جلسه اول:

شناخت اقلام piping

ابتدا باید بدانیم که حداقل نیازمندیها جهت انجام عملیات piping چیست؟

Pipe , fitting , flange , valve , ... حداقل نیازمندیها جهت انجام عملیات piping است.

سپس به سراغ کدهای طراحی خواهیم رفت، دراین قسمت طراحی را براساس ASME B.31 پارتهای 3,4,8 انجام می دهیم.

سپس به سراغ عملیات سایت که شامل test های مختلف است می رویم.

نهایتاً به سراغ .piping Eng خواهیم رفت.

مدارکی که در piping تهیه می شود مانند P&ID Mechanization , line list , PMS خواهد بود.

مراجع :

Piping guide (sherwood)
Handbook TC

Pipe:

حداقل نیازمندیها جهت شناخت pipe،:

Size،

Wall thickness(ضخامت)،

production (روش تولید)،

End preporation (furnished)(آرایش انتهای لوله)،

coating (نوع پوشش)،

Length (طول لوله)،

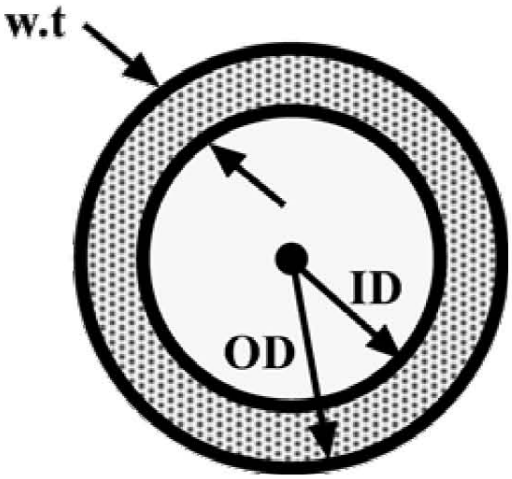
استانداردها را لازم داریم تا بتوانیم در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و یا سایر صنایع شیمیایی pipe را مورد استفاده قرار دهیم.

توجه: Plumbing مربوط به لوله کشی تاسیساتی و افراد HVAC کار می باشد، اما piping مربوط به صنایع بزرگ است.

Pipe Size:

NPS(Normal Pipe Size): قطر اسمی لوله است که به طور عام از $\frac{1}{8}$" شروع شده و تا 80' ادامه دارد. اما ما در piping یک مقدار مینیمم و ماکزیمم خاص را برای NPS مورد استفاده قرار می دهیم که در جدول -۱ مشخص شده است، نکته حائز اهمیت این است که تمامی اعداد مشخص شده در جدول زیر اعداد متعارف می باشند و عددی مانند $2\frac{1}{2}$" و یا 22' از جمله سایز های متعارف نمی باشند. در شکل ۱ نمایی از سطح مقطع یک لوله مشخص شده است که در آن قطر خارجی یا OD(Outer Diamete) و

قطر داخلی یا ID (Inner Diameter) و ضخامت یا w.t(Wall thickness) نمایش داده شده است.



شکل ۱

نکته: لوله های تا اندازه 12" وقتی تولید می شود میزان OD لوله از NPS بیشتر خواهد بود اما بعد از این اندازه میزان OD با NPS برابر خواهد بود که در جدول ۱ مشاهده می نمایید.

	NPS	OD
	$\frac{1}{8}$"	
Min size piping	*$\frac{1}{2}$"	
	1"	
	$1\frac{1}{2}$"	
	2"	
	3"	
	4"	4/5"
	6"	6/625"
	8"	8/625"
	10"	10/75"

	12"	12/75"
	14"	14"
	16"	16"
	. . .	
	80"	

جدول ۱

نکته: همواره در محاسبات piping از OD استفاده می کنیم و در مکاتبات ، نقشه ها، Document و درخواست خرید از NPS استفاده می شود.

نکته: با توجه به دما و فشار سیستم ضخامت تغییر می کند اما نه توجه کنید که OD هیچ گاه تغییر نمی کند و برای تغییر در ضخامت ID را تغییر می دهند.

