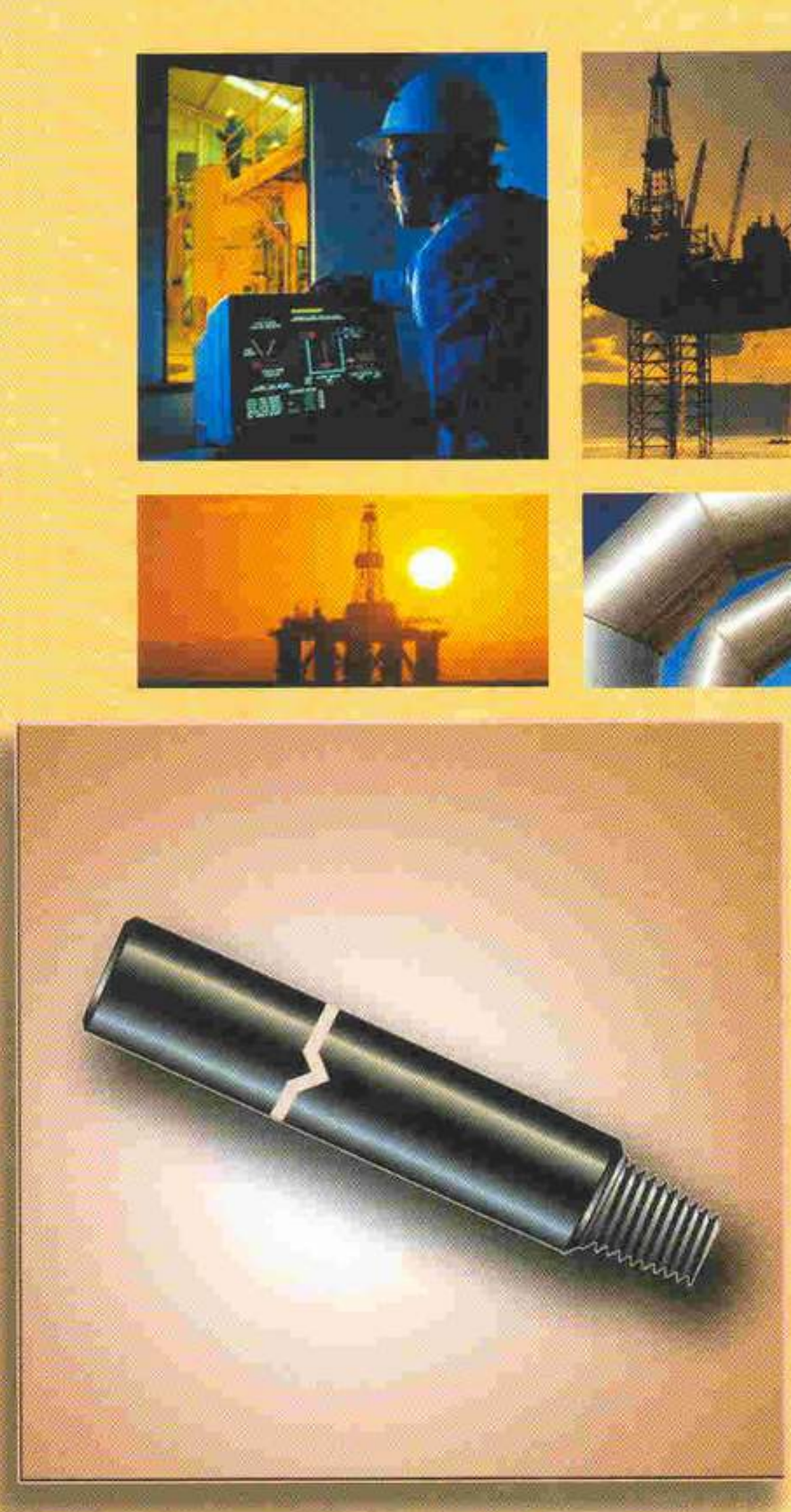
اویل اینداستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

شرکت ملی نفت ایران

شرکت پشتیبانی ساخت و تهیه کالای نفت تهران



آشنایی با لوله های حفاری

مدیریت پشتیبانی ساخت تجهیزات مکانیک، برق و ابزار دقیق

بسم الله الرحمن الرحیم

شرکت ملی نفت ایران

شرکت پشتیبانی

ساخت و تهیه

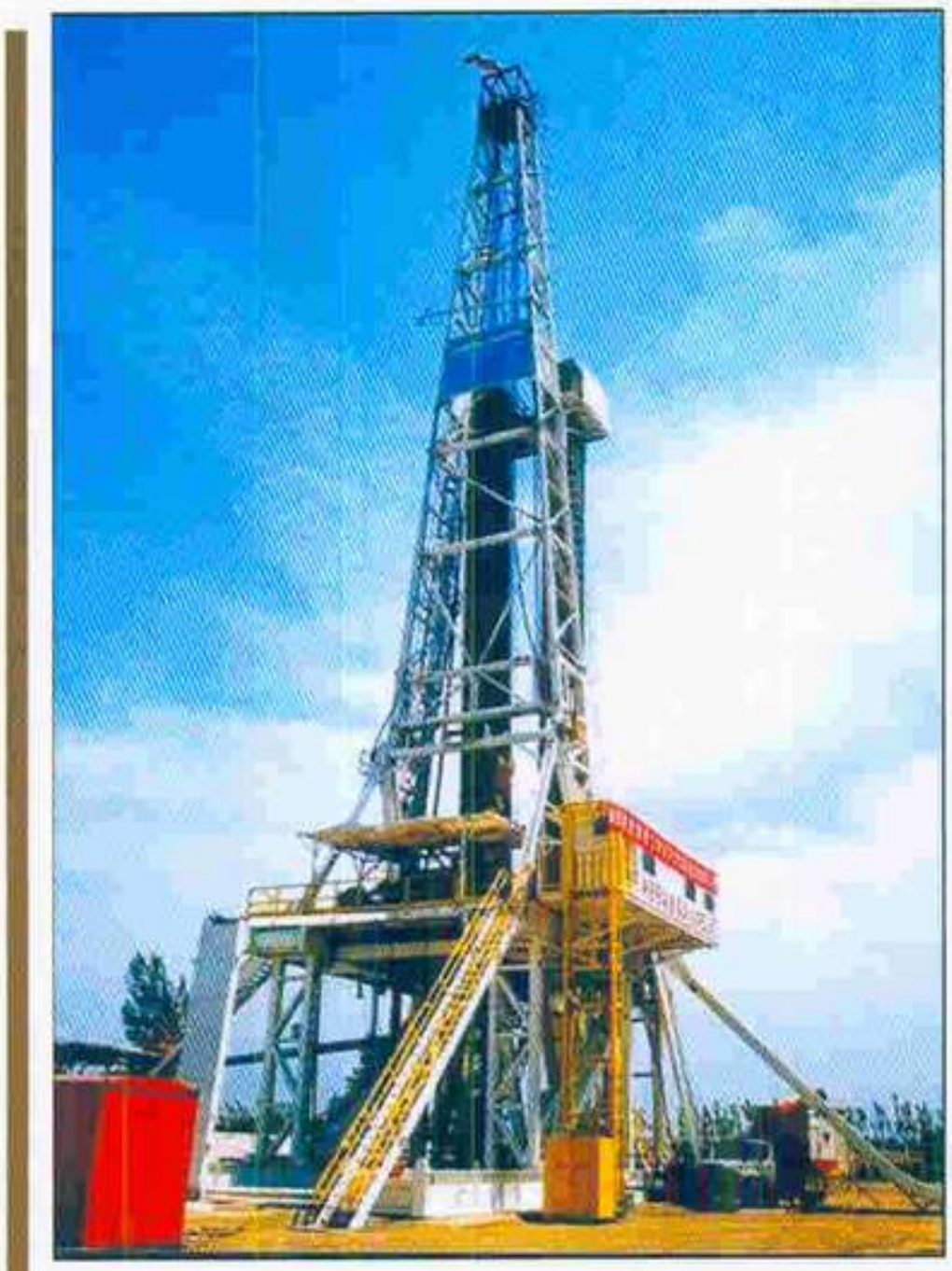
کالای نفت تهران

آشنایی با لوله‌های حفاری

۱ – مقدمه ۵
۲ – لوله حفاری ۶
۱ – ۲ – مشخصات فنی لوله های حفاری ۷
۲ – ۲ – جنس ومواد اولیهٔ لولهٔ حفاری ۸
۳ – ۲ – ترکیب شیمیائی لوله های حفاری ۸
۴ – ۲ – خصوصیات مکانیکی لوله های حفاری ۸
۵ – ۲ – عملیات حرارتی ۹
۶ – ۲ – بستهای لوله ۹
۷ – ۲ – غلافهای حفاری ۱۱
۳ – پروسه ساخت لوله های حفاری ۱۳
۱ – ۳ – لوله بدون درز ۱۴
۲ – ۳ –پروسس Mandrel Mill ۱۴
۳ –۳ – پروسس Mannesman Plug Mill ۱۵
۴ – ۳– استفاده از پروسس های اکستروژن نوع Sejurnet ۱۶
۵ – ۳ – پروسس نوع Erhardt لوله بدون درز فورج شده ۱۷
۶ – ۳ – تکمیل سرد و گرم لوله و تیوب بدون درز ۱۸
۴ – ظرفیتهای مورد نیاز ساخت داخل ۱۸
۵ – استانداردهای کنترل کیفیت ۱۸
۶ – گلوگاههای تولید ۱۸
۷ – سازندگان ۱۹

۱ـ مقدمه

از زمانی که نفت و گاز در سطوح زیرین زمین یافت شدند وسایل و تجهیزات خاصی برای بدست آوردن و انتقال آنها به سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته است. حفر زمین به عمق تقریبی هزاران فوت، انتقال ذرات و سنگهای حفر شده، حفاظت از چاه در برابر ریزش و یافتن لایه مشخصی که نفت و گاز احتمالاً در آن به دام افتاده‌اند و تهیه امکانات و تجهیزات لازم برای بیرون کشیدن نفت و گاز به سطح، به مهارت قابل ملاحظه، آزمایشگاه و تجهیزات و وسایل خاصی‌نیاز دارد. از تجهیزات اولیه و ضروری در این فرایند، دکل حفاری چرخشی (Rotary Rig)، مؤلفه‌ها و بخشهای آن، لوله‌های حفاری (Drill Pipe)، غلافهای حفاری (Drill Collar) و مته‌های حفاری(Drill Bit) می‌باشند. همانطور که درشکل(۱) ملاحظه می شود یک دکل حفاری چرخشی چه روی زمین باشد یا روی دریا و سکوی دریائی، در حقیقت یک کارخانه است که برای تولید تنها یک محصول یعنی ، چاه نفت طراحی و ساخته شده است. دکل حفاری چرخشی عبارت است ازمجموعه تجهیزات و ماشین آلاتی که جهت حفر یک چاه در یک محوطه محدود در کنار هم قرارگرفته‌اند. وسعت این محوطه بسته به اینکه دکل روی سکوی دریائی باشد یا در خشکی ، فرق می کند . در دکل های نصب شده روی سازه های دریائی این وسعت به واسطه محدود بودن سطح، کم می‌باشد و تجهیزات و همچنین محل اسکان کارکنان بهم فشرده‌تر و در ارتفاع قرار می‌گیرند . در دکل های قرار گرفته در خشکی به دلیل عدم محدودیت مکانی ، وسعت محوطه بزرگتر است و مکانهائی جهت انبار کردن مواد و کالاهای لازم درنظر گرفته می شود. یک دکل حفاری به طور کلی شامل سیستمهای زیر می باشد، که هر کدام از این سیستمها خود



شکل ۱ ـ یک دکل حفاری چرخشی و اجزای آن

به چند زیر سیستم تقسیم می‌شوند. این سیستمها عبارتند از:

۱ سیستم قدرت (Power System) که شامل محرکهای اولیه (Prime Mover) و رانشگرها (Driver) می‌باشد.
۲ سیستم بالا برنده (Hoisting System) که شامل دکل (Derrick)، منجنیق‌ها (Drawworks)، سیستم ترمز، بلوکها و کابلهای حفاری می‌باشد.
۳ سیستم چرخشی (Rotating System) که شامل مفصل گردان (Swivel) ،محرکهای فوقانی (Top Drives)، لوله‌های چهار پر (Kelly)، میز چرخان (Rotary Table)، لوله‌های حفاری (Drill Pipe) ، لوله های غلاف حفاری (Drill Collar) و مته ها (Bits) می‌باشد.
۴ سیستم گردش سیال حفاری(Mud Circulating System) که شامل گل حفاری (Drilling Mud)، مخازن گل حفاری (Mud Tanks)، پمپها و سیستم تصفیه گل حفاری می‌باشد.
۵ سیستم کنترل چاه (Well Control System) که شامل شیرهای ضد فوران (Blowout preventers) و اکومولاتورها می‌باشد.
۶ تجهیزات جانبی که شامل ژنراتور، کمپرسور، گاز زدا (Degasser)، ماسه وشن‌گیر (Desilter and desander) می‌باشند.

لوله حفاری که در این گزارش به آن پرداخته شده است، جزو مولفه های سیستم چرخشی است که دارای دو وظیفه مهم انتقال چرخش و گشتاور از سطح به عمق، جهت حفر چاه و ایجاد یک مسیر برای عبور سیال حفاری جهت خنک کردن مته و انتقال ذرات کنده شده از انتهای چاه به سطح زمین است .

به واسطه همین دو وظیفه مهم، طراحی و ساخت لوله ها ی حفاری حساس و دقیق بوده و با روشهای خاصی صورت می گیرد. همچنین استفاده از این لوله ها نیاز به تجربه و مهارت لازم جهت آسیب نرساندن به لوله ها دارد.

۲ ـ لوله حفاری (Drill Pipe)

لوله حفاری یک لوله بدون درز از جنس فولادیا آلومینیوم می‌باشد که برای انتقال نیروی چرخشی و سیال حفاری به مته، استفاده میشود. یک شاخه از لوله حفاری بدون در نظر گرفتن بستهای لوله (Tool Joints) می‌تواند از ۱۸ الی ۴۵ فوت (۵/۵ الی ۱۳/۷ متر) طول داشته باشد. اگر چه لوله حفاری وظیفه اتصال بین غلافهای حفاری و سطح را بر عهده دارد ولی خدمه دکل از آن به عنوان عامل تامین کننده نیروی روی مته استفاده می کنند. البته امکان دارد که بعضی اوقات درهنگام حفاری از لوله حفاری برای تامین وزن ونیروی روی مته استفاده گردد . همانطور که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود دیواره لوله سبک‌تر و نازک‌تر از دیواره‌های غلافهای حفاری می‌باشد. ضخامت دیواره لوله فلزی معمولا از ۰/۵ اینچ (۱۲/۵میلیمتر) کمتر است و برای اینکه مستقیما رزوه گردد بسیار نازک می‌باشد. بنابراین به منظور امکان رزوه نمودن دو سر لوله تولیدکنندگان ، یک قطعه لوله‌ای سنگین ، ضخیم و کوتاه را تولید کرده‌اند که به آن بست لوله (Tool Joint) می گویند.
بست لوله به صورت نری و مادگی ساخته می شود و به دو سر لوله جوش می‌گردد.

شکل ۲ ـ لوله حفاری

۲-۱ – مشخصات فنی لوله حفاری

مشخصات ابعادی و وزنی لوله های حفاری بر طبق استاندارد API SPEC 5D به صورت زیر می‌باشد:

API Drill Pipe Properties		Calculated plain end weight		Outside Diameter		Wall thickness	
Size	Weight Designation	Wpe		D		t	
		Lb/ft	Kg/m	in	mm	in	mm
23/8	6.65	6.26	9.32	2.375	60.3	0.280	7.11
27/8	10.40	9.72	14.48	2.875	73.0	0.362	9.19
3.5	9.50	8.81	13.12	3.500	88.9	0.254	6.45
3.5	13.30	12.31	18.83	3.500	88.9	0.368	9.35
3.5	15.50	14.63	21.79	3.500	88.9	0.449	11.40
4	14.00	12.93	19.62	4.000	101.6	0.330	8.38
4.5	13.75	12.24	18.23	4.500	114.3	0.271	6.88
4.5	16.60	14.98	22.31	4.500	114.3	0.337	8.56
4.5	20.00	18.69	27.84	4.500	114.3	0.430	10.92
5	16.25	14.87	22.15	5.000	127.0	0.269	7.52
5	19.50	17.93	26.71	5.000	127.0	0.362	0.19
5	19.50	17.93	26.71	5.000	127.0	0.362	9.19
5	25.60	24.03	35.79	5.000	127.0	0.500	12.70
5	25.60	24.03	35.79	5.000	127.0	0.500	12.70
5.5	21.90	19.81	29.51	5.500	139.7	0.361	9.17
5.5	24.70	22.54	33.57	5.500	139.7	0.415	10.54
$6\ ^{5}/_{8}$	25.20	22.19	33.05	6.625	168.3	0.330	8.38
$6\ ^{5}/_{8}$	27.72	24.21	36.06	6.625	168.3	0.362	9.19

۲-۲) جنس و مواد

گروهها و گرید های فولاد مطابق با مشخصات فنی API SPEC 5D باید به روش دانه‌ریز یا(fine grain practice) ساخته شوند. فولاد ساخته شده به روش فوق شامل یک یا چند عنصر تصفیه دانه‌ای یا (grain refining elements) از قبیل آلومینیوم، قلع وانادیوم، یا تیتانیوم به میزان مورد نظر برای ایجاد سایز دانه‌های اوستنیت دلخواه (fine grain practice) می‌باشد.

