سمینار آموزش کد پایپینگ ASME B31.3- گروه مهندسین پایپینگ تلگرام.

این مطلب به طور تفکیکی در روبات نفت و گاز تلگرام به آدرس زیر موجود است:

https://telegram.me/IranPipingBot

مهندس مهدی اروجلو

بنام خدا.

با سلام خدمت دوستان محترم. امشب در خدمت عزیزان هستم با بحث و بررسی کد ASME B31.3 Edition 2014 که فکر می کنم ۴ الی ۵ جلسه طول خواهد کشید. امیدوارم که با همراهی و هم اندیشی دوستان محترم بتونیم نتیجه خوبی بگیریم.

ابتدا خودم رو معرفی کنم: مهدی اروجلو هستم، کارشناس پایپینگ با ۱۵ سال سابقه کار.

جلسه اول: آشنایی عمومی با کد

کد ASME B31.3 از زیر مجموعه کدها و استانداردهای ASME می باشد که شامل الزامات اجباری و راهنمیایی هایی جهت طراحی، متریال، ساخت و تست لوله های تحت فشار دارد. این کد هر دو سال یکبار چاپ جدید به همراه تغییرات جدید بیرون داده می شود و ۶ ماه پس از تاریخ انتشار قابل استناد می باشد. اگرچه برای قراردادهایی که قبل از تاریخ انتشار نسخه جدید بسته می شوند، نسخه قدیمی تر از شروع قرارداد تا انتهای راه اندازی می بایستی مورد استفاده قرار گیرد.

امکان دارد که بین هر دو سال انتشار کد تغییراتی در کد مورد نیاز به اعمال کردن باشد که کمیته ASME B31.3 با انتشار Code cases این تغییرات را به اطلاع می رساند و در اولین چاپ این تغییرات در کد اعمال خواهند شد. از تاریخی این code caseها منتشر می شوند، جزء الزامات کد هستند و می بایستی رعایت شوند.

همچنین کد به صورت منظم سوالهایی که از کمیته این کد پرسیده را به همراه پاسخ به صورت تفاسیر کد (Code Interpretation) منتشر می کند. برای دسترسی به روز این تفاسیر می توان از لینک زیر استفاده کرد: توجه داشته باشید این تفاسیر جهت راهنمایی می باشد و اجباری نیستند.

https://cstools.asme.org/Interpretation/SearchInterpretation.cfm

همچنین ممکن است کد و یا هر استاندارد دیگه، ادیشنی را با عنوان Errata چاپ کنند که صرفا اشباهات املایی و گرامری در اون اصلاح شده و تفاوتی با ادیشن قبلی نخواهد داشت.

کد شامل ۱۰ فصل و ۱۸ ضمیمه می باشد.

شش فصل اول کد به عنوان پایه کد (Base Code) نامیده می شود که الزامات عمومی برای سیستم سیالات کتگوری D و Normal را مشخص کرده اند.

فصل اول: محدوده کاری کد و تعاریف

فصل دوم: الزامات مورد نیاز در طراحی که شامل ۶ بخش میباشد:

بخش اول: شرایط و ضوابط

بخش دوم: طراحی فشاری اقلام پایپینگ

بخش سوم: نیازمندیهای مورد اعمال در اقلام پایپینگ بر اساس سرویس سیال (Fluid service)

بخش چهارم: نیازمندیهای مورد اعمال در جوینتها و اتصالات پایپینگ بر اساس سرویس سیال (Fluid service)

بخش پنجم: الزامات آنالیز تنش و ساپورت

بخش ششم: سیستمها.

فصل سوم: الزامات کد برای متریال

فصل چهارم: استانداردهای مورد قبول کد برای اقلام پایپینگ

فصل پنجم: الزامات کد جهت ساخت، نصب و آماده سازی

فصل ششم: الزامات کد جهت بازرسی و تست

فصل هفتم در مورد لوله های با متریال غیرفلزی و همچنین شرایط Lining لوله های فلزی با متریال غیرفلزی می باشد که در این دوره مورد بررسی قرار نمی گیرند.

فصل هشتم الزامات مورد نیاز و مشخصات سرویس سیال کتگوری M را بیان کرده است.

فصل نهم در مورد الزامات مورد نیاز و مشخصات سرویس سیال فشار بالا High pressure Piping صحبت کرده است.

فصل دهم در سرویس سیال با خلوص بالا High Purity Piping صحبت کرده که با توجه به عدم استفاده آن در پروژه های نفت و گاز در این دوره بررسی نمی شوند.

ضمایم کد:

۱۸ ضمیمه کد (با توجه به عکس زیر) که تعدادی از آنها به عنوان الزامات کد هستند و می بایستی رعایت شوند و بقیه یعنوان گایدلاین، توصیه و یا مشخصات می باشند. در ادامه به فراخور استفاده هر کدام از این ضمایم بررسی می شوند.

Table 300.4 Status of Appendices in B31.3

Appendix	Title	Status
A	Allowable Stresses and Quality Factors for Metallic Piping and Bolting Materials	Requirements
B	Stress Tables and Allowable Pressure Tables for Nonmetals	Requirements
C	Physical Properties of Piping Materials	Requirements (1)
D	Flexibility and Stress Intensification Factors	Requirements (1)
E	Reference Standards	Requirements
F	Precautionary Considerations	Guidance (2)
G	Safeguarding	Guidance (2)
H	Sample Calculations for Branch Reinforcement	Guidance
J	Nomenclature	Information
K	Allowable Stresses for High Pressure Piping	Requirements (3)
L	Aluminum Alloy Pipe Flanges	Specification (4)
M	Guide to Classifying Fluid Services	Guidance (2)
N	Application of ASME B31.3 Internationally	Guidance (2)
Q	Quality System Program	Guidance (2)
S	Piping System Stress Analysis Examples	Guidance (2)
V	Allowable Variations in Elevated Temperature Service	Guidance (2)
X	Metallic Bellows Expansion Joints	Requirements
Z	Preparation of Technical Inquiries	Requirements (5)

NOTES:
(1) Contains default requirements, to be used unless more directly applicable data are available.
(2) Contains no requirements but Code user is responsible for considering applicable items.
(3) Contains requirements applicable only when use of Chapter IX is specified.
(4) Contains pressure-temperature ratings, materials, dimensions, and markings of forged aluminum alloy flanges.
(5) Contains administrative requirements.

نکته: پاراگرافها در کد B31.3 با عدد ۳۰۰ معین شده اند و سری های ۳۰۰ مختص این کد می باشند. نامگذاری پاراگرافها در قسمت پایه کد در فصول بعدی با اضافه کردن پیشوندهایی مشخص می شوند، این امر باعث می شه به راحتی برای ۴ فصل آخر مرجع متناظر را در قسمت پایه کد پیدا کرد. بطور مثال فصل ۸ با پیشوند M و فصل نهم با پیشوند K. الزامات تست که در قسمت پایه بخش ۳۴۵ آورده شده، در فصل هشتم با M345 و فصل نهم

با K345. بهمین صورت سریهای ۱۰۰ مربوطه به B31.1، سریهای ۴۰۰ مربوطه به B31.4 و سریهای ۸۰۰ مربوطه به B31.8

قابل ذکر هست که خیلی از الزامات چهار فصل آخر مشابه قسمت پایه کد می باشد و الزامات مشابه را کد فقط رفرنس داده.

در آخر فهرست آخرین تغییرات اعمال شده با ذکر صفحه و شماره بخش مربوطه در ابتدای کد و بعنوان Summary of Changes آورده شده.

مسئولیت ها:

کارفرما (Owner): تحقق الزامات کد برای طراحی، ساخت، بازرسی و تست و همچنین انتخاب سیستم پایپینگ مناسب برای سرویس سیال خاص.

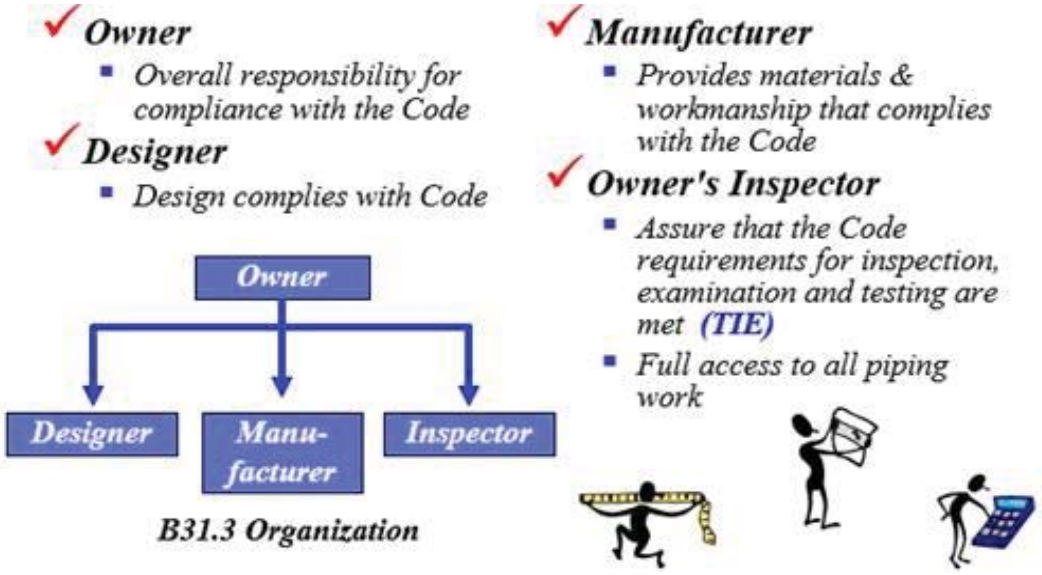
طراح: (شرکت طراحی) تضمین همخوانی طراحی مهندسی پایپینگ با الزامات کد وهمچنین الزامات مقرر شده از سوی کارفرما که بصورت Specification می باشد. جهت جلوگیری از هر گونه شبه ای Code B31.3 در پاراگراف ۳۰۱,۱ تعریف طراح (Designer) را مشخص کرده که تعدادی از آنها در زیر لیست شده اند:

- ۴ سال تحصیل رشته مهندسی مرتبط + ۵ سال سابقه کار بدون وقفه و مداوم باکد،
- ۲ سال تحصیل رشته مهندسی مرتبط + ۱۰ سال سابقه کار بدون وقفه و مداوم باکد،
- ۱۵ سال سابقه کار بدون وقفه و مداوم باکد،

نکته: البته الزامات کارفرما هیچ وقت مغایر با نیازهای کد نمی باشد، کارفرما علاوه بر الزامات کد موارد سختگیرانه تری از کد آن را در(بعضی موارد) می خواهد. بطورمثال بندهای 345.2.3 و ۳۴۵,۹ شرطهای کد در مورد سرجوشهایی است که امکان هیدروتست روی اونها وجود ندارد و در خیلی از پروژه ها بدون هیچ اختلافی بین کارفرما و طراح، جوشهای Closure Weld یا گولدن جوینت را بدون انجام هیدروتست، فقط تستهای NDT انجام می دهند. اما در مدارک شرکت پتروناس کلیه سرجوشها (حتی جوشهای field و Closure) می بایستی هیدورتست شوند و استثنایی مورد قبول نمی باشد (مگر در موارد خیلی خاص و بعد از بررسی و تهیه و تایید فرمهای مدیریت تغییر MOC).

تولید کننده، سازنده و نصب کننده: مسئول تامین مواد مصرفی، اقلام و محصولات مطابق با کد و طراحی مهندسی.

بازرس کارفرما: مسئولیت (در قبال کارفرما) تضمین برآورده شدن الزامات کد در مورد بازرسی، معاینه و تست را بر عهده دارد. همچنین اجرای سیستم کیفیت مشخص شده از طرف کارفرما.



اما اهداف کد چیست و کلا استفاده کننده از اون چه چیزهایی را باید در نظر بگیرد؟

- هدف اصلی از ارایه کد برای طراحی و اجرای ایمن سیستم پایپینگ می باشد. کد B31.3، هندبوک طراحی پایپینگ نیست؛ برای طراحی پایپینگ می بایستی به Design practiceها و هندبوکهای مربوطه مراجعه کرد.

- مهمترین الزامات کد شامل موارد زیر است:

(الف) ارجاع به اسپکهای مواد و استاندارد اقلام پایپینگ مورد تایید این کد که شامل استانداردهای اندازه و ریتینگهای دما و فشار می باشند. همچنین ارایه الزاماتی برای اقلامی که در لیست استانداردهای مورد تایید نیستند جهت استفاده آنها.

(ب) الزامات مورد نیاز برای طراحی اقلام پایپینگ، ساپورتها و مونتاژ آنها

(ج) الزامات آنالیز تنش و بارگذاریها

(د) راهنمایی در انتخاب و استفاده از مواد، اقلام پایپینگ و جوینتها (اتصالات)

(ه) الزامات ساخت، مونتاژ، و نصب

(و) الزامات معاینه، بازرسی و تست

نکته: مواردی که در این کد می باشند می توانند با بحث و بررسی بین طراح و کارفرما تصمیم گیری و تجدیدنظر شوند.

- این کد دربرگیرنده موارد مربوطه به بهره برداری، معاینه ، بازرسی، تست، نگهداری یا تعمیر پایپینگ موجود و در حال کار نیست. البته در موارد خاص امکانپذیر می باشد.

- سازگاری متریال با سیالات مورد استفاده و اثرات ناشی از سیالات بر روی اونها در محدوده کاری این کد نمی باشد.

- طراح می بایستی همه شرایط احتمالی برای سرویسهای خاص مشخص کند. چنانچه اقداماتی فرای الزامات کد برای اون سرویس خاص نیاز باشد، طراح می بایستی اونها رو مشخص کنه، که چنانچه مورد تایید کمیته کد بودند، این کد انجام اون اقدامات تایید و عملی می کند. (بصورت انتشار Code case و (یا) اعمال در ادیشن بعدی کد)

- کد معمولا رویکرد مشخصی برای اکثر الزامات دارد. چنانچه طراح بخواهد شرایط کاملتر و یا سختگیرانه تری از الزامات کد را اعمال کند، میبایستی آزادی عمل برای این کار را داشته باشد و البته می بایستی جزئیات طراحی، ساخت، آزمایش و تست بهمراه محاسبات مربوطه را بصورت مدرک جهت تایید کارفرما تهیه کند.

نکته: کارفرما برای موارد اینچنینی پروسیجر مربوطه به خودش را دارد که بعنوان مدیریت تغییر MOC (Management of Change) مطرح می شود. مدرک محاسباتی تهیه شده توسط طراح بهمراه فرم MOC که کلیه موارد مانند ریسک، هزینه و ... در آن بررسی شده برای تایید به بخشهای مرتبط کارفرما داده می شود که پس از بررسی و تایید بعنوان یکی از الزامات کارفرما در اون پروژه در نظر گرفته می شود. قابل ذکر می باشد که مسئولیت تهیه فرم MOC و پیگیریها تا تایید نهایی بر عهده واحد پروژه کارفرما می باشد و این یک فرآیند داخلی کارفرما می باشد. طراح فقط نقش پشتیبانی مهندسی و اطلاعاتی در این زمینه دارد. در ادامه نمونه فرم MOC ارایه می شود.

PETRONAS	**PROJECT AND ENGINEERING DIVISION**	MOC No: _____
	MOC REQUEST FORM	Date: _____

PART 1: INITIATION OF CHANGE

Title			
Initiator		Position	
Supervisor		Position	
Date initiated			

Brief description of change (What?)

Reasons of need for change (Why?)

PART 2: DEFINE (MOC Initiator to fill up)

PETRONAS	**PROJECT AND ENGINEERING DIVISION** **MOC REQUEST FORM**	MOC No: _____ Date: _____

PROJECT STAGE

☐ FEL 2	☐ FEL 3	■ Detailed Design	■ Fabrication/ Construction	☐ Installation	☐ HUC	☐ Drilling	☐ Decommissioning

TYPES OF CHANGE

☐ **ENGINEERING**

- ☐ Equipment/Hardware
- ☐ Approved Design
- ☐ Chemical/Hazardous material

■ **DEVIATION FROM:**

- ■ PTS
- ☐ Other Adopted Code and Standard

☐ **PROCEDURAL**

- ☐ Contract Requirement
- ☐ CSP/FSP
- ☐ Approved Plans/ Procedures

☐ **ORGANISATION**

☐ Others, Please Specify:_____

Duration: ■ Permanent ☐ Temporary For temporary change, estimate completion date: ☐

Priority: ☐ Emergency ■ Urgent ☐ Normal

PART 3: RISK ASSESSMENT (MOC Initiator to fill up after been reviewed and discussed with PMT)

	Before change	After Change **without** Mitigation	After Change with Mitigation	Description of Change Impact
HSE	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM	
Quality	LOW	LOW	LOW	
Schedule	MEDIUM	LOW	LOW	

*see risk matrix

Mitigation Plan (E.g.: Risk assessment tool):

PART 4: MOC PLAN (MOC Initiator to fill up after been reviewed and discussed)

PETRONAS	**PROJECT AND ENGINEERING DIVISION** **MOC REQUEST FORM**	MOC No: _____ Date: _____

List of MOC actions:

NIL

Attached MOC Plan: ☐ YES ■ NO

Cost Associated with Change ☐ YES ■ NO

Value: **NIL**

PART 5: TECHNICAL APPROVAL (MOC Initiator to fill up and seek approval from respective AA through MOC Coordinator)

Approval of proposed change

	POSITION	REVIEW	APPROVE	DESIGNATION	NAME	SIGNATURE	DATE
1	INITIATOR						
2	IMMEDIATE SUPERVISOR (to define)	✓					
3	HSE TECHNICAL AUTHORITY	✓					
4	TECHNICAL AUTHORITY(specify discipline)	✓					
		✓					
		✓					
5	MOCC	✓					
6	Project Head	✓					
7	PROJECT MANAGER/ CSR (low to moderate)		✓				
8	GM (High & very high risk and deviation from PTS/CSP/FSP)		✓				

Note: Check budget & follow Governance Process should the change incur additional cost.

PETRONAS	**PROJECT AND ENGINEERING DIVISION**	MOC No: _____
	MOC REQUEST FORM	Date: _____

PART 6: IMPLEMENT CHANGE (MOC Coordinator to fill up)

Actual implementation start date: ☐ Actual completion date: ☐

Review and update documents to accommodate the change :

Document Title	Date Updated

PART 7: CLOSE OUT (MOC Coordinator to fill up)

Lessons learned

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Capture Lessons Learned in Project Lesson Learnt (PLL) ☐ YES ☐ NO

CHANGE DOCUMENTATION

Change registered into MOC Register ☐ YES ☐ NO

Verification of Completion and Documentation

Name: _____ Signature: _____ Date: _____

(MOC Coordinator)

یک نمونه عملی از یکی از پروژه هایی که کار کردم مربوطه به استفاده DEGV (Double Expanding Gate Valve) در خطوط لوله تاپ ساید سکو بود که بر اساس اسپک کارفرما می بایستی ولولهای نزدیک به پیگ لانچر و رسیور بصورت DBB (Doulbe Block and Bleed) باشند، اما با توجه به فضای کم و همچنین نگرانی از آسیب دیدن بال ولوها ناشی از ذرات جامد داخل خط پس از تایید MOC، از یک شیر DEGV استفاده شد.

محدوده کاری کد (۳۰۰,۱):

قوانین کد B31.3 معمولا شامل پالایشگاه های نفت؛ پلانتهای شیمیایی، داروسازی، نساجی، کاغذ سازی، پلانتها Cryogenic و پلانتهای فرآیندی مرتبط و پایانه های نفتی می شوند.

همچنین کد در برگیرنده کلیه سیالات شامل:

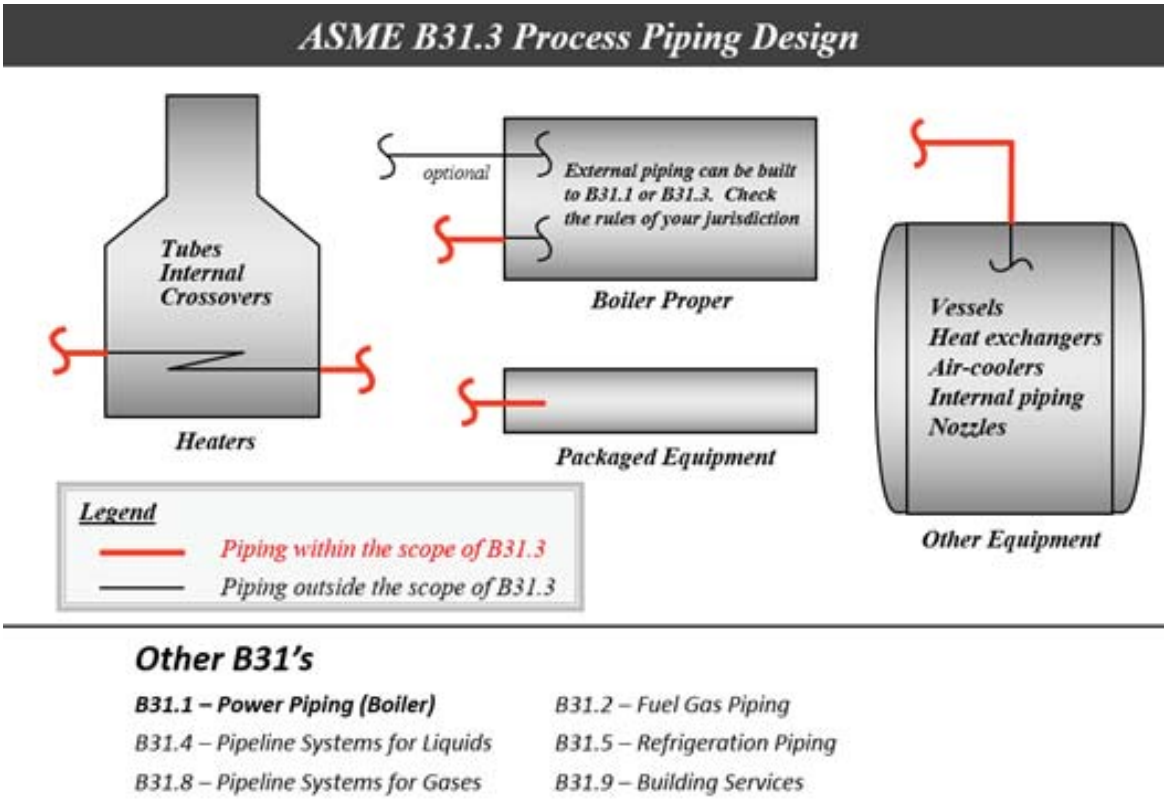
- فراورده های نفتی، مواد شیمیایی خام، نیمه فراوری شده و فراوری شده،
- گاز، بخار، هوا و آب
- مواد جامد دارای ویژگی سیالی fluidized solids
- سیالات refrigerants
- سیالات cryogenic
- پایپینگ داخل پکلیجها

استثنائات کد B1.3، موارد زیر شامل کد B31.3 نمی شوند:

- سیستم پایپینگ که بر اساس شرایط زیر طراحی شده باشد:
  - با فشار طراحی داخلی $0 < P < 150$ Kpa،
  - سیال nonflammable،
  - غیر سمی ،
  - غیر مضر برای سلامتی اشخاص
  - و همچنین دمای طراحی $-29°C < T < 186°C$

- بویلرها و پایپینگ اطراف بویلر (BEP: Boiler external Piping) که می بایستی بر اساس B31.1 باشند.
- تیوبها و منیفولدهای کوره ها.
- تجهیزات تحت فشار مانند مخارن تحت فشار، مبدلهای حرارتی، کمپرسورها، پمپ ها و پایپینگ داخلی آنها و اتصالات آنها به پایپینگ خارجی متصل (مانند نازلها).

در شکل زیر محدوده کاری کد B31.3 مشخص شده است. (شکل 300.1.1)



تعاریف:

برخی از عبارت های پر کاربرد در ادامه تعریف می شوند.

- ***assembly*** : اتصال اقلام پایپینگ توسط روشهایی جوشکاری، پیچ و مهره، لحیم کاری و سایر روشهایی که در کد اشاره شده اند.

- ***erection***: نصب کامل یک سیستم پایپینگ در موقعیت و روی تکیه گاه های طراحی که شامل سوار کردن در محل، ساخت، معاینه، بازرسی و تست سیستم مطابق با الزامات کد.

- ***fabrication***: آماده سازی پایپینگ برای سوار کردن، ساخت شامل برش کاری، رزوه کاری، شیارزنی، شکل دهی، خم کاری و اتصال اقلام و تهیه اسپولها برای نصب. می تواند در کارگاه یا درسایت انجام شود.

- ***flammable***: معرف سیالی است که در شرایط محیط یا شرایط عملکردی مورد انتظار به شکل بخار است یا بخاراتی تولید می کند که می تواند شعله ور شده و به سوختن در هوا ادامه دهد.

- ***listed :*** (فهرست شده) معرف متریال یا اقلامی است که با مشخصات موجود در پیوستهای A، B یا K باشند و یا بر اساس استاندارد جداول 326.1، A326.1 یا K326.1 باشند.

- ***May***: نشان دهنده موردی است جزء الزامات کد نیست و همچنین ممنوع هم نمی باشد.

- ***Shall***: عبارتی که نشان دهنده الزام آور و اجبارآور می باشد.

- ***should*** : عباریتی که که نشان می دهد کد توصیه بر رعایت اون مورد رو داره، ولی الزام و اجباری در اون مورد نداره. البته معمولا برای رعایت نکردن موارد اینچنینی می بایستی تاییدیه کارفرما را گرفت.

- ***piping system***: سیستم به هم پیوسته پایپینگ که شرایط طراحی یکسانی داشته با شند.

- ***severe cyclic condition*** شرایط متناوب شدید: شرایطی که اقلام پایپینگ یا جوینتهای خاص تحت تنش انبساط حرارتی (و جابه جایی) از ۸۰٪ مجاز انبساط (و جابه جایی)بیشتر باشد ((SE>0.8SA (302.3.5) و تعداد سیکلها از 7000بیشتر باشد؛ یا آنکه شرایط دیگری حاکم باشد که طراح تشخیص دهد که اثر مشابهی دارد.

- fluid service: سرویس سیال عبارتی است با توجه به مشخصات سیال، شرایط عملکرد و فاکتورهای دیگر پایه طراحی یک سیستم پایپینگ را مشخص می کند. کد شش کتگوری برای سرویس سیالها مشخص کرده که به شرح زیر هستند:

(الف) Category D Fluid Service : (سرویس سیال کتگوری D) سرویس سیالی که همه مشخصات زیر را داشته باشد:

- سیال غیر قابل آتش، غیر سمی و غیر قابل مضر برای بافتهای بدن انسان (به تعریف کد در مورد damaging to human tissues مراجعه شود)
- فشار طراحی از 10.35 barg بیشتر نشود.
- دمای طراحی کمتر از 186°C و بیشتر از 29°C− باشد.

(ب) Category M Fluid Service: (سرویس سیال کتگوری D) سرویس سیالی که هر دو موارد زیر را شامل باشد:

- سیال بسیار سمی که چانچه بعلت نشتی شخصی در معرض حتی مقدار کمی از آن باشد، هنگام تنفس یا تماس با آن سیال دچار صدمه و آسیب جبران ناپذیری می شود.

- با توجه به شرایط طراحی پایپینگ، تجربه، شرایط سرویس و موقعیت، کارفرما به این نتیجه می رسد که الزامات سرویس سیال نرمال نمی تواند شرایط بدون نشتی و همچنین محافظت پرسنل بهره برداری را ایجاد کند.

نکته: بررسی اینکه سیالی جزء کتگوری M میباشد بر اساس مدرک MSDS (Material Safety Datasheet) صورت می گیرد. همچنین کارفرما گایدلاینی برای این مورد تهیه می کند که معمولا برای پروژه های نفت و گازی سیالات ترش یکی از مواردی هست که امکان دارد سرویس سیال کتگوری M انتخاب شود. (همچنین مطابق ASME Sec.8 به این سرویس سیال Lethal هم گفته میشود).

(ج) Elevated Temperature Fluid Service: (سرویس سیال دما بالا) سرویس سیالی که دمای پایپینگ مساوی یا بالاتر از Tcr از جدول ۳۰۲,۳,۵ باشد. Tcr دمایی است که نرخ خزش یا تنش گسیختگی اثر قابل ملاحظه ای بر روی تنش مجاز داشته باشد. بطور مثال این دما برای کربن استیل 400°C، استینلس استیل510°C می باشد.

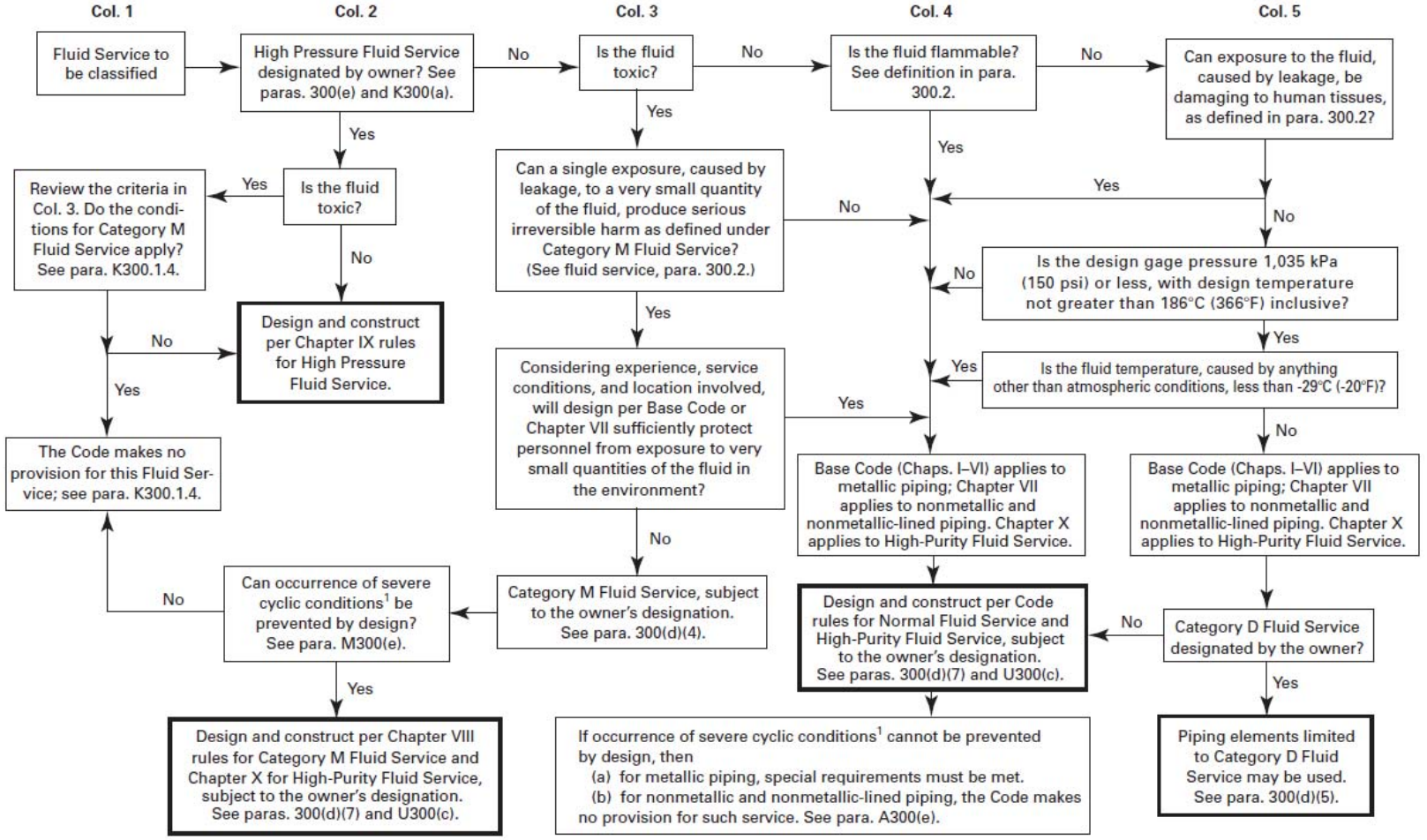
(د) High Pressure Fluid Service: (سرویس سیال فشار بالا) در سیستمهای فشار بالا وقتی کلاس فشار متناظر فشار از 2500LB بالاتر باشد که مشخصات آن در قصل نهم کد آورده شده است. انتخاب و یا عدم انتخاب سرویس سیال فشار بالا، می بایستی توسط کارفرما مشخص گردد. (برای راحتی کار این سرویس سیال را کتگوری K می نامیم).

(ه) High Purity Fluid Service: (سرویس سیال با خلوص بالا) سرویس سیالی که مستلزم روش هایی جایگزین برای ساخت، بازرسی، معاینه، و تست است که این روش ها مربوط به دیگر جاهای این شیوه نامه نیستند، و با هدف ایجاد سطح کنترل شده ای از پاکی برای سیستم های » با خلوص بالا « ایجاد شده اند .بنابراین اصطلاح لوله کشی تعریف شده برای اهداف دیگری همچون خلوص بالا، خلوص بسیار بالا، بهداشتی یا ضدعفونی شده به کار می رود.

(و) Normal Fluid Service:(سرویس سیال نرمال) سرویس سیالی که اکثر سیستمهای پایپینگ کد B31.3 را در بر می گیرد وبرای سیستمهایی که شامل سایر سرویس سیالها نمی شوند در نظر گرفته می شود. به بیان ساده تر این سرویس سیال بعنوان سرویس سیال پیش گزیده می باشد مگر اینکه واحد فرآیند یکی از سرویس سیالهای بالا را مشخص کند. (برای راحتی کار این سرویس سیال را کتگوری N می نامیم)

برای شناخت بهتر سرویس سیالها به پیوست M و شکل M300 کد مراجعه فرمایید (شکل زیر)

Fig. M300 Guide to Classifying Fluid Services



GENERAL NOTES:

(a) See paras. 300(b)(1), 300(d)(4) and (5), and 300(e) for decisions the owner must make. Other decisions are the designer's responsibility; see para. 300(b)(2).

(b) The term "fluid service" is defined in para. 300.2.

NOTE:

(1) Severe cyclic conditions are defined in para. 300.2. Requirements are found in Chapter II, Parts 3 and 4, and in paras. 323.4.2 and 241.4.3.

#Case_Study_1:

لطفا با توجه به توضیحات داده شده، برای سیستمهای زیر سرویس سیال (fluid service) مناسب انتخاب کنید.

ASME B31.3 FLUID SERVICE WORKSHOP For the fluid services described, what B31.3 fluid service definition is most nearly applicable?	
Fluid Service	**B31.3 Fluid Service**
Steam condensate piping NPS ½ - 8. Downstream of an atmospheric flash tank, so maximum temperature is 212°F (100°C). Maximum pressure is 90 psig (6 bar).	
Dry chlorine liquid, NPS ¾ - 4. Chlorine rail car to vaporizer. Relief pressure is 710 psig (49 bar) and temperatures range from -29°F to 140°F (-34°C to 60°C). Some studies indicate that there may be some human fatalities resulting from a 30-min exposure to 50 ppm and higher concentrations.	
96% sulfuric acid, NPS ¾ - 4. Type 316 stainless steel is required for line velocities greater than 3 ft/sec (1 m/sec), otherwise carbon steel is acceptable. Fluoropolymer lined steel is acceptable. Temperature is ambient, maximum pressure is 120 psig (8 bar).	
Gasoline, NPS ½ - 8. Temperature is ambient, max. pressure is 60 psig (4 bar).	
650 psig (45 bar) steam superheated to 735°F (390°C), NPS ¾ - 16. Relief pressure is 725 psig (50 bar).	
Therminol 66 heat transfer oil, NPS ¾ - 6. Max. temperature is 560°F (295°C), max. pressure is 120 psig (8 bar).	
Styrene monomer, NPS ¾ - 12. Ambient temperature, max. pressure is 105 psig (7 bar). Flammable. Polymerizes when left stagnant at ambient temperature for long periods of time.	
Lime/water slurry, NPS ¾ to 4. Ambient temperature, maximum pressure is 140 psig (9.5 bar).	

همانطور که قبلا هم اشاره شد فصل دوم کد B31.3 الزامات کد در طراحی را شامل می شود که شامل بخشهای زیر می باشد:

بخش اول: شرایط و ضوابط موثر در طراحی پایپینگ

بخش دوم: طراحی فشاری اقلام پایپینگ

بخش سوم: الزامات کد در مورد اقلام پایپینگ بر اساس سرویس سیال (Fluid service)

بخش چهارم: الزامات کد در مورد جوینتها و اتصالات پایپینگ بر اساس سرویس سیال (Fluid service)

بخش پنجم: الزامات آنالیز تنش و ساپورت

بخش ششم: سیستمها.

بخش اول: شرایط و ضوابط موثر در طراحی پایپینگ

در این بخش عوامل موثر بر طراحی پایپینگ شامل فشار/دمای طراحی و همچنین نیروهای وارد شده به سیستم پایپینگ بهمراه الزامات کد بررسی می شه.

- فشار و دمای طراحی (۳۰۱,۲ و ۳۰۱,۳):

انتخاب دما و فشار طراحی برای اقلام پایپینگ در یک سیستم بر اساس سختگیرانه ترین (بدترین) شرایطی صورت می گیرد برای بالاترین فشار (داخلی یا خارجی) بهمراه دمای متناظر آن و یا بالاترین دما بهمراه فشار متناظر آن وجود دارد.

منظور از سختگیرانه ترین (بدترین) شرایط، شرایطی است که باعث می شود بیشترین ضخامت یا ریتینگ مربوطه به کلاس خط و یا ریتینگ اقلام دیگر را داشته باشیم.

نکته: منظور از شرایط طراحی این نیست که بالاترین فشار و بالاترین فشار دما را بعنوان شرایط طراحی در نظر بگیریم، مگر اینکه این دو با هم اتفاق بیافتند.

مثال: اگر در سیستمی شرایط فشار و دما به صورت زیر باشد:

P1=45 Barg, T1= 85°C; P2=10 Barg, T2=250°C

هیچ وقت دما و فشار طراحی را P1 و T2 انتخاب نمی کنند، همانطور که گفته شد باید ببینیم کدوم ترکیب فشار و دما بیشترین ضخامت لوله یا ریتینگ را دارد، اون شرایط را عنوان دما و فشار طراحی مشخص می کنیم.

وقتی در یک سیستم چندین شرایط طراحی داشته باشیم، ممکن است شرایط طراحی که بر اساس آن ریتینگ (کلاس فشار) اقلام را محاسبه می کنیم با شرایطی ضخامت لوله را محاسبه می کنیم فرق کند.

نکته: کد B3.3 برای طراحی اقلام پایپینگ معمولا بیشتر بر فشار طراحی تاکید دارد.

فشار طراحی:

برای انتخاب فشار طراحی می بایستی همه احتمالات بررسی شوند که بطور مثال می توان به شرایط محیطی، بهره برداری نامناسب، هد استاتیکی، Surge، از کار افتادن تجهیزات کنترل فشار مانند شیرهای اطمینان و یا کنترلی اشاره کرد.

نکته: اصولا شیرهای اطمینان برای محافظت سیستم پایپینگ (و یا مخزن) از overpressure شدن میباشد. معمولا بالاترین فشار اسیستم پایپینگ برابر فشار سیستم در حالت از کارافتادگی شیر اطمینان می باشد. بطور مثال در پمپ ها که فشار طراحی را فشار Shut-off پمپ در نظر می گیرند. البته همه این موارد توسط واحد فرآیند مشخص می شوند و در جلسه HAZOP بررسی می شوند.

البته معمولا در پایپینگ برای طراحی کامپوننتهای سیستم پایپینگ (نه برای آنالیز تنش) از فشارها و دماهای داده شده در جداول استاندارد B16.5 استفاده می شه. بهتر توضیح بدم دما و فشار طراحی کامپوننتهای پایپینگ بر اساس دیتاهای استاندارد B16.5 انتخاب می شود. همچنین فشار و دمای طراحی فرآیندی داریم که واحد فرآیند مشخص می کنه. در بخش بعدی که به طراحی کامپوننتها می پردازیم بیشتر به مورد می پردازیم.

دمای طراحی:

در انتخاب دمای طراحی موارد زیادی دخیل هستند و باید مورد توجه قرار گیرند مانند دمای سیال، دمای محیط، تشعشع خورشید،...

دمای سطح لوله می بایستی بعنوان دمای طراحی در نظر گرفته بشه و ضرورتا دمای سیال بعنوان دمای طراحی انتخاب نمی شود و می بایستی عوامل بالا بهمراه heat tracing مورد توجه قرار گیرند.

دمای طراحی لوله های عایق شده: برای لوله های عایق شده دمای سیال را بعنوان دمای طراحی می گیرند مگر اینکه عوامل دیگری مانند heat tracing یا Jacketing داشته باشیم.

دمای طراحی لوله های بدون عایق: برای لوله های بدون عایق اگر دمای سیال زیر 65°C می باشد، دمای سیال بعنوان دمای طراحی می باشد مگر اینکه تشعشع خورشیدی باعث ایجاد دمای بالاتر شود که در این حالت دمای طراحی رو 65°C در نظر می گیرند.

توجه: البته دمای ناشی از تشعشع خورشید (Sunshine) بستگی به محل پروژه دارد، در پروژه های جنوب ایران معمولا 80°C در نظر می گیرند.

چنانچه در لوله های بدون عایق دمای سیال 65°C و بالاتر باشد، کد این اجازه را می دهد که اثرات خنک شدن محیطی در نظر گرفته شود (مطابق شکل زیر)

Assumed Metal Temperature	Component
95% of fluid temperature	Components having a wall thickness comparable to pipe, such as valves, pipe, lapped ends, and welding fittings
90% of fluid temperature	Flanges (except lap joint), including those that are on fittings and valves
85% of fluid temperature	Lap joint flanges
80% of fluid temperature	Bolting

در مورد دمای حداقل طراحی که کمترین دمایی است که در یک سیستم پایپینگ داریم، می بایستی توجه ویژه ای کرد. در قسمت متریال به اون خواهیم پرداخت.

