

#### ۴-۱-۴ متعلقات لوله‌های فولادی

##### ۴-۱-۴-۱ مقدمه

لوله‌های فولادی به دلیل شرایط تقریباً نامحدود برش و جوشکاری لوله‌ها به یکدیگر، دارای امکانات ساخت انواع متعلقات از قبیل چهارراهی، سه‌راهی، تبدیل و غیره برحسب نیازهای طراحی می‌باشند، که مزیت عمده آنها در این مورد، نسبت به سایر لوله‌ها است.

متعلقات لوله‌های فولادی می‌توانند یا در کارگاه تولید شده و یا در کارخانه سازنده ساخته و به کارگاه حمل شود. در این بخش از مشخصات فنی، متعلقاتی که ابعاد آنها در استانداردها مشخص گردیده مورد بررسی قرار می‌گیرند. طبعاً ساخت متعلقات دیگر بر حسب نیاز طرح و با توجه به استانداردها و تأیید مهندس مشاور انجام می‌شود. هدف از این مشخصات، راهنمایی در خصوص ابعاد متعلقات بوده و تعیین مشخصاتی از قبیل ضخامت جداره، تغییرات فشار و مسائل هیدرولیکی مد نظر نمی‌باشد.

##### ۴-۱-۴-۲ استانداردها

تقریباً تمام استانداردهای معتبر دنیا، از قبیل EN, AWWA, BS, DIN, ISO و غیره نشریات و دستورالعمل‌هایی در خصوص مشخصات و نحوه ساخت متعلقات لوله‌های فولادی منتشر نموده اند. در این بخش از مشخصات فنی عمدتاً از استانداردهای DIN و AWWA استفاده گردیده، ضمن این که از سایر استانداردها و مراجع نیز بهره گرفته شده است. سازنده و پیمانکار موظف است قبل از شروع ساخت، استاندارد مورد استفاده را اعلام و به تأیید مهندس مشاور برساند.

##### ۴-۱-۴-۳ سه‌راهی و چهارراهی ۹۰ درجه

حداقل ابعاد و مشخصات سه‌راهی و چهارراهی در جدول شماره ۴-۱-۴ درج و در اشکال ۴-۱-۴ الف و ۴-۱-۴ ب نشان داده شده است.

مقادیر A و B از رابطه‌های زیر قابل محاسبه می‌باشند.

$$A = 0.5D + f$$

$$B = 0.5D_1 + f$$

برای چهارراهی با تغییر قطر نیز اصول و ابعاد سه‌راهی با تغییر قطر مورد استفاده می‌باشد.

##### ۴-۱-۴-۴ سه‌راهی مورب

حداقل ابعاد سه‌راهی‌های مورب برای زوایای ۳۰ الی ۷۰ درجه مطابق جدول شماره ۴-۱-۴ و اشکال شماره ۴-۱-۴ پ ۱ و پ ۲ می‌باشد. برای زاویه انشعاب بزرگتر از ۷۰ درجه، ابعاد سه‌راهی استفاده شود. برای زاویه کمتر از ۳۰ درجه، ابعاد سه‌راهی مورب ۳۰ درجه به اضافه یک زانویی، طبق شکل شماره ۴-۱-۴-۲ مورد استفاده قرار گیرد.

ابعاد G و H در حالی که قطر انشعاب مساوی قطر لوله اصلی است از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$G = \frac{D}{2 \tan(\Phi / 2)} + 2f$$

$$H = \frac{D}{\sin \Phi} + 3f$$

در صورتی که قطر انشعاب کمتر از قطر لوله اصلی باشد، ابعاد شکل شماره ۱-۴-۱-۴ پ از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$G = \frac{D}{2 \tan \Phi} + \frac{D_1}{2 \sin \Phi} + 2f$$

$$G_1 = \frac{D}{2 \sin \Phi} + \frac{D_1}{2 \tan \Phi} + 2f$$

$$H = G + f$$

#### ۱-۴-۵-۴ سهراهی Y

مشخصات و ابعاد سهراهی Y ۹۰ درجه در جدول شماره ۱-۴-۱-۴ درج و در شکل شماره ۱-۴-۱-۴ ت نشان داده شده است.

برای ساخت سهراهی Y با زاویه ۳۰ تا ۹۰ درجه، ابعاد مندرج در شکل شماره ۱-۴-۱-۴ ت از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$Z_1 = \frac{f}{\sin(\Phi / 2)}$$

$$C = \frac{0.5D}{\cos(\Phi / 2)} \quad 0.5D \times \frac{1}{\tan(\Phi / 2)}$$

$$G = \frac{0.5D}{\tan(\Phi / 2)}$$

$$F = C + f$$

$$H = Z1 + G$$

#### ۱-۴-۶-۴ تبدیل

تبدیلها به صورت محوری<sup>۱</sup> و یا یکطرفه<sup>۲</sup> ساخته می‌شوند. در شکل شماره ۱-۴-۱-۴ ث تبدیل محوری نشان داده شده است.