۲-۳)ترکیب شیمیایی

لوله های حفاری که بر طبق مشخصات فنی API SPEC 5D ساخته می شوند باید بر طبق الزامات شیمیایی جدول زیر باشند.

Chemical Composition(%)									
Grade	Mfg Process	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
E-75	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–
X-95	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–
G-105	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–
S-135	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–

جدول ۲ ـ ترکیب شیمیایی لوله حفاری

۲-۴) خصوصیات مکانیکی

لوله حفاری ساخته شده بر طبق استاندارد API SPEC 5D باید الزامات قید شده در جدول الزامات کششی (tensile requirements) را دارا باشد.

خصوصیات کششی به استثنای افزایش طول مربوط به بخش تقویت شده(upset)، باید با الزامات ارائه شده برای بدنه لوله مطابق باشد.

در صورت وجود اختلاف در خصوصیات بخش تقویت شده (به جزدر افرایش طول)، باید از نمونه تست کشش بریده شده از بخش تقویت شده (upset) برای تعیین خصوصیات مو رد نظر استفاده شود.

مقاومت تسلیم باید تنش کششی مورد نیاز برای ایجاد افزایش طول کلی در یک طول مشخص باشد که این افزایش طول توسط یک کرنش سنج به صورت روبرو تعیین می‌شود:

Tensile Requirement							
1	2	3		4		5	
		Yield Strength				Tensile Strength	
		Min		Max		Min	
Group	Grade	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa
1	E-75	75,000	517	105,000	724	100,000	689
3	X-95	95,000	655	000,125	862	105,000	724
	G-105	105,000	742	135,000	931	115,000	793
	S-135	135,000	931	165,000	1138	145,000	1000

جدول ۳ ـ الزامات کششی لوله حفاری

Grade	Total extension of gauge length percent
E-75	0.5
X-95	0.5
G-105	0.6
S-135	0.7

جدول ۴ ـ مجموع افزایش طول

۲-۵ - عملیات حرارتی

فرایند عملیات حرارتی بر طبق یک روال مستند شده زیر انجام می‌پذیرد:

(۱

- Group 1

لوله حفاری باید نرماله شده یا بر طبق انتخاب سازنده نرماله شود یا کوئنچ (Quench) شود و تمام طول آن آب داده یا باز پخت (Tempered) گردد. و در صورتی که انتهای لوله تقویت شود یعنی کله‌زنی(Upset) شود، پس از عمل تقویت نیز عملیات حرارتی باید انجام پذیرد.

(۲

- Group 3

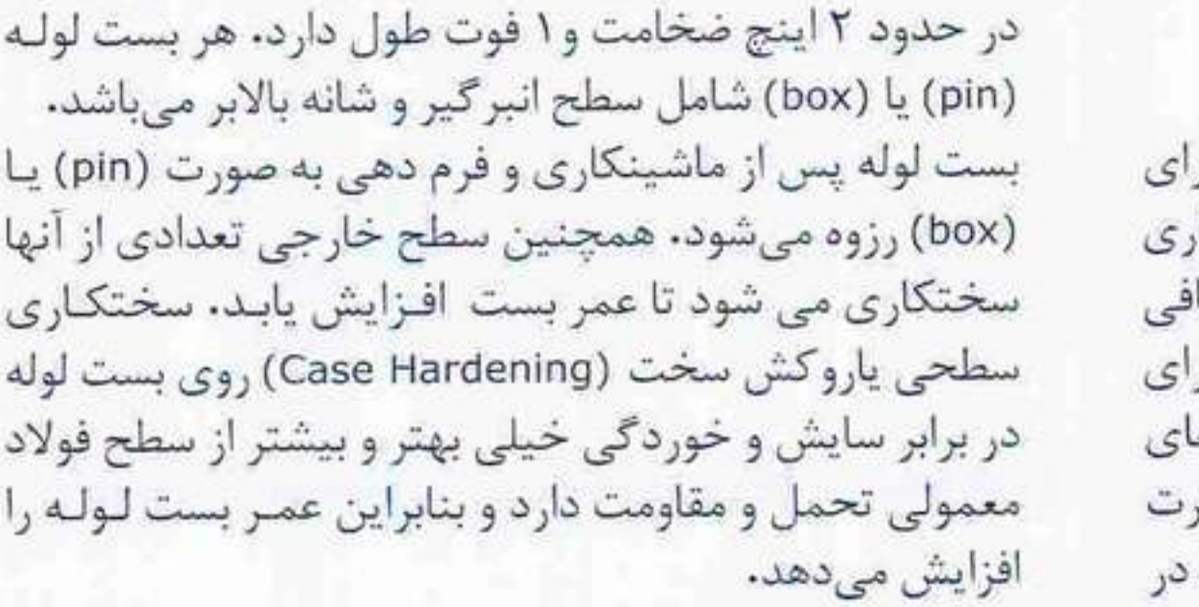
با توافق بین خریدار و سازنده ، لوله حفاری مطابق با API SPEC 5D باید آب داده شود و باز پخت گردد یا نرماله و باز پخت گردد. لوله حفاری تقویت شده(upset) شده باید پس از تقویت شدن به طور کلی تحت عملیات حرارتی قرار گیرد.

۲-۶) بستهای لوله

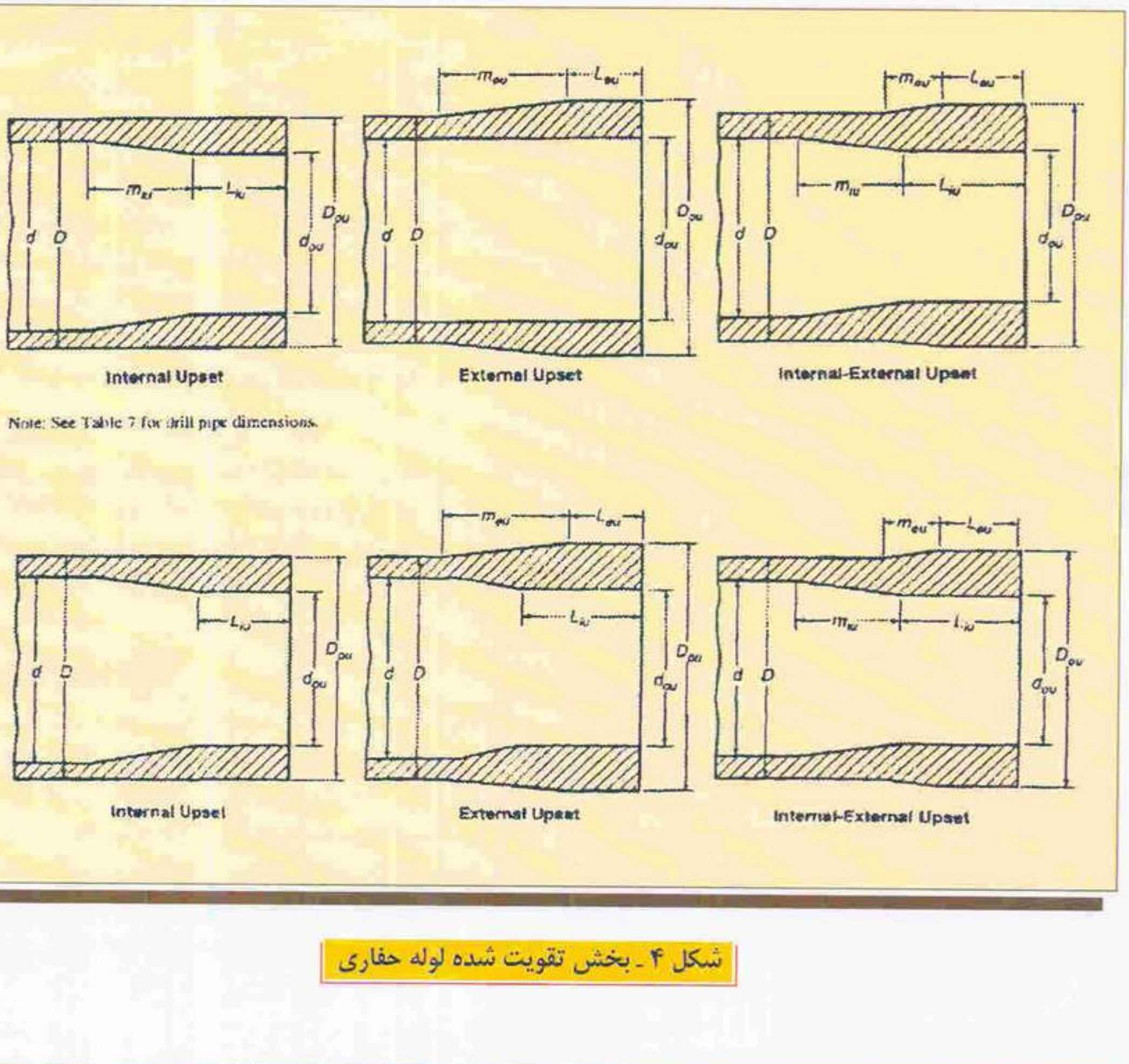
بست لوله یک قطعه منفصل و جدای فلزی است که برای ایجاد خاصیت افزایش ناگهانی قطر در هر انتها به لوله حفاری بدون درز جوش شده است. دیواره بست لوله به اندازه کافی برای ایجاد pin یا box روی آن ضخیم می‌باشد. برای آماده سازی لوله حفاری جهت جوش دادن، ابتدا سرهای لوله را گرم کرده و سپس انتهای گرم شده به سختی و قدرت کوبیده می شود. این ضربات و نیروی سنگین وارد شده در راستای محور لوله به سر لوله، باعث ضخیم شدن فولاد در سر لوله می گردد . به سرهای ضخیم شده و تقویت شده ، (upset) می گویند. کلگی‌ها دارای سه نوع مختلف داخلی، خارجی و داخلی – خارجی هستند.

در نوع داخلی قطر داخلی لوله کاهش می‌یابد و در نوع خارجی قطر خارجی لوله افزایش می‌یابد و در نوع سوم نیز قطر داخلی کم شده و قطر خارجی افزایش می‌یابد. وقتی که دو انتهای لوله حفاری تقویت شدند، تولیدکنندگان بستهای استوانه‌ای را به سرهای کلگی جوش می دهند. این عمل را با چرخاندن سریع بست لوله روی یک چرخ طیار(flyweel) و تماس دادن بست با انتهای لوله انجام می‌دهند. قرارگیری سر تقویت شده لوله در برابر چرخش بست لوله ،گرمای کافی را برای بهم‌جوش خوردن آنها فراهم می کند. این نوع از جوشکاری به جوشکاری اصطکاکی یا اینرسی موسوم است. همانطور که در شکل (۳) ملاحظه می‌شود سرهای نرینگی(pin) و مادگی (box) در هم پیچانده می‌شوند و با این روش لوله‌های حفاری به یکدیگر متصل میگردند. دیواره بست بستهای لوله در حدود ۲ اینچ ضخامت و ۱ فوت طول دارد. هر بست لوله (pin) یا (box) شامل سطح انبرگیر و شانه بالابر می‌باشد.

بست لوله پس از ماشینکاری و فرم دهی به صورت (pin) یا (box) رزوه می‌شود. همچنین سطح خارجی تعدادی از آنها سختکاری می شود تا عمر بست افزایش یابد. سختکاری سطحی یاروکش سخت (Case Hardening) روی بست لوله در برابر سایش و خوردگی خیلی بهتر و بیشتر از سطح فولاد معمولی تحمل و مقاومت دارد و بنابراین عمر بست لوله را افزایش می‌دهد.



شکل ۳ ـ اتصال بستهای لوله pin و box

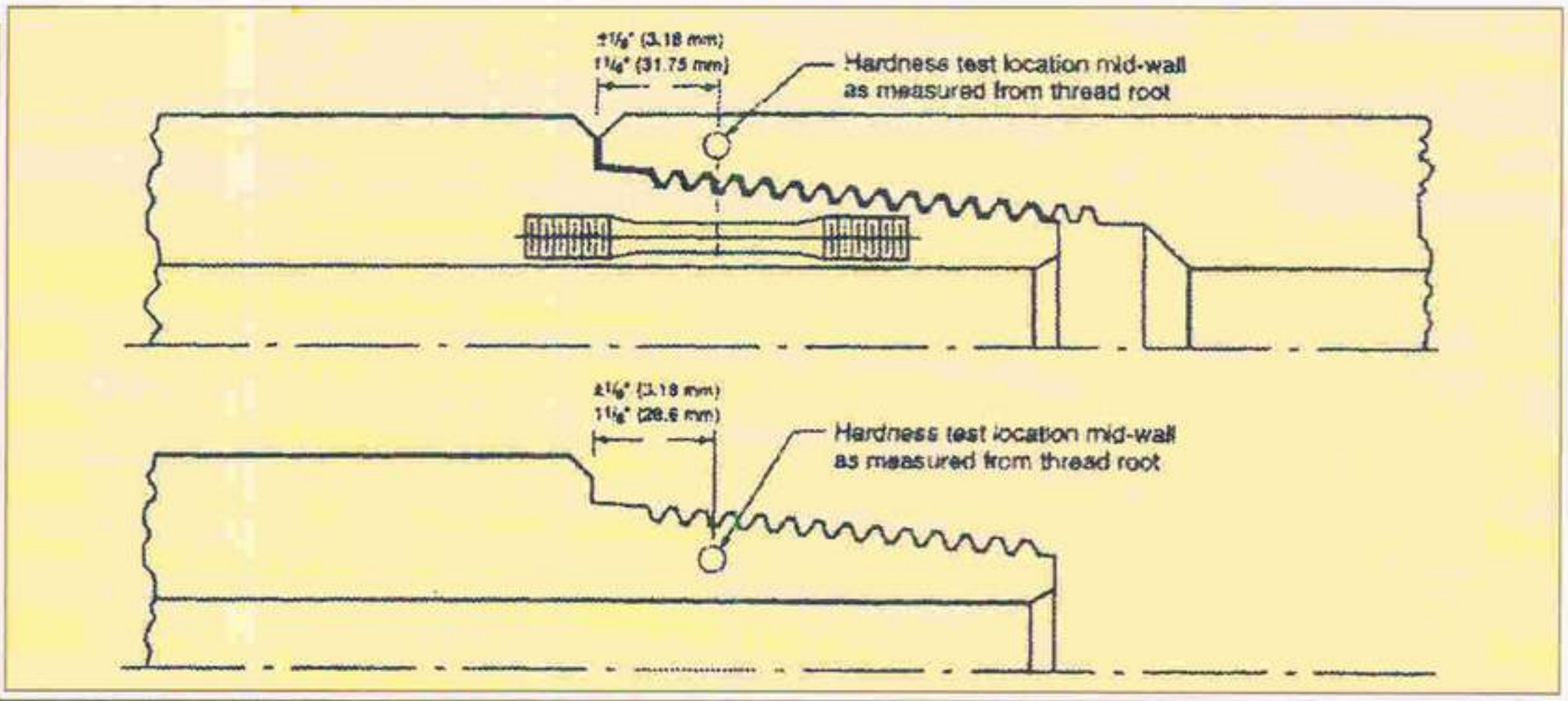


Note: See Table 7 for drill pipe dimensions.