حدود مورد اجازه کد برای تغییرات فشار و دما (۳۰۲,۲,۴):

بند ۳۰۲,۲,۴ الزامات کد بر روی تغییرات فشار و دما مشخص شده است. همانطور که در بندهای ۳۰۱,۳ و ۳۰۱,۲ بررسی شد می بایستی سختگیرانه ترین شرایط را برای دما و فشار طراحی در نظر گرفت و بدین منظور تغییرات ناخواسته (بالاتر رفتن از شرایط طراحی) یا گاهگاهی (Occasional) که در یک سیستم پایپینگ اتفاق می افتد را در طراحی لحاظ کرد مگر اینکه شرایط زیر را داشته باشیم (بعبارت دیگر افزایش دما و فشار بالاتر از شرایط طراحی در یک دوره زمانی کوتاه مطابق الزامات کد مجاز می باشد اگر شرایط زیر را داشته باشیم):

۱- سیستم پایپینگ شامل کامپوننتهای چدنی نباشد.
۲- تنش Hoop (بدون در نظر گرفتن افزودنی ها Allowance در ضخامت لوله) بایستی از تنش تسلیم Yield stress کمتر باشد.
۳- مجموع تعداد تغییرات فشار (بالاتر از فشار طراحی) کمتر از ۱۰۰۰ بار (طی مدت عمر اون سیستم) باشد.
۴- فشار ماکزیمم می بایستی کمتر از فشار تست سیستم (بند ۳۴۵) پایپینگ باشد (فشار هیدروتست و یا نیوماتیک تست).
۵- مجموع تنش های طولی Longitudinal از مقدار تنش های بند 302.3.6 کمتر باشد.
۶- ماکزیمم تغییرات گاهگاهی بالاتر از شرایط طراحی میبایستی در محدوده شرایط زیر در نظر گرفته شود:
- **در صورت تایید کارفرما،** می تواند از فشار ریتینگ یا تنش مجاز (و دمای متناظر) بالاتر باشد، اما با توجه به محدودیتهای زیر:

  ۳۳٪ وقتی ۱۰ساعت برای هر دفعه و کمتر از ۱۰۰ساعت در سال

  ۲۰٪ وقتی ۵۰ساعت هر دفعه و ۵۰۰ ساعت در سال.

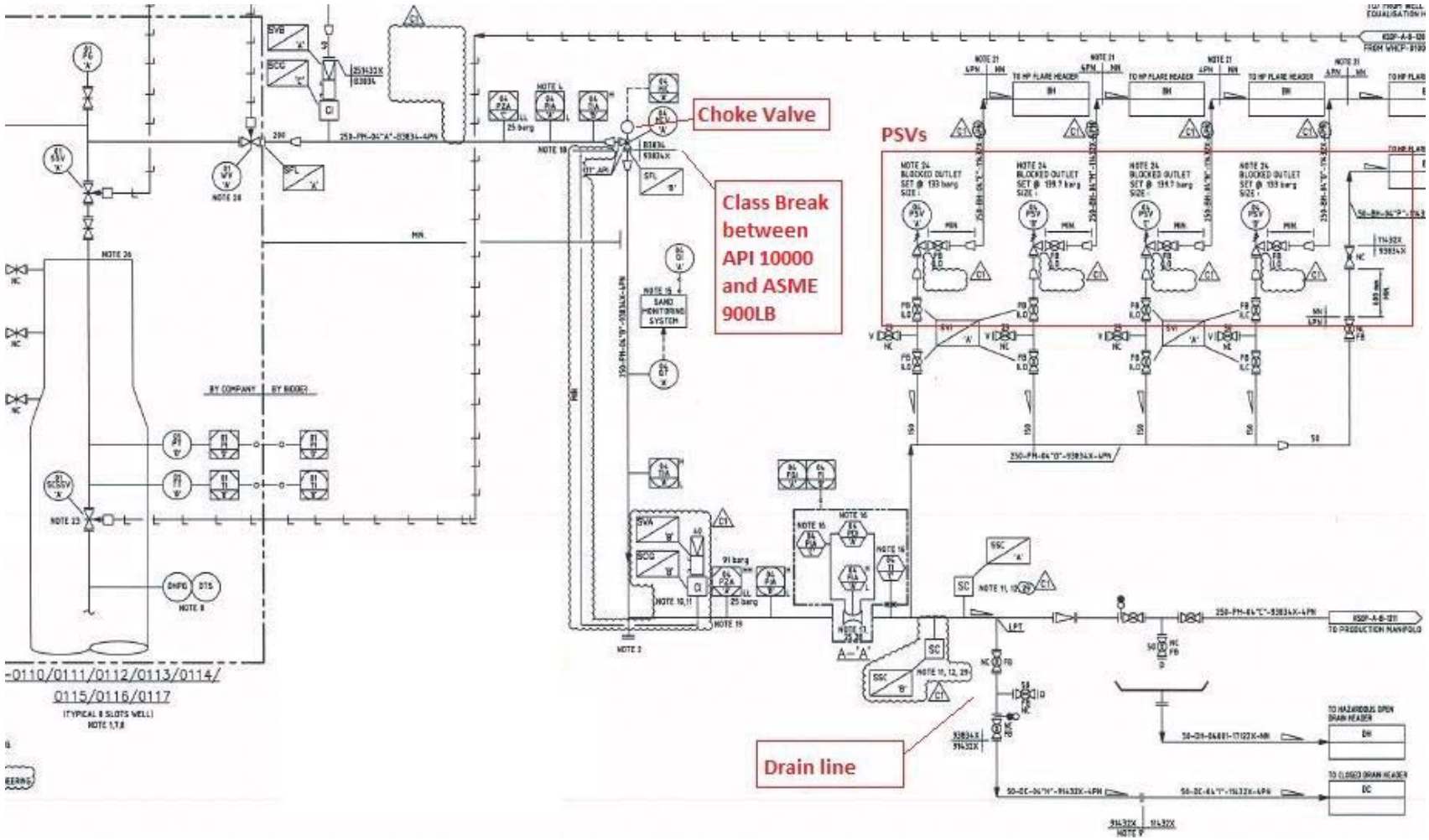
- اگر در سیستم پایپینگ شیر اطمینان (و یا شیر کنترل کننده فشار) داشته باشیم، این تغییرات گاهگاهی می تواند از فشار ریتینگ یا تنش مجاز ۲۰٪ بالاتر رود با این شرط مدت این افزایش ۵۰ساعت در هر دفعه و کمتر از ۵۰۰ساعت در سال باشد.

۷- تغییرات دمایی کمتر از دمای مینیمم مشخص شده در پیوست A نمی بایستی کمتر باشد مگر اینکه مطابق با الزامات پاراگراف ۳۲۳,۲,۲ باشد.

نکته: موارد بالا فقط و فقط قابل اعمال در طراحی فشاری کامپوننتهای پایپینگ است و در مورد تنش های sustained، Occasional و thermal expansion این تغییرات قابل استفاده و مجاز نیستند.

نکته: وقتی در یک سیستم پایپینگ از شیرهای اطمینان جهت محافظت در برابر ازدیاد فشار استفاده نشه، این سیستم اصطلاحا fully rated طراحی می شه. بعنوان مثال در شکل زیر سیستم تجهیزات سر چاهی رو نشون می ده، چوک ولو Choke valve جهت تنظیم فشار پایه استفاده می شه و بالطبع پایین دست چوک ولو فشار کمتری داریم. اما همانطور که بالاتر توضیح داده شد با توجه به امکان از کار افتادن چوک ولو میباشد لذا فشار طراحی پایین دست اون هم مثل فشار بالا دست API 10000 psi باید گرفته شود گر (ولیر اطمینان استفاده نشود(و سیستم ما اصطلاحا fully rated میباشد. اما اگر شیرهای اطمینان استفاده شود، با توجه به محافظت این شیرها از ازدیاد فشار میتوان فشار طراحی پایین دست چوک ولو را کمتر در نظر گرفت (rating 900LB). که در این صورت سیستم پایپینگ De-rated شده است.

طبق بند ۳۰۲,۲,۵ کد چنانچه دو سرویس با شرایط دما و فشار متفاوت بهم وصل می شوند (که معمولا این کار روی آخرین ولو صورت می گیرد) ولوی که در محل اتصال می باشد میبایستی از بیشترین ریتینگ بین این دو سیستم انتخاب شود. چنانچه در محل اتصال DBB (Double Block and Bleed) داشتیم هر دو ولوها میبایستی با ریتینگ بالاتر انتخاب شوند. (خطوط درین در عکس زیر)


Choke Valve
PSVs
Class Break between API 10000 and ASME 900LB
Drain line
-0110/0111/0112/0113/0114/
0115/0116/0117
(TYPICAL 8 SLOTS WELL)
NOTE 1,7,8
BY COMPANY
BY BIDDER
SAND MONITORING SYSTEM
TO HP FLARE HEADER
TO PRODUCTION MANIFOLD
TO HAZARDOUS OPEN DRAIN HEADER
TO CLOSED DRAIN HEADER

علاوه بر فشار و دما عوامل دیگری هم در طراحی و انتخاب شرایط طراحی موثر میباشند که در بندهای ۳۰۱,۴ تا ۳۰۱,۱۱ آورده شده اند. توضیح خلاصه ای در مورد تعدادی از این موارد در زیر داده می شود، مطالعه دقیقتر را به دوستان واگذار می کنم.

البته بر اساس شرایط پروژه ممکن است موارد بیشتری وجود داشته باشند که وظیفه طراح بررسی و اعمال آنها در طراحی می باشد:

- اثرات محیطی: (به طور مثال دمای) خیلی پایین و یخ زدگی می بایستی توجه ویژه ای مورد بر اثرات آن در شیرهای ابزار دقیق و پایپینگ آنها و همچنین در آنالیز تنش این خطوط کرد.

- اثرات دینامیکی: که شامل زلزله، باد، نیروهای ضربه ای (ناشی از ضربه قوچ، جریانات دو فازی، ...)، وایبریشن و نیروی اعمالی بر روی خطوط تخلیه شیرهای اطمینان می باشند. در مورد نیروهای دینامیکی می شه به blast load ناشی از انفجار، نیروهای دینامیکی در حمل و نقل سکوها و اسکیدهای بزرگ و همچنین اثرات وایبریشن در AIV (Acoustic induced vibration) اشاره کرد.

- نیروهای ناشی از وزن: بارهای مرده (شامل وزن لوله ها، کامپوننتهای نصب شده، عایق، ...) و بارهای زنده (وزن سیال انتقالی و یا سیال تست، یخ و برف و شرایط عملکردی (Operating))

- اثرات ناشی از انبساط و انقباض حرارتی و همچنین اثرات ساپورت ها.

نکته: کد B31.3 تعریف و ضوابط طراحی (Design Criteria) مشخصی برای نیروها و موارد بالا شخص نکرده است. در سوال زیر سعی می کنیم با هم نوع نیروهای گفته شده در پاراگراف های ۳۰۱,۴ تا ۳۰۱,۱۱ رو بررسی کنیم.

همچنین در پیوست F کد برای این پاراگراف یکسری اقدامات احتیاطی را مشخص کرده است . لطفا پاراگراف F301 را ملاحظه بفرمایید (عکس زیر). این پیوست جزء الزامات کد نمی باشد، ولی معمولا کارفرماها بخشی از آنها را داخل اسپک پروژه می آورند و طراح برای عدم رعایت انها می بایستی دلیل قانع کننده ای داشته باشه.

APPENDIX F
PRECAUTIONARY CONSIDERATIONS

F300 GENERAL

This Appendix provides guidance in the form of precautionary considerations relating to particular fluid services and piping applications. These are not Code requirements but should be taken into account as applicable in the engineering design. Further information on these subjects can be found in the literature.

F301 DESIGN CONDITIONS

Selection of pressures, temperatures, forces, and other conditions that may apply to the design of piping can be influenced by unusual requirements that should be considered when applicable. These include but are not limited to the following.

F301.4 Ambient Effects

Where fluids can be trapped (e.g., in double seated valves) and subjected to heating and consequent expansion, means of pressure relief should be considered to avoid excessive pressure buildup.

F301.5 Dynamic Effects

geysering: an effect that can occur in piping handling fluids at or near their boiling temperatures under conditions when rapid evolution of vapor within the piping causes rapid expulsion of liquid. In such cases, a pressure surge can be generated that may be destructive to the piping. (Geysering usually is associated with vertical pipelines but may occur in inclined lines under certain conditions.)

F301.7 Thermal Expansion and Contraction Effects

bowing during cooldown: an effect that can occur, usually in horizontal piping, on introduction of a fluid at or near its boiling temperature and at a flow rate that allows stratified two-phase flow, causing large circumferential temperature gradients and possibly unacceptable stresses at anchors, supports, guides, and within pipe walls. (Two-phase flow can also generate excessive pressure oscillations and surges that may damage the piping.)

F301.10 Cyclic Effects

F301.10.1 Pressure Cycling. The rules in para. K304.8 may be considered where fatigue due to pressure cycling is a concern.

F301.10.2 Thermal Fatigue at Mixing Points. Consideration should be given to the potential for thermal fatigue on surfaces exposed to the fluid when mixing fluids of different temperatures (e.g., cold droplets impinging on the pipe wall of a hot gas stream).

F301.11 Condensation Effects

Where there is a possibility of condensation occurring inside gaseous fluid piping, means should be considered to provide drainage from low areas to avoid damage from water hammer or corrosion.

F304 PRESSURE DESIGN

F304.7 Pressure Design of Other Metallic Components

F304.7.4 Expansion Joints. The following are specific considerations to be evaluated by the designer when specifying expansion joint requirements, in addition to the guidelines given in EJMA Standards:

(a) susceptibility to stress corrosion cracking of the materials of construction, considering specific alloy content, method of manufacture, and final heat treated condition.

(b) consideration of not only the properties of the flowing medium but also the environment external to the expansion joint and the possibility of condensation or ice formation due to the operation of the bellows at a reduced temperature.

(c) consideration of specifying a minimum bellows or ply thickness. The designer is cautioned that requiring excessive bellows thickness may reduce the fatigue life of the expansion joint and increase end reactions.

(d) accessibility of the expansion joint for maintenance and inspection.

(e) need for leak tightness criteria for mechanical seals on slip type joints.

(f) specification of installation procedures and shipping or preset bars so that the expansion joint will not be extended, compressed, or offset to compensate for improper alignment of piping, other than the intentional offset specified by the piping designer.

(g) need to request data from the expansion joint manufacturer, including

(1) effective thrust area

(2) lateral, axial, and rotational stiffness (spring constant)

#Case_Study_2:

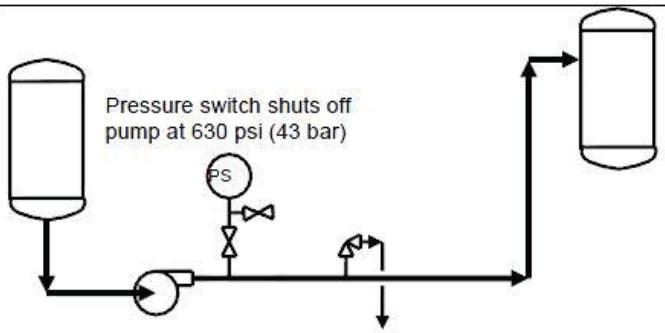
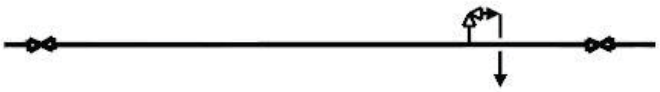
با توجه به نکته بالا برای بهتر شناختن اثر عوامل ذکر شده در بند ۳۰۱ کد و برای اینکه دوستانی که با این موارد آشنایی ندارند، در دو تا عکس زیر از شما خواسته شده که ضوابطی که فکر می کنید برای هر کدام از بندها مناسب هست را مشخص فرمایید. جوابیه آن بعد از اتمام بخش ۶ (آنالیز تنش) خدمت دوستان ارایه می کنم.

ASME B31.3 Load Requirements	Acceptance Criterion		
	Pressure Design	Sustained Load	Displacement Load
301.4.1 Cooling: Effects on Pressure. The cooling of a gas or vapor in a piping system may reduce the pressure sufficiently to create an internal vacuum. In such a case, the piping shall be capable of withstanding the external pressure at the lower temperature, or provision shall be made to break the vacuum.			
301.4.2 Fluid Expansion Effects. Provision shall be made in the design either to withstand or to relieve increased pressure caused by the heating of static fluid in a piping component. See also para. 322.6.3(b)(2).			
301.4.3 Atmospheric Icing. Where the design minimum temperature of a piping system is below 0°C (32°F), the possibility of moisture condensation and buildup of ice shall be considered and provisions made in the design to avoid resultant malfunctions. This applies to surfaces of moving parts of shutoff valves, control valves, pressure relief devices including discharge piping, and other components.			
301.4.4 Low Ambient Temperature. Consideration shall be given to low ambient temperature conditions for displacement stress analysis.			
301.5.1 Impact. Impact forces caused by external or internal conditions (including changes in flow rate, hydraulic shock, liquid or solid slugging, flashing, and geysering) shall be taken into account in the design of piping.			
301.5.2 Wind. The effect of wind loading shall be taken into account in the design of exposed piping. The method of analysis may be as described in ASCE 7, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.			
301.5.3 Earthquake. The effect of earthquake loading shall be taken into account in the design of piping. The method of analysis may be as described in ASCE 7.			
301.5.4 Vibration. Piping shall be designed, arranged, and supported so as to eliminate excessive and harmful effects of vibration which may arise from such sources as impact, pressure pulsation, turbulent flow vortices, resonance in compressors, and wind.			
301.5.5 Discharge Reactions. Piping shall be designed, arranged, and supported so as to withstand reaction forces due to let-down or discharge of fluids.			
301.6.1 Live Loads. These loads include the weight of the medium transported or the medium used for test. Snow and ice loads due to both environmental and operating conditions shall be considered.			
301.6.2 Dead Loads. These loads consist of the weight of piping components, insulation, and other superimposed permanent loads supported by the piping.			
301.7.1 Thermal Loads Due to Restraints. These loads consist of thrusts and moments which arise when free thermal expansion and contraction of the piping are prevented by restraints or anchors.			

ASME B31.3 Load Requirements	Acceptance Criterion		
	Pressure Design	Sustained Load	Displacement Load
301.7.2 Loads Due to Temperature Gradients. These loads arise from stresses in pipe walls resulting from large rapid temperature changes or from unequal temperature distribution as may result from a high heat flux through a comparatively thick pipe or stratified two phase flow causing bowing of the line.			
301.7.3 Loads Due to Differences in Expansion Characteristics. These loads result from differences in thermal expansion where materials with different thermal expansion coefficients are combined, as in bimetallic, lined, jacketed, or metallic–nonmetallic piping.			
301.8 Effects of Support, Anchor, and Terminal Movements. These movements may result from the flexibility and/or thermal expansion of equipment, supports, or anchors; and from settlement, tidal movements, or wind sway.			
301.9 Reduced Ductility Effects. The harmful effects of reduced ductility shall be taken into account in the design of piping. The effects may, for example, result from welding, heat treatment, forming, bending, or low operating temperatures, including the chilling effect of sudden loss of pressure on highly volatile fluids. Low ambient temperatures expected during operation shall be considered.			
301.10 Cyclic Effects. Fatigue due to pressure cycling, thermal cycling, and other cyclic loadings shall be considered in the design of piping.			
301.11 Air Condensation Effects. At operating temperatures below −191°C (−312°F) in ambient air, condensation and oxygen enrichment occur. These shall be considered in selecting materials, including insulation, and adequate shielding and/or disposal shall be provided.			

#Case_Study_3:

برای شناخت بهتر فشار و دمای طراحی مطابق توضیحات بالا مواردی که در شکل زیر خواسته شده را مشخص نمایید:

Problem 1: Ambient temperature styrene monomer is pumped from a holding tank to a reactor. The normal discharge pressure is 390 psi (27 bar), and the pressure switch shuts off the positive displacement pump when the pressure reaches 630 psi (43 bar). The material of construction for the line is carbon steel. The piping is capable of 740 psi (51.1 bar). ○ What should the design pressure be? ○ What should the design temperature be? ○ What should the relief valve setting be?	
Problem 2: If the line in problem 1 is steam cleaned with 50 psi (3.5 bar) steam superheated to 735°F (390°C) ○ What should the design pressure be? ○ What should the design temperature be? ○ What should the relief valve setting be?	
Problem 3: Styrene monomer at ambient temperature on outdoor pipe rack. The maximum operating pressure is 95 psig. The piping is capable of 275 psi (19.6 bar). ○ What should the design pressure be? ○ What should the design temperature be? ○ What should the relief valve setting be?	

حالا با داشتن شرایط طراحی یک سیستم پایپینگ می خواهیم کامپوننتها را طراحی کنیم، یکسری از کامپوننتها مثل فلنج که با ریتینگ مشخص می شوند و یکسری دیگر مانند لوله و فیتینگ ها با ضخامت. کد B31.3 سه روش را برای این کار مشخص کرده است:

نکته ۱: اصولا هر جا کلمه Listed را دیدید منظور اون پارامتر مطابق با استانداردهای مورد تایید می باشد و یا به عبارت دیگر مشخصات ریتینگ اون بر اساس استانداردهای جداول ۳۲۶,۱ برای کتگوری سیالهای D، N و M یا بر اساس استانداردهای جداول A326.1 برای متریال های غیر فلزی و یا اینکه بر اساس استانداردهای جداول K326.1 برای سیالهای فشار بالا می باشد. در مورد تنش مجاز متریالهای لیست شده (مورد تایید کد) می بایستی به Appendix A مراجعه کنید. حتما نوتهای داده شده زیر این جداول رو مطالعه بفرمایید.

نکته ۲: تغییر عمده این جدول در ادیشن ۲۰۱۴ اضافه کردن API 6D و ASME PTC 19.3 TW البته با شرایط گفته شده در نوتهای ۳ و ۷ میباشد.

- کامپوننتهایی که در لیست استانداردهای مورد تایید کد هستند و ریتینگ مشخص دارند (۳۰۲,۲,۱):

ریتینگهای دما و فشاری که در استانداردهای لیست شده (مورد تایید کد) می توانند برای فشار و دمای طراحی استفاده شوند (اگر در جای دیگه ای کد استثنا قایل نشده باشه) و نیازی به محاسبات طراحی فشاری ندارند. بطور مثال می شه به B16.5 برای فلنجهای تا ۲۴ اینچ و B16.47 برای فلنجهای ۲۴ اینچ به بالا اشاره کرد. کد این اجازه را به طراح می ده که پس از بررسی و تایید کارفرما از این ریتینگهای دما و فشاری بالاتر از شرایط استانداردهای لیست شده استفاده شوند.

- کامپوننتهایی که در لیست استانداردهای مورد تایید کد هستند و ریتینگ مشخص ندارند (۳۰۲,۲,۲): (زانویی، ردیوسر، سه راهی، ...)

شامل فیتینگهایی می باشد که ریتینگ دما -فشاری آنها متناسب با لوله بدون درز باشد (مانند استانداردهای B16.11 و B16.9). ریتینگ این فیتینگها میبایستی براساس مقادیر محاسبه شده برای لوله بدون درز با تنش مجاز یکسان با فیتینگ و ضخامت اسمی متناظر با ضخامت لوله یا کلاس تعریفی برای فیتینگها بدون افزودنی ها (مانند عمق رزوه، مقدار خوردگی) و تلرانس ساخت فیتینگها و لوله باشد.

نکته جهت بهتر مشخص شدن توضیحات کد: طبق استاندارد B16.9 فیتینگ می بایستی ریتینگ فشاری یکسان با لوله متصل داشته باشد، اما کد b31.3 با این خواست استاندارد رو ساده تر باهاش برخورد کرده و طبق الزام کد، فیتینگهایی با ریتینگ فشاری یکسان با لوله بدون درز مورد تایید هستند و ضخامت آنها می تواند بدون در

نظر گرفتن تلرانس ساخت و افزودنیهای دیگر باشد، یا بعبارت دیگر ضخامت فیتینگ می تواند با شرایط بالا کمتر از لوله بدون درز باشد. البته معمولا محاسبات ضخامت برای فیتینگها انجام نمی شود، ابتدا ضخامت لوله محاسبه می شود سپس ضخامت فیتینگ متصل به سادگی انتخاب می شود.

- کامپوننتهایی که در لیست استانداردهای مورد تایید کد نیستند (۳۰۲,۲,۳):

برای کامپوننتهایی که در جدول ۳۲۶,۱ لیست نشده اند، طراح می بایستی کارفرما را مجاب کند که ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی، روشهای ساخت و طراحی مناسب سرویس مورد استفاده میباشد. همچنین ریتینگهای دما-فشاری بر اساس الزامات پاراگراف ۳۰۴ این کد باشد.

Table 326.1 Component Standards

Standard or Specification	Designation
Bolting	
Square and Hex Bolts and Screws (Inch Series)	ASME B18.2.1
Square and Hex Nuts (Inch Series)	ASME B18.2.2
Metallic Fittings, Valves, and Flanges	
Gray Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings	ASME B16.1
Malleable Iron Threaded Fittings	ASME B16.3
Gray Iron Threaded Fittings	ASME B16.4
Pipe Flanges and Flanged Fittings	ASME B16.5
Factory-Made Wrought Steel Buttwelding Fittings	ASME B16.9
Face-to-Face and End-To-End Dimensions of Valves	ASME B16.10
Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded	ASME B16.11
Ferrous Pipe Plugs, Bushings, and Locknuts With Pipe Threads	ASME B16.14
Cast Bronze Threaded Fittings, Class 125 and 250 [Note (1)]	ASME B16.15
Cast Copper Alloy Solder Joint Pressure Fittings	ASME B16.18
Wrought Copper and Copper Alloy Solder Joint Pressure Fittings	ASME B16.22
Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings: Classes 150, 300, 600, 900, 1500, and 2500	ASME B16.24
Cast Copper Alloy Fittings for Flared Copper Tubes	ASME B16.26
Valves-Flanged, Threaded, and Welding End	ASME B16.34
Orifice Flanges, Class 300, 600, 900, 1500, and 2500	ASME B16.36
Malleable Iron Threaded Pipe Unions, Class 150, 250, and 300	ASME B16.39
Ductile Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings, Class 150 and 300	ASME B16.42
Large Diameter Steel Flanges, NPS 26 Through NPS 60	ASME B16.47
Steel Line Blanks	ASME B16.48
Brazing Joints for Copper and Copper Alloy Pressure Fittings	ASME B16.50
Bioprocessing Equipment [Note (2)]	ASME BPE
Pipeline Valves [Note (3)]	API 6D
Flanged Steel Pressure-Relief Valves	API 526
Check Valves: Flanged, Lug, Wafer and Butt-welding	API 594
Metal Plug Valves Flanged, Threaded, and Welding Ends	API 599
Bolted Bonnet Steel Gate Valves for Petroleum and Natural Gas Industries	API 600
Steel Gate, Globe, and Check Valves for Sizes DN 100 and Smaller for the Petroleum and Natural Gas Industries	API 602
Corrosion-Resistant, Bolted Bonnet Gate Valves Flanged and Butt-Welding Ends	API 603
Metal Ball Valves-Flanged, Threaded, and Welding End	API 608
Butterfly Valves: Double-flanged, Lug- and Wafer-type	API 609
Ductile-Iron and Gray-Iron Fittings, 3 Inch Through 48 Inch (75 mm Through 1200 mm), for Water and Other Liquids	AWWA C110
Flanged Ductile-Iron Pipe with Ductile-Iron or Gray-Iron Threaded Flanges	AWWA C115
Steel Pipe Flanges for Waterworks Service, Sizes 4 inch Through 144 inch (100 mm Through 3,600 mm)	AWWA C207
Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fittings	AWWA C208
Metal-Seated Gate Valves for Water Supply Service	AWWA C500
Rubber-Seated Butterfly Valves	AWWA C504
Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings	MSS SP-6
Spot Facing for Bronze, Iron and Steel Flanges	MSS SP-9
Standard Marking Systems for Valves, Fittings, Flanges, and Unions	MSS SP-25
Class 150 (PN 20) Corrosion Resistant Gate, Globe, Angle and Check Valves With Flanged and Butt Weld Ends	MSS SP-42
Wrought Stainless Steel Butt-Welding Fittings Including Reference to Other Corrosion Resistant Materials [Note (4)]	MSS SP-43
Steel Pipeline Flanges	MSS SP-44
Bypass and Drain Connections	MSS SP-45
Class 150LW Corrosion Resistant Flanges and Cast Flanged Fittings	MSS SP-51
High Pressure Chemical Industry Flanges and Threaded Stubs for Use with Lens Gaskets	MSS SP-65
Gray Iron Gate Valves, Flanged and Threaded Ends	MSS SP-70
Gray Iron Swing Check Valves, Flanged and Threaded Ends	MSS SP-71
Ball Valves With Flanged or Buttwelding Ends for General Service	MSS SP-72
Specifications for High Test Wrought Buttwelding Fittings	MSS SP-75
Gray Iron Plug Valves, Flanged and Threaded Ends	MSS SP-78
Socket-Welding Reducer Inserts	MSS SP-79
Bronze Gate, Globe, Angle and Check Valves	MSS SP-80

Table 326.1 Component Standards (Cont'd)

Standard or Specification	Designation
Metallic Fittings, Valves, and Flanges (Cont'd)	
Stainless Steel, Bonnetless, Flanged, Knife Gate Valves	MSS SP-81
Class 3000 Steel Pipe Unions, Socket-Welding and Threaded	MSS SP-83
Gray Iron Globe and Angle Valves, Flanged and Threaded Ends	MSS SP-85
Diaphragm Type Valves	MSS SP-88
Swage(d) Nipples and Bull Plugs	MSS SP-95
Integrally Reinforced Forged Branch Outlet Fittings — Socket Welding, Threaded, and Buttwelding Ends	MSS SP-97
Instrument Valves for Code Applications	MSS SP-105
Cast Copper Alloy Flanges and Flanged Fittings Class 125, 150, and 300	MSS SP-106
Factory-Made Wrought Belled End Socket Welding Fittings [Note (5)]	MSS SP-119
Refrigeration Tube Fittings — General Specifications	SAE J513
Hydraulic Tube Fittings	SAE J514
Hydraulic Flanged Tube, Pipe, and Hose Connections, Four-Bolt Split Flanged Type	SAE J518
Metallic Pipe and Tubes [Note (6)]	
Welded and Seamless Wrought Steel Pipe	ASME B36.10M
Stainless Steel Pipe	ASME B36.19M
Flanged Ductile-Iron Pipe with Ductile-Iron or Gray-Iron Threaded Flanges	AWWA C115
Thickness Design of Ductile-Iron Pipe	AWWA C150
Ductile-Iron Pipe, Centrifugally Cast, for Water	AWWA C151
Steel Water Pipe 6 inches (150 mm) and Larger	AWWA C200
Miscellaneous	
Unified Inch Screw Threads (UN and UNR Thread Form)	ASME B1.1
Pipe Threads, General Purpose (Inch)	ASME B1.20.1
Dryseal Pipe Threads (Inch)	ASME B1.20.3
Hose Coupling Screw Threads (Inch)	ASME B1.20.7
Metallic Gaskets for Pipe Flanges — Ring-Joint, Spiral Wound, and Jacketed	ASME B16.20
Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges	ASME B16.21
Buttwelding Ends	ASME B16.25
Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay)	ASME B46.1
Thermowells [Note (7)]	ASME PTC 19.3 TW
Specification for Threading, Gaging and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads	API 5B
Rubber Gasket Joints for Ductile-Iron Pressure Pipe and Fittings	AWWA C111
Grooved and Shouldered Joints [Note (8)]	AWWA C606
Flexible Metal Hose [Notes (9) and (10)]	BS 6501, Part 1
Pipe Hangers and Supports — Materials, Design, and Manufacture	MSS SP-58
Standard for Fire Hose Connections	NFPA 1963

مورد بعدی که به اون خواهیم پرداخت بحث تنش مجاز به همراه الزامات کد است. اما قبل از بررسی الزامات کد در مورد تنش ها بهتره توضیح مختصری برای تعدادی از اصطلاحات مرتبط داده بشه:

الاستیسیته (قابلیت ارتجاعی):

الاستیسیته مقداری که یک جسم الاستیک خم و یا کشیده می شود. ازدیاد طول جسم (تغییر طول نسبی) با نیروی وارد بر آن (تنش) نسبت مستقیم دارد که فقط در حدود مشخص از تنشها صادق است. بالاتر از این تنش نقطه ای وجود دارد که حد الاستیک موسوم است. اگر میزان بار از این نقطه تجاوز کند جسم به طور دائم تغییر

شکل می دهد. در حقیقت حتی بارهای کم نیز کاملاً اسلاستیک نیستند لذا بایستی از یک روش دلخواه برای تعیین حد الاستیک تجارتی استفاده کرد.

استحکام Strength

استحکام همواره با قابلیت پلاستیکی شاید مهمترین ترکیب خواص یک فلز باشد. استحکام عبارتست از مقاومت جسم در برابر تغییر شکل ولی قابلیت پلاستیکی به قابلیت تغییر شکل جسم بدون آنکه بشکند گفته می شود. برای این که کاملاً به ویژگی های استحکام فلز واقف باشیم، بایستی تعدادی از انواع استحکام یک فلز را بشناسیم. از انواع استحکام می توان مقاومت کششی، مقاومت فشاری و مقاومت خستگی را نام برد .

استحکام کششی یا مقاومت کششی Tensile strength

مقاومت کششی بیشترین نیروی کششی است که جسم قبل از شکست تحمل خواهد کرد. این مقدارمعمولاً برای استحکام یک ماده داده می شود و واحد آن بر حسب پوند بر اینچ مربعن بیان می شود. مقاومت کششی ماده را می توان با آلیاژی کاری، سردکاری، و گاهی اوقات بوسیبله ی عملیات حرارتی، افزایش داد .

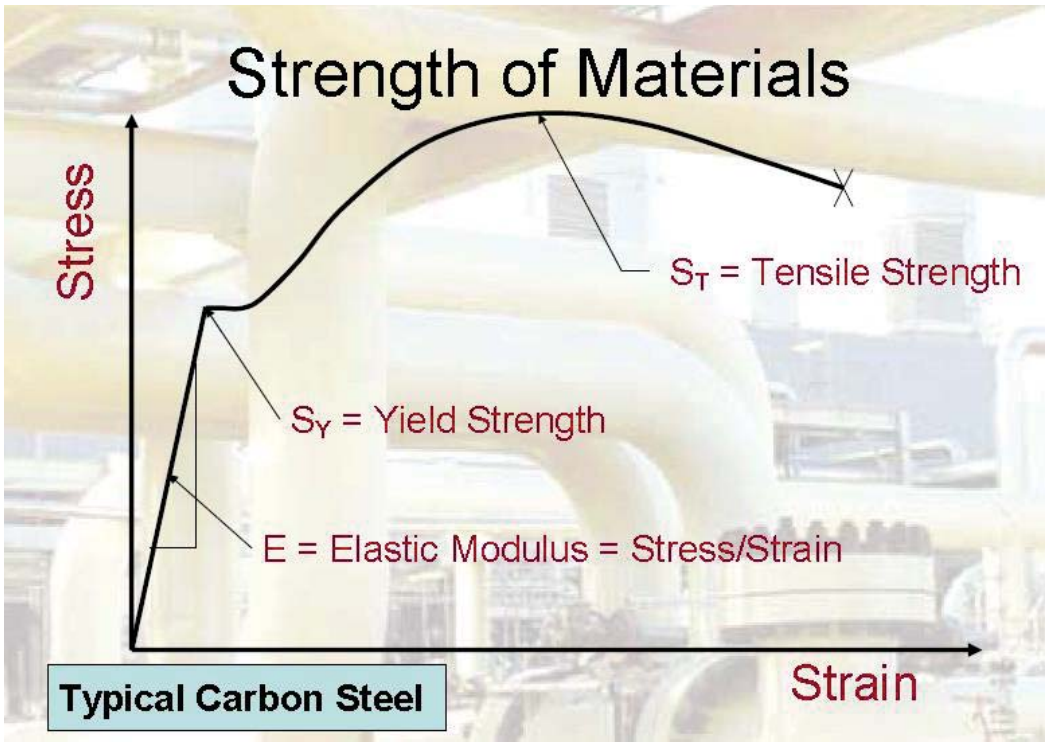
استحکام تراکمی یا مقاومت فشاری Compressive strength

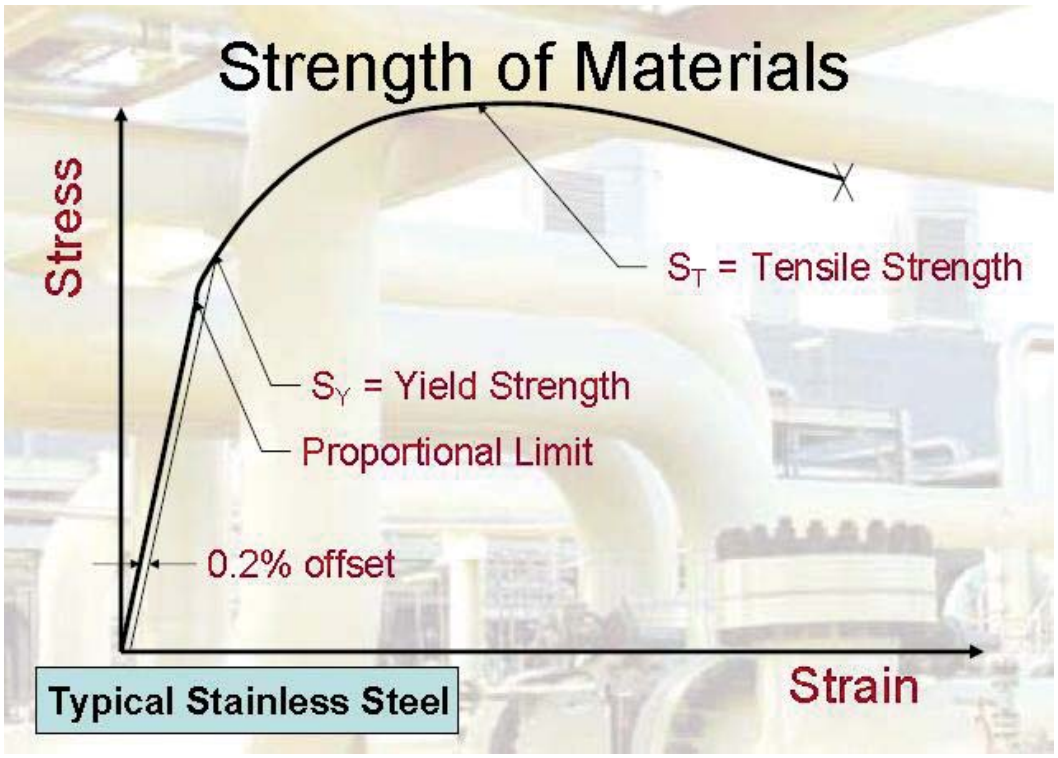
مقاومت فشاری، بیشتریین فشاری است که یک ماده قبل از مقدار فشار تعیین شده جهت تغییر شکل تحمل می کند. مقاومت های فشاری چدن و بتون بزرگتر از مقاومت های کششی شان هستند در صورتی برای اکثر مواد، این موضوع کاملاً برعکس است .

استحکام تسلیم Yield strength

مقاومت تسلیم حداکثر باری است ماده تغییر فرم معینی را از خود بروز می دهد. اکثر محاسبات مهندسی ساختمانها براساس مقادیر مقاومت تسلیم استوارند تا مقادیر مقاومت کششی. استحکام یک فلز به ساختمان داخلی آن، ترکیب، عملیات حرارتی و درجه ی کار سرد مربوط می شود .

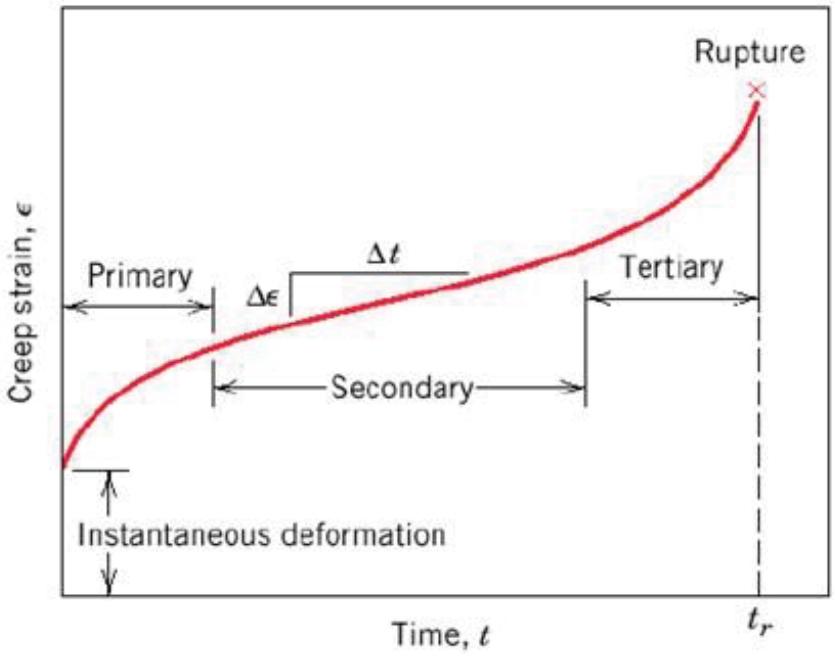
برای بهتر متوجه شدن مفاهیم بالا نمودار تنش کرنش زیر برای متریالهای کربن استیل و استینلس استیل دقت فرمایید.


Strength of Materials
Stress
S_T = Tensile Strength
S_Y = Yield Strength
E = Elastic Modulus = Stress/Strain
Strain
Typical Carbon Steel


Strength of Materials
Stress
S_T = Tensile Strength
S_Y = Yield Strength
Proportional Limit
0.2% offset
Strain
Typical Stainless Steel

خزش Creep

تغییر فرم دائم با گذشت زمان در یک ماده که تحت تنش یا نیروی ثابت قرار دارد، می باشد و این امر در دمای بالا اهمیت بیشتری دارد. برای تعیین **منحنی خزش** نیروی ثابتی را به یک نمونه کششی در دمای ثابت اعمال می کنند وکرنش نمونه بر حسب تابعی از زمان تعیین می گردد. در شکل زیرمنحنی خزش (شماتیک) نشان داده شده است.



تنش مجاز Allowable stress و محدودیتهای تنش (۳۰۲,۳):

الف) کشش: تنش مجاز کششی برای فلزات و تنش طراحی برای پیچها در جدولهای A-1 وA-2 لیست شده اند که بر اساس الزامات پاراگراف ۳۰۲,۳,۲ تعیین شده اند. مقادیر تنش در جداول A-1 و A-2 با توجه به جنس و شکل محصول دسته بندی شده اند. میان یابی خطی بین دماها مجاز می باشد و دما در اینجا منظور دمای طراحی است.

ب) برشی و تکیه گاهی Bearing : تنشهای مجاز برشی ۰,۸ مقدار تنش مجاز اصلی کششی است که در جدول A-1 یا A-2 ذکر شده است. تنش مجاز در تکیه گاهها ۱,۶ برابر این مقدار است.

ج) فشار: تنشهای مجاز فشاری (در حالت انقباض) میبایستی کمتر از تنشهای مجاز کششی که در پیوست A باشند.

مبنای تنش های طراحی ۳۰۲,۳,۲

۱) تنش مجاز بیشتر متریالها:

مقادیر تنش مجاز برای اکثر متریالها (بجز پیچها، موارد چدنی و آهن چکش خوار) کمترین مقدار موارد زیر می باشد (در محدوده تحت خزش نمی باشد):

الف) کمترین مقدار یک سوم (۱/۳) استحکام کششی مشخص و یک سوم (۱/۳) استحکام کششی تحت دما

ب) کمترین مقدار دو سوم (۲/۳) استحکام تسلیم مشخص و دو سوم (۲/۳) استحکام تسلیم تحت دما

ج) برای فولادهای ضد زنگ اوستنیتی و آلیاژهای نیکل که رفتار تنش-کرنش مشابه دارند، کمترین مقدار دو سوم (۲/۳) استحکام تسلیم و ۹۰ درصد استحکام تسلیم تحت دما.

