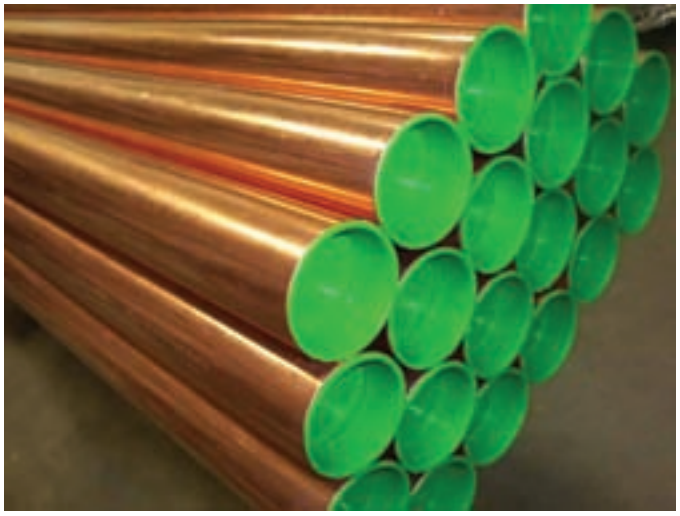
فصل اوّل در یک نگاه



فصل اوّل

لوله‌کشی مسی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ لوله‌های مسی تبرید را توضیح دهد.

۲ــ فیتینگ‌های دنده‌ای لوله مسی را توضیح دهد.

۳ــ فیتینگ‌های بوشنی (لحیمی ــ جوشی) مسی را توضیح دهد.

۴ــ لوله مویین وکاربرد آن را شرح دهد.

۵ــ کاربرد انواع ابزارهای موردنیاز لوله‌کشی را توضیح دهد.

۶ــ نکات فنی و ایمنی در کار با لوله مسی را توضیح دهد.

۷ــ آزمایش لوله‌کشی مسی را شرح دهد.

۸ــ اتصال لوله‌های مسی را به روش لحیم سخت انجام دهد.

۹ــ اتصال لوله‌های مسی را به روش فیتینگ فشاری انجام دهد.

۱ــ لوله‌کشی مسی

۱ــ۱ــ لوله‌های مسی تبرید

لوله‌هایی که در تبرید مورداستفاده قرار می‌گیرند از مس ساخته شده‌اند، گرچه در بعضی از موارد لوله‌های آلومینیومی و فولادی هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت لوله‌های مسی، سبک و مقاوم بودن در مقابل خوردگی و سهولت نصب آن‌ها نسبت به لوله‌های فولادی است. در تهویه مطبوع و تبرید باید از لوله‌های مسی مخصوص که با علامت ACR[1] مشخص شده‌اند استفاده شود ؛ بنابراین لوله‌های مسی معمولی را که از آن‌ها برای کارهای معمولی از قبیل لوله‌کشی آب، تخلیه‌ی مواد و غیره استفاده می‌شود نباید به‌کار گرفت.

۱ــ۱ــ۱ــ انواع لوله‌های مسی تبرید: لوله‌های مسی تبرید را در دو نوع نرم و سخت می‌سازند. جدول ۱ــ۱ مشخصات فنی لوله‌های مسی نرم ACR را مطابق استاندارد AS۱۵۷۱ نشان می‌دهد. کلمات لاتین این جدول را ترجمه کنید.

۱ــ Air conditioning and Refrigeration

جدول ۱ــ۱ــ مشخصات لوله‌های مسی ACR نرم براساس استاندارد AS۱۵۷۱

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Nominal Weight (kg/m)	Form	Safe working pressure (kPa) at service temperature				
				50 °C	55°C	60°C	65°C	70°C
4.76	0.56	0.066	15m Coil	9711	9142	8723	8420	8202
4.76	0.71	0.081	15m Coil	12715	11971	11422	11025	10739
4.76	0.91	0.098	15m Coil	17041	16043	15308	14776	14393
6.35	0.56	0.091	15m Coil	7069	6656	6350	6130	5971
6.35	0.61	0.098	15m Coil	7760	7306	6971	6729	6555
6.35	0.71	0.112	15m Coil	9175	8638	8242	7955	7750
6.35	0.81	0.126	15m Coil	10635	10012	9553	9221	8983
6.35	0.91	0.139	15m Coil	12142	11431	10907	10528	10256
6.35	1.22	0.176	15m Coil	17143	16140	15400	14864	14480
7.94	0.56	0.116	15m Coil	5558	5233	4993	4819	4694
7.94	0.71	0.144	15m Coil	7177	6757	6447	6223	6062
7.94	0.91	0.180	15m Coil	9431	8879	8472	8177	7966
9.53	0.56	0.14[illegible]	15m Coil	4579	4311	4113	3970	3867
9.53	0.61	0.153	15m Coil	5013	4719	4503	4346	4234
9.53	0.56	0.141	15m Coil	4579	4311	4113	3970	3867
9.53	0.71	0.176	15m Coil	5893	5548	5294	5110	4978
9.53	0.81	0.198	15m Coil	6792	6395	6101	5889	5737
9.53	0.91	0.220	15m Coil	7710	7258	6925	6685	6512
12.7	0.56	0.191	15m Coil	3389	3190	3044	2938	2862
12.7	0.61	0.207	15m Coil	3705	3488	3328	3212	3129
12.7	0.71	0.239	15m Coil	4344	4090	3903	3767	3669
12.7	0.81	0.271	15m Coil	4994	4701	4486	4330	4218
12.7	0.91	0.301	15m Coil	5653	5322	5078	4901	4774
15.88	0.56	0.241	15m Coil	2688	2531	2415	233[illegible]	2270
15.88	0.61	0.262	15m Coil	2936	2765	2638	2546	2480
15.88	0.66	0.282	15m Coil	3186	3000	2862	2763	2691
15.88	0.71	0.303	15m Coil	3438	3237	3088	298[illegible]	2904
15.88	0.81	0.343	15m Coil	3946	3715	3544	342[illegible]	3333
15.88	0.91	0.383	15m Coil	4459	4198	4006	3866	3766
15.88	1.02	0.426	15m Coil	5031	4737	4519	4362	4250
19.05	0.56	0.291	15m Coil	2228	2098	2002	1932	1882
19.05	0.61	0.316	15m Coil	2433	2291	2186	2110	2055
19.05	0.71	0.366	15m Coil	2846	2679	2557	2468	2404
19.05	0.89	0.454	15m Coil	3599	3389	3233	3121	3040
19.05	0.91	0.464	15m Coil	3684	3468	3309	3194	3111
19.05	1.22	0.611	15m Coil	5015	4722	4505	4349	4236
22.23	0.91	0.545	15m Coil	3137	2953	2818	2720	2649

[illegible] Denotes R410A rated tube.

لوله‌های مسی نرم[1]: لوله‌های مسی نرم در محل‌هایی که خم‌کاری لازم باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قطر نامی لوله‌های مسی ACR برابر قطر خارجی (OD)[2] لوله است. در دستگاه‌های تبرید خانگی (یخچال، فریزر و یخچال‌فریزرها) از لوله‌های مسی نرم استفاده می‌شود. لوله‌های مسی نرم در کلاف‌های ۷/۵ متری (۲۵ فوت)، ۱۵ متری (۵۰ فوت) و به‌ندرت در کلاف‌های ۳۰ متری (۱۰۰ فوت) و در قطرهای $\frac{۳}{۱۶}$ اینچ تا $\frac{۳}{۴}$ اینچ تولید و به بازار عرضه می‌گردد. شکل ۱ــ۱ لوله‌ی مسی نرم به‌صورت کلاف را نشان می‌دهد. جدول ۲ــ۱ مشخصات فنی لوله‌های مسی نرم را مطابق استاندارد ASTM نشان می‌دهد. عبارت‌های انگلیسی جدول را ترجمه کنید.