شکل ۴ ـ بخش تقویت شده لوله حفاری

Mechanical Properties of New Tool Joints at Locations Shown in Figure 5 (All Sizes)					
Minimum Yield Strength		Minimum Tensile Strength		Minimum Elongation Percent	Box minimum Brinell Hardness
Psi	N/mm	Psi	N/mm		
120,000	827.4	140,000	965.3	13	285

جدول ۵ ـ خصوصیات مکانیکی بستهای لوله



شکل ۵ ـ محل انتخاب نمونه تست کشش وسختی بست لوله

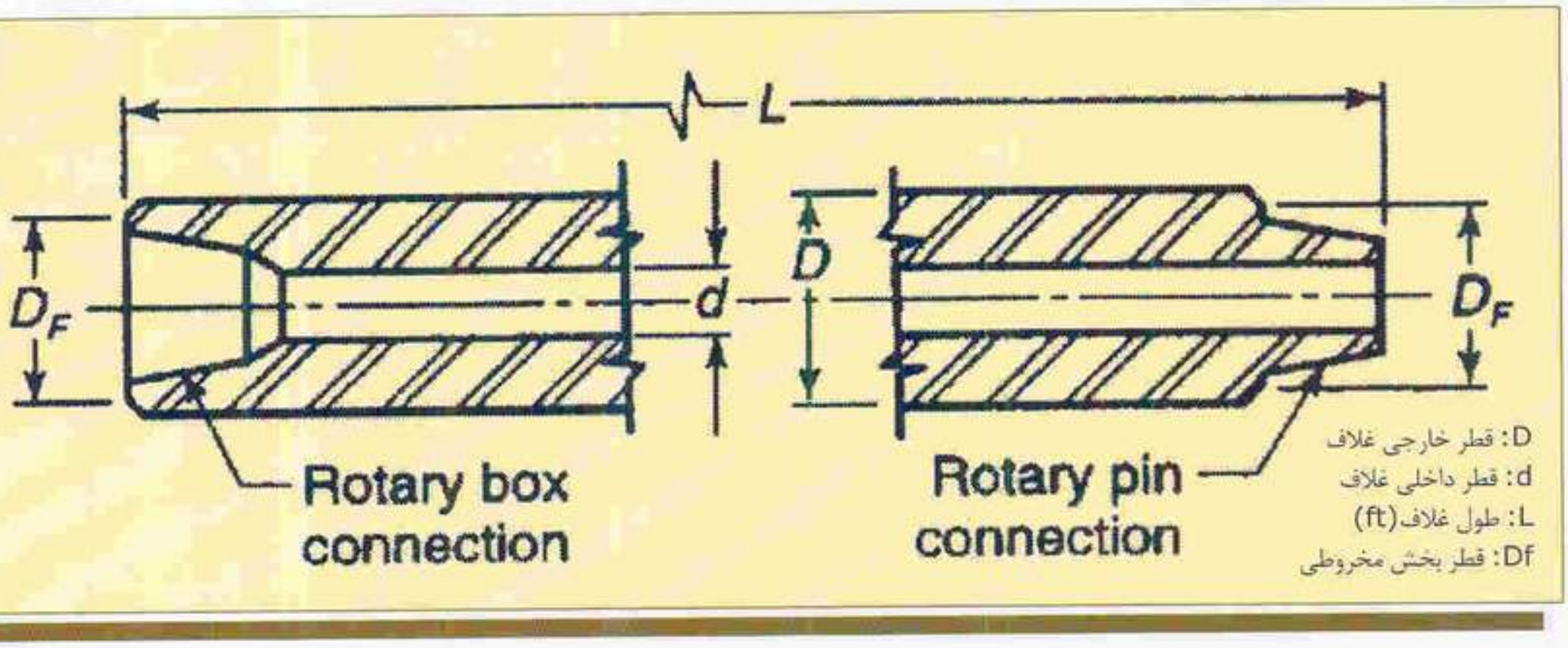
۷-۲)غلافهای حفاری

غلافهای حفاری، لوله‌های فلزی با دیواره ضخیم و سنگین هستند که معمولا از فولاد ساخته می‌شوند. غلافها مستقیما در بالای مته جهت هدایت وایجاد حرکت ثابت و قرار دادن وزن روی مته قرار داده می‌شوند. تولیدکنندگان رزوه هایی را در هر انتهای غلاف ایجاد کرده‌اند به طوری که هر غلاف می‌تواند در غلاف دیگر پیچانده شود (شکل ۱). انتهائی که رزوه آن در سطح داخلی ایجاد شده، box و انتهائی که رزوه در سطح خارجی آن ایجاد شده است ، pin نامیده می‌شود. تعداد غلافهای حفاری که به یکدیگر متصل‌می‌شوند و در بالای مته قرار می‌گیرند به وزن و نیروی مورد نیاز جهت ایجاد سوراخ مناسب، نوع ساختاری که باید حفر شود، وزن هر غلاف حفاری و متغیرهای دیگر بستگی دارد.

Mechanical Properties and Tests New Standard Steel Drill Collars

1	2		3		4	5
Drill Collar OD Range (inch)	Minimum Yield Strength		Minimum Tensile Strength		Elongation, Min, with Gauge Length 4 Times Diameter %	Minimum Brinell Hardness
	Psi	N/mm^2	Psi	N/mm^2		
3 1/8 6 7/8	110,000	758	140,000	965	13	285
7-11	100,000	689	135,000	931	13	285

جدول ۶ ـ خصوصیات مکانیکی وتست غلافهای حفاری فولادی استاندارد

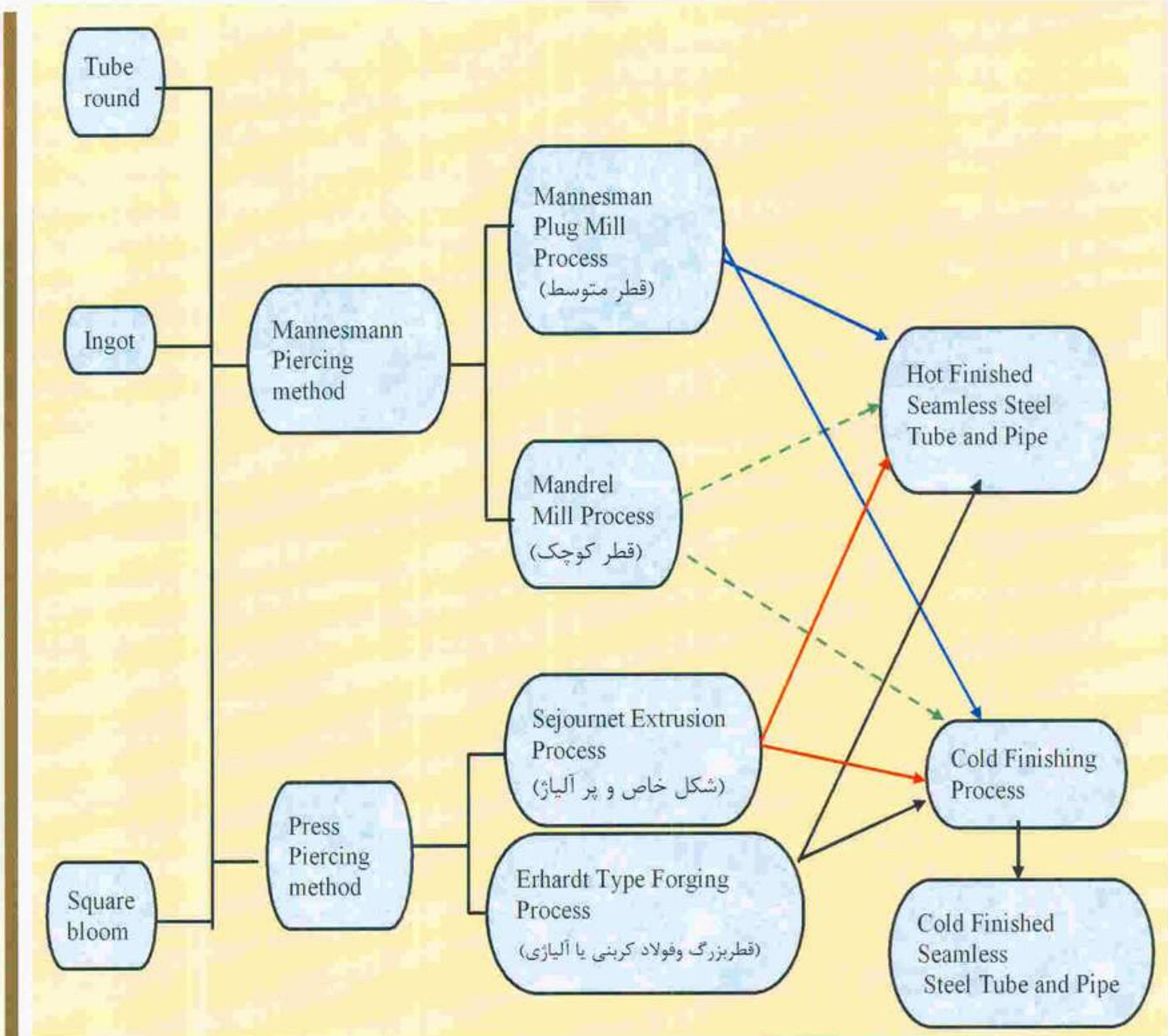


شکل ۶ـ غلافهای حفاری

۳)پروسه ساخت لوله های حفاری

(Drill Pipe Manufacturing Process)

لوله های حفاری مطابق با استاندارد(API SPEC 5D) توسط پروسه تولید لوله بدون درز که بصورت زیر نشان داده شده، تولید می‌گردند:



جدول ۷ ـ پروسس های ساخت لوله بدون درز
Seamless Tube and Pipe Manufacturing Processes

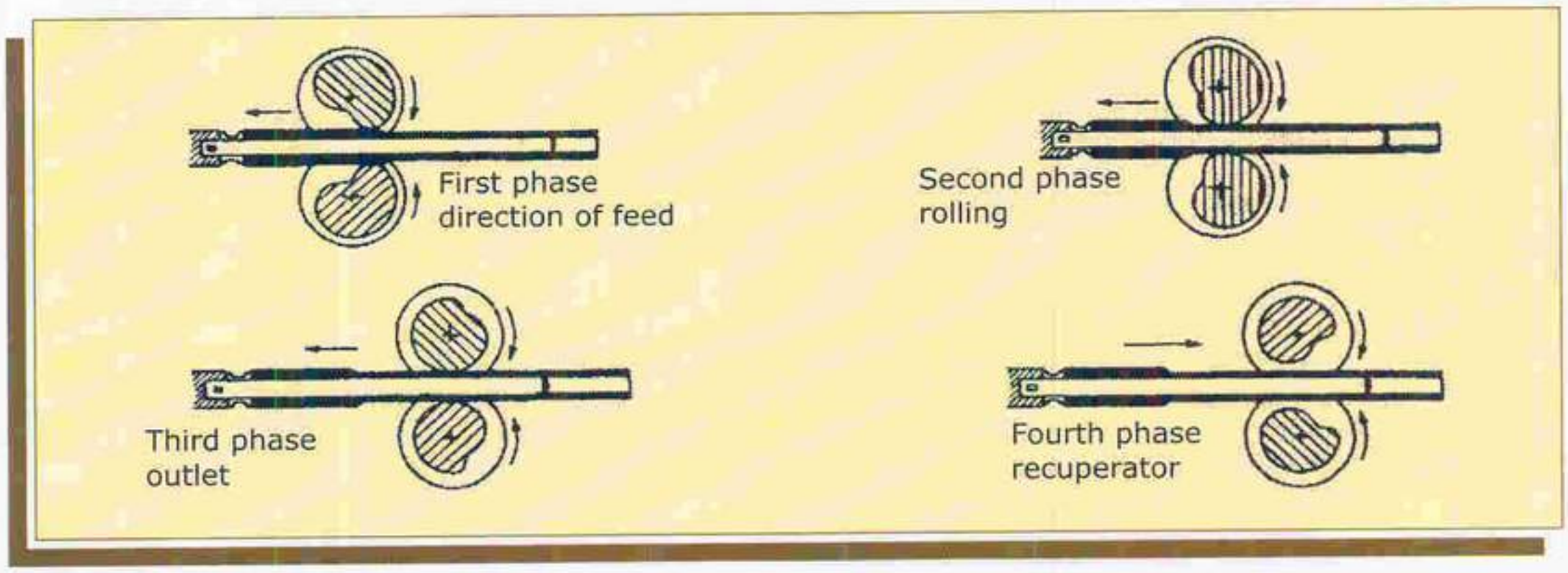
۱ – ۳ – لوله بدون درز Seam Less Tube

لوله بدون درز ابتدا با ساخت یک لوله توخالی که دارای قطر بیشتر و ضخامت بیشتر از مقدار نهائی است ساخته می‌شود. شمش نورد شده (billet) در ابتدا با روش فشاری، (press piercing) سوراخ می‌شود. برای لوله‌های با قطر کوچک فرایند (Mandrell Mill) استفاده می‌گردد. برای لوله‌های با قطر خارجی متوسط از جنس فولاد کربنی یا کم آلیاژ پروسس Mandrell Mill کاربرد دارد. لوله با قطر بزرگ، دیواره سنگین از جنس فولاد کربنی، یا آلیاژی یا ضد زنگ توسط پرس Erhardt Push Mill و اکستروژن عمودی ساخته می‌شوند که این اکستروژن عمودی مشابه استفاده از اکستروژن نوع Sejournet می‌باشد. لوله پرآلیاژ و دارای شکل خاص با استفاده از پروسس اکستروژن نوع Sejournet ساخته می‌شود. این فرایند با مواد در دمای شکل دهی فلزات (Hot-Metal Forming) انجام می‌پذیرند.

پروسس سرد (Cold Processing) اضافی برای بدست آوردن دقت ابعادی بیشتر، تکمیل سطح و ساختار متالوژیکی می‌تواند انجام گیرد.

۲–۳– پروسس Mandrel (Pilger) Mill

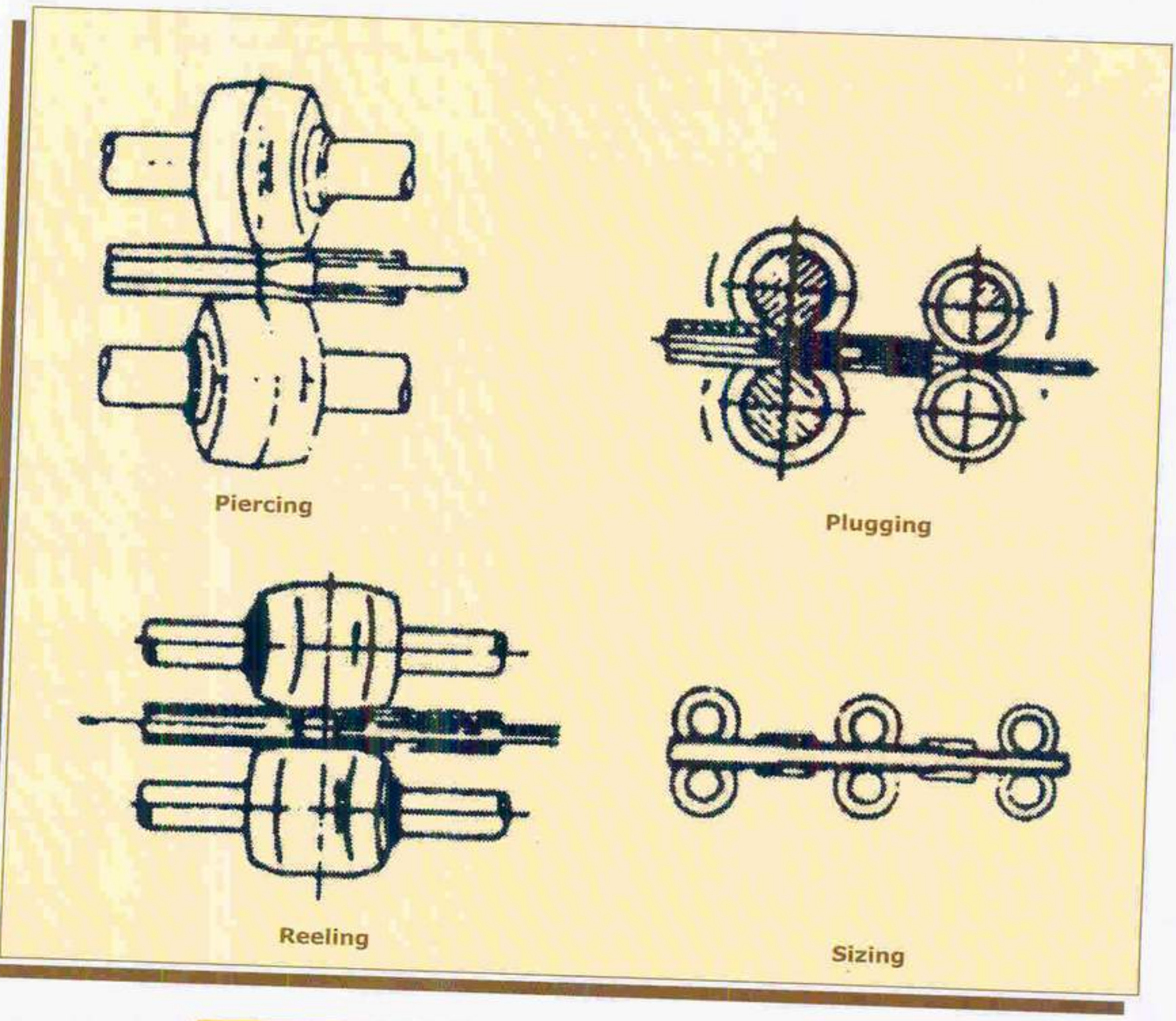
در فرایند ساخت Mandrel (Pilger) Mill یک شمش نورد شده فولادی تا دمای فورجینگ گرم می‌شود و بین غلتکهای یک دستگاه سوراخ کننده چرخشی گرم (Hot Rotary Piercing Mill) قرار می‌گیرد. نقطه سوراخ کاری در مرکز شمش قرار دارد و غلتکهای چرخان برای حرکت دادن و جلو بردن شمش روی نقطه سوراخ شده (Piercing Point) طراحی شده‌اند که بدین وسیله یک سوراخ در مرکز شمش و در امتداد محور طولی شمش ایجاد می‌شود. یک مندرل با قطر خارجی تقریبا برابر قطر داخلی لوله تکمیل شده در داخل سوراخ ایجاد شده در داخل شمش رانده می‌شود. این ترکیب مندرل وشمش بین غلتکهای یک Pilger Mill که دارای شکل ظاهری بادامکی شکل هستند قرار می‌گیرند. که این غلتکها در خلاف جهتی که به شمش توسط یک مکانیزم رام (Ram) هیدرولیکی یا پنیوماتیکی نیرو وارد می‌شود، دوران می‌کنند. در پروسس Pilger Mill غلتکها در ابتدا شمش گرم را گرفته وپس از مقداری دوران آن را به فرم یک شافت در می آورند. فشار غلتکها شمش را به عقب برمی‌گرداند و در جهت مخالف به آن نیرو می‌کند و مقطع لوله‌ای بدست آمده در مجاور شیار غلتک فشرده می‌شود و سطح آن صاف و یکنواخت می‌گردد. راندن شمش و مندرل در خلاف جهت رام می‌باشد. پس از رسیدن به بخش باز بادامکی مکانیزم رام مجددا شمش را به داخل غلتکها هدایت می‌کنند. در ادامه پروسس Pilger Mill لوله مجددا گرم می‌شود و از میان یک کاهش دهنده قطر (Sizer) برای ایجاد یکنواختی بیشتر در قطر، عبور داده می‌شود. لوله یا تیوب بدست آمده را لوله بدون درز بصورت گرم تکمیل شده یا (Hot Finished Seamless) می‌گویند. پروسس Pilger Mill کندتر از کشش‌متداول (Conventional Drawing) است.