توجه: سایز 5" در جدول استانداردها وجود دارد اما کاربرد چندانی ندارد.

نکته: ضخامت در یک لوله می تواند با توجه به مقادیر استاندارد تغییر کند، البته با توجه به جدولی که به صورت pdf در اختیار دارید، اگر محاسبات ضخامت را انجام دادیم و سایز ما 8" بود اما ضخامتی که بدست آوردیم بین دو عدد در جدول باشد، آن رقمی را در نظر می گیریم که به عدد بزرگتر نزدیک باشد.

به عنوان مثال اگر ضخامت بدست آمده 6/8" بود و ما اعداد 2/77",3/18",4/16",...6/35",7/42",...25/4" را در اختیار داشته باشیم عدد 7/42" را انتخاب کرده و به سازنده یا شرکت فروشنده لوله اعلام می کنیم.

Schedule(اسکجوئل): در جداول استاندارد بعضی از ضخامت ها را که زیاد مورد استفاده قرار گرفته اند را جهت سهولت و پرهیز از بیان میلیمتری ضخامت به صورت Schedule10 و Schedule20 و Schedule30 و Schedule40 و STD و XS(extra strong) و XXS(double extra strong) بیان می کنند. بنابراین چه بگوییم لوله 8" با ضخامت 6/35mm یا بگوییم 8" با Schedule30تفاوتی نمی کند.

روش تولید لوله:

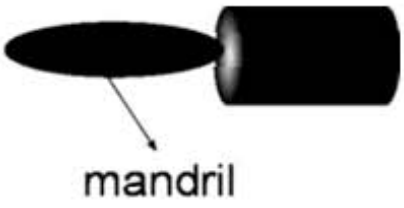
لوله به دو صورت اصلی بدون درز(seamless) و درزدار(welded) تولید می شود.

لوله بدون درز:

برای تولید بدون درز نیاز به یک شمش توپر استوانه ای داریم که به این جسم شمشال گویند مدر شکل ۲ نمونه از شمشال را ملاحظه می کنید.

شکل ۲

برای تولید لوله یک سنبه یا **mandril** در مراحل متوالی به مقطع لوله فشار می آورد و با این کار (شکل ۳) طول لوله افزایش یافته و توخالی می شود.



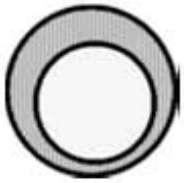
شکل ۳

مزیت:

کیفیت لوله تولید شده بسیار بالا است.

معایب:

۱- اگر بین سنبه و Billet را به صورت یک مرکز در نظر بگیریم، در این روش قسمتی از لوله دارای ضخامت بیشتر و قسمت دیگر دارای ضخامت کمتر خواهد شد که به این پدیده اصطلاحاً missaligne می گویند.(شکل ۴)



شکل ۴

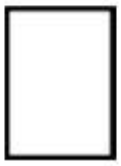
۲- عیب دیگر محدودیت سایز تولیدی است. در استانداردها تا ماکزیمم سایز لوله "۴۸ مورد نیاز است. تولید کنندگان بزرگ "۳۶ را درست می کنند. اگر بخواهیم از لوله ای که به روش seamless بدست آمده استفاده کنیم از رنج "۲۰ ~ ۱۸ می توان استفاده کرد، زیرا در سایزهای بالا هم Missaligne و هم هزینه بالا خواهیم داشت.

لوله نوع welded :

برای تولید این نوع لوله از دو روش تولید بهره می گیرند:

۱- تختال (plate slab) شکل ۵

۲- ورقه ای شده (coil)شکل ۶



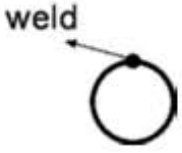
شکل ۵

شکل ۶

توجه: در تولید لوله به روش coil ، حتماً خط لوله باید پیوسته باشد.