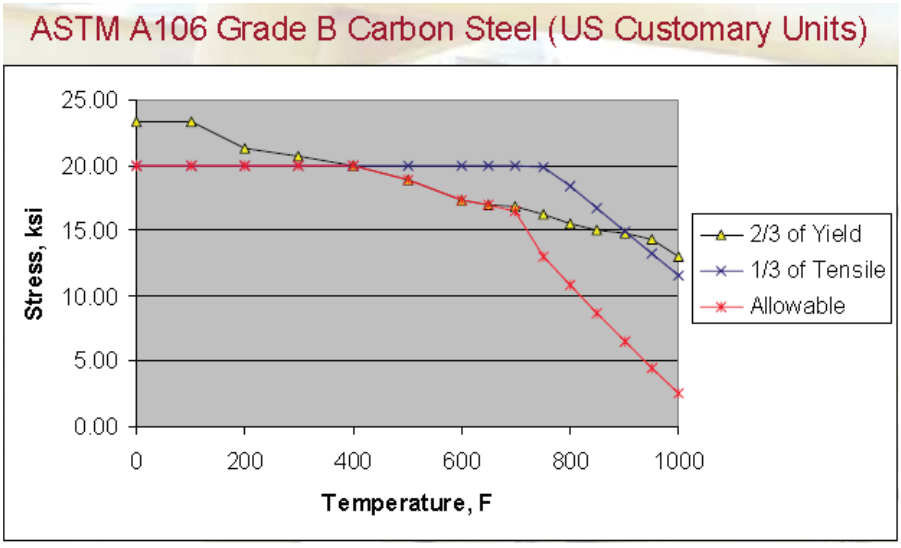
چنانچه متریال در محدوه خزش قرار گرفته باشد، مقدار تنش مجاز کمترین مقدار موارد زیر می باشد:

د) ۱۰۰٪ تنش میانگین برای نرخ خزش ۰,۰۱ درصد در ۱۰۰۰ ساعت

ه) ۶۷٪ تنش میانگین برای گسیختگی در پایان ۱۰۰۰۰۰ ساعت

و) ۸۰٪ مینیمم مقدار تنش برای گسیختگی در پایان ۱۰۰۰۰۰ ساعت

توضیحات بالا را می توان برای متریال A106-B در شکل زیر بررسی کرد. به منحنی تنش مجاز قبل و بعد از محدوده خزش (دمای بالاتر از ۸۰۰ درجه فارنهایت) دقت فرمایید.



الزامات دیگه ای که در مورد تنش مجاز دارد:

ز) برای متریالهای مورد استفاده در استراکچرها، مقدار مجاز تنش اصلی بایستی ۰,۹۲ کمترین مقدار بدست آمده در پاراگراف ۳۰۲,۳,۲(۴)، (الف) تا (ه) باشد.

* محدودیتها:

کاربرد مقادیر تنش تعیین شده (۲/۳ استحکام تسلیم) برای فولادهای ضد زنگ اوستنیتی و آلیاژهای نیکل مطابق با پاراگراف(ج)، برای اتصالات فلنجی و کامپوننتهایی که تغییر شکل ناچیز باعث ایجاد نشتی یا عملکرد نادرست خواهد شد، پیشنهاد نمی شوند. (مشخص شده با فونت پررنگ و ایتالیک در جدول A-1). الزام کد اعمال ۷۵٪ مقدار تنش جدول A-1 یا دو سوم (۲/۳) استحکام تسلیم تحت دما که در کد BPV, Sec II ,Part D جدول Y-1 می باشد.

نکته : ضریب اطمینان طراحی : در مورد ضریب اطمینانی که کد B31.3 برای طراحی در نظر می گیره هیچ جا در کد در مورد اون صحبت نمی شه، اما با توجه به کد یکی از الزامات تنش رو بر اساس یک سوم ۱/۳ استحکام کششی در نظر می گیره، کد b31.3 ضریب اطمینان ۳ برای طراحی منظور می کنه. در کد B31.1 این ضریب اطمینان ۴ (روند شده ۳,۵) هست. با توجه به همین ضرایب اطمینان مختلف هست که بین کدهای مختلف جداول تنش مجاز با هم متفاوت می باشد.

۲) تنش مجاز پیچها :

مقادیر تنش مجاز برای پیچها کمترین مقدار موارد زیر می باشد (در محدوده تحت خزش نمی باشد):

الف) کمترین مقدار یک چهارم (۱/۴) مینیمم استحکام کششی مشخص شده در دمای اتاق و یک چهارم (۱/۴) مینیمم استحکام کششی تحت دما؛ اگر استحکام آنها با عملیات حرارتی یا سختکاری کرنشی افزایش یابد یک پنجم (۱/۵) استحکام کششی.

ب) کمترین مقدار دو سوم (۲/۳) مینیمم استحکام تسلیم مشخص شده در دمای اتاق و دو سوم (۲/۳) استحکام تسلیم تحت دما. اگر استحکام آنها با عملیات حرارتی یا سختکاری کرنشی افزایش یابد یک چهارم (۱/۴) استحکام تسلیم.

چنانچه متریال پیچها در محدوه خزش قرار گرفته باشد، مقدار تنش مجاز کمترین مقدار موارد زیر می باشد:

ج) استحکام تسلیم تحت دما (پاراگراف ۳۰۲,۳,۲(f) را ببینید).

د) ۱۰۰٪ تنش میانگین برای نرخ خزش ۰,۰۱ درصد در ۱۰۰۰ ساعت

ه) ۶۷٪ تنش میانگین برای گسیختگی در پایان ۱۰۰۰۰۰ ساعت

و) ۸۰٪ مینیمم مقدار تنش برای گسیختگی در پایان ۱۰۰۰۰۰ ساعت

۳) تنش مجاز مواد چدنی :

مقادیر تنش مجاز اصلی تحت درجه حرارت برای چدن نبایستی از حداقل مقادیر زیر تجاوز نماید:

الف) یک دهم (۱/۱۰) مینیمم استحکام کششی مشخص شده در دمای اتاق

ب) یک دهم (۱/۱۰) استحکام کششی تحت دما (رجوع شود به ۳۰۲,۳,۲(f)).

۴) تنش مجاز آهن چکش خوار :

مقادیر تنش مجاز اصلی تحت درجه حرارت برای آهن چکش خوار کمترین مقدار موارد زیر می باشد:

الف) یک پنجم (۱/۵) مینیمم استحکام کششی مشخص شده در دمای اتاق

ب) یک پنجم (۱/۵) استحکام کششی تحت دما (رجوع شود به ۳۰۲,۳,۲(f)).

همانطور که از دو عکس زیر (از پیوست A کد) مشخص است جدول تنش مجاز از یکسری ستون تشکیل شده است که در ادامه به توضیحات آنها می پردازیم:

- تنشهای مجاز پیچها در جدول A-2 و سایر اقلام در جدول A-1 می باشد. همچنین جدولهای A-1M، A-2M که بر اساس واحدهای متریک تهیه شده هنوز کامل نشده اند و کد الزامی روی آنها ندارد و فعلا جهت راهنمایی می باشد.

- لیست متریالهای مورد تایید کد (لیست شده) در ابتدای پیوست A میباشد.

- نوتهای مربوطه به جداول حتما مطالعه شوند.

- این جداول بر اساس نوع متریالها گروه بندی شده اند و در داخل هر گروه بر اساس نوع محصول دسته بندی شده اند (مانن لوله و تیوب، فیتینگها، فورج، ...)

- با توجه به شکل زیر :

شماره ۱: شامل مشخصات متریال می باشند.

شماره ۲: P-number: P-number ها گروه بندی آلیاژی برای تهیه WPS (Weld procedure specification) میباشند. متریالها بر اساس ساختار، قابلیت جوشکاری و خواص مکانیکی شامل گروههای P-number هستند. این اعداد در ASME SEC. IX مشخص شده اند.

شماره ۳: Minimum Temperature : دمای حداقل طراحی که متریال را می توان بدون تست ضربه (impact test) استفاده کرد. در بخش متریال مفصل در این مورد توضیح خواهم داد.

شماره ۴: استحکام کششی (مقاومت کششی) و استحکام تسلیم (مقاومت تسلیم) که قبلا توضیحات مفصل در مورد آنها داده شد.

شماره ۵: گستره دمای طراحی که از دمای حداقل طراحی شروع می شود.

شماره ۶: تنش مجاز که با توجه به دمای طراحی متناظر مشخص شده است. این تنش ها که بر اساس الزامات بند ۳۰۲,۳,۲ کد به دست می آیند (همچنین توضیحات بالا)در مواردی که مقدار تنش مجاز دقیقا ۹۰٪ تنش تسلیم باشد با فونت پررنگ شده (Bold) مشخص شده اند و همچنین مواردی که تنش مجاز بالاتر از "دو سوم" 2/3 تنش تسلیم باشد (و کمتر از ۹۰٪ تنش تسلیم) فونتش به صورت ایتالیک Italic مشخص می شوند.

*طبق نوت ۵۷، متریال A106-Gr. B برای دمای بالاتر از 800°C دچار خزش می شود و طراح می بایستی توجه ویژه ای در این مورد داشته باشد. البته در عمل برای دمای 800°C از متریال A106-Gr. B استفاده نمی شود.

(14) **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

1 Material	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size, in.	2 P-No. (5)	Notes	3 Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi Tensile	Yield	Min. Temp. 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
A285 Gr. C	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A524	II	K02104	...	...	1	(57)	20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A333	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	50	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A334	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	50	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A671	CA55	K02801	...	...	1	(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A672	A55	K02801	...	...	1	(57)(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 55	A672	C55	K01800	...	...	1	(57)(67)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 60	A671	CC60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A671	CB60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A672	B60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A516 Gr. 60	A672	C60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
...	A139	B	K03003	...	...	1	(8b)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A135	B	K03018	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A524	I	K02104	...	...	1	(57)	20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A53	B	K03005	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A106	B	K03006	...	...	1	(57)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A333	6	K03006	...	...	1	(57)	50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A334	6	K03006	...	...	1	(57)	50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A369	FPB	K03006	...	...	1	(57)	20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A381	Y35	...	...	...	1	...	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	API 5L	B	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	60	35	20.0	20.0	20.0

4 5 6

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)]														
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1,000	1,050	1,100	Type/ Grade	Spec. No.
														Carbon Steel Pipes and Tubes (2)
13.7	13.0	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A134
13.7	13.0	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A45	A672
14.2	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A25	API 5L
14.2	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A25	API 5L
14.8	14.1	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	. . .	A179
16.0	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A	A53
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A	A139
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A587
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A53
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A106
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	A135
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	FPA	A369
16.0	16.0	15.3	14.6	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A	API 5L
15.4	14.7	13.8	13.3	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A134
15.4	14.7	13.8	13.3	12.5	10.7	9.2	7.9	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A50	A672
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	A134
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	. . .	. . .	II	A524
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	1	A333
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	1	A334
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CA55	A671
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	A55	A672
17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	C55	A672
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	. . .	. . .	CC60	A671
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	CB60	A671
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	B60	A672
18.2	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	1.6	1.0	C60	A672
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	B	A139
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	. . .	. . .	B	A135
19.9	19.0	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4	8.7	5.9	4.0	2.5	. . .	. . .	I	A524
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

ضریب کیفیت ریخته گری Casting Quality factor (Ec) (۳۰۲,۳,۳):

ضریب کیفیت ریخته گری برای کامپوننتهای ریخته گری شده استفاده می شود که ریتینگ فشار-دمای (مطابق با استانداردهای لیست شده جدول ۳۲۶,۱) ندارند.

برای آهن خاکستری و آهن چکش خوار Ec=1.0

این ضریب برای بقیه فلزات ریخته گری شده ۰,۸ میباشد که در صورت انجام بازرسی ها و تست های مکمل می تواند بالاتر برده می شود. جدول A-1A مقدار ضریب کیفیت ریخته گری را برای فلز های مختلف مشخص کرده است. همچنین جدول 302.2.3C تست های و بازرسیهای مکمل را مشخص کرده که طبق آنها این ضریب را می توان بالاتر در نظر گرفت. همینطور جدول 302.3.3D معیار پذیرش روشهای بازرسی جدول 302.3.3C را مشخص می کند.

Table 302.3.3C Increased Casting Quality Factors, E_c

Supplementary Examination in Accordance With Note(s)	Factor, E_c
(1)	0.85
(2)(a) or (2)(b)	0.85
(3)(a) or (3)(b)	0.95
(1) and (2)(a) or (2)(b)	0.90
(1) and (3)(a) or (3)(b)	1.00
(2)(a) or (2)(b) and (3)(a) or (3)(b)	1.00

ضریب کیفیت درز جوشها Weld Joint Quality Factor, (Ej) (۳۰۲,۳,۴)

ضرایب کیفیت پایه درز جوشها در جدول A-1B لیست شده اند. این ضریب کیفیت پایه را می توان با انجام آزمونها و تست های اضافی افزایش داد (طبق جدول ۳۰۲,۳,۴) و می توان جایگزین ضریب درز جوشهای مشخص شده در جدول A-1B نمود. مطابق شکل زیر.

Table 302.3.4 Longitudinal Weld Joint Quality Factor, E_j

No.	Type of Joint		Type of Seam	Examination	Factor, E_j
1	Furnace butt weld, continuous weld		Straight	As required by listed specification	0.60 [Note (1)]
2	Electric resistance weld		Straight or spiral (helical seam)	As required by listed specification	0.85 [Note (1)]
3	Electric fusion weld				
	(a) Single butt weld		Straight or spiral (helical seam)	As required by listed specification or this Code	0.80
	(with or without filler metal)			Additionally spot radiographed in accordance with para. 341.5.1	0.90
				Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.1 and Table 341.3.2	1.00
	(b) Double butt weld		Straight or spiral (helical seam) [except as provided in 4 below]	As required by listed specification or this Code	0.85
	(with or without filler metal)			Additionally spot radiographed in accordance with para. 341.5.1	0.90
				Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.1 and Table 341.3.2	1.00
4	Specific specification				
	API 5L	Submerged arc weld (SAW) Gas metal arc weld (GMAW) Combined GMAW, SAW 	Straight with one or two seams Spiral (helical seam)	As required by specification	0.95
				Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.1 and Table 341.3.2	1.00

NOTE:
(1) It is not permitted to increase the joint quality factor by additional examination for joint 1 or 2.

ضریب کاهش مقاومت درز (سر) جوشها Weld Joint Reduction Factor (W) (۳۰۲,۳,۵):

در دماهای بالای طولانی مدت ممکن است مقاومت درز جوشها نسبت به مقاومت متریال پایه (مانند لوله) کمتر باشد. این ضریب در سیستمهایی با دماهای بالای 427°C اعمالی می شود که علت ان در نظر گرفتن اثرات خزش میباشد.

به عبارت دیگر وقتی کامپوننتی داری جوش باشد، مقاومت اون کامپوننت تحت تاثیر خزش در جوشها (در دماهای بالا) کاهش می یابد. این ضریب مختص کدهای طراحی پایپینگ می باشد، چون در پایپلاین سیال با دمای بالا نداریم.

مقادیر ضریب کاهش مقاومت جوشها در جدول ۳۰۲,۳,۵ کد آورده شده است (مطابق شکل زیر)

Table 302.3.5 Weld Joint Strength Reduction Factor, *W*

	Component Temperature, T_i, °C (°F)														
Steel Group	427 (800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250)	704 (1,300)	732 (1,350)	760 (1,400)	788 (1,450)	816 (1,500)
CrMo [Notes (1)–(3)]	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notes (3)–(5)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notes (3) and (4)] (Subcritical PWHT)	...	...	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	...	...	...	...	...	...
Autogenous welds in austenitic stainless grade 3xx, and N088xx and N066xx nickel alloys [Note (6)]	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Austenitic stainless grade 3xx and N088xx nickel alloys [Notes (7) and (8)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.5
Other materials [Note (9)]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

نکته ۱: این ضریب در لوله و کامپوننتهای بدون درز ۱ می باشد.

نکته ۲: همانطور که در جدول بالا می بینید اسمی از متریال کربن استیل برده نشده چون متریال کربن استیل بالای 427°C اثرات خزش قابل ملاحظه می باشد.

در پایپینگ ما دو تعریف از درز جوش داریم: یکی کامپوننتهای پایپینگ به صورت درزدار (Welded) باشند و دومی در اتصال کامپوننتها به همدیگر (اینجا سر جوش بگیم بهتره)، که این ضریب در هر دو درزجوش و سرجوش در نظر گرفته می شود. در جوشهای مستقیم یا طولی (Longitudinal) و مارپیچی (Helical) در محاسبات

ضخامت اعمال می شه و در جوشهای پیرامونی (circumferential) یا سرجوشها در محاسبه تنشهای ناشی از بارگذاری sustained.

نکته ۳: دوستانی که آنالیز تنش انجام می دن در تنظیمات نرم افزار سزار شما می بایستی برای آنالیز تنش سیستم پایپینگ در دماهای بالا WC که همون ضریب کاهش مقاومت در سرجوش هست را فعال کنید و نرم افزار تنش sustained را به صورت SL< (W)Sh چک می کنه.

همانطور که گفته شد خزش در بازه طولانی بر مقاومت جوشها اثر دارد، لذا برای بارهای گاهگاهی و همچنین تغییرات در شرایط طراحی (بند ۳۰۲,۲,۴ کد) می بایستی ۱ در نظر گرفته شود. با توجه به کد در محاسبه تنش جابجایی بر تنش مجاز آن اعمال نمی شود.

برای متریالهایی که در جدول ۳۰۲,۳,۵ نیستند طراح میبایستی تست خزش بر روی اون کامپوننت انجام دهد. دوستان لطفا نوتهای مربوطه به این جدول را حتما مطالعه بفرمایند.

سوال: فرق ضریب کاهش مقاومت جوش (W) با ضریب کیفیت جوش (Ej) چیست؟ چند دقیقه ای منتظر می مونم تا دوستان جواب دهند.

جواب: وقتی ضریب کیفیت جوش را استفاده می کنیم یعنی ما نگران عیبهای احتمالی مانند ترک در جوش هستیم که مقاومت کامپوننت را پایین می آورد و با افزایش ضخامت سعی بر رفع این عیب داریم. اما ضریب کاهش مقاومت جوشها برای جبران اثرات و صدمات احتمالی خزش در دماهای بالا می باشد و همانطور که در بالا گفته شد هم بر درز جوشها و هم بر سر جوشها اعمال می شود.

مقاومت مکانیکی (۳۰۲,۵):

طراحی ها برای بررسی صلاحیت مقاومت مکانیکی تحت بارگذاریها می بایستی بررسی شوند. ممکن است ضخامت لوله و فیتینگها برای جلوگیری از تنش بیشتر از تنش مجاز، collapse یا خم شدن Buckling به علت بارگذاریهای زیاد که از طریق ساپورت ها، حمل و نقل و یخ زدگی و یا سایر بارگذاریهای اشاره شده در بند پاراگراف ۳۰۱، افزایش یابد.

البته ممکن است که افزایش ضخامت ممکن است باعث افزایش تنش در محل خاص یا افزایش خطر شکست ترد شود، که در اینصورت میبایستی بدون افزایش ضخامت لوله و فیتینگها با اضافه کردن ساپورت ها یا دستکها و یا

دیگر روشها اثرات بارگذاریهای اشاره شده در بالا را کم کرد. همچنین می بایستی توجه ویژه ای به انشعابات با سایز کوچک در پایپینگ و مخازن شود.

بخش دوم: طراحی فشاری (۳۰۴)

(بند ۳۰۳ کد) کامپوننتهای ساخته شده مطابق جدول ۳۲۶,۱ برای استفاده در ریتینگهای دما و فشاری مطابق بندهای ۳۰۲,۲,۱ و ۳۰۲,۲,۲ مناسب (الزام کد) میباشند. (جهت یادآوری دو بند اشاره شده منظور کامپوننتهایی لیست شده با ریتینگ Rated و بدون ریتینگ Unrated می باشند)

الزامات پاراگراف ۳۰۴ برای طراحی فشاری کامپوننتهایی که در جدول ۳۲۶,۱ فهرست نشده اند در نظر گرفته شده اند، اما ممکن است برای مورد خاص یا طراحی دقیقتر کامپوننتها، و یا بررسی الزامات پاراگراف ۳۰۲,۲,۲ استفاده شوند. طراحی ها برای بررسی صلاحیت مقاومت مکانیکی می بایستی بررسی شوند (بر اساس بند ۳۰۲,۵).

طراحی فشاری لوله ۳۰۴,۱:

اصولا سه عنوان برای ضخامت لوله ها داریم:

ضخامت فشار طراحی (t): حداقل ضخامت مورد نیاز با توجه به شرایط طراحی

حداقل ضخامت مورد نیاز (tm): که با اضافه کردن خوردگی، سایش و مکانیکی مجاز (c) به ضخامت t بدست می آید.

ضخامت مورد نیاز (T) یا Nominal Thickness: بعد از اعمال تلرانس ساخت به حداقل ضخامت tm بدست می آید.

حداقل ضخامت مورد نیاز برای طراحی بر اساس فرمول tm=t+c محاسبه می شود.

مواردی که در فرمول محاسبه ضخامت لوله تاثیر استفاده می شوند:

قطر خارجی لوله: (D)

خطر داخلی لوله (d)

فشار طراحی داخلی لوله (P)

ضریب کیفیت (E) از جداول A-1A/B

ضریب کاهش مقاومت درز جوش (W)

تنش مجاز بر اساس دمای طراحی (S) از جدول A-1

مجموع افزودنیها (مجازها) (c) که شامل مقادیر مجازهای خوردگی، سایش و مکانیکی (عمق دندانه یا شیار) میباشد. در مورد کامپوننتهای رزوه ای عمق دندانه از (h) از استاندارد ASME B1.20.1 بدست می آید. برای رزوه هایی که مشخص نمی باشند مقدار ۰,۵ میلیمتر به عمق دندانه (h) از استاندارد ASME B1.20.1 اضافه می شود.

ضریب (Y): ضریبی که وابسته به دما و متریال می باشد. برای t<D/6 از جدول ۳۰۴,۱,۱ بدست می آید. برای دماهای مشخص نشده می توان میان یابی کرد. برای t>=D/6 این ضریب از فرمول زیر بدست می آید:

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

Table 304.1.1 Values of Coefficient *Y* for $t < D/6$ (14)

Material	Temperature, °C (°F)							
	482 (900) and Below	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250) and Above
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
Nickel alloys UNS Nos. N06617, N08800, N08810, and N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Gray iron	0.0	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

محاسبه ضخامت لوله بر اساس فشار داخلی :

برای t<D/6 (و یا P/SE<0.385 – که البته در اینجا الزام کد نیست) ضخامت طراحی فشاری بر اساس فرمولهای زیر بدست می آید:

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

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

برای t>=D/6 یا P/SE>0.385 ضخامت طراحی فشاری نیاز به توجهات خاصی در مورد تئوری شکست، خستگی و تنش حرارتی دارد.

بعد از بدست آوردن مقدار t، این عدد را با مجازها c جمع می کنیم. بعد از این مرحله با توجه به الزام کد ضخامت T که ضخامت انتخاب شده می باشد منهای تلرانس ساخت نمی بایستی از حداقل ضخامت tm کمتر باشد، لذا:

T-T(mill tolerance) = tm ، با در نظر گرفتن ۱۲,۵٪ تلرانس ساخت: T= tm/.875

مرحله بعدی انتخاب ضخامت استاندارد از استانداردهای لیست شده (B16.10, B16.19) می باشد.

نکته ۱: بررسی t<d/6 بررسی لوله از لحاظ هندسی است و P/SE بررسی فشار است.

نکته ۲: مقدار تلرانس ساخت از مشخصات هر متریال از ASME Sec II به دست می آید. جهت رفرنس جدول زیر تلرانس ساخت را برای تعدادی از متریالها مشخص کرده است. در بعضی از متریالها در سایزهای بالا (معمولا بزرگتر از ۲۴ اینچ) تلرانس ساخت بصورت درصد نیست و میبایستی مقدار مشخص شده ای (مثلا ۰,۳ میلیمتر) به ضخامت اضافه کنید.

Table 2.17 **Basic mill tolerances**

ASTM material standard	Acceptable diameter tolerances[a]			Acceptable thickness tolerances[b]
A 53	≤NPS 1½	+1/64 in. (0.4 mm)	−1/64 in. (0.4 mm)	−12.5%
	>NPS 1½	±1%		
A106 A312 A530 A731 A790	≥NPS¼ ≤ NPS 1½	+1/64 in. (0.4 mm)	−1/64 in. (0.4 mm)	
	>NPS 1½ ≤ NPS 4	+1/32 in. (0.79 mm)	−1/32 in. (0.79 mm)	
	>NPS 4 ≤ NPS 8	+1/16 in. (1.59 mm)	−1/32 in. (0.79 mm)	
	>NPS 8 ≤ NPS 18	+3/32 in. (2.38 mm)	−1/32 in. (0.79 mm)	
	>NPS 18 ≤ NPS 26	+⅛ in (3.18 mm)	−1/32 in. (0.79 mm)	
	>NPS 26 ≤ NPS 34	+5/32 in (3.97 mm)	−1/32 in. (0.79 mm)	
	>NPS 34 ≤ NPS 48	+3/16 in (4.76 mm)	−1/32 in. (0.79 mm)	
A134	Circumference ±0.5% of specified diameter			Acceptable tolerance of plate standard
A135	+1% of nominal			−12.5%
A358	±0.5%			−0.01 in. (0.3 mm)
A409	Wall <0.188 in. (4 8 mm) thickness ±0.20%			−0.018 in. (0.46 mm)
	Wall <0.188 in. (4 8 mm) thickness ±0.20%			
A451	-			+⅛ in. (3 mm); −0
A524	>NPS ⅛ ≤ 1½	+1/64 in. (0.4 mm)	−1/32 in. (0.8 mm)	−12.5%
	> NPS 1½ ≤ 4	+1/32 in. (0.8 mm)	−1/32 in. (0.8 mm)	
	> NPS 4 ≤ 8	+1/16 in. (1.6 mm)	−1/32 in. (0.8 mm)	
	> NPS 8 ≤ 18	+3/32 in. (2.4 mm)	−1/32 in. (0.8 mm)	
	> NPS 18	+⅛ in (3.2 mm)	−1/32 in. (0.8 mm)	
A587	See ASTM A587, Table 4			
A660	-			10% greater than the specified minimum wall thickness
				Zero less than the specified minimum wall thickness
A671	+0.5% of specified diameter			0.01 in. (0.3 mm) less than the specified thickness
A672, A691	±0.5% of specified diameter			
A813	≥NPS 1¼	±0.010 in. (0.25 mm)		±12% for wall thickness <0.188 in. (4.8 mm)
	≥NPS 1½ ≤ NPS 6	±0.020 in. (0.5 mm)		
	≥NPS 8 ≤ NPS 18	±0.030 in. (0.75 mm)		
	≥NPS 20 ≤ NPS 24	±0.040 in. (1 mm)		±0 030 in. (0.8 mm) for wall Thickness ≥0.188 in. (4.8 mm)
	NPS 30	±0.050 in. (1.25 mm)		
A814	See ASTM A814, Table 1			

[a]Tolerance on DN unless otherwise specified.
[b]Tolerance on nominal wall thickness unless otherwise specified.

نکته ۳: معمولا شرکتهای کارفرمای بزرگ PMS (Piping material specification) خودشون را دارند که معمولا کلیه متریالها و کامپوننت ها را پوشش می دهد. پیمانکارهای طراحی ملزم به استفاده از PMS اونها میباشند. لذا نیازی به محاسبه ضخامت لوله و فیتینگ نمیباشد.

کلاسهای پایپینگ بر اساس دما و فشارهای ASME B16.5 تهیه شده و ضخامت ها هم بر همین اساس تهیه شده و پیمانکار های طراحی بغیر از موارد خاص نیازی به محاسبه ضخامت، ریتینگ و ... ندارند. ممکنه در یک پروژه متریالی استفاده بشه که در PMS کارفرما نیست، در این صورت کلاس جدیدی تولید می شه (بهمراه کلیه محاسبات ضخامت، ریتینگ، پیچ ها و سایر اقلام) و یا اینکه در یک کلاس خاص نیاز به سایز بالاتری هست یا مثلا متریال داخلی شیرها بهر دلیلی تغییر داده بشه که فقط در اون مورد خاص پس از تایید کارفرما کلاس پایپینگ می تونه تغییر داده بشه.

همانطور که قبلا هم اشاره کردم دو دما- فشار طراحی در پروژه داریم. یکی دما-فشار طراحی پایپینگ که بر اساس ASME B16.5 میباشد و کارفرما کلاسهای مختلف پایپینگ را بر این اساس، نوع متریال، خوردگی و ... تهیه کرده.

و دومی دما-فشار طراحی فرآیندی که براساس فرایند اون سیستم انتخاب می شه. واحد فرِآیند با توجه به انتخاب متریالی که توسط واحد متریال و خوردگی انجام شده و دما-فشار طراحی فرآیندی بکمک واحد پایپینگ از بین کلاسهای پایپینگ کلاس مناسب برای اون سیستم رو انتخاب می کنه و در P&ID لحاظ می کنه.

پیرو مطالب بالا دو نمونه از کلاسهای پایپینگ شرکت شل و توتال را ببینید (لطفا به محدوده دما و فشاری توجه فرمایید).

TOTAL
Exploration & Production

PIPING MATERIALS — GS PVV 112

Material: Carbon steel | **Rating:** 150 Lbs RF | **CLASS** **B 01**

Service: Hydrocarbons (gas or liquids) (non corrosive)
Pressure drains, Non corrosive flare gas
Fuel gas, Fuel oil, Diesel oil, Nitrogen
Oily water sewers, Cooling water (non corrosive)
Non corrosive process water
(14) Methanol, Glycol

Corrosion allowance: 1.27 mm | **Date:** 10/03 | **Rev.:** 02

Pressure / Temperature limits

Pressure (bars)	19.6	19.6	17.6	13.2
Temperature (°C)	- 29	+ 37	+ 100	+ 220

Pipes (12)																					
Diameter	½	¾	1	1½	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	26			46
Schedule	80					40			20			10				20	Larger sizes according to table below			
Ends	PE					BE														
Mat.Spec.	API 5 L Gr B seamless															API 5 L Gr B - SAW - 100% radiography				

Design limits

		Temperature (°C)						
		-29	0	50	75	100	125	150
		Pressure (Bar ga)						
DN	15-1200	19.6	19.6	19.2	18.4	17.7	16.7	15.8

Notes

- Design limits acc. to ASME B16.5 flange rating mat. grp 1.1
- For bending of pipe see DEP 31.38.01.31-Gen.
- For basis of design see DEP 31.38.01.10-Gen.
- Use of coated bolt sets should be considered when exposed to marine environments.
- For hydrotest vent & drains reference is made to standard drawing S.38.154
- The use of red. bore ball valves is considered most economical. Use full bore ball valves only when necessary for process/operating requirements
- Piston type check valves (DN 15-40) for horizontal mounting only
- The use of triple eccentric butterfly valves and dual plate check valves is considered most economical. Use gate valves and swing check valves only where fouling and abrasion are negatively affecting their functionality

Table of schedules

DN	Schedule
15	160
20	160
25	160
40	160
50	80
80	80
100	40
150	40
200	30
250	30
300	30
350	20
400	20
450	20
500	20
600	20
750	STD
900	STD
1050	11.1
1200	XS

نکته ۴: محاسبات ضخامت یک کلاس را با هم بررسی می کنیم. فرض کنید برای یک پروژه نیاز به محاسبه ضخامت لوله را دارید. خوردگی و نوع متریال را دارید. با توجه به دما-فشارهای ASME B16.5 مقادیر تنش مجاز را برای دماهای مختلف مشخص می کنید (در EXCEL). بعد فرمول محاسبه ضخامت رو به صورت t/D = P/(SWE+PY) تغییر می دهیم.

قسمت سمت راست فرمول بالا برای شرایط مختلف دما/فشار قابل محاسبه است. بعد از محاسبه اونها بالاترین مقدار P/(SWE+PY) رو انتخاب می کنیم و در قطر خاجی برای سایزهای متفاوت ضرب می کنیم. عدد بدست

اومده ضخامت طراحی فشاری شماست. مراحل بعدی محاسبه ضخامت حداقل و ضخامت انتخاب شده به راحتی انجام می شه. عکس زیر رو در ادامه ببینید.

CLASS:		93421W						
MATERIAL:		ASTM A312 TP316 / A358 TP316 CL.1						
DESIGN PRESSURE:	bar	147.9	147.9	144.3	135.4	126.6	121	115.5
	MPa	14.79	14.79	14.43	13.54	12.66	12.1	11.55
DESIGN TEMPERATURE:	°C	-20	0	50	75	100	125	150
	°F	-4	32	122	167	212	257	302
SPECIFIED TENSILE:	PSI	70000						
	MPa	482.76						
SPECIFIED YIELD:	PSI	30000						
	MPa	206.90						
ALLOWABLE STRESS AT 38°C	PSI	20000						
	MPa	137.93						
ALLOW. STRESS AT DES COND S:	PSI	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	MPa	137.93	137.93	137.93	137.93	137.93	137.93	137.93
E:		1						
CORROSION ALLOWANCE:		0	mm					
Y:		0.4						
W:		1						
CHECK IF P/SE IS LESS OR EQUAL TO 0.385		YES						
IS t LESS OR EQUAL TO OD/6 ?		YES						
Max hydrostatic test after construction	bar	221.85						
t/OD = P /2 (SEW + PY)=		0.05141	0.05141	0.05021	0.04723	0.04427	0.04238	0.04051
t/OD MAX =		0.05141						

grey cells mean DN to be avoided

DN	OD (mm)	t (mm)	MA (mm)	t min (mm)	FAB ALLOW. mini		tm (mm)	t select. (mm)	SCH	Mill test pressure
					%	mm				
15	21.3	1.10		1.10	12.5		1.25	2.77	40S	
20	26.7	1.37		1.37	12.5		1.57	2.87	40S	
25	33.4	1.72		1.72	12.5		1.96	3.38	40S	
40	48.3	2.48		2.48	12.5		2.84	3.68	40S	
50	60.3	3.10		3.10	12.5		3.54	5.54	80S	
80	88.9	4.57		4.57	12.5		5.22	7.62	80S	
100	114.3	5.88		5.88	12.5		6.72	8.56	80S	
150	168.3	8.65		8.65	12.5		9.89	14.27	120	
200	219.1	11.26		11.26	12.5		12.87	18.26	120	
250	273.1	14.04		14.04	12.5		16.05	18.26	100	
300	323.9	16.65		16.65	12.5		19.03	21.44	100	
350	355.6	18.28		18.28	12.5		20.89	23.83	100	
400	406.4	20.89		20.89	12.5		23.88	26.19	100	
450	457	23.49		23.49	12.5		26.85	29.36	100	
500	508	26.12		26.12	12.5		29.85	32.54	100	
600	610	31.36		31.36	12.5		35.84	38.89	100	
750	762	39.17		39.17	12.5		44.77	45.00	45mm	
900	914	46.99		46.99	12.5		53.70			
1050	1067	54.85		54.85	12.5		62.69			
1200	1219	62.67		62.67	12.5		71.62			

#Case_Study_4:

ضخامت مورد نیاز را بدست بیاورید.

Design of Pipes for Internal Pressure (Question)

Choose correct pipe schedule for a piping with the following design conditions:

Design Pressure	= 50 Bar (g) = 725 psig
Design Temperature	= 500 degrees F
M. O. C.	= 6" ND pipes, A 106 gr. B (Seamless)
Corrosion Allowance	= 3.0 mm

Assume standard mill tolerance.

نکات بیشتری در مورد ضخامت لوله ها:

- سایزهای NPS<=10" ضخامت های STD وSch 40 یکسان هستند.

- رای سایزهای بالاتر از ۱۰ اینچ تمامی لوله های با کلاسه ضخامت STD دارای ضخامت ۹,۵۳ میلی متر خواهند بود.

- سایزهای NPS<=8" کلاسه های ضخامت XS و Sch 80 یکسان هستند.

- برای سایزهای بالاتر از ۸ اینچ تمامی لوله ها با کلاسه ضخامت XS دارای ضخامت ۱۲,۷ (mm (1/2 inch خواهند بود.

- ضخامت لوله ها در Sch 40S و STD یکسان می باشند.

- ضخامت لوله ها در Sch 80S و XS یکسان می باشند.

- کلاسه ضخامت XXS تا سایز 12" وجود دارد .

محاسبه ضخامت تحت فشار خارجی:

ممکن است به علت فشار خارجی بر روی لوله نیاز به ضخامت بالاتر و یا Stiffening باشد. برای اینکار دستورالعملهای UG-28 و UG-29 کد ASME SEC.8 میبایستی رعایت شود.

بعنوان استثنا کد B31.3 برای لوله های با شرایط D/t< 10 ، الزام کرده که مقادیر تنش مجاز S کمترین عدد از موارد زیر انتخاب شود:

- 1.5 x stress values from table A-1
- 0.9 X yield strength from ASME SEC.II

برای بررسی و محاسبه ضخامت ناشی از فشار خارجی، مراحل زیر را دنبال کنید:

For design of piping systems under external pressure, first start to calculate the pipe wall thickness under internal pressure. Second start to make a check for that thickness if the pipe subjected to external pressure.

Note: if the pipe is not subjected to internal pressure, you can assume a pipe wall thickness and proceed the external pressure calculation to see how much the pipe will resist the imposed external load, may be you need to increase the pipe wall thickness.

The pressure piping code ASME B31 guide us to use the ASME BPVC, Section VIII, Div. 1, UG-28 for checking the assumed/calculated thickness of pipe wall.

Quoted

UG-28 Thickness of Shells and Tubes Under External Pressure

Where, A = Factor determined from Fig. G of Subpart 3 of Section II, Part D.

B = Factor determined from the applicable material chart, psi.

Do = OD of cylindrical shell course or tube, in.

E = Modulus of elasticity of material at design temp., psi

L = Total length, in. (see Fig. UG-28.1).

P = External design pressure, psi.

Pa = Calculated value of max. allowable external working pressure for the assumed value of t, psi.

Ro = Outside radius of spherical shell, in.

t = Min. required thickness of cylindrical shell or tube or spherical shell, in.

ts = Nominal thickness of cylindrical shell or tube, in.

(c) Cylindrical Shells and Tubes :

(1) Cylinders having Do / t ≥ 10)

Step 1. Assume a value for t and determine the value of L/ Do and Do /t.

Step 2. Enter Fig. G at the value of L/ Do .

• For values of L/ Do > 50, enter the chart at a value of L/ Do = 50,

• For values of L/ Do < 0.05, enter the chart at a value of L/ Do = 0.05.

Step 3. Using the value of L/ Do , move horizontally to the line for value of Do /t.

From this point of intersection, move vertically downward to determine factor A.

Step 4. Using A, enter the applicable material chart, move vertically to an intersection with the material/temp. line for the design temp. (see UG-20).

• If A falls to the right of the end of the curve, assume an intersection with the horizontal projection of the upper end of the curve.

• For A falling to the left of the end of the curve, see Step 7.

Step 5. From intersection obtained in Step 4, move horizontally to the right and read the value of B.

Step 6. Calculate the max. allowable external working pressure, Pa = 4 B / [3(Do/t)] .

Step 7. For values of A falling to the left of curve, Pa = 2AE / [3(Do/t)] .

Step 8. Compare the calculated Pa with P. Increase t until Pa ≥ P.

(2) Cylinders having Do / t < 10 :

Step 1. Using the same procedure as given in UG-28(c)(1), obtain the value of B.

• For values of Do /t < 4, the value of A can be calculated using the following formula : A = 1.1 / (Do / t)2

• For values of A > 0.10, use a value of 0.10.

Step 2. Using the value of B, calculate a value Pa1 using the following formula : Pa1 = [2.167/(Do/t) - 0.0833] B

Step 3. Calculate a value of Pa2 using the following formula : Pa2 = [2S/(Do / t)][1 - 1/(Do/t)]

where, S = Lesser of 2 times the max. allowable stress in tension at design metal temp., from the applicable table referenced in UG-23, or 0.9 times yield strength of the material at design temp. Values of yield strength are obtained from the applicable external pressure chart as follows :

(a) For a given temp. curve, determine the B value that corresponds to the right hand side termination point of the curve.

(b) The yield strength is twice the B value obtained in (a) above.

Step 4. The smaller of Pa1 or Pa2 shall be used for the max. allowable external working pressure Pa.

Compare Pa with P, and change t until Pa ≥ P.

#Case_Study_5:

بعد از بررسی موارد بالا به سوال زیر جواب دهید:

Design of Pipes for External Pressure (Question)

Determine whether pipe with data given below is satisfactory for external pressure.

1. Pipe size : NPS 20 sch 60s
2. MOC: A 312 TP 304
3. Length : 25 metres
4. Design Temperature: 400^0 F
5. External Pressure: 200 psi

طراحی فشاری زانویی ها، خم ها و مایترها ۳۰۴,۲:

ضخامت طراحی فشاری مربوطه به خم از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$t = \frac{PD}{2[(SEW/I) + PY]} \qquad (3c)$$

مراحل محاسبه ضخامت مشابه ضخامت لوله میباشد.

همه موارد مشابه موارد ضخامت لول مستقیم می باشد، بجز آیتم I که شاخص تنش (Stress Index) میباشد برای قوس داخلی و خارجی خم لوله از طریق فرمولهای زیر محاسبه می شود:

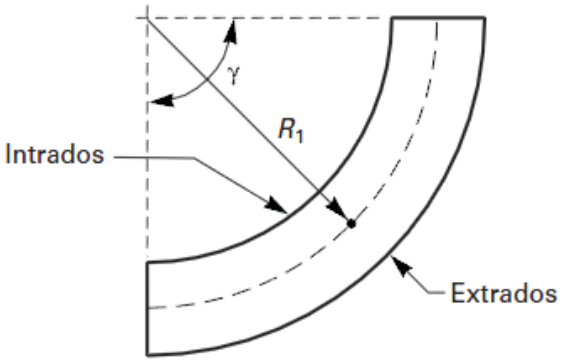
شاخص تنش برای شعاع داخلی:

$$I = \frac{4(R_1/D) - 1}{4(R_1/D) - 2}$$

شاخص تنش برای شعاع خارجی:

$$I = \frac{4(R_1/D) + 1}{4(R_1/D) + 2}$$

Fig. 304.2.1 Nomenclature for Pipe Bends



در فرمولهای بالا R1 شعاع خم لوله میباشد. برای مرکز خم مقدار شاخص تنش برابر I=1 میباشد.

