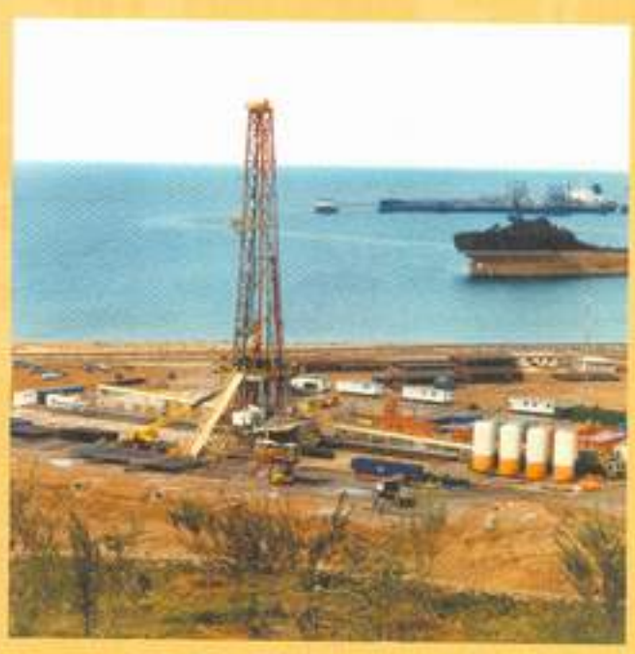
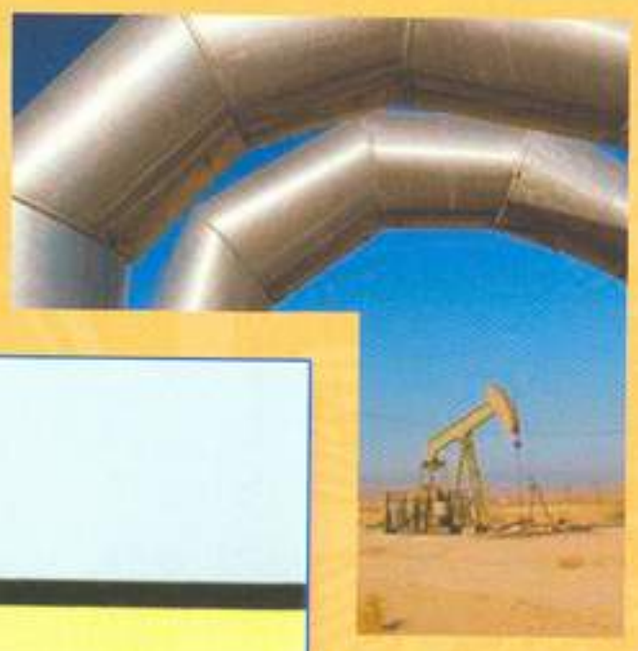
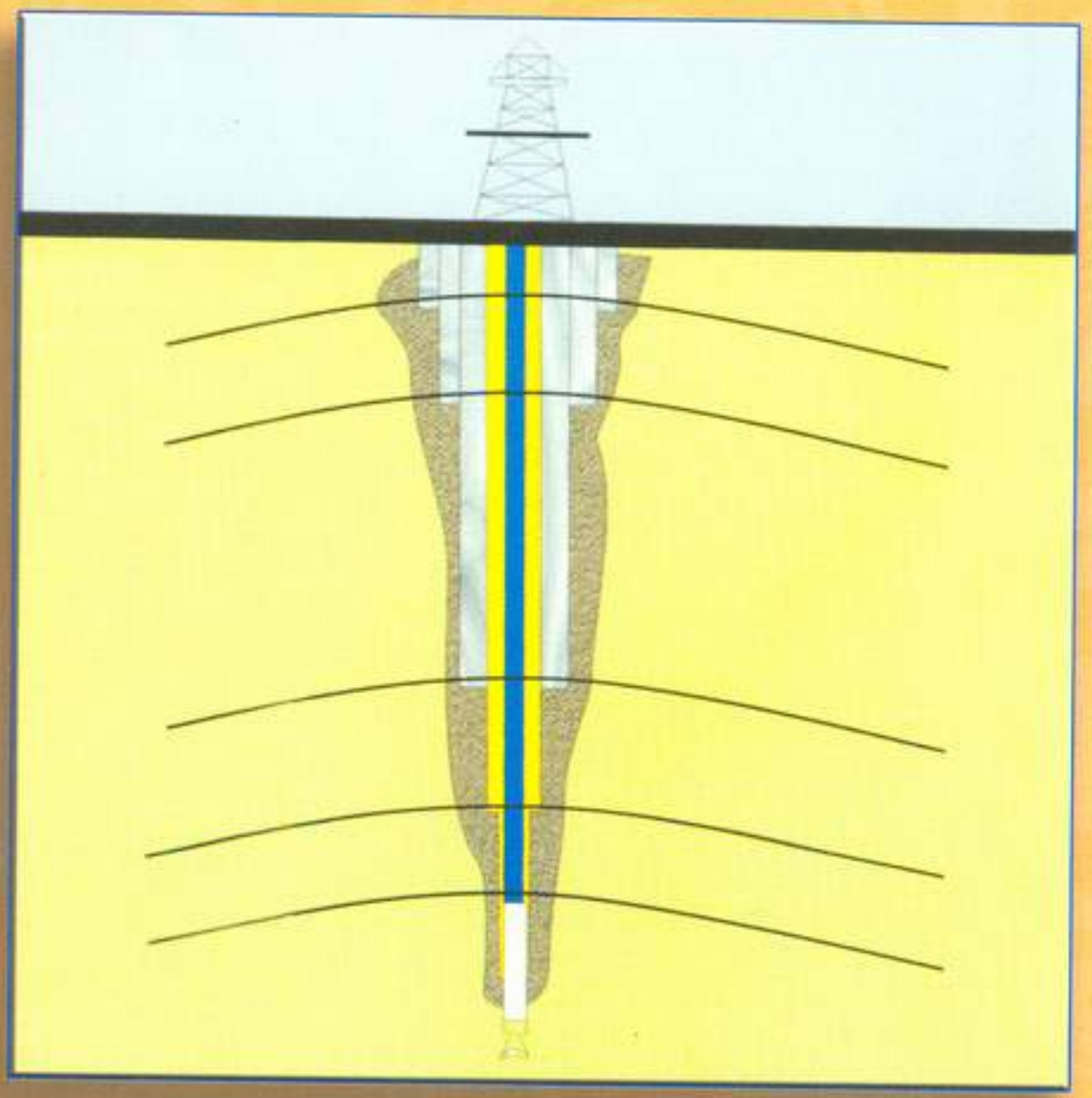
اویل ایندا‌ستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

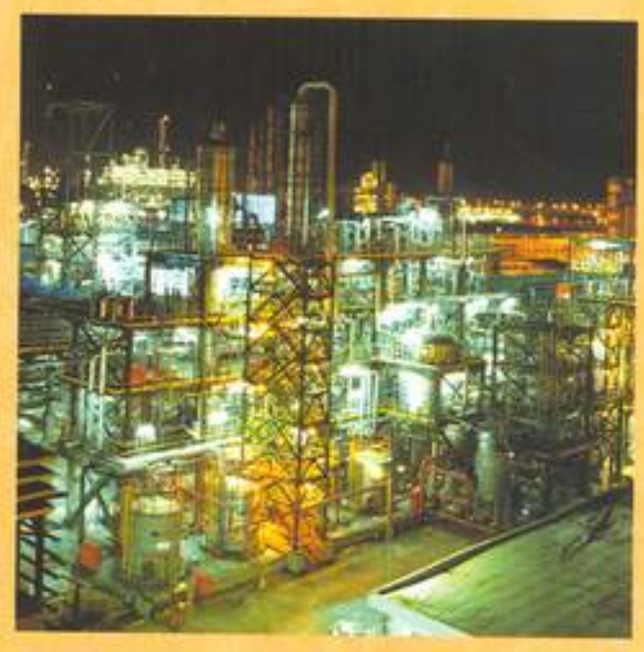
شرکت ملی نفت ایران

شرکت پشتیبانی ساخت و تهیه کالای نفت تهران









آشنایی با لوله های جداری

مدیریت پشتیبانی ساخت تجهیزات مکانیک، برق و ابزار دقیق

شرکت پشتیبانی

ساخت و تهیه

کالای نفت تهران

آشنایی با
لوله‌های جداری

مقدمه	۵
۱. لوله جداری	۵
۱-۱- انواع رشته های جداری	۵
۱-۲- تنش های وارده بر لوله های جداری	۷
۲. مشخصات فنی لوله های جداری	۷
۲-۱- گریدهای لوله های جداری	۷
۲-۲- مشخصات ابعادی و وزنی لوله جداری	۱۰
۳. اتصالات لوله جداری	۱۰
۳-۱- رزوه ای و کوپلینگی	۱۰
۳-۲- اکستریم لاین	۱۳
۳-۳- اتصالات خاص لوله جداری	۱۳
۴. فرایند ساخت لوله های جداری	۱۵
۴-۱- لوله بدون درز	۱۵
۴-۲- لوله با درز جوش الکتریکی	۱۶
۵. عملیات حرارتی لوله جداری	۱۸
۶. استانداردها	۱۹
۷. مراجع	۱۹

مقدمه

درگذشته جهت استفاده ازآبهای زیرزمینی ، انسان ناچار به حفر چاه وقنات بود. اما ریزش دیواره چاه درحین حفاری وپس از آن یکی از مشکلات موجود برای انجام این عملیات به شمار می رفت.

اولین راه حل به منظور جلوگیری ازریزش چاه، اندود کردن دیواره چاه بود، که به دلیل نداشتن ملات و مواد اضافی ضدآب امکان ریزش چاه از بین نمی‌رفت و ریزش چاه، فقط کمی به تعویق می‌افتاد. راه حل بعدی سنگ چینی دیواره چاه بود وبعدها ازخشت پخته وحالت گرفته استفاده شد که درزمان خود اقدامی بسیار موفق بود بطوریکه امروزه چاه ها و قنواتی یافت می شوند که پس از گذشت سالیان متمادی خشتهای دورچین آنها هنوز پابرجاست.

در فرایند حفاری چاه نفت و گاز، به منظور حفاظت دیواره چاه در مقابل ریزش و جلوگیری از نفوذ سیالات تحت فشار ساختار درونی زمین، جداره گذاری انجام می‌شود. درابتدا آهن معمولی به عنوان جداره استفاده می‌شد. ولی امروزه به دلیل خوردگی سریع جداره ها و ایجاد مشکلات ناشی از آن، جداره ها از آلیاژهای فولادی مختلف تولید می شوند.

روشهای جداره گذاری چاههای نفت وگاز درسالهای اخیر بسیار پیشرفت کرده وپیچیده گردیده اند. درجستجو وکاوش برای نفت و گاز بیشتر، چاههای عمیق تری حفاری شده وهمراه با آن روشهای جداره گذاری بهبود یافته تا بتوان بر شرایط سخت تری که دراعماق زمین حاکم است، غلبه نمود.

۱. لوله جداری (Casing)

لوله جداری، لوله فولادی بسیار مقاوم از جنس فولاد آلیاژی می باشد که با سه محدوده طولی (۳۴- ۲۵ ، ۲۵- ۱۶ یا ۴۸-۳۴ فوت) درچاههای نفت وگاز به عنوان پوشش سطح داخلی چاه استفاده می شود. لوله جداری بخشی از لوله های صنایع نفت و گاز (OCTG - Oil Country Tubular Goods) می باشد.

به طور کلی لوله جداری شش وظیفه مهم زیر را بر عهده دارد:

۱ جلو گیری از فروریختن و شسته شدن چاه
۲ جلوگیری از آلودگی سفره های آب آشامیدنی توسط سیالات لایه های پایین تر و سیال حفاری
۳ جداسازی سازند های مختلف از یکدیگر
۴ منحصرکردن تولید به یک سازند
۵ کمک به فراهم کردن اطلاعات لازم درکنترل فشار چاه
۶ ایجاد مسیر جریان برای سیالات تولید شده

۱-۱- انواع رشته های جداری

انواع رشته های جداری از نظر کاربرد آنها در چاه عبارتند از:

۱-۱-۱) رشته جداری سطحی (Surface Casing String)