روش Uing & Oing:

در این روش ابتدا سطح مقطع به صورت U در می آید و سپس با دستگاه های خاصی به صورت O تبدیل می شود و سپس به صورت کامل دو سمت ورق جوش می خورند.(شکل های ۷و۸و۹)



شکل ۷

شکل ۸

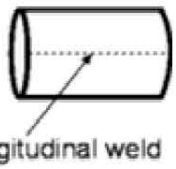
شکل ۹

روش Uing & Oing مربوط به لوله هایی است که به روش مستقیم یا seam straight تولید می گردند.

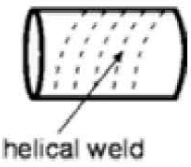
نواع روش های جوش لوله ها:

۱- Longitudinal(درز مستقیم) شکل ۱۰

۲- Helical(درز مارپیچ) شکل ۱۱



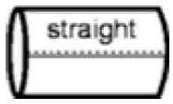
شکل ۱۰



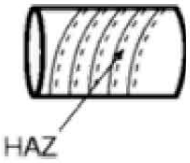
شکل ۱۱

نکته: در استاندارد تفاوتی بین درز مارپیچ و درز مستقیم وجود ندارد. اما در اجرا جهت جلوگیری از مشکلات، استفاده از لوله های مارپیچ توصیه نمی شود که در ذیل این مشکل شرح داده می شود.

ناحیه HAZ(heat affected zone) را ناحیه تاثیر پذیرفته از حرارت جوش گویند، با توجه به شکل های ۱۲ و ۱۳ مشخص می شود که در لوله های نوع spiral مکان هندسی که HAZ دارد بیشتر خواهد بود.



شکل ۱۲



شکل ۱۳

Branching یا انشعاب گیری بر روی درز جوش مجاز نیست، بنابراین در لوله های نوع Spiral برای انشعاب گیری باید لوله مرتب چرخانده شود پس این لوله جهت انشعاب گیری مناسب نیست و فقط در ساختمان ها و construction نمی توان از این نوع لوله استفاده کرد.

Pipeline: خط لوله که از اتصال چند **linepipe** ایجاد شده است را گویند.

توجه: در **pipeline** ها می توان از لوله های نوع **spiral** استفاده کرد.

فرآیند های جوش کارخانه برای تولید لوله:(جدا از اینکه لوله درز مستقیم است یا درز مارپیچ)

EFW(Electrical fusion weld) : که بر اساس استفاده از قوس الکتریکی انجام می شوند.

- **SAW(submerged arc weld)** که بهترین گزینه ما است.
- **TIG(Tungsten Inert Gas)** که به صورت دستی هم انجام می شود و به اشتباه آن را جوش آرگون نیز می نامند.
- **MIG(Metal Inert Gas)** که به اشتباه جوش گازکربونیک هم می گویند.
- **Plusma**
- **Laser beam**

.

.

.

ERW(Electrical Resistance Weld): اساس کار به این شکل است که به دو قطعه به هم نزدیک شده جریان الکتریکی می دهند، مقاومت دو قطعه در مقابل جریان الکتریکی سبب گداخته شدن می شود و سپس با اعمال فشار لبه ها به هم متصل می شوند

کیفیت درز جوش با توجه به مکانیسم:

اگر پارامتری را بنام E_j که همان کیفیت درز جوش است را تعریف کنیم خواهیم داشت:

- برای لوله نوع **seamless** $E_j = ۱$
- اگر لوله نوع **welded**، $\begin{cases} EFW \rightarrow E_j = ۰/۹۵ \\ ERW \rightarrow E_j = ۰/۸۵ \end{cases}$ که در **plant** اهمیت دارد.
- اما در خط لوله $\Rightarrow E_j = ۱$ $\begin{cases} seamless \\ EFW \\ ERW \end{cases}$ خواهد بود.

Material:

- ***Material***
  - ***Metalic***
    - ***– ferrous*** (پایه آهنی)
    - ***– NON ferrous*** (پایه غیرآهنی)
  - ***NON Metalic***
    - ***– Thermoplastic*** — با افزایش دما نرم و با کاهش دما سخت می شوند.
    - ***– Thermosetting*** — در یک دما مشخص fix می شوند.