ضخامت حداقل در انتها های خم لوله نمی بایستی از ضخامت حداقل (tm) لوله متصل کمتر باشد.

نکته۱: (۳۳۲,۱) خم های لوله می تواند توسط فرآیند سرد یا گرم از لوله شکل داده یا خم شوند که بستگی به نوع متریال مناسب، سرویس سیال و سختی و دقت فرایند خم کاری یا شکل دهی دارند (برای خم کاری بعنوان راهنما می توان از PFI ES-24 جهت نوع خم کاری، تلرانسها، مشخصات متریال استفاده کرد)

پاراگراف ۳۳۲,۱ الزامات کد در مورد خمکاری و فرم دادن خم ها را توضیح داده است که بعدا به آن خواهیم پرداخت.

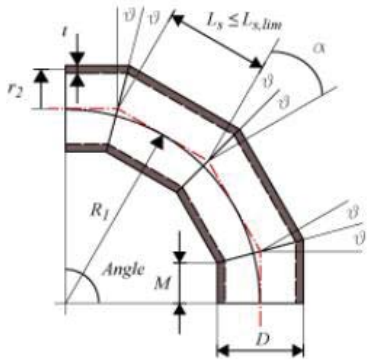
زانویی ها:

زانویی ها میبایستی براساس استانداردهای لیست شده و همچنین پاراگراف ۳۰۳ کد ساخته شوند، در غیر این صورت میبایستی الزامات کد در پاراگراف ۳۰۴,۷,۲ تامین و یا اینکه از طریق فرمولهای خم لوله استفاده شوند با در نظر گرفتن الزامات پاراگراف ۳۲۸,۴,۲.

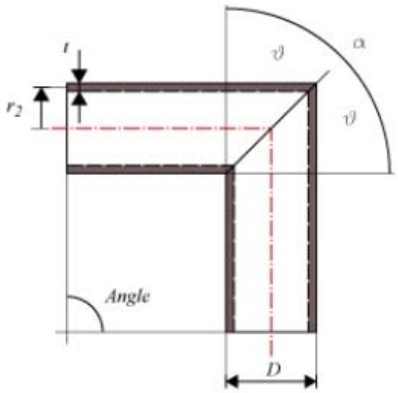
مایترها:

در مورد طراحی فشاری مایترها به پاراگراف ۳۰۴,۲,۳ مراجعه می بایستی مراجعه کرد. مایترها به صورت تکی یا چند تکه ساخته می شوند (مطابق شکلهای زیر)

مایتر چند تکه:



مایتر تکی:



برای آشنایی بیشتر با محاسبات مایترها پروسیجر زیر کمک خوبی است:

Step1: Select the Pipe Material

Step2:

Pipe Outside Diameter, (mm) = D
Internal Design Pressure (Kg/cm²) = P
Design Temperature, (C°) = T°

Step 3:

Allowable Stress, (Kg/cm²) = S
ASME B 31.3 @ Design Temperature. (TABLE A-1)

Step 4: Select

Joint Efficiency factor = E (TABLE A-1A)
ASME B 31.3 (TABLE-1A)

Step 5: Select

Corrosion Allowance, (mm) = c

Step 6: Formula @ ASME B 31.3

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2}\left(\frac{T-c}{(T-c)+0.643\tan\theta\sqrt{r_2(T-c)}}\right) \quad (4a)$$

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2}\left(\frac{R_1-r_2}{R_1-0.5r_2}\right) \quad (4b)$$

P = Internal Design Pressure, (Kg/cm²)
θ = Angle of miter cut
r2 = Mean Radius of pipe, mm (D-T)/2
R1 = Effective radius of miter bend, mm
T = Available thickness, (mm) (after deducting Mill Tol. & Corrosion Allowance)

Step 7: Compare values of Pm1 & Pm2

Min (Pm1, Pm2) = Pm

Step 8: Compare values of Pm & P

If (Pm > P) So Pipe Thickness (T) is OK.

انشعابات:

وقتی از لوله ای انشعاب گرفته می شود مقاومت لوله اصلی نسبت به نیروهای ناشی از فشار داخلی بعلت سوراخ ایجاد شده کاهش پیدا می کند. جهت افزایش مقاومت لوله اصلی میبایستی محل سوراخ ایجاد شده تقویت شود، یعنی در محل انشعاب در لوله اصلی نیاز به افزایش ضخامت توسط reinforcement pad داریم. کد B31.3 الزامات مربوطه به این امر در پاراگرافهای ۳۰۴,۳,۳ و ۳۰۴,۳,۴ آمده است.

البته اتصالات زیادی وجود دارد که مقاومت فشاری یا استحکام مناسب دارند و ممکن است بدون نیاز به محاسبات از آنها برای انشعاب گیری استفاده کرد. مانند:

- فیتینگهایی که در لیست استانداردهای مورد قبول کد میباشند (مانند استانداردهای ASME B16.9 ، ASME B16.11 و MSS SP-97).

- اتصالاتی که مطابق الزامات کد در پاراگراف ۳۰۴,۷,۲ باشند.

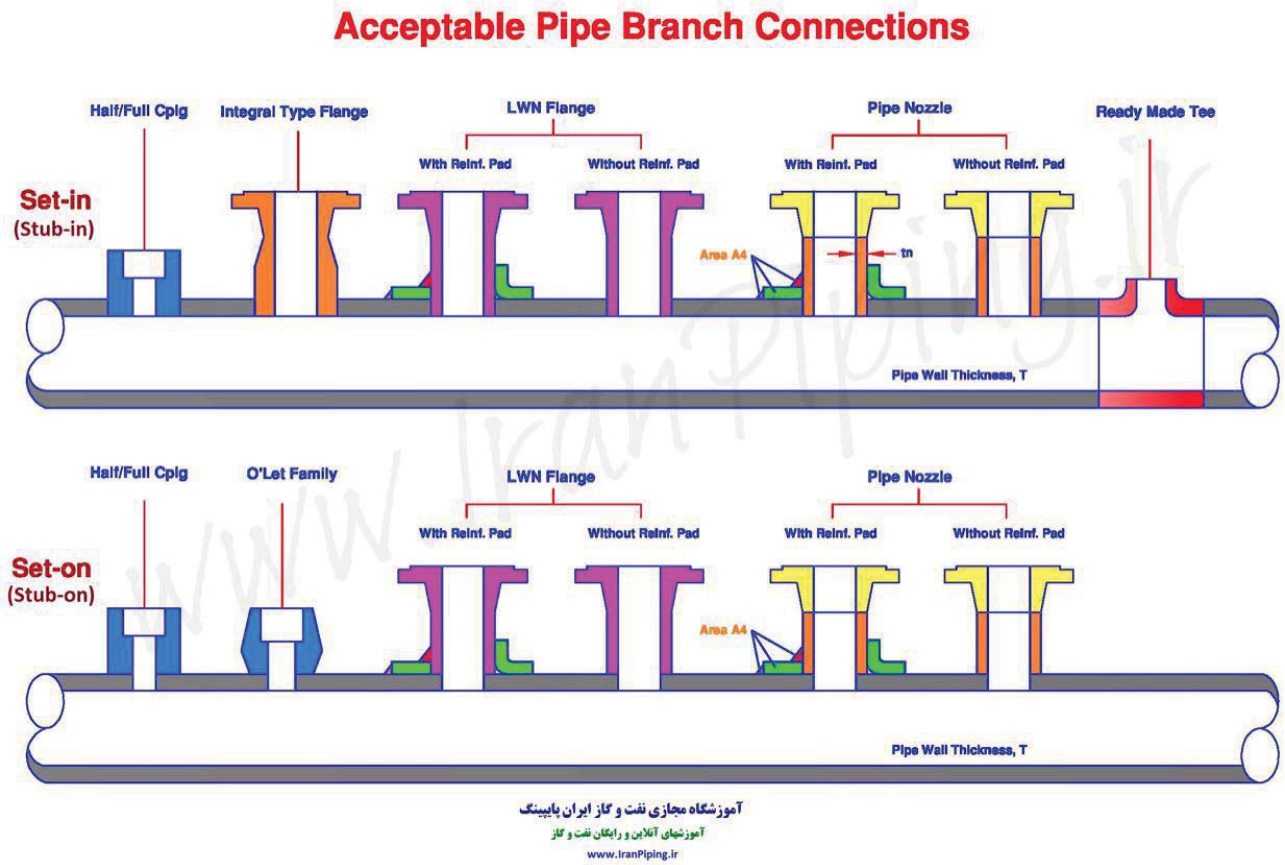
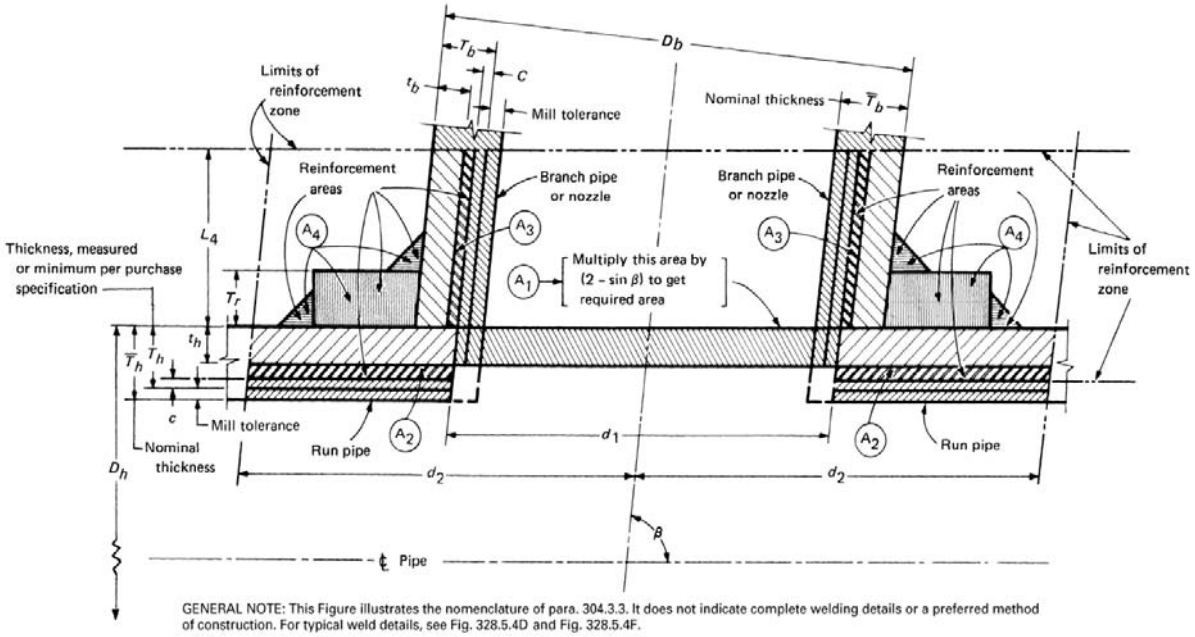


Fig. 304.3.3 Branch Connection Nomenclature



GENERAL NOTE: This Figure illustrates the nomenclature of para. 304.3.3. It does not indicate complete welding details or a preferred method of construction. For typical weld details, see Fig. 328.5.4D and Fig. 328.5.4F.

$$Effective\ length\ removed\ from\ run\ pipe\ =\ d_1 = \frac{D_b - 2(T_b - C)}{Sin\beta}$$

$$Required\ reinforcement\ area\ =\ A_1 =\ t_h d_1 (2 - Sin\beta)$$

$$Greater[d_2 = (T_b - C) + (T_h - C) + \frac{d_1}{2}, d_1]$$

$$Excess\ area\ available\ in\ header\ =\ A_2 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_h - C)$$

$$Length\ of\ branch\ =\ L_4 = Greater[2.5(T_h - C)\ or\ 2.5(T_b - C) + T_r]$$

$$Excess\ area\ available\ in\ branch\ =\ A_3 = \frac{2L_4(T_b - t_b - C)}{Sin\beta}$$

$$Other\ excess\ area\ available\ =\ A_4 = \frac{D_p - D_b}{Sin\beta} \times T_r$$

$$Total\ available\ area\ =\ A_T = A_2 + A_3 + A_4$$

$$If\ A_T < A_1\ then\ reinforcement\ pad\ is\ needed$$

$$Pad\ Diameter = D_p = \frac{A_5}{T_r} + \frac{D_b}{Sin\beta}$$

$$where\ T_r =\ T_h \times 0.875$$

در پیوست Appendix H کد چند تا مثال برای محاسبات انشعابات و پد تقویتی آورده شده که امیدوارم دوستان برای بهتر متوجه شدن انشعابات و نیازمندیها ش یکی دو از مثالها را بررسی کنند .

مطالعه پاراگراف ۳۰۴,۳,۴ که در مورد محاسبه انشعاب اکسترود شده از لوله می باشد را بعهده دوستان می گذارم.

همچنین الزامات کد در مورد مشخصات جوشکاری در پاراگراف ۳۲۸,۵,۴ آمده است که بعدا به آن خواهیم پرداخت.

پاراگراف های ۳۰۴,۳,۱ تا ۳۰۴,۳,۴ تنها طراحی انشعابات براساس فشار می باشد، کد در پاراگراف ۳۰۴,۳,۵ الزامات بیشتری را در مورد طراحی لحاظ کرده که تعدادی از آنها به شرح زیر میباشد:

- می بایستی ممان ها و نیروهای ناشی از بارهای انبساطی، وزنی و ... را در طراحی انشعابات در نظر گرفت.

- از انشعابات pipe to pipe تحت شرایط تنشی تکرار شونده ناشی از وایبریشن و سیکلهای دمایی اجتناب کرد. همچنین وقتی سایز انشعاب به سایز لوله نزدیک می باشد نیز بهتر است استفاده نشود.

- برای انشعابات سایز کوچک از هدر با سایز بزرگ هم توجه ویژه ای به انعطاف پذیری می بایستی کرد .

Closures (۳۰۴,۴):

رویکرد کد در مورد طراحی Closureها مشابه محاسبه ضخامت لوله است.

Closure هایی که براساس استانداردهای لیست شده کد باشند (مانند Cap) را می توان از استاندارد B16.9 انتخاب کرد. چنانچه در لیست کامپوننتهای استاندارد نباشند بر اساس کد ASME Sec. VIII مطابق جدول زیر برای Closure های مختلف طراحی فشاری انجام داد و یا بر اساس الزامات کد در پاراگراف ۳۰۴,۷,۲ می بایستی طراحی فشاری انجام داد.

Table 304.4.1 BPV Code References for Closures

Type of Closure	Concave to Pressure	Convex to Pressure
Ellipsoidal	UG-32(d)	UG-33(d)
Torispherical	UG-32(e)	UG-33(e)
Hemispherical	UG-32(f)	UG-33(c)
Conical (no transition to knuckle)	UG-32(g)	UG-33(f)
Toriconical	UG-32(h)	UG-33(f)
Flat (pressure on either side)	UG-34	

GENERAL NOTE: Paragraph numbers are from the BPV Code, Section VIII, Division 1.

طراحی فشاری فلنج ها (۳۰۴,۵):

اکثر قریب به اتفاق فلنجها بر اساس استانداردهای لیست شده در کد انتخاب می شوند مانند ASME B16.5, ASME B16.47.

همچنین برای فلنجهای آلومینیومی می بایستی از پیوست L کد استفاده کرد (با توجه به اینکه B16.5 اون رو پوشش نمی دهد).

فلنجهایی که در استانداردهای لیست شده نیستند را بر اساس می توان بر اساس کد ASME Sec.VIII, Div.1, App.2 طراحی کرد البته با استفاده از تنش مجاز و محدودیتهای دمایی کد B31.3.

چنانچه طراحی فشاری فلنجها بر اساس روش بالا میسر نبود می بایستی بر اساس الزامات ۳۰۴,۷,۲ انجام شود.

فلنجهای کور Blind Flange:

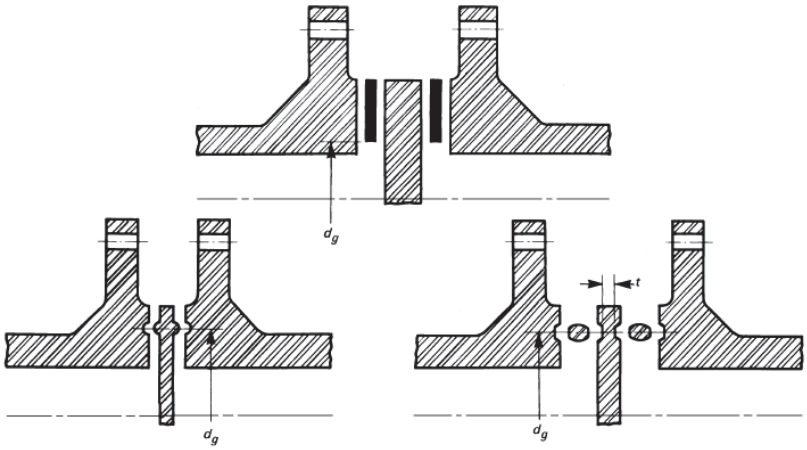
الزامات کد تقریبا مشابه فلنج ها می باشد، فقط چنانچه نیاز به طراحی فشاری باشد می بایستی از الزامات ASME Sec.VIII Div.I UG-34 استفاده شود.

Blanks:

صفحه های مسطح که به صورت ساندویچی بین فلنجها و جهت بستن (Isolation) جریان سیال قرار می گیرند (اصطلاحا به این نوع آیزولیشن Positive Isolation گفته می شود.) بر اساس استاندارد ASME B16.48

انتخاب می شوند. در صورت نیاز، محاسبه ضخامت حداقل برای Blankهای دائمی بر اساس فرمول زیر و با توجه به عکس زیر انجام می شود:

Fig. 304.5.3 Blanks



$$t_m = d_g \sqrt{\frac{3P}{16SEW}} + c \qquad (15)$$

where

c = sum of allowances defined in para. 304.1.1
d_g = inside diameter of gasket for raised or flat face flanges, or the gasket pitch diameter for ring joint and fully retained gasketed flanges
E = same as defined in para. 304.1.1
P = design gage pressure
S = same as defined in para. 304.1.1
W = same as defined in para. 304.1.1

نکته ۱: الزامات کد برای Blankهای دائمی می باشد، Blankهایی که برای تست به کار می روند نمی بایستی بر اساس فرمول بالا محاسبه شوند. ممکن است با توجه به فشار تست نیاز به Blank با تنش مجاز بالاتر باشد.

نکته ۲: Blankها در دو نوع Spectacle Blind (فلنجهای عینکی) و Spade (With Spacer) موجود می باشند.

#Case_Study_6:

سوال: طراحی Blank زیر را انجام دهید.

Design of Permanent Blank
(Question)

Design a seamless permanent blank for following conditions.

Design Pressure = 400 psig

Blank Material Safe Stress = 18,500 psig

Corrosion Allowance = 2.0 mm

Gasket Internal Diameter = 6.7" (170 mm)

Type of Flanges = SORF

ردیوسر (۳۰۴,۶)

اکثر ردیوسرها بر اساس استانداردهای لیست شده می باشند (مانند ASME B16.9). چنانچه در لیست استانداردها نبودند :

- در ردیوسرهای هم مرکز Concentric ، ممکن است طراحی فشاری مطابق الزامات کد در Closureها ۳۰۴,۴ باشد، در غیر اینصورت بر اساس الزامات ۳۰۴,۷,۲.

- در ردیوسرهای غیر هم مرکز Eccentric مطابق الزامات ۳۰۴,۷,۲.

طراحی فشاری دیگر کامپوننتها:

برای کامپوننتهایی که در لیست استانداردهای لیست شده نباشند (مانند strainer, Steam traps) و یا الزامات طراحی فشاری در پاراگراف ۳۰۴ برای اونها قابل استفاده نباشند، می بایستی بر اساس الزامات پاراگراف ۳۰۴,۷,۲ بررسی شوند.

بر اساس این پاراگراف طراح ملزم میباشد که محاسبات را بر اساس شرایط و ضوابط کد انجام دهد و توسط یکی از روشهای زیر صحت آنها اثبات شود و در انتها تائیدیه کارفرما نیز گرفته شود.

این روشها به شرح زیر می باشند:

- تجربه موفق در شرایط مشابه با کامپوننتهای مشابه که همان سیال یا متریال با خصوصیات مشابه را داشته باشند.

- آنالیز تنش بر اساس کد ASME Sec.8 Div.2 Annex 5F

- Proof test بر اساس ASME B16.9 یا MSS SP-97 یا ASME Sec.8 Div.1

- آنالیز تنش دقیق (المان محدود)

البته برای بررسی صلاحیت کامپوننتهای جدید دو مورد Proof test و آنالیز تنش دقیق معمولا استفاده می شود.

کد بررسی موارد بالا برای همه سایزها، ضخامتها و کلاسهای فشاری نمی خواهد و می توان بعد از اثبات روشهای بالا میان یابی انجام داد.

نکته: بطور کلی کامپوننتهایی که در لیست استانداردهای کد نیستند در سه دسته می توان دسته بندی کرد:

- کامپوننتهایی که بر اساس استانداردهایی که در لیست کد نیستند مانند BS, DIN,.. ساخته می شوند.

- کامپوننتهایی که بر اساس استاندارد سازنده ساخته می شوند.

- کامپوننتهایی که بر اساس نیازهای پروژه توسط واحد مهندسی طراحی می شوند و ساخته می شوند.

جهت شناخت بهتر نسبت به الزامات کد در پاراگراف ۳۰۴,۷,۲ به فایل زیرکه یک نمونه دفترچه محاسبات در مورد نوع خاصی اتصالات هست توجه فرمایید. **(این دفترچه نمونه در انتهای این جزوه ارایه شده است)**

نکته: استاندارد جدیدی قرار بود توسط ASME تهیه بشه به اسم ASME B31H که Proof Test را پوشش دهد و عملا جایگزینی برای پاراگراف ۳۰۴,۷,۲ باشه. فکر می کنم هنوز تهیه نشده.

KEY DESIGN ENGINEERING

Ph: 520-265-3657
Fax: 888-241-3035
mailto:info@keydesigneng.com

Sample Report:
½" Tri-Clamp Flange Connection

Prepared by: Michael Rodgers, P.Eng
Date: Saturday, August 07, 2010

Project: KEY-026

Key Design Engineering is a Canadian engineering firm located in Waterloo, Ontario, that specializes in ASME Code calculations and Canadian Registration Number (CRN) submissions:

- **ASME Code Calculations** per ASME VIII-1 & ASME B31.3 for Pressure Vessels, Fittings, & Piping systems as applicable.
- **Canadian Registration Number (CRN)**: preparation of documentation for submission of pressure vessels, fittings, or pressure piping for registration in one Jurisdiction or Canada-wide.
- **Finite Element Analysis (FEA)** of Pressure Vessels and Fittings in accordance with ASME VIII-2, in compliance with Jurisdictional requirements.

Key Design Engineering
55 Northfield Dr. E, Suite 194
Waterloo, ON N2K 3T6
http://www.keydesigneng.com/

Sample Report.
For information only.

اتصالات انبساطی (Expansion joint) (۳۰۴,۷,۴)

اکسپنشن جوینتهایی که در پایپینگ بکار می روند عموما برای کاهش استرس انبساطی، کاهش نیروهای پایپینگ بر روی تجهیزات، کاهش افت فشار در یک سیستم (عدم فضای کافی جهت ایجاد انعطاف پذیری سیستم پایپینگ) و همچنین ایزوله کردن وایبریشن مکانیکی (ناشی از تجهیزات).

دو نوع پرکاربرد اکسپنشن جوینتها:

- Metallic Bellows: که شامل آکاردئونیهایی می باشد. الزامات کد در Appendix X می بایستی رعایت شود و همچنین Appendix F راهنمائیهای در این مورد دارد.

- Slip joint: وقتی در سیستم پایپینگ حرکت محوری Axial زیادی داشته باشیم و همچنین در سیستمهای دما و فشار بالا کاربرد دارد.

موارد کاربرد هر کدام در جدول زیر مشخص شده است.

Table 2.25 Expansion joint selection guide

Displacement	Bellows	Slip joint
Axial	Yes	Yes
Lateral	Yes	No
Angular rotation	Yes	No
Torsion	Yes	Yes

#Case_Study_7:

با توجه به دما و فشارهایی که از مثال ۳ بدست آوردید جدول زیر را کامل کنید.

PIPING MATERIAL SPECIFICATION WORKSHOP

Develop a piping material specification for styrene monomer.

- Condition 1: _____ psi (bar) at _____ °F (°C)
- Condition 2: at
- Pipe wall thicknesses are as determined from calculations on page 32.

Pressure Class _____

Item	NPS Range	Sch/Rating	Description
Pipe	¾ 1 – 2 3 - 12		
Nipples	¾ - 1½		
Fittings	¾ 1 - 1 ½ 2 – 12		
Flanges	¾ - 1 ½ 2 - 12		
Gaskets	¾ - 12		
Bolting	¾ - 12		

KEY DESIGN ENGINEERING

Ph: 520-265-3657
Fax: 888-241-3035
mailto:info@keydesigneng.com

Sample Report:
½" Tri-Clamp Flange Connection

Prepared by: Michael Rodgers, P.Eng
Date: Saturday, August 07, 2010

Project: KEY-026

Key Design Engineering is a Canadian engineering firm located in Waterloo, Ontario, that specializes in ASME Code calculations and Canadian Registration Number (CRN) submissions:

- **ASME Code Calculations** per ASME VIII-1 & ASME B31.3 for Pressure Vessels, Fittings, & Piping systems as applicable.
- **Canadian Registration Number (CRN)**: preparation of documentation for submission of pressure vessels, fittings, or pressure piping for registration in one Jurisdiction or Canada-wide.
- **Finite Element Analysis (FEA)** of Pressure Vessels and Fittings in accordance with ASME VIII-2, in compliance with Jurisdictional requirements.

Key Design Engineering
55 Northfield Dr. E, Suite 194
Waterloo, ON N2K 3T6
http://www.keydesigneng.com/

Sample Report.
For information only.

Index

Executive Summary 3
- Introduction: 3
- Method: 3
- Results & Conclusions: 3

Setup 5
- FEA Model Setup: 8
- Model Boundary Conditions: 9
- Application of Loads: 10
- Reaction Forces: 12

Results and discussion: 13
- Error Plot: 13
- Displacement: 14
- Displacement, cont'd: 15
- General Stress: 16
- Local Stress: 17
- Stress Linearization: 18

Sample Report.
For information only.

Executive Summary

Introduction:

This Tri-clamp connection is designed to comply with ASME B31.3-2008. It is an unlisted component because of its shape and must be qualified per 304.7.2, using Finite Element Analysis per ASME VIII-2, Part 5.

Method:

Model:
The valve model has been cut using planes of symmetry to facilitate an analysis using FEA. The software used is Simulation 2010 (formerly known as CosmosWorks), by Dassault Systemes.

Rules:
The Code of construction is ASME B31.3-2008. The results have been interpreted per the rules of ASME VIII-2, Part 5, as permitted by the Code of Construction. The material properties are converted to B31.3 allowable stresses from IID Table U & Y values, as permitted by para 323.1.2.

Scope:
Only the ferrule is included in the current discussion. The Clamp and bolt must be included in the analysis to properly model the joint's behaviour, but are not included in the discussion of the results, since they already have their own CRN number.

Results & Conclusions:

Reaction force:
The reaction force at the boundary balances the force resulting from the system pressure, demonstrating that the loads have been properly applied. The reaction force is acceptable

Displacement:
The displacement plot shows a peak relative displacement of less than 0.001", which does not compromise the seal. The sliding contact between the flange and the clamp has been properly applied, as shown by the difference in colour bands. Displacement is acceptable.

Stress:

- *General:* The highest general stress of 8,859 PSI is less than the Pm limit of 11,666 PSI. General stress is acceptable.

Sample Report.
For information only.

- *Local:* The highest local stress of 14,434 PSI is found on the inside surface of the ferrule and it is acceptable because it is less than the limit for PI+Pb of 17,500 PSI.
- *Linearization:* The PI+Pb through the nozzle neck is 11,821 PSI, which is less than the 1.5*S limit of 17,500 PSI. Stress is acceptable.

Conclusion:
This component has acceptable stresses per ASME VIII-2 for the design condition of 1,200 psig internal pressure at 400F. The requirements of ASME B31.3 are satisfied.

Sample Report.
For information only.

Setup

Code of Construction: ASME B31.3-2008
Design Conditions: 1,200 PSI @ 400°F

Basic Material Allowable Stresses

Description, P/N	Material	Basic Allowable stress (KSI)		Notes
		RT	400F	
Body	A479 316L	16.7	11.66	Converted to B31.3 allowable stresses from IID Table U & Y data.

Sample Report.
For information only.

Material Allowable Strength calculation, ASME B31.3, ver.3.5

Ref: ASME B31.3-2008, 302.3.2

Material type: for Austenitic stainless steels & nickel alloys having similar stress-strain behavior only.

Material:	ASTM A479-316L
Temperature:	400F
Data:	ASME IID Table U & Y

Room Temperature (RT)

Yield =	25,000	psi, Minimum yield strength
Tensile =	70,000	psi, Minimum tensile strength

Elevated Temperature

Yield =	17,500	psi, Minimum yield strength
Tensile =	62,200	psi, Minimum tensile strength

Calculating stress limits: Refer to ASME B31.3, 302.3.2(d)

Room Temperature

From Yield Strength =	2/3*(Yield RT)	=	16666.7 psi
From Tensile Strength =	1/3*Tensile	=	23333.3 psi
	S (lowest value)	=	16,667 psi

Elevated Temperature

From Yield Strength =	90% of Yield	=	15750.0 psi
From RT Yield =	2/3*(Yield RT)	=	11666.7 psi
From Tensile Strength =	1/3*Tensile	=	20733.3 psi
	S (lowest value)	=	11,667 psi

Restrictions on use, per 302.3.2(e)
For material used in flanged joints and other components in which slight deformation can cause leakage or malfunction, additional factors are imposed. *Instead, either 75% of the stress value in Table A-1 or two-thirds of the yield strength at temperature listed in the BPV Code, Section II, Part D, Table Y-1 should be used*.

Key Design Engineering
55 Northfield Dr. E, Suite 194
Waterloo, ON N2K 3T6
http://www.keydesigneng.com/

Sample Report.
For information only.

Allowable Stress Limits for FEA, per ASME VIII-2, ver.2.3

Ref: ASME VIII-2, 2007, Part 5

Design conditions:	400F	
Material:	A479 316L	
Data:	ASME B31.3	
S =	11,667	psi, Minimum material allowable stress at temperature
k=	1.0	stress intensity factor, per Table AD-150.1

Calculating stress limits:

Refer to ASME VIII-2, 2007, Fig. 5.15

Primary Stress

P_m (General Membrane) = k*S	=	11,667	PSI
P_L (Local Membrane) = 1.5*k*S	=	17,500	PSI
P_L + P_b (Membrane + Bending) = 1.5*k*S	=	17,500	PSI

Secondary Stress

Q (Secondary Membrane+ Bending)= S_{PS}	=	35,001	PSI

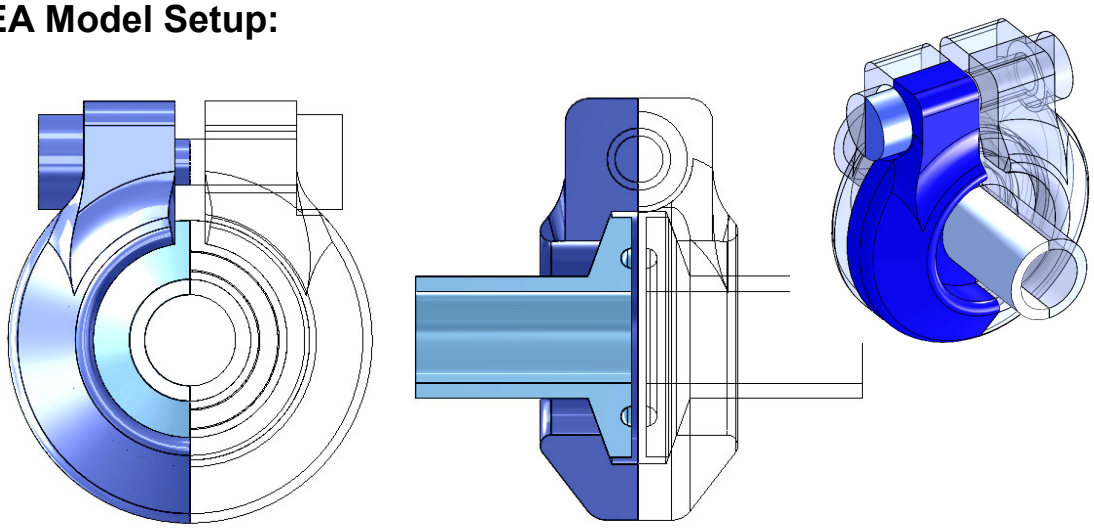
where Sps = 3*k*S or 2*Yield, as limited by 5.5.6.1(d)

Peak

F (Increment added to stress concentration)	=	(must use fatigue curves, per Appendix 5)

Sample Report.
For information only.

FEA Model Setup:

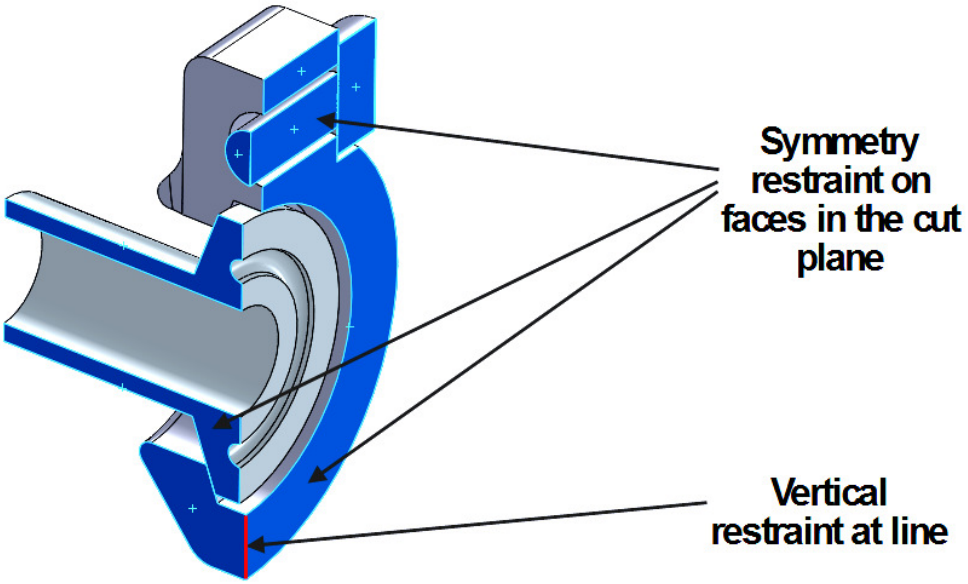


End View Side view

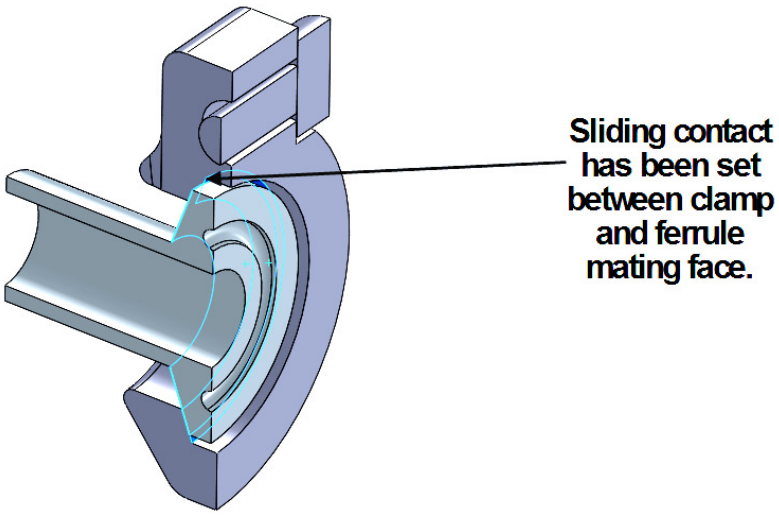
Dimensions: The figure above shows the model used in the Finite Element Analysis. It has been cut along two planes of symmetry, so that only ¼ of the complete model is actually run. The ferrule size is a nominal ½" OD, with 0.0625" thick wall. The bolt size used is ¼-20 UNC with a UNR=0.1894". The bolting material is A 320 B8 Cl.2 for the sake of this sample report, but the clamp itself is excluded from the discussions herein since it already bears its own CRN number.

Sample Report.
For information only.

Model Boundary Conditions:



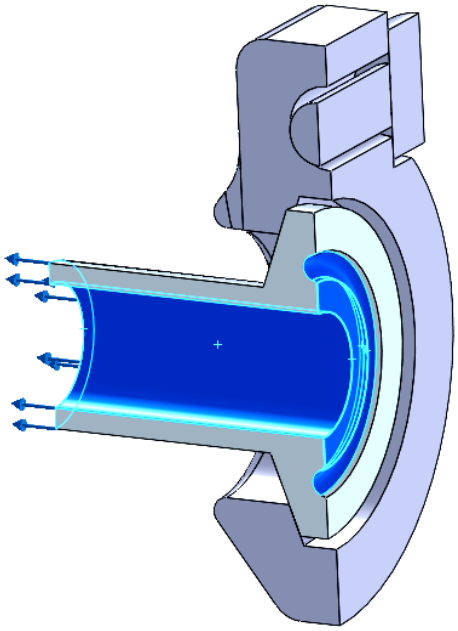
Restraints: The figure above shows the restraints that were used on the model. A symmetry constraint has been applied to the faces in the two cut-planes. A vertical restraint has been applied where shown.



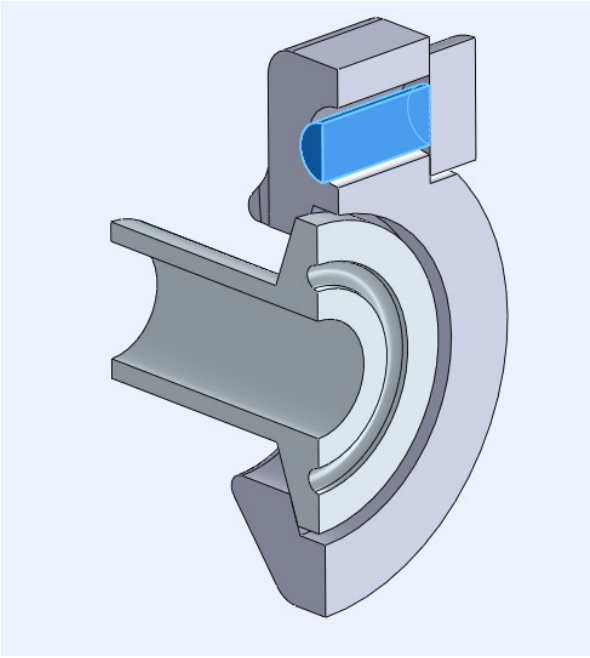
Sliding Surface: A sliding surface condition was applied at the touching surfaces of the clamp with the ferrule's flange.

Sample Report.
For information only.

Application of Loads:



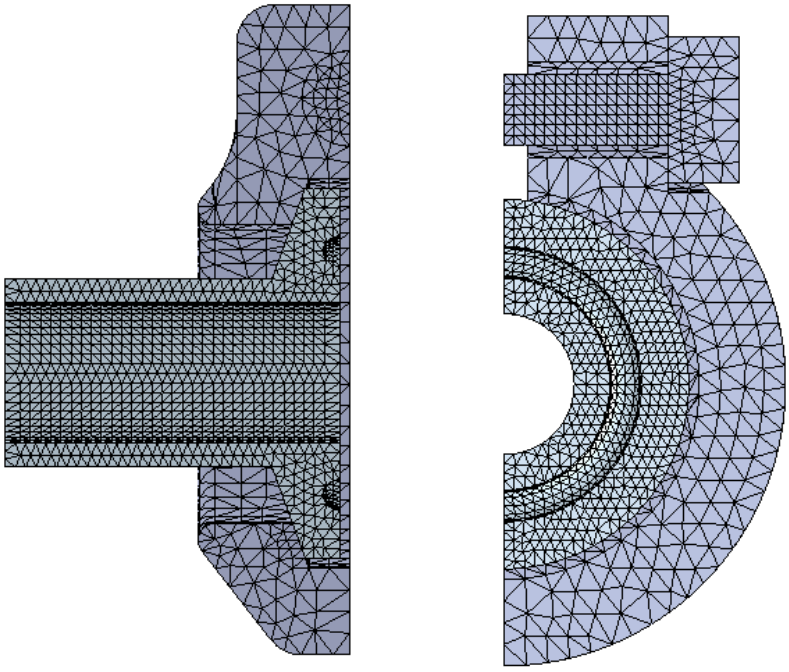
System Pressure: As shown above, a system pressure of 1,200 PSI was applied to all applicable internal faces. A pressure-equivalent force was applied to the end of the tube, as shown.



Bolting Preload: As shown in the figure to the left, the bolt was preloaded by application of a negative temperature differential to the shaft only. The actual preload is a factor of the assembly stiffness and contact condition between the clamp and the flanges. The calculated preload force in the bolt is 319 lbf, and thus the preload stress is **11,251 PSI.** The bolting connector feature could have been used if the clamp had been oriented in a different direction. The sliding contact introduces a non-linear effect that is best covered by a solid bolt.

Sample Report.
For information only.

Mesh:



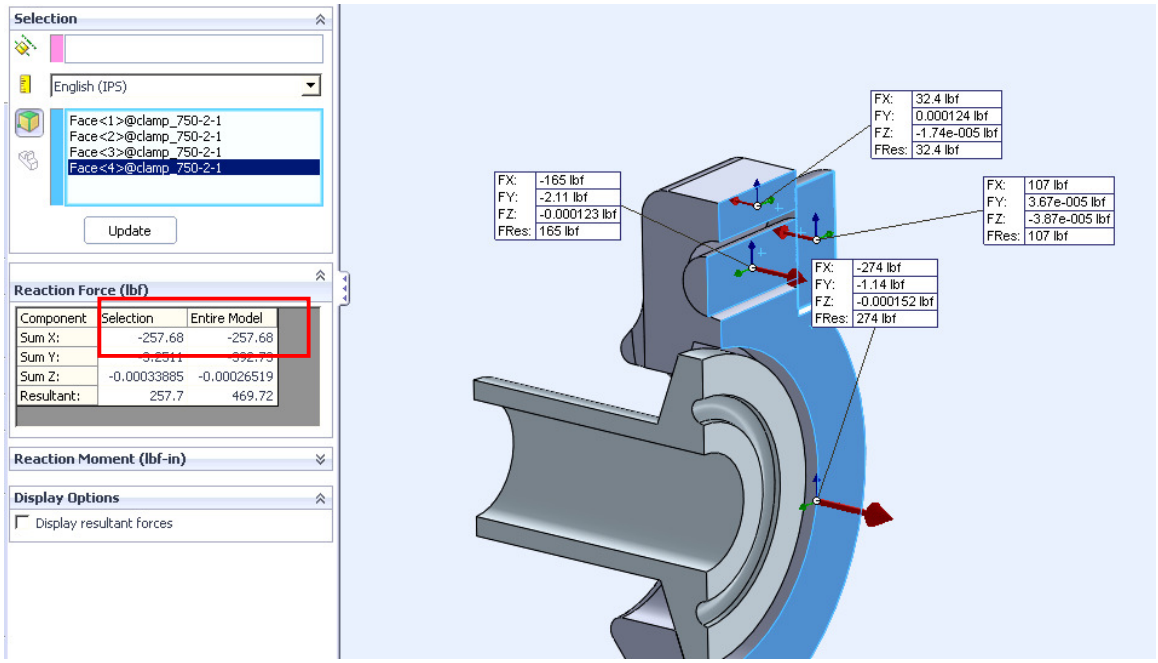
The figures above show the mesh sizes used. The Mesh characteristics are:

- Mesh type: Solid - Tetrahedron
- Mesh Quality: High quality, with mid-side nodes, greater than 2nd order integration.
- Mesh size:
  Global mesh size is 0.06”, as shown.
  Mesh refinement is 0.0277”, in the ferrule and the bolt

The mesh sizes have been selected so as to keep the error to less than 5% in all the critical areas.