شکل ۸ ـ پروسس Mandrel(Pilger)

۳-۳)پروسس Mannesman Plug Mill

در پروسس Mannesman Plug Mill شمش می‌تواند در دو سوراخ کننده چرخشی گرم (Hot Rotary Piercer) سوراخ شود بدلیل اینکه کاهش بیشتر در قطر برای اندازه مدیوم لوله و تیوب نیاز است. در ادامه پروسس سوراخ کردن، شمش سوراخ شده در یک Plug Mill قرار داده می‌شود که قطر را با دوران دادن تیوب روی یک مندرل کاهش میدهد. چنانچه سطح مقطع دارای حالت بیضوی باشد(Ovality)، تیوب بین غلتکهای ریلر (Reeler) قرار داده می‌شود که برای تصحیح ابعادی و صیقلی کردن قطر داخلی و خارجی لوله در نظر گرفته شده‌اند. در نهایت پس از گرم کردن مجدد، لوله وارد یک ریلر (Reeler) و غلتکهای مخصوص تعیین سایز (RollerSizer) برای تامین یکنواختی بیشتر در قطر می‌شود.



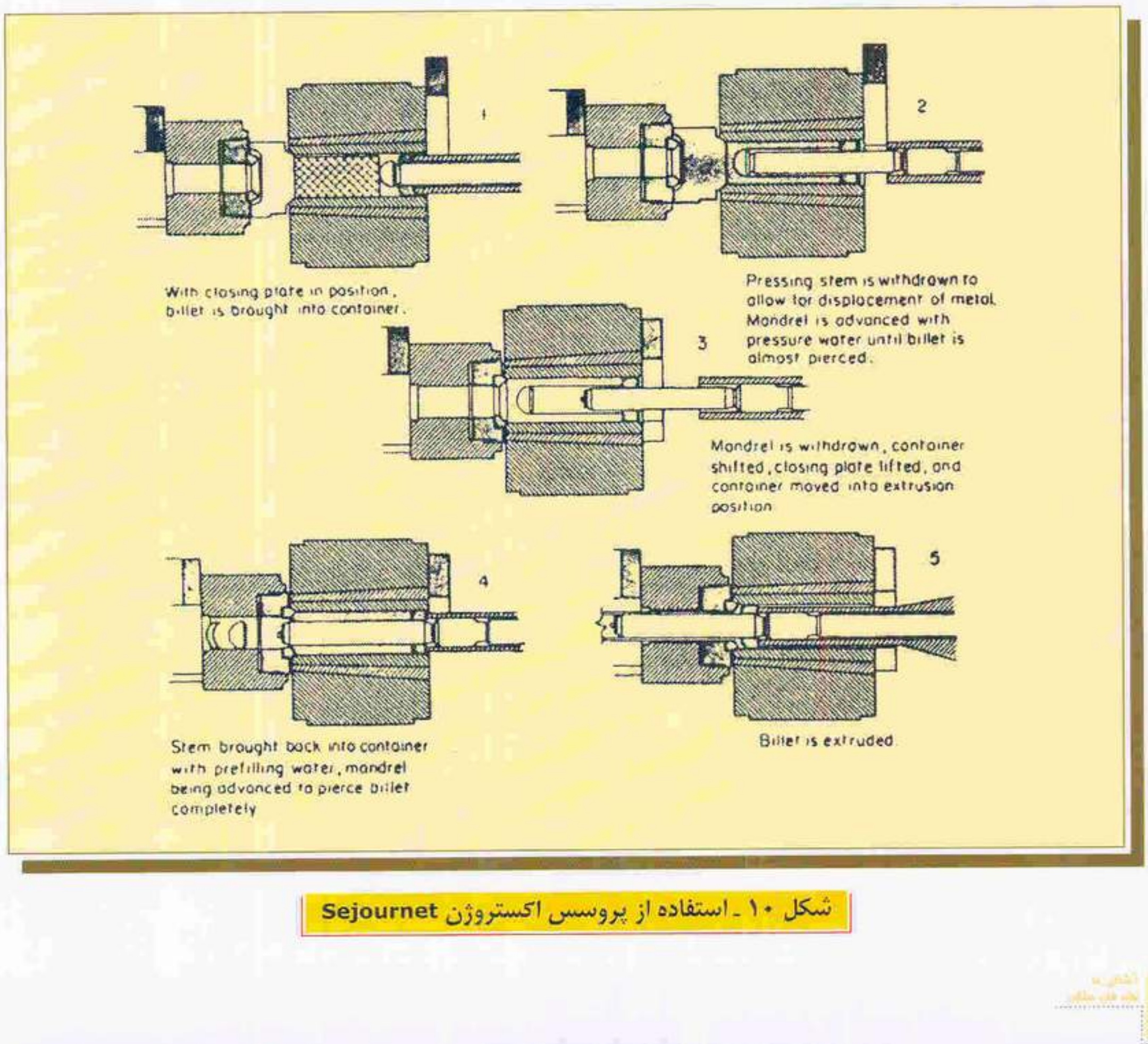
جدول ۷ - پروسس های ساخت لوله بدون درز
Seamless Tube and Pipe Manufacturing Processes

۴ – ۳ – استفاده از پروسسهای اکستروژن

نوع Sejournet

پروسسهای اکستروژن نوع Sejournet مرسوم برای لوله‌های فولادی پرآلیاژ از قبیل فولادهای ضد زنگ ولوله‌های دارای شکل خاص استفاده می‌شوند. یک شمش مدرج نشده، که تقریبا تا دمای ۲۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۲۶۰°C) گرم شده، در یک پرس عمودی با یک قالب اکستروژن در انتهای پرس قرار می گیرد. پس از بکارگیری رام هیدرولیک روی شمش یک مندرل سوراخ کننده همزمان با آنکه رام شمش را پانچ می کند،یک استوانه تو خالی یا سیلندر می‌سازد که آن قطعه پانچ شده از میان خروجی قالب اکستروژن خارج می‌شود. در ادامه رام برای وارد کردن فشار به شمش فعال می‌گردد،و شمش از میان بخش حلقوی شکل گرفته بین مندرل سوراخ کردن (Piercing Mandrel) و بخش حلقوی قالب اکسترود می‌شود.

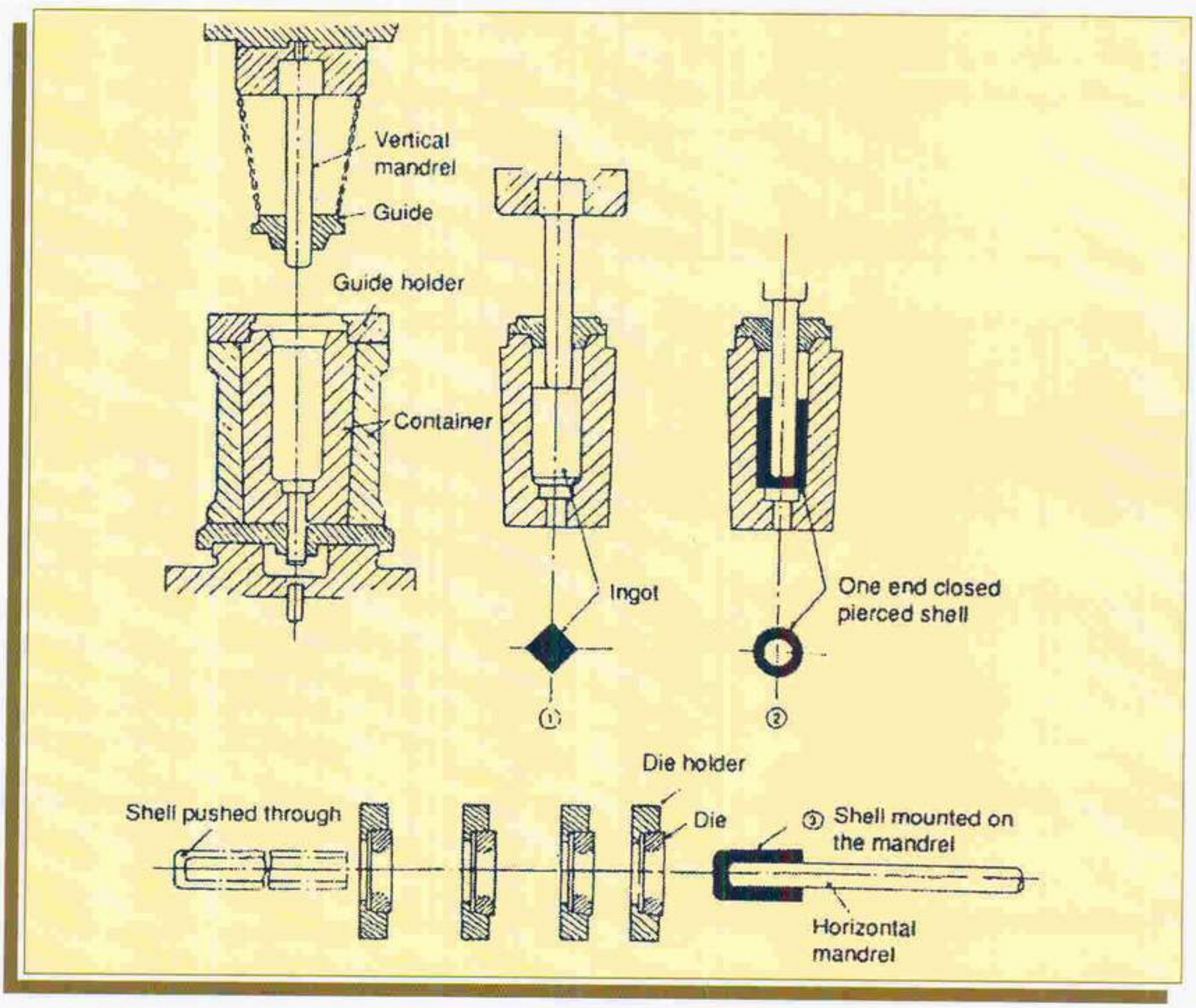
در پرسهای افقی، عمل سوراخ کردن به عنوان یک عمل جداگانه انجام می شود یا از یک لوله توخالی با یک مندرل و قالب استفاده می‌شود. مندرل‌ها و قالبها از فولادهای پرآلیاژ حاوی تنگستن، مولیبیدن و کروم دارای عدد سختی راکول C به مقدار تقریبی ۴۶ ساخته می‌شوند. شیشه پودر شده ماده روانکار مورد استفاده در این پروسس می‌باشد.



شکل ۱۰ ـ استفاده از پروسس اکستروژن Sejournet

۵ - ۳ - پروسس نوع Erhardt
لوله بدون درز فورج شده توخالی

پروسس Erhardt که در سال ۱۸۹۱ در آلمان توسط Henrich Erhardt توسعه یافت عبارت است از گرم کردن یک شمش با مقطع مربعی تا دمای فورجینگ وقرار دادن آن در یک قالب توخالی دایروی و سوراخ کردن ناقص آن توسط یک Piercing Mandrel بطوری که یک شکل فنجانی بدست می‌آید. در نتیجه سوراخ کردن در دمای فورجینگ، شمش مربعی به صورت دایروی قالب در می‌آید. پس از گرم کردن مجدد ،پوسته فنجانی‌شکل روی یک مندرل بسته شده و در میان یک سری از قالبها فشار داده می‌شود تا قطر و ضخامت مورد نظر بدست آید.پس از آن انتهای فنجانی شکل بریده شده و جدا می‌شود و قطرهای داخلی و خارجی ماشینکاری می‌گردند. این پروسس برای لوله‌های با قطر بزرگ و لوله‌های بدون درز با دیواره سنگین استفاده می‌شوند.

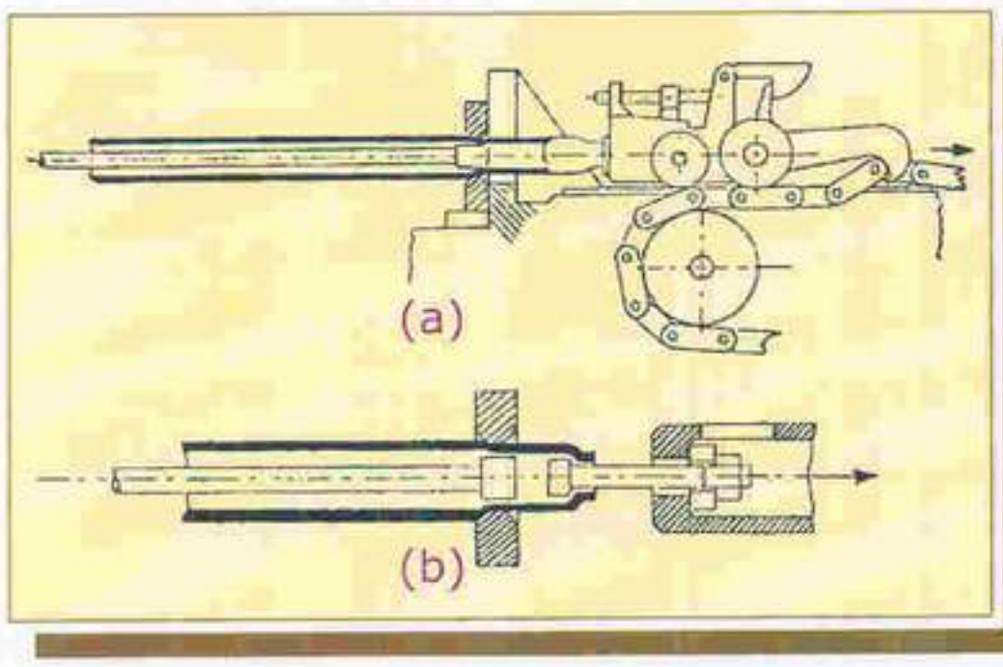


شکل ۱۱ - پروسس نوع Erhardt

۶-۳- تکمیل سرد وگرم لوله وتیوب بدون درز

لوله‌ای که توسط Mandrel Mill , Mannesman Plug Mill پروسس‌های فورجینگ Erhardt یا Sejournet ساخته شده است در صورتی که کاربرد آن نیاز به عملیات تکمیلی دیگری نداشته باشد می تواند به عنوان لوله وتیوب فولادی بصورت گرم تکمیل شده(Hot Finish) استفاده شود.