خانواده Thermoplastic ها شامل PE(پلی اتیلن)، PP(پلی پروپیلن)، PTFE(تفلون(Poly Tetra Floure Ethylene))، EPDM، PVC، CPVC و .. می شوند.

توجه: NON Metalicها هم می توانند به صورت اقلام استفاده شوند و یا مثل یک پوشش از آنها استفاده کرد.

$$\begin{cases} PE \longrightarrow ۸۰ \sim ۸۵\,^{o}C \\ PP \longrightarrow ۱۰۰\,^{o}C \\ PTFE \longrightarrow ۲۶۰\,^{o}C \\ RPTFE \longrightarrow ۳۰۰\,^{o}C \end{cases}$$

نکته: منظور از T_D, P_D دما و فشار طراحی می باشد که بیشترین دما و فشاری می باشد که ممکن است در سیستم رخ دهد و منظور از T_O, P_O دما و فشار عملیاتی می باشد.

نکته: اگر زمانی که عملکرد به طراحی رسید سیستم نباید faild شود.بنابراین دما و فشار طراحی بدترین حالت ممکن را در نظر می گیرد که سیستم ممکن است تحت شرایطی خاص به آن برسد.

توجه: همانطور که می دانید اسید سولفوریک غلیظ (۹۸٪) هیچ گونه خورندگی ندارد و می توان برای عبور دادن آن از لوله های استیل و فولادی نیز استفاده کرد اما اگر این اسد کمی رقیق شود یا به نوعی اسید سولفوریک رقیق داشته باشیم باید از یک لوله عادی که درون آن را با تفلون پوشش داده ایم استفاده کنیم.

خانواده Thermosettingها:

GRF(FRP) یا Glass Fiber Reinforced Pipe:

اساس تولید، یک رزین پلیمری است که در یک ظرف ریخته شده و با الیاف شیشه آن را تقویت کرده اند. مانند کاه گل در ساخت منازل قدیمی که با کاه ، گل را تقویت می گردند.

این دسته از مواد نیز می توانند یا پوشش باشند و یا خود به صورت یک لوله باشند، به عنوان مثال برای انتقال آب دریا در پارس جنوبی از GRP استفاده شده است.

نکته: اتصال این نوع مواد را به یکدیگرBonding گویند.

نکته: مرجع مواد GRP: API 15L می باشد.

حال به سراغ اصلی ترین خانواده مواد می رویم که Metalicها می باشند.

- NON Ferrous: این مواد در مقابل خوردگی و دما و فشار بسیار مقاوم هستند و پایه های آنها از Ti/Al/Mo/Ni/Cr می باشد که به آنها در اصطلاح (Inconel monel hasteloy) گویند. موارد استفاده آنها در سیستم های جزئی یا Package (قسمت) های کاتالیست استفاده می شوند.

نکته: خوردگی در حالت کلی به سه بخش تقسیم می شود:

Corrosion(خوردگی)+Erosion(فرسایش)+Abrosion(سایش)

بنابراین بیان واژه خوردگی به تنهایی یک واژه کاربردی است.

- **Ferrous**: شامل دو دسته عمده زیر می باشند:

۱- چدن (**Cast Iron**) که شامل $Fe + (۲ \sim ۴\% C)$ می باشد.

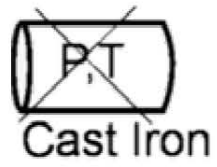
۲- فولاد(**Steel**) که شامل ($Fe + (\max ۱/۹۵\% C)$) می باشد.

از مزایایی که چدن دارد، می توان به مقاومت در مقابل خوردگی اشاره کرد. همچنین در چدن به علت اینکه مقدار کربن زیاد است نیاز به روغنکاری کمتری دارد بنابراین فرایند **Jamming & matting** در اینگونه از مواد وجود ندارد.

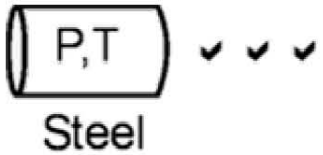
اما معایب چدن، شامل جوش پذیری بسیار بد و عدم تحمل پذیری در مقابل دما و فشار بالا می باشد(ترد و شکننده بودن).