Sample Report.
For information only.

Reaction Forces:

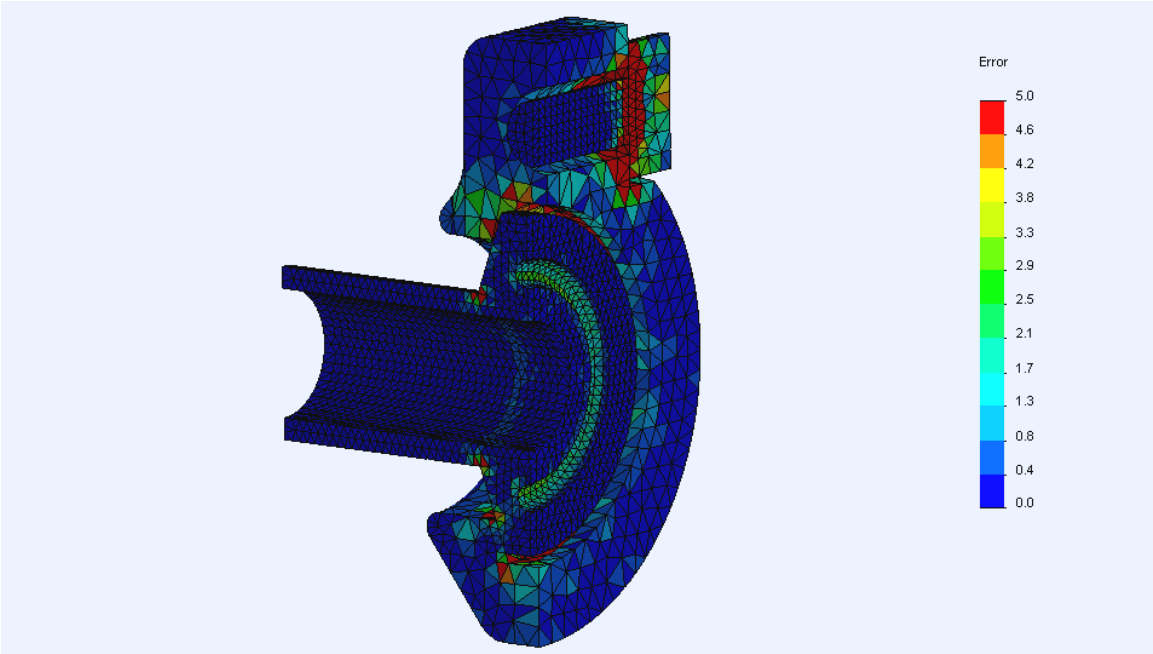


Reaction force: The figure above shows the reaction force for the entire model. The projected area for pressure application on the end is 0.205sq.in, and the expected reaction force is 246 lbf. The model's actual reaction load in the axial direction is 257 lbf, because of an additional effect incorporated by the preloaded bolt. Overall, the difference is 4.2%, which is acceptable because of the effect caused by the temperature-induced preloaded bolt.

Sample Report.
For information only.

Results and discussion:

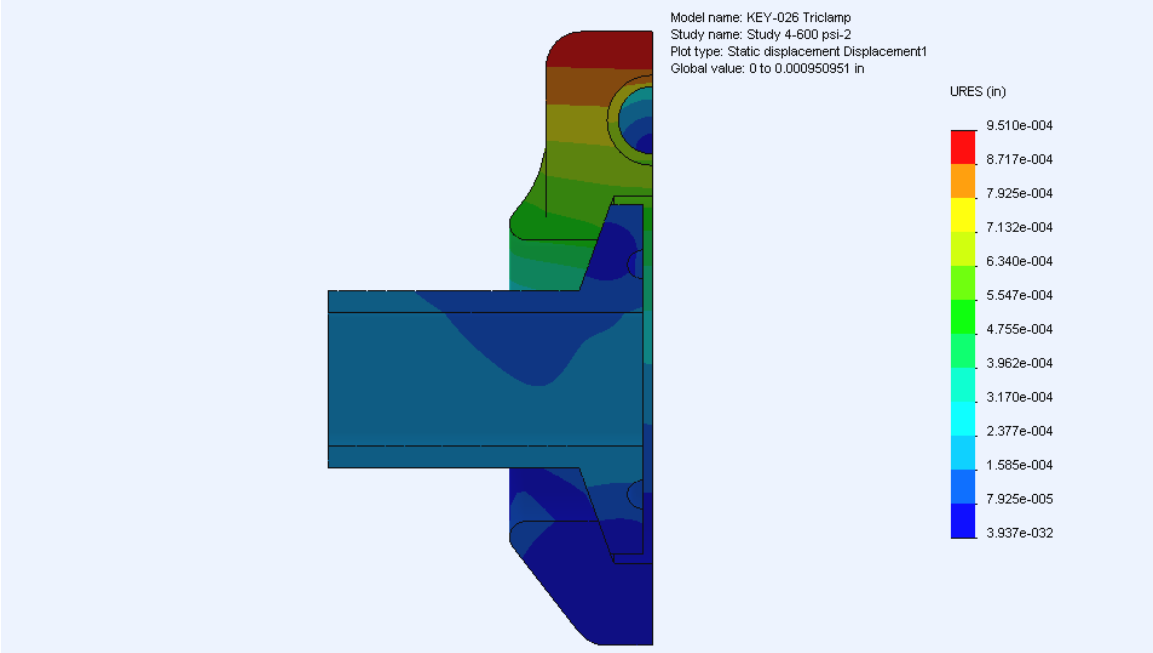
Error Plot:



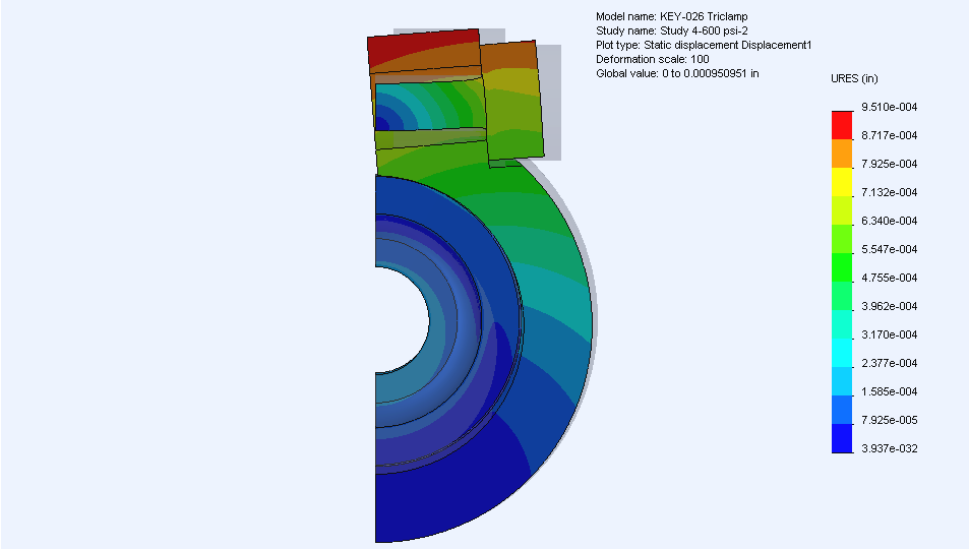
Overall Error Plot: The figure above shows that the error is <5% in all critical general areas of the Tri-Clamp ferrule. Areas with error over 5% are directly at the discontinuity and no more than one element away from it. Error plot is acceptable.

Sample Report.
For information only.

Displacement:

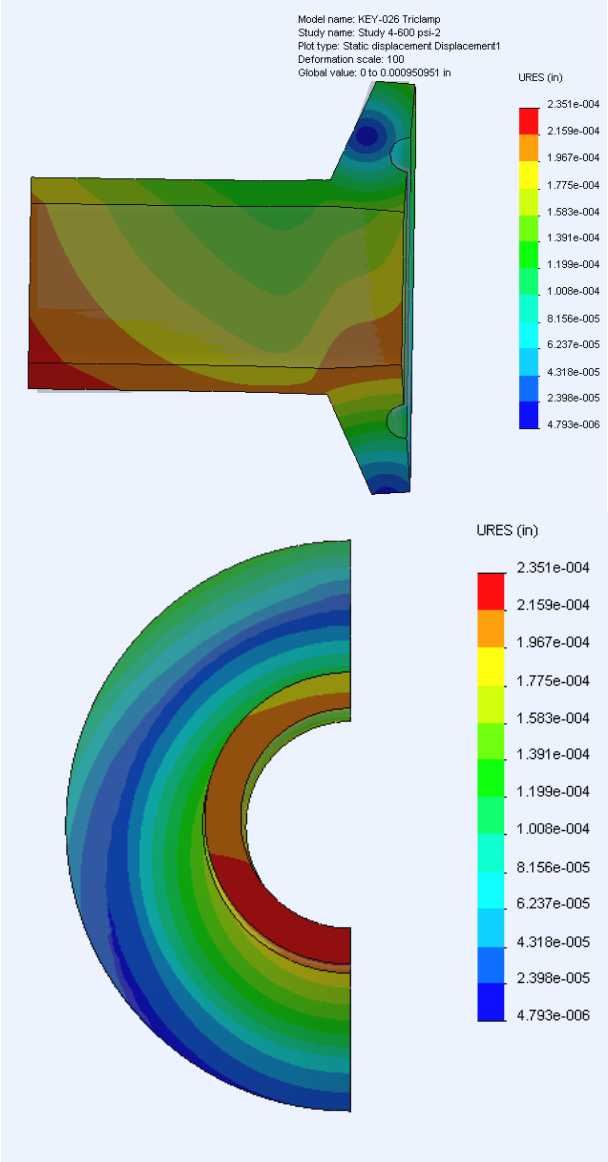


Overall Displacement: The figures above and below show the overall relative displacement as viewed from the inside and end, respectively. The peak relative displacement is 0.00095” as shown at the top of the clamp. The displacement in the flange is 0.00023”. Color band differences between the flanges and clamp show that the sliding contact was properly applied. Displacement is Acceptable.



Sample Report.
For information only.

Displacement, cont'd:



The resultant ferrule displacement is displayed in the figures to the left. The display has been capped at 2.351E-4 in, so that the colour bands could be differentiated. The clamp has been hidden both for clarity and because it is excluded from this analysis as it is already CRN approved.

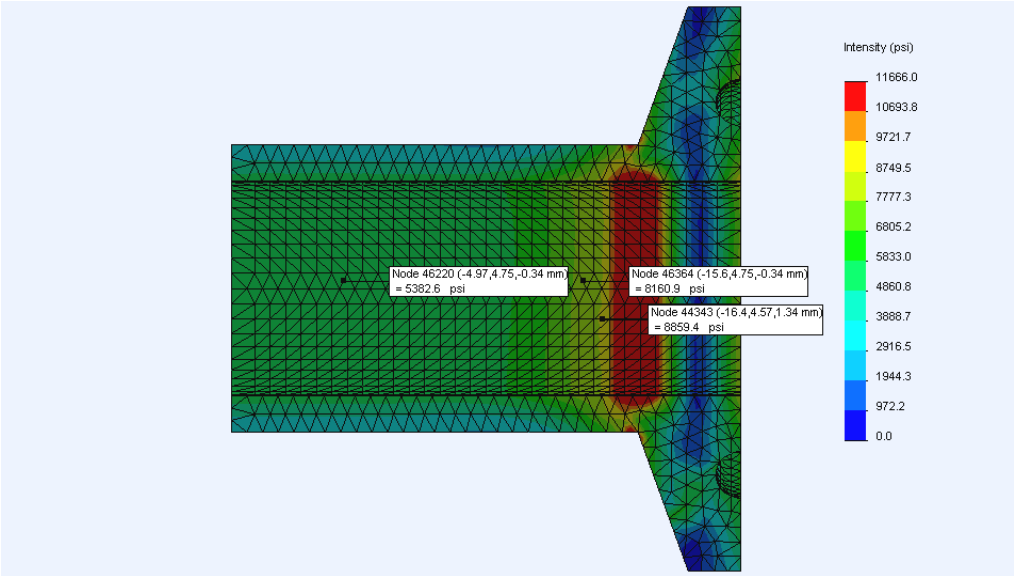
Upper Figure: The top flange shows rotation about the blue centre, while the lower flange shows rotation about the lower edge.

Lower Figure: The pattern noticed above is consistent with the lower figure, which shows a view from the back of the flange. The blue band, indicating resultant "zero" displacement travels from the centre of the upper flange down to the bottom edge of the lower part of the flange.

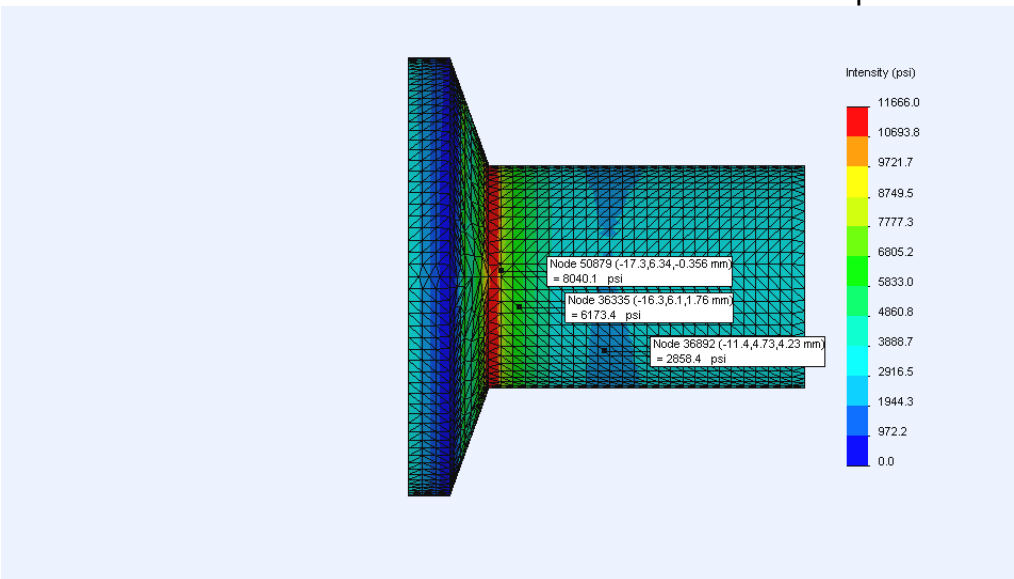
This movement is consistent with the overall clamp deformation. Because of the bolted upper connection, the clamp's rotation is observed relative to the solid section at the bottom, as seen on the previous page.

Sample Report.
For information only.

General Stress:



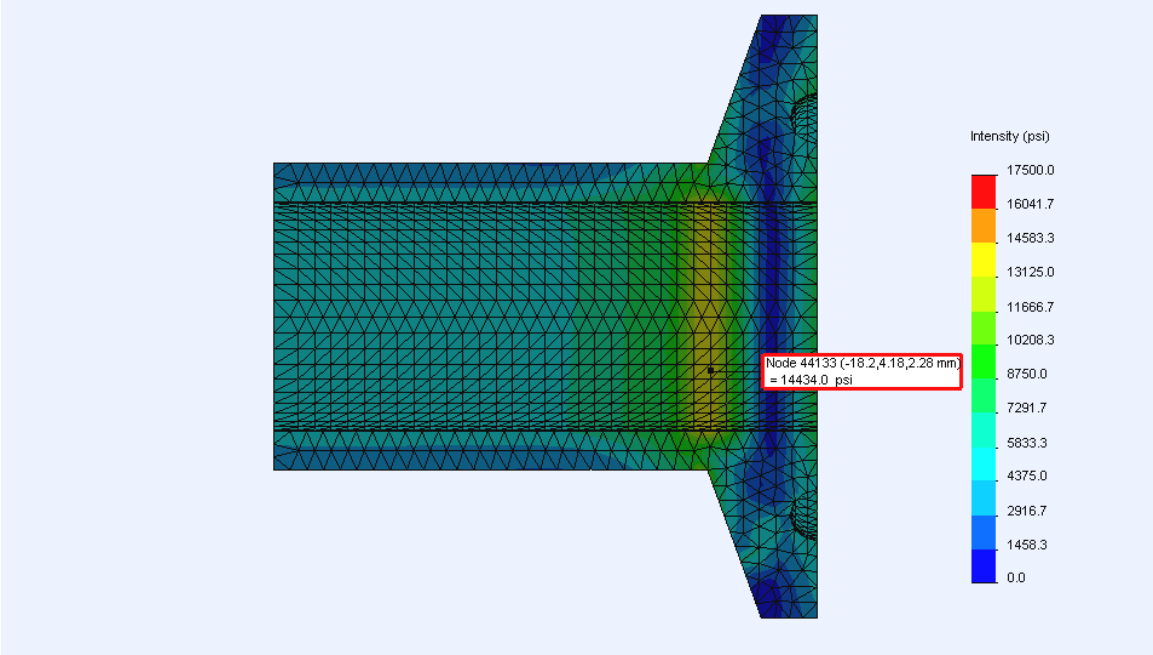
Inside General stress: The stress display has been capped off at the Primary Membrane allowable stress of 11,666 PSI. The highest general stress on the inside face is shown above to be 8,859 PSI, which is acceptable because it is less than the Pm limit noted above. Inside General Stress is acceptable



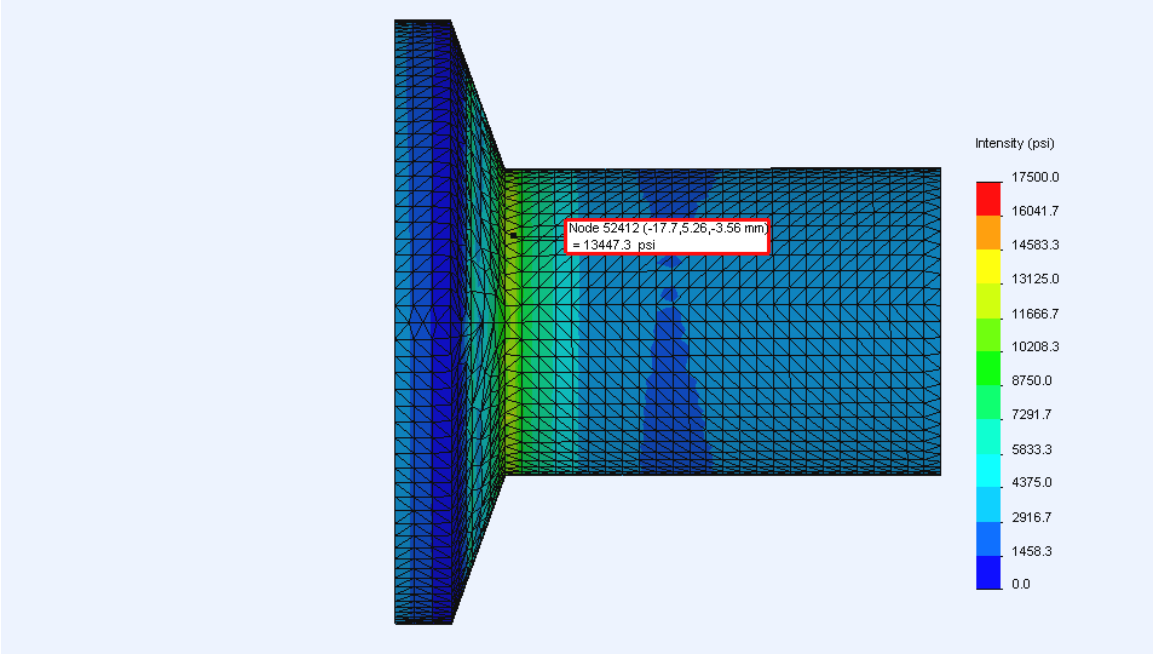
Outside General Stress: The figure above shows the Outside General Stress, with the display capped at the Pm limit. The highest general Primary stress is 8,040 PSI, as shown above. It is acceptable because it is less than Pm=11,666 PSI. General Outside Stress is Acceptable.

Sample Report.
For information only.

Local Stress:



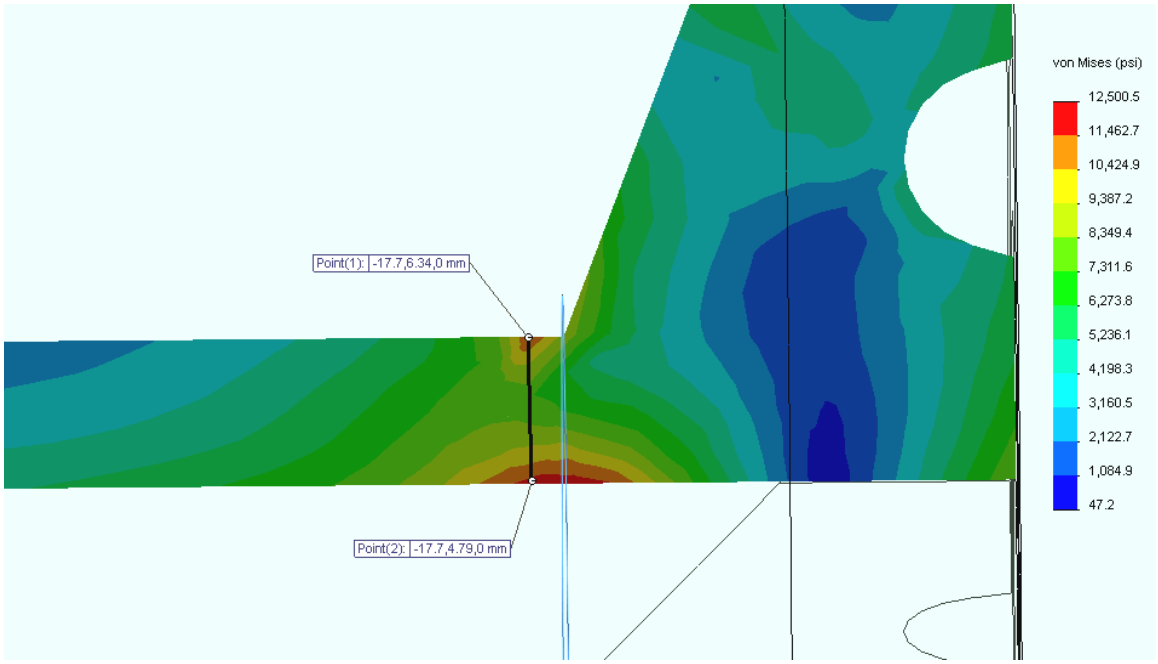
Inside Local stress: The stress display has been capped off at the Local Membrane+ Bending (Pl+Pb) allowable stress of 17,500 PSI. The highest Local Stress on the inside face is shown above to be 14,434 PSI, which is acceptable because it is less than the Pl+Pb limit noted above. Inside Local Stress is acceptable



Outside Local Stress: The figure above shows the Outside LocalStress, with the display capped at the Pl+Pb limit. The highest stress is 13,447 PSI, as shown above. It is acceptable because it is less than Pl+Pb=17,500 PSI. Outside Local Stress is Acceptable.

Sample Report.
For information only.

Stress Linearization:



Linearization: For the cross-sectional area shown above, the membrane stress is 7,694 PSI, which is acceptable because it is less than the allowable Pm stress of 11,666 PSI. The highest Pl+Pb (Local Membrane + Bending) stress is 11,821 PSI, which is less than the 1.5*kS limit of 17,500 PSI. Stress is acceptable.

Quantity, Units: psi	Normal X	Normal Y	Normal Z	Shear XY	Shear XZ	Shear YZ	von Mises
Membrane Stress	1228.7	1054.2	8143.6	-1837.2	55.262	-58.143	7694.1
Bending (Point 1)	8139.2	2266.7	1494.8	-1364	55.793	-18.837	6723.7
Membrane Stress + Bending (Point 1)	9367.9	3320.8	9638.4	-3201.2	111.05	-76.98	8311.1
Bending (Point 2)	-8139.2	-2266.7	-1494.8	1364	-55.793	18.837	6723.7
Membrane Stress + Bending (Point 2)	-6910.5	-1212.5	6648.8	-473.14	-0.5302	-39.306	11821

Please note that Stress Linearization is not required for this level of stress, but it has been included here for demonstration purposes only. The SCL (Stress Classification Line) has been taken a small distance away from the structural discontinuity, at location of highest stress on the back of the flange hub.

Sample Report.
For information only.

جلسه دوم

سلام و درود خدمت دوستان.

جلسه گذشته به بررسی الزامات کد در مورد الزامات عمومی کد و طراحی فشاری کامپوننتها پرداختیم.

در این جلسه موارد زیر را با هم بررسی می کنیم:

- استفاده از انواع کامپوننتها در سرویس سیالهای متفاوت
- استفاده از انواع جوینتهاو اتصالات در سرویس سیالهای متفاوت
- متریال
- تحلیل تنش و انعطاف پذیری، که بخشی ار آن در این جلسه ارائه می شود و در جلسه بعد تکمیل خواهد شد.

قبل از شروع مطالب این جلسه دو تا نکته در مورد محاسبه ضخامت لوله ها خدمت دوستان ارایه می کنم .این نکات الزام کد نیستند، صرفا بعنوان اطلاع و راهنمایی هستند.

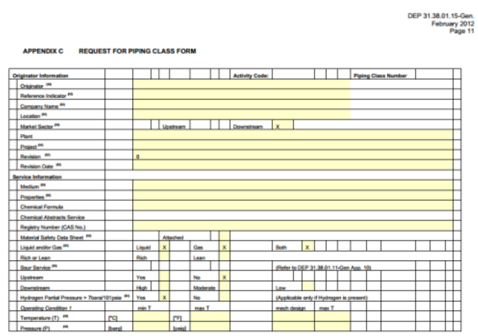
نکته ۱: در مورد بررسی ضخامت minimum retirement لوله میباشد، همانطور که می دانیم معمولا طراحی پلانتهای offshore برای 25 سال و پلانتهای onshore برای 30 سال می باشد .بررسی میزان عمر لوله های پلانت موجود مقادیر خوردگی ایجاد شده طبق API 570 و API 579 صورت می گیرد .اما در بعضی از اسپکها از طراح خواسته شده که حین طراحی پلانت جدید این بررسی انجام بده که ضخامت لوله از ضخامت نهایی لوله بعد از عمر طراحی پلانت کمتر نباشد . در جدول زیر نمونه ای از ضخامت minimum retirement آمده شده است.

Minimum Retirement Thickness for Pipe

[Y] Pipe NS	Minimum Retirement Thickness
[Y] 15 ($^1/_2$ in.)	1.65 mm (0.065 in.)
[Y] 20 ($^3/_4$ in.)	1.78 mm (0.070 in.)
[Y] 25 (1 in.)	1.85 mm (0.073 in.)
[Y] 40 (1$^1/_2$ in.)	2.00 mm (0.079 in.)
[Y] 50 (2 in.)	2.30 mm (0.091 in.)
[Y] 80 (3 in.)	2.80 mm (0.110 in.)
[Y] 100 (4 in.)	3.30 mm (0.130 in.)
[Y] ≥ 150 (6 in.)	3.80 mm (0.150 in.)

نکته ۲: برای سیستمهای پایپینگ که امکان دارد تحت Vacuum قرار بگیرند (فشار داخلی کمتر از فشار اتمسفر باشد) سعی شود برای محاسبه ضخامت نهایی لوله مقدار D/t<=150 حفظ شود، این امر برای جلوگیری از bucking لوله ها میباشد .

نکته: یکی از دوستان در مورد اینکه اگه یک کلاس جدید در PMS (دیکته شده) کارفرما نیاز باشد سوال داشتند، بعضی کارفرماها معمولا فرمهای درخواست کلاس خط دارند که می بایستی پیمانکار اونها رو پر کند. کارفرما مشخصات کلاس رو با توجه به کدهای متریال مختص خود (مثلا MESC برای شل) تهیه و به پیمانکارها ارسال می کنه.


DEP 31.38.01.15-Gen.
February 2012
Page 11

APPENDIX C REQUEST FOR PIPING CLASS FORM

Originator Information			Activity Code:		Piping Class Number
Originator					
Reference Indicator					
Company Name					
Location					
Market Sector	Upstream		Downstream	X	
Plant					
Project					
Revision	0				
Revision Date					
Service Information					
Medium					
Properties					
Chemical Formula					
Chemical Abstracts Service					
Registry Number (CAS No.)					
Material Safety Data Sheet	Attached				
Liquid and/or Gas	Liquid X		Gas X	Both X	
Rich or Lean	Rich		Lean		
Sour Service				(Refer to DEP 31.38.01.11-Gen App. 10)	
Upstream	Yes		No X		
Downstream	High		Moderate	Low	
Hydrogen Partial Pressure > 7bara/101psia	Yes X		No	(Applicable only if Hydrogen is present)	
Operating Condition 1	min T		max T	mech design	max T
Temperature (T)	[°C]		[°F]		
Pressure (P)	[barg]		[psig]		

این جلسه به الزامات کد برای استفاده از کامپوننتهای پایپینگ و انواع جوینتها در سرویس سیالهای متفاوت خواهیم پرداخت .منتهی قبل از شروع بررسی کوتاهی روی پیوسته G کد B31.3 با توجه به اهمیتی که کد به آن داده، داشته باشیم .

حفاظت:SAFEGUARDING :(Appendix G)

پیوست G کد در مورد مفهوم حفاظت بحث میکنه و مثالهایی از حفاظتهایی در بهره برداری، چیدمان پلانت و مهندسی را ارئه می دهد .توجه داشته باشید این پیوست جزء الزامات کد نیست و بعنوان گایدلاین و راهنمایی می باشد.

حفاظت (Safeguarding) اقدامات محافظتی است برای به حداقل رساندن خطر آسیبهای احتمالی به سیستم پایپینگ و یا به حداقل رساندن عواقب زیان آور به علت تخریب احتمالی سیستم پایپینگ .این عواقب زیان آور می تونه آسیب به محیط زیست، پرسنل و تجهیزات باشه.

اصولا کد اکثر مواردی که در برای داشتن یک سیستم ایمن نیاز می باشد را پوشش می دهد و موارد بالا به این معنی نیست که الزامات کد از لحاظ ایمنی کافی نیستند، بلکه برای بالاتر بردن ایمنی میباشند .

مثالهایی که در مورد حفاظتهای چیدمان تجهیزات و بهره برداری می شه زد:

۱- در نظر گرفتن شرایطی (فاصله بین تجهیزات، جهت چیدمان آنها) که جریان هوا بتونه بهتر و آزادانه تر بین تجهیزات مخصوصا در جاهای خطرناک جریان داشته باشه. که البته این مورد در سکوهای offshore نمود بیشتری پیدا می کنه.

۲- تهیه پروسیجرهای مناسب برای راه اندازی، بهره برداری و شات داون پلانت جهت حداقل آسیب و تخریب به سیستم پایپینگ بشه (مانند به آرامی بالا بردن و پایین آوردن فشار، به تدریج گرم کردن یا سرد کردن سیستم)

مثالهایی که در مورد حفاظت در طراحی و مهندسی می شه زد:

۱- در نظر گفتن عایق حرارتی یا تمهیدات در فرآیند سیستم برای محافظت آن از شوک های حرارتی و تغییرات دمایی زیاد

۲- حفاظت پرسنل و تجهیزات از آسیبهای احتمالی سیستم پایپینگ با دیدن حفاظتهایی در Valve Bonnet ، جوینتهای پایپینگ، تعداد بیشتر شیرها...

نکته :تعداد زیادی از موارد بالا در جلسات HAZID و HAZOP بررسی می شوند.

در ادامه به بررسی الزامات کد برای استفاده از انواع کامپوننتها در سرویس سیالهای متفاوت خواهیم پرداخت .

-لوله های مطابق با استاندارد های لیست شده می توانند در کتگوری N استفاده شوند.

-تعدادی از اسپکهای لوله شامل کلیهFurnace butt Weld ها فقط در کتگوری D استفاده می شوند.

-تعدادی از اسپکهای لوله که فقط در کتگوری D استفاده می شوند، با در نظر گرفتن تمهیدات حفاظتی می توانند در سایر سرویس سیال ها هم بکار روند.

-فقط لوله های مشخص شده در پاراگراف 305.2.3 می توانند در شرایط سیکلی بالا (severe Cyclic Conditions)استفاده شوند.

فیتینگها : (306)

انواع فیتینگها :

-سه راهی :Tee ممکن سایز انشعاب هم سایز خط اصلی Equal Tee یا کوچکتر از ان Reduced Tee باشد.

- Oletها :کامپوننتهای انشعاب گیری که شامل موارد Threadolet, Sockolet, Weldolet, Nipolet, Elbolet, Flangolet,هستند.

-ردیوسر :Reducer شامل دو نوع Concentric, Eccentric می شود.

- Swage Nipple: مطابق استاندارد MSS-SP-95 انتخاب می شوند.

-زانویی :Elbow که شامل زانویی 90 یا 45 درجه می باشند .زانویی های 90 درجه ممکن است Long radius R=1.5 Dیا short Radius R=1 D باشند .

- Cap & Plug

-یونیون و کوپلینگCoupling & Union

- Cross

همچنین Lap-joint stub end به سه نوع تقسیم شوند :

۱- Fabricated Lap: با جوشکاری ساخته می شوند.

۲- Flared Lap: توسط گشادکردن (Flaring) مقطعا انتهایی لوله ساخته می شوند.

۳- Forged Lap: به صورت فورج ساخته می شوند.

استاندارد Lap joint ها ASME B16.9 می باشد.

• Carbon & Alloy Steel

• Stainless Steel

• Socket Welding Fittings

90° Elbow	45° Elbow	Tee	Cross
Coupling	Reducer	Cap	Union

• Threaded Fittings

90° Elbow	45° Elbow	Tee	Cross
Coupling	Half Coupling	Cap	Union
Hex. Head Plug	S.Q. Head Plug	Round Head Plug	Hex. Head Bushing
Boss	Insert	Nipple	Swage Nipple

• Outlets

معمولا فیتینگها بر اساس استانداردهای لیست شده در کد انتخاب می شوند .برای فیتینگهایی که لیست نشده اند میبایستی بر اساس پاراگراف 304 طراحی فشاری شوند و سپس براساس پاراگراف 304.7.2 صلاحیت آن بررسی می شود.

نکته :1 فیتینگهای مطابق استانداردهای لیست شده کد برای category N مناسب می باشند(البته برای بعضی از فیتینگها کد شروطی معین کرده است)

نکته :2 اصولا توجه و الزامات محدودیتی کد در این بخش بیشتر معطوف به این هست کامپوننت یا جوینتی) جدا از نوع سرویس سیال (در شرایط سیکلی بالا (Severe Cyclic Condition) قرار بگیرد .

موارد زیر برای استفاده فیتینگها در شرایط سیکلی بالا توسط کد منع شده اند :

۱- فیتینگهای مطابق استانداردهای MSS SP-43 وMSS SP-119

۲- لپ جوینتهای Type C

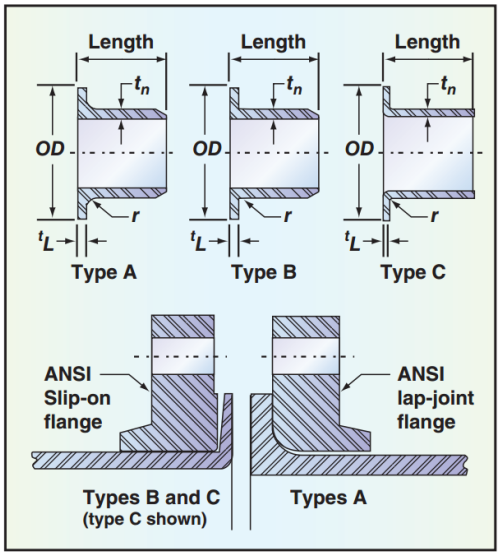


FIGURE 5. Stub-ends serve to complete lap joints

۳- فیتینگهای غیر از فیتینگهای فورج، Wrough با ضریب کیفیت جوش Ej>=0.9 وریخته گری شده با Ec>=0.9

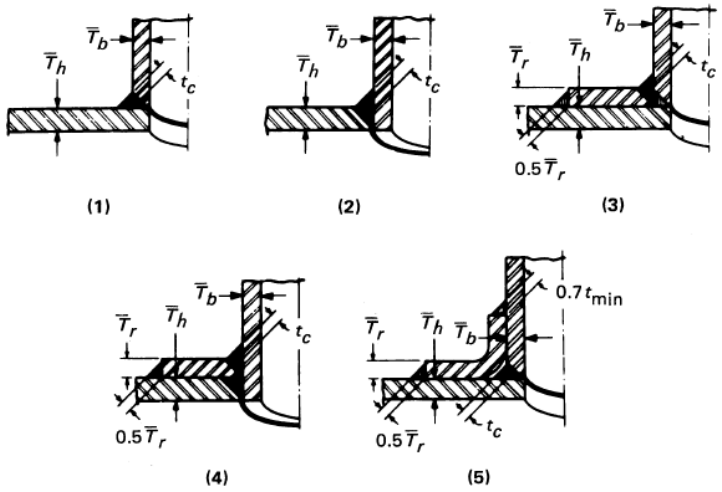
۴- خم های لوله corrugated یاCreased

۵- مایترهای با زاویه $\alpha>22.5^\circ$

۶- انشعابات ساخته شده از نوع set on یا Stub-on (موارد1 ، 3 و 5 از شکل زیر)

نکته :در چنین شرایطی استفاده از Sweepolet گزینه بسیار خوبی می باشد.

Fig. 328.5.4D Acceptable Details for Branch Attachment Welds



نکته : در مورد اینکه چه نوع انشعابی برای انشعاب گیری مناسب است کد B31.3 اشاره و الزامات مشخصی ارایه نکرده است. محاسبات مربوطه به پاراگراف ۳۰۴,۳ صرفا محاسباتی بر اساس فشار طراحی هستند و کد تنها در پارگراف ۳۰۴,۳,۵ توضیحات کلی در انشعابات Pipe to pipe و استفاده از پدهای تقویتی Reinforcement padدر پاراگراف 304.3.5 الزامات کلی را در مورد طراحی لحاظ کرده که تعدادی از آنها به شرح زیر میباشد :

- می بایستی ممان ها و نیروهای ناشی از بارهای انبساطی، وزنی و ... را در طراحی انشعابات در نظر گرفت.

- از انشعابات pipe to pipe تحت شرایط تنشی تکرار شونده ناشی از وایبریشن و سیکلهای دمایی اجتناب کرد. همچنین وقتی سایز انشعاب به سایز لوله نزدیک می باشد نیز بهتر است استفاده نشود.

- برای انشعابات سایز کوچک از هدر با سایز بزرگ هم توجه ویژه ای به انعطاف پذیری می بایستی کرد .

وعلاوه بر موارد بالا مطابق کد استفاده از Stub-on در شرایط سیکلی بالا را محدود کرده است .(آیتم 6 بالا).

همچنین نمی توان نسخه یکسانی برای همه پروژه ها تعریف کرد. این مطلب بستگی به کارفرمای پروژه و شرایط پروژه دارد. بطور مثال برای پروژه های بالادستی (علی الخصوص پروژه های offshore) با توجه به حساسیتی که بخاطر فشارهای بالاتر و ایمنی بر روی این بخش هست، کارفرماها معمولا سختگیری بیشتری نسبت به پروژه های پایین دستی دارند و بالطبع طراحی ها دست بالاتر هست.

پس اولین گزینه مراجعه به اسپکهای کارفرمای پروژه و بویژه مدرک PMS (pipig material Speification) پروژه است که برای هر کلاس خط جداول انشعاب گیری مشخص شده است.

اما همانطور که در جلسه قبل اشاره شد کد B31.3 راه را برای طراح نبسته است و طراح پروژه با توجه به شرایط پروژه، هزینه ها و ... می تونه گزینه های دیگه ای را مطرح کنه و کارفرما پس از بررسی تایید و رد کنه.

برای انتخاب انشعابات پارامترهای زیادی می شه در نظر گرفت. تعدادی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در انتخاب انشعابات بشرح زیر هستند:

- هزینه: متریال، سایز و ساخت

- استحکام در برابر ممانهای خارجی

- قابلیت تست و معاینه

با توجه به موارد بالا بررسی روی انواع انشعابات انجام می دهیم. این توضیحات صرفا بر اساس اطلاعات و تجربه خودم در چند پروژه ای که کار کردم هست و خوشحال می شم دوستان با توجه به تجربه های گرانبهایی که دارند، نکاتی را مطرح کنند و این موارد را تکمیل کنند تا بتونیم نتیجه خوبی از این مبحث بگیریم.

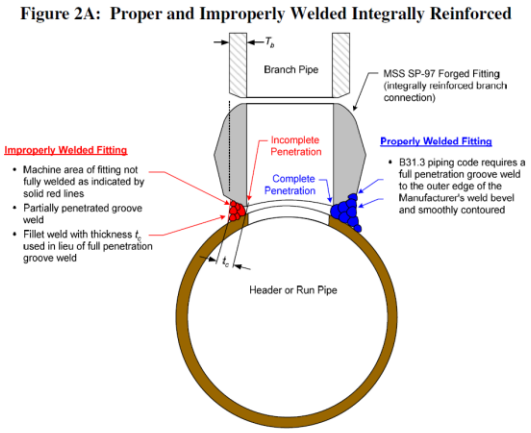
Olet یا Outlet:

این فیتینگها با توجه به نوع اتصالشون ممکنه به صورت Weldolet، sockolet و یا Threadolet باشند. همینطور بنا به طراحی ممکنه روی زانویی نصب شئند که Elbowlet و یا به صورت زاویه دار Latrolet باشند. تکلیف sockolet و Threadolet که مشخص هست، معمولا در سایزهای زیر ۲ اینچ بکار می روند (با در نظر گرفتن الزامات کد و اسپک پروژه). اما در مورد Weldolet با توجه به استحکامی که این فیتیگها دارند بعنوان Integrally Reinforced Forged Branch Outlet Fittings شناخته می شوند و نیازی به تقویت با پد ندارند.