طول تبدیل، اعم از محوری و یکطرفه از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$L = 4 (D2 - D1)$$

<sup>۱</sup> Concentric

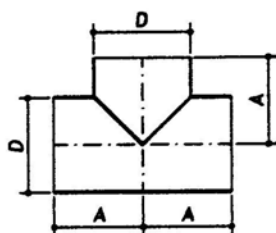
<sup>۲</sup> Eccentric

جدول ۴-۱-۴: ابعاد و متعلقات فولادی

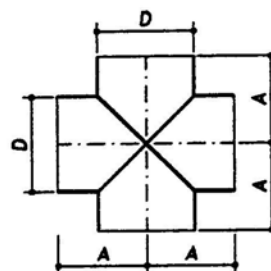
عدد	سه‌راهی مورب (حداقل زاویه انشعاب $\theta = 30^\circ$ )		سه‌راهی Y ۹۰ درجه	سه‌راهی - چهارراهی	قطر اسمی
f	G	H	F	A	D
-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
۱۲۷	۷۳۷	۵۸۴	۱۵۲	۲۰۳	۱۵۰
۱۲۷	۸۳۸	۶۸۶	۱۷۸	۲۲۹	۲۰۰
۱۵۳	۱۰۱۶	۸۱۳	۲۰۳	۲۷۹	۲۵۰
۱۵۳	۱۱۱۸	۹۱۴	۲۲۹	۳۰۵	۳۰۰
۱۷۸	۱۲۴۵	۱۰۱۴	۲۵۴	۳۵۶	۳۵۰
۱۷۸	۱۳۲۵	۱۱۱۸	۲۵۴	۳۸۱	۴۰۰
۱۹۱	۱۴۹۹	۱۲۴۵	۲۷۹	۴۰۶	۴۵۰
۲۰۳	۱۶۲۶	۱۳۷۲	۳۰۵	۴۵۷	۵۰۰
۲۲۹	۱۸۰۳	۱۵۲۴	۳۵۶	۵۰۸	۵۵۰
۲۵۴	۱۹۸۱	۱۶۵۱	۳۸۱	۵۵۹	۶۰۰
۲۵۴	۲۲۸۶	۱۹۳۰	۴۰۶	۶۳۵	۷۵۰
۲۷۹	۲۶۶۷	۲۲۸۶	۴۸۳	۷۳۷	۹۰۰
۳۰۵	۳۰۴۸	۲۶۱۶	۵۳۳	۸۳۸	۱۰۵۰
۳۰۵	۳۳۵۳	۲۸۹۶	۵۵۹	۹۱۴	۱۲۰۰
۳۵۶	۳۸۱۰	۳۲۷۷	۶۳۵	۱۰۴۱	۱۳۵۰
۳۵۶	۴۱۱۵	۳۵۵۶	۶۶۰	۱۱۴۳	۱۵۰۰
۳۸۱	۴۴۹۶	۳۹۱۲	۷۳۷	۱۲۱۹	۱۶۵۰
۳۸۱	۴۸۰۱	۴۱۹۱	۷۶۲	۱۲۹۵	۱۸۰۰
۴۰۶	۵۱۸۲	۴۵۲۱	۸۱۳	۱۳۹۷	۱۹۵۰
۴۳۲	۵۵۶۳	۴۸۵۱	۸۶۴	۱۴۹۹	۲۱۰۰
۴۳۲	۵۸۶۷	۵۱۳۱	۹۱۴	۱۵۷۵	۲۲۵۰
۴۵۷	۶۲۴۸	۵۴۸۶	۹۶۵	۱۶۷۶	۲۴۰۰
۴۸۳	۶۶۲۹	۵۸۱۷	۱۰۱۶	۱۷۷۸	۲۵۵۰
۵۰۸	۷۰۱۰	۶۱۴۷	۱۰۶۷	۱۸۸۰	۲۷۰۰
۵۳۳	۷۳۹۱	۶۴۷۷	۱۱۴۳	۱۹۸۱	۲۸۵۰
۵۵۹	۷۷۷۲	۶۸۰۷	۱۱۹۴	۲۰۸۳	۳۰۰۰
۵۸۴	۸۱۵۳	۷۱۶۳	۱۲۴۵	۲۱۸۴	۳۱۵۰
۶۱۰	۸۵۳۴	۷۴۹۳	۱۲۹۵	۲۲۸۶	۳۳۰۰
۶۳۵	۸۹۱۵	۷۸۲۳	۱۳۷۲	۲۳۸۸	۳۴۵۰
۶۶۰	۹۲۹۶	۸۱۵۳	۱۴۲۲	۲۴۸۹	۳۶۰۰

\* مأخذ: ANSI/AWWA C208

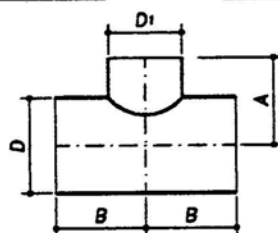
\*\* به واسطه تبدیل به سیستم متریک، اعداد جدول و ارقام محاسباتی طبق رابطه‌های ارائه شده، تا چند میلی‌متر متفاوت می‌باشند.