نکته: دما و فشار بالا سبب هوپ استرس (**Hoop Stress**) می شود و چدن حوابگوی این مشکل نمی باشد.

این دو عیب چدن به قدر بد می باشد که ما ترجیح اول خود را به فولاد می دهیم.(شکل های ۱۴ و۱۵)



شکل ۱۴



شکل۱۵

فولاد یا استیل به ۴ دسته اصلی تقسیم می شود :

۱- **Carbon steel** : که قسمت اعظم آن کربن و آهن می باشد اما به صورت نامحسوس (**Mn , Si , …**) را نیز در خود دارد.

۲- **Alloy Steel**: که علاوه بر کربن و آهن به صورت محسوس شامل (**Cr,Ni,V,Mo,Al,…**) نیز می باشد.

۳- **Stainless Steel**: که فولاد ضدزنگ نام دارد. به طور کلی اگر در فولاد مقدار عنصر **Cr** برابر و یا مساوی ۱۰/۵٪ باشد آن را **Stainless Steel** می نامند. خود این نوع فولاد شامل سه دسته دیگر می گردد که به ترتیب اولویت در کاربرد آن ها به صورت زیر مرتب می گردند:

۱- **Austenitic**

۲- **Ferritic**

۳- **Martenzitic**

توجه: در **piping** از دو نوع اول و دوم استفاده می شود.

۴- **Duplex Steel**: که ساختار **Austenitic** و **Ferritic** را تواماً دارا می باشد.

فلسفه انتخاب مواد:

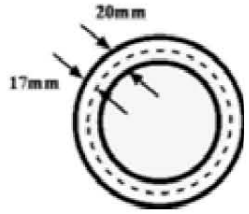
در صنعت پارامتری را تعریف می کنیم به نام نرخ خوردگی یا **Corrosion Allowance**که با توجه به جنس پایه و سرویس عبوری(**Fluid**)، دما و فشار سیستم می توان این نرخ را تعریف نمود.

به عنوان مثال اگر طول عمر مفید یک **Plant** بین ۲۰ تا ۲۵ سال باشد و قرار باشد تا در این مدت زمان به میزان **3mm** از ضخامت اقلام کاسته شود و ضخامت با توجه به شکل ۱۶ به **17mm** برسد به طراحی و پیش بینی این مساله **Corrosion Allowance** می گویند.

پایه و بیس کار ما بر مبنای حدس و خطا استوار است، برای یک **Carbon steel** یا **Alloy steel** معمولی مقدار این پارامتر برابر خواهد بود با $۱/۲۷ \leq C.A \leq ۶mm$، اما برای جنس های **Stainless Steel** و **Non metal** ها این مقدار برابر خواهد بود با $C.A = ۰$.