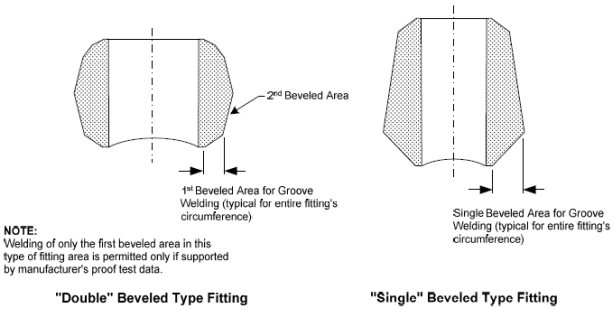
مطابق استاندارد MSS SP-97 تا سایز انشعاب ۲۴ اینچ می توان استفاده کرد، ولی معمولا در پروژه ها تا سایز انشعاب ۱۰ اینچ استفاده می شوند. فیتینگهایی که بصورت set-on یا Stub-on بر روی لوله اصلی می نشنند و با توجه به اینکه عملا تستهای RT و UT برای جوش آنها بسیار سخت می باشد، در جوشکاری آنها دقت زیادی می بایستی بخرج داد. در شکل زیر شماتیک جوش مناسب و نا مناسب نشان داده شده است. اگر جوشکاری درست انجام شود جوش با نفوذ کامل Full penetration خواهیم داشت.

ضریب تمرکز تنش SIF برای این فیتینگها در حد قایل قبولی می باشد و بعبارت دیگر تمرکز تنش این فیتینگها بالا نیست.

از این انشعاب نمی توان انشعاب هم سایز با خط اصلی گرفت. در بعضی از اسپکها نسبت سایز انشعاب به سایز خط اصلی را ۰,۸ برای Welolet مشخص کرده اند. محدودیت دیگه ای که می شه اشاره کرد در خطوطی که ضخامت خط اصلی پایین است (مانند خط Flare) با توجه به حجم جوش در محل اتصال، نمی توان از آن استفاده کرد.



در بعضی از موارد بر اساس مشخصت فیتینگ، جوش این فیتینگها می تواند single و double باشد. مطابق شکل زیر:



سه راهی Tee:

سه راهی ها بهترین فیتینگهای انشعاب گیری می باشند. کلیه سر جوش ها قابل تست غیر مخرب هستند و تقریبا پایین ترین ضریب تمرکز تنش SIF را در روشهای انشعاب گیری دارند. در دو نوع Equal Tee و RT (Reduced Tee) هستند که معمولا در نوع RT سایز انشعاب تا یک سایز کمتر از نصف سایز خط اصلی موجود میباشد. بر اساس استاندارد ASME B16.9 انتخاب می شوند. عملا این فیتینگها با توجه به منحنی که در محل

انشعاب دارند، سیال با تلاطم کمتری در محل انشعاب عبور می کنه و همینطور مقاومت بالایی نسبت به خستگی، شرایط سیکلی شدید و وایبریشن دارند.

از خانواده سه راهی ها می توان به Lateral Tee اشاره کرد که البته در استاندارد ASME B16.9 نیست و می بایستی بعنوان Special Item در نظر گرفت و تهیه کرد.

تنها عیبی که در مورد این فیتینگها می توان اشاره کرد قیمت (قابل توجه) بالاتر این فیتینگهاست و همین امر باعث می شه طراح و بعضا کارفرما برای کاهش هزینه ها دنبال روش ارزانتزی برای انشعاب گیری باشد.

Stub-in و Stub-on:

روش انشعاب گیری Pipe to Pipe به دوصورت انشعاب از روی سطح روی لوله (Stub-on) و یا انشعاب از داخل لوله اصلی (Stub-in) انجام می گیرد. Stub-in با نامهای دیگر هم گفته می شود مانند Set-in و Sit-in و همینطور برای Stub-on که به نام های Set-on و Sit-on شناخته می شوند. این انشعابات می توانند (در صورت نیاز در محاسبات پاراگراف ۳۰۴,۳) با پد تقویتی هم بکار روند. این انشعابات فیتینگ نیستند و استانداردی هم برای آنها وجود ندارد. عملا ارزانترین روش انشعاب گیری هستند.

منتهی با توجه به با توجه به نوع اتصال بین لوله انشعاب و خط اصلی (شامل تغییرات سریع و تیز) در آن محل تمرکز تنش زیادی خواهیم داشت که البته به تقویت توسط پد شرایط بهتر می شود. بالاترین تمرکز تنش را دربین انشعابات دارد. در خطوطی که وایبریشن و یا دمای بالا معمولا استفاده نمی شوند. امکان تست مناسب جوشها وجود ندارد.

با توجه به موارد بالا معمولا کارفرماها در پروژه ها زیر بار استفاده از این نوع انشعاب (بویژه بدون پد تقویتی) نمی روند و در خیلی از پروژه ها (بویژه offshore) استفاده از آنها ممنوع می باشد (و یا با محدودیت و در شرایط خاص استفاده می شوند).

موارد استفاده آنها را می توان به خطوط دما و فشار پایین (مانند یوتیلیتی) و یا خط flare اشاره کرد (البته با پد تقویتی). اتصال pipe to pipe با توجه به ریسک بالایی که دارد معمولا استفاده نمی شود.

بین این دو نوع انشعاب، بخاطر نفوذ جوش بهتر در محل اتصال Stub-in ترجیح داده می شود. بعنوان گایدلاین معمولا انشعاب Stub-on هم سایز یا یک سایز پایینتر از خط اصلی می باشد و از Stub-in برای سایر سایزها (دو سایز کوچکتر از خط اصلی و کوچکتر) بکار می رود.

شکل زیر انواع پدهای تقویتی برای انشعاب Pipe to Pipe هست که از کتاب Design Of Piping Systems از شرکت M.W.Kellogg آورده شده است. توصیه می کنم حتما این کتاب رو مطالعه کنید.

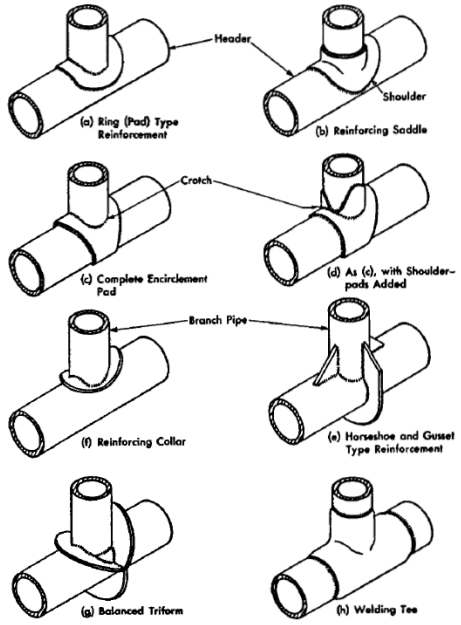
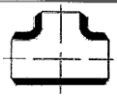
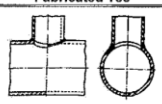
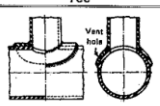
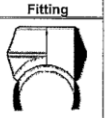


FIG. 3.11 Types of reinforcement for branch connections.

جدول زیر صرفا مقایسه ای هست بین ضرایب تمرکز تنش بین روشهای توضیح داده شده بالا..

BRANCH CONNECTIONS

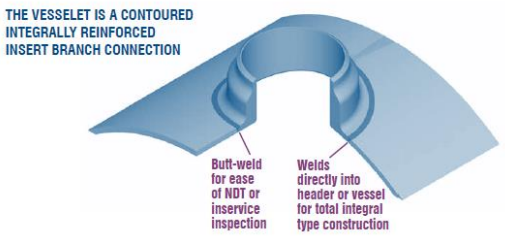
	Tee	Unreinforced Fabricated Tee	Reinforced Fabricated Tee	Branch Connection Fitting
				
Stress Intensification Factor [NPS 8 (DN 200) STD WT header]	2.3	4.9	2.5	2.2
Effective examination methods	Radiographic Visual	Visual	Visual	Visual

با توجه به پاراگرافهای302.2.2 ، 304.3 ، 328.5.4 و 306.1.3 کد B31.3 استفاده از فیتینگهای لیست نشده با شرط انجام و تطبیق الزامات کد در پاراگراف 304.7.2 مجاز دانسته شده، سازنده های فیتینگ با توجه به هزینه و قابل اعتماد بودن دست به طراحی و ساخت فیتینگهایی برای انشعاب گیری زدن. یکی از شرکتهای شناخته شده در این زمینه شرکت Bonney Forge هست. در ادامه تعدادی از فیتینگهای خاص ساخت شرکت رو برای انشعاب گیری بررسی می کنیم.

Sweepolet:

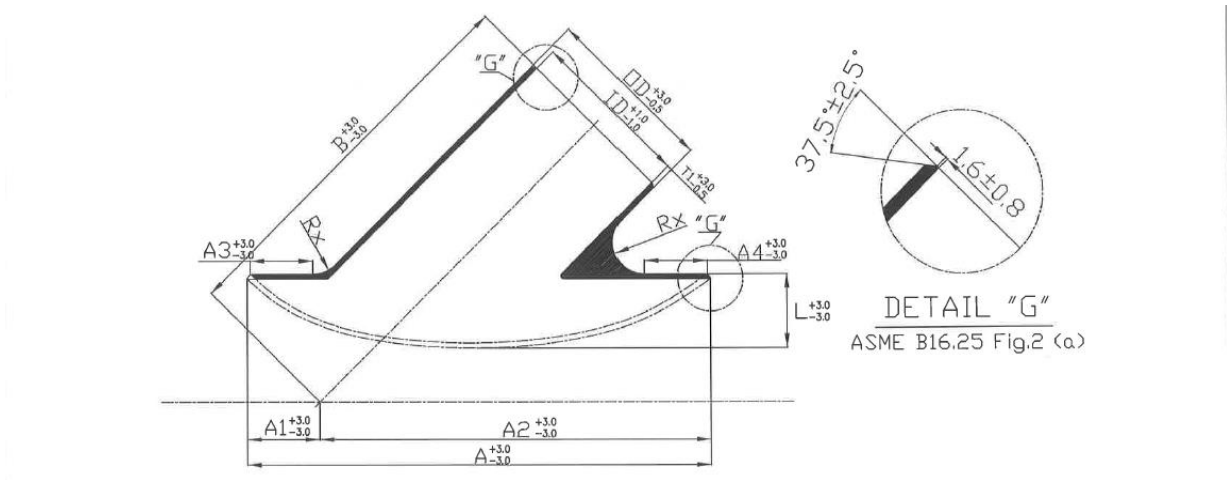
اگر به شکل این فیتینگ دقت کنیم در محل انشعاب دارای منحنی می باشد که باعث می شه در برابر خستگی و بارهای سیکلی شدید مقاومت بهتری داشته باشه و همین طور جریان به صورت آرامتر به انشعاب وارد می شه. همچنین سرجوشهای این فیتیگ را می توان تستهای غیر مخرب انجام دادو تمرکز تنش پایینتری نسبت به انشعابات Pipe to pipe دارد. نصب این فیتینگ هم آسان می باشد.

Vesselet:



مشخصات این فیتینگ هم مشابه sweepolet میباشد با این تفاوت که ضخامت در محل انشعاب بیشتری دارد. قابلیت انجام تست های غیر مخرب NDT و عمر بیشتر در مقابل بارهای سیکلی و خستگی دارد. عملا در اینجا اتصال Butt-weld داریم. براحتی قابل نصب می باشد.

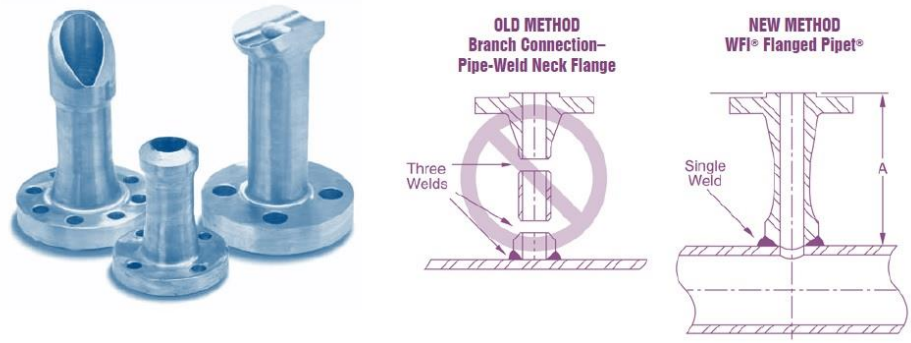
همچنین می توان انشعاب با زاویه عیر از ۹۰ درجه استفاده کرد. در یکی از پروژه های اخیر از Vesselet با زاویه ۶۰ درجه بجای Lateral Tee استفاده کردیم (عکس زیر). البته از سازنده خواستیم که هم آنالیز finite element و هم تست Proof را روی این فیتینگ انجام دهد.



TAG NO.	RATING	MATERIAL	PIPING CLASS	SIZE	SCH.	T1	OD	ID	A1	A2	A3	A4	A	B	Rx	L	Q'TY
SP-16302 SP-16303 SP-16304	CL150	A350-LF2 CL.1	11492A	600 X 250	S/20-S/100	18.26	273	236.4	14.9	724.9	100	100	739.8	788.6	50	92	3 Nos

Pipet:

فیتینگ Pipet یا Branch outlet with flange که در اسپک پایپینگ خیلی از شرکتها هست و عملا دو سر جوش صرفه جویی می شه. خود شکل کاملا گویاست و نیاز به توضیح اضافه ای نداره.



نکته :یکی از استانداردهایی که به این مورد پرداخته ASTM F681 هست که مورد استفاده آن در پایپینگ کشتی و پروژه های marine میباشد .در این استاندارد جداولی برای انشعاب گیری مشخص کرده و عملا از انشعاب pipe to pipe در خیلی از سایزها استفاده کرده (شکل زیر)، با توجه به اینکه این استاندارد جزء استانداردهای لیست شده کد B31.3 نمی باشد نمی توانیم به آن استناد می کنیم.

TABLE 1 Branch Connection Matrix for Carbon Steel Piping
LEGEND (see Fig. 1)

1 = Tee or lateral (butt weld)
2 = Tee or lateral (socket weld or threaded)
3 = Welded outlet (butt weld end)
4 = Welded outlet (socket weld or threaded end)
5 = Fabricated joint (cut-in branch)

BRANCH SIZE (NPS), in.

MAIN OR RUN SIZE (NPS), in.	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18
1/4	2																			
3/8	2	2																		
1/2	2	2	2																	
3/4	2	2	2	2																
1	2	2	2	2	2															
1 1/4	2 4	2 4	2 4	2	2	2														
1 1/2	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4												
2	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 5	2 5											
2 1/2	4	4	4	4	4	4	4 5	1 5	1 5											
3	4	4	4	4	4	4	1 4, 5	1 5	1 5	1 5										
3 1/2	4	4	4	4	4	4	1 4, 5	1 5	1 5	1 5	1 5									
4	4	4	4	4	4	4	1 4, 5	1 4, 5	1 5	1 5	1 5	1 5								
5	4	4	4	4	4	4	1 4, 5	1 4, 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5							
6	4	4	4	4	4	4	4 5	1 4, 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5						
8	4	4	4	4	4	4	4 5	1 4, 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5					
10	4	4	4	4	4	4	4 5	4 5	3 5	3 5	3 5	3 5	1 5	1 5	1 5	1 5				
12	4	4	4	4	4	4	4 5	4 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	1 5	1 5	1 5			
14	4	4	4	4	4	4	4 5	4 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	1 5	1 5	1 5	1 5		
16	4	4	4	4	4	4	4 5	4 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	1 5	1 5	1 5	1 5	
18	4	4	4	4	4	4	4 5	4 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	1 5	1 5	1 5	1 5

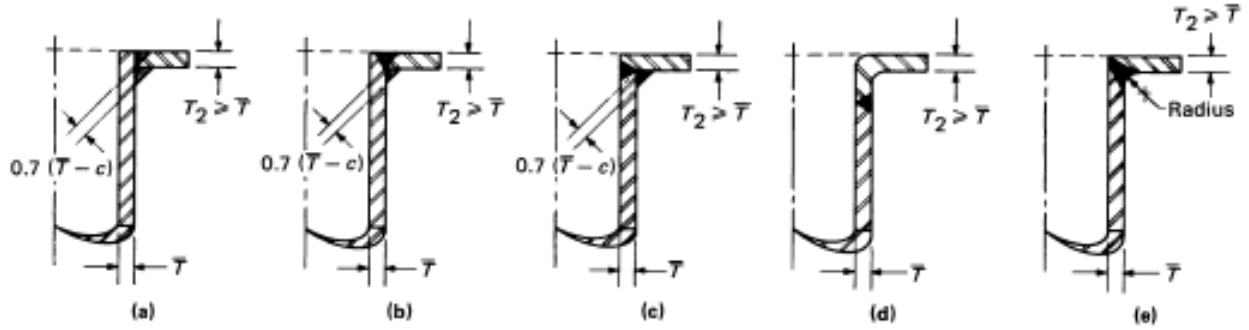
بر گردیم به مبحث اصلیمون در مورد الزامات کد در مورد فیتینگها. موارد زیر الزامات کد در مورد استفاده در سرویس سیالهای مختلف میباشد:

۱- مایتر ها با زاویه $\alpha>45°$ را تنها در سرویس سیال Category D می توان استفاده کرد.

۲- الزامات کد در پاراگراف 306.4 شامل لپ جوینتهای مطابق استاندارد B16.9 نمی باشد .

لپ جوینتهای Fabricated را می توان برای سرویس سیال Category N استفاده کرد چنانچه قطر خارجی براساس ASME B16.9 باشد، ضخامت و تنش مجازش مطابق با لوله متصل باشد و یا بیشتر باشد، جوشکاری بر اساس بندهای 311 و ساخت آن بر اساس بند 328.5.5 باشد .

Fig. 328.5.5 Typical Fabricated Laps



GENERAL NOTE: Laps shall be machined (front and back) or trued after welding. Plate flanges in accordance with para. 304.5 or lap joint flanges in accordance with ASME B16.5 may be used. Welds may be machined to radius, as in sketch (e), if necessary to match ASME B16.5 lap joint flanges.

لپ جوینتهای Flared را می توان در سرویس سیال Category N استفاده کرد اگر شرایط کد در پاراگراف 306.4.2را داشته باشد.

لپ جوینتهای فورج را هم می توان در سرویس سیال Category N استفاده کرد اگر شرایط پاراگراف 332 را کاور کند.

۳- خم هایی که بر اساس پاراگراف 304.1.2 و همچنین پاراگراف های 332.2.1 و 332.2.2 ساخته شوند برای سرویس سیال مشابه مورد استفاده در لوله قابل استفاده می باشند.

۴- انشعابات طراحی شده بر اساس مشخصات پاراگراف 304.3 را می توان در کتگوری N استفاده کرد.

ولو و آیتمهای Special (۳۰۷):

در پاراگراف۳۰۷ کد الزاماتی برای شیرها مشخص کرده است و البته این الزامات برای کامپوننتهای Special مانندstrainer ، Trap نیز قابل استناد می باشد. البته استاندراد ولو ها B16.34 میباشد و همچنین API 6D که اخیرا به استانداردهای کد اضافه شده البته با شروطی که در جدول ۳۲۶,۱ برای استاندارد API 6D مشخص کرده است.

نکته :کد B31.3 در مورد انتخاب و طراحی شیرها مطلب خاصی نداره و فقط الزامات این پاراگراف و توصیه های پیوست F در مورد شیرها می باشد . اما الزام کد برای ولوها:

- ولولهای Bolted Bonnet که با کمتر از ۴ پیچ یا با U-Bolt به بدنه وصل شده اند فقط برای سرویس سیال کتگوری D کاربرد دارند. (۳۰۷,۲,۱)

- Stem retention: ولو باید طوری طراحی شود که stem ولو از ولو جدا نشود (Eject نشود) تحت هر فشار داخلی سیستم و یا اگر اجزا آببندی ولو مانند packing gland برداشته شوند.(که این مورد بنام Anti Blow-out در اسپکها و مدارک Vendor هست.)

همچینین مطابق F307 از پیوست F ولوهای Extended Bonnet برای جاهایی دمای سیال ممکن است برای پکینگ ولو ایجاد مشکل و نشتی کند (دمای سیال خیلی پایین یا Cryogenic و یا خیلی بالاست)، توصیه می شود. البته برای سیال Cryogenic میبایستی پکینگ مباسب با شرایط دمای پایین انتخاب کرد.

جهت راهنمایی جدول زیر از استاندارد شرکت شل در مورد نحوه انتخاب شیر رفرنس خیلی خوبی است (۱ بهترین و 10 بدترین است).

Table 29 Valve Selection

Advantages and Disadvantages of Valve Types		On - Off valves																		Non - return	
		Quarter Turn Valves											Rising Stem								
		Ball				Butterfly			Plug			Gate				Globe		Check			
		Reduced Bore		Full Bore		Conc.	Double OS	Triple OS	Reduced Port			Wedge	Slab	Expanding		Straight	Y - type	Piston/ Ball	Swing	Dual plate	
		Soft	Metal	Soft	Metal	Soft	Soft	Metal	M/M	Sleeved	Lubr	M/M	M/M	M/M		M/M	M/M	Metal	Metal	Metal	
Manual Operation	Shut Off Capability Clean Service	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1		2	2	3	3	3	
	Shut Off Capability Dirty Service	10	2	10	2	2	10	3	2	2	1	3	1	1		3	3	3	3	3	
	Possible External Leakpaths	2	2	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4		4	4	2	5	1	
	Pressure Drop/ Flow Restriction	3	3	1	1	2	3	4	4	4	4	2	1	1		10	4	8	3	5	
	Throttling Capability	8	5	10	7	3	3	3	5	5	3	3	8	8		1	1	NA	NA	NA	
	Effort to Operate	1	3	2	4	2	3	4	6	4	8	7	8	8		6	6	NA	NA	NA	
	Speed of Operation	1	2	2	4	1	2	3	4	2	4	10	10	10		8	8	NA	NA	NA	
	Expected Life Clean Service	1	2	2	4	1	2	3	3	2	1	2	1	1		2	2	2	2	2	
	Expected Life Dirty Service	8	2	10	2	2	4	3	4	4	2	3	2	1		3	2	3	2	2	
	Possibility of being Pigged	NP	NP	1	1	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1	1	1		NP	NP	NP	1	NP	
	Possibility of Creating Surge Pressure	6	6	8	8	10	8	8	2	5	3	2	1	1		2	2	2	4	2	
	Possibility of Exc. Cavity Pressure Liquid Service	8/3 *	3	8/3 *	3	NA	NA	NA	3	3	8	9	9	9		NA	NA	NA	NA	NA	
	Weight	3	3	6	6	1	1	2	5	5	5	10	9	10		8	8	8	8	2	
	Size	3	3	5	5	1	1	2	4	4	4	10	9	10		8	8	8	8	3	
Pressure drop over an equivalent pipe length based on the number of pipe diameters		65	65	8	8	25	55	60	60	60	60	13	8	8		135	80	135	50	75	

فلنجها،Blank ، Flange facing و گسکت :(308)

فلنج :

اکثر قریب به اتفاق فلنجها را می توان بر اساس استانداردهای لیست شده کد در جدول 326.1 انتخاب کرد، مطابق لیست زیر:

(1) ANSI B16.1, Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings
(2) ASME B16.5, Pipe Flanges and Flanged Fittings
(3) ASME B16.24, Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings: Classes 150, 300, 600, 900, 1500, and 2500
(4) ASME B16.36, Orifice Flanges, Classes 300, 600, 900, 1500, and 2500
(5) ASME B16.42, Ductile Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings, Classes 150 and 300
(6) ASME B16.47, Large Diameter Steel Flanges, NPS 26 Through NPS 60
(7) ASME B16.48, Steel Line Blanks
(8) AWWA C115, Flanged Ductile-Iron With Ductile-Iron or Gray-Iron Threaded Flanges
(9) AWWA C207, Steel Pipe Flanges for Water Works Service, Sizes 4 Inch Through 144 Inch (100 mm Through 3,600 mm)
(10) MSS SP-44, Steel Pipe Line Flanges
(11) MSS SP-51, Class 150LW Corrosion-Resistant Cast Flanges and Flanged Fittings
(12) MSS SP-65, High-Pressure Chemical Industry Flanges and Threaded Stubs for Use With Lens Gaskets

همانطور که در فصل اول اشاره شد فلنجهایی که در لیست استانداردها نیستند را می بایستی مطابق کد ASME SEC.VIII DIV.Iطراحی شوند و در صورت عدم امکان، الزامات کد در پاراگراف 3047.2 می بایستی استفاده شود.

انواع فلنجها : انواع فلنجها به شرح زیر می باشد:

Welding Neck Flange	WN
Long Welding Neck Flange	LWN
Slip on Flange	SO
Lap Joint Flange	LJ
Screwed Flange	SCR
Expander Flange	EXP FLG
Reducing Flange	(screwed or slip-on)
Socket weld Flange	SW
Blind Flange	
Orifice Flange	- includes jack screws and flange taps

انواع Flange Facing هم به شرح زیر است، بر اساس ASME B46.1 میباشد.

Flat Face FF

Raised Face RF

2 mm for 150# and 300# flanges

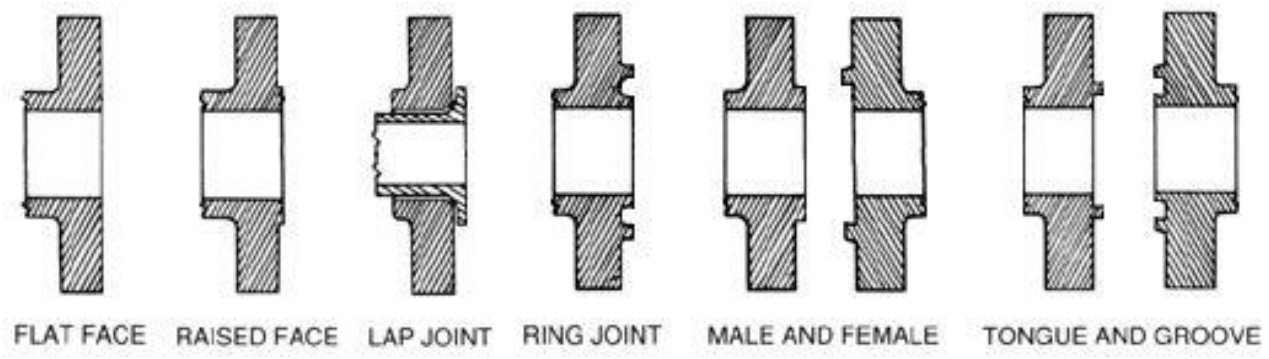
7 mm for 400# to 2500# flanges

These facings are generally serrated

Male and Female M&F

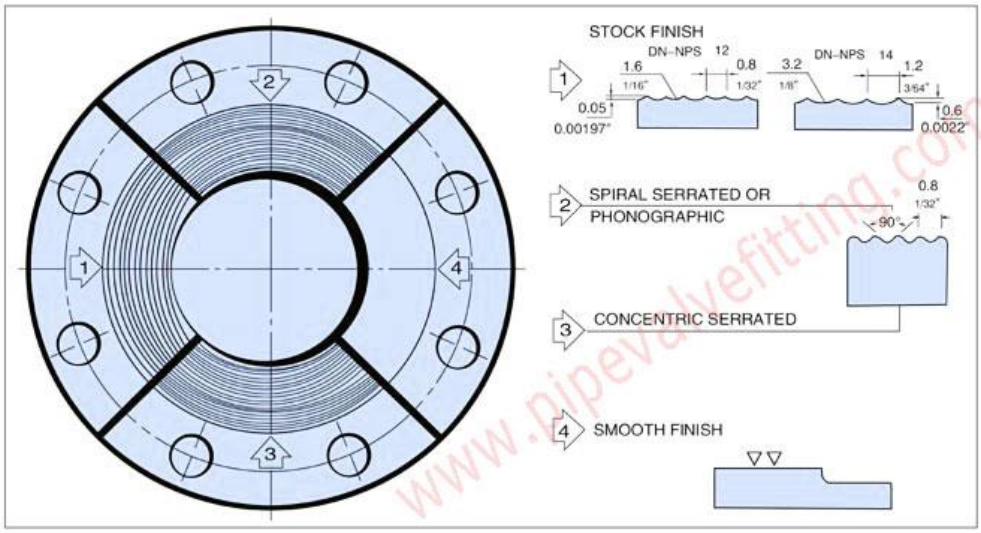
Tongue and Groove T&G

Ring Type Joint RTJ



STANDARD FINISH

STANDARD FINISHES for Face of Flange (ANSI B16. 5)



اما برگردیم به الزامات کد در مورد فلنجها، در پاراگراف 308 بیشتر محدودیتهای کد در مورد فلنج Slip on می باشد، مطابق کد برای سرویسهای زیر میبایستی فلنجهای Slip-on از هر دو طرف جوشکاری شوند (هم قسمت داخل فلنج با لوله و هم قسمت هاب فلنج با لوله):

۱- سرویسهای اشتعال زا، سمی یا خطرناک برای انسان

۲- تحت شرایط سیکلی شدید (اصولا در این شرایط کد فلنجWelding neck را بعنوان گزینه اول تایید کرده و سپس سایر فلنجها را چنانچه حفاظت مناسب تعبیه شود(308.2.4))

نکته :منظور از شرایط سیکلی شدید شرایطی است که ناشی از نوسانات دما می باشد نه فشار.

۳- دمای پایینتر ازdegC 101-

۴- سرویسهای که تحت سایش شدید، خوردگی شکافی یا بارگذاریهای سیکلی

معمولا فلنجهای Slip on را در شرایطی که سیکلهای دمایی داشته باشیم نمی بایستی استفاده شود. (الزام کد نیست).

همچنین فلنجهای Slip on را می توان جایگزین Lapped FLG کرد با توجه به جدول زیر و الزامات کد در بند 308.2.1 (c).

Table 308.2.1 Permissible Sizes/Rating Classes for Slip-On Flanges Used as Lapped Flanges

	Maximum Flange Size	
Rating Class	DN	NPS
150	300	12
300	200	8

در مورد فلنجهای SW, SCR در بخش بعدی مورد بررسی قرار می گیرند.

همچنین در پیوست F کد توصیه هایی در مورد فلنجها و گسکتها شده است. مطابق شکل زیر:

F308 FLANGES AND GASKETS

F308.2 Specific Flanges

Slip-On Flanges. The need for venting the space between the welds in double-welded slip-on flanges should be considered for fluid services (including vacuum) that require leak testing of the inner fillet weld, or when fluid handled can diffuse into the enclosed space, resulting in possible failure.

F308.4 Gaskets

(a) Gasket materials not subject to cold flow should be considered for use with raised face flanges for fluid services at elevated pressures with temperatures significantly above or below ambient.

(b) Use of full face gaskets with flat faced flanges should be considered when using gasket materials subject to cold flow for low pressure and vacuum services at moderate temperatures. When such gasket materials are used in other fluid services, the use of tongue-and-groove or other gasket-confining flange facings should be considered.

(c) The effect of flange facing finish should be considered in gasket material selection.

پیچ ها:309

استاندارد پیچ ها ASME B18.2.1 و مهره ها ASME B18.2.2 (Nut) می باشد و رزوه ها بر اساس استاندارد ASME B1.1 می باشد.

الزامات کد برای استفاده از اتصالات فلنجی با توجه به مقاومت پیچ:

Low Yield Strength Bolting 309.2.1

پیچهای با مقاومت تسلیم پایین) کمتر از 207 مگا پاسکال (نمی بایستی با فلنجهای کلاس #400 و بالاتر استفاده شود) عملا چون از فلنجهای #400 استفاده نمی شود، پس در واقع می شود (#300 یا وقتی که Metallic Gasketداریم نمی بایستی از این پیچ استفاده کنیم.

همچنین از این پیچها نمیبایست در فلنجهایی که تحت شرایط سیکلی شدید هستند استفاده کرد .

Carbon Steel Bolting 309.2.2

پیچ های کربن استیل با اتصالات فلنجی (بهمراه گسکت غیر فلزی) ریتینگ 300 و پایینتر می توانند استفاده شوند که دمای پیچ میبایستی بالاتر از -29 درجه و کمتر از 204 درجه باشد.

نکته :عملا پیچ های کربن استیل استفاده نمی شود. تعدادی از متریال متداول پیچ ها در جدول زیر مشخص شده اند.

Piping material	Bolt material [ASTM designation]	Nut material [ASTM designation]	Allowable design temperature range	Diameter range [inch]
Carbon steel Low alloy steel Stainless steel Duplex stainless steel Super duplex stainless steel Non-ferrous metal Non-metal	A193-B7	A194-2H	-40 °C To 410 °C (-40 °F To 770 °F)	½ ≤ d ≤ 4
Carbon steel [2] Super duplex stainless steel	A193-B7M	A194-2HM	-48 °C To 400 °C (-55 °F To 750 °F)	½ ≤ d ≤ 4
Carbon steel LT Stainless steel Duplex stainless steel Super duplex stainless steel Non-ferrous metal	A320-L7 A320-L43	A194-4 A194-4	-101 °C To 400 °C (-150 °F To 750 °F)	½ ≤ d ≤ 2 ½ > 2 ½ ≤ d ≤ 4
Carbon steel LT [2] Stainless steel Duplex stainless steel	A320-L7M [3]	A194-7M	-73 °C To 343 °C (-100 °F To 649 °F)	½ ≤ d ≤ 4
Low alloy steel	A193-B16	A194-4	-29 °C To 525 °C (- 20 °F To 977 °F)	½ ≤ d ≤ 4
Low alloy steel	20CrMoVTiB4-10	20CrMoVTiB4-10	-29 °C To 550 °C (-20 °F To 1020 °F)	½ ≤ d ≤ 4
Stainless steel	A453-660 class C A193-B8 class 2	A453-660 class C A194-8	-29 °C To 565 °C (-20 °F To 1050 °F) -200 °C To 538 °C (-330 °F To 1000 °F)	½ ≤ d ≤ 3 ½ ½ ≤ d ≤ 1 ½
Stainless steel LT	A193-B8 class 2 A193-B8M2 class 2B	A194-8 A194-8	-200 °C To 300 °C (-330 °F To 570 °F) (-330 °F To 570 °F)	½ ≤ d ≤ 1 ½ > 1 ½ ≤ d ≤ 3

-پیچ هایی که مطابق استاندارد لیست شده در کد نیستند را فقط می توان مطابق الزامات پاراگراف 302.2.3 استفاده کرد .

نکته :1 در پروژه ها برای فلنجها از stud bolt استفاده می کنیم .طول stud bolt می بایستی به اندازه کافی در نظر گرفته شود تا (طبق تجربه) طول هر پیچ حداقل 1.5 رزوه از مهره بیرون تر باشد.

نکته۲: در پیوست F کد B31.3 پاراگراف F309 بر روی تهیه یک پروسیجر مناسب برای پیچ ها جهت کاهش نشتی ها به علت انبساط های حرارتی و شرایط تنش ها در پیچ ها تاکید کرده است. مطابق شکل زیر .

F309 BOLTING

F309.1 General

The use of controlled bolting procedures should be considered in high, low, and cycling temperature services, and under conditions involving vibration or fatigue, to reduce

(a) the potential for joint leakage due to differential thermal expansion

(b) the possibility of stress relaxation and loss of bolt tension

نکته3: برای بستن پیچ ها در ریتینگهای بالا و سیالاتی که نشتی آنها خطرناک می باشد، از Hydraulic Bolt tensioningاستفاده می شود، که باعث می شود کشش یکنواخت در پیچ و اینتگریتی بالایی در اتصالات فلنجی داشته باشیم .طول پیچ هم به اندازه یک قطر پیچ از هر دو طرف اضافه می گیرند .

جدول زیر راهنمایی در مورد شرایط استفاده Hydraulic Bolt tensioning است.

Service	ASME Rating Classes	Bolt Diameter (in)
All	All	≥ 2
All	≥ 1500	≥ 1 ½
Hydrogen	≥ 600	≥ 1 ½
Critical applications (to be agreed between the Contractor and the Principal). [1)2)]	All	≥ 1

نکته ۴: برای ترتیب بستن پیچهای فلنج به ASME PCC-1 مراجعه کنید.

نکته ۵: طراحی پیچ ها بر اساس الزامات ASME SEC.VIII Div.I App.2 صورت می گیرد.

در ادامه به بررسی الزامات کد برای استفاده از انواع جوینتها در سرویس سیالهای متفاوت خواهیم پرداخت .

اتصالات جوشی:311

اتصالات جوشی بر اساس الزامات پاراگراف 328 انجام می شوند و آزمونهای مورد نیاز بر اساس پاراگراف 341 می باشد .که به طور مفصل در فصول 5 و 6 در جلسات آینده بررسی می کنیم .بعلاوه در این پاراگراف یکسری الزامات کد مختص سرویس سیالات می باشد که به آنها می پردازیم:

جوشهای :Socket

طبق اتصالات Socket را می توان استفاده کرد بجز در موارد زیر :

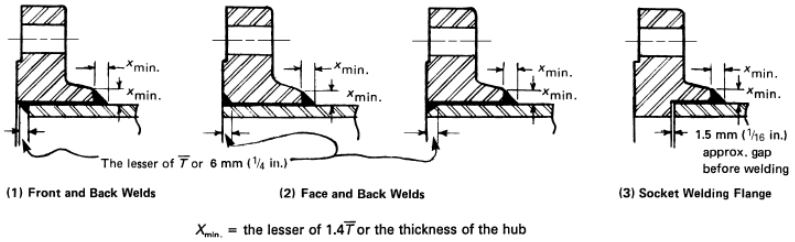
-نمی بایستی در سرویسهایی که خوردگی در محل شکاف (Crevice Corrosionبه علت شکاف بین لوله و قسمت Socket) یا سایش شدید (که در فاصله بین لوله و socket اتفاق می افتد) استفاده شود.

-اتصالات Socket در شرایط سیکلی شدید از سایز بالاتر از 2" نمی بایستی استفاده کرد .(البته در اسپکهای اکثر قریب به اتفاق پروژه ها از اتصالات Socket در سایزهای 2" و کوچکتر استفاده میشود).

نکته: البته در بعضی از پروژه ها کارفرما سختگیری بیشتری در مورد استفاده از اتصالات socket بخرج می دهند، بطور مثال وقتی سرویس ترش داشته باشیم اجازه استفاده از این اتصالات را نمی دهند و اگر به دلیلی اجازه بدهند تا سایز ۱ اینچ مجاز به استفاده است. همینطور در جاهایی که احتمال ارتعاش زیاد هست (مانند خطوط متصل به پمپمهای رفت و برگشتی و خطوط مربوطه به کنترل ولوهایی که سرعت بسیار بالاست) اجازه استفاده نمی دهند.

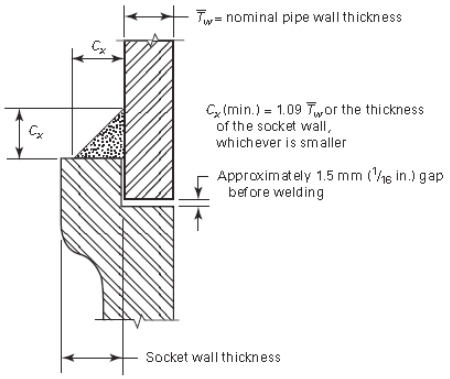
اندازه socket برای فلنجها از ASMEB16.5 و برای سایر کامپوننتهای جوشی از ASME B16.11 و MSS SP-119استفاده می شود.(بجز درین ها یا Bypass متصل به کامپوننتها که میبایستی از ASME B16.5 Fig.4استفاده شود . فواصل و مشخصات جوش آن می بایستی مطابق با شکل زیر (Figs 328.5.2B/C) باشد .

Fig. 328.5.2B Typical Details for Double-Welded Slip-On and Socket Welding Flange Attachment Welds



$X_{min.}$ = the lesser of $1.4\overline{T}$ or the thickness of the hub

Fig. 328.5.2C Minimum Welding Dimensions for Socket Welding Components Other Than Flanges



جوشهای گوشه :(Fillet Weld)

- از این جوش می توان برای کامپوننتهای Socket و فلنجهای Slip-on استفاده کرد.

- همچنین می توان برای اتصال پدهای تقویتی و ساپورت ها جهت تقویت یا کاهش تمرکز تنش جوشهای دیگر استفاده شود.

جوشهای آب بندی :(Seal Weld)

کد B1.3 برای جلوگیری از نشتی احتمالی در جوینتهای رزوه ای اجازه داده که رزوه ها بعد از بسته شدن جوش آب بندی شوند. البته این جوش نمی بایستی روی مقاومت اتصال رزوه ای تاثیر بگذارد. Seal Weld همچنین برای اتصالات رزوه ای که seal weld می شوند نمی بایستی از نوار تفلون، PTFE و یا موادی که برای آببندی بکار می روند استفاده شود، هنگام جوشکاری آسیب می بینند.

نکته: در بعضی از اسپکها برای Seal Weld بدون توجه به اینکه اصلا احتمال نشتی هست یا نه شرایطی گذاشته و می بایستی جوینتهای رزوه ای seal weld شوند. بطور مثال ۱) وقتی سیالات سمی مانند chlorine, phenol, hydrogen sulphide داریم. ۲) خطوط قیدواتر، کندانس و بخار با ریتینگ ۳۰۰# و

بالاتر. ۳) سیالات خورنده مانند اسید، Caustic ۴) کلیه خطوطی که سیال هیدروکربن دارند. ۵) خطوط تزریق شیمیایی

و همچنین برای مواردی نیز استفاده از seal weld را منع کرده اند مانند ۱) ترمول ها ۲) جویتنهایی که بطور دوره ای نیاز به باز شدن دارند مانند sample connectionها ۳) خطوط مربوطه به ابزاردقیق ۴) یونیون ها و ....

اتصالات فلنجی:312

این پاراگراف در مورد اتصال دو فلنج با مقاومت متفاوت شرایطی را مشخص کرده است .این فلنجها می توانن متریال مشابه یا مختلف با ریتینگهای متفاوت داشته باشند و یا دو فلنج فلزی و غیر فلزی با پیچ بهم متصل شوند .در هر دو صورت بایستی از بارگذاری اضافی Overloading بر روی فلنج ضعیف تر اجتناب کرد و همچنین ریتینگ محل اتصال محدود به فلنج ریتینگ کمتر شود .در مورد پیچ ها هم میبایستی از سفت کردن بیش از حد آنها اجتناب کرد، ممکن است به فلنج ضعیف تر آسیب برساند.

نکته :در مورد اتصال فلنجها و موارد احتیاطی، پاراگراف F312 (پیوست F مطابق شکل زیر) توضیحاتی داده است.