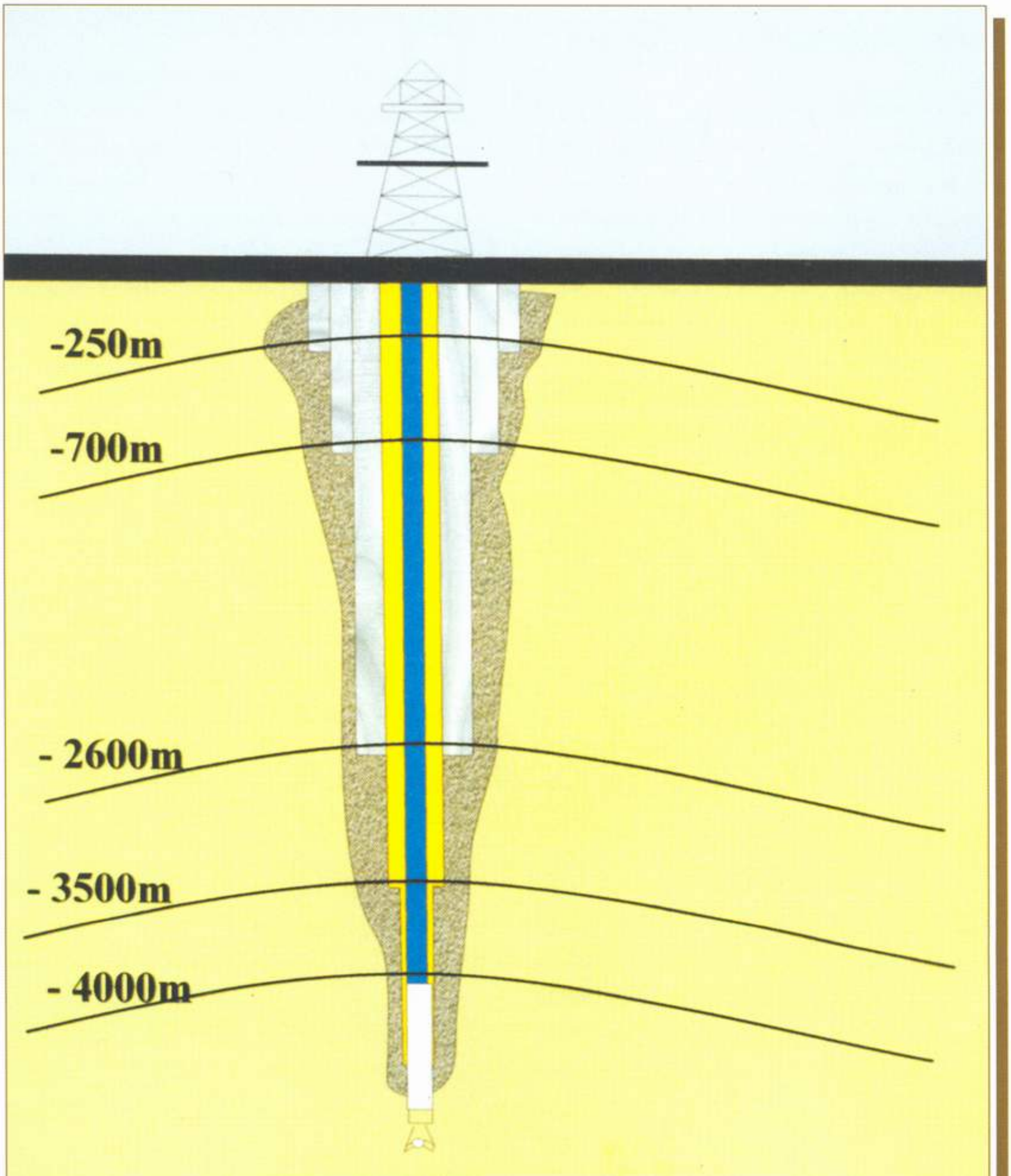
رشته جداری سطحی از فروریختن ساختار ضعیف زمین در مکانهای کم عمق، جلوگیری می کند. همچنین وجود این رشته در ایزوله کردن آب شیرین و جلوگیری از آلودگی آن با سیالات لایه‌های پایین‌تر و سیال حفاری بسیار مهم می‌باشد. طول رشته جداری سطحی ممکن است فقط ۲۰۰ فوت باشد . اما گاهی اوقات با توجه به شرایط محلی، احتمال دارد، تا چند هزار فوت نیز برسد.

۱-۱-۲- رشته جداری میانی (Intermediate Casing String)

مهمترین وظیفه رشته جداری میانی، حفظ و بقای چاه می باشد که به آن رشته جداری محافظ (Protection Casing String) نیز می گویند. برای یک چاه معمولا چند رشته جداری میانی به کار می رود که این رشته جداری ممکن است از سطح زمین تا عمق ۷۰۰۰ فوتی امتداد یافته باشد.

۱-۱-۳- رشته جداری تولید (Production Casing String)

رشته جداری تولید، مخازن مختلف تولید را از یکدیگر جدا کرده، امکان کنترل آنها را فراهم می کند و اجازه انتخاب



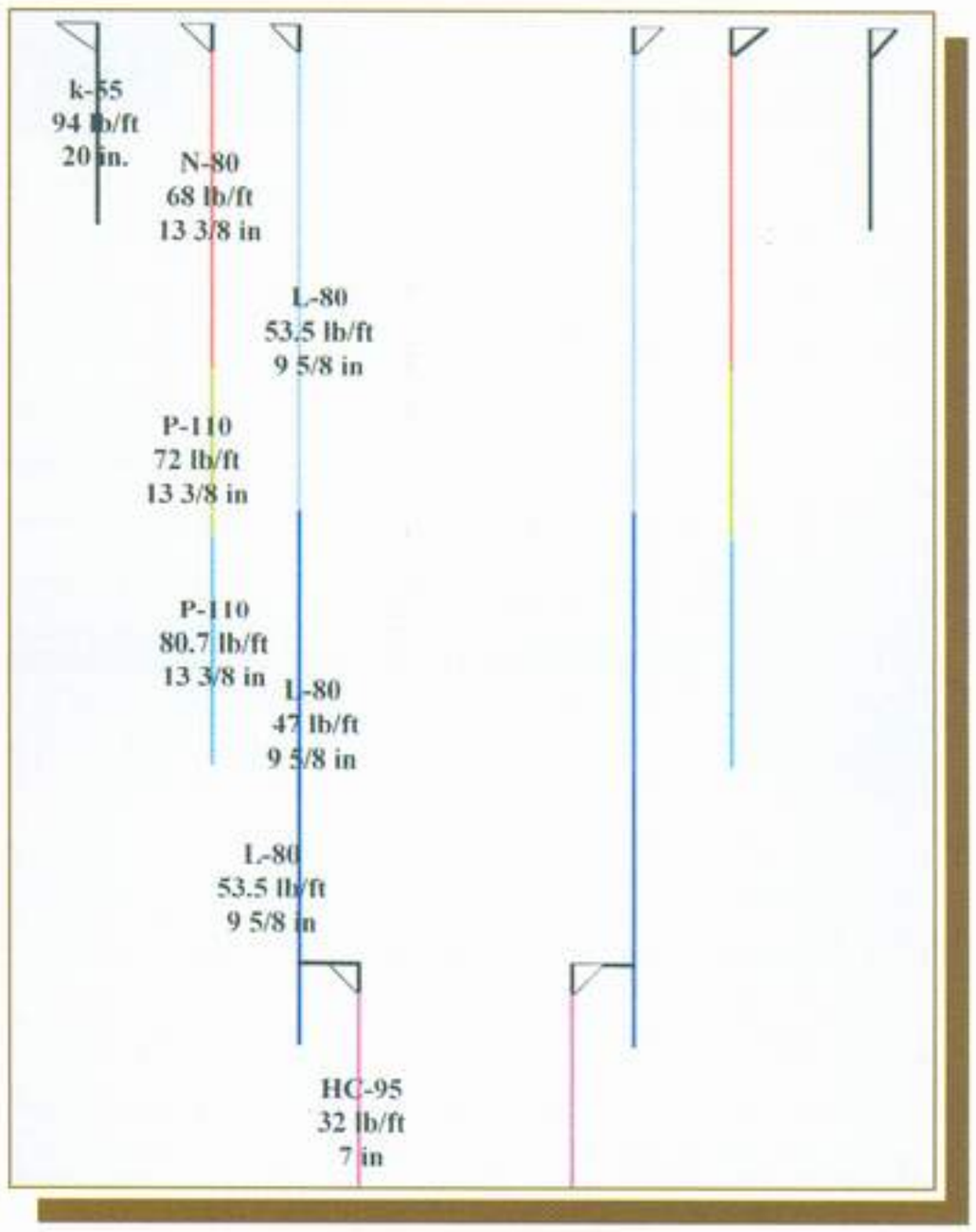
شکل ۱

یک مخزن، از میان مخازن مختلف تولید را می دهد. همچنین این رشته از رشته مغزی (Tubing) محافظت می کند. رشته جدای تولید معمولا طولانی ترین، سنگین ترین و آخرین رشته جداری می باشد، بنابراین باید از لوله های فولاد آلیاژی مقاوم تشکیل گردد. از طرفی یک نشتی کوچک در این لوله می تواند منجر به فوران چاه شود. پس اتصالات رزوه دار جداره تولید باید برای مقابله با فشارهای احتمالی مقاوم باشند.

معمولا یک رشته جداری از چند لوله جداری با وزنها و گریدهای مختلف تشکیل میشود. در شکل (۲) نمونه ای از گزارش نصب رشته های جداری یک چاه نشان داده شده است.

۱-۲- تنش های وارده بر لوله های جداری

هنگام راندن (running) لوله جداری در چاه، سه نیروی اصلی بر لوله اعمال می گردد. این نیروها سبب اعمال تنشهای زیر بر لوله می گردند :



شکل ۲

۱-۲-۱- تنش کششی (Tensile Tension)

این تنش از نیروی وزن رشته جداری نتیجه میشود و باعث کشش در لوله جداری می گردد. همچنین، در اثر تنش کششی مقاومت لوله در مقابل فشار فروپاشی (Collapse Pressure) کاهش می‌یابد.

۱-۲-۲- فشار فروپاشی (Collapse Pressure)

فشار فروپاشی عبارت است از فشارخارجی که تمایل به فروپاشی لوله جداری دارد و عموما نتیجه فشار هیدرواستاتیک می باشد. فروپاشی رشته جداری، اغلب در زمان عملیات تزریق سیمان رخ می دهد.

۱-۲-۳- فشار ترکشی (Burst Pressure)

فشار ترکشی عبارت است از فشارداخلی که تمایل به ترکاندن لوله جداری دارد. معمولا در بالاترین لوله جداری (نزدیک به سطح)، فشار ترکشی بالا میباشد.

۲. مشخصات فنی لوله های جداری

لوله جداری براساس پنج خصوصیت دسته بندی می گردد:

۱ قطر خارجی
۲ ضخامت دیواره
۳ جنس لوله
۴ نوع اتصال
۵ محدوده طولی (length range)

وزن واحد طول لوله، یکی دیگر از خصوصیات می باشد که بر اساس ضخامت دیواره و قطر خارجی مشخص می‌شود. مشخصات فنی لوله های جداری براساس استاندارد API SPEC 5CT انتخاب می گردند.

۲-۱- گریدهای لوله های جداری

استاندارد API SPEC 5CT، ده نوع (Grade) از لوله‌های جداری را به رسمیت می‌شناسد(جدول ۱).

۲-۱-۱- خصوصیات مکانیکی

نوع (Grade) لوله جداری براساس مقاومت تسلیم آنها مشخص می گردد. در جدول(۱) گروه، نوع (Grade)،

Group	Casing Grade	Type	Yield Strength (psi)		Minimum Tensile Strength (psi)	Maximum hardness	
			Minimum	Maximum		HRC[1]	BHN[2]
1	H-40		40,000	80,000	60,000	-	-
	J-55		55,000	80,000	75,000	-	-
	K-55		55,000	80,000	95,000	-	-
	N-80		80,000	110,000	105,000	-	-
2	L-80	1	80,000	95,000	95,000	23	241
	L-80	9Cr	80,000	95,000	95,000	23	241
	L-80	13Cr	80,000	95,000	95,000	23	241
	C-90	1,2	90,000	105,000	100,000	25.4	255
	C-95		95,000	110,000	105,000	-	-
	T-95	1,2	95,000	110,000	105,000	25.4	255
3	P-110		110,000	140,000	125,000	-	-
4	Q-125	1-4	125,000	150,000	135,000	-	-

1) HRC: Rockwell hardness C scale

2) BHN: Brinell hardness

جدول ۱

Grade	Total Extension of Gage Length, Percent
H40	0.5
J55	0.5
K55	0.5
L80	0.5
N80	0.5
C90	0.5
C95,T95	0.5
P110	0.6
Q125	0.65

جدول ۲

مقاومت تسلیم و خصوصیات مکانیکی مربوط به آنها نشان داده شده است. مقاومت تسلیم (نهایی) معادل تنش کششی لازم برای ایجاد تغییر طول کلی نمونه های استاندارد می باشد، که مقادیر تغییر طول کلی، توسط دستگاههای اندازه گیر ویژه محاسبه می شوند. این مقادیر مطابق جدول (۲) می باشند.

گاهی اوقات گریدهای مشخص شده در استاندارد API جوابگوی نیازها نمی باشد (به عنوان مثال چاهی که قدرت خورندگی بالایی دارد). برای رفع این مشکل، سازندگان لوله جداری، لوله هایی با خصوصیات خاص تولید می کنند که NON-API CASING Grades نامیده می شوند نمونه هایی از این تولیدات در جدول (۳) ارائه شده است.

NON - API CASING GRADES		
YIELD STRENGTH		Minimum Tensile strength (psi)
Grade	Minimum, psi	
S-80	55,000	95,000
C-75	75,000	95,000
S0090	90,000	105,000
Hc095	95,000	110,000
SS-95	95,000	100,000
S-95	95,000	110,000
S-105	95,000	110,000
S00-125	125,000	135,000
S00-140	140,000	150,000
V-150	150,000	160,000
S00-155	155,000	165,000

جدول ۳

۲-۱-۲- ترکیب شیمیایی

لوله و کوپلینگ‌هایی که بر طبق مشخصات فنی API SPEC 5CT تولید می‌شوند باید بر طبق الزامات شیمیایی مشخص شده در جدول (۴) مورد تایید قرار گیرند. در این جدول اعداد براساس درصد وزنی هستند.

Group	Grade	Type	Carbon		Manganese		Molybdenum		Chromium		Nickel	Copper	Phosphorous	Sulfur	Silicon
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
1	H40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
	J55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
	K55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
	N80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
2	L80	1	-	0.43	-	1.90	-	-	-	-	0.25	0.35	0.030	0.030	0.45
	L80	9Cr	-	0.15	0.30	0.60	0.90	1.10	8.00	10.00	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00
	L80	13Cr	0.15	0.22	0.25	1.00	-	-	12.00	14.00	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00
	C90	1	-	0.35	-	1.90	0.25	0.75	-	1.20	0.99	-	0.020	0.010	-
	C90	2	-	0.50	-	1.90	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.030	0.010	-
	C95	-	-	0.45	-	1.90	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	0.45
	T95	1	-	0.35	-	1.20	0.25	0.85	0.40	1.50	0.99	-	0.020	0.010	-
	T95	2	-	0.50	-	1.90	-	-	-	-	0.99	-	0.030	0.010	-
3	P110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
4	Q125	1	-	0.35	-	1.00	-	0.75	-	1.20	0.99	-	0.020	0.010	-
	Q125	2	-	0.35	-	1.00	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.020	0.020	-
	Q125	3	-	0.50	-	1.90	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.030	0.010	-
	Q125	4	-	0.50	-	1.90	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.030	0.020	-

جدول ۴

Note: N.L.= No limit. Elements shown must be reported in product analysis.