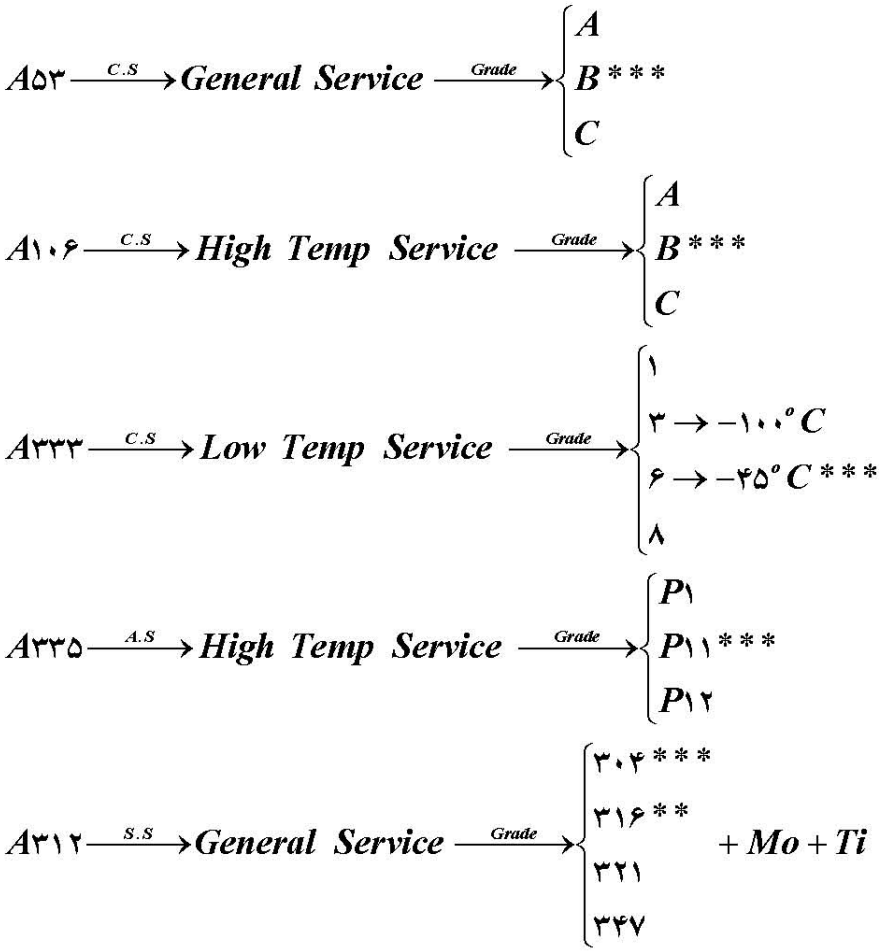
نکته: بهترین استاندارد جهت شناخت اقلام و مرجع ما **ASTM** نام دارد. که مخفف **American Society For Testing & Material** می باشد. در این مرجع تمام مواد به صورت ترکیبی از حروف الفبای انگلیسی و اعداد نشان داده شده اند مانند **A53** یا **D12** و ... .

نکته: در **piping** بهترین مواد و پر کاربردترین آنها **Steel** ها هستند در **ASTM** همه نمادهایی که با حرف **A** آغاز شده اند در مورد یک جنس پایه فلزی صحبت می کنند. که می توانند شامل اجزای شیمیایی، نحوه تولید، خواص مکانیکی، شرایط کاربرد، تستهای تولید و موارد کاربرد باشند.



شکل ۱۶

جنس **PIPE**:



(*** موارد متداولی هستند که در piping استفاده می شوند.)

با تغییر جزئی در خواص یمیایی و یا روش های تولید درون همه موارد بالا یک سری Grade درست کرده ایم.

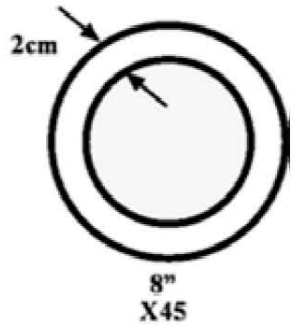
به جز استاندارد ASTM ، یک استاندارد دیگر هم وجود دارد که فقط برای PIPE وجود دارد، این استاندارد API 5L نام دارد. این استاندارد فقط در مورد C.S Pipe استفاده می کند.

Grade های زیر بر اساس استحکام تسلیم لیست شده اند.

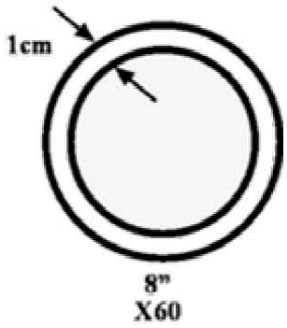
Grade	Yield Strengh
A25	
A	
B	35000Psi
X42	42000Psi
X46	
X52	
X56	
X60	60000Psi

X65	
X70	
X80	

به عنوان مثال اگر دو لوله "8 را در اختیار داشته باشیم که یکی X42 و دیگری X60 باشد، برای تحمل پذیری در فشار و دمای یکسان داخل سیستم اگر X42 به 2cm ضخامت نیاز داشته باشد، لوله گرید X60 به 1cm ضخامت احتیاج دارد.(شکل های ۱۷ و ۱۸)



شکل ۱۷



شکل ۱۸

توجه: استفاده از Grade X و استاندارد API در خطوط لوله کاربرد دارد.