F312 FLANGED JOINTS

F312.1 General

Three distinct elements of a flanged joint must act together to provide a leak-free joint — the flanges, the gasket, and the bolting. Factors that affect performance include the following:

(a) Selection and Design

(1) consideration of service conditions (including external loads, bending moments, and application of thermal insulation)

(2) flange rating, type, material, facing, and facing finish (see para. F308.2)

(3) gasket type, material, thickness, and design (see para. F308.4)

(4) bolt material, strength (cold and at temperature), and specifications for tightening of bolts (see para. F309.1)

(5) design for access to the joint

(b) Installation

(1) condition of flange mating surfaces

(2) joint alignment and gasket placement before boltup

(3) implementation of specified bolting procedures

اتصالات رزوه ای:314

فیتینگهای رزوه ای را می توان از استانداردهای ASME S16.4 برای متریال چدن خاکستری، ASME B16.3 برای Malleable Iron و ASME B16.11 برای متریالهای فولادی انتخاب کرد .معمولا سایزشان تا 2"

میباشد .مستعد نشتی می باشند (بویژه در سایزهای بالا) که البته کد این اجازه رو داده که توسط Seal weld آب بندیشان را بالاتر برد .البته در جاهایی که نشتی از آنها خیلی خطرناک می باشند معمولا استفاده نمی شوند.

جوینتهای رزوه ای به دو نوع مستقیم (Straight) و مخروطی Tapered تقسیم می شوند. البته جوینتهای رزوه ای مخروطی به نام NPT (National Pipe Thread) شناخته می شوند.

بیشتر جوینتهای رزوه ای به صورت NPT و براساس استاندارد ASME B1.20.1 می باشند .این جوینتها معمولا برای سرویس سیال کتگوری N و قطعا برای سرویس سیال کتگوری D مناسب می باشند .

الزامات کد :

۱- کوپلینگهای رزوه ای مستقیم که به کوپلینگهای رزوه ای NPT وصل می شوند فقط مجاز به استفاده در کتگوری D می باشند.

۲- در جدول 314.2.1 ضخامت حداقل کامپوننتهای رزوه شده) از بیرون (را مشخص کرده است.

Table 314.2.1 Minimum Thickness of External Threaded Components

Fluid Service	Notch-Sensitive Material	Size Range [Note (1)] DN	Size Range [Note (1)] NPS	Min. Wall Thickness [Note (2)]
Normal	Yes [Note (3)]	≤ 40	≤ 1½	Sch. 80
		50	2	Sch. 40
		65–150	2½–6	Sch. 40
Normal	No [Note (4)]	≤ 50	≤ 2	Sch. 40S
		65–150	2½–6	Sch. 40S
Category D	Either	≤ 300	≤ 12	In accordance with para. 304.1.1

GENERAL NOTE: Use the greater of para. 304.1.1 or thickness shown in this Table.

NOTES:

(1) For sizes > DN 50 (NPS 2), the joint shall be safeguarded (see Appendix G) for a fluid service that is flammable, toxic, or damaging to human tissue.

(2) Nominal wall thicknesses is listed for Sch. 40 and 80 in ASME B36.10M and for Sch. 40S in ASME B36.19M.

(3) For example, carbon steel.

(4) For example, austenitic stainless steel.

۳- اتصالات رزوه ای در شرایط سیکلی بالا می توان استفاده کرد در صورتی که برای کامپوننتهای مانند یونیون با رزوه های مستقیم میبایستی حفاظت انجام شود و اتصالات رزوه ای همگرا مانند ترموول ها که تحت تاثیر ممانهای خارجی باشند.

۴- اتصالات رزوه ای همگرا برای سایزهای بالای 2"میبایستی حفاظت safegaurding شوند.

سایر اتصالات :

لحیم کاری سرد (یا نرم) Soldering و گرم (یا سخت) Brazed (317):

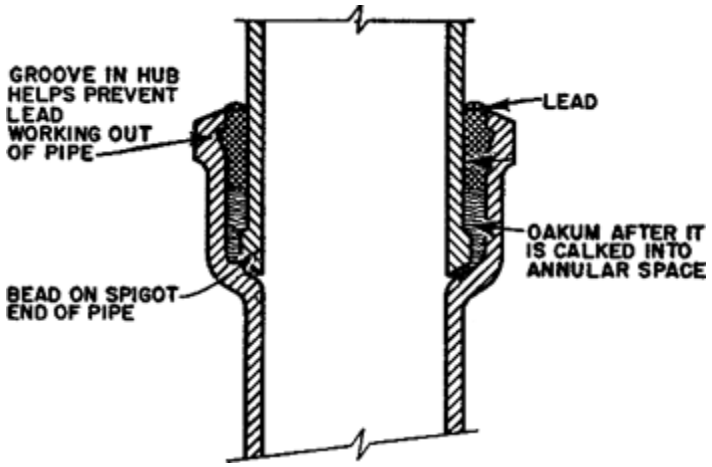
اگر دمای ذوب آلیاژ پرکننده پایین تر از یک حد معینی باشد، لحیم سرد (Soldering) و چنانچه بالاتر از آن حد باشد، لحیم گرم (Brazing) نامیده می شود .این حد برای مواد پرکننده مختلف متفاوت است .در لحیم سرد، استحکام مهندسی بالایی ایجاد نمی شود .این روش معمولاً برای اتصالات الکتریکی و یا آب بندی استفاده می شود .واکنشی که در لحیم سرد بین فلز لحیم و فلز پایه رخ می دهد، واکنشی سطحی است و حدوداً 10 میکرون از ضخامت فلز پایه با فلز لحیم وارد واکنش می شود .در این روش، یک سری ترکیبات بین فلزی ایجاد می گردد . اما در روش لحیم گرم، استحکام مناسبی در حد استحکام فلزات حاصل می شود .حدوداً 100 میکرون از ضخامت فلز پایه با فلز لحیم وارد واکنش شده و نوع واکنش انحلالی است.

مطابق الزامات کد از لحیم کاری سرد فقط در سرویس سیال کتگوری D می توان استفاده کرد .

از لحیم کاری گرم ۱) در سرویس سیال کتگوری N می توان استفاده کرد .۲) برای استفاده در سیالاتی که آتش زا یا سمی هستند می بایستی حفاظت Safeguarding شوند .۳) در شرایط سیکلی شدید نمی بایستی استفاده شوند.

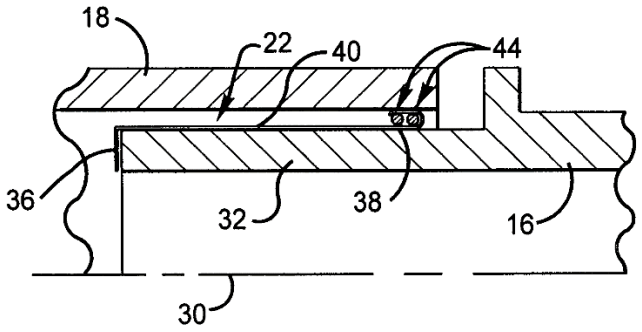
اتصالات Caulked (۳۱۶):

(الزام کد) می بایستی فقط در سرویس سیال کتگوری D و در دمای کمتر از 93 درجه استفاده کرد .از انواع آن می توان به نوع hub (bell) and spigot اشاره کرد. اصولا از این نوع اتصال در لوله های چدنی استفاده می شود و در دما و فشار پایین. معمولا در پروژه ها در خطوط زیر زمینی جمع آوری آب های سطحی کار برد دارند.



اتصالات Expanded (۳۱۳):

این اتصالات به صورت لغزشی Slip on هستند که با O-ring در برابر فشار آببندی می شوند. معمولا این نوع از اتصالات در تیوبهای هیترهای پالایشگاه و مبدلهای حرارتی کاربرد دارد. برای سرویس سیال کتگوری M و همچنین جاهایی که شرایط سیکلی شدید داریم استفاده نمی شود. تمهیدات مناسبی برای جلوگیری از جدا شدن جوینتها نیاز می باشد. معمولا در خطوط فرآیندی استفاده نمی شوند، اگر استفاده شوند توجه ویژه ای نسبت به آببندی آنها می بایستی شود بویژه وقتی تحت ارتعاش و یا انباسط حرارتی هستند. البته معمولا کارفرماها خیال همه رو راحت کردن و اجازه استفاده از آن را نمی دهند.



مطالعه اتصالات Flared, Flareless, and Compression و همینطور بخش ۶ فصل دوم که درباره سیستمها صحبت کرده را بر عهده دوستان می گذارم.

فصل دوم/ بخش پنجم: انعطاف پذیری و ساپورت (۳۱۹)

در این بخش به الزامات کد در مورد آنالیز تنش، انعطاف پذیری و ساپورت می پردازیم.

قبل از بررسی کد با هم نگاهی به تعاریف انواع بارگذاریها و تنشها می پردازیم.

بارهای Primary و Secondry:

شکست در یک سیستم پایپینگ ممکن است به صورت ناگهانی و بعلت یکبار بارگذاری روی سیستم اتفاق بیافتند و یا به صورت خستگی بعلت بارگذاری های سیکلی. شکست ناگهانی به بار Primary و شکست خستگی به بارگذاری Secondry مرتبط می باشند.

اما بارهای primary و secondry چه بارهایی هستند؟

- بارها و تنشهای Primary:

• بارهایی ناشی از نیروها (مانند نیروهای ناشی از فشار، وزن، فنرها، ، شیرهای اطمینان، ضربه فوچ و غیره)

• این بارها خود محدود شونده self limiting نیستند. هنگامی که تغییر شکل پلاستیک آغاز می شود تا شکست مقطع پیش می روند.

• محدودیت های مجاز تنش به استحکام کششی نهایی مربوط می شود.

• این بارگذاریها سیکلی و تکرار شونده نیستند.

• نقش اساسی در محاسبه ضخامت لوله دارند.

عملا تنشهای primary توسط بارگذاریها تحمیلی ایجاد می شوند و چنانچه تعادل بین نیروها (داخلی و خارجی) و ممانها داشته باشیم نگرانی بایت این تنش وجود ندارد.

بارها و تنشهای Secondry:

• بارهای ناشی از تغییر مکان (انبساط حرارتی، نشست، ارتعاش و ...)

• این بارها خود محدود شونده Self limiting هستند.

• محدودیتهای بارگذاری و تنش بر اساس شرایط شکست خستگی است.

• معمولا به صورت تکرار شوند و یا سیکلی هستند. (به جز نشست (Settlement))

• هرگز سیستم پایپینگ ناشی از نیروها دچار شکست ناگهانی (مانند شکست در نیروهای primary) نمی شود و شکست ناگهانی تنها پس از اعمال نیرو در دفعات زیاد پیش می آید.

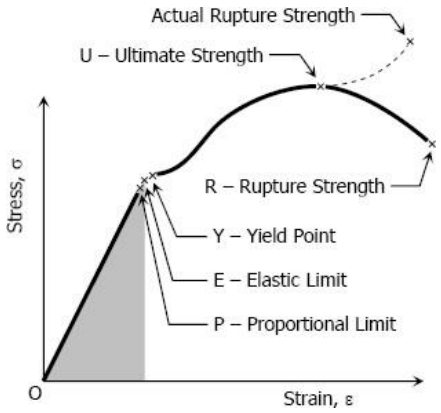
در جدول زیر از انواع بارگذاریها و نوع شکست ناشی ار آنها (جهت راهنمایی) آمده است.

Table 1-1 LOADING/FAILURE MODE CORRELATION

Load	Type	Failure Mode	Method of Analysis
Static pressure*	**Sustained**	Primary – gross rupture	Compare to S_h from Table A-1 of the B31.3 Code
Water hammer	**Occasional**	Primary – gross rupture	Add to S_L, compare **to 1.33** S_h
Liquid slugging	**Occasional**	Primary – gross rupture	Add to S_L, compare **to 1.33** S_h
Steam hammer	**Occasional**	Primary – gross rupture	Add to S_L, compare **to 1.33** S_h
Safety valve blow	**Occasional**	Primary – gross rupture	Add to S_L, compare **to 1.33** S_h
Weight forces**	**Sustained**	Primary – gross rupture	Compare to S_h from Table A-1 of the B31.3 Code
Thermal expansion	**Cyclic**	Secondary – fatigue crack	Compare S_E to S_A
Thermal transients	**Cyclic**	Secondary – fatigue crack	Compare S_E to S_A
Thermal gradients	**Cyclic**	Secondary – fatigue crack	Compare S_E to S_A
Thermal bowing	**Cyclic**	Secondary – fatigue crack	Compare S_E to S_A
Wind	**Occasional**	Primary – gross rupture	Add to S_L, compare **to 1.33** S_h
Earthquake (inertial forces)	**Occasional**	Primary – gross rupture	Add to S_L, compare **to 1.33** S_h
Earthquake (anchor displacements)	**Cyclic**	Secondary – fatigue crack	Compare S_E to S_A
Vibration***	**Cyclic**	Secondary – fatigue crack	Compare S_E to S_A

آشنایی با تحلیل تنش:

برای یادآوری برای دوستانی که (مثل خودم) تا حدی اصلاحات مورد استفاده در مقاومت مصالح را فراموش کردن، منحنی تنش و کرنش را با هم مرور می کنیم.



• از نقطه O به P: نشان دهنده محدوده الاستیک یا کشسان می باشد. در این حالت ماده هیچ‌گونه تغییر شکل پلاستیکی از خود نشان نمی‌دهد و کاملاً از قانون هوک تبعیت می‌کند. نقطه P به عنوان حد تناسب شناخته می شود.

• نقطه E حد الاستیک می باشد – بالاتر از این حد در صورتی که بار از روی سیستم برداشته شود، دیگر متریال به شکل اولیه خود باز نخواهد گشت

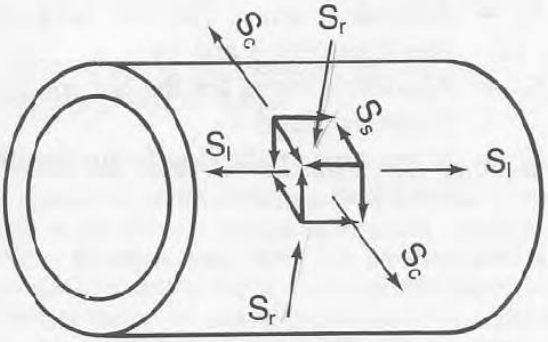
• نقطه Y نشان دهنده نقطه تسلیم می باشد – نقطه ای که در آن افزایش طولی قابل ملاحظه ای بدون افزایش متناظر در بار رخ می دهد.

• نقطه U نشان دهنده استحکام نهایی

• نقطه R نشان دهنده حد شکست

تئوری تنش لوله:

انواع تنش های که بر روی لوله حین عملکرد وارد می شود مطابق زیر است:



S_l = Longitudinal stress and the sum of three component parts (see Equation 1-1).
S_c = Circumferential stress
S_r = Radial stress
S_s = Shear stress

Figure 1-1. Stress-free-body diagram.

تنش محیطی (Hoop Stress): (Sc) که ناشی از فشار داخی می باشد و مطابق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$S_c = \frac{PD}{2t}$$

تنش شعاعی (Radial stress): (Sr) ناشی از فشار داخلی هست و مساوی مقدار فشار داخلی می باشد.
(Sr=P)

تنش برشی (Shear stless): (Ss) مجموع تنشهای پیچشی و تنش برشی مستقیم میباشد. البته تنش برشی مستقیم قابل اغماض می باشد.

$$S_s = \frac{T}{2Z} + 2.0\,\frac{F_s}{A}$$

where S_s = Shear stress
T = Torque, lb-in.
F_s = Resultant shear force
A = Cross-sectional area of pipe
Z = Section modulus of pipe
S_t = T/2Z, tortional stress

تنش طولی (Longitudinal Stress): (SL) مجموع تنشهای خمشی، تنش طولی ناشی ازفشار و تنش محوری (axial) می باشد. البته در این فرمول تنشهای طولی ناشی از دما و حرارت با توجه به اینکه کد برای آن محاسبت جداگانه دارد، آورده نشده است.

$$S_l = S_b + S_p + S_{dl}$$

که مشخصات تنشهای موجود در فرمول بالا به صورت زیر هستند:

تنش خمشی (Bending Stress): تنش خمشی که می تواند ناشی از دما، وزن لوله ها و کامپوننتها، عایق، برف، یخ، باد و زلزله باشد از طریق فرمول زیر محاسبه می شود.

$$S_b = \frac{\sqrt{(M_i I_i)^2 + (M_o I_o)^2}}{Z}$$

where S_b = Bending stress
I_i = In-plane stress intensification factor
I_o = Out-of-plane stress intensification factor
M_i = In-plane moment, lb-in.
M_o = Out-of-plane moment, lb-in.
Z = Section modulus of pipe, in.^{3}

تنش طولی مستقیم که می تواند ناشی از دما و وزن باشد از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$S_{dl} = \frac{F_a}{A}$$

where A = Metal pipe cross-sectional area, in.^{2}
F_a = Direct force, lb

تنشهای طولی ناشی از فشار داخلی نیز از طریق فرمول زیر:

$$S_p = \frac{PD}{4t}$$

where P = Internal pressure
D = Outside diameter of pipe (see Chapter 10)
t = Pipe wall thickness (see Chapter 10)

نکته: همانطور که در دروس مقاومت مصالح دانشگاه داشتیم، تئوریهای موجود برای آنالیز تنش یکی تئوری ماکزیمم تنش برشی (Tresca) و دیگری تئوری Von misses هستند. کد برای محاسبات و بررسی تنشها از تئوری Tresca استفاده می کند.

الزامات کد:

کد الزامات و محدوده تنشهای ناشی از بارگزاریهای مختلف را در پاراگراف ۳۰۲,۳,۵ مشخص کرده که در ادامه با هم بررسی می کنیم:

۱- تنشهای ناشی از فشار داخلی یا فشار خارجی: همانطور که در جلسه قبل پاراگراف ۳۰۴ را بررسی کردیم، عملا اگر محاسبه ضخامت مناسب انجام شده باشد، این دو تنش در حد مجاز می باشند.

نکته: این تنش همان تنش Hoop می باشد.تنش مجاز در اینجا همان تنشی است که از جدول A-1 برای دمای عملکرد (Operating) بدست می آید. البته بررسی این تنش از الزامات کد نمی باشد.

۲- تنشهای ناشی از بارگذاریهای Sustained: (SL) (۳۰۲,۳,۵ و ۳۲۰) طبق کد مجموع تنشهای طولی ناشی از بارگذاریهای Sustained مانند فشار و وزن بر روی لوله و هرکدام از کامپوننتها در سیستم پایپینگ می بایستی از تنش مجاز در دمای دمای عملکرد (Operating) کمتر باشد. این تنش مجاز (Sh) از جدول A-1 بدست می آید. پس:

SL<= (W) Sh

نکته: مقدار W که ضریب کاهش مقاومت جوش هست که جلسه گذشته مفصل درباره آن صحبت شد. به جدول ۳۰۲,۳,۵ و نوتهای آن مراجعه کنید.

مقدار SL از فرموله 23a و تنش خمشی از فرمول 23b پاراگراف ۳۲۰,۲ محاسبه می شوند (در شکل زیر).

$$S_L = \sqrt{(|S_a| + S_b)^2 + (2S_t)^2} \qquad (23a)$$

$$S_b = \frac{\sqrt{(I_i M_i)^2 + (I_o M_o)^2}}{Z} \qquad (23b)$$

که آیتمهای فرمول بالا به شرح زیر هستند که اکثرا برای دوستان مشخص هستند.

I_i = sustained in-plane moment index. In the absence of more applicable data, I_i is taken as the greater of $0.75i_i$ or 1.00.

I_o = sustained out-plane moment index. In the absence of more applicable data, I_o is taken as the greater of $0.75i_o$ or 1.00.

M_i = in-plane moment due to sustained loads, e.g., pressure and weight

M_o = out-plane moment due to sustained loads, e.g., pressure and weight

Z = sustained section modulus. Z in eqs. (23b) and (23c) is described in para. 319.4.4 but is computed in this paragraph using nominal pipe dimensions less allowances; see para. 320.1.

نکته: فقط در مورد Ii و Io که کد B31.3 (شاخصهای ممان داخل و خارج سطح)که با نام (sustained SSI stress index) شناخته می شوند، تعریف مشخص و درستی برای آنها ذکر نکرده و فعلا با رابطه ای از ضریب تمرکز تنش SIF در نظر گرفته و کمتر از ۱ نمی بایستی باشد. ضریب SSI عملا ضریبی هست که در حالت sustained و نیروهای primary کاربرد داره و ماهیت آن با ضریب تمرکز تنش که با خستگی در ارتباط هست جای سوال دارد. این ضریب به شکل هندسی فیتینگها بستگی داره و با فرمول زیر محاسبه می شود.

SSI=SMYS/S

حداقل تنش تسلیم تحت دما : SMYS

تنشی که کامپوننت دچار Collapse می شه. : S

با توجه به فرمول بالا عملا SSI هیچ وقت نباید زیر یک باشد.

همچنین تنش پیچشی از فرمول 23c بدست می آد.

$$S_t = \frac{I_t M_t}{2Z} \qquad (23c)$$

where
I_t = sustained torsional moment index. In the absence of more applicable data, I_t is taken as 1.00.
M_t = torsional moment due to sustained loads, e.g., pressure and weight

توضیحات It در فرمول بالا مشابه Iiو Io می باشد که در اینجا فقط گفته شده در صورت عدم اطلاعات کامل ۱ در نظر گرفته شود.

تنش محوری (Axial): این تنش ناشی از نیروهای محوری ایجاد شده توسط فشار و وزن هستند و مطابق فرمول 23d کد محاسبه می شوند.

$$S_a = \frac{I_a F_a}{A_p} \qquad (23d)$$

where
A_p = cross-sectional area of the pipe, considering nominal pipe dimensions less allowances; see para. 320.1
F_a = longitudinal force due to sustained loads, e.g., pressure and weight
I_a = sustained longitudinal force index. In the absence of more applicable data, I_a is taken as 1.00.

نکته ۱: در فرمولهای بالا مدول مقطع Z و مساحت مقطع لوله و فیتینگها بر اساس قطر اسمی و ضخامت اسمی بدون در نظر گفتن مقادیر مجازها (مانند خوردگی، سایش و مکانیکی) محاسبه می شود.

نکته ۲: برای بهتر متوجه شدن محاسبات و الزامات بالا، مثالهای پیوست S را بررسی فرمایید.

نکته ۳: در بعضی از اسپکهای کارفرماها دیده شده که مقدار تنش sustained رو برای طراحی دست بالاتر حدود ۷۰٪ تنش مجاز می گیرند. عملا با این کار با تحمیل هزینه بالاتر به پروژه، فایده چندانی نخواهد داشت. طبق کد در پاراگراف ۳۰۲,۲,۲ تنش مجاز حدود ۶۷٪ تنش تسلیم هست و خود کد ضریب ایمنی طراحی برای سیستم پایپینگ دیده، لذا نیازی به اینکار نمی باشد. البته ممکنه دلیل دیگه ای غیر از طراحی دست بالاتر و یا شرایط پروژه خاصی باشه که بنده اطلاعاتی راجع به اون ندارم و خوشحال می شم اگر کسی اطلاعاتی داره به اشتراک بگذاره.

۳- تنش ناشی از جابه جایی (319.4.4و ۳۲۰):

تنش مجاز در برای بارگذاریهای که باعث ایجاد جابه جایی می شود از فرمول 1a (فرمول زیر) کد محاسبه می شود. این جابه جایی ها همانطور که قبلا اشاره شد ممکن است بخاطر انبساط حرارتی، settlement یا نشت، وایبریشن باشد.

$$S_A = f(1.25S_c + 0.25S_h) \qquad (1a)$$

کد برای محاسبه تنش مجاز در صورتی که Sh > SL باشد فرمول 2a را ارائه کرده است.

$$S_A = f[1.25(S_c + S_h) - S_L] \qquad (1b)$$

که در فرمولهای بالا :

- تنشهای مجاز در مینیمم و ماکزیمم دمای سطح فلز در طول یکی سیکل جابه جایی (Sc, Sh) که نمی بایستی بیشتر از ۱۳۸ مگا پاسکال باشد.

نکته: مقادیر مربوطه از جداول A-1 بدست می آید. برای متریالهای ریخته گری شده این تنشها در ضریب کیفیت Ec میبایستی ضرب شوند.

- تنش ناش از بارهای sustained (بارهای ناشی از وزن و فشار).

طبق کد می بایستی بیشترین تنش Sustained که در سیستم پایپینگ در شرایط مختلف خواهیم داشت را می بایستی در نظر گرفت.

نکته: این الزام کد مهمترین تغییر کد نسبت به ادیشن ۲۰۱۲ است. یکی از مثالهایی که برای روشن شدن این الزام کد می شه زد با توجه به اینکه بعضی از ساپورتها ممکن در یک حالت عملکرد اکتیو و در حالت دیگه ای به خاطر انبساط یا عدم تعادل سیستم Lift-off شوند (بعبارت دیگه ساپورت از محل خودش بلند شود)، کد از ما می خواهد که بیشترین نیرویی که در اسن حالتها رخ می دهد را در نظر بگیریم. عملا بررسی Lift-off قبلا هم انجام می شد و بعنوان کار روتین آنالیز تنش بود، اما کد بصورت الزام در آورده است. جلسه آینده در این مورد توضیحات مفصلی خواهم داد.

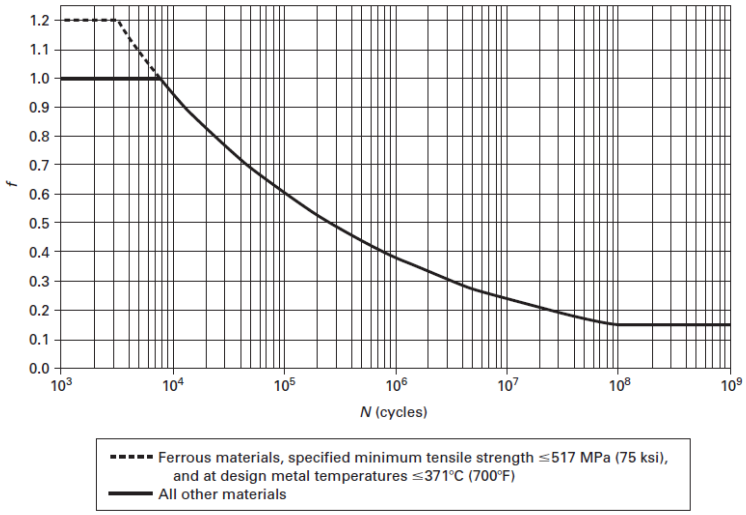
- ضریب دامنه تنش Stress Range Factor (f)

فرمول کد برای محاسبه این ضریب:

$$f \text{ (see Fig. 302.3.5)} = 6.0(N)^{-0.2} \le f_m \qquad (1c)$$

این ضریب را می توان بر اساس سیکلهای معادل N از شکل ۳۰۲,۳,۵ (شکل زیر) بدست آورد. بیشرین مقدار این ضریب با fm مشخص می شود و ۱,۲ برای متریالهای فلزی که استحکام کشش (Tensile Strength) کمتر از 517 MPa و در دمای کمتر از ۳۱۷ درجه سانتی گراد می باشد. برای سایر شرایط ماکزیمم مقدار آن ۱ می باشد. همینظور کمترین مقدار ان ۰,۱۵ می باشد که عملا مقدار تنش مجاز جابه جایی در تعداد سیکلهای سیستم نامحدود است. طبق این شکل اگر تعداد سیلکها بالاتر از ۷۰۰۰ شود ضریب f<1 می شود و توجه ویژه ای به شکست خستگی میبایستی کرد.

Fig. 302.3.5 Stress Range Factor, *f*



- تعداد معادل سیلکهای جابه جایی کاملی که سیستم پایپینگ در طول عمر سیستم پایپینگ داره (N)

با توجه به اینکه در یکی سیستم چندین شرایط مختلف و سیلکهای جابه جایی داریم، می بایستی همه این شرایط در محاسبه تنش مجاز جابه جایی با توجه به اثرات آنها در خستگی لحاظ شوند. سیکلهایی با دامنه تنش کمتر قطعا اثر کمتری نسبت به سیکهای با دامنه بالاتر دارند.

سیکلهای با دامنه تنش کمتر هم با اینکه تاثیر کمتری دارند اما می بایستی مورد توجه قرار بگیرند. این سیکلها با روشی که در زیر توضیح داده می شود می بایستی به تعداد معادلی از سیکل کامل تبدیل شوند و در محاسبه ضریب f تاثیرشان دیده شود.

در کد بیشترین مقدار تنش جابه جایی SE میباشد که منظور یک سیکل کامل جابه جایی می باشد و از مقدار SA (در بالا) می بایستی کمتر باشد.

پروسیجر مربوطه به محاسبه سیکلهای معادل در پاراگراف (d) 302.3.5 آورده شده است. فرمول محاسبه این سیکلها فرمول 1d کد می باشد.

$$N = N_E + \sum(r_i^5 N_i) \text{ for } i = 1, 2, \ldots, n \qquad (1d)$$

در فرمول بالا NE تعداد سیلکهای با جابه جایی کامل، Ni تعداد سیلکهایی مربوطه به یک دامنه تنش جابه جایی Si (مربوطه به یک load case)، ri=Si/SE و Si هر تنشی جابه جایی که کمتر از مقدار جابه جایی ماکزیمم SE باشد.

با مثال زیر توضیحات بالا را کاملتر می کنم:

فرض کنام در یک سیستم پایپینگ سه load case با شریط زیر داشته باشم و تنش ماکزیمم SE=30000 psi باشد.

Load Case	Design Cycles, N_i	Calc. Stress Range, S_i	S_i/S_E	N_{equiv}
1	1,000	30,000	1	1,000
2	7,000	10,000	0.33	27
3	20,000	6,000	0.20	6

برای load case اولی که نسبت Si/SE=1 می باشد، شرایط سیکلی جابه جایی کاملی داریم که تعداد سیکلهای آن ۱۰۰۰ است (۱۰۰۰ بار سیستم در این شرایط قرار دارد). پس NE=1000 می باشد.

برای load case دومی با توجه به تنش 10000 psi نسبت Si/Se=0.33 را داریم. تعداد سیکلهای آن ۷۰۰۰ می باشد. با توجه به فرمول مقدار سیکلهای جابه جایی معادل برای load case می شود Neq=27.

و بهمین صورت برای load case سومی Neq=6.

نکته: همانظور که برای case های دوم و سوم می بینیم با اینکه تعداد سیلکهای هر کدام به تنهایی بیشتر از سیکل جابه جایی کامل (مورد اول) هست، اما بعلت تنش کمتر اثر کمتری دارند.

جمع سیلکهای بالا می شود ۱۰۳۳، که کمتر از ۷۰۰۰ است و طبق شکل ۳۰۲,۳,۵ ضریب f=1 می شود و این سیستم مشکلی برای شکست خستگی ندارد.

توجه: همانطور که گفته شد برای مقدار f<1 توجه ویژه ای به شکست خستگی می بایستی کرد.

در جلسه بعد الزامات کد در مورد تنش ماکزیمم جابه جایی SE و همچنین ادامه بحث و بررسی کد در مورد آنالیز تنش و انعطاف پذیری را پی می گیریم.

فصل سوم: متریال

قبل از بررسی الزامات کد برای دسترسی ساده تر مجددا تعدادی از اصطلاحات مورد نیاز در این بخش توضیح داده می شه.

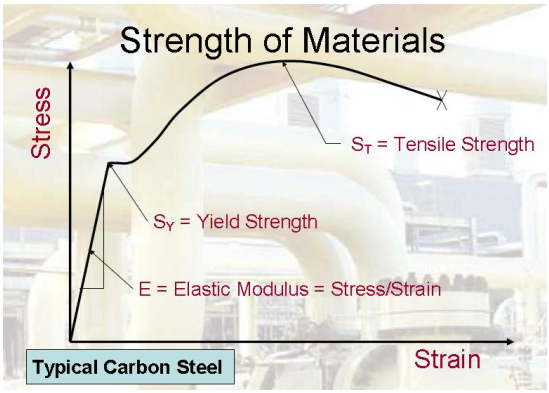
استحکام کششی یا مقاومت کششی Tensile strength

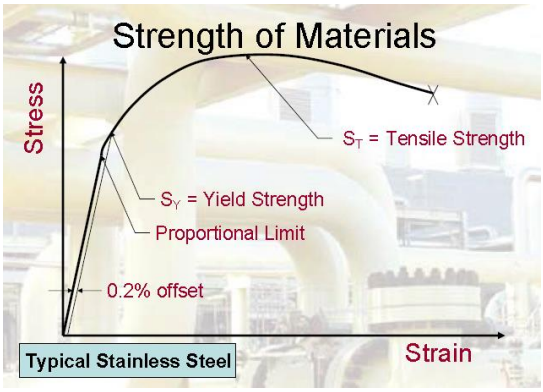
مقاومت کششی بیشترین نیروی کششی است که جسم قبل از شکست تحمل خواهد کرد. این مقدارمعمولاً برای استحکام یک ماده داده می شود و واحد آن بر حسب پوند بر اینچ مربع بیان می شود. مقاومت کششی ماده را می توان با آلیاژی کاری، سردکاری، و گاهی اوقات بوسیله عملیات حرارتی، افزایش داد .

استحکام تسلیم Yield strength

مقاومت تسلیم حداکثر باری است ماده تغییر فرم معینی را از خود بروز می دهد. اکثر محاسبات مهندسی ساختمانها براساس مقادیر مقاومت تسلیم استوارند تا مقادیر مقاومت کششی. استحکام یک فلز به ساختمان داخلی آن، ترکیب، عملیات حرارتی و درجه ی کار سرد مربوط می شود .

برای بهتر متوجه شدن مفاهیم بالا نمودار تنش کرنش زیر برای متریالهای کربن استیل و استینلس استیل دقت فرمایید.





سفتی (چقرمگی) Toughness

اگرچه روش مستقیم و صحیحی برای اندازه گیری سفتی فلزات وجود ندارد، ولی سفتی هر دو خاصیت قابلیت کشش (قابلیت مفتول شدن) و استحکام را در بر دارد و می توان تعریف کرد که سفتی عبارتست از قابلیت یک فلز به جذب انرژی بدن آنکه بشکند .

سفتی را می توان بصورت سطح زیر منحنی تنش- تغییر طول نسبی بیان کرد. غالباً مقاومت به ضربه ای یک ماده را بعنوان نشانه ای از سفتی آن بحساب می آورند .

قابلیت پلاستیکی Plasticity

یکی از خواص بسیار مهم فلزات پلاستیکی آنها است. قابلیت پلاستیکی عبارتست از قابلیت تغییر شکل بسیار زیاد یک فلز بدون آنکه بکشند .

قابلیت چکش کاری Malleability

قابلیت چکش کاری که شکل دیگری از قابلیت پلاستیکی است به قابلیت تغییر شکل دائم یک فلز تحت نیروی فشاری بدون آنکه گسیخته شود، گفته می شود. بخاطر همین خاصیت است که می توان فلزات را به صورت ورقهای نازک چکش کاری و نورد کرد. طلا، نقره، قلع و سرب از جمله فلزاتی هستند که قابلیت چکش خواری بالائی از خود نشان می دهند. طلا قابلیت چکشخواری استثنائی دارد و می تواند بصورت ورقهای نازکی که برای عبور نور کافی است نورد شود .

شکنندگی Brittleness

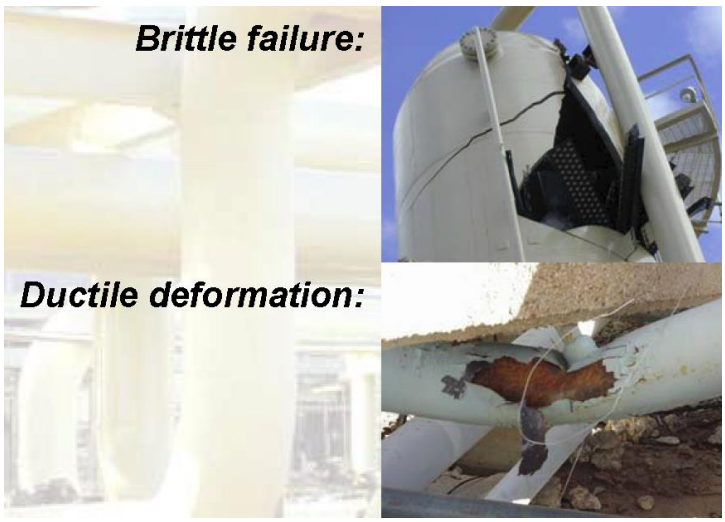
شکنندگی خاصیتی است که بر عکس قابلیت پلاستیکی می باشد یک فلز شکننده فلزی است که نمی تواند

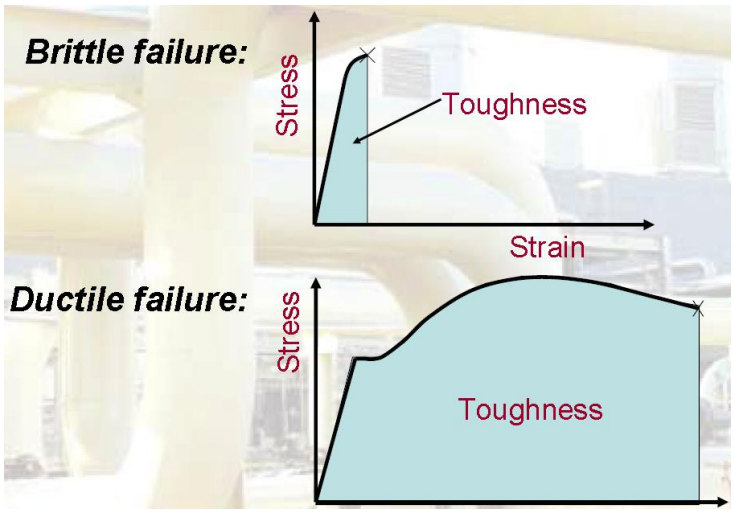
بنحو قابل ملاحظه ای تغییر شکل دادئم بدهد، بعبارت دیگر، فاقد قابلیت پلاستیکی است. فلزات شکننده، مانند فولاد کاملاً سخت شده، ممکن است قابلیت پلاستیکی بسیار اندکی را از خود نشان دهند، لذا می توان آنها را جزو گروه فلزات شکننده بحساب آورد، با وجود این سختی مقیاسی از قابلیت پلاستیکی نیست. فلزات شکننده مقاومت به برخورد یا ضربه ی بسیار کمی دارند و بدون هیچگونه اخطار و علائم قبلی می شکنند .

قابلیت مفتول شدن یا انعطاف پذیری Ductility

قابلیت مفتول شدن عبارتست از قابلیت پلاستیکی که بوسیله ی یک ماده تحت نیروی کششی نمایش داده می شود. این خاصیت را با مقداری که ماده می تواند بطور دائم ازدیاد طول پیدا کند، اندازه گیری می کنند. این قابلیت به ازدیاد طول موجب می شود تا بتوان یک فلز را از یک اندازه ی بزرگتر بصورت یک سیم با اندازه ی کوچکتر کشید. مس و آلومینیم قابلیت کشش زیادی دارند .

شکل زیر تفاوتهای شکست های نرم و ترد را مشخص کرده است.





در ادامه به بررسی الزامات و نیازمندیهای کد در مورد متریالها پرداخته می شه.

اصولا انتخاب متریال مناسب با توجه به سیالها در حیطه کاری کد B31.3 نمی باشد. با توجه به پاراگراف ۳۲۳,۵ انتخاب متریال مقاوم به فرسودگی و تخریب در سرویس در محدوده کاری کد نمی باشد (شکل زیر). از انواع این مکانیسمهای تخریب می شه به موارد زیررا نام برد:

- Stress Corrosion Cracking
- Loss of Metal
- Metallurgical and Environment Degradation

323.5 Deterioration of Materials in Service

Selection of material to resist deterioration in service is not within the scope of this Code. See para. 300(c)(6). Recommendations based on experience are presented for guidance in Appendix F, para. F323.

همچنین مطابق پاراگراف 300(c)(6) سازگاری متریال با سیالات مورد استفاده و اثرات ناشی از سیالات بر روی اونها در محدوده کاری این کد نمی باشد. عملا با توجه به اینکه کد B31.3 دامنه وسیع و مختلفی از صنایع فرآیندی را پوشش می دهند، تهیه گایدلاین برای انتخاب متریال کاری نشدنی است. البته در پیوست F پاراگراف F323 طبق تجربیات توصیه هایی در انتخاب متریال آورده شده است که توصیه می کنم دوستان مطالعه کنند. موارد عمومی که در این پاراگراف ذکر شده بشرح زیر است:

(a) Exposure to fire and melting point of materials.
(b) Brittle fracture or failure.
(c) Ability of thermal insulation to protect piping when exposed to a fire.
(d) Crevice corrosion.
(e) Electrolytic effects.
(f) Compatibility of lubricants or sealants used on threads.
(g) Compatibility of packing, seals, and O-rings.
(h) Compatibility of materials such as: cements, solvent, solders, & brazing materials with the fluid service.
(i) Chilling effect of sudden loss of pressure.
(j) Possibility of pipe support failure from exposure to low or high temperatures.
(k) Compatibility of materials, including sealants, gaskets, lubricants, and insulation, used in strong oxidizer fluid service (e.g., oxygen or fluorine)..

(۳۲۳,۱) لیست متریالهایی که مورد تایید کد می باشند در جدول ۳۲۶,۱ و همچنین پیوست A آورده شده اند. البته کد مهندس طراح را از استفاده از متریالهایی که در کد B31.3 لیست نشده اند، منع نکرده است و عملا می توان الزامات فصل سوم کد برای بررسی صلاحیت و کیفیت متریالهای لیست نشده و متریالهایی که مطابق با شرایط دمایی که در پیوست A نیستند مورد استفاده قرار داد.

مهندس طراح می بایستی صلاحیت و کیفیت متریالهای لیست نشده را بر اساس موارد زیر بررسی کند:

۱- تنش تسلیم و حداقل استحکام کششی

۲- ترکیبات شیمیایی، شرایط عملیت حرارتی heat treatment و کنترل کیفیت

۳- شرایط و نیازهای تست و معاینه examination

۴- روش و فرآیند ساخت

همچنین کد استفاده از متریالهای لیست نشده در سایر استانداردهای لیست نشده (مانند ASTM و DIN) را مجاز دانسته است.

و در آخر کد اجازه استفاده از متریالهای ناشناخته را نمی دهد.

متریالهای استفاده شده یا دست دوم (Reclaimed materials):

کد اجازه استفاده از متریالهای استفاده شده را می دهد به شرطی که تمیزکاری مناسب شوند و همچنین بازرسی مناسب روی حداقل ضخامت لوله انجام شود و همچنین عاری از هرگونه عیوب باشد.