اگر عملیات تکمیلی دیگری مورد نیاز باشد، از قطر لوله توسط یک پروسس کاهش سرد (Cold Reduction) کاسته می‌شود. دراستفاده از پروسسهای کاهش سرد، لوله کاهش قطریافته، باید تحت عملیات حرارتی در یک کوره شبیه کوره آنیلینگ روشن (Bright Anneling) یا در یک کوره بشکه‌ای پیوسته یا (Continuous Barrel Furnace) قرارگیرد . متعاقب عملیات حرارتی لوله به روش سرد تکمیل شده یا (Cold Finished)، لوله باید از یک پروسس مستقیم سازی یا(Straightening)



شکل ۱۲ ـ تکمیل سرد و گرم لوله و تیوب بدون درز

عبور نماید. که در این پروسس هر گونه انحراف از حالت قائم به وجود آمده در لوله توسط عملیات حرارتی یا کاهش سرد تصحیح می‌شود.

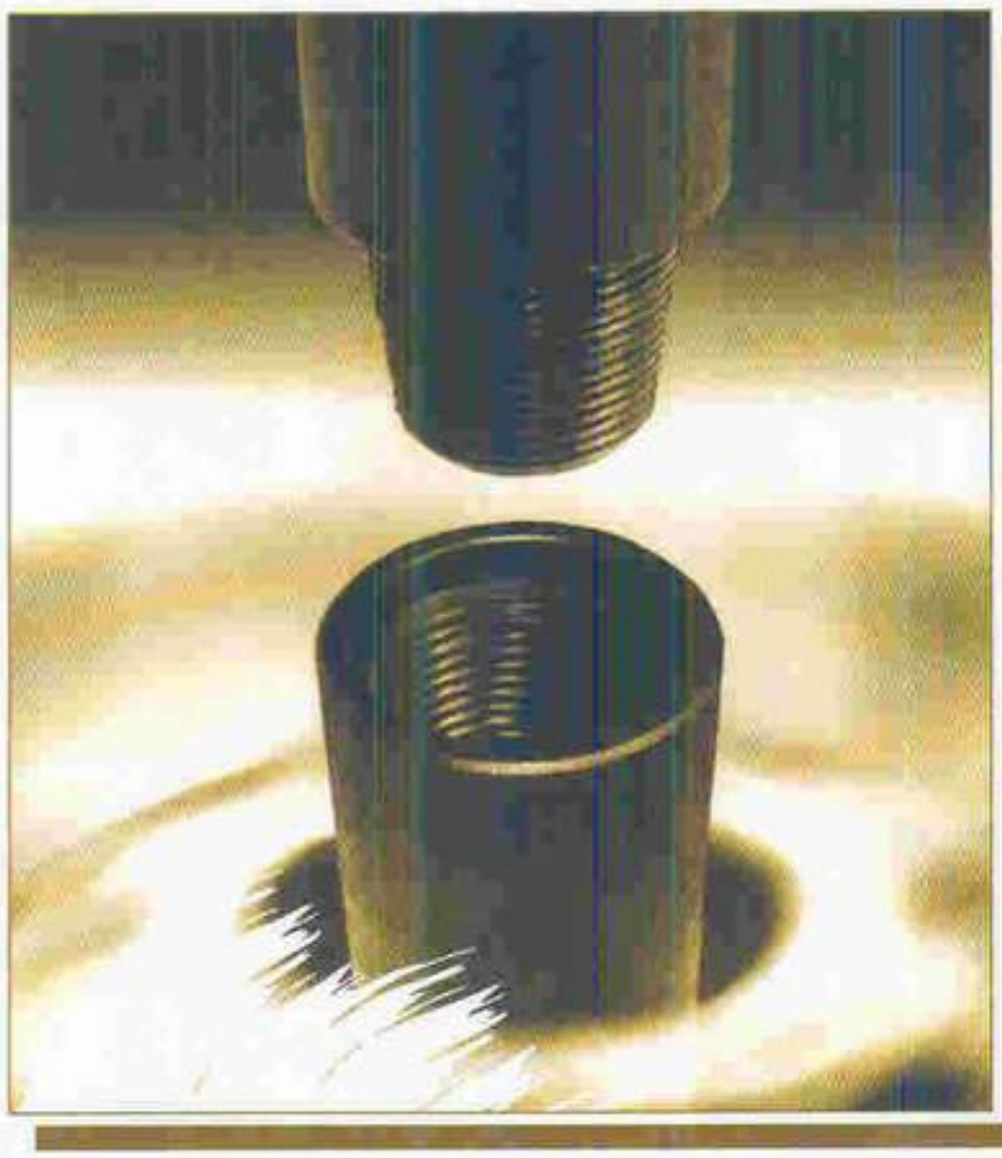
۴) ظرفیتهای مورد نیاز ساخت داخل

در حال حاضر نیاز سالیانه کشور به لوله‌های حفاری در حدود ۱۰،۰۰۰ شاخه می‌باشد که از نظر حجم تقاضا نیز ساخت داخل نمودن این لوله‌ها را توجیه می‌نماید.

۵) استاندارد های کنترل کیفیت

انجمن نفت آمریکا API، استانداردها والزامات زیر را جهت لوله‌های حفاری ارائه نموده است که باید در زمان طراحی، ساخت و استفاده از لوله‌های حفاری حتما در نظر گرفته شوند:

1. API 5A5 RP Field Inspection of New Casing, Tubing, and Plain End Drill Pipe.
2. API BULL 5C2 Bulletin on Performance Properties of Casing, Tubing, and Plain End Drill Pipe.
3. API BULL 5C3 Bulletin on Formulas and Calculations of Casing, Tubing, Drill Pipe and Line Pipe Properties.
4. API SPEC 5D Specification for Drill Pipe.
5. API RP 7G Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits.
6. API SPEC 7 Specification for Rotary Drill Stem Elements



۶) گلوگاههای تولید

درحال حاضر گلوگاههای تولید بحث Coating می‌باشد.

۷) سازندگان

لیست تولید کنندگان لوله‌های حفاری در جهان به پیوست ارائه گردیده است.

لیست تولید کنندگان لوله های حفاری مطابق با استانداردهای API

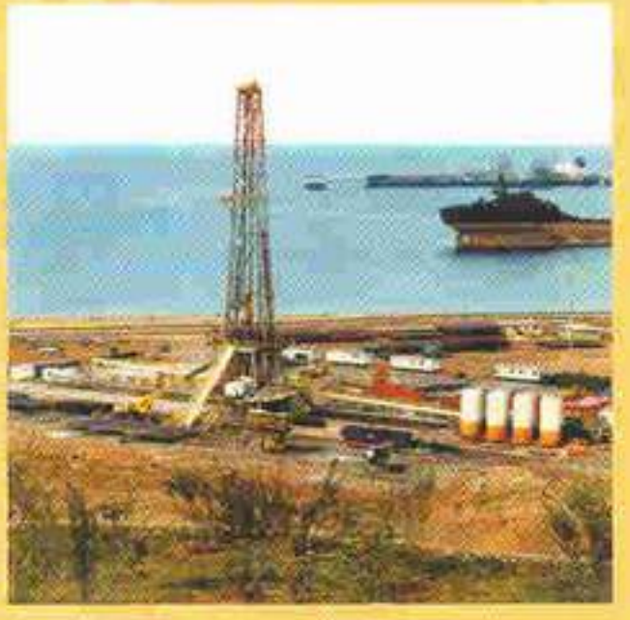
	Company Name	Facility Name	Country/State/City
1	OMSCO		USA/TX/Houston
2	Public Joint Stock Company Sinarsky Pipe Works		Russian/Sverdolv Region/ Kamensky-Uralsky
3	Naova Hut		Czech Republic/Ostrava-Kuncice
4	Algoma Tubes Inc	Sault Saint Marie Facility	Canada /Ontario
5	ESW-Rohrenwerk GmbH		Germany/Eschweiler
6	Indian Seamless Metal Tubes	Ahmednegar Facility	India/ Ahmednegar
7	Drill Tube International	Brayan Facility	USA/Tx / Brayan
8	Kawasaki Steel Corporation	Chita Work	Japan/Aichi/Handa-City
9	Grant Prideco	Novasota Facility	USA/TX /Novasota
10	Grant Prideco Canada		Canada/Alberta /Edmonton
11	Bao Shan Iron &Steel Co	Seamless Tube Branch	China/Shanghai
12	Grant Prideco	Brayan Facility	USA/ Tx / Brayan
13	Nippon Steel Corporation	Tokyo Works	Japan/Tokyo
14	Parveen Industries Pvt.Inc.		India/Maharashtra/ Rabale
15	Koppel Steel Corporation	Ambridge Facility	USA/PA/Ambridge
16	Commercial Society Petrotubs S.A	Roman	Romania/Neamt

لیست تولید کنندگان لوله های حفاری مطابق با استانداردهای API

	Company Name	Facility Name	Country/State/City
17	NKK Tubes		Japan/Kanagawa/ Kawasaki
18	P.T. Citra Tubindo		Indonesia/Batam Island,Ria Ptov/Kabil
19	Oil Country Tubular, Ltd.		India/Andhra Pradash/Sripuram
20	Benteler Stahl/Rohr GmbH	Dinsalken Facility	Germany/Dinsalken
21	Wuxi Seamless Oil Pipe Co.,Ltd.		China/Jiangsu Province/Wuxi city
22	V&M Deutschland	Mulheim Works	Germany/Muelheim ander Ruhr
23	S.C Republica S.A.		Romania/ Bucharest
24	Siumitomo Metal Industries.Ltd.	Kainan	Japan/Wakayama/Kainan
25	TPS-Technitube Rohrenwerk GmbH		Germany/Daun
26	Vallourec &Mannesmann Oil &Gas France	Drill Plant	France/Aulnoye-Aymeries
27	Public Joint Stock Company Taganrog Metallurgical Plant		Russia/Taganrog
28	Tubes de Acero de Mwxico,S.A	Tamsa Facility	Mexico/Veracruz
29	Vallourec&Mannesmann Tubes-V&M do Brasil S.A		Brazile/MG/Belo Horizonte
30	United States Steel Corporation	Lorain pipe Mill	USA/OH/Lorain
31	S.C.Silcotube S.A.		Romania/Zalau
32	Texas Steel Conversion,Inc		USA/TX/Houston
33	United States Steel Corporation	Firfield Works Pipe Mill	USA/AL/Fairfield
34	Sidreca S.A.I.C	Agustin Rocca Industrial Center	Argentina/Buenos Aires/Campana
35	Voestapine Tubulars GmbH &Co HKG		Autria/Kindberg Aumuehl
36	Tejas Tubular Products,Inc	Houston Facility	USA/TX/Houston

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

N.I.O.C



An Introduction to Drilling Pipes

Directorate of Manufacturing Support for Mechanical, Electrical & Instrumentation

مؤسسه توسعه هنری سنگاب ۲۲۷۹۲۶۱-۰۲۱

IN THE NAME OF GOD

N.I.O.C

Manufacturing Support & Procurement (MSP)
Tehran KALA NAFT Company

INTRODUCTION TO DRILL PIPE

1- Introduction	5
2- Drill Pipe	6
2.1- Drill Pipe Technical Specifications	7
2.2- Material of Drill Pipe	8
2.3 - Chemical Composition	8
2.4 - Mechanical Specifications	8
2.5 - Heat Treatment	9
2.6 - Tool Joints	9
2.7- Drill Collars	11
3- Drill Pipe Manufacturing Process	13
3.1 - Seamless Tube	14
3.2 - Mandrel (pilger) Mill Process	14
3.3- Mannesmann plug Mill Process	15
3.4 - Use of Extrusion processes type Sejournet	16
3.5- Hollow Forged Seamless Pipe, Erhadt Type process	17
3.6 - Cold and Hot Finishing of Seamless Pipe and Tube	18
4-Required capacities for local Manufacturing	18
5 - Quality Control Standards	18
6 - Production Bottle Neck	18
7-Manufacturers	19

1-INTROUCTION

Since oil and gas have been discovered (under the ground), specific set of equipment have been utilized for extraction and transfer of them to surface. Drilling the ground at a depth of thousands of feet, transfer of particles and drilled stones, protection of well against caving and finding specific layer that oil and gas trapped there and providing some facilities and equipment for extraction to surface, need a marked proficiency and skill, laboratory and specific equipment . Rotary Rig and its parts, Drill pipes, Drill collars and Drill Bits are the basic and necessary equipment in this process. As seen in the figure (1), a Drilling Rig, either on the ground or on the sea platform, is a factory that designed and made to produce a specific product namely oil, Rotary Rig defined as sets of equipment and machinery along together in a limited area for drilling a well. The extension of this area depends on either this Rig is on the sea platform or in land. Because of limitation of area, the installed Rigs on the sea are more compact and equipment are settled closely and on the height. But in land Rigs, proportionally there is no area limitation and the extension of area is large and some places considered for accommodation or storing of materials and necessary goods. Generally, a Drilling Rig includes some systems as below that each system subdivided into some subsystems. these systems consist of :

Figure (1):

1. 1. Power system which includes Prime Movers and Drivers.

2. 2. Hoisting system which includes Derrick, Drawworks, Brake system, Blocks and Drilling cables.

3. 3. Rotating system which includes Swivel, Top Drives, Kelly, Rotary Table, Drill pipes, Tool Joints, Drill Collars and Bits.

4. 4. Mud circulating system which includes Drilling Mud, Mud Tanks, Pumps and Mud Refining system.

5. 5. Well control system which includes, Blowout Preventers and Accumulators.

6. 6. Accessory equipment which include Generator, Compressor, Degasser, Desilter and Desander.

Drill pipe which considered in this report, is a subset of Rotating system and has two major responsibilities:

- Transfer of torque and rotary movement from the surface to the depth for drilling.
- Making of path to pass the Drilling Fluid in order to cool the bits and transferring of digged particles from the depth of the well to the ground (surface).

Concerning to these two major responsibilities, designing of drill pipes is very sensitive , strict and manufactured by special techniques.
Also , operation with these pipes needs much experience and skill to avoid pipes damages and failure.

2. Drill Pipe

Drill pipe is a seamless steel or aluminum pipe, used to transmit rotating Torque and drilling fluid to the bit. A drill pipe is furnished in different lengths, from 18 to 45 ft (5.5 To 13.7 m) not include the length of Tool Joints. Although, the drill pipe is responsible for connection between Drill Collars and surface, but the operators use it as an element for providing force on the Bit. Of course, it's also possible to use pipes for providing the force and weight on the bit (in directional drilling). As indicated in figure (2), the wall thickness of Drill Pipes is relatively narrower than Drill Collars. It is usually less than o.5 inch (12.5mm) and it is too narrow to be directed threaded. In order to thread two ends of Drill Pipes, a piece of heavy, thick and short pipe which called Tool Joints, is welded to pipe ends. It should be mentioned that tool Joint with internal threads called Box and with external threads called Pin.

Fig.2:

2-1) Drill Pipe Technical Specifications

Dimensional and weight specifications of Drill Pipes according to API standard are as follow:

API Drill Pipe Properties		Calculated plain end weight		Outside Diameter		Wall thickness	
Size	Weight Designation	Wpe		D		t	
		Lb/ft	Kg/m	in	mm	in	mm
23/8	6.65	6.26	9.32	2.375	60.3	0.280	7.11
27/8	10.40	9.72	14.48	2.875	73.0	0.362	9.19
3.5	9.50	8.81	13.12	3.500	88.9	0.254	6.45
3.5	13.30	12.31	18.83	3.500	88.9	0.368	9.35
3.5	15.50	14.63	21.79	3.500	88.9	0.449	11.40
3.5	15.50	14.63	21.79	3.500	88.9	0.449	11.40
4	14.00	12.93	19.62	4.000	101.6	0.330	8.38
4.5	13.75	12.24	18.23	4.500	114.3	0.271	6.88
4.5	16.60	14.98	22.31	4.500	114.3	0.337	8.56
4.5	20.00	18.69	27.84	4.500	114.3	0.430	10.92
5	16.25	14.87	22.15	5.000	127.0	0.269	7.52
5	19.50	17.93	26.71	5.000	127.0	0.362	0.19
5	19.50	17.93	26.71	5.000	127.0	0.362	9.19
5	25.60	24.03	35.79	5.000	127.0	0.500	12.70
5	25.60	24.03	35.79	5.000	127.0	0.500	12.70
5.5	21.90	19.81	29.51	5.500	139.7	0.361	9.17
5.5	24.70	22.54	33.57	5.500	139.7	0.415	10.54
6 5/8	25.20	22.19	33.05	6.625	168.3	0.330	8.38
6 5/8	27.72	24.21	36.06	6.625	168.3	0.362	9.19

2-2) Material of Drill Pipes

The various grades and groups of steel in accordance with API SPEC 5D, shall be made to a fine grain practice. Above steel contains one or more grain refining elements, such as aluminum, columbium, vanadium, or titanium in amounts intended to result in the steel having a fine austenitic grain size.

2-3) Chemical composition

Drill pipes in accordance with API SPEC 5D, shall conform to the chemical requirements specified in table (2).