توجه: همیشه بهترین انتخاب، گرید های بالا نمی باشد زیرا در استاندارد IPS، $\frac{OD}{w.t} \leq ۹۶$ باید باشد، البته ما در طراحی این معیار را ۷۵ درنظر می گیریم.

نکته: در ایران گریدهای X42 و X52و X60 مورد استفاده قرار گرفته است و نیز در پارس جنوبی گرید X65 نیز استفاده شده است.

توجه: Grade B در plantها بسیار زیاد است و معادل A106 و GradeB در ASTM می باشد.

انتهای اقلام:

به عنوان یک طراحی درست اگر نگران نشتی باشم در اندازه های $۱\frac{۱}{۲}" \sim ۲"$ و "۲ به بالا تفاوت وجود دارد که نحوه اتصال این اقلام در پایین توضیح داده شده است.

$\frac{1}{2}" \sim 1\frac{1}{2}"$ { thread (screw) (پیچی)) —(سهم نوع اتصال)→ threaded
Plain (مسطح)) —(سهم نوع اتصال)→ Socket weld

۲"↑ {Beveled (خورده پخ) → Butt weld

در اتصال نوع thread لوله ها به ترتیب نر و مادگی، حدیده و قلاویز شده اند و نر به درون مادگی پیچ می شود.

اما در اتصال نوع socket ابتدا pipeها را به درون هم وارد می کنیم بعد از اینکه به پله نگه دارنده گیر کرد 1/5mm لوله را به بالا می بریم و سپس دور لوله را جوش می دهیم.

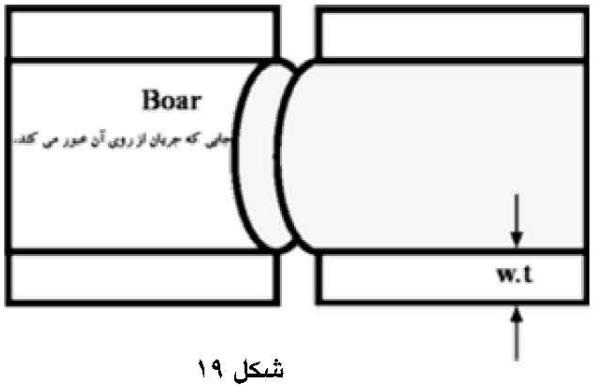
نکته: اگر به اشتباه یک thread را انتخاب کردیم و نشتی ایجاد شد دور اتصال را جوش می دهیم که به این روش Seal weld گوییم.

استانداردی که در آن مشخصات thread ها بیان شده است ASME B1.20.1 می باشد.

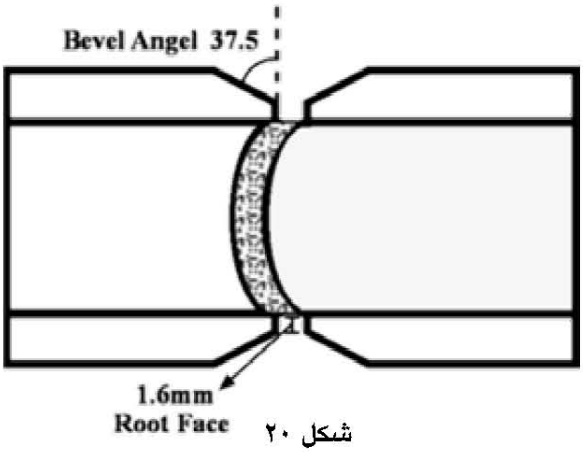
توجه: برخی از استاندارد روی اقلام حک می شوند که این نوع اتصالات شامل فلنج ها، شیرآلات و Fitting ها می باشند.

استاندارد برای Packing & Marking اقلام MSS-Sp25 می باشد.

برای سایز های "۲ به بالا باید انتهای قطعه bevel کاری شود(طبق استاندارد ASME B.16.25)به شکل های ۱۹ و ۲۰ توجه کنید.



