,28 [e]	1,40 [e]	—	0,030	0,030	f	f	f
Welded pipe								
L175 or A25	0,21	0,60	—	0,030	0,030	—	—	—
L175P or A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	0,030	—	—	—
L210 or A	0,22	0,90	—	0,030	0,030	—	—	—
L245 or B	0,26	1,20	—	0,030	0,030	c,d	c,d	d
L290 or X42	0,26	1,30	—	0,030	0,030	d	d	d
L320 or X46	0,26	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L360 or X52	0,26	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L390 or X56	0,26	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L415 or X60	0,26 [e]	1,40 [e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L450 or X65	0,26 [e]	1,45 [e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L485 or X70	0,26 [e]	1,65 [e]	—	0,030	0,030	f	f	f

→ ex N

[a] 0,50 % maximum for copper; 0,50 % maximum for nickel; 0,50 % maximum for chromium; and 0,15 % maximum for molybdenum. For grades up to and including L360/X52, Cu, Cr and Ni shall not be added intentionally.

[b] For each reduction of 0,01 % below the specified maximum concentration for carbon, an increase of 0,05 % above the specified maximum concentration for manganese is permissible, up to a maximum of 1,65 % for grades $\geqslant$ L245 or B, but $\leqslant$ L360 or X52; up to a maximum of 1,75 % for grades $>$ L360 or X52, but $<$ L485 or X70; and up to a maximum of 2,00 % for grade L485 or X70.

[c] Unless otherwise agreed, the sum of the niobium and vanadium contents shall be $\leqslant$ 0,06 %.

[d] The sum of the niobium, vanadium and titanium concentrations shall be $\leqslant$ 0,15 %.

[e] Unless otherwise agreed.

[f] Unless otherwise agreed, the sum of the niobium, vanadium and titanium concentrations shall be $\leqslant$ 0,15 %.

→ ex N

البته باز یادآوری میکنم شرایط اضافی کلا هزینه بر بوده و در صورت درخواست خریدار اعمال خواهد شد

جلسه دوم از آموزش متریال در لوله کشی صنعتی

با عرض سلام و خسته نباشید , ابتدا خلاصه موارد بررسی شده در جلسه اول را مرور میکنم :

۱- اهمیت بحث متریال و الزام آن در پروژه های صنعتی
۲- انواع تقسیم بندی متریال و بخصوص فلزات
۳- انواع خواص متریالها
٤- فولادها , تعریف و انواع دسته بندی فولادها
٥- اشکال تولید قطعات فلزی و فولادی

البته در نسخه pdf که بزودی در گروه منتشر خواهد شد تمامی مطالب و تصاویر گردآوری و تنظیم شده است .

یکی از تقسیم بندی های مهم در فولادها تقسیم بندی از لحاظ نوع و مقدار ترکیب عناصر آلیاژی است :

۱- فولاد کربنی Carbon Steel
۲- فولاد آلیاژی Alloy Steel
۳- فولاد ضد زنگ Stainless Steel

۱- فولاد کربنی Carbon Steel

آلیاژهای آهن – کربن به همراه مقادیر جزیی از برخی عناصر دیگر مانند منگنز، سیلیسیوم و ... بوده که درصد کربن آنها می تواند بین ۰,۰۲۵ تا ۲ متغیر باشد. این گروه از فلزات، به علت داشتن خواص متالورژیکی , مکانیکی و شیمیایی مناسب، کاربردهای بسیاری در صنعت دارند . از آنجا که آهن خالص بسیار نرم بوده و مورد استفاده صنعتی زیادی ندارد , افزودن عناصر آلیاژی به آهن می تواند موجب بهبود خواص مکانیکی آن می شود. در میان عناصر، کربن مهمترین عنصریست که روی خواص مکانیکی آهن تاثیر مثبت داشته و در بسیاری موارد تعیین کننده خواص مکانیکی در آلیاژهای آهن می باشد. کربن توانایی سخت کردن فولاد در طول عملیات حرارتی را دارد اما انعطاف پذیری آن را کاهش می‌دهد. بنابراین اگرچه فولاد کربنی مقاوم‌تر است اما انعطاف پذیری کمی دارد. هم چنین درصد کربن بالاتر فولاد، قابلیت جوش پذیری آن را کاهش می‌دهد.

فولادها ، آلیاژهای آهن– کربنی هستند که میزان کربن آنها از ۰،۰۲۵ تا ۲ درصد می تواند متغیر باشد و نیز علاوه بر کربن حاوی درصدی از برخی عناصر آلیاژی دیگر هم هستند.

فولاد گالوانیزه

فولاد گالوانیزه (ورق-لوله) جزو محصولات فرعی و جانبی فولاد کربنی محسوب میشود با این تفاوت که با پوششی از فلز روی ZN پوشیده شده است یا به عبارتی :

Galvanized Steel = Carbon Steel + Zn covered

گالوانیزاسیون (Galvanization) یکی از روش‌های محافظت از خوردگی با ایجاد خوردگی گالوانیک است که توسط پوشاندن فلز مادر توسط لایه‌ای از فلز محافظ بصورت آند فداشونده معمولاً روی انجام می‌شود. در این حالت پوشش خورده شده و فلز مادر محافظت می‌شود. این فرایند نوع خاصی از حفاظت گالوانیکی است. میزان مقاومت پوشش متناسب با ضخامت آن است. این روش یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های محافظت فولادها در محیط‌های خورنده است.

پوشش گالوانیزه توسط حفاظت از تماس فولاد با محیط خورنده و نیز حفاظت کاتدی در موقع تماس فولاد با محیط خورنده، ازخوردگی فولاد جلوگیری می‌کند و باعث افزایش عمر مفید فولاد در تماس با محیط یا سیال میشود . البته در جوشکاری این نوع فولادها باید دقت لازم به عمل آید تا محل فلز جوش و اطراف آن بعد از جوشکاری دوباره به روش سرد گالوانیزه شوند .

گالوانیزه گرم

گالوانیزه گرم یا گالوانیزاسیون به روش غوطه وری گرم به زبان ساده یک پوشش است که در آهن یا فولادی که از نظر ترکیب و طراحی مناسب برای گالوانیزه است توسط فروبردن در وان مذاب روی تشکیل می‌گردد. گالوانیزه به روش غوطه وری گرم نزدیک به ۱۵۰ سال است که کاربرد دارد .بیشتر رویی که در جهان تولید می‌شود جهت پوشش دهی مصرف می‌گردد. مهمترین علت مقاومت روی به تجزیه طبیعی، ماهیت مقاومت آن می‌باشد. در این روش قطعه مورد نظر در وان مذاب روی با دمای حدود ۴۶۰ درجه سانتی گراد غوطه ور می‌شود. پس از خارج شدن قطعه روی ابتدا با اکسژن و سپس با کربن واکنش داده و لایه‌ای مقاوم نسبت به زنگ زدگی را تولید می‌نماید. این عملیات فلز را نسبت به زنگ زدگی مقاوم می‌نماید.

فولاد L.T.C.S

مخفف Low Temperature Carbon Steel بوده و به فولاد کشته یا آرام (Killed Steel) معروف میباشد .
فولاد مذکور بطور کامل با اضافه نمودن عاملی نظیر سیلسیم یا آلومینیوم قبل از ریخته گری اکسیدزدایی شده است . بنابراین عملاً در مدت جامد شدن هیچ گازی تشکیل نمی شود . فولادهای آرام از درجه بالای تجانس شیمیایی برخوردار هستند و بدون تخلخل میباشند و قابلیت کاربرد در دماهای پایین را دارند .

Low Temperature Carbon Steel (LTCS) is used in piping system when there is a possibility of process fluid temperature falling below -29 degree centigrade during operation. In typical refinery A 106 Gr B material is used for carbon steel and A 333 Gr 6 is used for LTCS in normal operation.

۲- فولاد آلیاژی Alloy Steel

در فولاد ساده کربنی بجز آهن , کربن و بعضی عناصر معمول (مثل سیلیسیم ، منگنز ، گوگرد و فسفر) عنصر آلیاژی دیگری وجود ندارد . با اضافه کردن بعضی عناصر به آهن، آلیاژهایی ساخته می‌شود که خواص مکانیکی و شیمیایی بسیار عالی دارند. فولادهایی که به این روش بدست میایند , فولاد آلیاژی گفته میشود . اگرچه تولید فولادهای ساده کربنی **ارزان می باشد اما در کاربردهای مختلف مهندسی، این فولادها همیشه جوابگو نیستند.** فولادهای آلیاژی **اگرچه از لحاظ قیمت گران تر از فولادهای ساده کربنی هستند اما در عمل استفاده از آنها در صنعت اقتصادی تر می باشد.**

عناصر آلیاژی که در تولید فولادهای آلیاژی استفاده می شود عبارتند از: نیکل، کرم، مولیبدن، منگنز، سیلیسیم و وانادیم. در بعضی موارد عناصری دیگری مثل کبالت، مس و سرب نیز اضافه می شود.

عناصر آلیاژی جهت حصول خوا ص شیمیایی و متالورژیکی مطلوب به فولادها اضافه می شود که بعضی از مهم ترین آنها عبارتند از:

۱- بهبود خواص مکانیکی در دماهای مختلف (بالا-پایین)
۲- افزایش دمای باز پخت با حفظ استحکام و بهبود شکل پذیری
۳- بهبود مقاومت به خوردگی در دماهای بالا
و.....

۳- فولاد ضد زنگ Stainless Steel

بااضافه نمودن کروم به آهن، فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود که در مقابل خوردگی‌های مختلف مقاومت بسیاری دارد. فولاد ضد زنگ به فولادهایی با مقدار عناصر آلیاژی بالا گفته می‌شود که توانایی مقاومت به خوردگی در اتمسفرهای خورنده و دماهای بالا را داشته باشند. فولادهای ضد زنگ معمولی حاوی حداقل ۱۱ تا ۱۲ درصد کروم هستند که عامل اصلی مقاومت به خوردگی آنهاست.
کروم موجود در فولاد ضد زنگ در اثر تماس با هوا لایه ای غیر فعال از اکسید کروم Cr_2O_3 تشکیل می دهد.این لایه بسیار نازکتر از آن است که با چشم دیده شود، به همین خاطر سطح استیل براق و درخشان باقی می ماند. این لایه در مقابل رطوبت و هوا نفوذ ناپذیر است و فلز زیرین را کاملا محافظت می کند، ضمنا در هنگام خراشیده شدن به سرعت بازسازی می شود.
مقاومت در برابر زنگ زدگی ، لکه ، و خوردگی ، شرایط نگهداری ساده ، قیمت ارزان و درخشش و جلای مناسب ، استیل را به فلزی ایده آل در صنایع مختلف تبدیل کرده است.

لازم به توضیح است که مورد سوم یعنی فولاد های ضد زنگ نوعی فولاد آلیاژی محسوب میشوند ولی با توجه به تنوع گسترده و کاربرد فراوان جداگانه بررسی میشوند

انواع فولاد ضد زنگ

۱- استنلس نگیر یا غیر مغناطیسی (Austenitic): آلیاژ آهن - کروم -نیکل با کربن کمتر از ۰،۱ ٪ که معمولاً به عنوان ۸/۱۸ و۱۰/۱۸ نیز نام برده می‌شوند.) در حالت استفاده نشده خاصیت غیر آهن‌ربایی دارد و بیش از ۶۵ درصد مصرف جهانی استنلس را به خود اختصاص داده است.
۲- استنلس بگیر یا مغناطیسی(Ferritic): آلیاژ آهن – کروم با کربن کمتر از ۰،۱٪ همراه با خاصیت آهن‌ربایی.
۳- استنلس مارتنزیت(Martensitic): آلیاژآهن - کروم با کربن بالای ۰۱٪ و خاصیت آهن ربایی و سختی پذیر(عملیات حرارتی)
۴- استیل دوپلکس(Duplex): آلیاژ آهن-کروم ونیکل با ساختمانی از ترکیب استیل‌های مغناطیسی و غیر مغناطیسی وخاصیت آهن ربایی.

قابل ذکر است که نوع Austenitic که سری ۳۰۰ هم گفته میشود از همه پرکاربرد تر است بویژه در صنایع نفت و گاز

فولادهای ضد زنگ سری ۳۰۰

رایجترین نوع فولاد ضدزنگ استیل‌های سری ۳۰۰ هستند که خود به انواع مختلفی مثل ۳۰۳، ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۱۶، ۳۲۱ و ۳۴۷ تقسیم می‌شوند و در بین آن‌ها *استیل ۳۰۴* با اختلاف قابل توجهی از بقیه پرکاربردتر و رایج‌تر است. استیل ۳۰۴ و تعداد دیگری از استیل‌های این سری شامل ۱۸ درصد کروم و ۸ درصد نیکل هستند و به همین دلیل به نام استیل ۱۸-۸ هم شناخته می‌شوند. البته نام استیل ۱۸-۸ اشاره به نوع خاصی از استیل ندارد چون فقط درصد دو آلیاژ نیکل و کروم را نشان می‌دهد. علاوه بر این کربن این استیل‌ها کمتر از ۰،۰۸ درصد است و خاصیت آهنربایی ندارند.
استیل ۳۱۶ پس از استیل ۳۰۴ دومین استیل رایج در بین استیل‌های آستنیتی است. این استیل که به «استیل ضدزنگ گرید دریایی» هم معروف است و معمولا شامل ۱۶ درصد کروم، ۱۰ درصد نیکل و ۲ درصد مولیبدن است و به همین دلیل به استیل ۱۸-۱۰ هم معروف است. تغییر در نسبت کروم و نیکل و افزودن مولیبدن باعث شده تا این استیل مقاومت بیشتری در مقابل فرسایش، به‌ویژه فرسایش ناشی از کلر داشته باشد و به همین دلیل برای وسایلی که باید در تماس زیاد با عوامل فرساینده مانند مواد شیمیایی، حلال‌ها، و آب شور باشند، مناسب است. این نوع از استیل معمولا در ساخت کاردها و ابزارهای برنده و لوازم مرغوب آشپزخانه استفاده می‌شود و برای تاسیات دریایی نیز مناسب است

سوالات متداول

*** چه چیز باعث می شود فولاد استینلس استیل ضد زنگ باشد ؟**

استیل وقتی ضد زنگ است که حداقل ۱۱ تا ۱۲ درصد کروم داشته باشد . کروم پس از ترکیب با اکسیژن هوا اکسید کروم تشکیل میدهد که لایه ای روی استینلس استیل تشکیل می دهد . این لایه دیده نمی شود ولی باعث می شود ارتباط بین هوا و فلز از بین رفته و استیل سالم بماند .اصطلاحا فلز Passive میشود . مقدار بیشتر کروم و نیز برخی دیگر از عناصر موجود در آلیاژ شبیه نیکل و مولیبدن این لایه را نقویت کرده و خاصیت ضد زنگ بودن را افزایش می دهد.