Size O.D. in.	Nominal weight. threads and coupling ib/ft	Grade	Wall Thickness in.	Size O.D. in.	Nominal weight. threads and coupling ib/ft	Grade	Wall Thickness in.
4 1/2	9.5	H,J	0.205	8 5/8	24	J	0.264
4 1/2	10.5	J	0.224	8 5/8	28	H	0.304
4 1/2	11.6	J	0.25	8 5/8	32	H	0.352
5	15	J	0.296	8 5/8	44	N	0.5
5	15	N	0.296	8 5/8	49	N	0.557
5	18	N	0.296	9 5/8	32.3	H	0.312
5 1/2	14	H,J	0.362	9 5/8	36	H	0.352
5 1/2	15.5	J	0.244	9 5/8	36	J	0.352
5 1/2	17	J	0.275	9 5/8	40	J	0.395
6 5/8	20	J	0.304	10 3/4	32.75	H	0.279
6 5/8	24	J	0.288	10 3/4	40	H	0.35
6 5/8	24	N	0.352	10 3/4	40	J	0.35
6 5/8	28	N	0.352	10 3/4	45	J	0.4
7	23	J	0.417	11 3/4	47	J	0.376
7	23	N	0.317	11 3/4	54	J	0.435
7	26	J	0.317	11 3/4	60	J,N	0.489
7	26	N	0.362	13 3/8	48	H	0.33
7	29	N	0.408	13 3/8	54.5	J	0.38
7	32	N	0.453	13 3/8	61	J	0.43
7 5/8	26.4	N	0.328	16	84	J	0.495
7 5/8	29.7	N	0.375	18 5/8	87.5	H,J	0.435
7 5/8	33.7	N	0.43	20	94	H,J	0.438
7 5/8	39	N	0.5	20	133	J	0.635

جدول(۵): نمونه‌ای از جداول استاندارد API

۲-۲- مشخصات ابعادی و وزنی لوله جداری

بر طبق استاندارد API SPEC 5CT قطر خارجی لوله جداری از ۴/۵ تا ۲۰ اینچ، ضخامت آن از ۰/۲۰۵ تا ۰/۸۷۵ اینچ و وزن واحد طول آن از ۹/۵ تا ۱۳۳ پوند بر فوت تغییر می کند.

۳. اتصالات لوله جداری

براساس استاندارد API SPEC 5CT دو نوع اتصال برای لوله جداری معرفی میگردد که ابعاد و مشخصات آنها بر طبق استاندارد API SPEC 5B انتخاب می‌شوند:

۳-۱- رزوه ای و کوپلینگی (Threaded and Coupled)

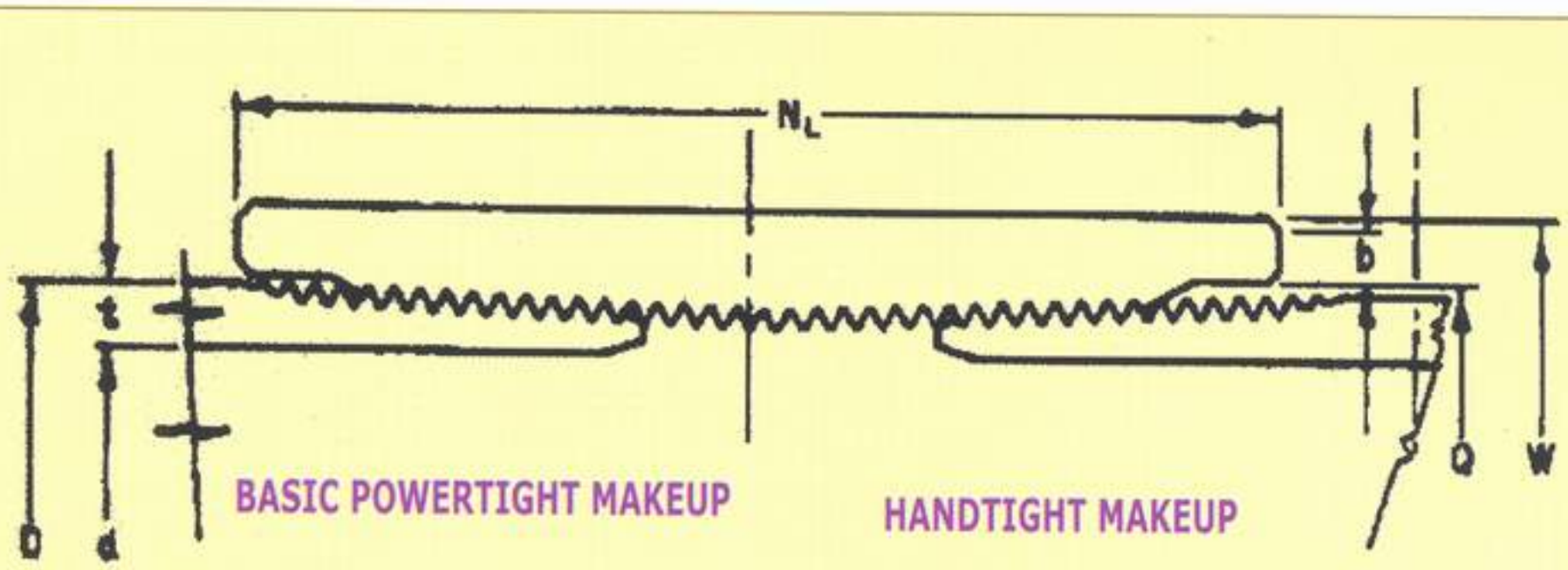
لوله‌های جداری، معمولا بوسیله کوپلینگ‌های رزوه شده به یکدیگر متصل می گردند و نوع (grade) کوپلینگ‌ها مطابق نوع (grade) لوله‌جداری انتخاب می گردد. اتصال رزوه ای و کوپلینگی شامل انواع زیر می باشد:

الف) کوپلینگ و لوله جداری با رزوه گرد کوتاه
(Short Round Thread Casing and Coupling)

ابعاد و اندازه های آن مطابق شکل (۳) و جدول (۶) می باشد و در هر اینچ ۸ رزوه دارد.

ب)) کوپلینگ و لوله جداری با رزوه گرد بلند
(Long Round Thread Casing and Coupling)

این اتصال نیز در هر اینچ، ۸ رزوه دارد (شکل (۳)). اما طولی که رزوه‌زنی می‌شود از نوع (الف) طولانی تر می‌باشد. در جدول (۶) ابعاد و اندازه های کوپلینگ و لوله جداری با رزوه گرد کوتاه و بلند، ارائه شده است.



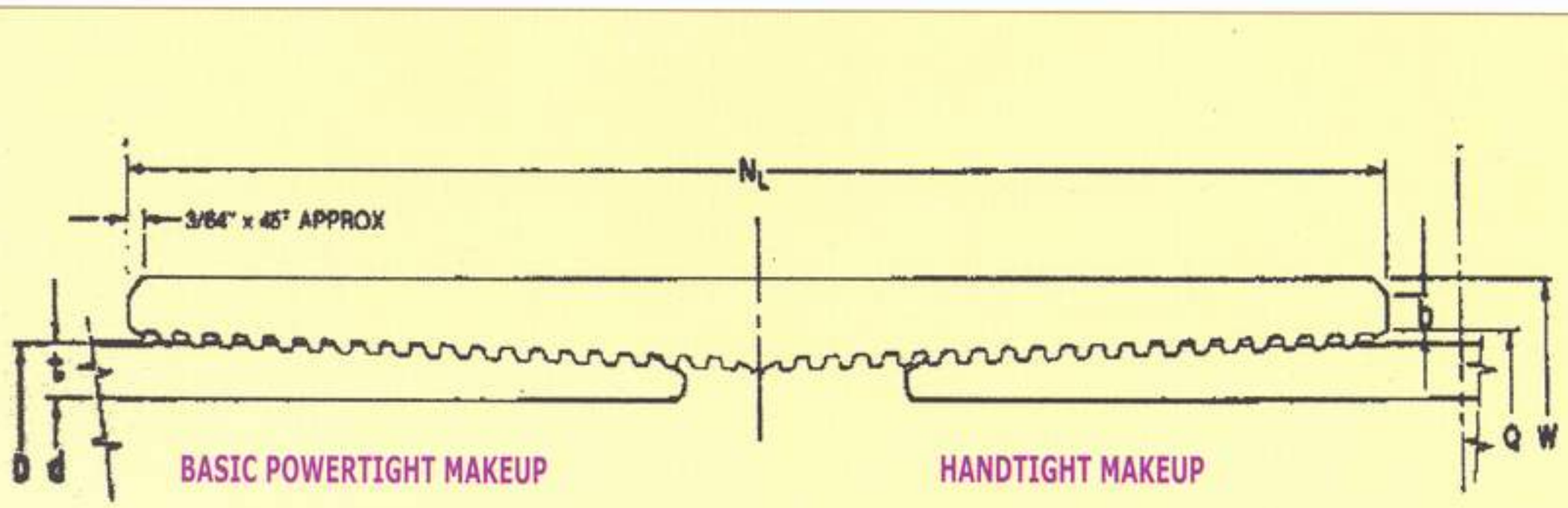
شکل ۳

Size(in.)	OD D(in.)	Minimum Length NL, in.		Diameter of Recess Q (in)
		Short	Long	
4 1/2	5.000	6 1/4	7	419/32
5	5.563	6 1/2	7 3/4	53/32
5 1/2	6.050	6 3/4	8	519/32
6 5/8	7.390	7 1/4	8 3/4	623/32
7	7.656	7 1/4	9	73/32
7 5/8	8.500	7 1/2	9 1/4	723/32
8 5/8	9.625	7 3/4	10	823/32
9 5/8	10.625	7 3/4	10 1/2	923/32
10 3/4	11.750	8	-	1027/32
11 3/4	12.750	8	-	1127/32
13 3/8	14.375	8	-	1315/32
16	17.000	9	-	163/32
18 5/8	20.000	9	-	1823/32
20	21.000	9	11 1/2	203/32

جدول ۶

ج) کوپلینگ و لوله جداری با رزوه باترس
(Buttress Thread Casing and Coupling)

ابعاد و مشخصات این نوع از اتصال نیز برطبق استاندارد API SPEC 5B معین می گردد. باترس خود شامل دو نوع Regular و Special Clearance می‌باشد که در جدول (۷) ابعاد آنها مشخص شده است.



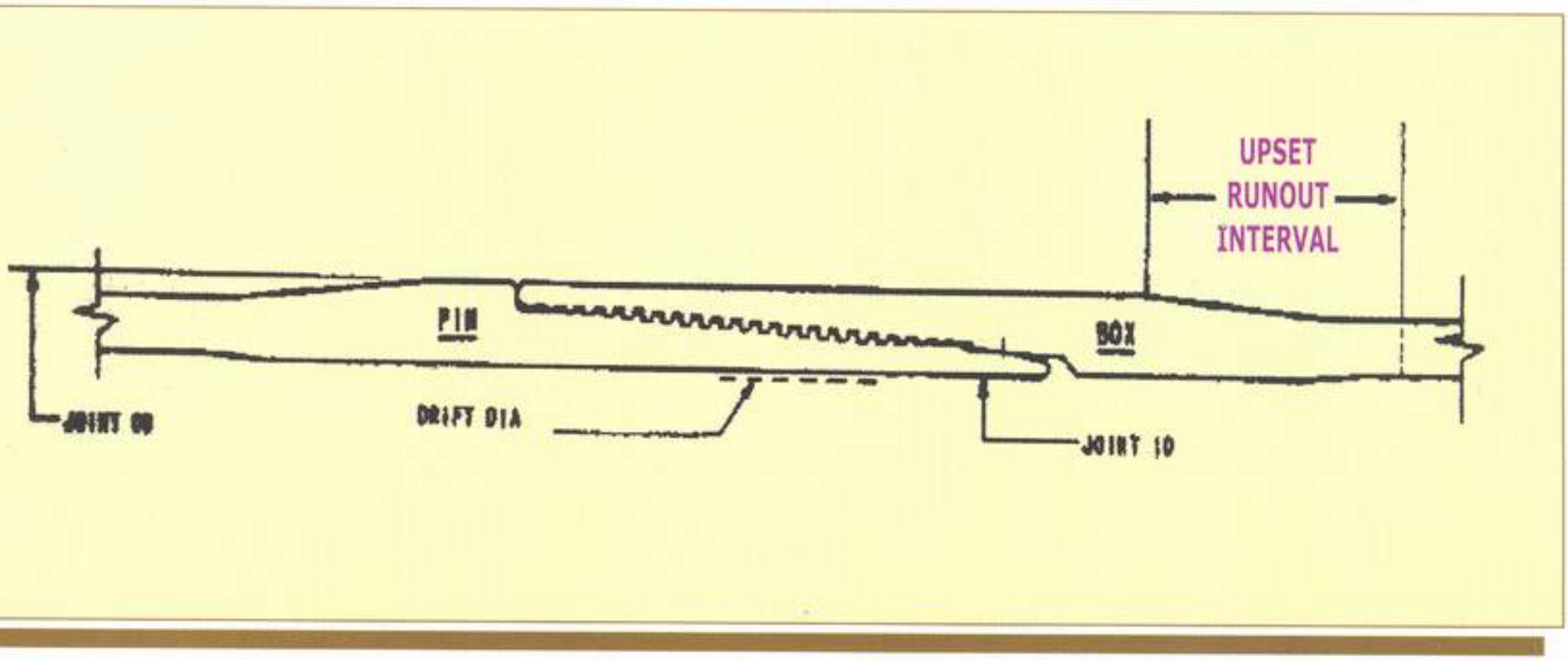
شکل ۴

Size(in.)	OD (in.)		Minimum Length NL, in.	Diameter of Chamfer Q (in)
	Regular W	Special Clearance W_s		
4 1/2	5.000	4.875	8 7/8	4.640
5	5.563	5.375	9 1/8	5.140
5 1/2	6.050	5.875	9 1/4	5.640
6 5/8	7.390	7.000	9 5/8	6.765
7	7.656	7.375	10	7.140
7 5/8	8.500	8.125	10 3/8	7.765
8 5/8	9.625	9.125	10 5/8	8.765
9 5/8	10.625	10.125	10 5/8	9.765
10 3/4	11.750	11.250	10 5/8	10.890
11 3/4	12.750	-	10 5/8	11.890
13 3/8	14.375	-	10 5/8	13.515
16	17.000	-	10 5/8	16.154
18 5/8	20.000	-	10 5/8	18.779
20	21.000	-	10 5/8	20.154

جدول ۷

۳-۲- اکستریم لاین (Extreme Line)

در این نوع از اتصال انتهای لوله را با عملیات کله زنی(Upsetting) ضخیم تر کرده و سپس قسمت ضخیم شده را رزوه می کنند. اکستریم لاین نسبت به اتصالات کوپلینگی و رزوه ای در مقابل فشار ترکشی مقاوم تر می باشد.