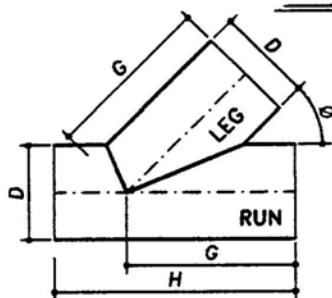
الف ۱- سه راهی بدون تغییر قطر



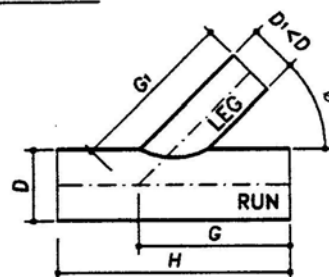
ب - چهار راهی بدون تغییر قطر



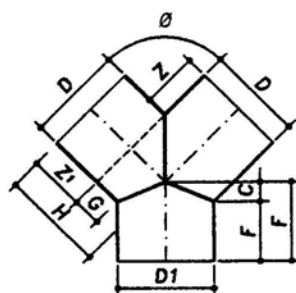
الف ۲- سه راهی با تغییر قطر



ب-۱

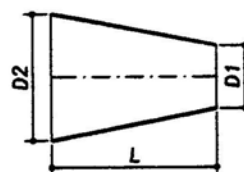


ب-۲



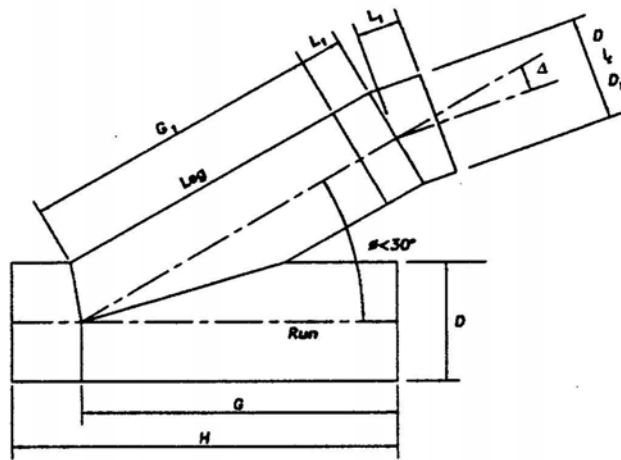
ت

حداقل  
میلیمتر ۱۵۰ Z =



ث

شکل ۴-۱-۴ : مشخصات انشعابات و تبدیل



شکل ۴-۱-۴: زانویی مورب با زاویه انشعاب کمتر از ۳۰ درجه

#### ۴-۱-۴-۷ انشعاب مماسی<sup>۱</sup>

در برخی مواقع و تحت شرایط خاص (مانند نصب شیر تخلیه)، نصب انشعاب زیر خط لوله به صورت انشعاب مماسی ضروری است. طول L باید حتی الامکان، کوتاه انتخاب شود، ولی برای نصب شیر روی فلنج و فضای کار، کفایت نماید. انشعاب مماسی در شکل شماره ۴-۱-۴-۳ نشان داده شده است. ابعاد مندرج در شکل مزبور و حداقل طول L از روابط زیر قابل محاسبه است.

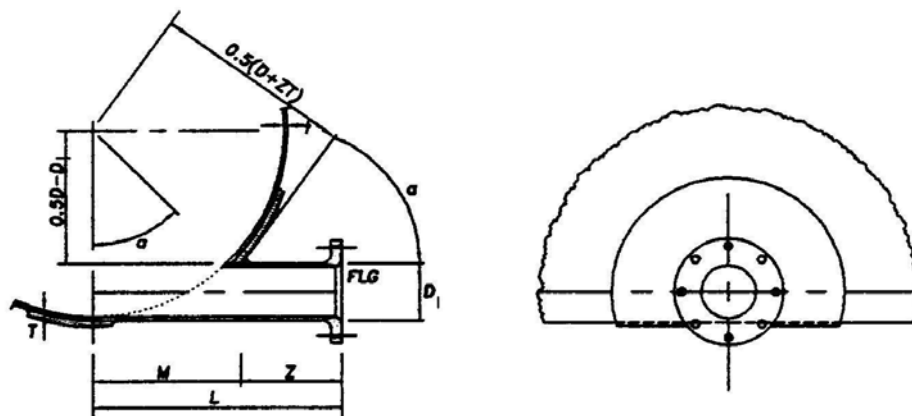
$$\alpha = \arccos\left(\frac{0.5D + D_1}{0.5D + t + T}\right)$$