❊ آیا استینلس استیل ها جذب آهنربا می شوند ؟

صورتیکه سری ۴۰۰ که دارای نیکل اسینلس استیل های سری ۳۰۰ که دارای نیکل هستند جذب آهنربا نمی شوند در نبوده و فقط کروم دارند جذب آهنربا می شوند .

❊ حرف L بعد از نام استینلس استیل (مثل S.S ۳۱۶L) نشانه چیست ؟

حرف L نشانه کلمه Low carbon بوده ، بیانگر آنست که مقدار کربن آلیاژ به کمتر از ۰،۰۳٪ کاهش پیدا کرده است . این مقدار کم کربن باعث می شودبعد از عملیات جوشکاری ، همچنان لایه اکسید محافظتی روی سطح حضور داشته باشد.

❊ فرق استیل ۳۰۴ با ۳۱۶ چیست؟

استیل ۳۰۴ حاوی ۱۸٪ کروم و ۸٪ نیکل است در صورتی که استیل ۳۱۶ دارای ۱۶٪ کروم ۱۰٪ نیکل و ۲٪ مولیبدن است .مولیبدن برای کمک به مقاومت در برابر خوردگی در برابر کلراید(مثل آب دریا) به آن اضافه می شود.

❊ آیا استینلس استیل قابل بازیافت است؟

استینلس استیل ۱۰۰٪ قابل بازیافت است.استیل ضایعاتی ذوب شده و دوباره قالب گیری می شود.بین ۶۵ تا ۸۰ درصد از تولیداستینلس استیل به روش بازیافت ضایعات صورت می گیرد.

❊ آیا استینلس استیل می تواند در دماهای بسیار بالا یا پایین کار کند؟

بله استینلس استیل مقاومت بسیار خوبی در برابر دماهای بسیار بالا(تا ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد) و بسیار پایین(تا ۲۰۰- درجه سانتی گراد)دارد.

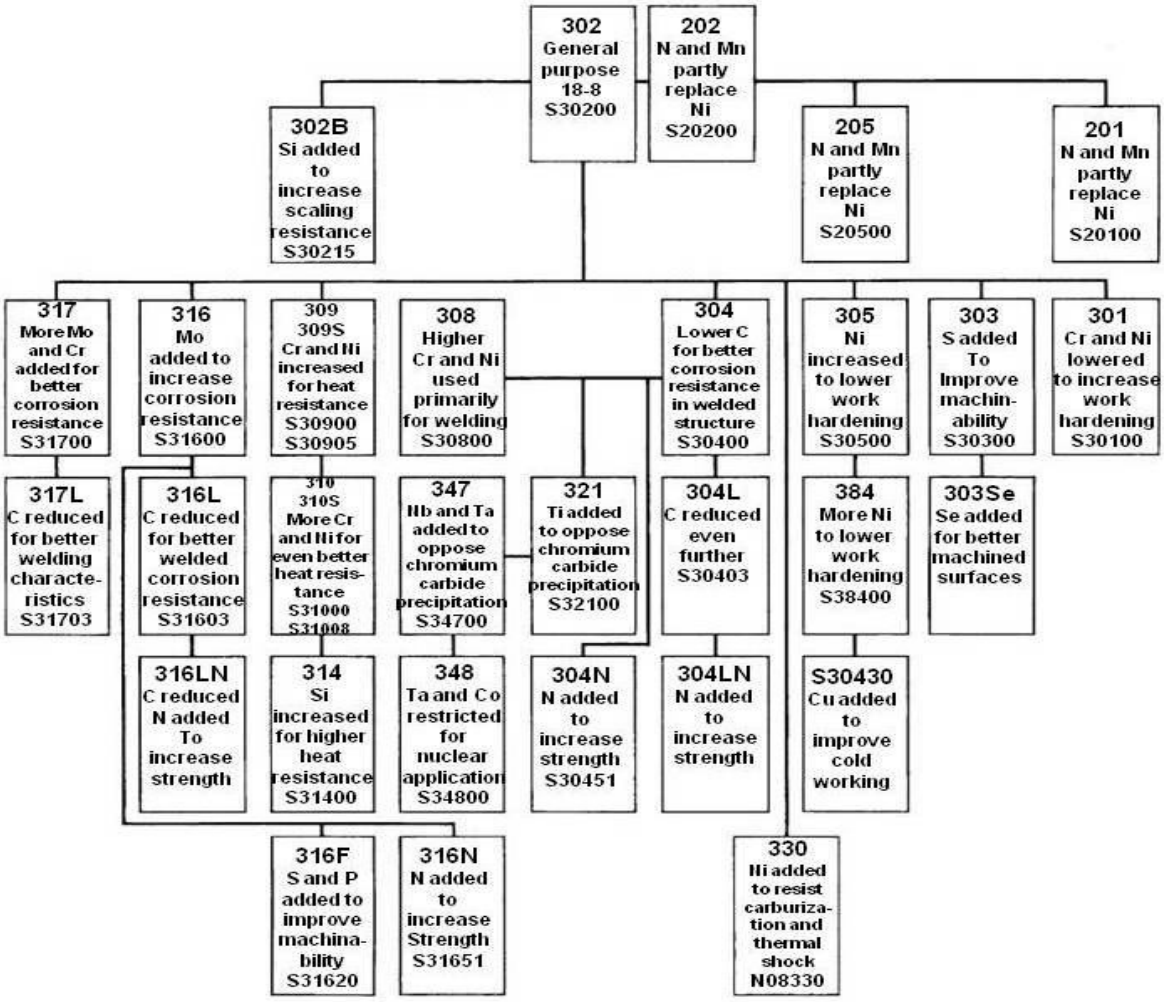
❊ نام گذاری های استیل ها(۳۰۴ و ۳۱۶ و....) توسط چه کسی صورت گرفته است؟

انجمن آهن و فولاد آمریکا (AISI) برای اولین بار اقدام به دسته بندی و نام گذاری استینلس استیل ها نمود و مشخصات فیزیکی و شیمیایی و نیز دستورالعمل تولید آنها را عرضه نمود.

❊ فولاد داپلکس چیست؟

این نوع فولاد بین ۱۹ تا ۲۸ درصد کروم و تا ۵٪ مولیبدن داشته و دارای مقاومت بسار بالایی در برابر خوردگی می باشد و به این لحاظ بهترین گزینه برای ساخت قطعات در معرض خوردگی ناشی از آب دریا می باشد.

نمونه ای از تقسیم بندی و تنوع در خانواده فولادهای ضد زنگ



مقایسه خواص مکانیکی و متالورژیکی در خانواده فولادهای ضد زنگ

Comparative Properties of the Stainless Steel Alloy Families

Alloy Group	Magnetic Response (note 1)	Work Hardening Rate	Corrosion Resistance (note2)	Hardenable	Ductility	High Temperatur e Resistance	Low Temperature Resistance (note 3)	Weldability
Austenitic	Generally No	Very High	High	By Cold Work	Very High	Very High	Very High	Very High
Duplex	Yes	Medium	Very High	No	Medium	Low	Medium	High
Ferritic	Yes	Medium	Medium	No	Medium	High	Low	Low
Martensitic	Yes	Medium	Medium	Quench & Temper	Low	Low	Low	Low
Precipitation Hardening	Yes	Medium	Medium	Age Hardening	Medium	Low	Low	High

Notes
1. Attraction of the steel to a magnet. Note some austenitic grades can be attracted to a magnet if cold worked.
2. Varies significantly between grades within each group. e.g. free machining grades have lower corrosion resistances, those grades higher in molybdenum have higher resistances.
3. Measured by toughness or ductility at sub-zero temperatures. Austenitic grades retain ductility to cryogenic temperatures.

مقایسه فولاد کربنی و فولاد ضد زنگ:

۱- فولاد ضد زنگ مقدار کروم بیشتری نسبت به فولاد کربنی دارد.

۲- کروم موجود باعث تشکیل یک لایه اکسید کروم روی فولاد ضد زنگ وقتی در تماس با آب و رطوبت باشد، می‌شود. این لایه در فولاد کربنی وجود ندارد. لایه کروم محافظ فولاد ضد زنگ را نسبت به خوردگی کمتر مستعد می‌کند در حالی که فولاد کربنی به آسانی زنگ می‌زند.

۳- فولاد ضد زنگ برای محیطهای نرم و مرطوب و فولاد معمولی برای محیطهای خشک مناسب است.

۴- معمولاً آلیاژها نسبت به فلزات خالص گرمای کمتری را از خود عبور می‌دهند. حضور حداقل ۱۰,۵ ٪ کروم در فولاد ضد زنگ هدایت گرمایی آن را کاهش می‌دهد. فولاد کربنی و هم چنین آلیاژها درصد ناخالصی کمتری به شکل کربن دارند بنابراین هدایت گرمایی بیشتری دارند.

۵- کروم به علت مقاومت خوردگی به فولاد ضد زنگ اضافه می‌شود. اما درصد کربنی که می تواند به آن اضافه شود را کاهش می‌دهد چون به طور شیمیایی با کربن واکنش می‌دهد. بنابراین فولاد ضد زنگ کربن کمتری دارد در نتیجه استحکام و سختی کمتری نسبت به فولاد کربنی دارد.

۶- تقریباً تمام رده‌های فولاد کربنی مغناطیس هستند اما مقدار کمی از فولادهای ضد زنگ مغناطیس هستند.

۷- فولاد کربنی نرم نسبت به فولاد ضد زنگ چکش خوارتر و انعطاف پذیرتر است و هم چنین جوش پذیری بهتری دارد.

۸- فولاد کربنی بیشترین حجم تولید را به خود اختصاص می‌دهد چون به طور وسیعی در صنایع استفاده می‌شود.

۹- در پروژه‌های بزرگ که حجم زیادی از فولاد نیاز است، فولاد کربنی به علت هزینه‌ی پایین آن نسبت به فولاد ضد زنگ انتخاب بهتری است.

۱۰- فولاد کربنی و ضد زنگ مزایایی نسبت به آهن خام چون افزایش استحکام کششی دارند. علاوه بر این هر کدام ویژگی‌های منحصر به خود را دارند که آنها را برای کاربردهای خاص مناسب می‌سازند. آشنایی با هر یک از این ویژگی‌ها در انتخاب درست هر کدام مفید است.

تاثیر عناصر آلیاژی بر خواص فولادها

کربن

کربن مهمترین و موثرترین عنصر آلیاژی در فولادها می باشد و بالاترین تاثیر را در ساختار آن دارد.هر فولاد آلیاژ شده علاوه بر کربن عناصر آلیاژی دیگری نظیر سیلیسیم – منگنز-فسفر و گوگرد را به همراه خواهد داشت بطوریکه این عناصر به شکلی ناخواسته به هنگام فرایند تولید در فولاد باقی خواهند ماند.اضافه کردن عناصر آلیاژی برای بدست آوردن نتایج مشخص و منحصر بفرد و افزایش کنترل شده منگنز و سیلیسیم در فولاد , فولاد آلیاژی را بوجود خواهد آورد. با افزایش میزان کربن استحکام . سختی پذیری فولاد فولاد بیشتر میشود اما چکش خواری و قابلیت جوشکاری و ماشینکاری (با استفاده از ماشینهای برش) کاهش می یابد.این عنصر عملا هیچ تاثیری بر مقاومت خوردگی در آب, اسید و گازهای گرم ندارد .

کلسیم

در ترکیب با سیلیسیم به شکل سیلیسیم –کلسیم در رکسیژن زدایی فولادها به کار می رود.کلسیم, مقاومت در برابر پوسته شدن مواد هادی حرارت را افزایش می دهد .

سدیم

این عنصر یک اکسیژن زدای مسلم و نیرومند است و گوگرد زدایی را نیز سرعت و شتاب می دهد.به همین دلیل یک عنصر پالایشی در فولادها محسوب می گردد. وجود این عنصر در فولادهای پرآلیاژ باعث گستردگی دامنه فرآیند شکل گیری گرم می شود.همچنین مقاومت فولادهای نسوز را در برابر پوسته شدن بهبود می بخشد.آلیاژهای آهن-سدیم با مقادیر تقریبی ۷۰٪ سدیم دارای خواص آتش دهندگی(مانند سنگ چخماق) هستند و در تولید چدنهایی با گرافیت کروی مورد استفاده قرار می گیرد .

کبالت

کبالت هیچ کاربیدی را تشکیل نمی دهد. در دمای بالا از رشد دانه ها جلوگیری می کند.مقاومت در برابر تنشهای ناشی از بازپخت را افزایش می دهد و موجب بهبود استحکام مکانیکی فولاد در برابر دمای بالا می شود.لذا به عنوان یک عنصر آلیاژی در فولادهای ابزاری گرم کار,فولادهای مقاوم در برابر خزش و فولادهای دیرگداز به کار می رود.وجود کبالت شکل گیری گرافیت کروی را تسریع می کند.در کمیتها و مقادیر بالا, پایداری مغناطیسی,نیروی مغناطیس زدایی و هدایت حرارتی را افزایش می دهد.لذا به عنوان یک عنصر پایه در آلیاژها و فولادهای مغناطیسی دایم مرغوب به کار می رود. این عنصر تحت تاثیر تابش نوترونی, رادیوایزوتوپ ۶۰ کبالت را شکل می دهد. به همین دلیل برای فولادهایی که در راکتورهای اتمی بکار برده میشوند مناسب نمی باشد .

کرم

وجود عنصر فوق باعث سختی پذیری فولاد در هوا و روغن می باشد. کرم با کاهش سرعت خنک سازی بحرانی, به وسیله شکل دادن ساختار مارتنزیتی, قابلیت سخت کاری را افزایش می دهد.بنابراین سبب بهبود حساسیتهای سخت کاری و بازپخت می شود.اما در هر صورت چقرمگی کاهش می یابد.و از انعطاف پذیری یا شکل پذیری فولاد به مقدار کمی کاسته می گردد با افزایش کرم در فولادهای ساده کرم دارجوش پذیری کاهش می یابد.با اضافه نمودن هر واحد ۱٪ کرم به عنوان یک عنصر کاربید سازاستحکام کششی فولاد به میزان ۱۰۰_۸۰نیوتن بر میلیمتر مربع افزایش می یابد.کرم به عنوان یک عنصر کاربید ساز بکار برده می شود.کاربیدهای این عنصر کیفین نگهداری لبه ها و مقاومت سایشی را افزایش می دهد. کرم موجب مقاومت فولاد در دماهای بالا می شود و در برابر هیدروژن تحت فشارخواص مواد را افزایش می دهد.با افزایش کرم مقاومت در برابر پوسته شدن فولادها نیز بهبود می یابد.به طور تقریب حداقل ۱۳٪ کرم مورد نیاز است تا مقاومت خوردگی فولادها نیز بهبود یابد.این مقدار کرم باید در قابل فلزی حل شود.این عنصر موجب محدودین دامنه فاز گاما می شود و باالعکس ئامنه فاز فریتی را افزایش می دهد.همچنین باعث پایداری آستنیت در فولادهای آستنیتی کرم-منگنزیا کرم-نیکل شده و سبب کاهش هدایت الکتریکی و حرارتی می شود و انبساط حرارتی را نیز کاهش می دهد.(آلیاژهایی برای آببندی شیشه)با افزایش همزمان میزان کربن و کرم تا میزان ۳٪ پایداری مغناطیسی و شدت نیروهای پسماند زدا افزایش می یابد .