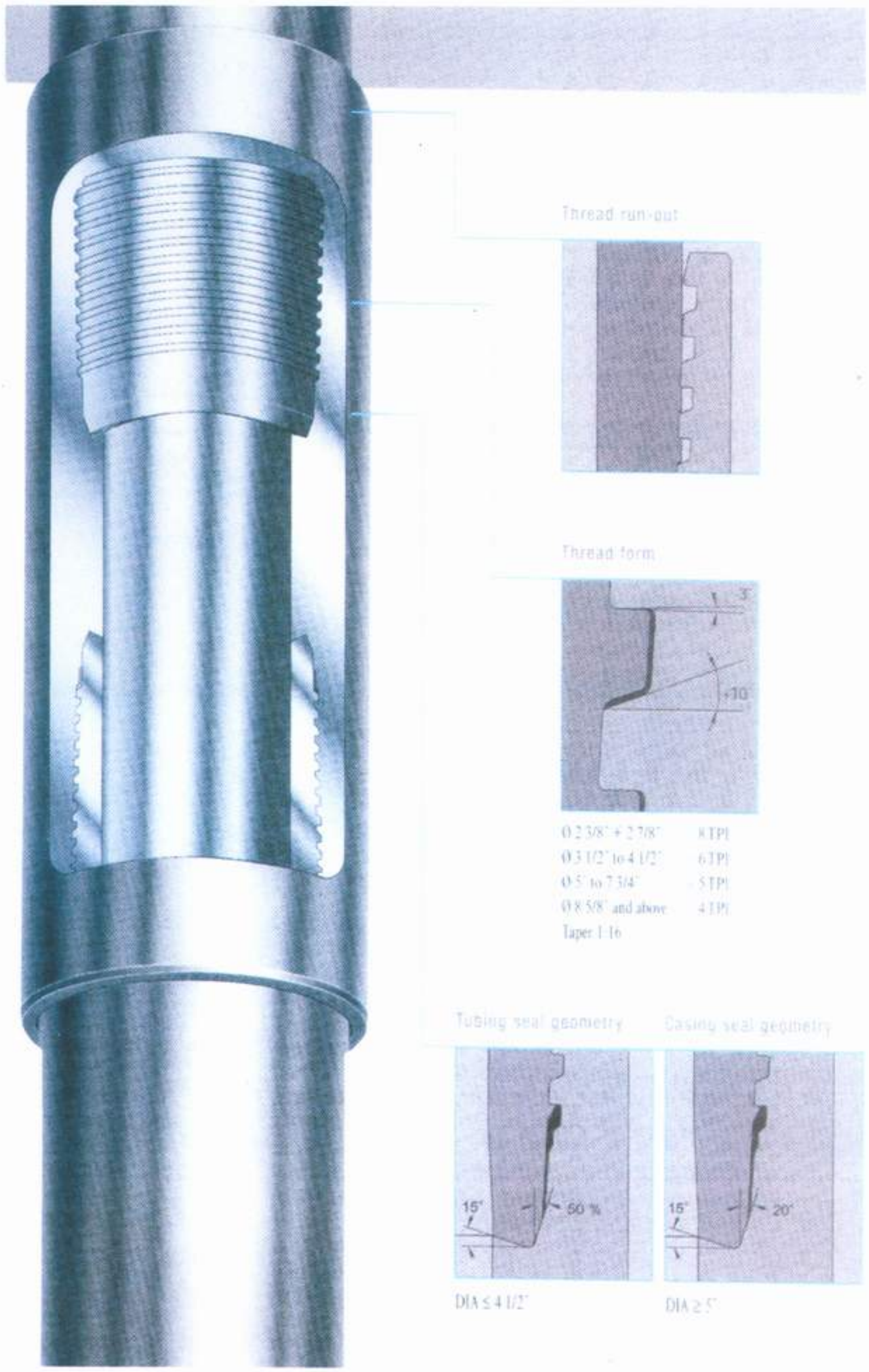
شکل ۵

۳-۳- اتصالات خاص لوله جداری

سازندگان، اتصالات خاصی علاوه بر اتصالات مورد اشاره در استاندارد API SPEC 5CT برای لوله های جداری طراحی کرده اند که زمانیکه مقاومت و استحکام بیشتری در مقابل نشتی و فشار، مورد نیاز است، مورد استفاده قرار می گیرند. این اتصالات، خصوصیات اصلاح شده خود را از طرق مختلف کسب می کنند. از جمله:

۱ استفاده از کوپلینگ یا box با رینگ آب بند تفلونی
۲ استفاده از شکلهای خاص رزوه
۳ تقویت داخلی (Internal Upset)
۴ تقویت خارجی (External Upset)
۵ اتصالات یکپارچه (Integral Joints)
۶ اتصالات هم تراز (Flush Joints)

اتصالات Premium نمونه هایی هستند که اکثر شرکتهای سازنده، از آنها استفاده می کنند. به عنوان مثال، خصوصیات یکی از این اتصالات در شکل (۶) مشخص می باشد. این اتصال از آب بند (seal) استفاده کرده و انتهای قسمت رزوه با زاویه ۱۵ درجه قرار می گیرد و معمولا در شرایطی خاص، مثل چاه های عمیق، چاه های با انحراف زیاد و محیط های خورنده، در رشته جداری تولید و مغزی (Tubing) کاربرد دارد.


Thread run-out
Thread form
3°
+10
Ø 2 3/8" ÷ 2 7/8" 8 TPI
Ø 3 1/2" to 4 1/2" 6 TPI
Ø 5" to 7 3/4" 5 TPI
Ø 8 5/8" and above 4 TPI
Taper 1/16
Tubing seal geometry
Casing seal geometry
15°
50 %
15°
20°
DIA ≤ 4 1/2"
DIA ≥ 5"

شکل ۶

۴. فرایند ساخت لوله‌های جداری

لوله های جداری باید بر اساس استاندارد SPEC 5CT API از طریق یکی از دو روش، بدون درز (Seamless) یا جوش الکتریکی (Electric Weld)، همانطور که در جدول (۸) مشخص می باشد، ساخته شوند:

Group	Grade	Type	Process of Manufacture
1	H40	-	S or EW
	J55	-	S or EW
	K55	-	S or EW
	N80	-	S or EW
2	L80	1	S or EW
	L80	9Cr	S
	L80	13Cr	S
	C90	1-2	S
	C95	-	S or EW
	T95	1-2	S
3	P110	-	S or EW
4	Q125	1-4	S or EW

جدول ۸

٤-١- لوله بدون درز (Seamless Pipe)

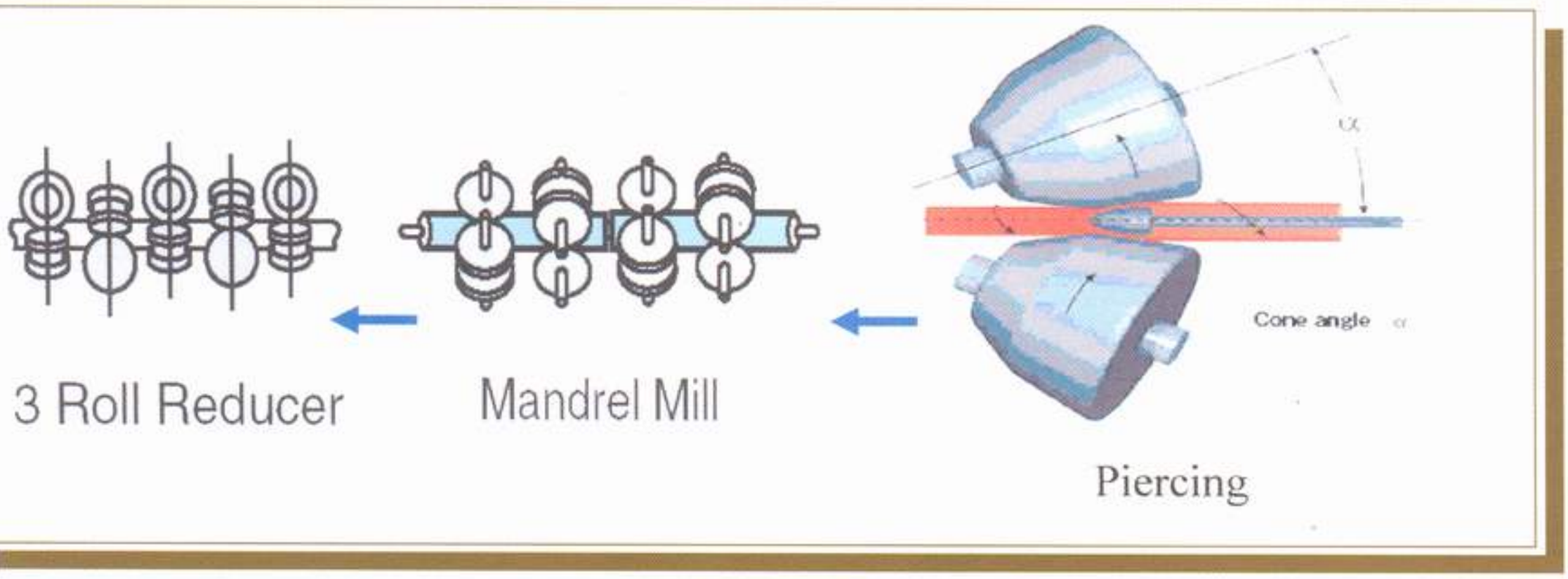
به لوله فولادیی می گویند که از طریق فرایند غیر جوشکاری و بدون درز جوش ساخته می شود. در ادامه دو روش از روشهای تولید لوله بدون درز بطور مختصر توضیح داده می شود:

الف) عملیات Mandrel Mill

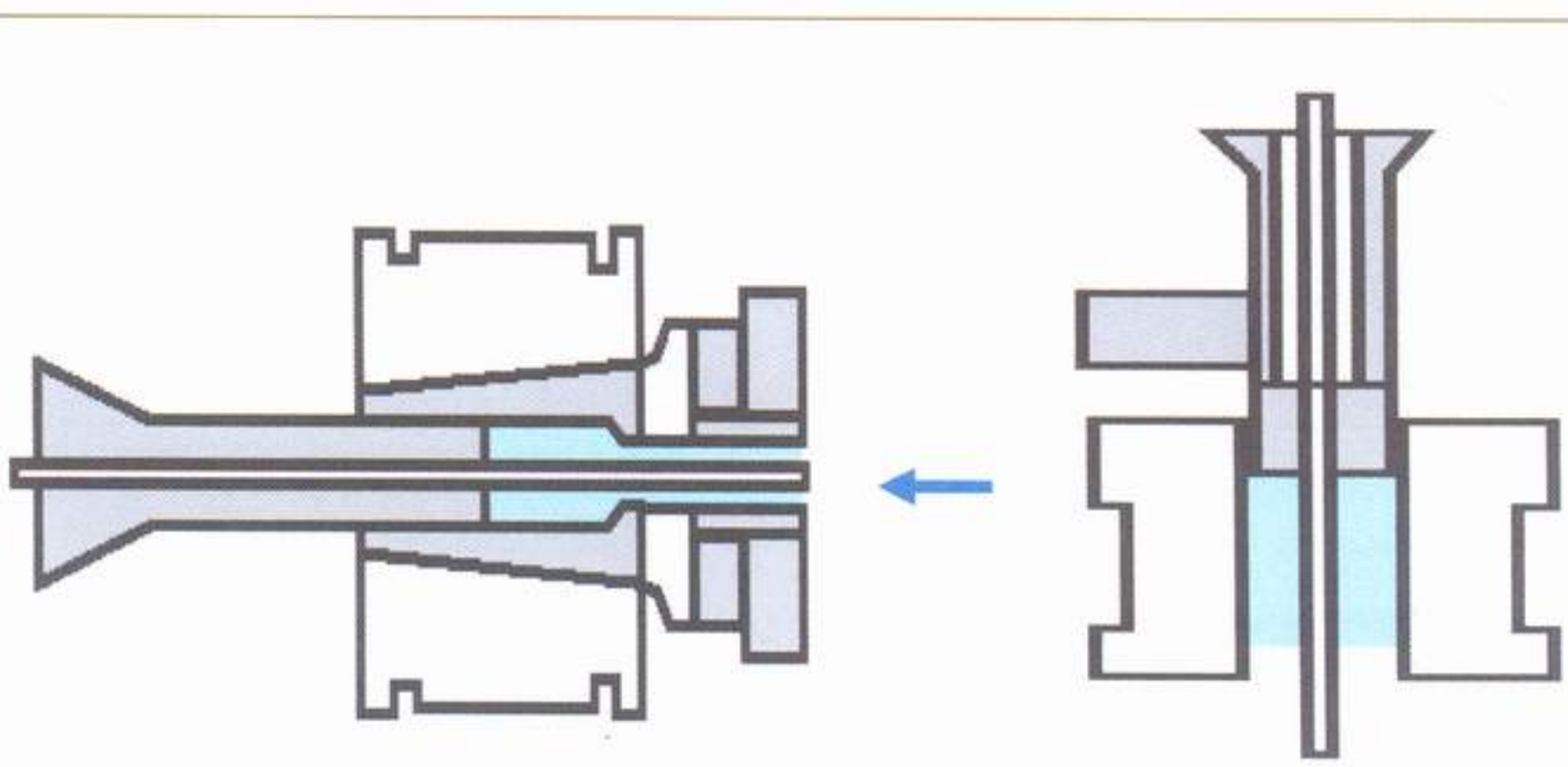
در این روش شمش خام مدور تا دمایی در حدود (۱۲۰۰-۱۳۰۰ درجه سانتیگراد) گرم شده و سپس مرکز آن با سوراخ کن(Piercer) سوراخ می گردد. فرایند ایجاد سوراخ، بدین صورت است که شمش مدور گرم را بر روی یک سوراخ کن مخروطی شکل، نورد می کنند(می غلتانند). بدین منظور یک جفت غلتک مخروطی شکل که محورهای آنها نسبت به شمش مایل می باشد بطور هم جهت دوران می کنند. نیروی اصطکاک بین این غلتک ها و شمش مدور، باعث چرخش شمش شده و به آن نیروی محوری وارد می کند تا در حالیکه شکاف داخلی ایجاد می گردد بر روی سوراخ کن بصورت طولی پیشروی کند. سپس یک سمبه در داخل شمش سوراخ شده، رانده میشود و مجموعه سمبه و لوله از داخل غلتک ها عبور میکنند، نتیجه این کار کاهش قطر لوله میباشد. بعد از این مرحله به منظور اصلاح (یکنواختی) قطر، لوله از داخل کاهنده (Reducer) عبور می کند.