$$M = (0.5D + t + T) \sin \alpha$$

$$Z = \frac{f}{\sin \alpha}$$

$$L = M + Z$$

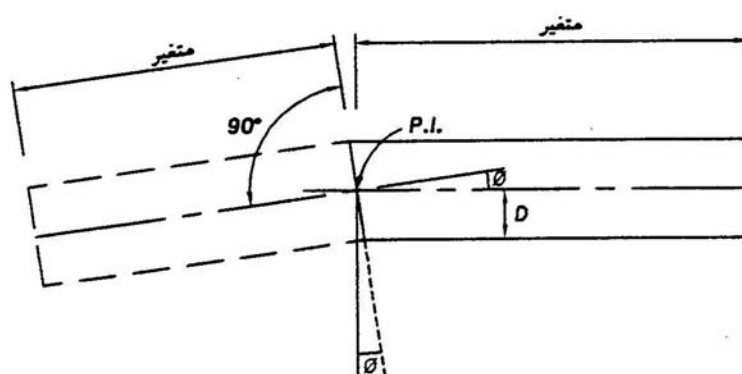
<sup>۱</sup> Tangential Outlet

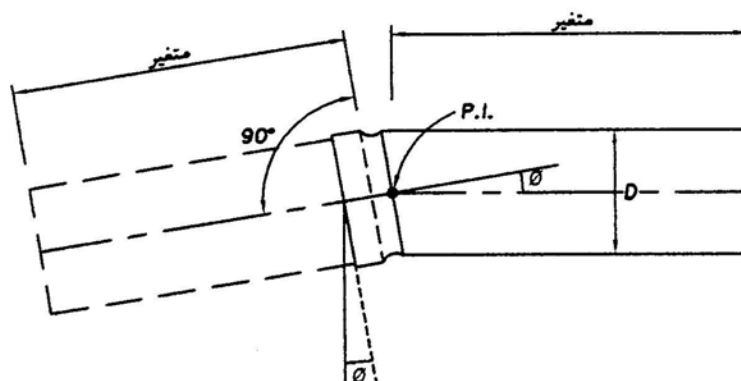


شکل ۴-۴-۱-۳: انشعاب مماسی

۴-۴-۱-۴ فارسی بریدن<sup>۱</sup>

در خطوط لوله فولادی و از طریق فارسی بری لبه لوله‌ها، امکان ایجاد انحراف وجود دارد. حداکثر انحراف در سر هر لوله از طریق فارسی بری معادل ۵ درجه می‌باشد. در این حالت، سر یکی از لوله‌ها و یا هر دو سر محل اتصال هر دو لوله فارسی بری می‌شود. محل‌های برش باید سنگ زده شده و پخ گردد و سپس اتصال جوشی برقرار شود. در شکل شماره ۴-۴-۱-۴ نحوه فارسی بری و ایجاد انحراف نشان داده شده است. در صورت نیاز به انحراف بیش از ۵ درجه، یا باید از زانویی استفاده شده و یا انحراف از طریق فارسی بری دو و یا چند شاخه متوالی لوله انجام پذیرد. در لوله‌های فولادی یک سر کاسه، انحراف از طریق فارسی بری لوله قبل از سرکاسه انجام می‌شود. این نوع لوله در ایران تولید نشده ولی اصول فارسی بری آن به شرح شکل ۴-۴-۱-۵ می‌باشد.

شکل ۴-۴-۱-۴: ایجاد انحراف در لوله‌های با اتصال جوشی (حداکثر  $\Phi=5^\circ$ )<sup>۱</sup> Miter End Cut



شکل ۴-۱-۴: ایجاد انحراف در لوله‌های یک سر کاسه با اتصال جوشی (حداکثر  $\Phi=5^\circ$ )

#### ۹-۴-۱-۴ زانویی

برای تعیین ابعاد یک زانویی، توجه به شرایط هیدرولیکی، فضای لازم، محدودیتهای تولید، تنش‌های وارده و نسبت هزینه به فایده با در نظر گرفتن طول عمر پیش بینی شده خط لوله، ضروری است.

شعاع بهینه یک زانویی با توجه به نکات فوق، معادل  $2/5$  برابر قطر لوله می‌باشد ( $R = 2.5 D$ ). شعاع بهینه فوق در صورت وجود فضای کافی، یک شعاع استاندارد توصیه شده برای خطوط انتقال آب می‌باشد. در صورت محدودیت فضا، استفاده از زانویی‌های به شعاع یک الی  $1/5$  برابر قطر لوله نیز با در نظر گرفتن افزایش موضعی تنش، مجاز می‌باشد.

در صورتی که شعاع زانویی کمتر از  $2/5$  برابر قطر لوله باشد، ضخامت جداره باید مجدداً محاسبه و کنترل گردد.<sup>۱</sup> با توجه به پوشش‌های مختلف داخلی لوله‌های فولادی که می‌تواند منجر به اقطار متفاوت خارجی لوله شود، تهیه جداول حاوی ابعاد استاندارد زانویی‌ها از برخی از استانداردهای جدید حذف گردیده است.<sup>۲</sup>

زانویی‌های یک تکه با توجه به هزینه آنها، در مصارف آبرسانی کاربرد کمتری دارند، مگر این که مشخصات فنی طرح ضرورت استفاده از آنها را ایجاب نماید، این قطعات، معمولاً در تلمبه‌خانه‌ها، اتاق شیرآلات، لوله‌ها روکار و نظایر آن و بیشتر از نظر حفظ کیفیت ظاهری و افزایش عمر مفید تاسیسات کاربرد دارند.