شکل ۱ــ۱ــ کلاف‌های لوله مسی نرم

جدول ۲ــ۱ــ مشخصات لوله‌های مسی ACR نرم مطابق استاندارد ASTM

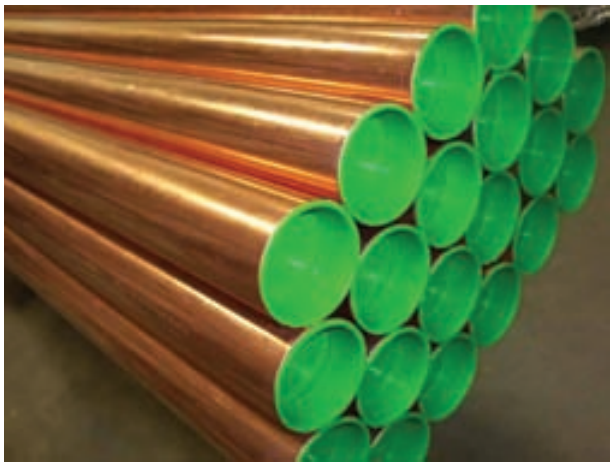
Std size	Outside diameter		Wall Thickness		Nominal Weight		Form	Safe working pressure at service temperature									
								120°F (48.9°C)		130°F (54.4°C)		140°F (60°xC)		150°F (65.5°C)		160°F (71.1°C)	
	in	(mm)	in	(mm)	(b/ft	(kg/m)		PSI	(kPa)	PSI	(kPa)	PSI	(kPa)	PSI	(kPa)	PSI	(kPa)
3/16"	0.187	(4.76)	0.03	(0.76)	0.057	(0.085)	15m Coil	1746	(12039)	1698	(11708)	1666	(11492)	1645	(11346)	1629	(11236)
1/4"	0.25	(6.35)	0.03	(0.76)	0.080	(0.119)	15m Coil	1268	(8747)	1233	(8506)	1211	(8350)	1195	(8244)	1184	(8164)
5/16"	0.312	(7.92)	0.032	(0.81)	0.109	(0.162)	15m Coil	1079	(7444)	1050	(7239)	1030	(7106)	1017	(7015)	1007	(6947)
3/8"	0.375	(9.52)	0.032	(0.81)	0.134	(0.198)	15m Coil	887	(6118)	863	(5950)	847	(5840)	836	(5766)	828	(5710)
1/2"	0.5	(12.7)	0.032	(0.81)	0.182	(0.271)	15m Coil	656	(4521)	638	(4396)	626	(4316)	618	(4261)	612	(4220)
5/8"	0.625	(15.9)	0.035	(0.89)	0.251	(0.375)	15m Coil	557	(3843)	542	(3737)	532	(3668)	525	(3621)	520	(3586)
3/4"	0.75	(19.1)	0.035	(0.89)	0.305	(0.455)	15m Coil	461	(3180)	448	(3092)	440	(3035)	435	(2997)	430	(2968)
3/4"	0.75	(19.1)	0.042	(1.07)	0.362	(0.542)	15m Coil	570	(3928)	554	(3820)	544	(3750)	537	(3702)	532	(3666)
7/8"	0.875	(22.2)	0.045	(1.14)	0.455	(0.674)	15m Coil	525	(3621)	511	(3521)	501	(3456)	495	(3412)	490	(3379)
1 1/8"	1.125	(28.6)	0.05	(1.27)	0.665	(0.975)	15m Coil	446	(3075)	434	(2990)	426	(2935)	420	(2898)	416	(2870)
1 1/8"	1.375	(34.9)	0.055	(1.4)	0.884	(1.317)	15m Coil	404	(2788)	393	(2712)	386	(2662)	381	(2628)	377	(2602)

* Denotes tube made to order where minimum order quantities required.

۱ــ soft copper tubes ۲ــ outside Diameter

لوله‌های مسی سخت[1]: لوله‌های مسی سخت را به‌جای کلاف (حلقه)، به‌صورت شاخه و در اندازه‌های ۳ و ۶ متری و با قطرهای بزرگ‌تر از لوله‌ی مسی نرم تولید می‌کنند. لوله‌های مسی سخت قابلیت خم‌کاری را ندارند و در صورت نیاز از فیتینگ‌های لحیمی باید استفاده کرد.

دو سر این لوله‌ها به‌وسیله‌ی درپوش مناسب مسدود می‌شود. در شکل ۲ــ۱ لوله‌ی مسی سخت به‌صوت شاخه نشان داده شده است. جدول ۳ــ۱ مشخصات فنی لوله‌های مسی سخت را بر اساس استاندارد ASTM نشان می‌دهد. عبارت‌های انگلیسی جدول را ترجمه کنید.



شکل ۲ــ۱ــ لوله‌ی مسی سخت به‌صورت شاخه‌ای

جدول ۳ــ۱ــ مشخصات لوله‌های مسی ACR سخت مطابق استاندارد ASTM

Std size	Outside diameter		Wall Thickness		Nominal Weight		Form	Safe working pressure at service temperature									
								120°F (48.9°C)		130°F (54.4°C)		140°F (60°C)		150°F (65.5°C)		160°F (71.1°C)	
	in	(mm)	in	(mm)	lb/ft	(kg/m)		PSI	(kPa)	PSI	(kPa)	PSI	(kPa)	PSI	(kPa)	PSI	(kPa)
3/8"	0.375	(9.52)	0.03	(0.76)	0.126	(0.187)	5.8m Straight	792	(5464)	770	(5313)	756	(5216)	747	(5149)	739	(5099)
1/2"	0.5	(12.7)	0.035	(0.89)	0.198	(0.295)	5.8m Straight	705	(4859)	685	(4725)	673	(4638)	664	(4579)	658	(4535)
5/8"	0.625	(15.9)	0.04	(1.02)	0.285	(0.426)	5.8m Straight	653	(4500)	635	(4376)	623	(4295)	615	(4241)	609	(4200)
3/4"	0.75	(19.1)	0.042	(1.07)	0.362	(0.542)	5.8m Straight	573	(3936)	555	(3828)	545	(3757)	538	(3710)	533	(3674)
7/8"	0.875	(22.2)	0.045	(1.14)	0.455	(0.674)	5.8m Straight	526	(3630)	512	(3530)	502	(3465)	496	(3421)	491	(3387)
1 1/8"	1.125	(28.6)	0.05	(1.27)	0.655	(0.975)	5.8m Straight	447	(3080)	434	(2995)	426	(2940)	421	(2903)	417	(2875)
1 3/8"	1.375	(34.9)	0.055	(1.4)	0.884	(1.317)	5.8m Straight	397	(2735)	386	(2660)	379	(2611)	374	(2578)	370	(2553)
1 5/8"	1.625	(41.3)	0.06	(1.52)	1.14	(1.698)	5.8m Straight	369	(2545)	359	(2475)	352	(2429)	348	(2398)	344	(2375)
2 1/8"	2.125	(54.0)	0.07	(1.78)	1.75	(2.611)	5.8m Straight	328	(2265)	319	(2202)	313	(2162)	309	(2134)	307	(2114)
2 5/8"	2.625	(66.7)	0.08	(2.03)	2.48	(3.687)	5.8m Straight	303	(2092)	295	(2034)	290	(1997)	286	(1971)	283	(1952)
3 1/8"	3.125	(79.4)	0.09	(2.29)	3.33	(4.959)	5.8m Straight	286	(1975)	278	(1920)	273	(1885)	270	(1861)	267	(1843)
3 5/8"	3.625	(92.1)	0.1	(2.54)	4.29	(6.389)	5.8m Straight	274	(1890)	267	(1838)	262	(1804)	258	(1781)	256	(1764)
4 1/8"	4.125	(104.8)	0.11	(2.79)	5.38	(7.993)	5.8m Straight	265	(1826)	257	(1775)	253	(1743)	250	(1721)	247	(1704)

۱ــ Hard-drawn copper tubes

۲ــ۱ــ فیتینگ‌های دنده‌ای

برای اتصال لوله‌های مسی به اجزای سیکل تبرید و یا برای اتصال این لوله‌ها به هم‌دیگر می‌توان از فیتینگ‌های دنده‌ای استفاده کرد. سر این فیتینگ‌ها به‌صورت مخروطی تحت زاویه‌ی ۴۵ درجه می‌باشد و دنده‌های این فیتینگ‌ها از نوع دنده‌ی ظریف (NF)[1] و جنس آن‌ها از برنج ریختگی است. در شکل ۳ــ۱ چند نوع از فیتینگ‌های دنده‌ای نشان داده شده است.

شکل ۳ــ۱ــ چند نوع فیتینگ دنده‌ای

۳ــ۱ــ فیتینگ‌های بوشنی (لحیمی ــ جوشی)

هرگاه بخواهیم لوله‌های مسی نرم یا سخت را که بیش از ۲۰mm قطر دارند، به یکدیگر اتصال دهیم از فیتینگ‌های بوشنی مخصوص به همراه لحیم نرم (برای لوله‌های مسی نرم) و یا لحیم سخت (برای لوله‌های مسی سخت) به‌عنوان رابط استفاده می‌کنیم. جنس فیتینگ‌ها مسی است. (شکل ۴ــ۱) تصویر چند نوع فیتینگ متداول بوشنی را نشان می‌دهد.

شکل ۴ــ۱ــ چند نوع فیتینگ بوشنی (لحیمی) مخصوص لوله‌ی مسی

شکل ۵ــ۱ نحوه‌ی قرارگرفتن لوله‌ی مسی درون یک زانوی جوشی را نشان می‌دهد.

شکل ۵ــ۱ــ اتصال لوله‌ی مسی با فیتینگ لحیمی

۴ــ۱ــ لوله‌ی مویین

لوله‌ی مویین، لوله‌ی مسی با قطر داخلی بسیار کم می‌باشد. این لوله از اجزای اصلی یک دستگاه تبرید خانگی مانند یخچال

۱ــ National Fine

است. شرح بیش‌تر این لوله‌ها در فصل ۳ ارائه گردیده است.