ب) فرایند اکستروژن Extrusion Process

در عملیات اکستروژن، ابتدا شمش توسط پرس عمودی در داخل قالب سوراخ شده و سپس بوسیله پرس افقی که چند برابر پرس عمودی نیرو اعمال میکند، قطر لوله تحت تاثیر پانچ کاهش می یابد و از فضای حلقوی بین سمبه(Mandrel) و قالب تزریق می گردد(Extrude Process). این روش برای لوله های با قطر متوسط مناسب می باشد.



شکل ۷



شکل ۸

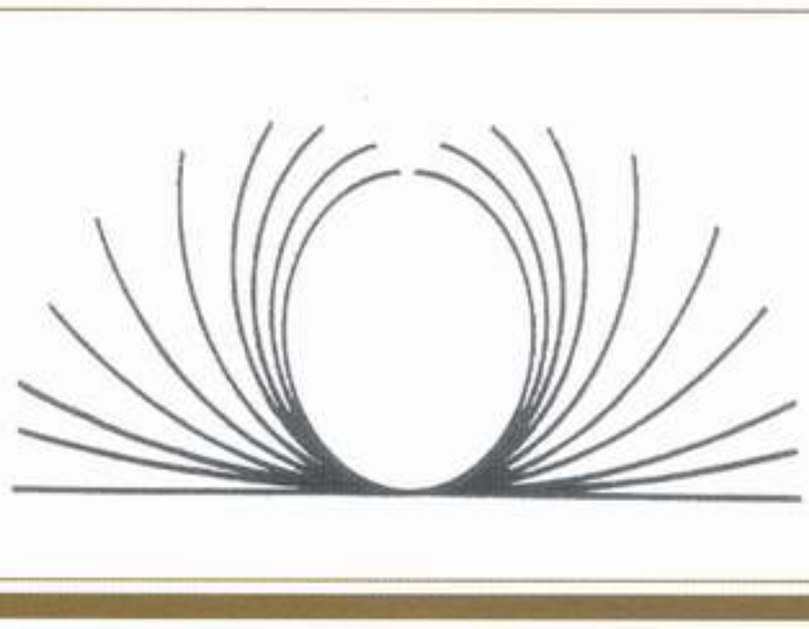
٤-۲- لوله با درز جوش الکتریکی

لوله ای که یک درز (Seam) سرتاسری دارد و از طریق جوشکاری مقاومت الکتریکی (electric-resistance) یا القای الکتریکی(electric-induction) ساخته می گردد، لوله درزدار با جوش الکتریکی نامیده می شود.

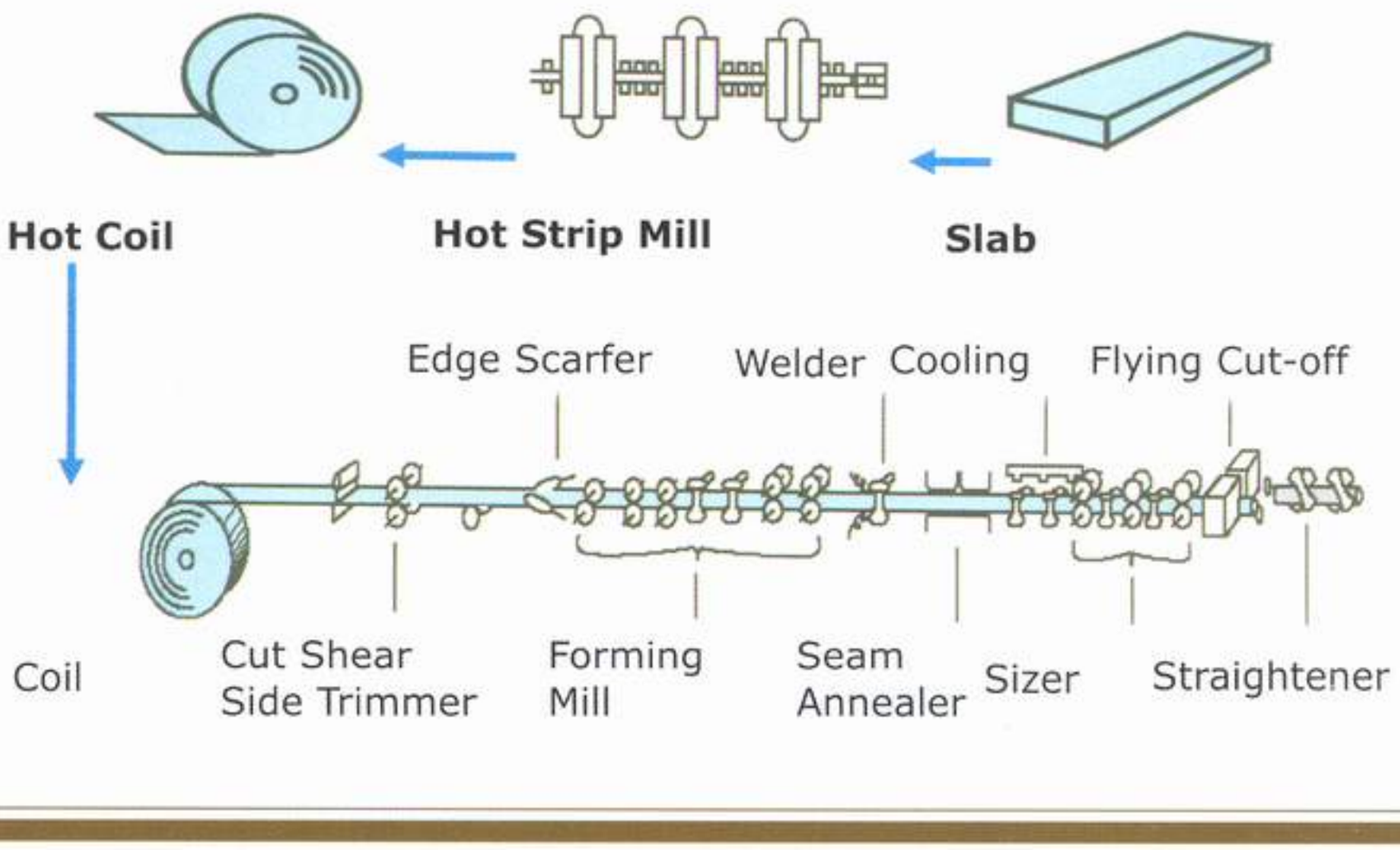
در این روش، ورقه فلزی با عبور از روی تعدادی غلتک افقی و عمودی (Forming Rolls)، به شکل استوانه در آمده، سپس عملیات جوشکاری روی آن انجام می گیرد(شکلهای ۹ ، ۱۰ و ۱۱).

در عملیات جوش الکتریکی، ماده واسطه وجود ندارد. حرارت جوشکاری، از طریق مقاومت در مقابل جریان الکتریسیته بوجود می آید و لبه هایی که عمل جوشکاری بر روی آنها انجام می گردد با نیروی مکانیکی به یکدیگر فشرده می شوند(شکلهای ۱۰و ۱۱).

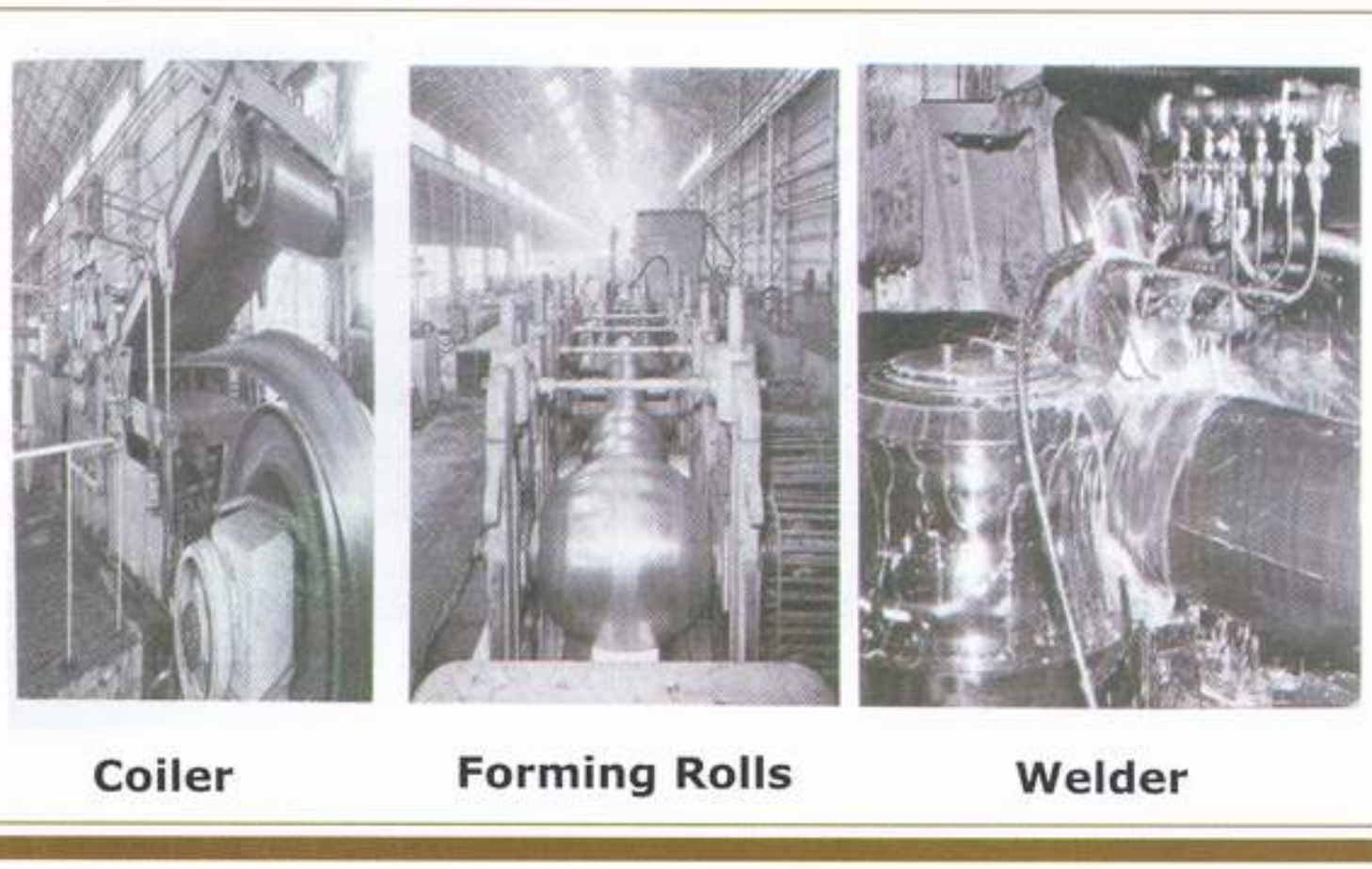
بر طبق استاندارد API SPEC 5CT ، بعد از جوشکاری، درز جوش باید تا دمای حداقل ۵۴۰ °C یا تا زمانیکه فلز سخت بازپخت نشده (untempered martensite)، برجای نماند، تحت عملیات حرارتی قرار گیرد.



شکل ۹



شکل ۱۰



شکل ۱۱

۵. عملیات حرارتی لوله جداری

پس از تولید لوله بدون درز یا جوشکاری شده الکتریکی و پیش از رزوه زنی، فرایند عملیات حرارتی لوله جداری باید برای برخی از گریدهایی که در درخواست خریدار معین شده و براساس یک روال مستند شده که در جدول (۶) تصریح گردیده ، انجام پذیرد:

گروه ۱ (Group 1)

لوله و کوپلینگ گرید N باید نرماله گردد یا با انتخاب سازنده، نرماله و بازپخت (Tempered) یا کوئنچ (Quench) و بازپخت گردد. لوله‌های جداری با گرید J و K و لوله مغزی با گرید J اگر در درخواست خرید معین شده باشد باید تحت عملیات حرارتی قرار گیرند.

گروه ۲ (Group 2)

زمانیکه خریدار درخواست کرده باشد، سازنده باید مدرکی ارائه کند که عملیات بازپخت (Tempering) تا رسیدن به مینیمم دمای مشخص شده در جدول (۹) انجام شده است.