در اشکال شماره ۴-۱-۴-۶ زانویی‌های چند تکه (دو، سه، چهار و پنج تکه) نشان داده شده است. روابط زیر به عنوان راهنمای محاسبه ابعاد این زانویی‌ها توصیه می‌گردند.<sup>۳</sup>

شعاع بهینه زانویی  $R = 2.5 D$ ، حداقل شعاع زانویی  $R = D$

اندازه  $Z$  حداقل معادل  $f$  (جدول شماره ۴-۱-۴-۱)

<sup>۱</sup> رجوع شود به AWWA M11 – Sec 9.2

<sup>۲</sup> به عنوان مثال حذف برخی جداول استاندارد شماره ANSI / AWWA C208 سال ۱۹۸۳ در تجدیدنظر سال ۱۹۹۶

<sup>۳</sup> ANSI / AWWA C208 - 96

اندازه S حداقل معادل ۳۸ میلیمتر (۱/۵ اینچ) و یا 6t (هر کدام بزرگتر است)

زاویه مناسب انحراف  $\Delta = 22.5^\circ$  برای هر فارسی بری

حداکثر زاویه انحراف  $\Delta = 30^\circ$  برای هر فارسی بری

زانویی دو تکه  $0 < \Delta \leq 22.5^\circ$

حداقل  $L_1 = L + Z$  که  $(L = 0.5D \tan (\Delta/2))$

زانویی های سه، چهار و پنج تکه :

- برای زوایای  $22.5^\circ < \Delta \leq 45^\circ$ ، زانویی سه تکه استفاده شود.  $(\Phi = \Delta/2)$

- برای زوایای  $45^\circ < \Delta \leq 67.5^\circ$ ، زانویی چهار تکه استفاده شود.  $(\Phi = \Delta/3)$

- برای زوایای  $67.5^\circ < \Delta \leq 90^\circ$ ، زانویی پنج تکه استفاده شود.  $(\Phi = \Delta/4)$

که در این زانویی ها  $L_1 = L + Z + T - E$

مقادیر هر یک از پارامترها به شرح زیر است.

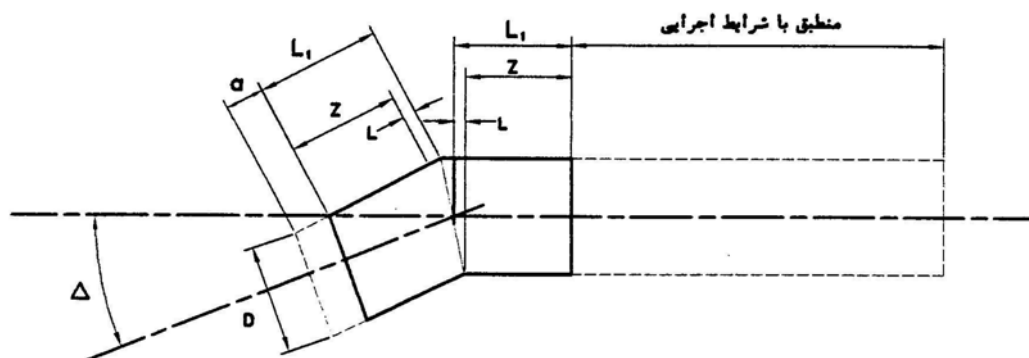
شعاع زانویی R			پارامتر
R = D	R = 1.5 D	R = 2.5 D (بهینه)	
$D \tan (\Phi / 2)$	$2D \tan (\Phi / 2)$	$4D \tan (\Phi / 2)$	S
$0.5D \tan (\Phi / 2)$	$0.5D \tan (\Phi / 2)$	$0.5D \tan (\Phi / 2)$	L
$D \tan (\Delta / 2)$	$1.5D \tan (\Delta / 2)$	$2.5D \tan (\Delta / 2)$	T
$D \tan (\Phi / 2)$	$1.5D \tan (\Phi / 2)$	$2.5 \tan (\Phi / 2)$	E
f	f	f	Z *