Chemical Composition(%)									
Grade	Mfg Process	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
E-75	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–
X-95	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–
G-105	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–
S-135	S	–	–	–	0.04	0.03	–	–	–

Table 2:

Tensile Requirement							
1	2	3		4		5	
		Yield Strength				Tensile Strength	
		Min		Max		Min	
Group	Grade	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa
1	E-75	75,000	517	105,000	724	100,000	689
3	X-95	95,000	655	000,125	862	105,000	724
	G-105	105,000	742	135,000	931	115,000	793
	S-135	135,000	931	165,000	1138	145,000	1000

Table 3:

2-4) Mechanical specifications

Drill pipe in accordance with API SPEC 5D, shall meet the mentioned tensile requirements (table 3).

Tensile specifications, except elongation of reinforced parts shall be in accordance with the pipe body. In the case of difference in upset specifications (except elongation), a specimen of reinforced part shall be used to determine the mentioned specifications. The yield strength shall be the tensile stress required to produce a total elongation of the gage length, as determined by an extensometer, as table 4.

Grade	Total extension of gauge length percent
E-75	0.5
X-95	0.5
G-105	0.6
S-135	0.7

Table 4:

2-5) Heat Treatment

The heat treating process shall be in accordance with a documentary practice as below:

1)
Group 1-
Drill pipe shall be normalized or at the manufacturer's option normalized and tempered or quenched and tempered full length, and if upset, shall be so heat treated after upsetting.

2)
Group 3-
unless otherwise agreed upon between purchaser and manufacturer, drill pipe in accordance with API spec 5D shall be quenched and tempered or normalized and tempered. Upset drill pipe shall be heat treated full length after upsetting.

2-6) Tool Joints

Tool Joint is a metal disjointed part to make sudden diameter increase is welded at the end of seamless drill pipe. Tool Joint wall is sufficiently thick for establishing of Pin or Box.

To prepare a drill pipe for welding, at first, the pipe heads warmed up and then the ends pounds hardly.

This hard pounding in direction of pipe length increase the thickness of two ends. These Thickened and hardened heads are called "Upset". There are three kinds of upset internal, external and internal external. In internal upset, internal diameter decreased, in external upset there is outside diameter expansion and in third type inside diameter is increased and outside diameter is expanded. After pipe ends are strengthened, the cylindrical Tool Joints are welded to the upset heads. This action is done by rapid turning of pipe joints on a flywheel and connecting joints to pipe ends. Settlement of upset against turning Tool Joints provides sufficient heat for welding. This kind of welding called Friction or Inertia welding. As illustrated in Figure3, Pins and Boxes are threaded and engaged with each other and by this method, Drill Pipes connected to each others. The wall thickness of Tool Joint is about 2 inches and with length of 1 foot. Each of this Tool Joint includes Tong Area and Elevator shoulder.

Tool Joints, are shaped by forming and machining into a Pin or Box. In order to increase their life time some of them are surface hardened by hardbanding. Hardbanding on surface of a Tool Joint is more resistant than normal steel against abrasion and corrosion, so caused to increase service life of Tool Joints.

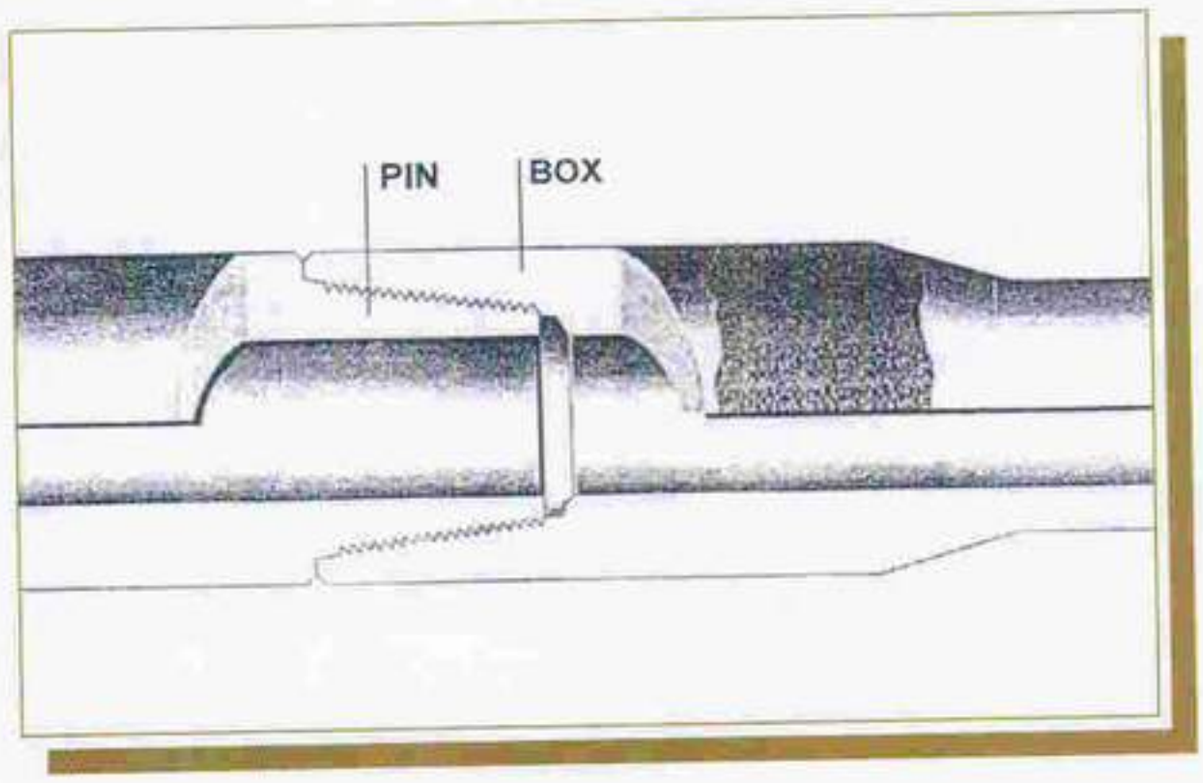
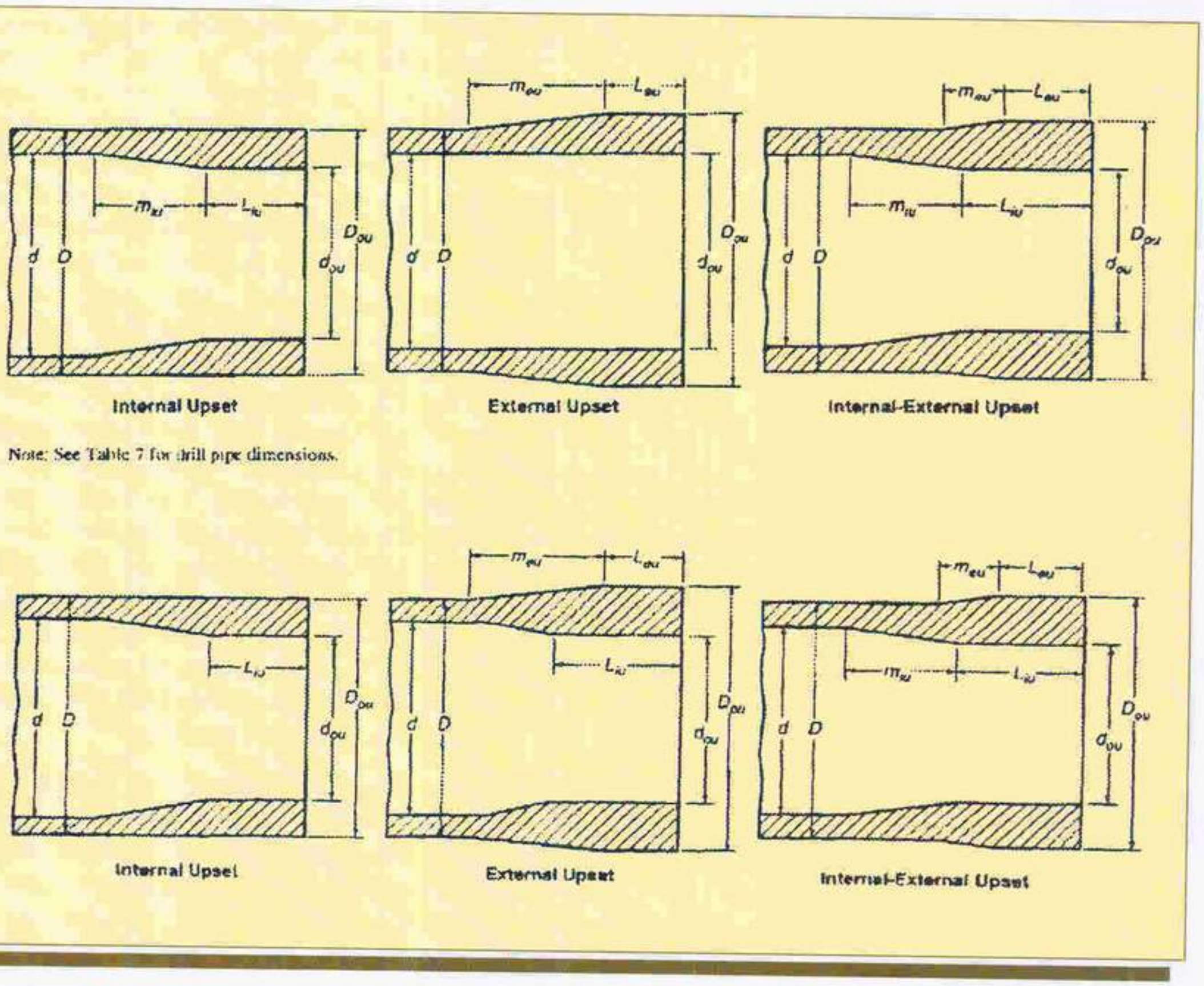


Fig.3 :



Note: See Table 7 for drill pipe dimensions.

Figure (4): Upset Drill Pipe

Mechanical Properties of New Tool Joints at Locations Shown in Figure 4 (All Sizes)					
Minimum Yield Strength		Minimum Tensile Strength		Minimum Elongation Percent	Box minimum Brinell Hardness
Psi	N/mm^2	Psi	N/mm^2		
120,000	827.4	140,000	965.3	13	285

Table (5): Mechanical Properties of Tool Joints

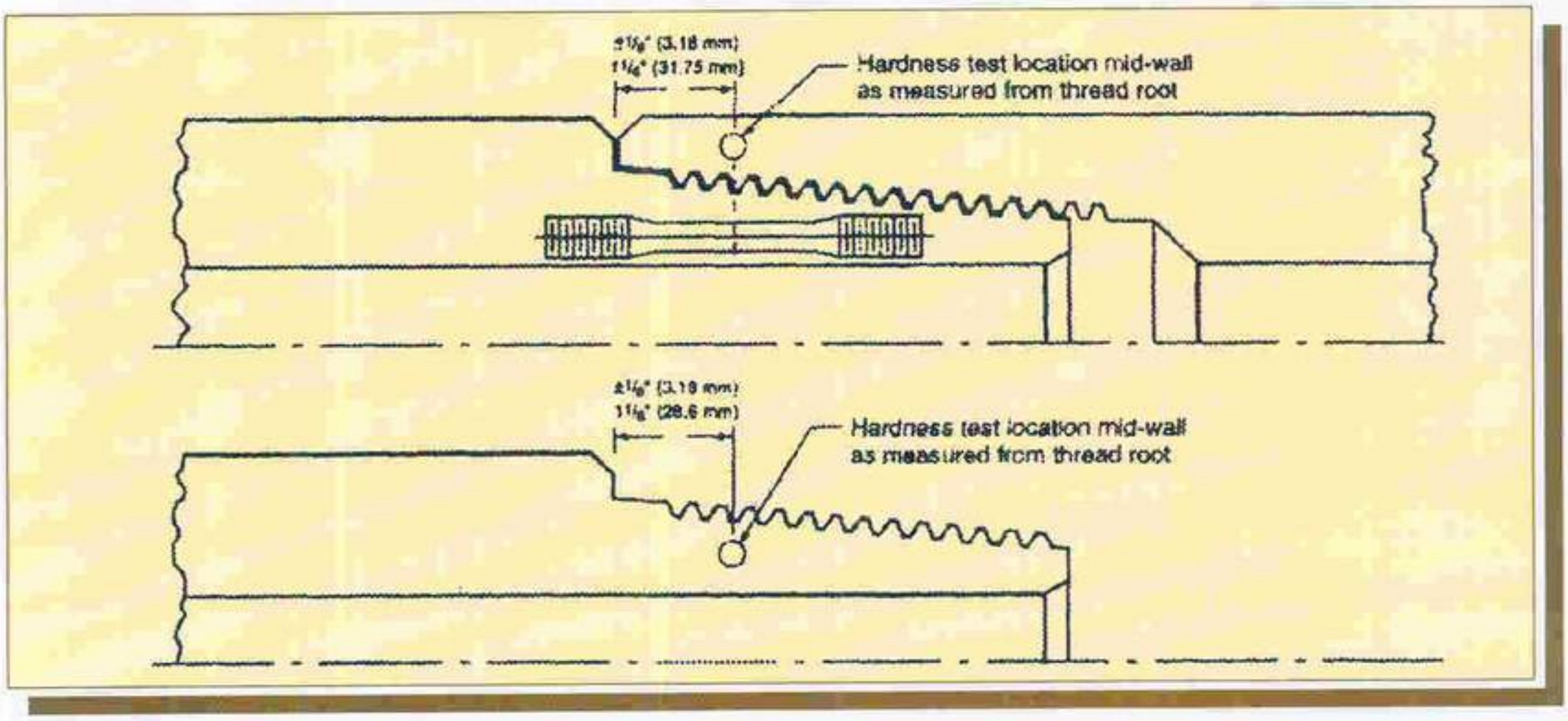


Figure (5): Tensile Specimen and Hardness Test Location

2-7) Drill Collars

Drill Collars are heavy weight and thick wall pipes, that usually made of steel. Drill Collars are connected directly to Bits to provide weight on the Bits and to provide a constant and directed movement. Manufacturers have furnished some threads at the end of any Collars, so it's possible to make wry (Fig.1). The end with internal threads is called Box and the end with external threads called Pin. The number of Collars depends on required weight to drill a suitable hole, drilling structure, weight of each collar and other variables.

Mechanical Properties and Tests New Standard Steel Drill Collars

1	2		3		4	5
Drill Collar OD Range (inch)	Minimum Yield Strength		Minimum Tensile Strength		Elongation, Min, with Gauge Length 4 Times Diameter %	Minimum Brinell Hardness
	Psi	N/mm^2	Psi	N/mm^2		
3 1/8 6 7/8	110,000	758	140,000	965	13	285
7-11	100,000	689	135,000	931	13	285

Table (6) Mechanical Properties of Drill Collars

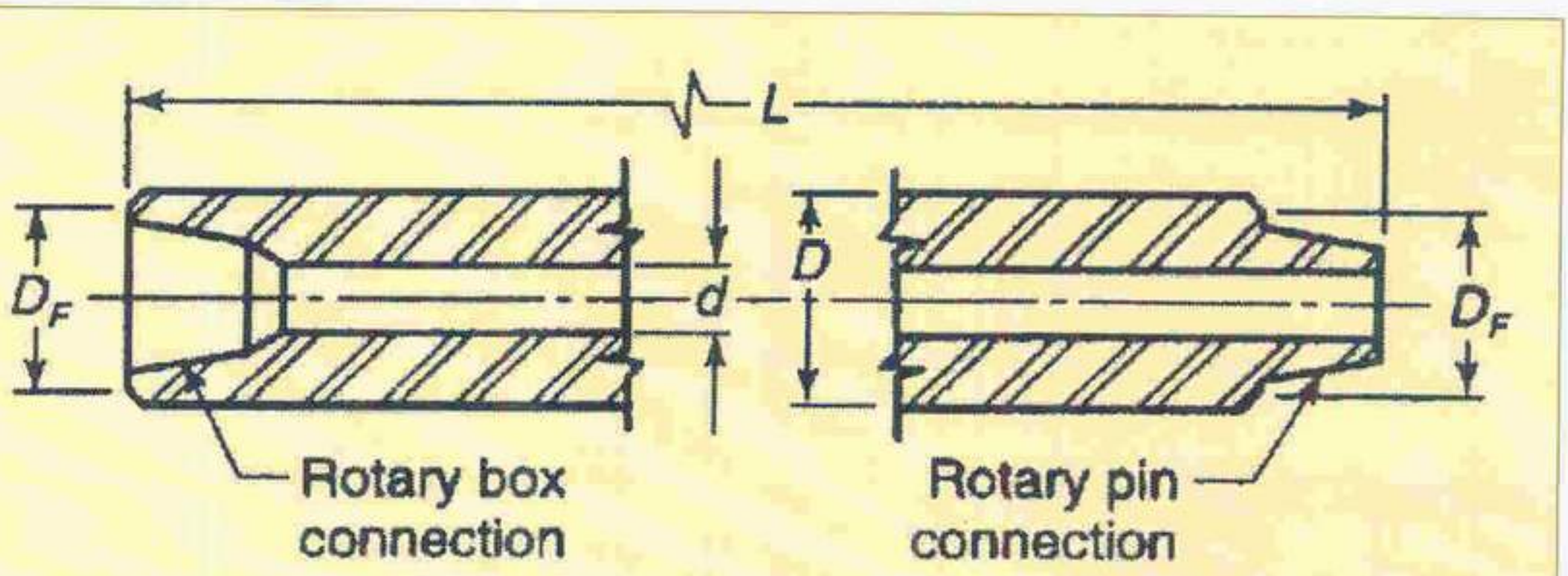


Figure (6):

Table (5): Mechanical Properties of Tool Joints

3) Drill Pipe Manufacturing Process

Drill Pipes shall be made by seamless process in accordance with API SPEC 5D, as shown in figure (7).