مس

مس بعنوان یک فلز آلیاژی به تعداد بسیار کمی از فولادها اضافه می شود.زیرا این فلز به زیرلایه های سطحی فولاد تمرکز یافته و در فرآیند شکل دهی گرم با نفوذبه مرز دانه ها ,حساسیت سطحی را در فولادها بوجود می آورد.لذا به عنوان یک فلز مخرب در فولادها محسوب می گردد.به واسطه حضور مس نقطه تسلیم و نسبت نقطه تسلیم به استحکام نهایی افزایش می یابد.این عنصر در مقادیر بالای ۳۰٪موجب سختی رسوبی میشود و بدین ترتیب سختی پذیری نیزبهبود می یابد.اما قابلیت جوشکاری به واسطه حضور مس تغییری نمی کند.در فولادهای آلیاژی ساده و پرآلیاژ مقاومت جوی به میزان کافی بهبود می یابد.مقادیر بالاتر از ۱٪ مس موجب بهبود مقاومت در برابر واکنشهای اسید کلریدریک و اسید سولفوریک می شود .

هیدروژن

هیدروژن یک عنصر مخرب در فولاد تلقی می گردد. زیرا بدون آنکه نقطه تسلیم و استخکام کششی فولاد را افزایش دهد,موجب تردی و شکنندگی فولاد می گردد.انعطاف پذیری را کم کرده و باعث کاهش سطح مقطع می باشد. هیدروژن سبب پوسته شدن ناخواسته سطح فولاد میگردد و ایجاد خطوط رنگین ناشی از ترکیبات را شتاب می دهد.هیدروژن اتمی ایجاد شده ,در خلال فرایند اکسیژن زدایی در فولاد نفوذ کرده و حفره هایی را تشکیل می دهد(مک)که در فرآیند جوشکاری(پروزیتی) نام دارد.هیدروژن مرطوب در دمای بالا باعث کربن زدایی فولاد می باشد .

منگنز

منگنز یک اکسیژن زداست.این عنصر با گوگرد ترکیب شده و تشکیل سولفید منگنز می دهد.بر همین اساس اثرات نامطلوب اکسید آهن را از بین می برد.وجود این عنصر در فولادهای خوش تراش بسیار مهم است.زیرا خط قرمز

شکنندگی را کاهش می دهد.منگنز سرعت خنک شدن بخرانی را نیز به شدت کم می کند به همین دلیل سختی پذیری و نقطه تسلیم و استحکام نهایی را افزایش می دهد.با اضافه نمودن منگنز تاثیرات مطلوبی در قابلیتهای آهنگری و جوشکاری فولاد بوجود می آید و بطور قابل ملاحظه ای عمق سختی فولادها را بیشتر می کند.اگر سطح این نوع فولادها در معرض تنشهای ضربه ای قرار گیرد به مقدار بسیار زیادی کارسخت حواهد شد در حالیکه مغز فولاد چقرمگی اولیه خود را حفظ میکند لذا این گروه از فولادها تحت تاثیر نیروهای ضربه ای(کارسختی) مقاومت سایشی مطلوبی از خود نشان می دهند.با افزایش منگنز ضریب انبساط حرارتی افزایش یافته در حالیکه هدایت الکتریکی کاهش می یابد. منگنز باعث افزایش خاصیت فنری می شود .

مولیبدن

این عنصر به طور معمول با عناصر دیگر آلیاژ می شود.در فولاد کرم-نیکل دار و فولاد منگنز دار سبب ریز دانه سازی می شود.و باعث بهبود قابلین جوشکاری می شود و نقطه تسلیم و استحکام نهایی را بالا می برد. با ازدیاد درصد مولیبدن جوش پذیری کاهش می یابد.و سازنده مسلم فاز کاربید است و در فولادهای تند بر خواص برشکاری را بهبود می بخشد.مقاومت خوردگی را بالا می برد .

نیتروژن

این عنصر به دو صورت ظهور می کند :

۱-بصورت یک عنصر مخرب که به دلیل کاهش چقرمگی در خلال فرآیند ته نشینی رسوبی است که موجب ایجاد حساسیت در برابر پیری و شکنندگی آبی(تغییر شکا در درجه خرارت آبی۳۰۰-۳۵۰ درجه سانتیگراد) می شود و امکان ایجاد تنش در ترکهای درون بلوری فولادهای غیرآلیاژی و کم آلیاژ را فراهم می سازد

۲-بصورت عنصری آلیاژی دامنه فاز گاما را افزایش می دهد و ساختار آستنیتی را استحکام می بخشد در فولادهای آستنیتی استحکام را افزایش می دهد و باعث افزایش نقطه تسلیم و خواص مکانیکی در گرما می شود .

آلومینیوم

یکی از قویترین اکسیژن زداها و نیتروژن زداهاست.و بر اساس نتیج بدست آمده تاثیر بسیار زیادی برای مقابله با کرنشهای ناشی از پیری دارد.در ترکیب با نیتروژن تشکیل نیترور سخت می دهد که باعث افزایش مقاومت در برابر پوسته ای شدن می شود به همین دلیل به عنوان عنصری آلیاژس برای مقاومت حرارتی فولادها بکار می رود .

معرفی متریالهای متداول در صنایع نفت ، گاز و پتروشیمی

یکی از مهمترین موارد آشنایی مهندسان با انواع متریالهای مختلف پروژه از لحاظ شکل (لوله , اتصالات , فلنج , شیرآلات , ورق ....) و دیگری از لحاظ جنس وآلیاژ میباشد . این آشنایی توانایی بسیار بالایی در مهندسین در سمتهای مختلف ایجاد خواهد کرد , فرقی ندارد که شما در یک پروژه نفتی در کدام واحد فعالیت دارید : فنی مهندسی , بازرسی و کنترل کیفی , البته دقت داشته باشید که این شناخت بر پایه مطالب جلسه پیش و این جلسه خواهد بود .

ASTM Common Materials :

Pipes

- **A106** = This specification covers carbon steel pipe for high-temperature service.
- **A53** = This specification covers pipe ,steel,black and hot dipped,zinc coated,welded and seamless
- **A335** = This specification covers seamless ferritic alloy-steel pipe for high-temperature service.
- **A333** = This specification covers wall seamless and welded carbon and alloy steel pipe intended for use at low temperatures.
- **A312** = Standard specification for seamless, straight-seam welded, and cold worked welded austenitic stainless steel pipe intended for high-temperature and general corrosive service.

Fittings

- **A234** = This specification covers wrought carbon steel and alloy steel fittings of seamless and welded construction.
- **A420** = Standard specification for piping fittings of wrought carbon steel and alloy steel for low-temperature service.
- **A403** = Standard specification for wrought austenitic stainless steel piping fittings.

Flanges

- **A105** = This specification covers standards for forged carbon steel piping components, that is, flanges, fittings, Valves, and similar parts, for use in pressure systems at ambient and higher-temperature service conditions.
- **A182** = This specification covers forged or rolled alloy and stainless steel pipe flanges, forged fittings, and Valves and parts for high-temperature service.
- **A350** = This specification covers several grades of carbon and low alloy steel forged or ring-rolled flanges, forged fittings and Valves for low-temperature service.

Valves

- **A216** = This specification covers carbon steel castings for Valves, flanges, fittings, or other pressure-containing parts for high-temperature service and of quality suitable for assembly with other castings or wrought-steel parts by fusion welding.
- **A217** = This specification covers steel castings, martensitic stainless steel and alloys steel castings for Valves, flanges, fittings, and other pressure-containing parts intended primarily for high-temperature and corrosive service.

- **A352** = This specification covers steel castings for Valves, flanges, fittings, and other pressure-containing parts intended primarily for low-temperature service.
- **A182** = This specification covers forged or rolled alloy and stainless steel pipe flanges, forged fittings, and Valves and parts for high-temperature service.

Bolts & Nuts

- **A193** = This specification covers alloy and stainless steel bolting material for pressure vessels, Valves, flanges, and fittings for high temperature or high pressure service, or other special purpose applications.
- **A320** = Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for Low-Temperature Service.
- **A194** = Standard specification for nuts in many different material types.

به جدول زیر دقت کنید :

جدول راهنمای انتخاب مواد مختلف لوله کشی

Classification	Pipes	Wrought Fittings	Forged Fittings/Flanges	Forged Valves	Casting Valves	Plate	Bolts/Nuts
Carbon Steel	A53-B Welded	A234-WPBW	A105	A105	A216-WCB	A285	A193-B7 A194-2H
	A53-B Seamless A106-B	A234-WPB				A515-60 A516-60	
	A106-C	A234-WPC			A216-WCC	A515-70 A516-70	
	A134 A283-B	A234-WPBW A283			A216-WCB	A283-B	
	A134 A285-C	A234-WPBW A285				A285-C	
	A672-B60	A234-WPBW				A515 A516	
Alloy Steel	A335-P11	A234-WP11	A182-F11	A182-F11	A217-WC6	A387-11	A193-16 A194-3
	A335-P12	A234-WP12	A182-F12	A182-F12		A387-12	
	A335-P22	A234-WP22	A182-F22	A182-F22	A217-WC9	A387-22	
	A335-P91	A234-WP91	A182-F91	A182-F91	A217-C12A	A387-91	
	A691- 1 1/4 Cr	A234-WP11W	A182-F11	A182-F11	A217-WC6	A387-11	
	A691- 2 1/4 Cr	A234-WP22W	A182-F22	A182-F22	A217-WC9	A387-22	
Stainless Steel	A312-TP304	A403-WP304	A182-F304	A182-F304	A351-CF8	A240-304	A193-B8 A194-8
	A312-TP304L	A403-WP304L	A182-F304L	A182-F304L	A351-CF3	A240-304L	
	A312-TP316	A403-WP316	A182-F316	A182-F316	A351-CF8M	A240-316	A193-B8M A194-8M
	A312-TP316L	A403-WP316L	A182-F316L	A182-F316L	A351-CF3M	A240-316L	
	A312-TP317	A403-WP317	A182-F317/F316L	A182-F317	A351-CF3M	A240-317	

این جدول جهت انتخاب متریال های مشابه در پایپینگ کاربرد دارد (مرحله هفتم) ولی اولین استفاده از آن انتخاب نیست , شناخت است در این جدول متریال های پرکاربرد در سه ستون و سه طبقه بندی CS - AS - SS و با توجه به عنوان بالا (شکل و کاربرد) ذکر شده اند . خواهشی که من از دوستان علاقه مندارم این است که روی تک تک این متریالها مطالعه کرده و بیشتر با آنها آشنا شوند تا ان شالله در اصول هفت گانه انتخاب (روند انحصاری خودم) از این جدول استفاده خواهیم کرد .

موفق و سربلند باشید

سجودی

چدن ها

چدن واژه ای عمومی است و کلیه آلیاژهای آهنی حاوی بیش از ۲ درصد کربن را چدن می نامند.استفاده از واژه چدن در صنعت پسندیده نیست زیرا این معنای مشخصی ندارد و در حقیقت انواع مختلف چدن های خاکستری, چکش خوار, داکتیل(با گرافیت کروی), سفید, آلیاژی, و با گرافیت فشرده را در بر می گیرد. همه این چدن ها در صنعت چدن ریزی تولید می شوند,زیرا فنون ریخته گری و تجهیزات مورد نیاز برای تولید آنها مشابه است. اما خواص آنها تفاوت بسیار دارد, وهر نوع چدن نیز نمایانگر گروهی از چدنهای آلیاژی است.

فولادها کمتر از ۲ درصد و غالباً کمتر از یک درصد کربن دارند در حالی که چدن ها بیشتر از ۲ درصد کربن دارند

چدن ها آلیاژ های آهن و کربن هستند که میزان کربن آنها از ۲ در صد بیشتر است اما چون در چدن ها همواره مقداری عنصر سیلیسیم یافت می شود لذا می توان تعریف بهتری برای آن به صورت زیر ارائه کرد: چدن ها آلیاژهای آهن , کربن , و سیلسیم هستند که میزان کربن آنها از ۲ در صد بیشتر و معمولا ۱ تا ۳ در صد سیلیسیم دارند

ترکیب شیمیایی به تنهایی نمی تواند چدنی را با خواص مکانیکی خاص مشخص کند, زیرا با ترکیب شیمیایی مفروض می توان گستره ای متنوع از خواص مکانیکی به دست آورد.

واژه چدن مشخص کننده گروه کاملی از فلزات با خواص گوناگون و متنوع است. این واژه, نامی عمومی شبیه فولاد است که باز هم به گروه خاصی از فلزات اطلاق می شود. فولادها و چدن ها از آهن , همراه با کربن به عنوان عنصر آلیاژی اصلی, تشکیل می شوند. فولادها کمتر از ۲ درصد و غالباً کمتر از یک درصد کربن دارند در حالی که چدن ها بیشتر از ۲ درصد کربن دارند. چدن با حداکثر ۲ درصد کربن, به صورت آلیاژی تک فاز منجمد, و تمام کربن آن در آستنیت حل می شود. بنابراین طبق تعریف چدن ها به صورت آلیاژهای ناهمگن منجمد می شوند و همواره ریزساختار آنها بیش از یک تشکیل دهنده دارد. چدن علاوه بر کربن باید حاوی مقدار قابل توجهی سیلیسیم, معمولاً از یک تا سه درصد, نیز باشد. و بنابراین چدن را باید آلیاژ آهن-کربن-سیلیسیم دانست. وجود سیلیسیم و کربن بسیار زیاد در چدن ها از آنها آلیاژهای ریختگی عالی می سازد. دمای ذوب این آلیاژها از دمای ذوب فولاد بسیار کمتر است. چدن مذاب از فولاد سیال تر است و با مواد قالب کمتر وارد واکنش می دهد. تشکیل گرافیت با چگالی کم, در حین انجماد چدن به کاهش تغییر حجم فلز از حالت مذاب به جامد می انجامد و تولید قطعات ریختگی پیچیده تر را ممکن می کند. اما چدن ها به اندازه ای داکتیل نیستند که بتوان آنها را نوردکاری یا آهنگری کرد.