گروه ۳ و ۴ (Group 3&4)

لوله و کوپلینگ‌های ساخته شده بر اساس API SPEC 5CT باید کوئنچ (Quench) و بازپخت (Temper) گردند. حداقل دمای مورد نیاز در عملیات بازپخت مطابق جدول (۹) می باشد.

Group	Grade	Type	Tempering Temperature, Minimum	
			Heat Treatment	HF
1	H40	-	None	-
	J55	-	None	-
	K55	-	None	-
	N80	-		-
2	L80	1	Q&T	1050
	L80	9Cr	Q&T	1100
	L80	13Cr	Q&T	1100
	C90	1	Q&T	1150
	C90	2	Q&T	1150
	C95	-	Q&T	1000
	T95	1	Q&T	1200
	T95	2	Q&T	1200
3	P110		Q&T	-
4	Q125	1-4	Q&T	-

شکل ۹

۶. استاندارد

انجمن نفت آمریکا API ، استانداردها و التزامات زیر را برای‌طراحی، ساخت و استفاده از لوله‌های جداری تدوین کرده است:

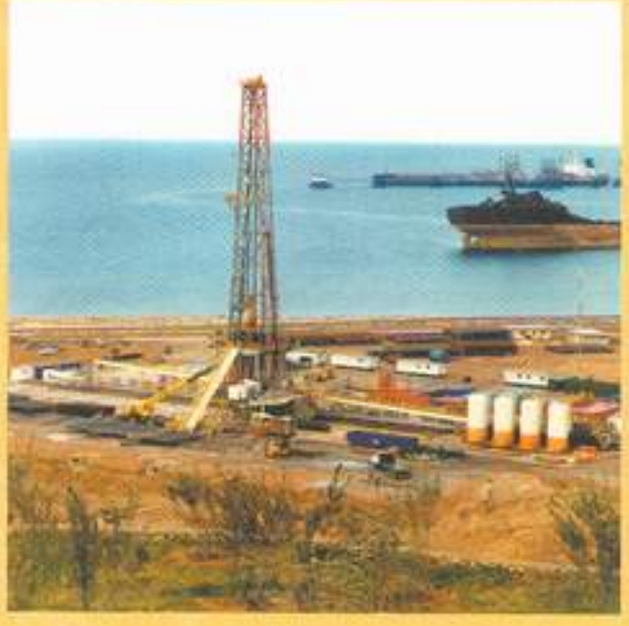
1. API SPEC 5CT, "Specification for Casing and Tubing"
2. API BULLETIN 5CT, "Bulletin on performance properties of casing, Tubing, and Drill Pipe"
3. API SPEC 5B, "Specification for Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line pipe Threads"
4. API RP5C1 , "Recommended for Care and Use of Casing and Tubing"
5. API BULLETIN 5C3, "Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe and Line Pipe Properties"

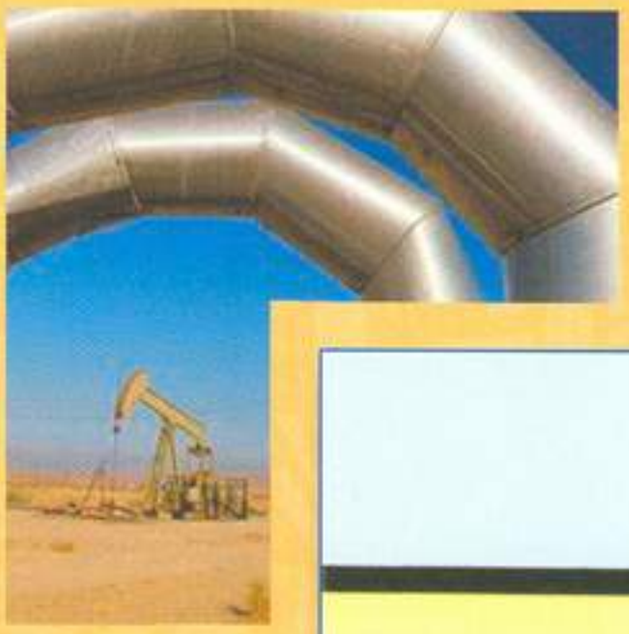
۷. مراجع

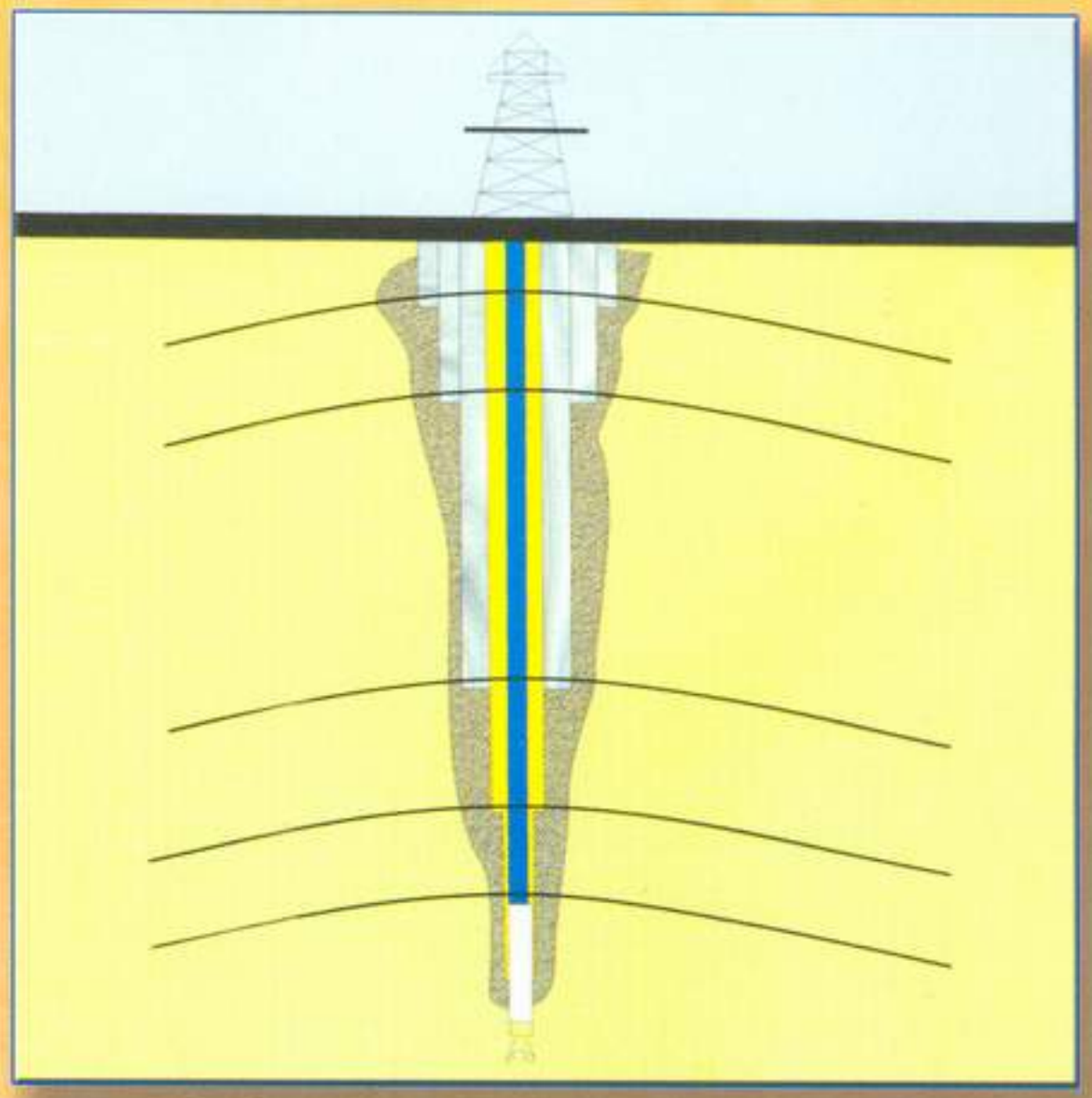
1. API SPEC 5CT, "Specification for Casing and Tubing"
2. API SPEC 5B, "Specification for Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line pipe Threads"
3. Normal Drilling Operations, Unit 2, Lesson 4, "Casing and Cementing", The University of Texas at Austin
4. Bradly, "Petroleum Engineering Handbook"
5. Preston L.Moore, "Drilling Practices Manual"

Manufacturing Support & Procurement (MSP) Kala Naft Co. Tehran

N.I.O.C







An Introduction to Casing

Directorate of Manufacturing Support for Mechanical, Electrical & Instrumentation

IN THE NAME OF GOD

N.I.O.C

Manufacturing Support & Procurement (MSP)

Tehran KALA NAFT Company

An Introduction to Casing

Introduction	5
1. Casing	5
1-1- various casing strings	5
1-2- Exerted Stresses to Casing	7
2. Technical Specification of Casing	7
2-1- Grades of Casing	8
2-2- Casing Dimensions and Weight Specifications	10
3. Joints of Casing	10
3-1- Threaded and coupled	11
3-2- Extreme Line	13
3-3- Special Casing Joints	13
4. Casing Manufacturing Press	13
4-1- Seamless Pipe	13
4-2- Electric Welded Pipe	15
5. Heat Treatment of Casing	16
6. Standards	17
7. References	17

Introduction

In the past few years, man is forced to dig a well and aqueduct for exploiting the underground waters. But caving of well, during and after digging was one of major problems in operating of this process.

The first solution was overlaying of wells. Due to lack of waterproof overlays and mortars, the possibility of well caving wasn't diminished but it postponed for a short period. Next solution was revetting the wall of well and using brick subsequently. This solution was very successful, so there are many wells and aqueducts which their brick revetments are entire from many years ago.

In drilling process of oil and gas well, running of casing to protect the wall of well against caving and penetrating of the fluids which are under pressure in ground structure is essential.

Initially, iron has been used as a casing. But today, because of its corrosion and related problems, casings are made of various steel alloys.

Casing running methods of oil and gas wells have been developed and complicated in recent years. In seeking for more oil and gas, deep wells have been drilled and also methods of casing running developed to overcome many hard conditions, in the depths of ground.

1. Casing

Casing is very resistant steel pipe and made of alloy steel, which is used in oil and gas wells with three length ranges (16-25, 25-34 and 34-38 ft). Casing is a part of oil and gas industry (OCTG-Oil Country Tubular Goods).

Generally, the casing performs six important functions, as follows:

1 Prevent caving and eroding of the well.
2 Prevent contamination of fresh water by the fluids of lower layers and drilling fluid.
3 Parting of formations from each other.
4 Confine production to one formation.
5 Provide required information for controlling the pressure of well.
6 Establishing of a path for produced fluids.

1-1- various casing strings

According to usage, various casing strings consist of:

1-1-1- Surface Casing String

Surface casing prevents the weak formations that are encountered at shallow depth. It is also very important to isolate the fresh water and prevent its contamination by drilling fluid and fluids of lower layers. The length of surface casing string may be just 200 ft but in some cases and according to local conditions, the length may be increased to thousands of feet.

1-1-2- Intermediate Casing String

The most important purpose of using this string is protection of well and so it is called protection casing string. Several intermediate casing strings usually used for one well. This string may extend from surface to depth of 7,000 ft.

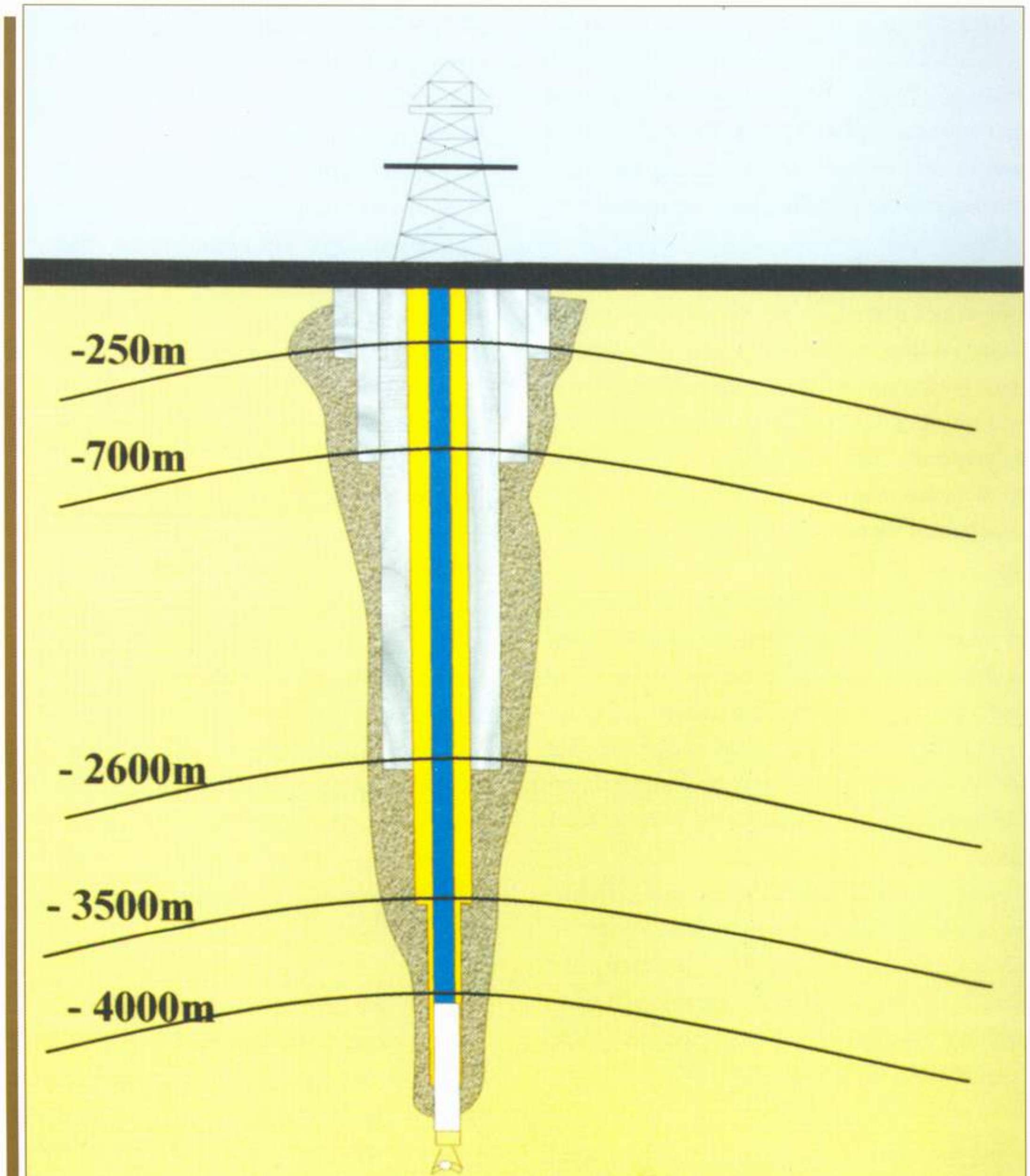


Figure 1

1-1-3) Production casing String

Production casing string isolates producing zones, provides reservoir control, and permits selective production in multi zone production. Also this string protects tubing. This string usually, is the longest, heaviest and the last string, so it shall be made of resistant alloy steel pipes. On the other hand, a little leak may cause the blowout of well. So threaded joints of production casing shall be resistant against probable pressures.