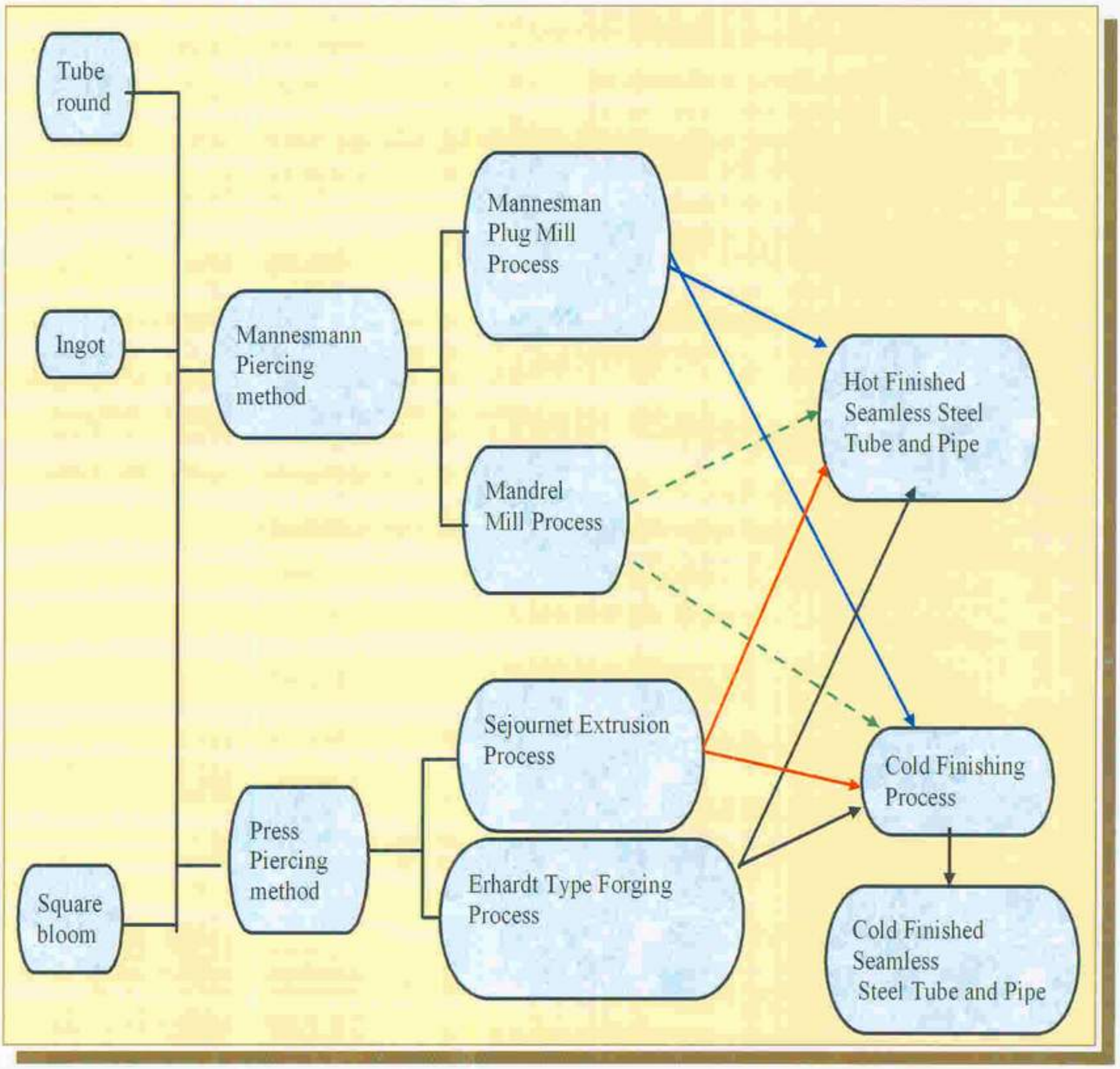


Figure 7:Seamless Tube and Pipe Manufacturing Processes

3-1 Seamless Tube

Seamless tube is made of a hollow pipe with more thickness and diameter than final step. Initially, billet is pierced by press piercing method. For small Diameter pipes, Mandrel process is used. And also, Mandrel Mill process is utilized for tubes with moderate external diameter made of carbon steel or low Alloy.

Tubes with large diameter, heavy wall made of Carbon steel alloy or Stainless steel is furnished by Erhardt Push Mill Process and vertical Extrusion which is similar to the Sejournet. High alloy steel tubes and with special shape are made by Extrusion process, Sejournet type. This process is done in HotMetal forming temperature. Additional cold process can be used to obtain more dimensional accuracy, surface and metallurgical construction complement.

3-2 Mandrel (pilger) Mill process

In the process of Mandrel (pilger) Mill producing, a steel billet is heated up to forging temperature and inserted between two Rolls of a Hot Rotary Piercing Mill machine. Piercing point is located in center of billet and rotary rollers designed to move the billet forward on piercing point, thus a hole is established in billet center and along the long pivot. So, a mandrel with almost the same diameter is steered in this hole. The compound of mandrel and billet is settled between the rollers of a pilger mill with camshaped. These rollers rotate in opposite direction of the billet which is driven by hydraulic or pneumatic Ram. The rollers initially, take the warm billet and after some rotation, shaped it as a shaft. Pressure of rollers set the billet back and force it in opposite direction and tube section is pressured near the rollers groove, then the surface will be made smooth and uniform. Billet and mandrel movement is in opposite direction of Ram. In Cam-Shaped sector (area), Ram mechanism drives the billet into the rollers again. The tube is reheated in continuation of pilger mill process and passed through a sizer to establish diameter uniformity. Outlet tube, called Hot Finished Seamless Pipe. Pilger Mill process is slower than conventional Drawing.

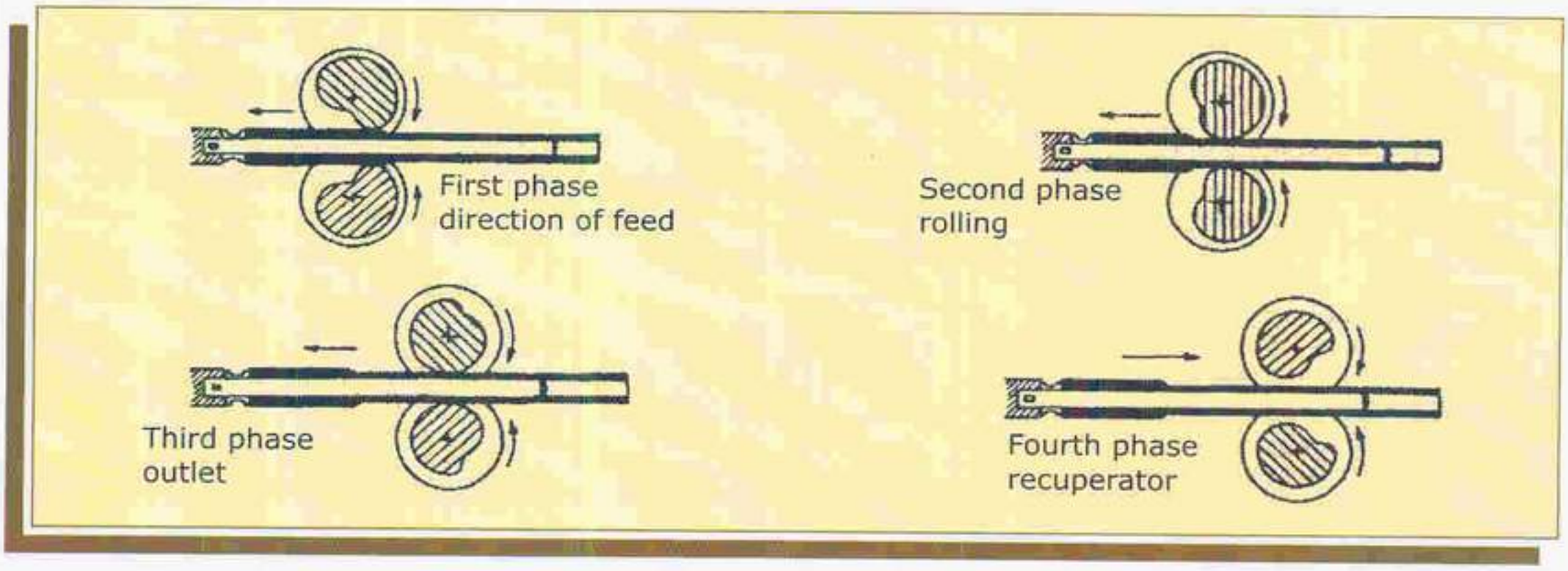


Figure (8): Mandrel Mill Process

3-3 Mannesmann plug Mill process

In this process, billet can be pierced by two Hot Rotary piercers. Because more diameter decrease is necessary, in piercing process continuation, pierced billet is settled in a plug Mill which the diameter is decreased by rotating the tube on a mandrel. If there is any ovality, tube is settled between the Reeler rollers to correct the dimensions and smooth internal and external diameter of the pipe. Finally, after reheating, the pipe is entered in a Reeler and Roller Sizer to provide diameter uniformity.

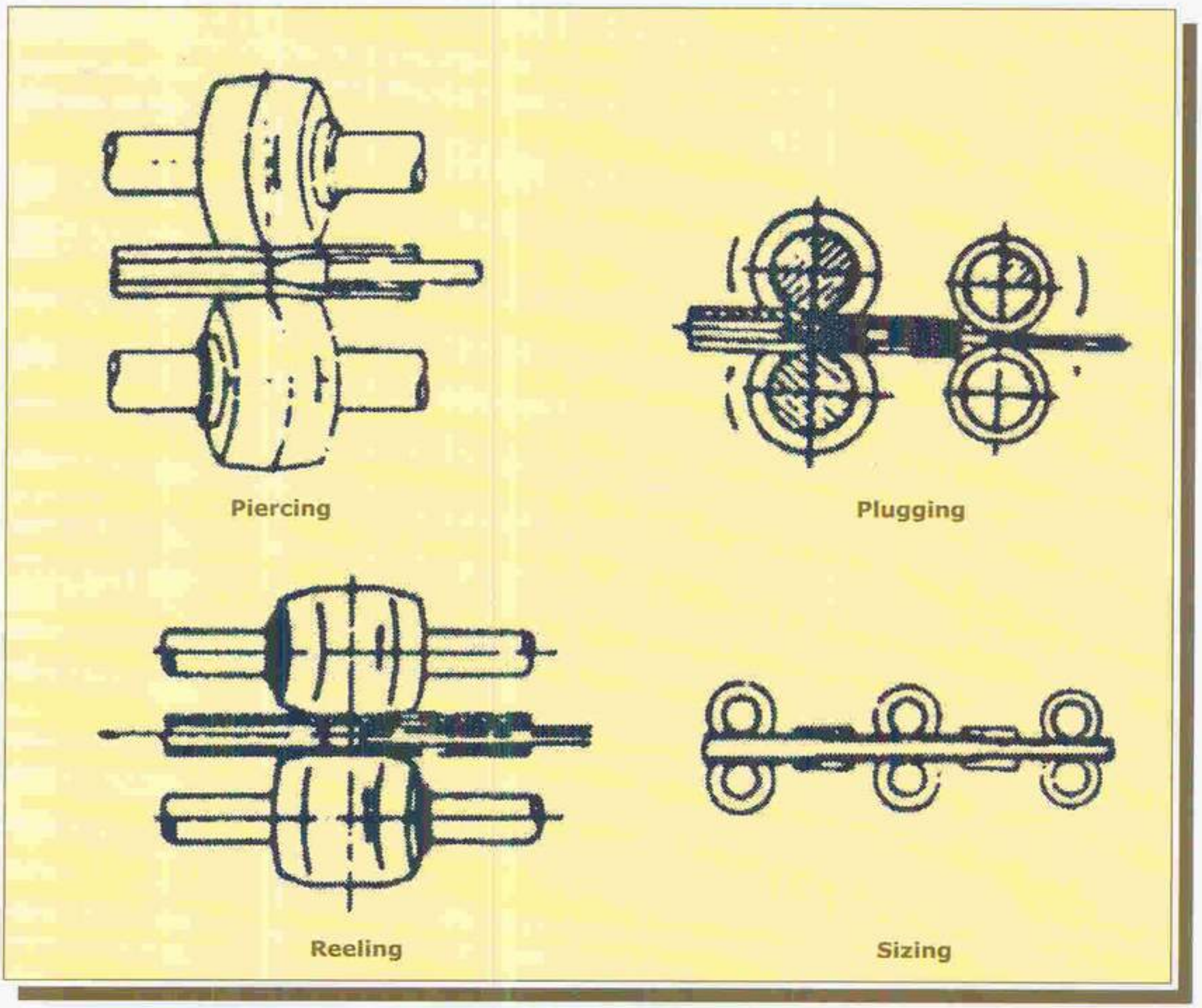


Figure (9): Mannesman plug Mill process

3-4 Use of Extrusion processes type Sejournet

Extrusion processes type Sejournet is used for high alloy steel pipes and tubes like stainless steel and pipes with special shape. An unscaled billet which has been heated up to (), is settled in a vertical press with an Extrusion mold (at the end of press).After using of hydraulic Ram on billet, when ram punches billet, a piercing mandrel makes an empty cylinder which punched part exit out of Extrusion mold.

After that Ram is activated to pressure on billet, and shaped billet between piercing mandrel and mold annular part is extruded. In horizontal presses, the act of piercing is done separately or an empty pipe is used with a mandrel and mold. Mandrels and molds are furnished by high alloy steels contain Tungsten, Molybdenum and Chromium with hardness number, about 46 (Rockwell C). Glass powder is such as lubricant material in this process.

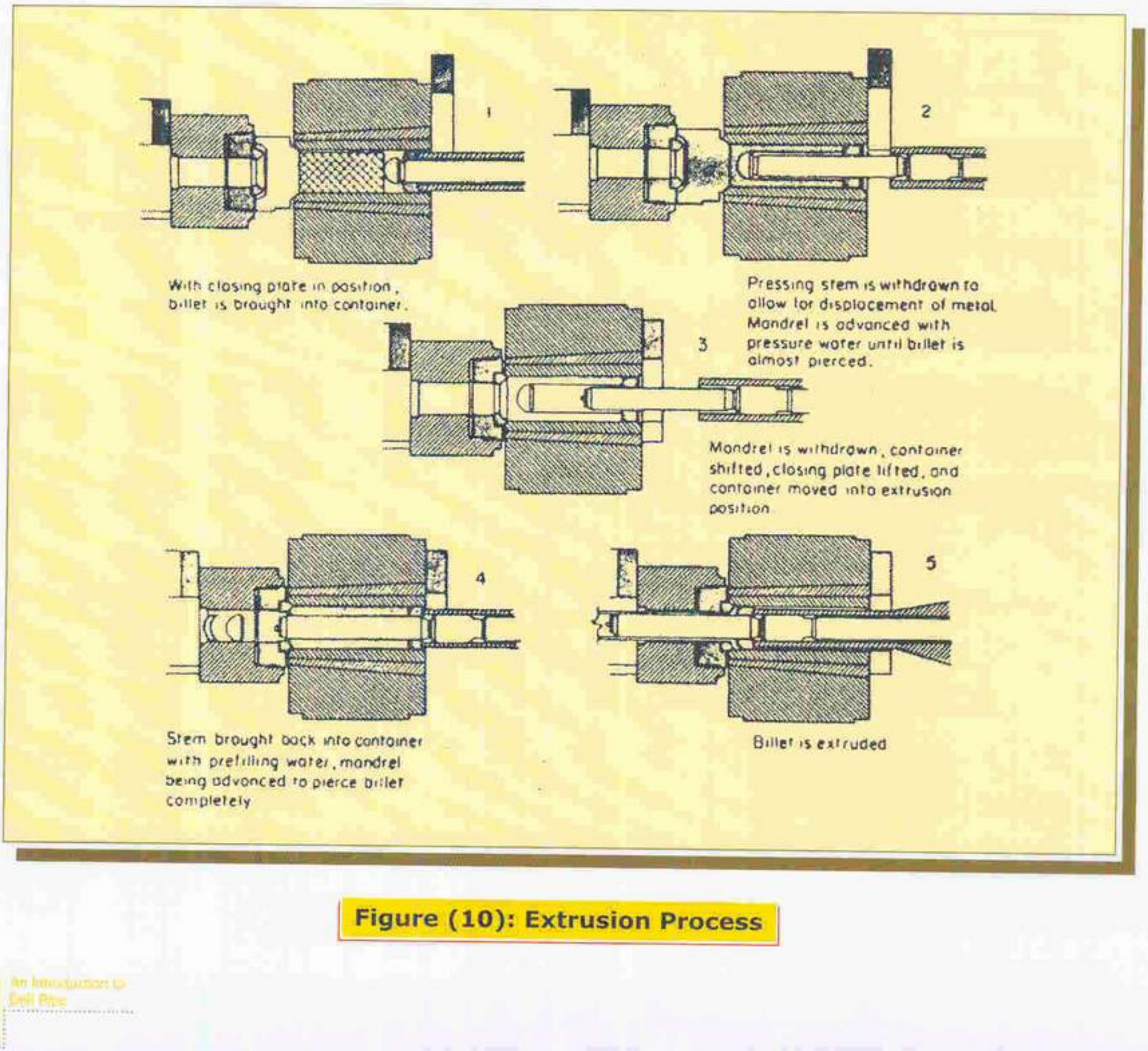


Figure (10): Extrusion Process

3-5 Hollow Forged Seamless Pipe, Erhadt Type Process

Erhadt process which was expanded by Enrich Erhadt in 1891 consists of heating the billet with square section, up to forging temperature and setting it in a circle empty mold and piercing by Mandrel incompletely, as to get a cupshaped piece. As a result of piercing in forging temperature, square billet is shaped as circle mold.