انواع چدن

انواع گوناگون چدن را می توان بر اساس ریزساختار دسته بندی کرد. این دسته بندی بر شکل بخش عمده کربن موجود در چدن مبتنی است. بر این اساس پنج نوع اصلی چدن وجود دارد: چدن سفید, چدن چکش خوار, چدن خاکستری, چدن داکتیل, و چدن با گرافیت فشرده. به هر نوع از این چدن ها می توان تا حدودی عنصرهای آلیاژی افزود, یا آنها را مورد عملیات گرمایی قرار داد, بدون این که نوع چدن تغییر کند. چدن های آلیاژی را که معمولاً حاوی بیش از ۳ درصد عنصر آلیاژی هستند می توان به طور جداگانه به عنوان چدن سفید, خاکستری, یا داکتیل دسته بندی کرد, اما چدن های آلیاژی را از لحاظ تجاری به صورت گروهی جداگانه دسته بندی می کنند.

۱- چدن سفید

هرگاه ترکیب شیمیایی چدن مناسب باشد, یا آهنگ سرمایش آن در حین انجماد به اندازه کافی تند باشد, چدن به گونه ای منجمد می شود که همه کربن موجود در آن با آهن به صورت کاربید آهن ترکیب می شود. این ترکیب که سمنتیت نیز نامیده می شود سخت و ترد است و ترکیب غالب در ریزساختار چدن سفید محسوب می شود. بنابراین چدن سفید سخت و ترد و مقطع شکست آن سفید و بلورین است زیرا اساساً گرافیت ندارد. استحکام فشاری چدن سفید بسیار زیاد و مقاومت آن در برابر سایش عالی است. این نوع چدن در حالت گداخته سختی خود را تا مدت محدودی حفظ می کند.

با افزایش آهنگ انجماد موضعی چدن, می توان نواحی گزیده ای از قطعه ریختگی را به چدن سفید تبدیل کرد. قابلیت ریخته گری چدن سفید به خوبی چدن های دیگر نیست زیرا دمای انجماد آن معمولاً بالاتر است, و کربنی که به صورت کاربید آهن است منجمد می شود. بنابراین دیگر گرافیت در به حداقل رسانیدن انقباض در حین انجماد نقشی ندارد. بخشی از قطعه ریختگی که با آهنگی معتدل جامد می شود, هم گرافیت دارد و هم کاربید آهن .این ساختار را چدن ابلق می نامند .

چدن سفید سخت می تواند در قطعه ریختگی از چدن نرم نیز به وجود آید. دلیل این امر سرمایش سریع مقطعی نازک یا گوشه ای تیز از قطعه یا وجود پره ای بر روی قطعه ریختگی است که از وجود درزی در قالب ناشی شده است و باعث گرماگیری و افزایش آهنگ انجماد می شود.

۲- چدن چکش خوار

مشخصه این نوع چدن این است که بخش عمده کربن موجود در ریزساختار آن به صورت گره های نامنظم گرافیت دیده می شود. این نوع گرافیت کربن بازپختی نام دارد زیرا در حالت جامد و در حین عملیات گرمایی تشکیل می شود.برای تولید چدن چکش خوار, چدن را به صورت چدن سفید با ترکیب شیمیایی مناسب می ریزند .پس از آن که قطعات ریختگی را از قالب بیرون آوردند, آنها را به مدت طولانی در دمایی بالاتر از ۹۰۰ درجه سلسیوس تحت عملیات گرمایی قرار می دهند. این عملیات کاربید آهن را تجزیه می کند و کربن آزاد را به صورت گرافیت در چدن رسوب می دهد. آهنگ سریع انجماد که برای تولید چدن سفید ضرورت دارد باعث محدودیت ضخامت مقاطع ریختگی چدن چکش خوار می شود.

با تنظیم ساختار زمینه در پیرامون گرافیت می توان به گستره وسیعی از خواص مکانیکی در چدن چکش خوار دست یافت. زمینه های پرلیتی و مارتنزیتی با سرمایش سریع در حوالی دمای بحرانی و افزودن عنصرهای آلیاژی به دست می آیند. چدن های چکش خواری که در زمینه خود مقداری کربن ترکیبی داشته باشند غالباً به عنوان چدن چکش خوار پرلیتی شناخته می شوند, اگرچه ممکن است ریزساختار آنها مارتنزیتی یا پرلیتی کروی شده باشد .

۳- چدن خاکستری

هنگامی که ترکیب چدن مذاب و آهنگ سرمایش آن مناسب باشد, کربن موجود در آن در حین انجماد جدا می شود و پولک های گرافیت را تشکیل می دهد که درون هر سلول اوتکتیک به یکدیگر متصل اند. گرافیت در درون مذاب از ناحیه لبه رشد می کند و پولک مشخصه چدن خاکستری را تشکیل می دهد. هنگامی که چدن خاکستری می شکند, بخش عمده شکست در پولک های گرافیت رخ می دهد, و به همین دلیل رنگ مقطع شکست آن خاکستری است. از آنجا که بخش عمده قطعات ریختگی چدنی را از جنس چدن خاکستری می سازند, واژه عمومی چدن را, غالباً به غلط در مورد چدن خاکستری به کار می برند.

خواص چدن خاکستری از ابعاد, مقدار, و توزیع پولک های گرافیت, و سختی نسبی فلز زمینه در پیرامون گرافیت, تأثیر می پذیرد.این عوامل را می توان با کنترل مقدار کربن و سیلیسیم فلز مذاب و آهنگ سرمایش قطعه ریختگی تنظیم کرد. هرچه چدن آهسته تر سرد شود و مقدار کربن و سیلیسیم آن بیشتر باشد, تمایل به ایجاد پولک های بیشتر و بزرگتر گرافیت, ساختار زمینه نرم تر, و استحکام کمتر افزایش می یابد. گرافیت پولکی خواص بی همتایی به چدن خاکستری می بخشد که از جمله می توان به ماشینکاری پذیری عالی در ترازهایی از سختی با بیشترین مقاومت در برابر سایش, توانایی مقاومت در برابر برهم سایی, و میرایی لرزه عالی ناشی از خطی نبودن رابطه تنش- کرنش در تنش های نسبتاً کم اشاره کرد.

۴- چدن داکتیل

این چدن را گاهی به نام چدن با گرافیت کروی یا SG نیز می شناسند. در چدن داکتیل می توان به ترکیبی غیر متعارف از خواص دست یافت زیرا در این نوع چدن, گرافیت به جای پولک های جداگانه به صورت کره یا گویچه ظاهر می شود . این شیوه انجماد با افزودن مقداری اندک, ولی کاملاً معین از منیزیم به چدن مذابی با ترکیب شیمیایی مناسب به دست می آید. چدن پایه ازلحاظ دارا بودن بعضی عنصرهای فرعی که مانع تشکیل گرافیت کروی می شوند,محدودیت زیادی دارد.

زیاد بودن مقدار کربن وسیلیسیم در چدن داکتیل از لحاظ فرایند ریخته گری مزایایی در بر دارد, اما گویچه های گرافیت بر خواص مکانیکی تأثیر جزئی می گذارند. رابطه تنش کرنش در چدن داکتیل همانند چدن چکش خوار خطی است و این نوع چدن گستره وسیعی از استحکام تسلیم را ارائه می کند و همان گونه که از نام آن بر می آید داکتیل است. قطعات ریختگی چدن داکتیل در گستره وسیعی از ابعاد مختلف ومقاطع گوناگون, از بسیار نازک تا بسیار ضخیم, تولید می شوند.

رده های مختلف این نوع چدن با تنظیم ساختار زمینه در پیرامون گرافیت, به حالت سیاه تاب یا با انجام عملیات گرمایی تولید می شوند.بین رده های معمولی این نوع چدن, از لحاظ ترکیب شیمیایی تفاوت اندکی وجود دارد, و این گونه تنظیم ها را برای بهبود ریزساختار زمینه مطلوب انجام می دهند. برای تنظیم ساختار زمینه چدن داکتیل در حالت سیاه تاب یا

آماده سازی آن برای عملیات گرمایی می توان عنصرهای آلیاژی را به چدن افزود. چدن های داکتیل و چدن های داکتیل آلیاژی با ترکیب شیمیایی خاص, خواص غیر متعارفی دارند که در کاربردهای ویژه به کار می آیند.

۵- چدن با گرافیت فشرده

گرافیت موجود در این نوع چدن به صورت پولک های کلفت دیده می شود که در درون هر سلول به یکدیگر متصل اند. این ساختار گرافیت و خواص ناشی از آن, حالتی بینابین چدن خاکستری و چدن داکتیل است. شکل گرافیت فشرده مدت هاست که شناخته شده و آن را شبه پولک, پولک متراکم, شبه گره ای, و گرافیت کرم مانند نیز می نامند. فرایند تولید این نوع چدن مشابه چدن داکتیل و مستلزم کنترل دقیق متالورژیکی و افزودن عناصر خاکی کمیاب است, اما تولید چدن با گرافیت فشرده مستلزم افزودن عنصر آلیاژی دیگری از قبیل تیتانیم نیز هست تا تشکیل گرافیت کروی به حداقل برسد. چدن با گرافیت فشرده بیشترین قابلیت ریخته گری چدن خاکستری را حفظ می کند, استحکام کششی بیشتری دارد و تا حدودی نیز داکتیل است. با افزودن عنصرهای آلیاژی, یا انجام عملیات گرمایی می توان ساختار زمینه این چدن را تنظیم کرد.

۶- چدن های آلیاژی

این دسته از چدن ها شامل چدن های سفید آلیاژی, چدن های خاکستری آلیاژی, و چدن های داکتیل آلیاژی است.چدن های چکش خوار پر آلیاژ نمی شوند زیرا وجود عناصر آلیاژی مانع از انجام فرایند چکش خواری می شود. چدن های با گرافیت فشرده هنوز عمر چندانی ندارند ونمی توان نقش آنها را در عرصه چدن های آلیاژی ارزیابی کرد .چدن های آلیاژی در مواردی که مستلزم مقاومت فوق العاده در برابر سایش, گرما, یا خوردگی است, به کار می روند. به علاوه هنگامی که خواص فیزیکی غیر متعارف, از قبیل انبساط گرمایی اندک,یا خواص غیر مغناطیسی در نظر باشد از این چدن ها استفاده می شود. قطعات ریختگی چدن آلیاژی به وسیله ریخته گری هایی تولید می شوند که در این زمینه تخصص دارند,زیرا افزودن۳ تا ۳۰ درصد عنصر آلیاژی به چدن مذاب مستلزم در اختیار داشتن تجهیزات ذوب, فنون ریخته گری, و کنترل کیفیت ویژه است. شناسایی وتعیین خواص ویژه مورد نیاز درچدن های آلیاژی غالباً بسیار دشوار است,بنابراین همواره آنها را بر اساس ترکیب شیمیایی مشخص می کنند. خواص مکانیکی مورد نظر را نیز, در مواردی که اهمیت داشته باشند, می توان مشخص کرد. چدن های آلیاژی را بر اساس نوع کاربرد غیر متعارف و مشخصه های ویژه آنها دسته بندی می کنند.

جلسه سوم از آموزش متریال در لوله کشی صنعتی

کلیات و مقدمات انتخاب جنس در سیستم های لوله کشی صنعتی

پس از شناخت و تسلط به انواع متریال فلزی (فولادها) در این قسمت اصول انتخاب و شرایط کلی و جزئی ذکر میشود .

توضیح : در حالتهای تخصصی تر آشنایی با مباحث زیر کمک شایانی به افزایش سطح و ارتقاء دانش خواهد کرد :

۱- مباحث پایه ای علم مواد (از جمله دروس رشته های فنی مهندسی)
۲- شناخت روشهای ساخت و تولید قطعات (ریخته گری , آهنگری , ماشینکاری .....)
۳- آشنایی با انواع عملیات حرارتی در فلزات (آنیلینگ , کوئنچ ....)
۴- آشنایی با سازمانها و استانداردهای لوله کشی صنعتی(ASME,API,ASTM....)

۱- بحث انتخاب مواد چه در پایپینگ (لوله کشی صنعتی) و چه در تجهیزات مانند انواع مخازن ذخیره و تحت فشار یک بحث تخصصی کلی بوده که در شرایط مختلف میتواند جوابها و طراحی حای متفاوتی ارائه دهد که در عین حال همگی هم صحیح باشند . پس در نظر داشته باشیم با دخیل کردن شرایط و الزامات مختلفی مانند : نیاز به عمر بالای سیستم طراحی شده , نوع سرویس و مشخصات سیال , شرایط مالی و اقتصادی , شرایط و تواناییهای فنی و اجرائی , پارامترها و انتخاب های انجام شده متفاوت خواهیم داشت .

۲- با توجه به مطالب فوق , در نظر داشته باشید که انتخاب جنس در سیستم های لوله کشی صنعتی با مباحثی مانند استاندارد ها و کدهای طراحی , انواع مکانیزم های خوردگی , متریالها و اقلام متداول در بازار داخلی و خارجی , شرایط اجرا و جوشکاری پایپینگ , بازرسی و تست سیستم , در ارتباط بوده و افزایش دانش و تجربه سطح متخصص متریال در زمینه های فوق کمک شایانی به انتخاب درست و مناسب خواهد کرد . به موارد زیر دقت کنید :

۲-۱ به عنوان مثال انتخاب متریال فولاد کربنی ساده برای یک سرویس ترش (محتوی H2S) منجر به نرخ خوردگی بالا و عمر پایین سیستم خواهد شد , البته اتفاقات ناگوار و سایر حوادث احتمالی نیز در کمین خواهند بود .

۲-۲ برای سرویس بخار با دمای بسیار بالا انتخاب متریال کربنی موجب نیاز به لوله و اتصالاتی با ضخامت بسیار بالا (به علت کاهش شدید تنش مجاز جنس لوله در دماهای بسیار بالا) خواهد شد که موجب افزایش مواد مصرفی جوشکاری و زمان ساخت در پروژه و تنوع بازرسی ها (احتمال افزایش خطا) خواهد شد .