\* رجوع شود به جدول شماره ۴-۱-۴-۱

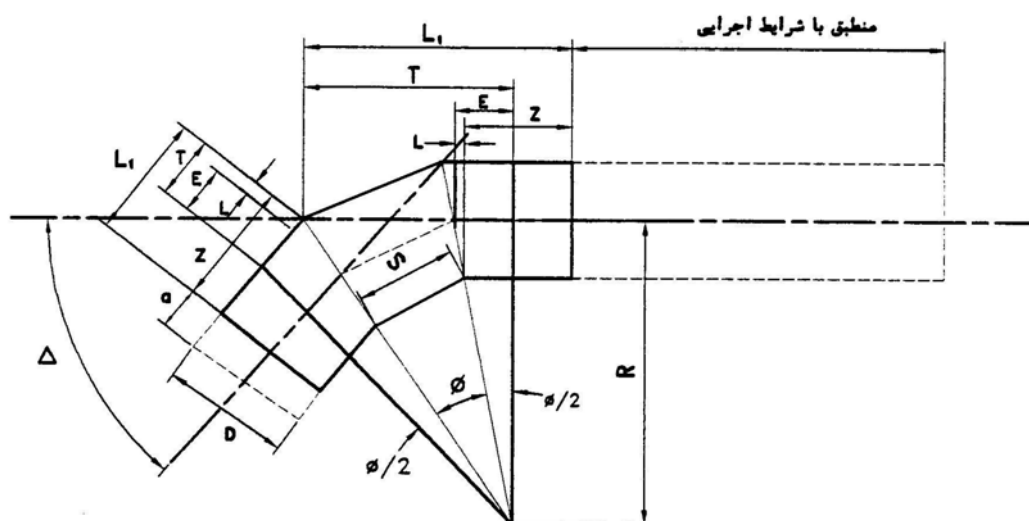
در برخی شرایط خاص، ترکیب زانویی و تبدیل توأم و به صورت زانوی تبدیلی مطابق شکل شماره ۴-۱-۴-۷ نیز می تواند

ساخته و استفاده شود.



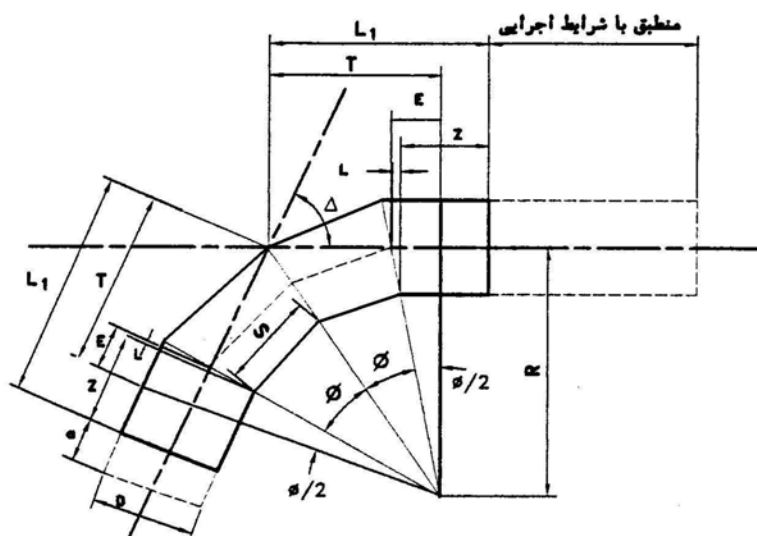


الف - دو تکه ( صفر الی ۲۲٫۵ درجه )

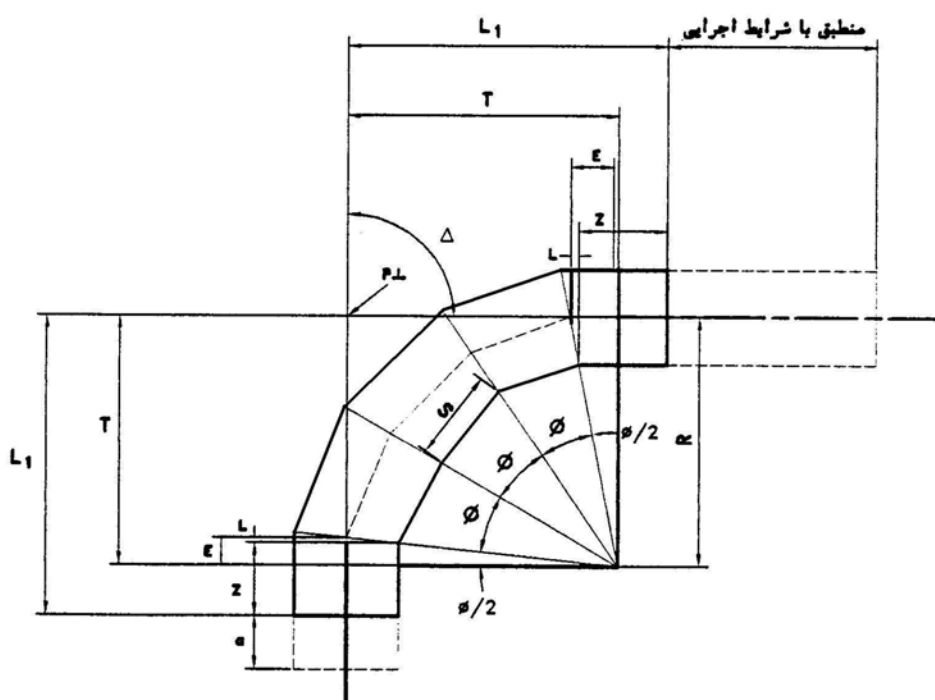


ب- سه تکه ( بیش از ۲۲٫۵ الی ۴۵ درجه )