تذکر: لوله‌ی مویین اغلب در سیستم‌های سردکننده‌ی کوچک به‌کار می‌رود. جدول ۴ــ۱ قطر خارجی و داخلی لوله‌های مویین متداول را نشان می‌دهد.

جدول ۴ــ۱ــ قطر خارجی و داخلی لوله‌های مویین

قطر داخلی (iD)		قطر خارجی (OD)	
اینچ	میلی‌متر	اینچ	میلی‌متر
۰/۰۳۱	۰/۷۹	۰/۰۸۳	۲/۱۱
۰/۰۳۶	۰/۹۱	۰/۰۹۴	۲/۳۹
۰/۰۴۲	۱/۰۷	۰/۱۰۹	۲/۷۷
۰/۰۴۹	۱/۲۵	۰/۱۱۴	۲/۹۰
۰/۰۵۵	۱/۴۰	۰/۱۲۰	۳/۰۵
۰/۰۶۵	۱/۶۵	۰/۱۳۰	۳/۳۰

این لوله‌ها معمولاً در بازار برحسب قطر داخلی شناخته می‌شوند. به‌طور مثال لوله‌ی مویین صفر چهل و دو بیانگر لوله‌ی مویین با قطر داخلی ۰/۰۴۲ اینچ می‌باشد که با مراجعه به جدول ۴ــ۱ متوجه می‌شویم قطر خارجی این لوله ۲/۷۷ میلی‌متر (۰/۱۰۹ اینچ) است.

قطر داخلی لوله‌ی مویین توسط فیلرهای مخصوص که در شکل ۶ــ۱ نشان داده شده، قابل اندازه‌گیری است. با اندازه‌گیری قطر خارجی لوله‌ی مویین و مراجعه به جدول مشخصات لوله‌ی مویین، می‌توان قطر داخلی آن را مشخص نماییم.

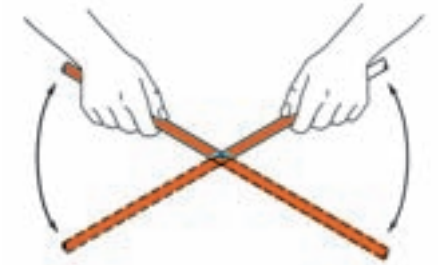
شکل ۶ــ۱ــ فیلر تعیین قطر داخلی لوله‌ی مویین

از آن‌جا که قطر لوله‌ی مویین بسیار کوچک است آن را نمی‌توان با اره یا سیم‌چین برید زیرا امکان دارد مدخل آن کور شود ؛ برای این منظور از ابزاری مخصوص که برای این کار ساخته شده است، یعنی انبر لوله‌ی مویین استفاده می‌شود. با قراردادن لوله مابین تیغه‌های دو فک انبر و فشاردادن دسته‌ی انبر لوله‌ی مویین بدون این که مدخل آن کور شود بریده می‌شود. شکل ۷ــ۱ تصویر یک انبر مخصوص بریدن لوله‌ی مویین‌بر را نشان می‌دهد. برای بریدن لوله‌ی مویین می‌توان از سوهان سه‌گوش یا سوهان‌کاردی نیز استفاده کرد. ابتدا با زاویه‌ی سوهان اطراف نقطه‌ی مورد نظر را کمی می‌سایند و سپس لوله‌ی مویین را به چپ و راست خم می‌کنند تا بریده شود. شکل ۸ــ۱ طریقه‌ی بریدن لوله‌ی مویین به‌وسیله‌ی سوهان را نشان می‌دهد.

شکل ۷ــ۱ــ انبر مخصوص بریدن لوله‌ی مویین

الف ــ محل برش را با سوهان بسایید

ب ــ محل برش را به چپ و راست خم کنید تا لوله‌ی مویین بریده شود

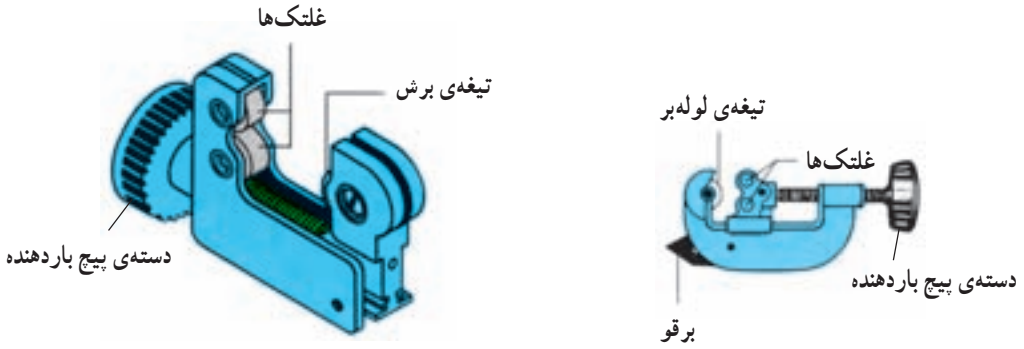


شکل ۸ــ۱ــ روش بریدن لوله‌ی مویین با استفاده از سوهان

۵ــ۱ــ ابزارهای لوله‌کشی

۱ــ۵ــ۱ــ لوله‌بر مسی: برای بریدن لوله‌های مسی نرم از لوله‌بر استفاده می‌شود. روش کار با این ابزار به‌این صورت است که ابتدا لوله را بین غلتک‌ها و تیغه‌ی برش قرار داده، دسته‌ی پیچ باردهنده را می‌پیچانند تا با جدار لوله مماس شود، سپس با چرخاندن لوله‌بر به دور لوله، جدار لوله را خط می‌اندازند و در حالی که لوله‌بر در حال چرخش و برش است با دسته‌ی پیچ باردهنده، بار را کمی افزایش می‌دهند. عمل چرخاندن لوله‌بر به دور لوله و افزایش بار تا زمان قطع کامل لوله ادامه می‌یابد.

شکل ۹ــ۱ قسمت‌های مختلف لوله‌بر مسی و شکل ۱۰ــ۱ چند نوع لوله‌بر مسی را نشان می‌دهد.



شکل ۹ــ۱ــ قسمت‌های مختلف لوله‌بر مسی

شکل ۱۰ــ۱ــ چند نوع لوله‌بر لوله‌ی مسی

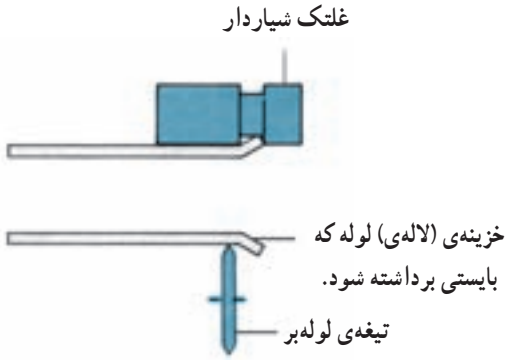
شکل ۱۱ــ۱ نحوه‌ی بریدن لوله‌ی مسی توسط یک نوع لوله‌بر را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱ــ۱ــ طریقه‌ی بریدن لوله‌ی مسی با لوله‌بر

در شکل ۱۲ــ۱ یک نوع لوله‌بر الکتریکی مخصوص بریدن لوله‌ی مسی نشان داده شده است. انرژی الکتریکی لازم توسط باتری قابل شارژ تامین می‌گردد.

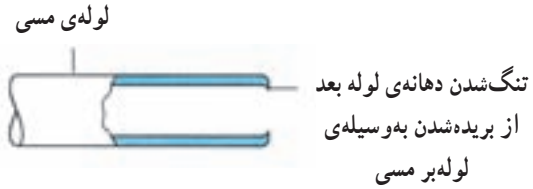
شکل ۱۲ــ۱ــ یک نوع لوله‌بر برقی مخصوص بریدن لوله‌ی مسی

برای بریدن لوله‌های مسی که سر آن‌ها خزینه شده (کونیک شده) از لوله‌بر مخصوصی که در شکل ۱۳ــ۱ نشان داده شده است استفاده می‌شود. غلتک این نوع لوله‌برها شیاردار است و قسمت کونیک شده‌ی لوله درون شیار غلتک قرار می‌گیرد و لوله به‌وسیله‌ی تیغه‌ی لوله‌بر از قسمت بالای کونیک شده (لاله‌شده) بریده می‌شود.