۲-۳ انتخاب متریال خاص برای لوله ای که اتصالات یا فلنج متناظر در بازار داخلی و خارجی کمیاب بوده و یا نایاب است منجر به مشکلات اقتصادی (هزینه بالا) یا عدم زمانبندی صحیح در تامین متریال پروژه در حین ساخت و به احتمال زیاد مشکلات عدیده در زمانهای آینده خواهد شد (تعمیرات و اورهال)

نتیجه : انتخاب صحیح متریال در پایپینگ (**Piping Material Selection**) اصولا شامل یک سری مراحل و سناریوهای خاص میباشد که بنا به شرایط پروژه , مسائل اقتصادی , زمان و مکان اجرای پروژه ,الزامات کارفرما و ..... دارای کلیات یکسان خواهد بود . در ذیل به تشریح اصول هفت گانه خواهیم پرداخت با این یادآوری که :

۱- هیچ ترتیب خاص یا اولویتی در مراحل هفتگانه نبوده و این به عهده متخصص متریال پروژه است .
۲- مراحل دیگری هم میتوان بر حسب شرایط اضافه کرد و این نیز به عهده متخصص متریال پروژه است .
۳- با توجه به تخصصی بودن و حجم بالای مطالب از تشریح کامل در این جزوه خودداری شده است .

اصول هفت گانه انتخاب جنس در سیستم های لوله کشی صنعتی

۱- مجوز و تایید کد یا استاندارد طراحی (Allowable)

استفاده از کدهای طراحی , ساخت و بازرسی امروزه جزو مهمترین بخش برای کارفرمایان , پیمانکاران و شرکت های مهندسی و مشاوره میباشد . این کد ها در داخل خود قسمتی به عنوان متریال های تایید شده (**Listed Material**) دارند که مطالعه و آشنایی با آن بسیار مهم است . از اهم این کد ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد :

لوله کشی سیستم های فرآیندی (پالایشگاه و پتروشیمی) : **ASME B31.3**
لوله کشی سیستم های تولید نیرو (نیروگاه ها) : **ASME B31.1**
خطوط لوله انتقال نفت و فرآورده های هیدروکربنی : **ASME B31.4**
خطوط لوله انتقال و توزیع گاز : **ASME B31.8**

هدف اصلی این است که متریال انتخاب شده الزاما (**shall**) باید در این لیست قرار داشته باشد , در ضمن به عنوان یک مجموعه گردآوری شده جهت رفرنس متریال های مجاز هم میشود استفاده کرد . به عنوان مثال فصل سوم کد **ASME B31.3** که به موضوع متریال پرداخته و همزمان لیست آنها را در **Appendix A** آورده است .
البته در هر کد بر اساس شرایط , سایر الزامات مورد نیاز برای انواع مواد در نظر گرفته شده است . به عنوان مثال الزامات تست ضربه مواد در سرویس های دما پایین در جدول **323.2.2** آورده شده است و یا حداقل دمای قابل استفاده متریال کربنی بدون تست ضربه در جدول **323.2.2A** آورده شده است . لازم به ذکر است که بیشتر متریال ها تحت عنوان سازمان **ASTM** آورده شده است . (سازمان مرجع متریال در صنایع نفت و گاز)

آشنایی متخصصین متریال با کدهای طراحی (Piping & PipeLine) و استفاده از آخرین نسخه منتشر شده کدها جزو توصیه های اصلی اینجانب به دانشجویان و همکاران در دوره های آموزشی و پروژه ها بوده و میباشد .

Specification Index for Appendix A

Spec. No.	Title	Spec. No.	Title
ASTM		ASTM (Cont'd)	
A36	Carbon Structural Steel	A299	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Manganese-Silicon
A47	Ferritic Malleable Iron Castings		
A48	Gray Iron Castings		
A53	Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc Coated, Welded and Seamless	A302	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel
		A307	Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength
A105	Carbon Steel Forgings, for Piping Applications		
A106	Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service	A312	Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipe
A126	Gray Iron Castings for Valves, Flanges, and Pipe Fittings	A320	Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for Low-Temperature Service
A134	Pipe, Steel, Electric-Fusion (Arc)-Welded (Sizes NPS 16 and Over)	A325	Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
A135	Electric-Resistance-Welded Steel Pipe	A333	Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service
A139	Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)	A334	Seamless and Welded Carbon and Alloy-Steel Tubes for Low-Temperature Service
A167	Stainless and Heat-Resisting Chromium-Nickel Steel Plate, Sheet and Strip	A335	Seamless Ferritic Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service
A179	Seamless Cold-Drawn Low-Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes	A350	Carbon and Low-Alloy Steel Forgings, Requiring Notch Toughness Testing for Piping Components
A181	Carbon Steel Forgings for General Purpose Piping	A351	Castings, Austenitic, for Pressure-Containing Parts
A182	Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High Temperature Service	A352	Steel Castings, Ferritic and Martensitic, for Pressure-Containing Parts Suitable for Low-Temperature Service
A193/A193M	Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications	A353	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, 9 Percent Nickel, Double Normalized and Tempered

۲- شرایط طراحی و سرویس بر اساس کد طراحی (Possible)

در این قسمت با در نظر گرفتن شرایط طراحی (**Design Conditions**) شامل : دمای طراحی و فشار طراحی و مشخصات سرویس (سیال) اقدام به بررسی حداکثر و حداقل دمای سرویس کرده و کنترل میکنیم که آیا متریال انتخاب شده در سرویس در محدوده دمای مجاز قرار داشته باشد .

Min Allowable Temp. of Material < Service Temprature < Max Allowable Temp. of Material

به عنوان مثال جدول **Table A-1** کد **ASME B31.3** به موضوع تنش مجاز انواع متریال (لوله , ورق ...) در جنسهای مختلف و در دماهای مختلف پرداخته است . در اکثر موارد هنگامی که دمای طراحی به حداکثر دمای مجاز قایل استفاده نزدیک میباشد کارشناسان توصیه به انتخاب دیگری مینمایند . محدوده تنش مجاز در این جدول نیز دیدگاه و اطلاعات خوبی از انواع جنسها در محدوده دماهای مختلف میدهد .

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size, in.	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp.		
									Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel Pipes and Tubes (2)													
A285 Gr. A	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
A285 Gr. A	A672	A45	K01700	...	...	1	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
Butt weld	API 5L	A25	...	...	...	1	(8a)(77)	−20	45	25	15.0	15.0	14.7
Smls & ERW	API 5L	A25	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	45	25	15.0	15.0	14.7
...	A179	...	K01200	...	...	1	(57)(59)	−20	47	26	15.7	15.7	15.3
Type F	A53	A	K02504	...	...	1	(8a)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A139	A	...	...	...	1	(8b)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A587	...	K11500	...	...	1	(57)(59)	−20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A53	A	K02504	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A106	A	K02501	...	...	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A135	A	...	...	...	1	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A369	FPA	K02501	...	...	1	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	API 5L	A	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
A285 Gr. B	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A285 Gr. B	A672	A50	K02200	...	...	1	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.5	15.9

به عنوان مثال سه نوع لوله با متریال کربنی A53 Grade B , A106 Grade B و API 5L Grade B دارای تنش مجاز یکسانی با توجه به افزایش دما هستند ولی استفاده و تفاوت این سه نوع لوله از لحاظ ساخت و کیفیت و قیمت تمام شده و ضخامت مورد نیاز تاثیر زیادی در انتخاب آنها دارد .لازم به ذکر است که در شرایط یکسان (دما و فشار و سیال) در لوله بدون درز ضخامت کمتری نسبت به سایر انواع لوله های درز دار خواهیم داشت (ضریب E بند ۶)

ASME B31.3-2014

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Basic Allowable Stress, *S*, ksi, at Metal Temperature, °F [Note (1)]													Type/ Grade	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100		
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A53
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	A106
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A333
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	6	A334
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	FPB	A369
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	Y35	A381
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B	API 5L

*** بررسی شرایط سرویس (سیال) و تاثیر آن روی جنس سیستم لوله کشی از موارد مهم مورد نیاز برای بررسی است , سازمانهای مختلف در این راستا اقدام به تدوین و انتشار استانداردها و کدهای مختلف در مورد الزامات انتخاب متریال در شرایط و سرویس های خاص نموده اند . به عنوان مثال انجمن خوردگی آمریکا **(NACE)** استاندارد بین المللی **NACE MR0 175** که معادل استاندارد **ISO 15156** میباشد را منتشر کرده است که در زمینه الزامات و انتخاب متریال صنایع نفت , گاز و پتروشیمی در سرویس های حاوی **H2S** بسیار مفید و کاربردی میباشد .

۳- امکان تهیه و تامین متریال (Available)

تامین و خرید انواع متریال در صنایع نفت و گاز همواره از دغدغه های شرکت ها و کارفرمایان بوده و متاسفانه با توجه به شرایط سیاسی و تحریم این مشکل دو چندان شده است . این این رو باید هنگام انتخاب در نظر داشته باشیم که تامین متریال از بازار داخلی یا خارجی جزو موارد مهم بوده و مصالحی که متداولتر و احتمال تهیه آنها بیشتر باشد , مناسب تر خواهند بود . (حال و آینده)
البته اکثر شرکتها خرید اضافی و انبار مصالح مورد استفاده را ترجیح داده و با صرف هزینه های هنگفت (نگهداری و انبارداری)را چاره کار میدانند که این خود مشکلات و مسائل دیگری را پیش روی ساخت و ساز و نگهداری تاسیسات صنعتی می آورد .

۴- مسایل فنی و اقتصادی (Achivable)

مسایل فنی و اقتصادی (**Technical & Commercial Issue**) جزو موارد مهم در اجرا و ساخت تاسیسات صنعتی میباشد . محدودیتهای اقتصادی همیشه جزو موارد محدود کننده در شرایط اجرا و کیفیت ساخت میباشد و این جمله برای همه آشناست که : *کیفیت هزینه دارد*

از نکات فنی به عدم دسترسی به متریال مناسب برای شیرآلات و اتصالات , یا الکترود جوشکاری مناسب و متداول جهت ساخت و اجرای پروژه اشاره کرد . انتخاب متریال مناسب جهت لوله زمانی ایده آل خواهد بود که متریال مناسب برای اتصالات و شیرآلات و .... نیز موجود بوده باشند .

۵- محدودیت های فرآیندی یا محصولی (Process/Product Limitations)

یکی از عمده محدودیت های انتخاب جنس در سیستم های لوله کشی صنعتی , شرایط و الزمات مربوط به نوع پروژه و یا کیفیت محصول است . به عنوان مثال در صنایع داروسازی که تمامی فرآیندها با حساسیت خاص انجام میشود وجود هر نوع ماده خارجی حتی به میزان کم میتواند کیفیت داروی تولیدی را تحت تاثیر قرار دهد و خدای نکرده عواقب ناگواری به دنبال داشته باشد . چنین مواردی در صنایع شیمیایی مانند رنگ سازی و صنایع غذایی نیز مهم و حیاتی بوده تا جایی که تعدادی از ارگانها و سازمانها مانند وزارت بهداشت و اداره استاندارد بصورت پیوسته بر آن نظارت دارند .

۶– ضخامت مورد نیاز لوله (Required Thickness)

از عمده مسایل مهم پس از اتمام مراحل فوق و اطمینان از شرایط انتخاب , محاسبه حداقل ضخامت مورد نیاز لوله با جنس انتخاب شده در شرایط طراحی است . این ضخامت گرچه عددی بی اهمیت به نظر میرسد ولی در تمام مراحل پروژه , تعداد پاس جوشکاری و زمان اجرا , مقدار موارد مصرفی جوشکاری و الکترودها , تنوع و شرایط بازرسی های غیر مخرب , تعداد و نوع ساپورت های لوله ها و ..... تاثیر اصلی و مستقیم خواهد داشت .

از این رو با توجه به کد اصلی طراحی در پروژه اقدام به محاسبه این ضخامت کرده و در صورت مواجه شدن به اعداد بالا و ضخامت های غیر معمول , بهتر است پارامترهای انتخاب را جابجا کرده تا ضخامت معقول تر و مناسب تری بدست آید . مثلا میتوان گرید بالاتری از متریال را انتخاب کرد یا متریال با استحکام بیشتری را بررسی کنیم .

در کد ASME B31.3 فرمول و پارامترهای زیر جهت محاسبه ارائه شده است :

304 PRESSURE DESIGN OF COMPONENTS

304.1 Straight Pipe

304.1.1 General

(a) The required thickness of straight sections of pipe shall be determined in accordance with eq. (2)

$$t_m = t + c \qquad (2)$$

The minimum thickness, T, for the pipe selected, considering manufacturer's minus tolerance, shall be not less than t_m.

(b) The following nomenclature is used in the equations for pressure design of straight pipe:

c = sum of the mechanical allowances (thread or groove depth) plus corrosion and erosion allowances. For threaded components, the nominal thread depth (dimension h of ASME B1.20.1, or equivalent) shall apply. For machined surfaces or grooves where the tolerance is not specified, the tolerance shall be assumed to be 0.5 mm (0.02 in.) in addition to the specified depth of the cut.

D = outside diameter of pipe as listed in tables of standards or specifications or as measured

d = inside diameter of pipe. For pressure design calculation, the inside diameter of the pipe is the maximum value allowable under the purchase specification.

E = quality factor from Table A-1A or A-1B

P = internal design gage pressure

S = stress value for material from Table A-1

T = pipe wall thickness (measured or minimum in accordance with the purchase specification)

t = pressure design thickness, as calculated in accordance with para. 304.1.2 for internal pressure or as determined in accordance with para. 304.1.3 for external pressure

t_m = minimum required thickness, including mechanical, corrosion, and erosion allowances

W = weld joint strength reduction factor in accordance with para. 302.3.5(e)

Y = coefficient from Table 304.1.1, valid for $t < D/6$ and for materials shown. The value of Y may be interpolated for intermediate temperatures. For $t \geq D/6$,

$$Y = \frac{d + 2c}{D + d + 2c}$$

304.1.2 Straight Pipe Under Internal Pressure

(a) For $t < D/6$, the internal pressure design thickness for straight pipe shall be not less than that calculated in accordance with either eq. (3a) or eq. (3b)

$$t = \frac{PD}{2(SEW + PY)} \qquad (3a)$$

$$t = \frac{P(d + 2c)}{2[SEW - P(1 - Y)]} \qquad (3b)$$

(b) For $t \geq D/6$ or for $P/SE > 0.385$, calculation of pressure design thickness for straight pipe requires special consideration of factors such as theory of failure, effects of fatigue, and thermal stress.

۷- انتخاب جنس سایر اقلام (Components Material Selection)

پس از طی مراحل فوق و محاسبه ضخامت و حصول اطمینان از انتخاب لوله , شروع به انتخاب جنس برای سایر اجزا سیستم لوله کشی مینماییم . اتصالات (انواع زانویی , سه راهی .....) انواع فلنج ها و شیرآلات از این دسته میباشند . استفاده از مواد همگن و هم سطح (از لحاظ درصد کربن و سایر عناصر آلیاژی) و استحکام از دلایل مهم کاربرد جداول مشابه میباشد . در انتهای جزوه چند نمونه از این جداول آورده شده اند .