شکل ۴-۱-۴: مشخصات پیشنهادی زانوی چند تکه

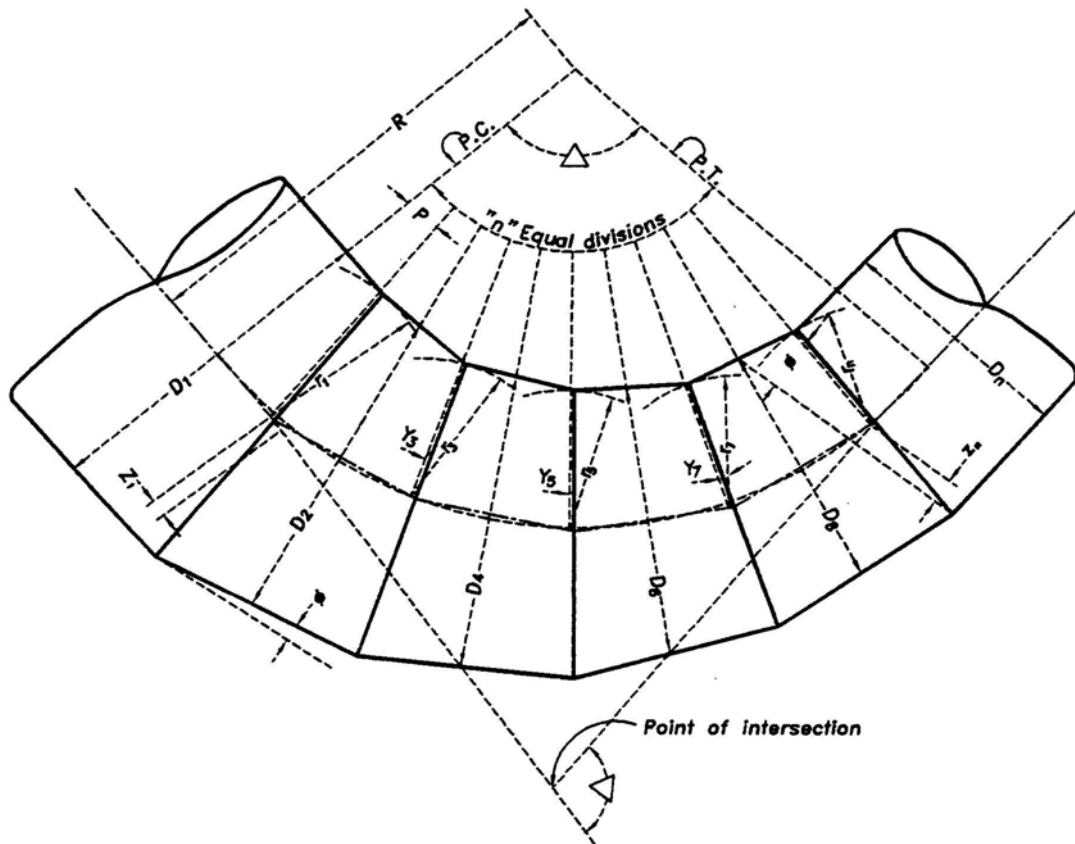


پ- چهار تکه ( بیش از ۴۵ الی ۶۷٫۵ درجه )



ت - پنج تکه ( بیش از ۶۷٫۵ الی ۹۰ درجه )

ادامه شکل ۴-۱-۴-۶: مشخصات پیشنهادی زانوی چند تکه



$\Delta$  = Angel of Intersection

$R$  = Radius of bend

$n$  = 2(number of deflections)

$D$  = Inside diameter of large pipe

$d$  = Inside diameter of small pipe

$$p = \frac{\Delta}{n}$$

$$\sin \phi = \frac{D_1 - D_n}{2(n-2)R \tan p}$$

$$r = \frac{D_1}{2}$$

$$r = \frac{D_n}{2}$$

$$r = r_1 - (x-1)R \tan p \sin \phi$$

$$D = \frac{D_1 - 2(x-1)R \tan p \sin \phi}{\cos \phi}$$

Where  $X$  = number of division from P.C. to point under consideration

$$2p = k + \phi$$

$$\tan \phi = \frac{\sin 2p}{\cos 2p + \cos \phi}$$

$$Z_1 = \frac{r_1 \sin \phi}{\cos 2p + \cos \phi}$$

$$Z_n = \frac{r_n \sin \phi}{\cos 2p + \cos \phi}$$

$$Y_x = \frac{r_x \sin \phi}{\cos p}$$

شکل ۴-۱-۴: زانویی تبدیل و روابط محاسباتی آن

## ۴-۱-۴-۱۰ فلنج

فلنجهای فولادی که برای اتصالات فلنجی و یا اتصال متعلقات و شیرآلات و یا نصب در انتهای خطوط لوله به کار می‌روند، به سه گروه کلی زیر تقسیم می‌شوند.