Normally, a casing string, consist of several casing with different weights and grades. As illustrated in Fig.2, there is a sample report for casing string installation.

2. Technical Specification of Casing

Casing is classified according to these 5 characteristics:

1 The outside diameter
2 The wall thickness
3 Materials
4 The type of joint
5 The length range

Unit weight of pipe length is another characteristic which is determined according to wall thickness and outside diameter. Technical specifications of casing are selected in accordance with API SPEC 5CT.

1-2- Exerted Stresses to Casing

When casing is running in a well, it is subjected to three significant forces. These forces resulted from below stresses:

1-2-1- Tensile Tension

This tension results from weight of casing string and causes tensile of pipe, also collapse strength of pipe will be decreased for tensile tension.

1-2-2- Collapse pressure

Collapse pressure is defined as external pressure that tends to collapse the casing and results from hydrostatic pressure. Collapse of casing string often occurs in cement injection process.

1-3-3- Burst Pressure

Burst Pressure is defined as internal pressure that tends to burst the casing. Generally, burst pressure is high in upper casing (near the surface).

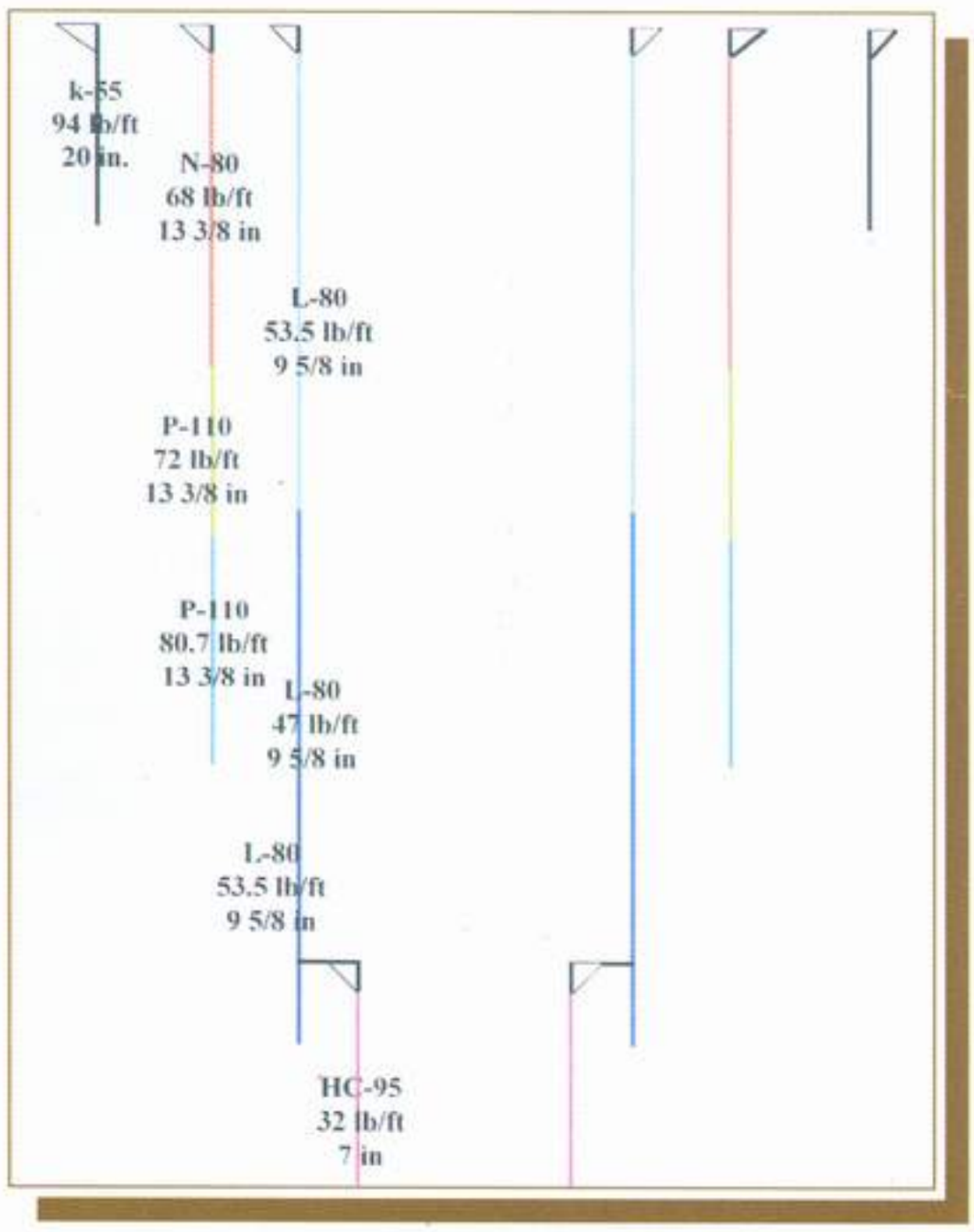


Figure 2

Group	Casing Grade	Type	Yield Strength (psi)		Minimum Tensile Strength (psi)	Maximum hardness	
			Minimum	Maximum		HRC[1]	BHN[2]
1	H-40		40,000	80,000	60,000	-	-
	J-55		55,000	80,000	75,000	-	-
	K-55		55,000	80,000	95,000	-	-
	N-80		80,000	110,000	105,000	-	-
2	L-80	1	80,000	95,000	95,000	23	241
	L-80	9Cr	80,000	95,000	95,000	23	241
	L-80	13Cr	80,000	95,000	95,000	23	241
	C-90	1,2	90,000	105,000	100,000	25.4	255
	C-95		95,000	110,000	105,000	-	-
	T-95	1,2	95,000	110,000	105,000	25.4	255
3	P-110		110,000	140,000	125,000	-	-
4	Q-125	1-4	125,000	150,000	135,000	-	-

1) HRC: Rockwell hardness C scale
2) BHN: Brinell hardness

Table 1

Grade	Total Extension of Gage Length, Percent
H40	0.5
J55	0.5
K55	0.5
L80	0.5
N80	0.5
C90	0.5
C95,T95	0.5
P110	0.6
Q125	0.65

Table 2

2-1- Grades of casing

API SPEC 5CT recognizes ten grades of casing (Table 1).

2-1-1- Mechanical specifications

Grade of casing is specified according to its yield strength. In table 1, group, grade, yield strength

YIELD STRENGTH		Minimum Tensile strength (psi)
Grade	Minimum, psi	
S-80	55,000	95,000
C-75	75,000	95,000
S0090	90,000	105,000
Hc095	95,000	110,000
SS-95	95,000	100,000
S-95	95,000	110,000
S-105	95,000	110,000
S00-125	125,000	135,000
S00-140	140,000	150,000
V-150	150,000	160,000
S00-155	155,000	165,000

Table 3

and mechanical specifications have been presented .The yield strength shall be the tensile stress to produce a total elongation of the gauge length, as determined by an extensometer, as table2.

Sometimes, defined grades do not meet the

Group	Grade	Type	Carbon		Manganese		Molybdenum		Chromium		Nickel	Copper	Phosphorous	Sulfur	Silicon
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
1	H40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
	J55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
	K55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
	N80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
2	L80	1	-	0.43	-	1.90	-	-	-	-	0.25	0.35	0.030	0.030	0.45
	L80	9Cr	-	0.15	0.30	0.60	0.90	1.10	8.00	10.00	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00
	L80	13Cr	0.15	0.22	0.25	1.00	-	-	12.00	14.00	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00
	C90	1	-	0.35	-	1.90	0.25	0.75	-	1.20	0.99	-	0.020	0.010	-
	C90	2	-	0.50	-	1.90	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.030	0.010	-
	C95	-	-	0.45	-	1.90	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	0.45
	T95	1	-	0.35	-	1.20	0.25	0.85	0.40	1.50	0.99	-	0.020	0.010	-
	T95	2	-	0.50	-	1.90	-	-	-	-	0.99	-	0.030	0.010	-
3	P110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.030	-
4	Q125	1	-	0.35	-	1.00	-	0.75	-	1.20	0.99	-	0.020	0.010	-
	Q125	2	-	0.35	-	1.00	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.020	0.020	-
	Q125	3	-	0.50	-	1.90	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.030	0.010	-
	Q125	4	-	0.50	-	1.90	-	N.L.	-	N.L.	0.99	-	0.030	0.020	-

Note: N.L.= No limit. Elements shown must be reported in product analysis.

Table 4

Size O.D. in.	Nominal weight. threads and coupling lb/ft	Grade	Wall Thickness in.	Size O.D. in.	Nominal weight. threads and coupling lb/ft	Grade	Wall Thickness in.
4 1/2	9.5	H,J	0.205	8 5/8	24	J	0.264
4 1/2	10.5	J	0.224	8 5/8	28	H	0.304
4 1/2	11.6	J	0.25	8 5/8	32	H	0.352
5	15	J	0.296	8 5/8	44	N	0.5
5	15	N	0.296	8 5/8	49	N	0.557
5	18	N	0.296	9 5/8	32.3	H	0.312
5 1/2	14	H,J	0.362	9 5/8	36	H	0.352
5 1/2	15.5	J	0.244	9 5/8	36	J	0.352
5 1/2	17	J	0.275	9 5/8	40	J	0.395
6 5/8	20	J	0.304	10 3/4	32.75	H	0.279
6 5/8	24	J	0.288	10 3/4	40	H	0.35
6 5/8	24	N	0.352	10 3/4	40	J	0.35
6 5/8	28	N	0.352	10 3/4	45	J	0.4
7	23	J	0.417	11 3/4	47	J	0.376
7	23	N	0.317	11 3/4	54	J	0.435
7	26	J	0.317	11 3/4	60	J,N	0.489
7	26	N	0.362	13 3/8	48	H	0.33
7	29	N	0.408	13 3/8	54.5	J	0.38
7	32	N	0.453	13 3/8	61	J	0.43
7 5/8	26.4	N	0.328	16	84	J	0.495
7 5/8	29.7	N	0.375	18 5/8	87.5	H,J	0.435
7 5/8	33.7	N	0.43	20	94	H,J	0.438
7 5/8	39	N	0.5	20	133	J	0.635

Table 5: Sample of API tables

requirements (for example: well with high corrosion) to solve this problem, manufacturers of casing furnish pipes with special specification which are called Non-API Casing Grades. Some samples of these products have been presented in table 3.

2-1-2- Chemical Composition

Pipes and couplings which are produced according to API SPEC 5CT, shall be met the chemical requirements, mentioned in (table 4). In this table, numbers are based on percentage of weight.

2-2- Casing Dimensions and Weight Specifications

According to API SPEC 5CT, casing, varying from 4 1/2 to 20 inch in diameter, from 0.205 to 0.875 inch in thickness and in weight from 9.5 to 133 lb/ft.

3. Joints of Casing

According to API SPEC 5CT, there are two types of joints for casing which their dimensions and specifications are selected in accordance with API SPEC 5CT.

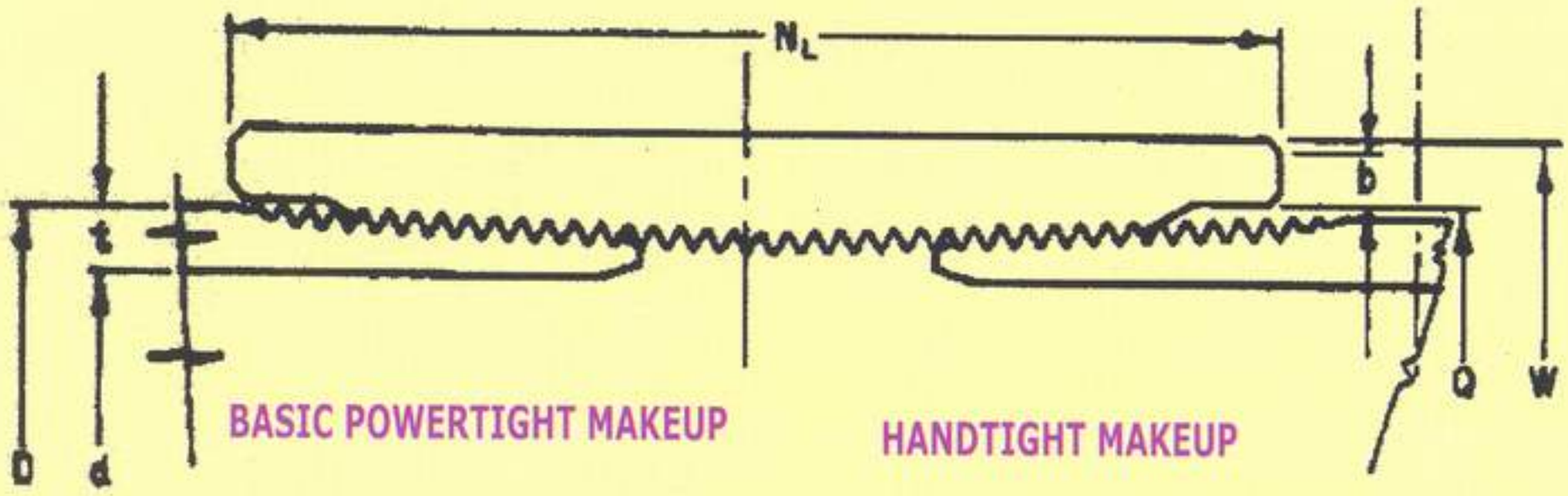


Figure 3

Size(in.)	OD D(in.)	Minimum Length NL, in.		Diameter of Recess Q (in)
		Short	Long	
4 1/2	5.000	6 1/4	7	419/32
5	5.563	6 1/2	7 3/4	53/32
5 1/2	6.050	6 3/4	8	519/32
6 5/8	7.390	7 1/4	8 3/4	623/32
7	7.656	7 1/4	9	73/32
7 5/8	8.500	7 1/2	9 1/4	723/32
8 5/8	9.625	7 3/4	10	823/32
9 5/8	10.625	7 3/4	10 1/2	923/32
10 3/4	11.750	8	-	1027/32
11 3/4	12.750	8	-	1127/32
13 3/8	14.375	8	-	1315/32
16	17.000	9	-	163/32
18 5/8	20.000	9	-	1823/32
20	21.000	9	11 1/2	203/32

Table 6

3-1- Threaded and coupled

Casings are usually connected by threaded couplings and types of coupling grade are selected according to the type of casing.