شکل ۱۳ــ۱ــ بریدن لاله‌ی لوله‌ی مسی

۲ــ۵ــ۱ــ برقوی لوله‌ی مسی: همان‌طور که شکل ۱۴ــ۱ نشان می‌دهد، قطر داخلی لوله‌های مسی، پس از آن‌که لوله به وسیله‌ی لوله‌بر بریده شد، کمی جمع و تنگ می‌شود. بدین جهت در لوله‌برها ابزاری به نام برقو وجود دارد که می‌توان با قرار دادن و چرخاندن آن در داخل لوله، قطر داخلی لوله را به حدّ اوّلیه برگرداند. شکل ۱۵ــ۱ لوله‌بر مسی دارای برقو را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴ــ۱

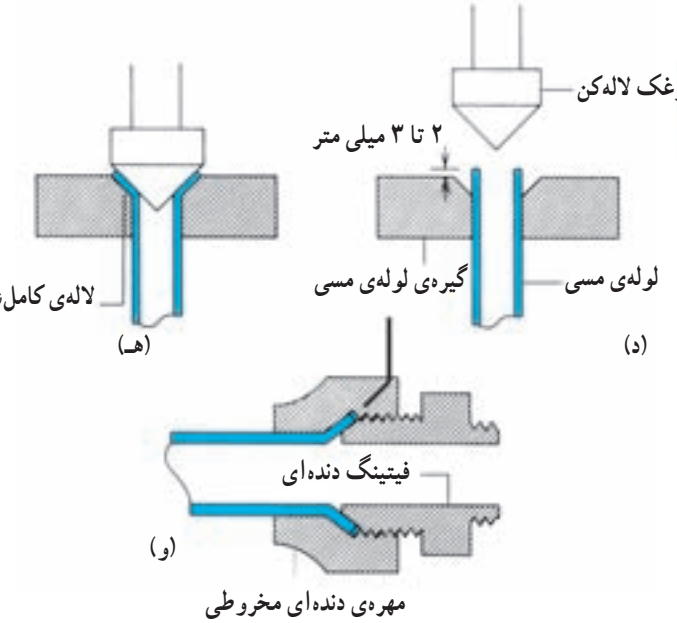
شکل ۱۵ــ۱ــ لوله‌بر با برقو مخصوص لوله‌ی مسی

۳ــ۵ــ۱ــ لاله کن لولـه‌ی مسی: لاله‌کن وسیله‌ای است مخصوص لاله کردن لوله و از دو قسمت تشکیل شده است. بر روی قسمت لوله‌گیر آن (گیره) سوراخ‌هایی وجود دارد که برای قطرهای متفاوت درنظر گرفته شده و اندازه‌های مربوط به هر قطر روی آن حک گردیده است (بعضی برحسب اینچ و بعضی برحسب میلی‌متر). برای لاله کردن، لوله را در سوراخ مناسب قرار داده و پیچ‌های لوله‌گیر را محکم می‌کنیم به‌طوری که لبه‌ی لوله به اندازه‌ی ۲ الی ۳ میلی‌متر از لبه‌ی سوراخ بالاتر قرار گیرد. قسمت دیگر و مجزای ابزار مزبور دارای مخروط فلزی و متحرکی است به نام مرغک که با پیچ و دستگیره‌ی مربوط به بالا و پایین حرکت می‌کند. نوک مرغک را باید به دهانه‌ی لوله‌ی مسی، تا جایی که لبه‌ی لوله‌ی مسی را لاله نماید، فشار داد. سوراخ‌ها دارای خزینه هستند که اجازه می‌دهند لبه‌ی لوله به خوبی در خزینه پرچ گردد. به‌منظور جلوگیری از پرچ شدن خارج از مرکز لوله، لبه‌ی لوله باید کاملاً صاف باشد.

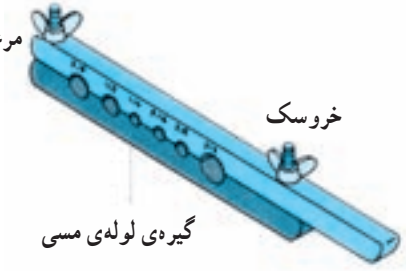
شکل ۱۶ــ۱نمای گسترده‌ای از یک لاله‌کن و شکل ۱۷ــ۱ مراحل مختلف لاله شدن لوله‌ی مسی و اتصال آن به فیتینگ دنده‌ای را نشان می‌دهد. برای لاله کردن ابتدا چند قطره روغن روی نوک مرغک، در جایی که با لوله تماس پیدا می‌کند بمالید. مرغک را $\frac{۱}{۲}$ دور بچرخانید و به اندازه $\frac{۱}{۴}$ دور برگردانید. مجدداً $\frac{۳}{۴}$ دور جلو ببرید و بعد $\frac{۱}{۴}$ دور برگردانید. این عمل را آن‌قدر ادامه دهید تا لوله لاله شود. بعضی از تعمیرکاران با حرکت مداوم مرغک لوله را لاله می‌کنند که این امر امکان ترک خوردن لوله را زیاد می‌کند.

(الف) (ب)

(ج)



شکل ۱۷ــ۱ــ طریقه‌ی لاله‌کردن لوله‌ی مسی

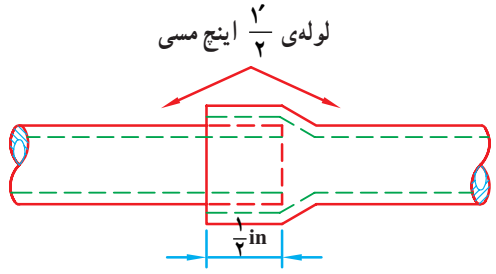


شکل ۱۶ــ۱ــ نمای گسترده‌ی لاله‌کن

در شکل ۱۸ــ۱ چند نوع از ابزار لاله‌کن لوله‌ی مسی نشان داده شده است.

شکل ۱۸ــ۱ــ چند نوع لاله‌کن لوله‌ی مسی

۴ــ۵ــ۱ــ گشاد کن لوله‌ی مسی: به‌منظور جوش دادن دو لوله‌ی هم‌اندازه (مثلاً دو لوله‌ی $\frac{۱}{۲}$ اینچ) می‌بایست یکی از آن‌ها را به اندازه‌ی قطر خارجی لوله گشاد کرد و دیگری را در داخل لوله‌ی گشاد شده قرار داده و آن‌گاه عمل جوشکاری را انجام داد. برای این کار از گشادکن که دارای سه نوع می‌باشد استفاده می‌کنند. طول قسمت گشاد شده‌ی لوله به‌طوری که در شکل ۱۹ــ۱ مشاهده می‌گردد بایستی به‌اندازه‌ی قطر خارجی لوله در نظر گرفته شود.

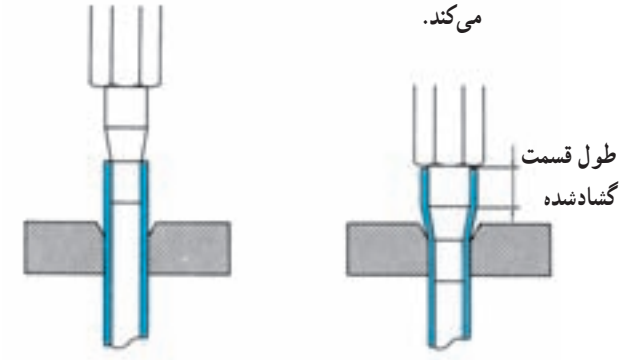


شکل ۱۹ــ۱ــ اتصال دو لوله‌ی هم‌قطر به روش گشادکردن

سنبه‌ی گشادکن: روش کار با سنبه‌ی گشادکن چنین است که لوله را در داخل سوراخ هم‌قطر قالب (گیره‌ی مخصوص) قرار داده، سپس سنبه را بر دهانه‌ی لوله می‌گذارند. با نواختن ضربات چکش بر سنبه، سنبه به اندازه‌ی کافی داخل لوله فرو می‌رود و آن را گشاد می‌کند. شکل ۲۰ــ۱ مراحل مختلف گشاد کردن یک لوله و شکل ۲۱ــ۱ چند نوع سنبه‌ی گشادکن را نشان می‌دهد.

۱ــ سنبه‌ی گشادکن در داخل لوله قرار می‌گیرد.

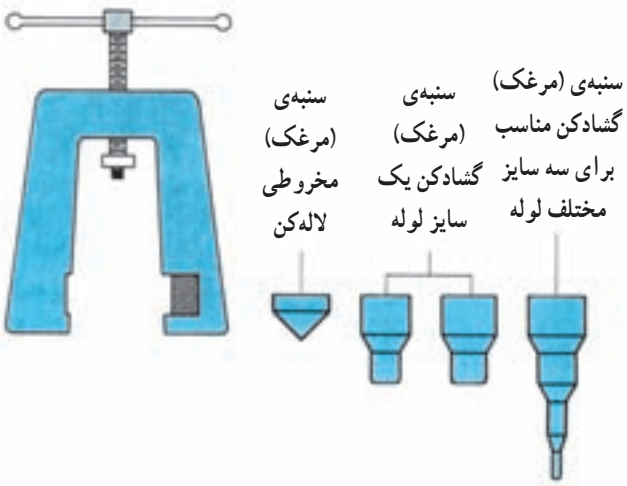
۲ــ سنبه توسط ضربات چکش به لوله داخل شده و لوله را گشاد می‌کند.