- فلنج تخت<sup>۱</sup>
- فلنج گلودار<sup>۲</sup>
- فلنج کور<sup>۳</sup>

علاوه بر این، انواع فلنجهای دیگری مانند کولار تخت<sup>۴</sup> وجود دارد که در این مشخصات فنی درج نشده ولی در صورت ضرورت، می‌توان به استانداردهای مربوط، مانند استانداردهای DIN 2641, DIN 2642, DIN 2655 و استانداردهای معتبر دیگر رجوع نمود.

فلنجهای به واسطه حساسیت و دقت در تولید و لزوم تراشکاری، معمولاً در کارخانه ساخته می‌شوند.

## ۴-۱-۴-۱۰-۱ فلنج تخت

فلنجهای تخت معمول‌ترین نوع فلنج مورد استفاده در ایران می‌باشند که در اتصالات فلنجی و برای اتصال شیرآلات و متعلقات به خطوط لوله و در داخل تأسیسات کاربرد دارند. مشخصات این فلنجهای در تمام استانداردهای معتبر، مانند AWWA, DIN, ISO و نظایر آن درج گردیده است. در شکل شماره ۴-۱-۴-۸ شکل عمومی فلنجهای تخت نشان داده شده است.

## ۴-۱-۴-۱۰-۲ فلنج گلودار

فلنجهای گلودار معمولاً برای فشارهای کار بالا و در مواقعی که اتصال فلنج و لوله و جوشکاری آن در کارگاه انجام می‌شود، استفاده می‌گردند.

مشخصات این نوع فلنجهای نیز در استانداردهای معتبر درج گردیده است.  
در شکل شماره ۴-۱-۴-۸ شکل عمومی فلنج گلودار نشان داده شده است.

## ۴-۱-۴-۱۰-۳ فلنج کور

فلنجهای کور به صورت درپوش در خطوط لوله استفاده می‌شوند. این وضعیت در مواردی مانند انتهای خطوط لوله، مسدود کردن خط در حین آزمایش هیدرواستاتیکی، درپوش موقت انشعابات و نظایر آن ضرورت پیدا می‌نماید.  
در شکل شماره ۴-۱-۴-۸ شکل عمومی فلنج کور نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Plain Flange

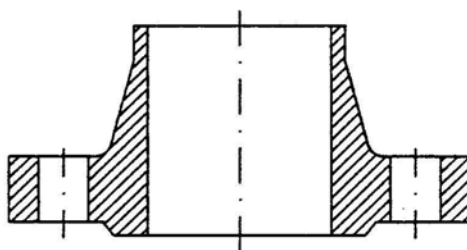
<sup>2</sup> Welding Neck (Hub-Type) Flange

<sup>3</sup> Blind Flange

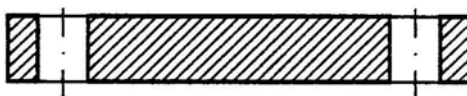
<sup>4</sup> Plain Collar



فلنج تخت



فلنج گلودار



فلنج کور

شکل ۴-۱-۸: انواع فلنج‌های فولادی

## ۴-۱-۴ پیچ و مهره‌ها

پیچ و مهره‌های مورد استفاده در اتصالات فلنجی باید براساس استانداردهای معتبر تولید و ساخته شده و از جنس مقاوم در برابر خوردگی باشند.

تعداد پیچ و مهره‌ها در اتصالات فلنجی باید همیشه ضریبی از ۴ باشد.

قطر پیچ و مهره‌ها براساس استانداردها و قطر سوراخ فلنج تعیین می‌گردند.

حداقل طول پیچ قبل از سفت کردن<sup>۱</sup> مهره باید معادل رابطه زیر باشد.

$\frac{3}{2}$  میلیمتر + ارتفاع مهره + ضخامت واشر + ضخامت فلنج = حداقل طول پیچ قبل از سفت کردن مهره

## ۴-۱-۴-۱۲ واشر

مشخصات واشر مصرفی در اتصال فلنجی باید براساس استاندارد معتبر باشد.

واشرهای لاستیکی باید حداقل دارای سختی  $5 \pm 80$ <sup>۲</sup> و مناسب برای کارهای آبرسانی و مقاوم در برابر حرارت تا حدود ۹۳

درجه سانتیگراد (۲۰۰ درجه فارنهایت) باشند.

ابعاد واشرها در تمام استانداردها از جمله استانداردهای DIN 2690 الی DIN 2693 و ANSI/AWWA C207 منعکس

می‌باشد. واشرها و مشخصات فیزیکی و ابعاد آنها باید از هر نظر با یکی از استانداردهای معتبر مطابقت نمایند.

<sup>۱</sup> Torquing

<sup>۲</sup> Shore A  $80 \pm 5$