After reheating, the cupshaped piece is fixed on a mandrel and pressurized between the series of Dies to obtain requested thickness and diameter. Then, cupshaped end is cut and internal and external diameters are machined. This process is used for pipes with large diameters and seamless pipes with heavy thick wall.

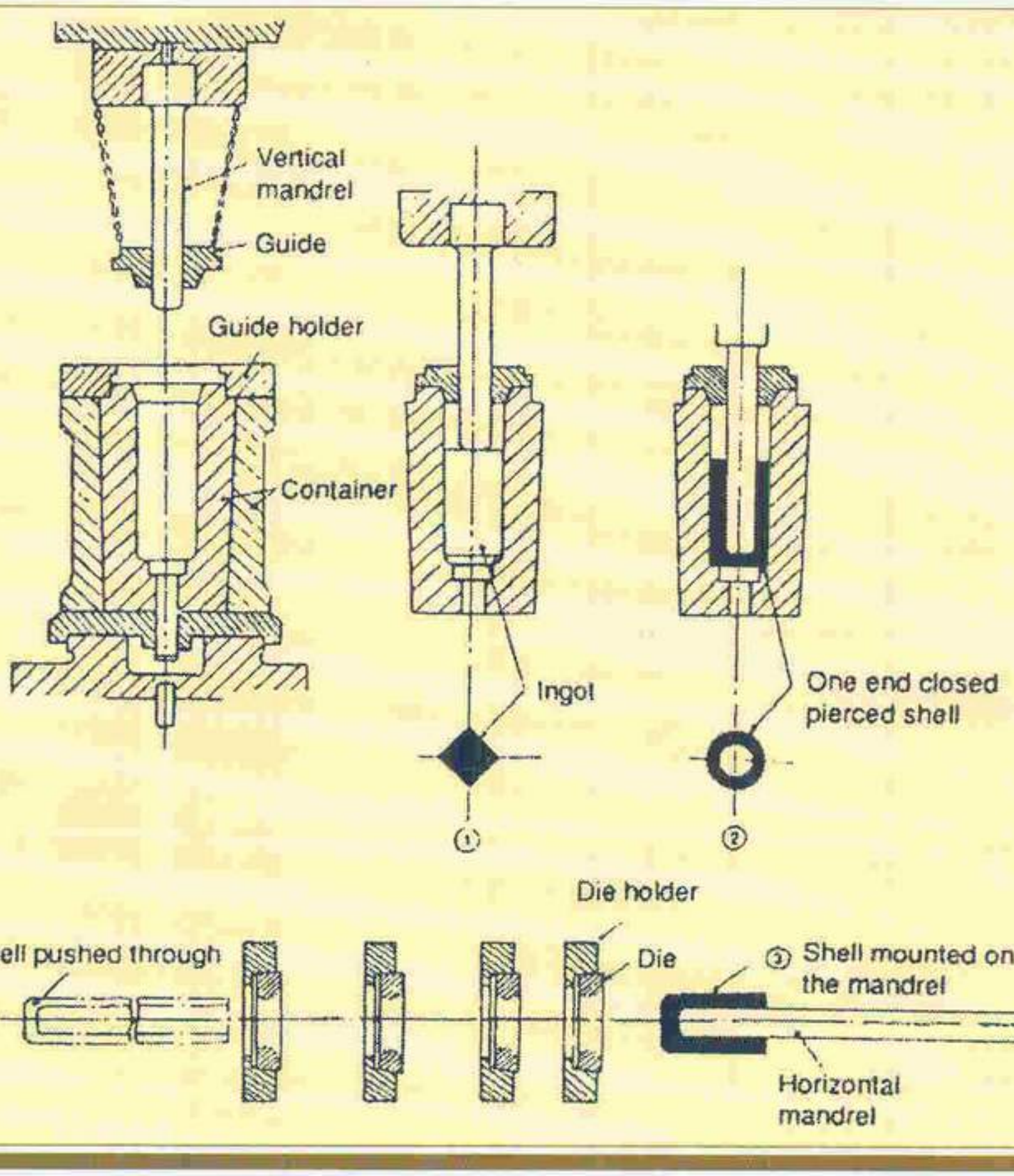


Figure (11): Erhadt Process

3-6 Cold and Hot Finishing of Seamless Pipe and Tube

A pipe which is manufactured by Mannesmann Plug Mill, Mandrel Mill, Erhardt Forging processes or Sejournet process can be used as a Hot Finished Steel tube and pipe, if in accordance with its application, no other finishing process is required.

If another completion process is needed, pipe diameter will be decreased by cold Reduction process. In such process, diameter decreased pipe shall be heat treated in a furnace like Bright Annealing furnace or in a continuous Barrel furnace. After heat treatment, this pipe shall be passed through the straightening process.

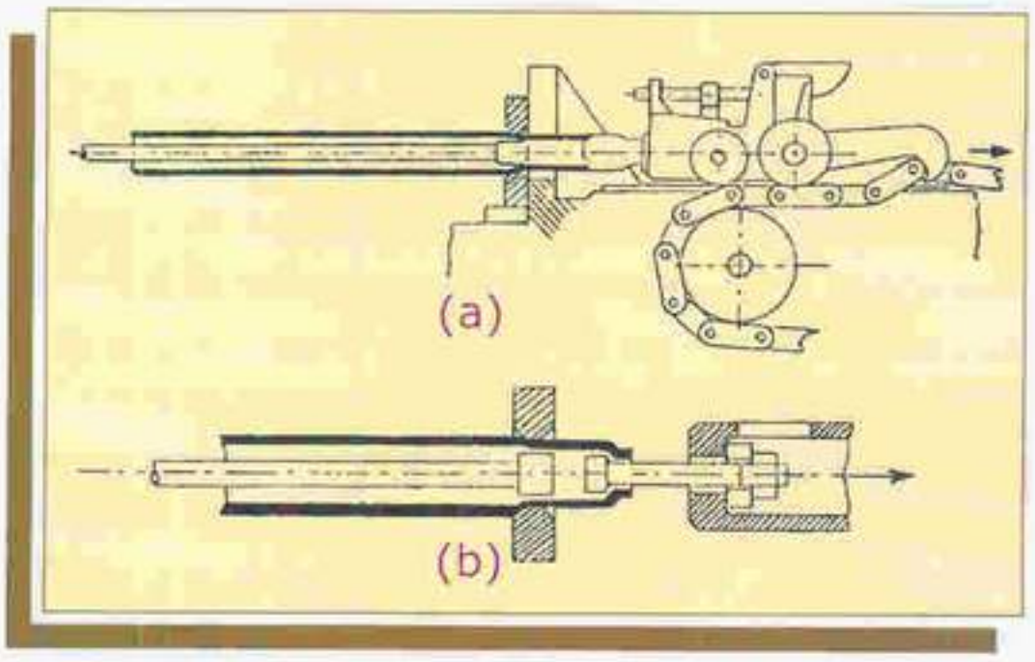


Figure (12): Cold and Hot Finishing of Seamless Pipe and Tube

In this process, any kinds of deviation from straight due to heat treatment or cold reduction, will be removed or corrected.

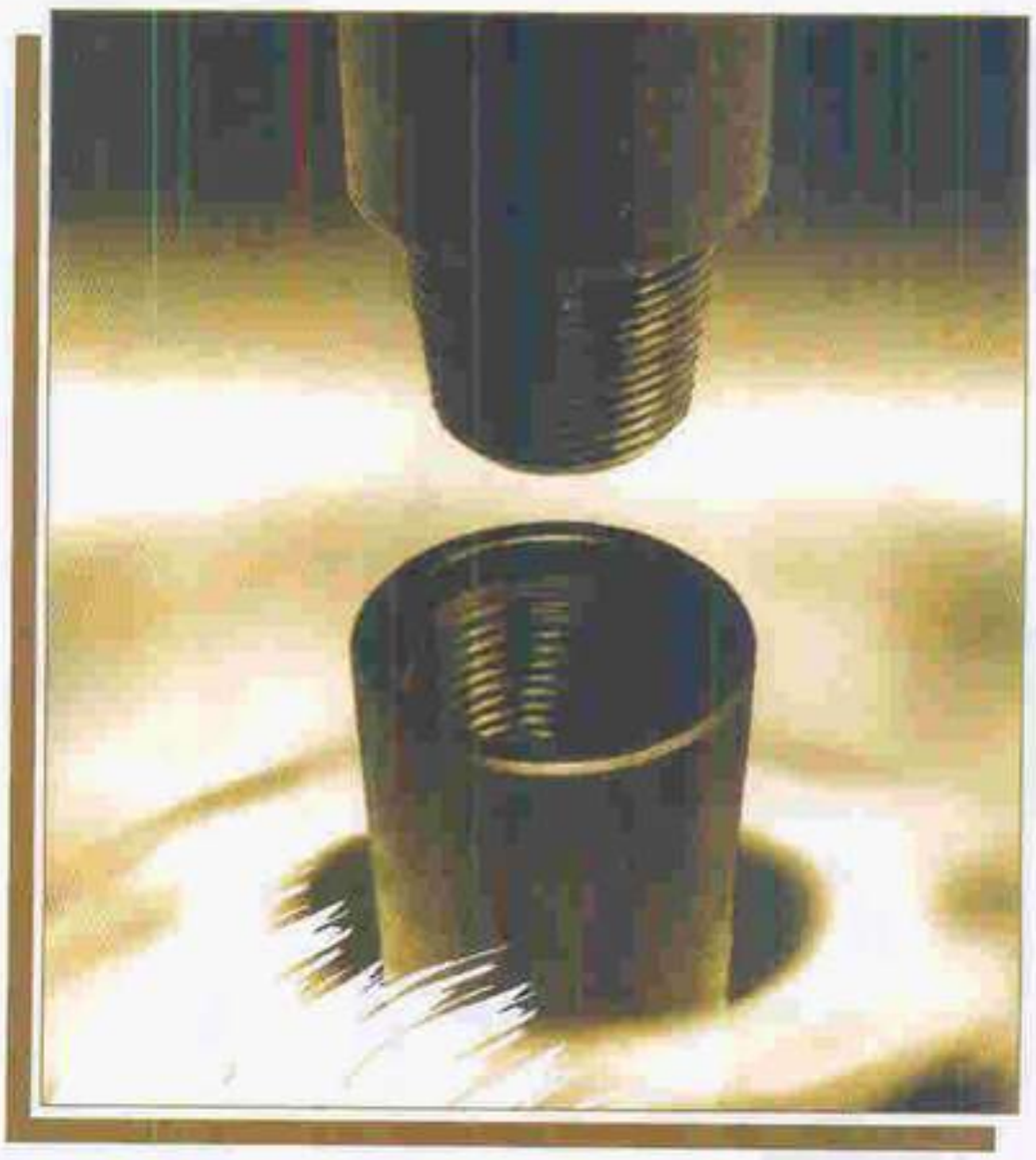
4) Required capacities for local Manufacturing

At present, local demand to Drill Pipes is about 10,000 joints (annually), and according to this demand, localizing of these pipes is feasible.

5) Quality Control Standards

Following items are standards and requirements of American Petroleum Institute (API) for Drilling pipes which shall be concerned in designing, manufacturing and operating:

1. API 5A5 RP Field Inspection of New Casing, Tubing, and Plain End Drill Pipe.
2. API BULL 5C2 Bulletin on Performance Properties of Casing, Tubing, and Plain End Drill Pipe.
3. API BULL 5C3 Bulletin on Formulas and Calculations of Casing, Tubing, Drill Pipe and Line Pipe Properties.
4. API SPEC 5D Specification for Drill Pipe.
5. API RP 7G Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits.
6. API SPEC 7 Specification for Rotary Drill Stem Elements



6) Production Bottle Neck

At present, the main bottle neck of production is Internal Coating Process.

7) Manufacturers

Some drill pipe manufacturers are as following list.

	Company Name	Facility Name	Country/State/City
1	OMSCO		USA/TX/Houston
2	Public Joint Stock Company Sinarsky Pipe Works		Russian/Sverdolv Region/ Kamensky-Uralsky
3	Naova Hut		Czech Republic/Ostrava-Kuncice
4	Algoma Tubes Inc	Sault Saint Marie Facility	Canada /Ontario
5	ESW-Rohrenwerk GmbH		Germany/Eschweiler
6	Indian Seamless Metal Tubes	Ahmednegar Facility	India/ Ahmednegar
7	Drill Tube International	Brayan Facility	USA/Tx / Brayan
8	Kawasaki Steel Corporation	Chita Work	Japan/Aichi/Handa-City
9	Grant Prideco	Novasota Facility	USA/TX /Novasota
10	Grant Prideco Canada		Canada/Alberta /Edmonton
11	Bao Shan Iron &Steel Co	Seamless Tube Branch	China/Shanghai
12	Grant Prideco	Brayan Facility	USA/ Tx / Brayan
13	Nippon Steel Corporation	Tokyo Works	Japan/Tokyo
14	Parveen Industries Pvt.Inc.		India/Maharashtra/ Rabale
15	Koppel Steel Corporation	Ambridge Facility	USA/PA/Ambridge
16	Commercial Society Petrotubs S.A	Roman	Romania/Neamt

	Company Name	Facility Name	Country/State/City
17	NKK Tubes		Japan/Kanagawa/ Kawasaki
18	P.T. Citra Tubindo		Indonesia/Batam Island,Ria Ptov/Kabil
19	Oil Country Tubular, Ltd.		India/Andhra Pradash/Sripuram
20	Benteler Stahl/Rohr GmbH	Dinsalken Facility	Germany/Dinsalken
21	Wuxi Seamless Oil Pipe Co.,Ltd.		China/Jiangsu Province/Wuxi city
22	V&M Deutschland	Mulheim Works	Germany/Muelheim ander Ruhr
23	S.C Republica S.A.		Romania/ Bucharest
24	Siumitomo Metal Industries.Ltd.	Kainan	Japan/Wakayama/Kainan
25	TPS-Technitube Rohrenwerk GmbH		Germany/Daun
26	Vallourec &Mannesmann Oil &Gas France	Drill Plant	France/Aulnoye-Aymeries
27	Public Joint Stock Company Taganrog Metallurgical Plant		Russia/Taganrog
28	Tubes de Acero de Mwxico,S.A	Tamsa Facility	Mexico/Veracruz
29	Vallourec&Mannesmann Tubes-V&M do Brasil S.A		Brazile/MG/Belo Horizonte
30	United States Steel Corporation	Lorain pipe Mill	USA/OH/Lorain
31	S.C.Silcotube S.A.		Romania/Zalau
32	Texas Steel Conversion,Inc		USA/TX/Houston
33	United States Steel Corporation	Firfield Works Pipe Mill	USA/AL/Fairfield
34	Sidreca S.A.I.C	Agustin Rocca Industrial Center	Argentina/Buenos Aires/Campana
35	Voestapine Tubulars GmbH &Co HKG		Autria/Kindberg Aumuehl
36	Tejas Tubular Products,Inc	Houston Facility	USA/TX/Houston