شکل ۲۰ــ۱ــ طریقه‌ی گشادکردن لوله‌ی مسی با سنبه‌ی گشادکن

شکل ۲۱ــ۱ــ چند نوع سنبه‌ی گشادکن

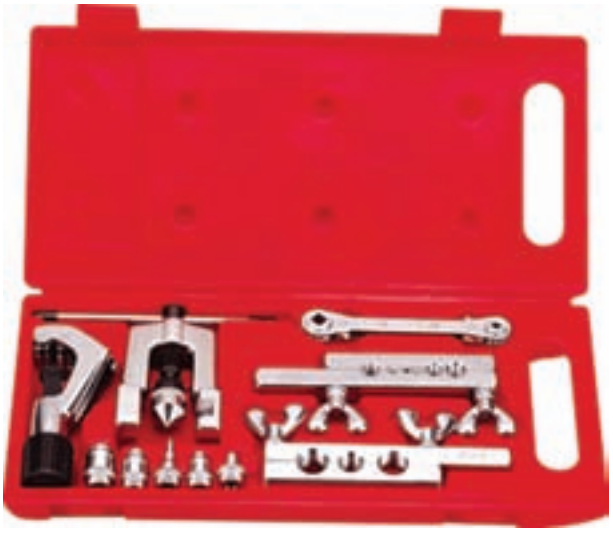
گشادکن و لاله‌کن: این دستگاه گشادکن مشابه ابزار لاله‌کن مورد استفاده قرار می‌گیرد. ابتدا لوله را در سوراخ هم اندازه‌ی خود و با ارتفاعی معادل قطر خارجی لوله از سطح سوراخ گیره‌ی لوله مسی قرار داده و با مرغک مناسب مانند روش لاله‌کردن عمل می‌نماییم. شکل ۲۲ــ۱ نمای گسترده گشادکن و لاله‌کن را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲ــ۱ــ نمای گسترده‌ی گشادکن و لاله‌کن لوله‌ی مسی

شکل ۲۳ــ۱ یک جعبه ابزار گشادکن و لاله‌کن دارای دو عدد گیره و مرغک‌های مختلف گشادکن را نشان می‌دهد و در شکل ۲۴ــ۱ جعبه ابزار دیگری شامل ابزار گیره، گشادکن، لاله‌کن و لوله‌بر لوله مسی نشان داده شده است.

شکل ۲۳ــ۱ــ جعبه ابزار گشادکن و لاله‌کن



شکل ۲۴ــ۱ــ جعبه ابزار دیگری از گشادکن و لاله‌کن به همراه لوله‌بر لوله‌ی مسی

گشادکن اهرمی: نوع دیگر گشادکن لوله‌ها از نوع اهرمی است. شکل ۲۵ــ۱ نمای ظاهری یک دستگاه کامل آن را نشان می‌دهد.

طرز کار با این گشادکن به شرح زیر است :

۱ــ فک باز شونده را متناسب با اندازه‌ی قطر داخلی که باید سر آن گشاد گردد، انتخاب کنید.

۲ــ فک انتخاب شده را به انبر گشادکن وصل کنید.

۳ــ دسته‌ی انبر را به‌طرف بالا بکشید و فک را درون لوله‌ی مسی قرار دهید.

۴ــ به دسته‌ی انبر نیرو وارد کنید (در جهت پایین آوردن اهرم دسته) فک باز شده و سر لوله گشاد می‌شود.

شکل ۲۵ــ۱ــ جعبه‌ی گشادکن اهرمی لوله‌ی مسی با فک‌های مختلف

در شکل ۲۶ــ۱ فک‌های بازشونده‌ی گشادکن اهرمی نشان داده شده است.

شکل ۲۷ــ۱ طریقه‌ی گشادکردن سر لوله‌ی مسی با گشادکن اهرمی را نشان می‌دهد.

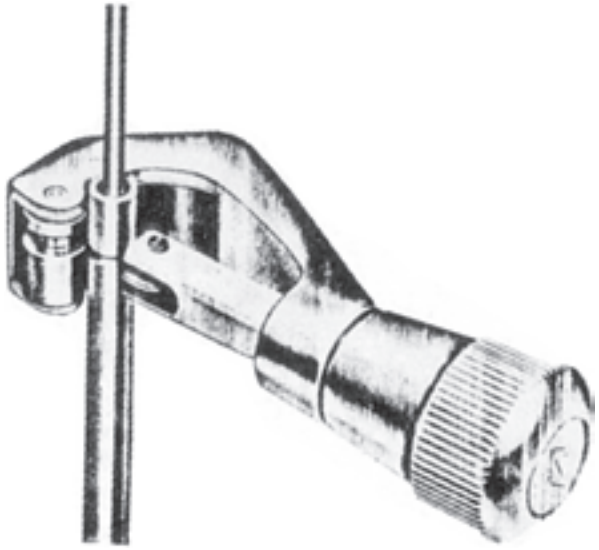
پس از گشادکردن سر لوله‌ی مسی، می‌توان لوله‌ی دیگری که هم قطر این لوله می‌باشد را در لوله‌ی گشادشده قرار داد (شکل ۲۸ــ۱).

شکل ۲۶ــ۱ــ فک‌های بازشونده‌ی گشادکن اهرمی

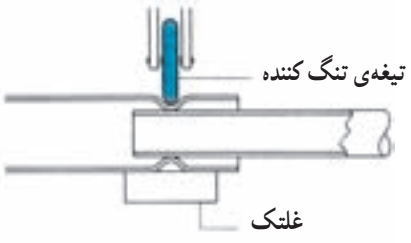
شکل ۲۷ــ۱ــ نحوه‌ی گشادکردن سر لوله‌ی مسی با گشادکن اهرمی

شکل ۲۸ــ۱ــ نحوه‌ی قرارگیری لوله‌ی مسی در لوله‌ی گشاد شده

۵ــ۵ــ۱ــ تنگ کن لوله‌ی مسی: برای جوشکاری و یا لحیم‌کاری دو لوله‌ی کوچک و بزرگ که به راحتی در یکدیگر قرار می‌گیرد، به ابزار مخصوصی نیاز است که قطر خارجی لوله‌ی بزرگ‌تر را فشرده نموده آن را برابر قطر خارجی لوله‌ی کوچک‌تر بگرداند. این ابزار شبیه لوله‌بر مسی است، با این تفاوت که در آن به‌جای استفاده از تیغه از چرخ فشاردهنده استفاده شده است. شکل ۲۹ــ۱ دستگاه تنگ‌کن لوله‌ی مسی و شکل ۳۰ــ۱ نمای یک لوله‌ی مسی تنگ شده به‌وسیله‌ی این ابزار را نشان می‌دهد.



شکل ۲۹ــ۱ــ ابزار تنگ‌کن لوله‌ی مسی



شکل ۳۰ــ۱ــ طریقه‌ی تنگ‌کردن لوله مسی با یک نوع تنگ‌کن

۶ــ۵ــ۱ــ خم‌کن‌های لوله‌ی مسی: خم‌کن‌ها ابزارهایی هستند که برای خم کردن لوله‌های مسی نرم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

لوله‌ها باید طوری خم شوند که در محل خم‌شدن سطح مقطع لوله تغییر نکند و به عبارت دیگر دو پهن نشود.

فنر لوله خم‌کن: فنرهای لوله‌خم‌کن برای خم‌کردن لوله‌های مسی، ممکن است در داخل و یا خارج لوله قرار بگیرند. فنر لوله‌خم‌کن داخلی برای خم کردن سر لوله‌ها و یا لوله‌های لاله شده به‌کار می‌رود درحالی که از فنرهای خارجی در وسط یک لوله با طول زیاد نیز استفاده می‌شود. از فنرهای خارجی بایستی قبل از لاله‌کردن لوله استفاده کرد ولی از فنرهای داخلی قبل و بعد از لاله‌کردن می‌توان استفاده کرد.

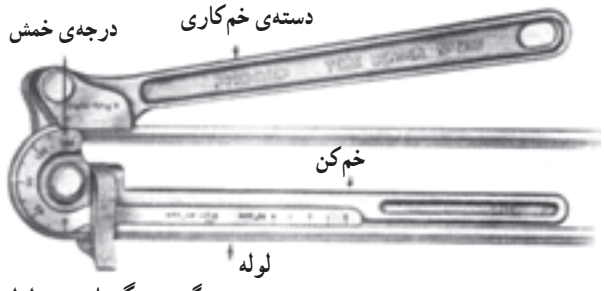
حداقل شعاع خم کردن مطمئن لوله به اندازه‌ی ۵ برابر قطر خارجی لوله می‌باشد. شکل ۳۱ــ۱ تصویر چند فنر لوله‌خم‌کن را نشان می‌دهد. در شکل ۳۲ــ۱ طریقه‌ی استفاده از فنر لوله‌خم‌کن نشان داده شده است.