محدودیتهای دمایی (۳۲۳,۲):

محدوده دماهای بالاتر(۳۲۳,۲,۱): کد اجازه استفاده از متریالها لیست شده را بالاتر از دمای ماکزیمم مشخص شده در پیوست A را چنانچه ممانعتی برای آن ذکر نشده باشه می دهد. البته طراح می بایستی مطابق بند ۳۲۳,۲,۴ بررسیهای لازم را برای استفاده از متریال لیست شده در دمای بالاتر و بطور کلی برای متریال لیست نشده در زمینه صحت تنشهای مجاز و دیگر محدودیتهای مرتبط با طراحی انجام دهد و همچنین اطلاعات و جداول تنش و محدوده دمایی نیز تهیه شود.

در مورد متریالهای لیست نشده هم کد از طراح خواسته علاوه بر بررسی بالا موارد زیر رو بررسی کند:

- محاسبه تنش مجاز متریال لیست نشده براساس پاراگراف ۳۰۲,۳،

- مقاومت متریال لیست نشده نسبت به آثار زیان آور سرویس سیال و محیط اطراف

- و همچنین کاربرد و قابلیت اطمینان متریال در تغییرات دمایی زیاد

مثالی که در مورد استفاده از متریال لیست شده در دمای بالاتر می شه زد محدوده دمایی فلنج A182 Gr.F304L مطابق استاندارد ASME B16.5 فقط تا دمای ۴۲۵ درجه سانتیگراد مشخص شده است ، اما طبق پیوست A کد B31.3 ممانعتیبرای استفاده از این متریال در دمای بالاتر ندارد و در واقع فلنج A182 Gr.F304L را می توان تا دمای 815 درجه سانتیگراد هم استفاده کرد (البته با طراحی مناسب و انتخاب ریتینگ درست).

محدوده دماهای پایینتر (۳۲۳,۲,۲):

دمای حداقل طراحی پایینترین دمایی است سیستم حین عملکرد ممکنه داشته باشه. معمولا هم اگر کمتر از دمای حداقل مشخص شده در کد باشد ریسک شکست ترد بالاتر است و در این پاراگراف الزامات کد را در این مورد بررسی می کنیم.

همانطور که در جلسه قبل بررسی شد کد b31.3 در جداول پیوست A برای هر متریالی حداقل دما مشخص کرده است که بالاتر از این دما (معمولا) اون متریال مناسب برای کارکرد هست. اما این بدین معنی نیست که نمی توان از اون متریال پایینتر از دمای حداقل استفاده کرد، می توان منتهی می بایستی تست ضربه impact test روی اون متریال انجام شود. عملا دمای حداقل در این جداول مرزی است که نیاز یا عدم نیاز به تست ضربه رو برای اکثر متریالها مشخص کرده است.

برای هر کدام از متریالهـا در ستون حداقل دما یـک عـدد و یا یـک حرف مشخص شده است. اگر عدد قید شده باشد بطور مثال برای متریال A333 Gr.1 عدد 50F- مشخص شده است یعنی حداقل دما برای ایـن متریـال 50F- است. چنانچه دمای سرویس ما کمتر از این دما باشد مثلاً 60F- برای این متریال در این دما تست ضربه نیاز اسـت و نیـازی بـه رسم خطوط دما و ضخامت در نمودارشکل 323.2.2A نیست. البته ممکن است با توجه به توضیحات پاراگراف ۳۲۳,۲,۲ ((cو شکل B۳۲۳,۲,۲ نیازی به تست ضربه نباشد که در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد.

اما اگر در این سـتون حـرف بود بطور مثال برای A106 Gr.B که با حرف B مشخص شده است، می بایستی به منحنی های شکل 323.2.2A مراجعه کرد. که در ادامه توضیح داده می شود. برای شناخت بهتر به موارد مشخص با رنگ آبی و قرمز در شکل زیر از پیوست A دقت شود.

(14) **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 Tensile	Yield	Min. Temp. 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
A285 Gr. C	A134	...	...	...	...	1	(8b)(57)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A524	II	K02104	...	...	1	(57)	−20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A333	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	−50	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A334	1	K03008	...	...	1	(57)(59)	−50	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A671	CA55	K02801	...	...	1	(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A285 Gr. C	A672	A55	K02801	...	...	1	(57)(59)(67)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 55	A672	C55	K01800	...	...	1	(57)(67)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
A516 Gr. 60	A671	CC60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A671	CB60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A515 Gr. 60	A672	B60	K02401	...	...	1	(57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A516 Gr. 60	A672	C60	K02100	...	...	1	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
...	A139	B	K03003	...	...	1	(8b)	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A135	B	K03018	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A524	I	K02104	...	...	1	(57)	−20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A53	B	K03005	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A106	B	K03006	...	...	1	(57)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A333	6	K03006	...	...	1	(57)	−50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A334	6	K03006	...	...	1	(57)	−50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A369	FPB	K03006	...	...	1	(57)	−20	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A381	Y35	...	...	...	1	...	A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	API 5L	B	...	...	...	1	(57)(59)(77)	B	60	35	20.0	20.0	20.0

نکته: تنش مجاز در دماهای پایینتر از دمای حداقل با تنش مجاز تا دمای 38 درجه سانتیگراد یکی است.

اما چه موقع تست ضربه میبایستی انجام شود:

طبق کد تست ضربه موقعی نیاز هست که بدلایل مختلف ریسک شکست ترد (brittle fracture) وجود داشته باشد. این ریسک می تواند ناشی از شرایط متریال، ضخامت، سفتی (toughness) و تنش باشد.

جدول ۳۲۳,۲,۲ الزامات تست ضربه را برای متریالهای مختلف مشخص کرده است.

ستون A این جدول الزامات برای حالتی که دمای حداقل طراحی بالاتر یا مساوی دمای حداقل از جداول پیوست A یا شکل A 323.2.3 می باشد که احتمال شکست ترد (brittle fracture) پایین می باشد. در زیرستون A دو ستون دیگر هم داریم که A(a) برای متریال پایه (لوله) و A(b) برای فلز جوش و همچنین ناحیه متاثر از جوش HAZ (Heat Affected Zone) می باشد.

چنانچه تست ضربه برای فلز جوش نیاز باشد، تست ضربه میبایستی در روشهای آزمون کنترل کیفیت جوش اورده شود.

ستون B این جدول الزامات برای حالتی که دمای حداقل طراحی پایینتر از دمای حداقل از جداول پیوست A یا شکل A 323.2.3 می باشد که احتمال شکست ترد (brittle fracture) بالاتر می باشد و تست ضربه الزامی هست.

برای متریالهای زنگ نزن stainless steel ملاک کد برای تست ضربه مقدار درصد کربن در متریال آنها است (مطابق پاراگراف 323.2.2(f)). چنانچه درصد کربن از ۰,۱٪ تجاوز نکند تا دمای حداقل ۱۰۱- و بالاتر نیازی به تست ضربه نمی باشد. همچنین اگر مقدار درصد کربن از ۰,۱٪ بیشتر شد تا دمای خداقل ۴۸- و بالاتر نیازی به تست ضربه نیست.

Table 323.2.2 Requirements for Low Temperature Toughness Tests for Metals

These Toughness Test Requirements Are in Addition to Tests Required by the Material Specification

	Type of Material	Column A Design Minimum Temperature at or Above Min. Temp. in Table A-1 or Fig. 323.2.2A		Column B Design Minimum Temperature Below Min. Temp. in Table A-1 or Fig. 323.2.2A
Listed Materials	1 Gray iron	A-1 No additional requirements		B-1 No additional requirements
	2 Malleable and ductile iron; carbon steel in accordance with Note (1)	A-2 No additional requirements		B-2 Materials designated in Box 2 shall not be used.
		(a) Base Metal	(b) Weld Metal and Heat Affected Zone (HAZ) [Note (2)]	
	3 Other carbon steels, low and intermediate alloy steels, high alloy ferritic steels, duplex stainless steels	A-3 (a) No additional requirements	A-3 (b) Weld metal deposits shall be impact tested in accordance with para. 323.3 if design min. temp. < −29°C (−20°F), except as provided in Notes (3) and (5), and except as follows: for materials listed for Curves C and D of Fig. 323.2.2A, where corresponding welding consumables are qualified by impact testing at the design minimum temperature or lower in accordance with the applicable AWS specification, additional testing is not required.	B-3 Except as provided in Notes (3) and (5), heat treat base metal in accordance with applicable ASTM specification listed in para. 323.3.2; then impact test base metal, weld deposits, and HA2 in accordance with para. 323.3 [see Note (2)]. When materials are used at design min. temp. below the assigned curve as permitted by Notes (2) and (3) of Fig. 323.2.2A, weld deposits and HA2 shall be impact tested [see Note (2)].
	4 Austenitic stainless steels	A-4 (a) If: (1) carbon content by analysis > 0.1%; or (2) material is not in solution heat treated condition; then, impact test in accordance with para. 323.3 for design min. temp. < −29°C (−20°F) except as provided in Notes (3) and (6)	A-4 (b) Weld metal deposits shall be impact tested in accordance with para. 323.3 if design min. temp. < −29°C (−20°F) except as provided in para. 323.2.2 and in Notes (3) and (6)	B-4 Base metal and weld metal deposits shall be impact tested in accordance with para. 323.3. See Notes (2), (3), and (6).
	5 Austenitic ductile iron, ASTM A571	A-5 (a) No additional requirements	A-5 (b) Welding is not permitted	B-5 Base metal shall be impact tested in accordance with para. 323.3. Do not use < −196°C (−320°F). Welding is not permitted.
	6 Aluminum, copper, nickel, and their alloys; unalloyed titanium	A-6 (a) No additional requirements	A-6 (b) No additional requirements unless filler metal composition is outside the range for base metal composition; then test in accordance with item B-6	B-6 Designer shall be assured by suitable tests [see Note (4)] that base metal, weld deposits, and HA2 are suitable at the design min. temp.
Unlisted Materials	7 An unlisted material shall conform to a published specification. Where composition, heat treatment, and product form are comparable to those of a listed material, requirements for the corresponding listed material shall be met. Other unlisted materials shall be qualified as required in the applicable section of column B.			

(14) **Table 323.2.2 Requirements for Low Temperature Toughness Tests for Metals (Cont'd)**

NOTES:

(1) Carbon steels conforming to the following are subject to the limitations in Box B-2: plates in accordance with ASTM A36, A283, and A570; pipe in accordance with ASTM A134 when made from these plates; structural shapes in accordance with ASTM A992; and pipe in accordance with ASTM A53 Type F and API 5L Gr. A25 butt weld.

(2) Impact tests that meet the requirements of Table 323.3.1, which are performed as part of the weld procedure qualification, will satisfy all requirements of para. 323.2.2, and need not be repeated for production welds.

(3) Impact testing is not required if the design minimum temperature is below −29°C (−20°F) but at or above −104°C (−155°F) and the stress ratio defined in Fig. 323.2.2B does not exceed 0.3.

(4) Tests may include tensile elongation, sharp-notch tensile strength (to be compared with unnotched tensile strength), and/or other tests, conducted at or below design minimum temperature. See also para. 323.3.4.

(5) Impact tests are not required when the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch of less than 2.5 mm (0.098 in.). Under these conditions, and where the stress ratio defined in Fig. 323.2.2B exceeds 0.3, the design minimum temperature shall not be less than the lower of −48°C (−55°F) or the minimum temperature for the material in Table A-1.

(6) Impact tests are not required when the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch of less than 2.5 mm (0.098 in.).

منحنی و جدول 323.2.2A:

متریال کربن استیل در سرویس سیال کتگوری D این جدول صادق نیست، چون مطابق مشخصات این سرویس سیال، دمای سیال بالاتر از 29- درجه ساتنی گراد می باشد و تست ضربه نیاری نیست.

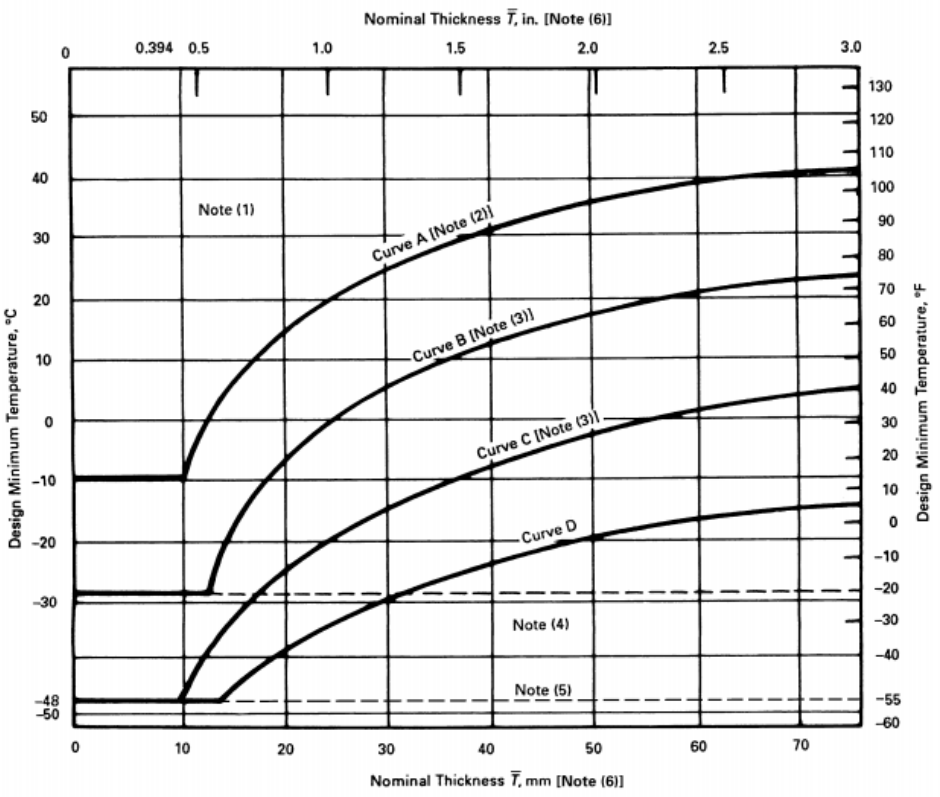
پس می توان بدین صورت فرض کرد که سایر متریالهای کربن استیل را می توان تا دماهای 29- ویا 46- (با توجه به دمای حداقل در Appendix A) بدون تست ضربه استفاده کرد. اما این فرض تحت تاثیر عامل مهم دیگه ای به نام ضخامت لوله قرار می گیرد، این متریالها در ضخامتهای بالاتر بیشتر مستعد شکست ترد هستند.

با توجه به موارد بالا کد منحنی هایی براساس دمای طراحی حداقل و ضخامت اسمی (مطابق شکل 323.2.2A) تهیه کرده است که چنانچه برای هر متریالی نقطه تلاقی مقدار دما و ضخامت زیر منحنی باشند تست ضربه نیاز است و اگر بالای منحنی باشند تست ضربه نیاز نیست. البته کد منحنی های شکل 323.2.2A را با جزییات بیشتر بصورت جدول 323.2.2A ارایه کرده است.

با توجه به شکل 323.2.2A و نوتهای ۲ و ۳ کد برای تعدادی از متریالها چنانچه عملیات حرارتی مشخص شده کد (مانند نرماله کردن، تمپرکردن و یا کوئینچ کردن) روی آنها انجام شود این اجازه رو داده که در منحنی های با حداقل دما- ضخامت پایینتر استفاده شوند و بعبارت دیگه شرایط نیاز به تست ضربه تعییز پیدا می کنه. به طور مثال متریال A516 در پیوست A حداقل دماش با حرف C هست، اما اگر عملیات حرارتی نرماله کردن انجام شود می توان از منحنی D را برای بررسی نیاز به تست ضربه برای ان استفاده کرد. مطابق شکل زیر:

(2) X Grades of API 5L, and ASTM A381 materials, may be used in accordance with Curve B if normalized or quenched and tempered.
(3) The following materials may be used in accordance with Curve D if normalized:
    (a) ASTM A516 plate, all grades
    (b) ASTM A671 pipe made from A516 plate, all grades
    (c) ASTM A672 pipe made from A516 plate, all grades

Fig. 323.2.2A Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials
(See Table A-1 for Designated Curve for a Listed Material; see Table 323.2.2A for Tabular Values)



NOTES:

(1) Any carbon steel material may be used to a minimum temperature of −29°C (−20°F) for Category D Fluid Service.

(2) X Grades of API 5L, and ASTM A381 materials, may be used in accordance with Curve B if normalized or quenched and tempered.

(3) The following materials may be used in accordance with Curve D if normalized:
- (a) ASTM A516 plate, all grades
- (b) ASTM A671 pipe made from A516 plate, all grades
- (c) ASTM A672 pipe made from A516 plate, all grades

(4) A welding procedure for the manufacture of pipe or components shall include impact testing of welds and HAZ for any design minimum temperature below −29°C (−20°F), except as provided in Table 323.2.2, A-3(b).

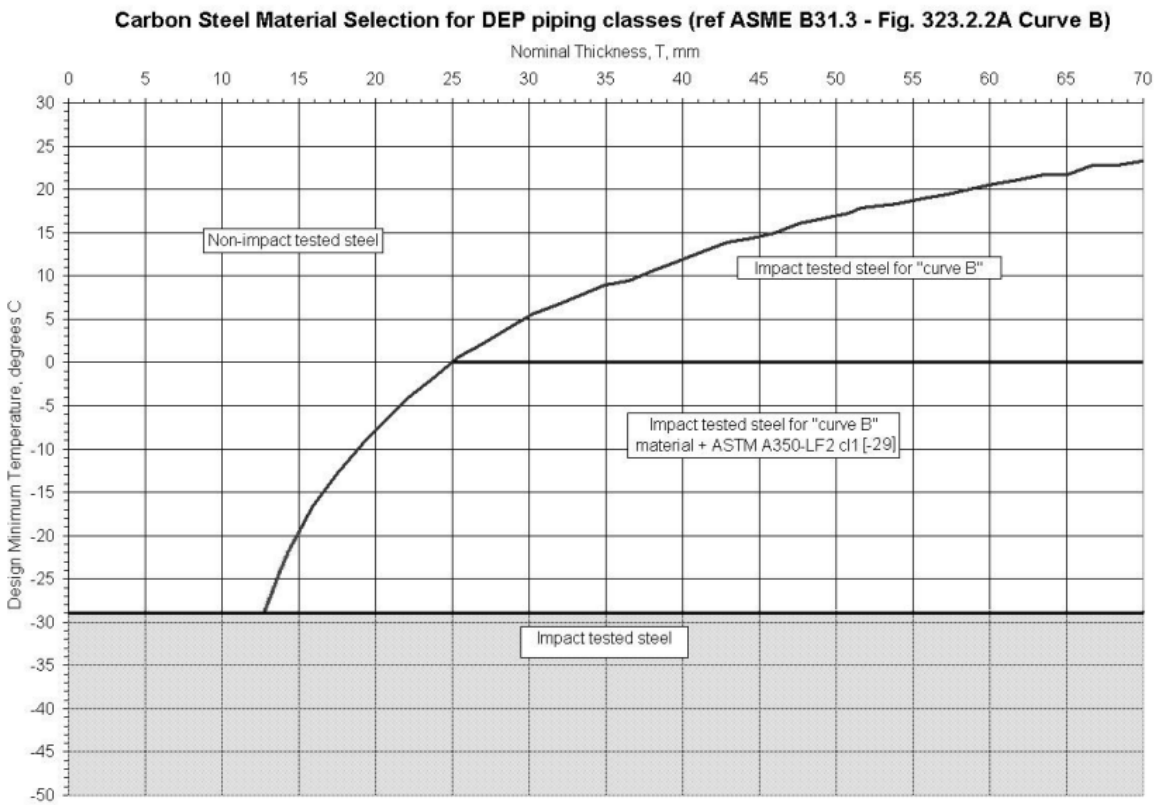
(5) Impact testing in accordance with para. 323.3 is required for any design minimum temperature below −48°C (−55°F), except as permitted by Note (3) in Table 323.2.2.

(6) For blind flanges and blanks, $\overline{T}$ shall be $\frac{1}{4}$ of the flange thickness.

(14) **Table 323.2.2A Tabular Values for Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials (See Fig. 323.2.2A for Curves and Applicable Notes)**

Nominal Thickness, T [Note (6)]		Lowest Exemption Temperature							
		Curve A [Note (2)]		Curve B [Note (3)]		Curve C [Note (3)]		Curve D	
mm	in.	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
6.4	0.25	9.4	15	28.9	20	48.3	55	48.3	55
7.9	0.3125	9.4	15	28.9	20	48.3	55	48.3	55
9.5	0.375	9.4	15	28.9	20	48.3	55	48.3	55
10.0	0.394	9.4	15	28.9	20	48.3	55	48.3	55
11.1	0.4375	6.7	20	28.9	20	41.7	43	48.3	55
12.7	0.5	1.1	30	28.9	20	37.8	36	48.3	55
14.3	0.5625	2.8	37	21.7	7	35.0	31	45.6	50
15.9	0.625	6.1	43	16.7	2	32.2	26	43.9	47
17.5	0.6875	8.9	48	12.8	9	29.4	21	41.7	43
19.1	0.75	11.7	53	9.4	15	27.2	17	40.0	40
20.6	0.8125	14.4	58	6.7	20	25.0	13	38.3	37
22.2	0.875	16.7	62	3.9	25	23.3	10	36.7	34
23.8	0.9375	18.3	65	1.7	29	21.7	7	35.6	32
25.4	1.0	20.0	68	0.6	33	19.4	3	34.4	30
27.0	1.0625	22.2	72	2.2	36	18.3	1	33.3	28
28.6	1.125	23.9	75	3.9	39	16.7	2	32.2	26
30.2	1.1875	25.0	77	5.6	42	15.6	4	30.6	23
31.8	1.25	26.7	80	6.7	44	14.4	6	29.4	21
33.3	1.3125	27.8	82	7.8	46	13.3	8	28.3	19
34.9	1.375	28.9	84	8.9	48	12.2	10	27.8	18
36.5	1.4375	30.0	86	9.4	49	11.1	12	26.7	16
38.1	1.5	31.1	88	10.6	51	10.0	14	25.6	14
39.7	1.5625	32.2	90	11.7	53	8.9	16	25.0	13
41.3	1.625	33.3	92	12.8	55	8.3	17	23.9	11
42.9	1.6875	33.9	93	13.9	57	7.2	19	23.3	10
44.5	1.75	34.4	94	14.4	58	6.7	20	22.2	8
46.0	1.8125	35.6	96	15.0	59	5.6	22	21.7	7
47.6	1.875	36.1	97	16.1	61	5.0	23	21.1	6
49.2	1.9375	36.7	98	16.7	62	4.4	24	20.6	5
50.8	2.0	37.2	99	17.2	63	3.3	26	20.0	4
51.6	2.0325	37.8	100	17.8	64	2.8	27	19.4	3
54.0	2.125	38.3	101	18.3	65	2.2	28	18.9	2
55.6	2.1875	38.9	102	18.9	66	1.7	29	18.3	1
57.2	2.25	38.9	102	19.4	67	1.1	30	17.8	0
58.7	2.3125	39.4	103	20.0	68	0.6	31	17.2	1
60.3	2.375	40.0	104	20.6	69	0.0	32	16.7	2
61.9	2.4375	40.6	105	21.1	70	0.6	33	16.1	3
63.5	2.5	40.6	105	21.7	71	1.1	34	15.6	4
65.1	2.5625	41.1	106	21.7	71	1.7	35	15.0	5
66.7	2.625	41.7	107	22.8	73	2.2	36	14.4	6
68.3	2.6875	41.7	107	22.8	73	2.8	37	13.9	7
69.9	2.75	42.2	108	23.3	74	3.3	38	13.3	8
71.4	2.8125	42.2	108	23.9	75	3.9	39	13.3	8
73.0	2.875	42.8	109	24.4	76	4.4	40	12.8	9
74.6	2.9375	42.8	109	25.0	77	4.4	40	12.2	10
76.2	3.0	43.3	110	25.0	77	5.0	41	11.7	11

نکته: معمولا منحنی B شامل متریالهای کربن استیلی می شود که بیشترین مورد استفاده را دارد. شکل زیر دید بهتری از منحنی B می دهد.



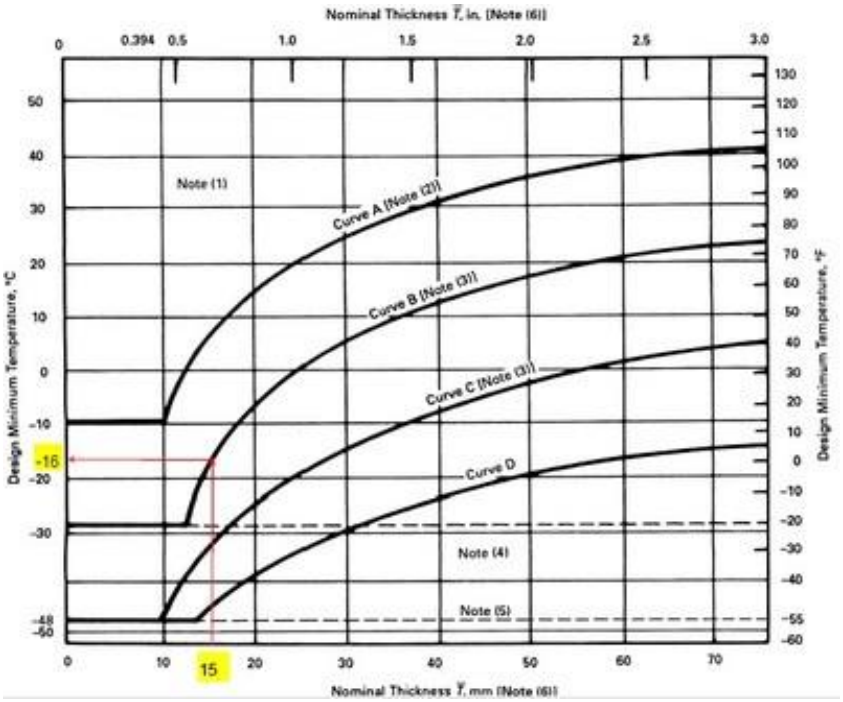
در جدول زیر تعدادی از متریالهای کربن استیل متداول با و بدون تست ضربه لیست شده اند.

Product Forms	See Note(s)	ASTM Materials without Impact Tests	ASTM Materials with Impact Tests
Pipe	2	A 53 Gr. B A 106 Gr.B	A 333 Gr. 1 A 333 Gr. 6
Flanges & Forged Fittings	3	A 105	A 350 Gr. LF2
Wrought Fittings		A 234 Gr. WPB	A 420 Gr. WPL6
Castings		A 216 Gr. WCB A 216 Gr. WCC	A 352 Gr. LCB A 352 Gr. LCC
Bolts, Studs, and Cap Screws	4,5	A 193 Gr. B7 A 193 Gr. B7M	A 320 Gr. L7 A 320 Gr. L7M
Nuts	4,5	A 194 Gr. 2H A 194 Gr. 2HM	A 194 Gr. 7 A 194 Gr. 7M

برای روشن شدن توضیحات بالا مثال زیر را ببینید:

فرض کنید لوله ای با مشخصات حداقل دمای عملکرد: -20°C و ضخامت: ۱۵ میلیمتر دارید و متریال آن مربوطه به منحنی B می باشد.

با توجه به شکل 323.2.2a زیر برای این ضخامت حداقل دمای بدون نیاز به تست ضربه ۱۶- می باشد. با توجه به اینکه حداقل دمای عملکرد -20°C می باشد، دو تو راه وجود داره: راه اول انجام تست ضربه روی این متریال در دما ۲۰- و راه دوم انتخاب متریال مناسب با دمای حداقل کمتر (از منحنی C و یا D). بر اساس این ضخامت دمای و منحنی c حداقل دما را می توان°C ۳۳- انتخاب کرد و عملا از تست ضربه اجتناب کرد.



همچنین کد مطابق پاراگراف (d) 323.2.2 روشی را برای استفاده از متریال کربن استیل پایینتر از دمای حداقل را ارایه کرده است (مطابق شکل 323.2.2B). البته با شروط زیر:

- در سرویسهای دما بالا نباشد.

- تحت بارهای ضربه ای و thermal bowing نباشد

- جوشها بین دو متریال غیر مشابه نباشد

- نسبت تنش کمتر از ۱ باشد.

با توجه به موارد بالا کد کاهش در دمای حداقل در متریال کربن استیل را مطابق با الزامات زیر مجاز دانشته است:

۱- برای دمای حداقلC ۴۸- و بالاتر نیازی به تست ضربه نیست اگر نسبت تنش از مقادیر شکل 323.2.2B بالاتز نرود و همچنین شرایط زیر میبایستی اعمال گردد:

۱-۱: انجام هیروتست با حداقل ۱,۵ برابر فشار طراحی

۱-۲: اعمال حفاظت Safeguarding برای کامپوننتهای با ضخامت بالاتر از ۱۳ میلیمتر در برابر نیروهای خارجی مانند نیورههای ضربه ای، تعمیرات و شوکهای حرارتی.

۲- برای دمای حدقل کمتر ازC ۴۸- و بیشتر ازC ۱۰۴ - چنانچه نسبت تنش ۰,۳ یا پایینتر باشد.

نکته: الزام دوم مطابق نوت ۳ جدول 323.2.2 برای متریالهای austenitic stainless steel, intermediate-alloy steels, high-alloy ferritic steels, and duplex stainless steels. مشابه می باشد، یعنی نسبت تنش ۰,۳ یا پایینتر باشد و همچنین دما یحداقل بین ۲۹- و ۱۰۴- باشد، می توان از این متریالها در دمای پایینتر بدون نیاز به تست ضربه استفاده کرد.

برای در نظر گرفتن تنش در بررسی نسبت تنش، تنش Hoop و تنش طولی longitudinal میبایستی در نظر گرفته شود. نسبت تنش که در بالاتر صحبت شد بالاترین مقدار بین موارد زیر می بایستی انتخاب شود:

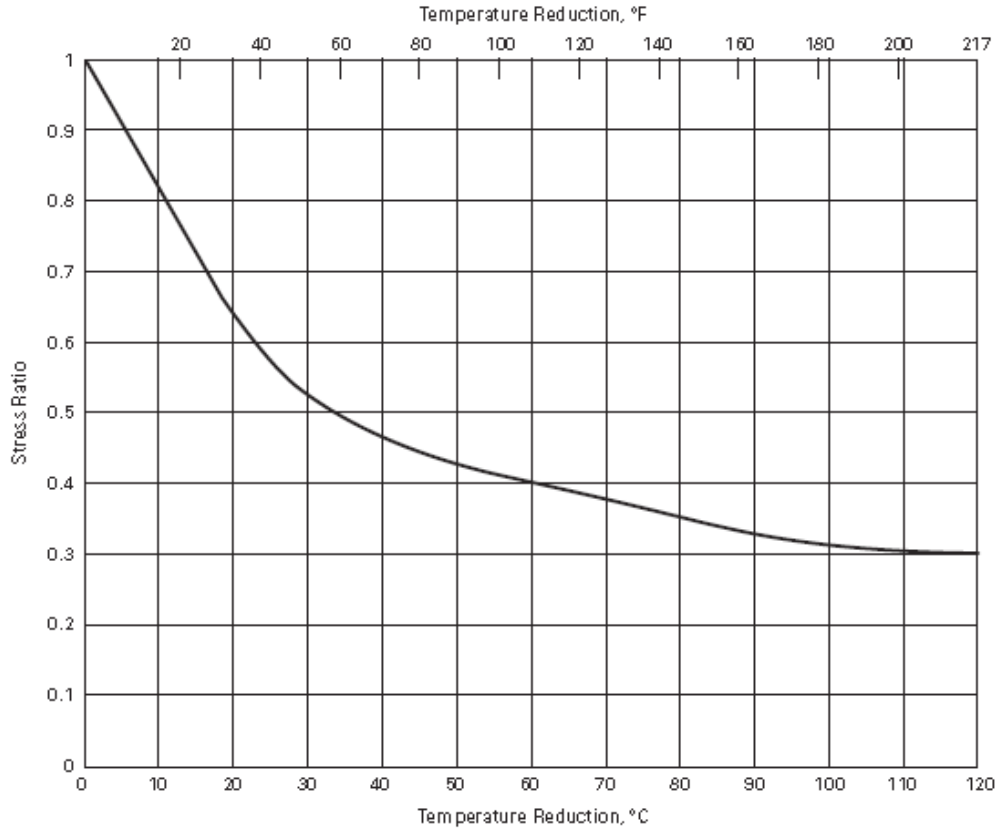
- نسبت تنش فشاری اسمی یا hoop stress (بر اساس ضخامت منهای افزودنیها یا مجازها) به تنش مجاز (در شرایط مورد بحث)

- نسبت فشار به فشار ریتینگ (در شرایط مورد بحث)

- نسبت تنشهای طولی که ترکیبی از تنشهای طولی ناشی ازوزن و تنش جابه جایی باشند به تنش مجاز، با این فرض که ضریب تمرکز تنش ۱ در نظر گرفت شود و همچنین اندازه های اسمی بدون مجازها یا افزودنیها باشد.

نکته: کد در پیوست F پاراگراف F323.2.2 کد توضیحات و مواردی را بعنوان توصیه در مورد 323.2.2B ارایه کرده است. لطفا مطالعه کنید.

Fig. 323.2.2B Reduction in Lowest Exemption Temperature Without Impact Testing



برای روشنتر شدن موارد بالا یک مثال در همین زمینه ارایه می شود:

فرض کنید لوله ای با مشخضات زیر دارید:

Pipe: 5” Sch. 80, A106-B,

Operating pressure: 35 barg

Minimum operating temperature: -40°C.

با توجه به جدول A-1 دمای حداقل A106-B مقدار ۲۹- می باشد. (پس مقدار کاهش دمای حداقل ۱۱ درجه میباشد.) تنش مجاز هم مطابق جدول 138 Mpa میباشد. با توجه به اینکه دما بالاتر از ۴۸- میباشد می توانیم به شکل 323.2.2B مراجعه کنیم. با توجه به شکل و داده های بالا می توانیم کاهش ۱۱ درجه ای در دمای حداقل داشته باشیم تا زمانی که نسبت تنش از ۸۰٪ بیشتر تشود. یعنی تنش این سیستم نمی بایستی از۱۱۰,۴ مگاپاسکال بیشتر شود. همین محدودیت ۸۰٪ برای فشار نیز می باشد. همچنین فشار تست می بایستی 52.5 Barg باشد و همانطور که گفته شد سیستم از بارهای خارجی و شوکهای حرارتی میبایستی مصون باشد.

روشهای تست ضربه و معیارهای پذیرش (۳۲۳,۳):

تست ضربه می بایستی بر اساس الزامات استاندارد ASTM A 370 انجام شود. این تست آزمون ضربه شارپی (CHARPY V – NOTCH)است. یکی از روش‌های استاندارد برای تعیین انرژی شکست مواد فلزی است. در این آزمون با استفاده از نمونه‌های فاق‌دار شرایط تنش سه‌بعدی را در نمونه ایجاد کرده و قابلیت تغییر شکل پلاستیک را در آن محدود می‌کنند. در این آزمون، مقدار انرژی جذب شده توسط نمونه در هنگام شکست از میزان اختلاف ارتفاع اولیه و ثانویه آونگ بدست می‌آید. این میزان انرژی معیاری از چقرمگی مواد است.

دستگاه آزمایش از یک پاندول مدرج تشکیل شده‌است که هنگام حرکت با نمونه برخود می‌کند و اختلاف ارتفاع پاندول انرژی جذب شده توسط نمونه است که معمولاً به شکل انرژی بر واحد سطح تعریف می‌شود. این انرژی را همچنین می‌توان از اختلاف زاویه اولیه و نهایی پاندول محاسبه کرد.

هرمجموعه از نمونه های Specimens شامل سه نمونه ضربه (بر اساس استاندارد ASTM A370) با طول ۵۵ میلی‌متر و سطح مقطع مربعی ۱۰x۱۰ میلی‌متری است که یک شیار V شکل با زاویه ۴۵ درجه و عمق ۲ میلی‌متر و شعاع ریشه ۰,۲۵ میلی‌متر دارد.

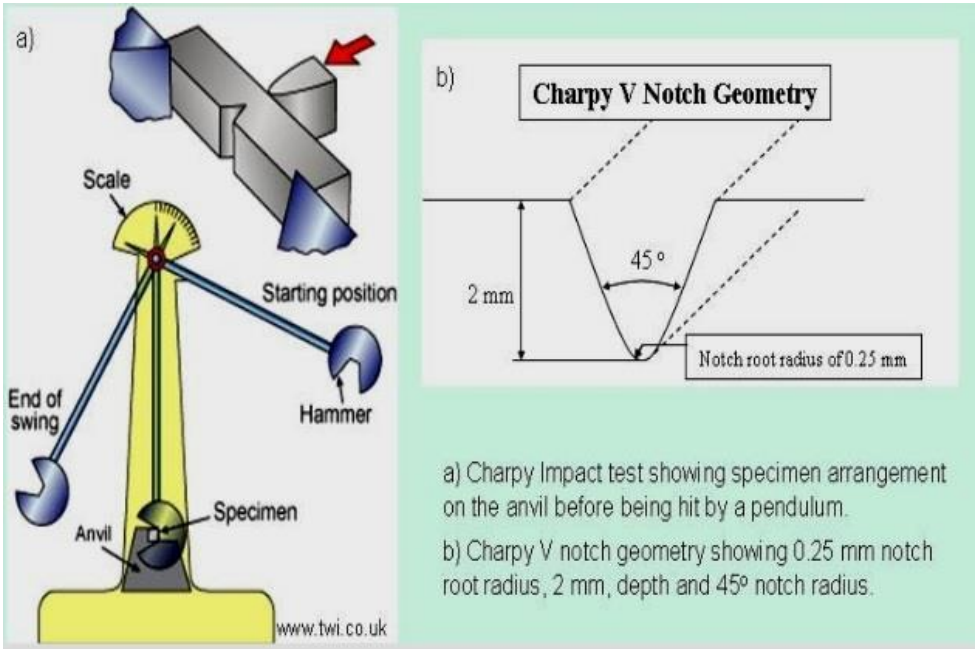


Figure 2: Charpy impact test, a) test method and b) notch dimensions.

هنگام تست ضربه برای نمونه های فول سایز، می بایستی تا دمای حداقل طراحی سرد شوند. برای نمونه های با سایز موچکتر از ۸ میلی متر پایینتر از دمای حداقل طراحی می بایستی تست ضربه انجام شود (مطابق جدول ۳۲۳,۳,۴)

Table 323.3.4 Charpy Impact Test Temperature Reduction

Actual Material Thickness [See Para. 323.3.4(b)] or Charpy Impact Specimen Width Along the Notch [Note (1)]		Temperature Reduction Below Design Minimum Temperature	
mm	in.	°C	°F
10 (full size standard bar)	0.394	0	0
9	0.354	0	0
8	0.315	0	0
7.5 (3/4 size bar)	0.295	2.8	5
7	0.276	4.4	8
6.67 (2/3 size bar)	0.262	5.6	10
6	0.236	8.3	15
5 (1/2 size bar)	0.197	11.1	20
4	0.157	16.7	30
3.33 (1/3 size bar)	0.131	19.4	35
3	0.118	22.2	40
2.5 (1/4 size bar)	0.098	27.8	50

GENERAL NOTE: These temperature reduction criteria do not apply when Table 323.3.5 specifies lateral expansion for minimum required values.

NOTE:
(1) Straight line interpolation for intermediate values is permitted.

معیار پذیرش تست ضربه :

بعد از انجام تست ضربه بر روی کربن استیل و استنلس استیل، معیارهای پذیرش در پاراگراف 323.3.5 و جدول 323.3.5 آمده است.

جدول 323.3.5به دو بخش تقسیم شده است:

بخش (a) که در برگیرنده کربن استیل ها و فولادهای آلیاژی می باشد.

بخش (b) مربوط میشود به فولاد زنگ نزن و فولادهای با P-Nos 6,7 and 8

برای فولادهای با استحکام بالا (شامل پیچها) معیار پذیرش بر اساس انبساط جانبی Lateral Expansion می باشد که حداقل مقدار آن ۰,۳۸ میلی متر در خلاف شیار V شکل می باشد.

Table 323.3.5 Minimum Required Charpy V-Notch Impact Values

Specified Minimum Tensile Strength	No. of Specimens [Note (1)]	Energy [Note (2)]			
		Fully Deoxidized Steels		Other Than Fully Deoxidized Steels	
		Joules	ft-lbf	Joules	ft-lbf
(a) Carbon and Low Alloy Steels					
448 MPa (65 ksi) and less	Average for 3 specimens	18	13	14	10
	Minimum for 1 specimen	14	10	10	7
Over 448 to 517 MPa (75 ksi)	Average for 3 specimens	20	15	18	13
	Minimum for 1 specimen	16	12	14	10
Over 517 but not incl. 656 MPa (95 ksi)	Average for 3 specimens	27	20	...	...
	Minimum for 1 specimen	20	15	...	...
		Lateral Expansion			
656 MPa and over [Note (3)]	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			
(b) Steels in P-Nos. 6, 7, and 8	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			

NOTES:
(1) See para. 323.3.5(d) for permissible retests.
(2) Energy values in this Table are for standard size specimens. For subsize specimens, these values shall be multiplied by the ratio of the actual specimen width to that of a full-size specimen, 10 mm (0.394 in.).
(3) For bolting of this strength level in nominal sizes M 52 (2 in.) and under, the impact requirements of ASTM A320 may be applied. For bolting over M 52, requirements of this Table shall apply.

خلاصه ای از الزامات کد در مورد نیازهای سرویس سیالها در متریالها (۳۲۳,۴):

a) Ductile Iron

- Generally limited to temperature range of -20°F to 650°F (-29°C to 343°C) and B16.42bratings
- Welding is not permitted.

b) Other Cast Irons

- Shall not be used under severe cyclic conditions
- May be used for other services if safeguarded for heat thermal and mechanical shock…
- Shall not be used in Above ground flammable service above 149°C or above 2760 KPa.

Gray Iron

- May not be used in flammable service above 150 psi (1035 kPa)
- May not be used in other services above 400 psi (2760 kPa)

Malleable Iron

- Shall not be used outside -29°C to 343°C

High Silicon Iron

- Shall not be used in flammable service

Aluminum Castings:

- The designer is responsible for establishing design stresses and ratings if thermal cutting is used.

Lead, Tin & their Alloys

- Shall not be used with flammable fluids

#Case_study_8:

Impact Testing Requirements (Question)

A plant piping system is constructed using de-oxidised pipes A106 gr B, 19 mm thk (3/4" thk). Minimum design temperature is: -25°C (-13°F). Answer the following questions:

1. Is impact testing required (service is not category D)?
2. How many test specimen will you use to carry out the impact test?
3. Total 3 pipe lots were tested by conducting 3 impact tests. What is your decision on acceptance if absorbed energy was as follows:

   Lot 1: 16 ft lb, 10 ft lb, 14 ft lb
   Lot 2: 18 ft lb, 12 ft lb, 11 ft lb
   Lot 3: 16 ft lb, 18 ft lb, 9 ft lb

4. If pipe material is changed to A 671 Grade 1(CD70), will the impact test be required?