به عنوان مثال پس از انتخاب لوله با جنس **A106,Grade B** متریالهای دیگر اجزا سیستم بدین شرح است :

۱- انواع اتصالات (فولادی کارشده)	**ASTM A234 Grade WPB**
۲- انواع اتصالات (فرج یا آهنگری شده)	**ASTM A105**
۳- انواع فلنجها (فرج یا آهنگری شده)	**ASTM A105**
۴- انواع شیرآلات (فرج یا آهنگری شده)	**ASTM A105**
۵- انواع شیرآلات (ریخته گری شده)	**ASTM A216 Grade WCB**
۶- انواع ورق جهت ساپورت و پد تقویتی	**ASTM A515/A516 Grade 60**
۷- انواع پیچ جهت فلنجها و شیرآلات فلنجی	**ASTM A193 Grade B7**
۸- انواع مهره	**ASTM A194 Grade 2H**

ویا پس از انتخاب لوله با جنس **A312 TP316L** متریالهای دیگر اجزا سیستم بدین شرح است :

۱- انواع اتصالات (فولادی کارشده)	**ASTM A403 WP 316L**
۲- انواع اتصالات (فرج یا آهنگری شده)	**ASTM A182 F316L**
۳- انواع فلنجها (فرج یا آهنگری شده)	**ASTM A182 F316L**
۴- انواع شیرآلات (فرج یا آهنگری شده)	**ASTM A182 F316L**
۵- انواع شیرآلات (ریخته گری شده)	**ASTM A351 CF3M**
۶- انواع ورق جهت ساپورت و پد تقویتی	**ASTM A240 TP 316L**
۷- انواع پیچ جهت فلنجها و شیرآلات فلنجی	**ASTM A193 Grade B8M**
۸- انواع مهره	**ASTM A194 Grade 8M**

تصاویر نمونه هایی از اقلام تشریح شده :

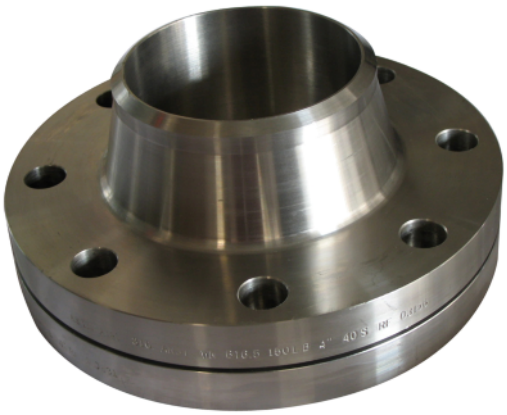
Pipe 4" Sch40 CS ASTM A106/A53 Grade B

Stainless Steel Fittings ASTM A403

Flange 4" #150 RF CS ASTM A105

Check Valve 2" #150 SS ASTM A351 CF8M

Globe Valve 3" #150 SS ASTM A351 CF8



Flange 4" #150 RF SS ASTM A182 F316

جدول راهنمای انتخاب مواد مختلف لوله کشی

Classification	Pipes	Wrought Fittings	Forged Fittings/Flanges	Forged Valves	Casting Valves	Plate	Bolts/Nuts
Carbon Steel	A53-B Welded	A234-WPBW	A105	A105	A216-WCB	A285	A193-B7 A194-2H
	A53-B Seamless	A234-WPB				A515-60 A516-60	
	A106-B						
	A106-C	A234-WPC			A216-WCC	A515-70 A516-70	
	A134 A283-B	A234-WPBW A283			A216-WCB	A283-B	
	A134 A285-C	A234-WPBW A285				A285-C	
	A672-B60	A234-WPBW				A515 A516	
Alloy Steel	A335-P11	A234-WP11	A182-F11	A182-F11	A217-WC6	A387-11	A193-16 A194-3
	A335-P12	A234-WP12	A182-F12	A182-F12		A387-12	
	A335-P22	A234-WP22	A182-F22	A182-F22	A217-WC9	A387-22	
	A335-P91	A234-WP91	A182-F91	A182-F91	A217-C12A	A387-91	
	A691- 1 $\frac{1}{4}Cr$	A234-WP11W	A182-F11	A182-F11	A217-WC6	A387-11	
	A691- 2 $\frac{1}{4}Cr$	A234-WP22W	A182-F22	A182-F22	A217-WC9	A387-22	
Stainless Steel	A312-TP304	A403-WP304	A182-F304	A182-F304	A351-CF8	A240-304	A193-B8 A194-8
	A312-TP304L	A403-WP304L	A182-F304L	A182-F304L	A351-CF3	A240-304L	
	A312-TP316	A403-WP316	A182-F316	A182-F316	A351-CF8M	A240-316	A193-B8M A194-8M
	A312-TP316L	A403-WP316L	A182-F316L	A182-F316L	A351-CF3M	A240-316L	
	A312-TP317	A403-WP317	A182-F317/F316L	A182-F317	A351-CF3M	A240-317	

STAINLESS STEELS

COMMON DESCRIPTION	ASTM SPECIFICATION						UNS DESIGN GRADE	CHEMICAL ANALYSIS NOMINAL								NOMINAL MECHANICAL PROPERTIES		
	PLATE	PIPE	FITTINGS	FLANGES/ FORGINGS	CAST VALVES	TUBES		C "	Si "	Mn "	Cr	Mo	Ni	Cu	Others	Tensile min MPa	Yield Point RP 0.2 min MPa	Elongation in 2 or 4D min,%
18.8	A240	A312	A403	A182	A351	A269	304	0.08	1.00	2.00	18.0-20.0	–	8.0-10.5	–	–	515	205	28-40
18.8	A240	A312	A403	A182	–	A269	304 L	0.035	1.00	2.00	18.0-20.0	–	8.0-12.0	–	–	485	170	28-40
18.8	A240	A312	A403	A182	–	A271	304 H	0.04-0.10	1.00	2.00	18.0-20.0	–	8.0-11.0	–	–	515	205	28-40
310	A240	A312	A403	A182	A351	A213	310	0.25	1.50	2.00	24.0-26.0	–	19.0-22.0	–	–	515	205	28-40
310S	A240	–	–	–	–	A213	310 S	0.08	1.50	2.00	24.0-26.0	–	19.0-22.0	–	–	515	205	28-40
18-10	A240	A312	A403	A182	A351	A269	316	0.08	1.00	2.00	16.0-18.0	2.00-3.00	10.0-14.0	–	–	515	205	28-35
18-10	A240	A312	A403	A182	–	A269	316 L	0.035	1.00	2.00	16.0-18.0	2.00-3.00	10.0-14.0	–	–	485	170	28-40
18-10	A240	A312	A403	A182	–	A271	316 H	0.04-0.10	1.00	2.00	16.0-18.0	2.00-3.00	10.0-14.0	–	–	515	205	28-40
316 Ti	A240	–	–	–	–	–	316 Ti	0.08	1.00	2.00	16.0-18.0	2.00-3.00	10.0-14.0	-	Ti 5X(C+N) min-0.70 max	515	205	28-40
317	A240	A312	A403	A182	–	A269	317	0.08	1.00	2.00	18.0-20.0	3.00-4.00	11.0-15.0	–	–	515	205	28-35
18-10 Ti	A240	A312	A403	A182	–	A269	321	0.08	1.00	2.00	17.0-19.0	–	9.0-12.0	–	Ti 5 X C min	515	205	28-40
18-10 Ti	A240	A312	A403	A182	–	A271	321 H	0.04-0.10	1.00	2.00	17.0-20.0	–	9.0-12.0	–	Ti 4 X C-0.60	515	205	28-40
18-10 Cb	A240	A312	A403	A182	A351	A269	347	0.08	1.00	2.00	17.0-19.0	–	9.0-13.0	–	Cb 10 X C min	515	205	28-40
Duplex	A240	A790	A815	A182	–	A789	S 31803	0.03	1.00	2.00	21.0-23.0	2.50-3.50	4.5-6.5	–	N 0.08-02.0	620	450	25
6 Mo	A240	A312	A403	A182	–	A269	S 31254	0.02	0.80	1.00	19.5-20.5	6.00-6.50	17.5-18.5	0.5-1.0	N 0.18-0.22	650	300	28-35
Super Duplex	A240	A790	A815	A182	–	A789	S 32750	0.03	0.80	1.20	24.0-26.0	3.00-5.00	6.0-8.0	0.50	N 0.24-0.32	800	550	15
Super Duplex	A240	A790	A815	A182	–	A789	S 32760	0.05	1.00	1.00	24.0-26.0	3.00-4.00	6.0-8.0	0.50	N 0.20-0.30	750 (895max)	550	25
410	A240	A268	A815	A182	–	A268	410	0.15	0.75	1.00	11.5-13.5	–	0.50	–	W 0.50-1.00	415	215	20

ALLOY STEELS

COMMON DESCRIPTION	ASTM SPECIFICATION						UNS DESIGN GRADE	CHEMICAL ANALYSIS NOMINAL								NOMINAL MECHANICAL PROPERTIES		
	PLATE	PIPE	FITTINGS	FLANGES/ FORGINGS	CAST VALVES	TUBES		C "	Si "	Mn "	Cr	Mo	Ni	Cu	Others	Tensile min MPa	Yield Point RP 0.2 min MPa	Elongation in 2 or 4D min,%
3¼% Ni	A203	A333	A420	A350	–	A334	–	0.19	0.18-0.37	0.31-0.64	–	–	3.18-3.82	–	–	450	240	30
1 Cr-½ Mo	A387	A335	A234	A182	–	A213	12	0.15	"0.50	0.3-0.61	0.8-1.25	0.44-0.65	–	–	–	415	205	30
1¼ Cr-½ Mo	A387	A335	A234	A182	A217	A213	11	0.15	0.5-1.0	0.3-0.6	1.0-1.5	0.44-0.65	–	–	–	415	205	30
2¼ Cr-1 Mo	A387	A335	A234	A182	A217	A213	22	0.15	"0.50	0.3-0.6	1.9-2.6	0.87-1.13	–	–	–	415	205	30
5 Cr-½ Mo	A387	A335	A234	A182	A217	A213	5	0.15	"0.50	0.3-0.6	4.0-6.0	0.45-0.65	–	–	–	415	205	30
9 Cr-1 Mo	A387	A335	A234	A182	A217	A213	9	0.15	0.25-1.0	0.3-0.6	8.0-10.0	0.9-1.1	–	–	–	415	205	30

NICKEL ALLOYS

COMMON DESCRIPTION	ASTM SPECIFICATION						UNS DESIGN GRADE	CHEMICAL ANALYSIS NOMINAL								NOMINAL MECHANICAL PROPERTIES		
	PLATE	PIPE	FITTINGS	FLANGES/ FORGINGS	CAST VALVES	TUBES		C "	Si "	Mn "	Cr	Mo	Ni	Cu	Others	Tensile min MPa	Yield Point RP 0.2 min MPa	Elongation in 2 or 4D min,%
Nickel 200	B162	B161/B725	B366	B160	–	B161/B163	N02200	0.15	0.35	0.35	–	–	99.0 min	0.25	Fe 0.40	380-550	80-415	10-40
Monel 400	B127	B165	B366	B164/B564	–	B163/B165	N04400	0.3	0.50	2.00	–	–	63.0 min	28-34	Fe 2.50 max, S 0.024	485-690	195-620	2-35
Monel K500	–	–	–	–	–	–	N05500	0.25	0.50	1.50	–	–	63.0-7.00	bal	Al 2.5-3.5, Fe 2.0 max S 0.01 max, Ti 0.35-0.85	880	590	15
Inconel 600	B168	B167/B517	B366	B166/B564	–	B167/B516	N06600	0.15	0.50	1.00	14.0-17.0	–	72.0 min	0.50	Fe 6.0-10.0, S 0.015 max	515-825	170-825	7-35
Inconel 601	–	–	–	–	–	–	N06601	0.10	0.50	1.00	21.0-25.0	–	58.0-63.00	1.00	Al 1.0-1.7, Fe rem	600	240	30
Incoloy 800H	B409	B407/B515	B366	B408/B564	–	B163/B407/ B515	N08810	0.05-0.1	1.00	1.50	19.0-23.0	–	30.0-35.0	0.75	Al 0.15-0.6, Ti 0.15-0.6 Fe 39.5 min S 0.015 max	450	170	30
Incoloy 825	B424	B423/B705	B366	B425/B564	–	B163/B704	N08825	0.05	0.50	1.00	19.5-23.5	–	38.0-46.0	1.5-3	Al 2.0 max, Ti 0.6-1.2 Fe 22.0 min, S 0.03 max	586	241	30
Hastelloy C276	B575	B619/B622	B366	B574	–	B622/B626	N10276	0.1	0.08	1.00	14.5-16.5	15.0-17.0	rem	–	Fe 4.0-7.0, W 3.0-4.5 Co 2.5 max, V 0.35 max	690	283	40
Hastelloy B2	B333	B619/B622	B366	B335	–	B622/B626	N10665	0.02	0.10	1.00	1.0 max	26.0-30.0	rem	–	Fe 2.0 max, Co 1.0 max	760	352	40
904L	B625	B677/B673	B366	B649	–	B677	N08904	0.02	1.00	2.00	19.0-23.0	4.0-5.0	23.0-28.0	1.0-2.0		490	220	35

Inconel, Incoloy, Hastelloy and Monel are registered tradenames.