شکل ۳۱ــ۱ــ چند نوع فنر خم‌کن لوله‌ی مسی

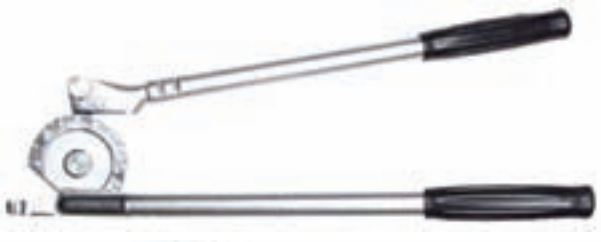
شکل ۳۲ــ۱ــ طریقه‌ی خم‌کردن با استفاده از فنر خم‌کن لوله‌ی مسی

خم‌کن اهرمی: با استفاده از خم‌کن اهرمی می‌توان لوله را تا ۱۸۰ درجه خم کرد. براثر خم کردن طول لوله کمی افزایش می‌یابد. شعاع خمش در خم‌کن‌های اهرمی ثابت است. بر روی این خم‌کن‌ها دو نیم‌دایره‌ی بزرگ و کوچک وجود دارد که به ترتیب برای زاویه‌های ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه مدرّج شده‌اند. علاوه بر آن بر روی آن‌ها یک کانال وجود دارد که برای قطر خاصی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در بعضی از خم‌کن‌ها چند کانال وجود دارد که برای لوله‌های با قطرهای مختلف می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. شکل ۳۳ــ۱ نمای کلی و شکل ۳۴ــ۱ اجزای یک نوع لوله‌خم‌کن اهرمی را نشان می‌دهد. شکل ۳۵ــ۱ تصویر دو نوع خم‌کن اهرمی یک کاناله و چندکاناله را نشان می‌دهد.

شکل ۳۳ــ۱ــ لوله‌خم‌کن اهرمی



شکل ۳۴ــ۱ــ اجزای لوله‌خم‌کن اهرمی



شکل ۳۵ــ۱ــ لوله‌خم‌کن اهرمی یک کاناله و چندکاناله

در شکل ۳۶ــ۱ یک نوع لوله‌خم‌کن مسی نشان داده شده است.

شکل ۳۶ــ۱ــ لوله‌خم‌کن مخصوص لوله مسی

۷ــ۵ــ۱ــ کورکن لوله‌ی مسی: در موارد خاص (بعد از خاتمه‌ی شارژ گاز یک سیکل تبرید) ضرورت دارد که انتهای لوله‌ی مسی موجود در یک مدار مسدود گردد (کور شود). برای این منظور از ابزاری به نام کورکن لوله استفاده می‌شود. نوع متداول آن شبیه انبر قفلی و طرز کار آن نیز مانند انبر قفلی است، با این تفاوت که فک‌های آن گوه‌ای‌شکل است، به‌طوری‌که وقتی دستگاه قفل شود لوله مابین فک‌ها له شده، به‌طور نسبی مسدود می‌گردد. بنابراین باید سر لوله‌ی کور شده جوشکاری شود. شکل ۳۷ــ۱ دستگاه کورکن لوله از نوع انبرقفلی و طریقه‌ی کار با آن را نشان می‌دهد.

شکل ۳۷ــ۱ــ کورکن لوله مسی از نوع انبر قفلی و طریقه‌ی کار با آن

۶ــ۱ــ نکات فنی و ایمنی در کار با لوله‌ی مسی

۱ــ برای بریدن لوله‌ی مسی نرم از لوله‌بر و برای بریدن لوله‌ی مسی سخت از کمان اره با تیغ اره‌ی ۳۲ دنده در اینچ استفاده کنید.

۲ــ بعد از بریدن لوله سر لوله‌های بریده شده را برقو بزنید. در داخل لوله هیچ‌گونه براده‌ای نباید وجود داشته باشد.

۳ــ بعد از بریدن لوله سر مابقی لوله را با درپوش ببندید تا از ورود رطوبت به داخل لوله جلوگیری شود.

۴ــ خم کردن لوله بایستی کاملاً آهسته و با دقت انجام شود و حداقل شعاع خم رعایت گردد.

۵ــ برای لاله کردن لوله تحت هیچ شرایطی نباید سنبه را محکم بپیچید.

۶ــ همواره مهره را قبل از لاله کردن در لوله قرار دهید.

۷ــ برای خم‌کاری و لاله کردن لوله‌های کهنه و سخت، باید آن‌ها را نرم کرد.

برای نرم کردن لوله نخست لوله را گرم کنید تا رنگ آبی پیدا کند سپس اجازه دهید تا به آهستگی در هوا سرد شود.

۸ ــ هنگام جوشکاری با گاز از روپوش کار، دستکش و عینک سبز استفاده کنید و کلیه‌ی نکات ایمنی در زمان جوشکاری را رعایت نمایید.

۹ــ در حفظ و نگهداری ابزار کار خود کوشا باشید.

۱۰ــ به منظور حفظ محیط زیست، برای نشت‌یابی از مبرّدهای فریونی استفاده نکنید. (مبردهایی که در ترکیب شیمیایی آن‌ها گاز کلر وجود دارد)

۷ــ۱ــ آزمایش لوله‌کشی مسی

پس از نصب، لوله‌کشی و یا تعویض هر قطعه از اجزای سیکل تبرید، باید از کلیه‌ی محل‌های اتصال بازدید و آزمایش نشت‌یابی به‌عمل آید تا اطمینان حاصل شود که در سیستم نشتی وجود ندارد. یکی از روش‌های نشت‌یابی مدار لوله‌کشی استفاده از گاز ازت برای تحت فشار قرار دادن سیستم است که آن را شرح می‌دهیم.

۱ــ۷ــ۱ــ استفاده از گاز ازت: گاز ازت (نیتروژن) هم به دلیل خاصیت جذب رطوبت و هم به دلیل بی‌اثر بودن، برای تحت فشار قراردادن سیستم گاز مناسب است. این گاز معمولاً در کپسول‌های فولادی مخصوص که بسیار مقاوم است به بازار عرضه می‌شود. رنگ استاندارد این کپسول‌ها سیاه است. هر کپسول ازت یک شیر فلکه‌ی برنجی برای پرکردن آن و یا خروج گاز از آن دارد که به‌وسیله‌ی یک کلاهک فولادی محافظت می‌شود.

چون گاز ازت در کپسول تحت فشار زیاد ذخیره شده است هنگام استفاده از آن باید فشار را تقلیل داد و این کار با رگولاتور انجام می‌شود.

روش نشت‌یابی بدین‌ترتیب است که ابتدا فشاری حدود ۳۰psi از طریق کپسول گاز ازت وارد سیستم می‌کنیم و تمام قطعات و محل‌های اتصال سیستم را با کف صابون می‌پوشانیم. در این فشار نشت‌های بزرگ اگر وجود داشته باشد پیدا می‌شود. سپس به تدریج فشار سیستم را، برای یافتن نشت‌های کوچک به ۷۵psi تا ۱۰۰psi افزایش می‌دهیم. برای اطمینان بیش‌تر می‌توان فشار تست (آزمایش) را تا ۱/۵ برابر فشار کار هریک از قسمت‌های سیستم بالا برد.

متأسفانه اغلب سرویس کاران به جای استفاده از گاز ازت از هوای فشرده که توسط کمپرسور هوا تولید می‌شود، استفاده می‌کنند که عملاً مقداری بخار آب وارد سیستم می‌شود.

تذکر مهم: به دلیل وجود روغن درون لوله‌ها و قسمت‌های مختلف سیستم، هیچ‌گاه به‌جای گاز ازت از اکسیژن فشرده استفاده نکنید زیرا خطر انفجار وجود دارد.[۱]

۸ــ۱ــ دستور کار شماره‌ی ۱: بریدن، برقو زدن، گشاد کردن و اتصال دو لوله‌ی مسی به یک‌دیگر به روش لحیم سخت (جوش برنج)

مواد و وسایل لازم: لوله‌ی مسی به قطر ۸ میلی‌متر و طول ۱۱ سانتی‌متر، سیم‌جوش برنج و تنه کار (روان‌ساز) برنج.

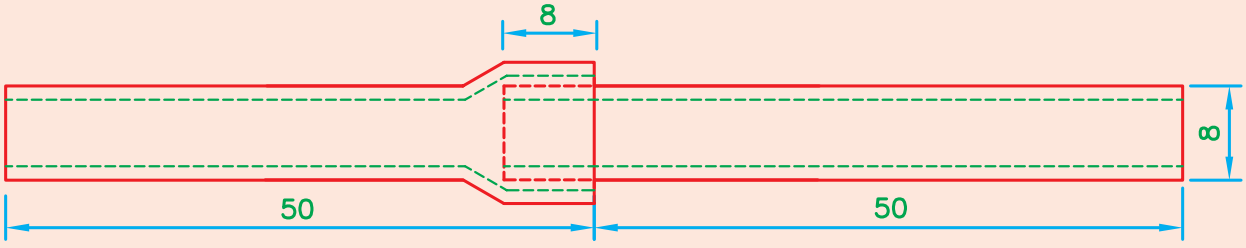
ابزار مورد نیاز: متر فلزی، لوله‌بر مسی برقودار، دستگاه جوش اکسی‌استیلن با مشعل جوشکاری مناسب، سربک، گیره‌ی لوله‌ی‌مسی، عینک جوشکاری، فندک جوشکاری، دستگاه گشادکن و انبردست.