شکل ۱۹



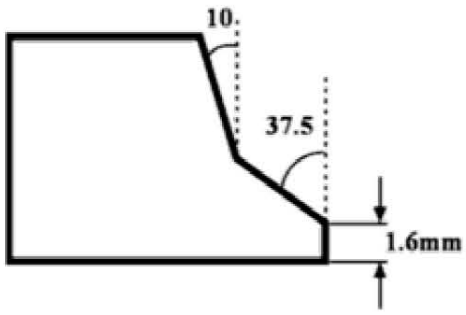
شکل ۲۰

توجه: هر گاه در جایی از جداول استاندارد با عبارت ANSI برخورد کردیم تفاوتی با ASME ندارد، ANSI موسسه ای است که زیر نظر ASME کار می کند و هنگامی که چیزی را تایید می کند درست مانند این است که ASME آن را تایید کرده است.

با توجه به شکل ابتدا دو لوله را روبروی هم قرار می دهند، که حداقل میزان فاصله 1/5mm می باشدو حداکثر میزان فاصله در WPS(welding procedure specification) تعریف می شود.. سپس با یک Gap جوش داده و پر می شود.

Pass: هر یک دور جوش کامل را یک **Pass**گویند.

نکته: اگر ضخامت تا **22mm** باشد که به صورت عادی **Bevel** می کنیم، اما اگر از این مقدار بیشتر باشد به صورت زیر **Bevel** کاری را انجام می دهیم.(شکل ۲۱)



شکل ۲۱

نکته: جدول استاندارد **Threading**، **ASME B1.20.1** با فرمت **NPT** است.

توجه: اگر در جایی در هنگام **Thread** کردن نگران نشتی بودیم، پس از اتصال، دور اتصال را جوش می دهیم.

نکته: برای آرایش اتصال **Beveled** حداقل سه **Pass** لازم است.

نکته: **Beveling** ته اقلام با استاندارد **ASME B16.25** انجام می شود.

جلسه دوم

Coating

$$Coat\begin{cases} Internal(lining)(\text{آستر}) \xrightarrow{sample} \begin{cases} PTFE(\text{تفلون}) \\ EPDM \end{cases} \\ External(U/G)(\text{زميني} \quad \text{زير}) \xrightarrow{sample} \begin{cases} PE-Coated \\ PP-Coated \end{cases} \end{cases}$$

اگر لوله پوشش نداشته باشد به آن **Bare** یا لخت می گویند و اگر با قیر پوشش داده شده باشد به آن **Bitumen** می گویند.

طول تولیدی:

لوله یا در شاخه های $۵ \sim ۷/۵m$ و یا در شاخه های $۱۱ \sim ۱۳m$ تولید می شود. اگر لوله در شاخه $۵ \sim ۷/۵m$ تولید شود به آن **Single Random Length** گویند که بهترین آن ۶ متری است. اگر لوله در شاخه های $۱۱ \sim ۱۳m$ تولید شود به آن **Double Random Length** گویند که بهترین آن ۱۲ متری است و **Default** ما در انتخاب در انتخاب طول لوله شامل این نوع لوله ها می باشد.

توجه: برش یک لوله راحت تر از جوش دادن آن است، بنابراین استفاده از یک لوله ۱۲ متری بهتر از جوش دادن دو لوله ۶ متری است، مگر در حالتی که نتوان از این حالت استفاده کرد.

استاندارد های لوله:

استانداردهایی که لوله را پوشش می دهند عبارتند از:

$API\ ۵L\ C.S \rightarrow$ بیشتر برای خط لوله استفاده می شود.

$ASME\ B۳۶.۱۰m\ C.S\ \&\ A.S$

$ASME\ B۳۶.۱۹m\ S.S$

این استانداردها بیانگر ابعاد، اندازه، نحوه تولید، تستهای قبل، حین و بعد از تولید و تلورانس های لوله است.

نکته: در S.S می گویند Schedule 10S یا Schedule 40S یا Schedule 80S که S در انتهای عبارت یعنی همان Stainless Steel.