Threaded and coupled joints are include:

a) Short Round thread casing and coupling

Its dimensions are in accordance with Fig.3 and table 6 and each inch consists of 8 threads.

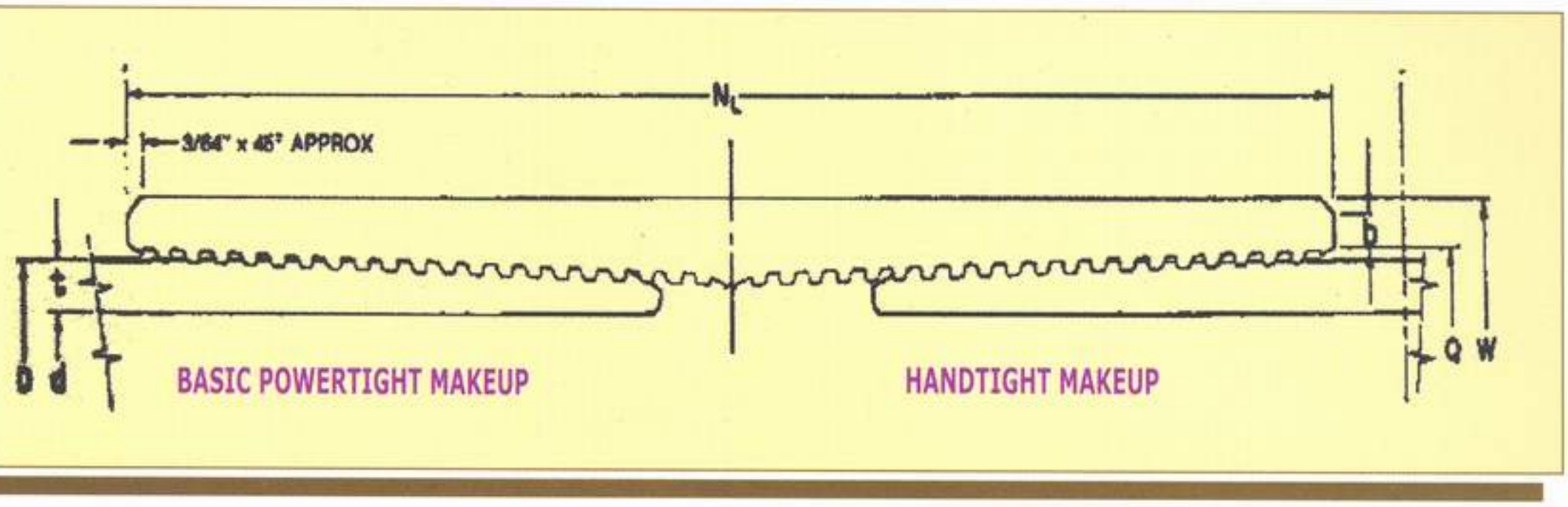


Figure 4

Size(in.)	OD (in.)		Minimum Length NL, in.	Diameter of Chamfer Q (in)
	Regular W	Special Clearance W_s		
4 1/2	5.000	4.875	8 7/8	4.640
5	5.563	5.375	9 1/8	5.140
5 1/2	6.050	5.875	9 1/4	5.640
6 5/8	7.390	7.000	9 5/8	6.765
7	7.656	7.375	10	7.140
7 5/8	8.500	8.125	10 3/8	7.765
8 5/8	9.625	9.125	10 5/8	8.765
9 5/8	10.625	10.125	10 5/8	9.765
10 3/4	11.750	11.250	10 5/8	10.890
11 3/4	12.750	-	10 5/8	11.890
13 3/8	14.375	-	10 5/8	13.515
16	17.000	-	10 5/8	16.154
18 5/8	20.000	-	10 5/8	18.779
20	21.000	-	10 5/8	20.154

Table 7

b) Long Round Thread Casing and Coupling

This joint has 8 threads in each inch (Fig.3). But threaded length is longer than part (a). Dimensions of Long and Short Round Thread Casing are specified in table 6.

c) Buttress thread Casing and Coupling

Dimensions and specifications of this kind of joints have been defined in accordance with API SPEC 5B. Buttress has two types: Regular and special clearance which their dimensions have been specified in table 7.

3-2- Extreme Line

In this kind of joint, pipe end shall be thicken with upsetting and then this part shall be threaded. Extreme line is more resistant than thread and coupling joints against burst pressure.

3-3- Special Casing Joints

Manufacturers have designed special casing joints further mentioned in API SPEC 5CT which are very useful when more resistance and strength required.

These joints obtain their improved properties by various means such as:

1 Using of coupling or box with seal ring of Teflon
2 Using special thread profiles
3 Internal Upset
4 External Upset
5 Integral joints
6 Flush joints

Many manufacturers use premium joints. For example, specifications of one of these joints specified in (Fig.6). This joint use seal and end of thread part is settled at an angle 15° and usually they are used for production casing string and tubing in special conditions, such as deep wells, highly deviated wells and hostile environments.

4. Casing Manufacturing Press

In accordance with API SPEC 5CT, casing shall be made by one of the processes, the seamless (S) or electric weld (EW), as specified in table 8.

4-1- Seamless Pipe

Seamless pipe is defined as a steel tubular made without a welded seam. Two ways of seamless pipe manufacturing processes are described briefly as follow:

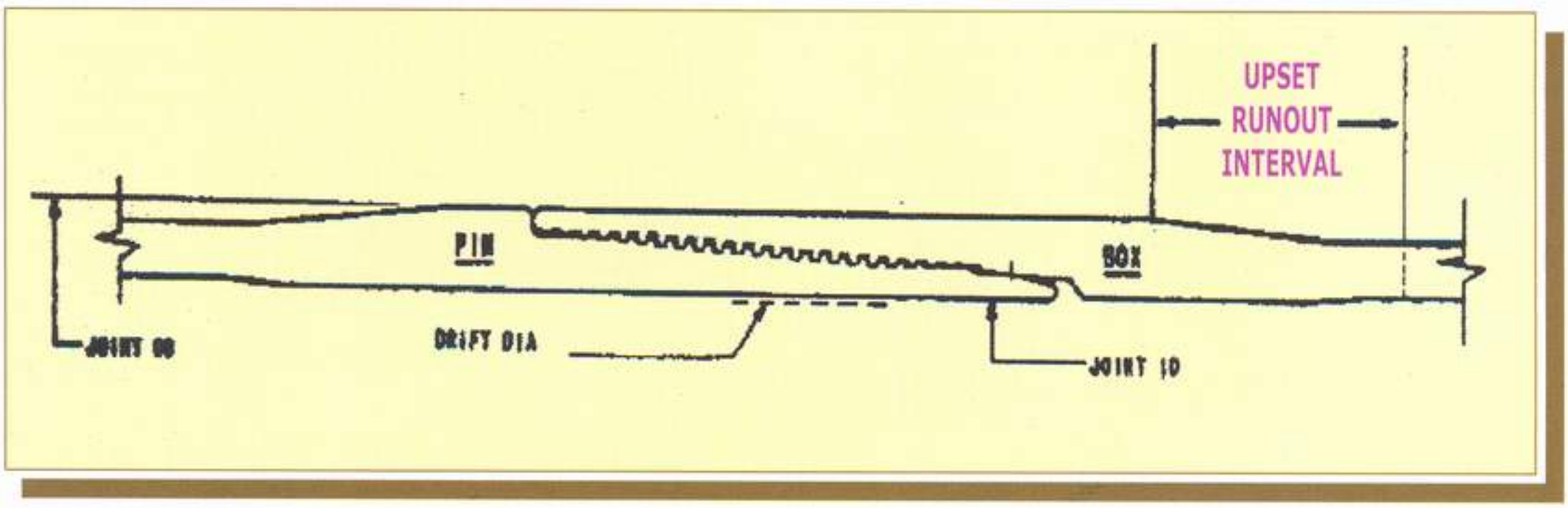


Figure 5

Thread run-out
Thread form
3°
10°
Ø 2 3/8" + 2 7/8" 8 TPI
Ø 3 1/2" to 4 1/2" 6 TPI
Ø 5" to 7 3/4" 5 TPI
Ø 8 5/8" and above 4 TPI
Taper 1/16
Tubing seal geometry
Casing seal geometry
15°
50 %
15°
20°
DIA ≤ 4 1/2"
DIA ≥ 5"

Figure 6

Group	Grade	Type	Process of Manufacture
1	H40	-	S or EW
	J55	-	S or EW
	K55	-	S or EW
	N80	-	S or EW
2	L80	1	S or EW
	L80	9Cr	S
	L80	13Cr	S
	C90	1-2	S
	C95	-	S or EW
	T95	1-2	S
3	P110	-	S or EW
4	Q125	1-4	S or EW

Table 8

a) Mandrel Mill Process

In this method, round billet is heated up around (1200-1300 C) and then its center is pierced by piercer. A hole is formed by rolling a hot round billet over a conical piercer. For this purpose, a pair of cone-shape rolls which have skewed axis, rotate in the same direction. The frictional load between the rolls and the rod causes the rod to rotate and forces it to advance longitudinally over the piercer, where the internal fracture starts. Then, a mandrel is driven in the pierced rod and set of mandrel and rod are passed through rollers. Decreasing of diameter is the result of this action. After this stage, for improving the diameter, pipe is passed through the reducer.

b) Extrusion Process

In Extrusion process, at first, billet is pierced by vertical press inside a mold, and then by using a horizontal press that exerts force, several times than the vertical press, the diameter of pipe under act of punch, will be decreased and is extruded through annular part between mandrel and mold. This process is very useful and suitable for pipes with intermediate diameter.

4-2- Electric Welded Pipe

Electric welded pipe is defined as pipe having one longitudinal seam formed by electric-resistance or electric-induction welding.

In this method, metal plate by passing over some vertical and horizontal rolls (Forming Rolls), become round, then the weld process is practiced (Figures 9, 10 and 11). There is no filler material for welding, and the edges to be welded are mechanically pressed together (Figures 10 and 11). Welding heat is established by the resistance to flow of electric current. According to API SPEC 5CT, the weld seam shall be heat treated after welding to a minimum temperature of 537.8 °C or processed in such manner that no untempered martensite remains.

5. Heat Treatment of Casing

After producing of seamless or electric welded pipe and before threading, pipe shall be heat treated in accordance with a documented procedure as stipulated in table 6 for the particular grades and types specified on the purchase order.

Group 1:

Grade N pipe and coupling shall be normalized, or at the manufacturer's option shall be normalized and tempered or quenched and tempered. Grades J and K casing and Grade J tubing shall be heat treated if so specified on the purchase order.

Group 2:

When requested by the purchaser, the manufacturer shall produce evidence to show that the tempering practice will result in the pipe attaining the minimum tempering temperature as specified in table 6.

Group3:

Pipe and couplings furnished in accordance with API SPEC 5CT shall be quenched and tempered. The minimum tempering temperature is shown in table 9.

Group	Grade	Type	Tempering Temperature, Minimum	
			Heat Treatment	HF
1	H40	-	None	-
	J55	-	None	-
	K55	-	None	-
	N80	-		-
2	L80	1	Q&T	1050
	L80	9Cr	Q&T	1100
	L80	13Cr	Q&T	1100
	C90	1	Q&T	1150
	C90	2	Q&T	1150
	C95	-	Q&T	1000
	T95	1	Q&T	1200
	T95	2	Q&T	1200
3	P110		Q&T	-
4	Q125	1-4	Q&T	-

Table 9

6. Standards

American petroleum Institute (API), preparing following standards and requirements for designing, manufacturing and operating of casing:

1. API SPEC 5CT, "Specification for Casing and Tubing"
2. API BULLETIN 5CT, "Bulletin on performance properties of casing, Tubing, and Drill Pipe"
3. API SPEC 5B, "Specification for Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line pipe Threads"
4. API RP5C1, "Recommended for Care and Use of Casing and Tubing"
5. API BULLETIN 5C3, "Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe and Line Pipe Properties"

7. References

1. API SPEC 5CT, "Specification for Casing and Tubing"
2. API SPEC 5B, "Specification for Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line pipe Threads"
3. Normal Drilling Operations, Unit 2, Lesson 4, "Casing and Cementing", The University of Texas at Austin
4. Bradly, "Petroleum Engineering Handbook"
5. Preston L.Moore, "Drilling Practices Manual"