مراحل انجام کار

۱ــ با استفاده از متر محل برش را براساس نقشه‌ی شکل ۳۸ــ۱ علامت‌گذاری کنید.

۲ــ با استفاده از لوله‌بر مسی در محل علامت‌گذاری شده، برش ایجاد کنید و برقو بزنید.

۳ــ یک سر یکی از لوله‌ها را (متناسب با قطر لوله) در گیره‌ی لوله‌ی مسی قرار دهید به‌طوری که سر لوله کمی بیش از ۸mm (معادل قطر خارجی لوله) بیرون باشد و به وسیله‌ی دستگاه گشادکن لوله‌ی مسی، آن را گشاد کنید.



شکل ۳۸ــ۱ــ نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۱

۱ــ به دلیل شباهت کپسول‌های ازت و اکسیژن از نظر رنگ و ابعاد بهتر است قبل از استفاده از کپسول توسط یک تکه چوب نیم‌سوز با رعایت نکات ایمنی از نوع گاز داخل کپسول اطمینان حاصل شود. اگر گاز داخل کپسول اکسیژن باشد چوب نیم سوز برافروخته‌تر می‌شود توجه داشته باشید که خروج گاز از کپسول از طریق رگولاتور باشد.

۴ــ یک سر لوله‌ی دوم را مطابق شکل ۳۸ــ۱ در داخل قسمت گشادشده‌ی لوله‌ی اوّل قرار دهید.

۵ ــ قطعه‌ی کار را به گیره‌ی مخصوص لوله ببندید.

۶ــ مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۷ــ محل جوش را کمی گرم کنید و سیم جوش برنج را حرارت داده به روان‌ساز آغشته کنید.

۸ــ دور تا دور محل اتصال را جوشکاری کنید.

۹ــ مشعل را خاموش کنید و با استفاده از انبر، قطعه‌ی کار را از روی گیره باز کرده، اجازه دهید سرد شود و تحویل هنرآموز کارگاه دهید.

۱۰ــ گزارش مراحل انجام کار را در دفتر مخصوص گزارش کار بنویسید.

۹ــ۱ــ دستور کار شماره‌ی ۲: تنگ کردن و کور کردن لوله‌ی مسی، بریدن و جوشکاری لوله‌ی مویین، اتصال لوله‌های مسی به روش لحیم سخت (جوش نقره)

مواد و وسایل لازم: لوله‌ی مسی به قطر ۱۲ میلی‌متر و طول ۱۰ سانتی‌متر، لوله‌ی مسی به قطر ۶ میلی‌متر و طول ۱۲ سانتی‌متر، لوله‌ی مویین به قطر و طول دلخواه، سیم‌جوش نقره و روان‌ساز نقره.

ابزار موردنیاز: متر فلزی، دستگاه تنگ‌کن لوله‌ی مسی، کورکن لوله‌ی مسی، لوله‌بر مسی، انبر مخصوص بریدن لوله‌ی مویین یا سوهان سه‌گوش، دستگاه جوش اکسی‌استیلن با مشعل و سربک جوشکاری مناسب، گیره‌ی لوله‌ی‌مسی، فندک و عینک جوشکاری و انبردست.

مراحل انجام کار

۱ــ با استفاده از متر فلزی و با توجه به نقشه‌ی شکل ۳۹ــ۱، دو سر لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر و طول ۱۰ سانتی‌متر را به اندازه‌ی یک سانتی‌متر علامت بزنید.

۲ــ لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر را حدود ۳ سانتی‌متر داخل لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر قرار دهید.

۳ــ در حالی‌که لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر داخل لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر قرار دارد، به وسیله‌ی تنگ‌کن لوله‌ی مسی در محل علامت‌گذاری شده مطابق شکل ۳۹ــ۱ لوله را تنگ کنید.

۴ــ سر دیگر لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر را نیز مطابق طرف اوّل تنگ کنید.

۵ــ به‌وسیله‌ی لوله‌بر مسی، لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر را از وسط ببرید و برقو بزنید.

۶ــ یکی از لوله‌های به قطر ۶ میلی‌متر و طول ۶ سانتی‌متر را داخل یک سر لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر که قبلاً با ایجاد پاشنه تنگ شده است قرار دهید.

۷ــ قطعه کار را به گیره‌ی مخصوص لوله ببندید.

۸ــ مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۹ــ سیم‌جوش نقره را کمی گرم کرده به روان‌ساز آغشته کنید.

۱۰ــ محل اتصال را جوشکاری نمایید.

۱۱ــ مشعل را خاموش کنید.

۱۲ــ با استفاده از انبردست، قطعه کار را از گیره بازکرده، سر دیگر را به گیره ببندید.

۱۳ــ قطعه‌ی دوم لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر را در داخل طرف دوم لوله به قطر ۱۲ میلی‌متر که قبلاً تنگ شده است قرار دهید.

۱۴ــ مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۱۵ــ محل اتصال را کمی گرم کرده سپس با استفاده از سیم‌جوش نقره‌ای آغشته به روان‌ساز آن را جوشکاری نمایید.

۱۶ــ مشعل را خاموش کنید.

۱۷ــ بعد از سرد شدن قطعه‌ی کار، در فاصله‌ی ۲ الی ۳ سانتی‌متری سر لوله‌ی ۶ میلی‌متری، آن را با کورکن لوله‌ی مسی مسدود کنید.

۱۸ــ لوله‌ی مویین را داخل طرف دوم لوله‌ی ۶ میلی‌متری در عمق ۳ الی ۴ سانتی‌متری قرار دهید و لب‌های انتهایی لوله‌ی ۶ میلی‌متری را به آرامی با انبردست به‌هم دیگر فشار دهید تا لوله به‌طور نسبی مسدود شود (شکل ۳۹ ــ۱).

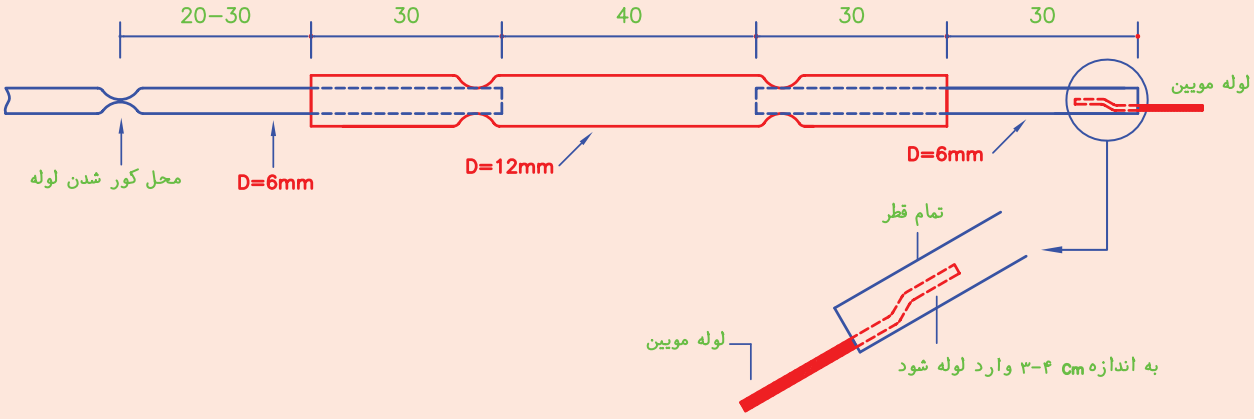
۱۹ــ مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۲۰ــ محل کور شده و محل اتصال لوله‌ی مویین به لوله‌ی

۶ میلی‌متری را با سیم‌جوش نقره‌ی آغشته به روان‌ساز جوشکاری نمایید.

۲۱ــ مشعل را خاموش کنید و با استفاده از انبردست، قطعه‌ی کار را از روی گیره باز کرده اجازه دهید سرد شود. آن‌گاه آن را تحویل هنرآموز کارگاه دهید.

۲۲ــ گزارش کار را در دفتر یادداشت کنید.



شکل ۳۹ــ۱ــ نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۲

۱۰ــ۱ــ دستور کار شماره‌ی ۳: خم کردن و لاله کردن لوله‌ی مسی، اتصال چند لوله‌ی مسی به روش فیتینگ فشاری

مواد و وسایل لازم: لوله‌ی مسی به قطر ۶ میلی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر، لوله‌ی مسی به قطر ۸ میلی‌متر و طول تقریبی ۵۸ سانتی‌متر، لوله‌ی مسی به قطر ۱۰ میلی‌متر و طول ۱۰ سانتی‌متر، مغزی تبدیل ۸×۱۰ میلی‌متر همراه با مهره‌ها، مغزی تبدیل ۶×۸ میلی‌متر با مهره‌ها، مغزی ۸ میلی‌متر با مهره‌ها.