ASTM DESIGNATION OF COMMONLY USED MATERIALS IN REFINERIES

MATERIAL	PLATE	PIPE	EFSW PIPE	TUBES	CASTINGS	FORGINGS	FITTINGS	CLADDING
Carbon Steel	A-285-GR. A, B & C	A-53 GR. A&B	A-671 GR. CA-55	A-214 (Welded)	A-216 GR. WCA, WCB & WCC	A-105	A-234 GR. WPB	
			A-677 GR. A45-A55	A-179 (Seamless)		A-181 CL.60 OR 70 A-266 CL.I,II or III		
Killed Steel	A-515 GR. 55-70	A-106 GR. A&B	A-672 GR. B55-B70	A-179	A-216 GR. WCA, WCB & WCC	A-105	A-234 GR. WPB	
	A-516 GR. 55-70		A-672 GR. C55-C70			A-181 CL.60 or 70 A-266 CL.I,II or III		
C-1/2 Mo	A-204 GR. A,B&C	A-335 GR. P1	A-691 GR. CM 65 -CM 75	A-209 GR. T1	A-217 GR. WC1	A-182 GR.F1	A-234 GR. WP1	
1 Cr-1/2 Mo	A-387 GR. 12	A-335 GR. P12	A-691 GR. 1 Cr	A-213 GR. T12		A-182 GR. F12 A-336 CL.F12	A-234 GR. WP12	
1-1/4 Cr-1/2 Mo	A-387 GR. 11	A-335 GR. P11	A-691 GR. 1-1/4 Cr	A-199 GR. T11	A-217 GR. WC6	A-182 GR. F11	A-234 GR. WP11	
				A-213 GR. T11		A-336 CL.F11		
2-1/4 Cr-1 Mo	A-387 GR. 22	A-335 GR. P22	A-691 GR. 2-1/4 Cr	A-199 GR. T22	A-217 GR. WC9	A-182 GR. F22	A-234 GR. WP22	
				A-219 GR. T22		A-336 CL.F22		
3 Cr-1 Mo	A-387 GR. 21	A-335 GR. P-21		A-199 GR. T21		A-182 GR. F21		
				A-213 GR. T21		A-336 CL.F21		
5 Cr-1/2 Mo	A-387 GR. 5 (FormerlyA-357)	A-335 GR. P5	A-691 GR. 5 Cr	A-199 GR. T5	A-217 C5	A-182 GR. F5	A-234 GR. WP5	
				A-213 GR. T5		A-336 CL.F5		
9 Cr-1 Mo	A-387 GR. 9	A-335 GR. P9	A-691 GR. 9 Cr	A-199 GR. T9	A-217 GR. C12	A-182 GR. F9	A-234 GR. WP9	
				A-213 GR. T9		A-336 CL.F9		
13 Cr-TP410	A-240TP410	A-268 GR. TP410		A-268 GR. TP410	A-217 GR. CA15	A-182 GR. F6		A-263
						A-336 CL.F6		
13 Cr-TP410S	A-240 TP410S							A-263
17 Cr-TP430	A-240 TP430	A-268 GR. TP430		A-268 GR. TP430				A-263
18 Cr-8 Ni-TP304	A-240 TP304	A-312 GR. TP304 A-376 GR. TP304	A-358 GR. 304	A-213 GR. TP304 A-249 GR. TP304	A-351 GR. CF8 A-744 CF8	A-182 GR. F304 A-336 CL. F304	A-403 GR. WP304	A-264
18 Cr-8 Ni-TP304L	A-240 TP304L	A-312 GR. TP304L	A-358 GR. 304L	A-213 GR. TP304L A-249 GR. TP304L	A-351 GR. CF3 A-744CF3	A-182 GR. F304L A-336 CL. F304L	A-403 GR. WP304L	A-264
18 Cr-8 Ni-TP304H	A-240 TP304H	A-312 GR. TP304H A-376 GR. TP304H	A-358 GR. 304H	A-213 GR. TP304H A-249 GR. TP304H	-	A-182 GR. F304H A-336 CL. F304H	A-403 GR. WP304H	A-264
16 Cr-12 Ni-2 Mo TP316	A-240 TP316	A-312 GR. TP316 A-376 GR. TP316	A-358 GR. 316	A-213 GR. TP316 A-249 GR. TP316	A-351 GR. CF8M A-744 CF8M	A-182 GR. F316 A-336 CL. F316	A-403 GR. WP316	A-264
16 Cr-12 Ni-2 Mo TP316L	A-240 TP316L	A-312 GR. TP316L	A-358 GR. 316L	A-213 GR. TP316L A-249 GR. TP316L	A-351 GR. CF3M A-744 GR. CF3M	A-182 GR. F316L A-336 CL. F316L	A-403 GR. WP316L	A-264
16 Cr-12 Ni-2 Mo TP316H	A-240 TP316H	A-312 GR. TP316H A-376 GR. TP316H	A-358 GR. 316H	A-213 GR. TP316H A-249 GR. TP316H	-	A-182 GR. F316H A-336 CL. F316H	A-403 GR. WP316H	A-264

Frequently used ASTM Grades

Material	Pipes	Fittings	Flanges	Valves	Bolts & Nuts
Carbon Steel	A106 Gr A	A234 Gr WPA	A105	A216 Gr WCB	A193 Gr B7 A194 Gr 2H
	A106 Gr B	A234 Gr WPB	A105	A216 Gr WCB	
	A106 Gr C	A234 Gr WPC	A105	A216 Gr WCB	
Carbon Steel Alloy High-Temp	A335 Gr P1	A234 Gr WP1	A182 Gr F1	A217 Gr WC1	A193 Gr B7 A194 Gr 2H
	A335 Gr P11	A234 Gr WP11	A182 Gr F11	A217 Gr WC6	
	A335 Gr P12	A234 Gr WP12	A182 Gr F12	A217 Gr WC6	
	A335 Gr P22	A234 Gr WP22	A182 Gr F22	A217 Gr WC9	
	A335 Gr P5	A234 Gr WP5	A182 Gr F5	A217 Gr C5	
	A335 Gr P9	A234 Gr WP9	A182 Gr F9	A217 Gr C12	
Carbon Steel Alloy Low-Temp	A333 Gr 6	A420 Gr WPL6	A350 Gr LF2	A352 Gr LCB	A320 Gr L7 A194 Gr 7
	A333 Gr 3	A420 Gr WPL3	A350 Gr LF3	A352 Gr LC3	
Austenitic Stainless Steel	A312 Gr TP304	A403 Gr WP304	A182 Gr F304	A182 Gr F304	A193 Gr B8 A194 Gr 8
	A312 Gr TP316	A403 Gr WP316	A182 Gr F316	A182 Gr F316	
	A312 Gr TP321	A403 Gr WP321	A182 Gr F321	A182 Gr F321	
	A312 Gr TP347	A403 Gr WP347	A182 Gr F347	A182 Gr F347	

دوستان ، همکاران و اساتید محترم :

بسیار خوشحال میشوم نظرات و پیشنهادات خود را با اینجانب در میان بگذارید تا در نسخه های بعدی حتما در این جزوه یا سایر جزوات در نظر گرفته و اعمال شوند .

با تشکر فراوان – صالح سجودی

Mob: 0914 313 4373 **Email : Ptseco@yahoo.com**

بنام خداوند آموزش

موضوع سمینار: جلسه چهارم از دوره آموزشی شرکت واتی آب متریال، انجام کنترل پروژه عملی

با عرض سلام و خسته نباشید خدمت تمامی دوستان همکاران و اساتید محترم گروه مهندسین پایپینگ، امیدوارم که علیرغم مرارت دنیای بودن مطالب بتوانید با شیفته، دوستانی که به تازگی به گروه ملحق شده‌اند و یا از جلسات قبلی اطلاعی ندارند توصیه می‌شود مطالب جلسه قبلی را که بصورت فایل Pdf در پایان گروه موجود است مطالعه نمایند، در ضمن مطالعه سمینار جناب مهندس اردوجلو در رابطه با کد ASME B31.3 نیز بسیار مفید می‌باشد. جهت راحتی دوستان تمامی مطالب بصورت ترتیبی به همراه استانداردهای کاربردی استفاده شده آورده شده است. در این جلسه یکی از خطوط مربوط به سرویس تریم واحد بنزین سازی پالایشگاه تبریز به همراه نقشه دوبعدی ایزومتریک ارائه می‌شود، شماره خط مربوطه 6-520-P-042 و شماره نقشه TZ-5200-PI-ISO-0016 می‌باشد که در ضمائم آورده شده است.

سعی شده است اگر مطالب کاربردی در رابطه با متریال و ایزومتریک و سایر موارد لازم دیگر آورده نگردد، امیدوار است که قابل استفاده دوستان و همکاران باشد. ضمناً هر نوع پیشنهاد و انتقادی را که لازم بدانید حتماً اطلاع دهید.

با تشکر سجودی

اهداف و خواسته ها :

۱- انتخاب کلی جنس با توجه به نوع سرویس محدوده مهار

۲- انتخاب متریال (متریال) مجموعه برای شرایط داده شده (مراحل هفت گانه)

۳- محاسبه حداقل ضخامت مورد نیاز (t_m)، ضخامت اسمی (t_n) و عدد اسکجول (Schedule)

۴- برآورد و ارائه تمامی مشخصات فنی (ابعاد، جنس ...) مربوط به اتصالات (با توجه به نقشه)

(Elbow, Tee, Reducer, Olet ...)

۵- انتخاب جنس برای فلنج و شیرآلات لازم، برآورد کلاس کاری (Rating) و بولتی

۶- محاسبه حداکثر فشار کاری مجاز (M.A.W.P)

۷- بررسی تاثیر تغییر در متریال انتخابی
- A) تغییر در سرمتریال
- B) تغییر در کلاس سه بندی هم ارز
- C) تغییر در کلاس سه بندی غیر هم ارز

۸- تعیین نوع تست فشار و محاسبه فشار تست سیستم Piping

۹- محاسبه ضخامت لوله کشی کمینی؛ در نظر گرفتن نرخ خوردگی $C.R = 0.3\ mm/year$

۱۰- استخراج و ارائه اطلاعات اصلی جوشکاری سیستم لوله کشی
- آمادگی و فرمهای انتهای لوله و اتصالات
- تعیین متد و روش جوشکاری
- مقدار آمپر و ولتاژ جوشکاری
- تعیین Proheat / PWHT

بحث بر اصول موارد خواسته شده :

① لازم به توضیح است که در صورت وجود مدارک و نقشه ها بهتر است ابتدا بررسی های لازم انجام شود . البته ها نظر به کمی دانید نقشه های آنلاین و ترکیب زمانی که توضیحی شفاهی شده متریال انتخاب شده است ولی جهت کنترل و محاسبات فرضی بصورت متداول : line list و P&ID و صفحه و کنترل می شوند . اطلاعات لازم طراحی شامل دما و فشار بدین شرح است :

Design Pressure = 43.6 barg = 43.6 × 14.5 = 632.2 psig

Design Temp. = 213 °C = 415.4 °F

با توجه به اینکه سرویس ترش (حاوی مواد H2S) اعلام شده است ، شاید در مرحله اول نظر دوستان استفاده از متریال فنرزنی باشد ولی با توجه به دمای پایین ($T < 400^{\circ}C$) امکان استفاده از متریال کربن (فولادی) با در نظر گرفتن الزامات (Nace MR0175) امکان پذیری باشد که البته از نظر اقتصادی هم فرق لوله تفاوتی دارد ولی حداقل تفاوتی خواهد داشت (به جهت خوردگی) .

با در نظر گرفتن نوع لوله گی (فرآیندی) و انتخاب ASME B31.3 و مراجعه به قسمت Appendix A سه متریال متداول را در نظر می گیریم :

ASTM A53, Grade B (ERW, Seamless)

ASTM A106, Grade B

ASTM A312, TP 304L / TP 316L

پارامترهایی که برای محاسبه ضخامت مورد نیاز از متغیرهای فوق لازم داریم :

P : Design Pressure فشار طراحی (psi)

D : Out side Diameter قطر خارجی (inch)

t : Pressure Design Thickness ضخامت طراحی (inch)

t_m : Min Required Thickness حداقل ضخامت لازم (inch)

E : Joint Efficiency Factor (Table A-1B) ضریب جوش طولی لوله

Y : Pressure Coefficient Factor (Table 304.1.1) ضریب فشار

W : Weld Joint Reduction Factor (Table 302.3.5) ضریب کاهش جوش

S : Allowable Stress (Table A-1) تنش مجاز طولی لوله (psi)

C : Sum of Chemical & Mechanical Loss مقدار کاهش ضخامت (inch)

t_n : Nominal Thickness including Mill Tolerance , $t_n = \frac{t_m}{1-(M.T)\%}$

دقت کنید که پارامترهایی که با انتخاب و یا تغییر متریال ، عوض می‌شوند و بصورتی مستقیم تاثیر گذار هستند عبارتند از :

E : که در لوله‌های بدون درز عدد 1 بعده و در تقسیم کمتری داشته و یا به عبارت دیگر با افزایش کیفیت در ساخت لوله (لوله بدون درز یا 100٪ رادیوگرافی شده !) ضخامت مورد نیاز برای شرایط یکسان کاهش می‌یابد .

به عنوان مثال با در نظر گرفتن متریال ASTM A53, B در دو حالت زیر خواهیم داشت :

1) ASTM A53, Grade B (ERW) , E=0.85 , C=1.5 mm

برای لوله 6 اینچ (با توجه به جدول) :

$$t_m = t + C$$

$$t = \frac{PD}{2(SEW+PY)} = \frac{632.2 \times 6.625}{2(19900 \times 0.85 \times 1 + 632.2 \times 0.4)} = 0.122 \text{ in}$$

$$t = 3 \text{ mm} \rightarrow t_m = 3 + 1.5 = 4.5 \text{ mm} \rightarrow t_n = \frac{4.5}{0.875} = 5.14 \text{ mm}$$

2) ASTM A53, Grade B (Seamless)

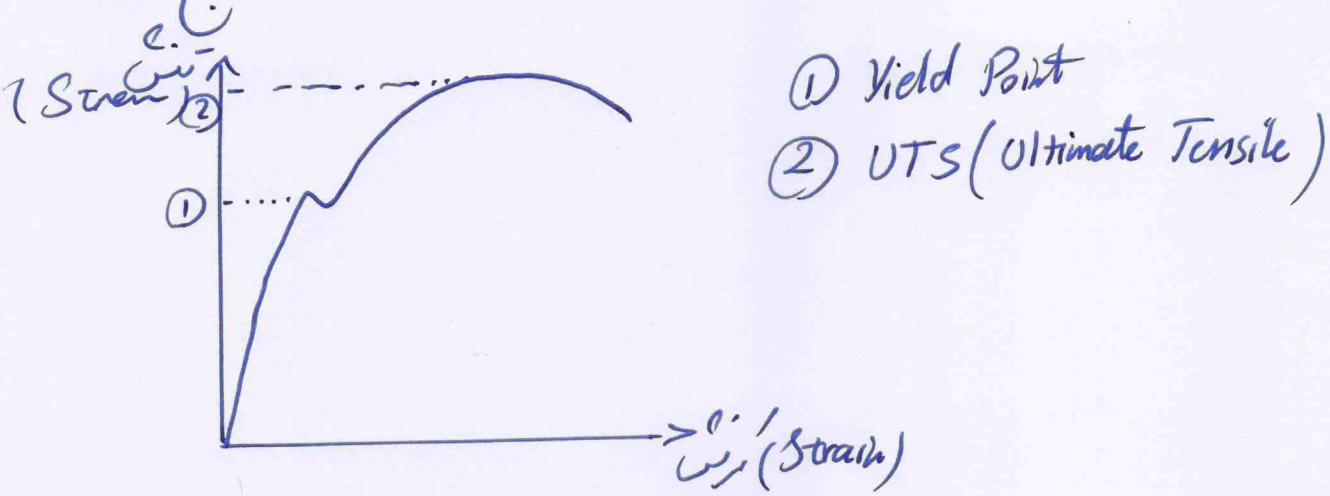
$$t_m = t + C$$

$$t = \frac{PD}{2(SEW+PY)} = \frac{632.2 \times 6.625}{2(19900 \times 1 \times 1 + 632.2 \times 0.4)} = 0.104 \text{ in}$$

$$t = 2.64 \text{ mm} \rightarrow t_m = 2.64 + 1.5 = 4.14 \text{ mm} \rightarrow t_n = \frac{4.14}{0.875} = 4.73$$

کاهش ضخامت در شرایط کارکرد لوله های ضخیم بررسی شده که البته در حجم کاری بالا، کاهش وزن لوله و اتصالات، کاهش سایز جوشکاری و مواد مصرفی جوش، کاهش زمان انجام کار و مسائل اقتصادی بررسی شده و تصمیم نهایی گرفته می شود.

S : به عنوان تنش مجاز جنس لوله می باشد که با افزایش دما، کاهش می یابد. به دو شکل تعریف می شود که تنش مجاز یکی از اعداد تنش تسلیم (Yield Strength) یا تنش نهایی (Tensile Strength) می باشد. با توجه به نمودار تنش - کرنش، تنش مجاز کمتر از تنش تسلیم و براساس ها از جدول A-1 قابل استخراج است.



① Yield Point
② UTS (Ultimate Tensile)

ASTM A53, Grade B → S = 19.9 ksi = 19900 psi

ASTM A106, Grade B → S = 19.9 ksi = 19900 psi

ASTM A312, TP 316L → S = 15.7 ksi = 15700 psi

برای لوله فولادی بدون درز (Seamless) خواهیم داشت:

$$t_m = t + C$$

$$t = \frac{PD}{2(SEW + PY)} = \frac{632.2 \times 6.625}{2(15700 \times 1 \times 1 + 632 \times 0.4)} = 0.13 \text{ in} \simeq 3.3 \text{ mm}$$

$$t_m = 3.3 + \underbrace{0}_{\text{برای خوردگی}} = 3.3 \text{ mm} \rightarrow t_n = \frac{3.3}{0.875} = 3.8 \text{ mm}$$

ASME B36.19 (SS Pipes) → NPS 6 → Schedule 10 ✓

(۲) جنس لوله مورد مصرف ما در این پروژه از جنس کربن استیل ASTH A106, B را انتخاب کرده و می‌خواهیم مراحل محاسبات را به پیش می‌بریم. دوستانی که علاقه به انجام محاسبات توسط نرم‌افزار دارند، می‌توانند این محاسبات را توسط نرم‌افزار PetroPipe انجام دهند که تصویری ضمیمه شده است.

(۳) اطلاعات لوله را مطابق زیر دسته‌بندی می‌کنیم:

NPS 6

$P = 632.2$ psi

$D = 6.625$ in

$S = 19900$ psi

$Y = 0.4$

$E = 1$

$W = 1$

$C = 1.5$ mm

$$t = \frac{632.2 \times 6.625}{2(19900 \times 1 \times 1 + 632.2 \times 0.4)} = 0.1039 \text{ in}$$

$t = 2.64$ mm

$t_m = 2.64 + 1.5 = 4.14$ mm

$$t_n = \frac{4.14}{0.875} = 4.73 \text{ mm}$$

ASME B36.10 (CS Pipes) → NPS 6

{ Schedule 40
{ $t = 7.11$ mm

کنترل می‌کنیم طبق ASME B31.3 شرایط زیر برقرار باشد:

$t < D/6$: $7.11 < \frac{168.3}{6} = 28.05$ ✓

$P/SE < 0.385$: $\frac{632.2}{19900 \times 1} = 0.031 < 0.385$ ✓

رابطه زیر هم بصورت تقریبی جهت تخمین حداقل عدد اسکیول استفاده می‌شود :

$$Sch\ No = 1000\ P/S$$

$$Sch\ No = 1000 \times \frac{632.2}{19900} = 31.76 \xrightarrow{\text{به بالا گرد می‌کنیم}} 40 \checkmark$$

لازم به ذکر است که رابطه فوق در استاندارد ویکد لحاظ نبوده و قابلیت صحت لازم را ندارد .

④ و ⑤ : با در نظر گرفتن A106,B به عنوان متریال لوله که نسبت به A53,B نسبت باری کمتری دارد ، از جدول انتخاب متریال (انتهای جلسه سوم) متریال و اتصالات را برای اقلام مورد استفاده به شرح زیر انتخاب می‌شوند :

نام قطعه Name	نوع Type	اتصال Conn.	اندازه Size	استاندارد Std.	جنس Material	کلاس / ضخامت Rating / Sch
Elbow	90°, L.R	B.W	6	ASME B16.9	A234, WPB	— / sch 40
Tee	Equal	B.W	6x6	"	"	"
Reducer	E.C.C	B.W	6x4	"	"	—/sch 40x40
Olet	weldolet	S.W	6x3/4	ASME B16.11	A105	cl 3000/—
Flange	W.N	Bolt/Nut	6	ASME B16.5	A105	cl 300/sch40
Valve	Globe	flanged	6	ASME B16.10	A216, WCB	cl 300/—
Valve	Gate	flanged	3/4	API 602	A105	cl 800/—

توضیحات جدول فوق :

۱- برحسب نوع کاربرد یا قطعه - مثلاً" متخصص بهتری در حال خرید یا سفارش در نظر گرفته می شود و اطلاعات فوق بهتر مولد را به اصل می شود .

۲- زمانی که لوله و اتصالات بصورت فرج (ابعاد مدر) استفاده می شود بهتر است شیر آلات و فلنج های مربوط را هم بصورت ASTM A105 انتخاب کرد ولی امکان استفاده از متریال ریخته گری شده ASTM A216 هم وجود دارد .

۳- تمام شیرهای مربوط به جدول استاندارد در پاورقی نمایش داده شده است .

۴- استاندارد API 602 مربوط به شیرآلات کوچکتر از ۴ اینچ (Check, Globe - Gate) هستند که در کلاس های 800 و 1500 استفاده می شوند . (forged Valves)

۵- جهت اطلاع از محدوده استانداردهای اقسام مختلف در لوله کشی فعلی به نقشه نمایش داده شده مراجعه نمایید .

۶- انتخاب متریال فوق لزوماً جامع و کامل بوده و امکان انتخاب متریال دیگر در شرایط متفاوت وجود دارد .

⑥ حت می‌خواهیم حداکثر فشار کاری مجاز (Maximum Allowable Working Pressure) را بعد از بهبود به دست آوردن مخارج‌های را درصد فشار قرار داده و عدد P را به دست آوردیم، لازم به ذکر است که این فشار از آنجا به بعد می‌آید که طبق محاسبه انجام شده در بند ③، حداقل ضخامت مورد نیاز را 4.14 به دست آوردیم ولی در بازار ضخامت لوله‌ای از جدول استاندارد ASME B36.10 و عدد اسکیول 40 معادل 7.11 میلی‌متر است که باعث خواهد شد. لوله فشار بیشتری تحمل کند و به (MAWP) نام برده می‌شود.

$$t = \frac{P.D}{2(SEW+PY)} \xrightarrow{\text{طرفین وسطین}} PD = 2tSEW + 2tPY$$

$$\rightarrow PD - 2tPY = 2tSEW$$

$$\rightarrow \boxed{P = \frac{2tSEW}{D-2tY}}$$

با جایگذاری خواهیم داشت:

$$MAWP = \frac{2 \times 0.28 \times 19900 \times 1 \times 1}{6.625 - 2 \times 0.28 \times 0.4} = 1740.9 \text{ psi}$$

همانطور که محاسبه می‌شود این فشار بیشتر از فشار طراحی بوده و در صورت لزوم بهتر است جهت استفاده از t از $t-c$ استفاده شود. نسبت عددی MAWP به فشار طراحی را می‌توان ضریب اطمینان طراحی در نظر گرفت که عدد آن در استانداردهای مختلف متفاوت می‌باشد.

$$\frac{MAWP}{D.P} = \frac{1740.9}{632.2} = 2.75 \checkmark \left(\text{ASME B31.3 Safety Factor} : 1 \text{ تا } 3\right)$$

⑦ خوب شنیز جواب این قسمت در بند ① توضیح داده شده ولی جهت تشریح کامل، زمانی که متریال انتخاب شده، مناسب نباشد سه روش نیز کاربرد دارند :

A) در این حالت می‌توان از گرید بالاتر متریال انتخاب شده استفاده کرد، به عنوان مثال همین مورد در صورت نرم از ASTM A106, Grade C بهره برد که استحکام بیشتری داشته و در نهایت فی صرفه تر هم بدست می آید. لازم به ذکر است که با افزایش متریال با استحکام بالاتر حتماً استفاده از الکترود با استحکام مناسب نیز باید مدنظر باشد.

B) در این حالت می‌توان در همان گروه بندی کربن استیل از متریال دیگری هم استفاده کرد مانند API 5L, Grade B - این حالت زمانی به کار می‌رود که متریال اول ویژگی‌های آن مناسب نباشد.

C) در این حالت از گروه بندی کربن استیل خارج شده و از متریال آلیاژی استفاده می‌گردد، به عنوان مثال استفاده از لوله ضد زنگ با متریال ASTM A312, TP 316L

① انتهای لوله تست هیدرواستاتیک در فشارهای بالا معمولا" مجوله درست میشود و انتهای آن بسته نمی شود و
فقط" از تست هیدرواستاتیک با بسول آب و پر سونل استفاده می شود،
جهت محاسبه فشار تست در دمای طراحی خواهیم داشت:

Hydro Static Test

$$\text{Test Pressure} = 1.5 \times D.P \times \frac{S_T}{S}$$

- $D.P$: فشار طراحی
- S_T: تنش مجاز در دمای تست
- S: تنش مجاز در دمای طراحی

$$\text{Test Pressure} = 1.5 \times 43.6 \times 1 = 65.4 \text{ barg}$$

لازم به ذکر است که در صورتی که دمای تست غیر از دمای طراحی باشد - باید عدد تنش مجاز مربوطه
را از Table A-1 استراج و در رابطه قرار داد و کامل" مشخص است که با کم شدن دمای تست،
فشار تست افزایش می یابد - ضمنا" باید در نظر داشت که $\frac{S_T}{S} < 6.5$ (بند 345.4.2)

② با استفاده از API 570 خواهیم داشت:

$$\text{Remaining Life (years)} = \frac{t_{actual} - t_{required}}{C.R}$$

- t_{actual}: عدد ضخامت بدست آمده
- $t_{required}$: حداقل ضخامت (t)
- $C.R$: نرخ خوردگی سالانه

با فرض اینکه عدد ضخامت بدست آمده از رابطه فوق کمتر از 6.5^{mm} باشد خواهیم داشت:

$$\text{Remaining Lif} = \frac{6.5 - 2.64}{0.3} = 12.8 \text{ years}$$

از این عدد در تعداد دهانه بندی بازرسی دوره ای سیستم لوله کشی استفاده می شود.

(۱۰) مطالعه و آموزش کارشناسی جوشکاری، مواد و الکترودهای مصرفی جوش، بازرسی جوش و تستهای غیرمخرب (NOT) را برای دوستان و علاقه‌مندان صنعت لوله‌کشی پیشنهاد می‌کنم به جهت اینکه خودم هم در واحدهای مهندسی و طراحی و بازرسی (آمرکز فنی) بوده‌ام، فوق‌العاده مفید است. تمنا دارم نیز از آن جهت غفلت نشده باشد تا دوستانی که علاقه‌مند هستند استفاده کنند.

مطابق شکل Fig 328.4.2 شیار زنی یا گوژبر در لوله‌های با جدار ضخیم در محدوده فاصله ۶ تا ۲۲ میلی‌متر انجام می‌گردد. علت آن نیز فاصله ۱.۵ میلی‌متری پشت جوش (Root Pass) جهت استفاده از الکترودهای با قطر پایین و آمپر کم جوشکاری به جهت تولید منطقه H.A.Z کمتر و نفوذ بالاتر می‌باشد.

بصورت تجربی هر ۳ تا ۵ میلی‌متر یک پاس جوش حساب می‌شود که البته با رابطه زیر نیز می‌توان بصورت تقریبی حساب کرد:

$$n = \frac{Thickness}{g+1}$$

- Thickness : ضخامت لوله
- g : قطر مغزی الکترود
- n : تعداد پاس تقریبی

برای جوشکاری پاس ریشه معمولاً از الکترودهای سلولزی مانند E6010 و E7010 استفاده می‌گردد. البته نظر شخصی خودم استفاده از روش جوشکاری آرگون (GTAW) در پاس ریشه جهت سرویس ترس و تولید جوش باکیفیت می‌باشد.

پاس بعدی را متداولاً با الکترودهای قلیایی یا کم هیدروژن مانند E7018 زده تا جوش کامل گردد و مقدار آمپر را بصورت حدودی ۳۰ تا ۴۰ آمپر به ازای هر یک میلی‌متر مغزی الکترود در نظر می‌گیرند.

برای استخراج حداقل دمای پیش گرمایش (Min. Preheat Temperature) به جدول Table 330.1.1 از ASME B31.3 مراجعه نموده و با توجه به P.No 1 در ردیف لعل جدول و ضخامت کمتر از 25 mm به دمای 10°C می رسیم ، یا به عبارت دیگر در شروع جوشکاری دمای فلز پایه (لوله و اتصالات و...) نباید کمتر از 10°C باشد .

برای استخراج شرایط عملیات حرارتی پس گرمایش (Post Weld Heat Treatment) به جدول Table 331.1.1 از ASME B31.3 مراجعه نموده و با توجه به P.No 1 در ردیف لعل و ضخامت کمتر از 25 mm مشاهده می کنیم که در قسمت Metal Temp. Range هیچ الزامی درج نشده است (None) .

لازم به ذکر است که مواد فوق این پروژه براساس ASME B31.3 - 2012 انجام شده است.

توضیح نهایی : با تشکر از صبر و حوصله شما عزیزان - لطفاً نظرات پیشنهادات و انتقادات خود را اعلام دارید تا مد نظر قرار گیرد - ضمناً دوستانی که مایل به تمرین (Practice) هستند می توانند بصورت خصوصی اعلام دارند تا مسائل جدیدی ارسال شده و پاسخ ها بررسی شوند .

با تشکر - سجودی