ابزار مورد نیاز: متر فلزی، لوله‌بر مسی، دستگاه لاله‌کن، خم‌کن اهرمی لوله‌ی مسی، ۲ عدد آچار فرانسه‌ی نمره ۸ (اینچ) یا آچار دو سر تخت مناسب، فنر خم‌کن لوله مسی نمره ۶ و ۸.

مراحل انجام کار

۱ــ ۱۰ سانتی‌متر از لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر (لوله‌ی A) جدا کرده (از طرف سر اوّل لوله) آن را علامت‌گذاری کنید (مطابق نقشه‌ی شکل ۴۰ــ۱).

۲ــ با استفاده از دستگاه لوله‌خم‌کن اهرمی لوله‌ی A را در محل علامت‌گذاری شده در کانال دستگاه خم‌کن قرار دهید (علامت روی لوله، مقابل صفر درجه قرار می‌گیرد) و سپس یک خم ۹۰° بزنید.

۳ــ یک عدد مهره ۶ میلی‌متری از سر اوّل لوله‌ی A در جهت صحیح عبور داده سپس سر اوّل لوله‌ی A را در سوراخ شماره‌ی ۶ میلی‌متری گیره دستگاه لاله‌کن قرار دهید به‌طوری‌که سر لوله ۲ میلی‌متر از سطح گیره بیرون باشد، سپس پیچ‌های خروسکی گیره را محکم کنید و با استفاده از ابزار لاله‌کن، لوله را لاله کنید.

۴ــ لوله را از گیره باز کنید و یک عدد مهره‌ی ۶ میلی‌متری درون لوله (از طرف سر دوم لوله) در جهت صحیح قرار دهید و سپس سر دوم لوله را لاله کنید.

۵ــ با استفاده از متر در روی لوله‌ی ۸ میلی‌متری یک اندازه‌ی ۱۰ سانتی‌متری علامت‌گذاری کنید و از محل علامت‌گذاری شده خم ۱۸۰° بزنید و با استفاده از لوله‌بر مسی طول اضافی سر دوم لوله را ببرید به‌طوری که هر دو سر لوله هم‌سطح باشند (لوله‌ی B).

۶ــ دو عدد مهره‌ی ۸ میلی‌متری را در دو سر لوله‌ی B (لوله‌ی U شده) در جهت صحیح قرار دهید.

۷ــ با استفاده از دستگاه لاله‌کن دو سر لوله‌ی B را

لاله کنید.

۸ ــ بر روی لوله‌ی باقی‌مانده‌ی ۸ میلی‌متری (لوله‌ی C) یک اندازه‌ی ۱۰ سانتی‌متری علامت‌گذاری کنید و آن را از محل علامت‌گذاری شده و با استفاده از دستگاه خم‌کن، خم ۹۰° بزنید.

۹ــ در دو سر لوله‌ی C مهره‌ی ۸ میلی‌متری در جهت صحیح قرار دهید و سپس با استفاده از دستگاه لاله‌کن دو سر لوله را لاله کنید.

۱۰ــ بر روی لوله‌ی ۱۰ میلی‌متری و به طول ۱۰ سانتی‌متر (لوله‌ی D) دو عدد مهره‌ی ۱۰ میلی‌متری قرار دهید.

۱۱ــ با استفاده از دستگاه لاله‌کن دو سر لوله‌ی D را لاله کنید.

۱۲ــ با یک عدد مغزی تبدیل ۸×۶ میلی‌متری و با استفاده از دو عدد آچار تخت، سر دوم لوله‌ی A را به سر اوّل لوله‌ی B متصل کنید (با یک آچار مغزی را نگه دارید و با آچار دومی مهره را سفت کنید).

۱۳ــ با یک عدد مغزی ۸ میلی‌متری و با استفاده از دو عدد آچار تخت، سر دوم لوله‌ی B را به سر اوّل لوله‌ی C متصل کنید.

۱۴ــ به‌وسیله‌ی یک عدد مغزی تبدیل ۸×۱۰ سر دوم لوله‌ی C را به لوله‌ی D متصل کنید.

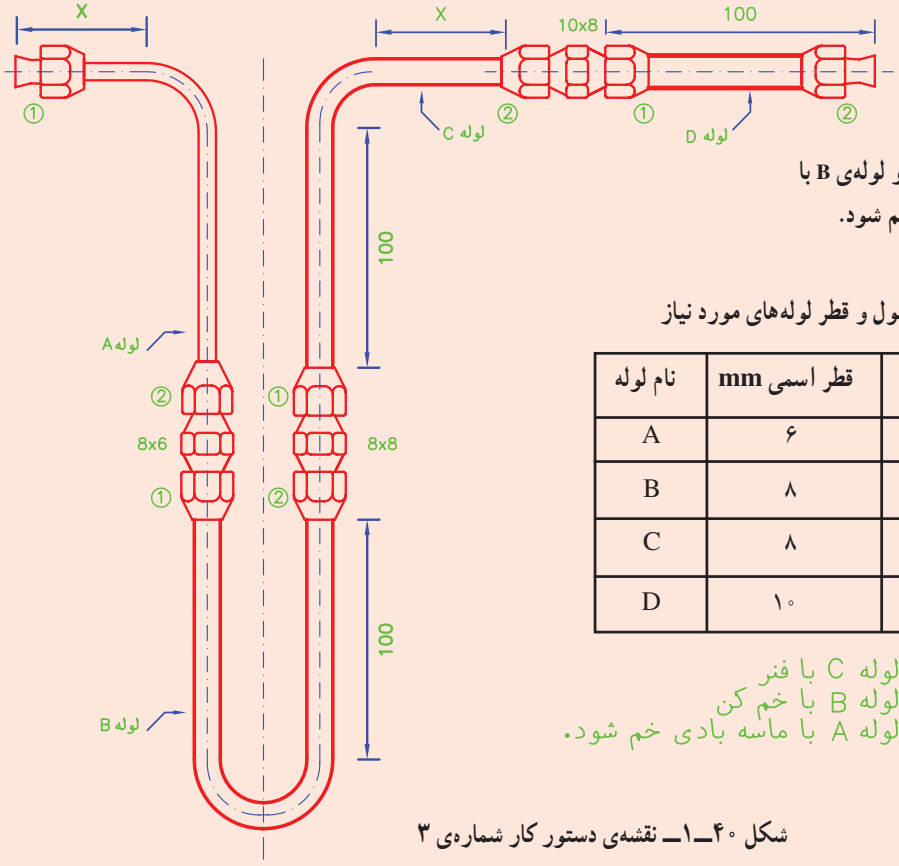
۱۵ــ شکل ۴۰ــ۱ نقشه‌ی کار تمام شده‌ی مراحل گفته شده‌ی فوق را نشان می‌دهد.

تذکر ۱: اندازه‌هایی که با حرف X بر روی شکل ۴۰ــ۱ نوشته شده طولی است که بعد از انجام عملیات خم‌کاری باقی می‌ماند و اندازه‌ی دقیقی برای آن‌ها نمی‌توان ذکر کرد (چون شعاع‌های خمش دستگاه‌های خم‌کن با هم‌دیگر فرق دارند).

تذکر ۲: اعدادی که درون دایره بر روی شکل ۴۰ــ۱ نشان داده شده است، سرهای اوّل و دوم لوله را مشخص می‌کند.

تذکر ۳: برای صرفه‌جویی در مصرف لوله‌ی مسی می‌توانید طول لوله‌ها را کم‌تر بگیرید.

۱۶ــ گزارشِ کار را در دفتر یادداشت کرده و برای کنترل به هنرآموز کارگاه تحویل دهید.



لوله‌ی A و C با فنر و لوله‌ی B با خم‌کن اهرمی خم شود.

طول و قطر لوله‌های مورد نیاز

نام لوله	قطر اسمی mm	طول cm
A	۶	۲۵
B	۸	۳۲
C	۸	۲۶
D	۱۰	۱۰

لوله C با فنر
لوله B با خم کن
لوله A با ماسه بادی خم شود.

شکل ۴۰ــ۱ــ نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۳

۱۱ــ۱ــ دستور کار شماره‌ی ۴: اتصال چند لوله‌ی مسی به روش فیتینگ بوشنی

مواد و وسایل لازم: لوله‌ی مسی به قطر ۶ میلی‌متر و طول ۳۰ سانتی‌متر، لوله به قطر ۱۲ میلی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر، زانو ۹۰° بلند (با استفاده از خم‌کن و یک تکه لوله به قطر ۱۲میلی‌متر یک زانو ۹۰° بسازید).

بوشن تبدیل (لحیمی) ۱۲×۶ میلی‌متر، بوشن ۱۲ میلی‌متری، بوشن ۶ میلی‌متری، مهره‌ی ۶ میلی‌متری، مهره‌ی ۱۲ میلی‌متری، درپوش ۱۲ میلی‌متری، مغزی ۶ میلی‌متری، سیم جوش نقره، تنه‌کار نقره، فرچه و محلول کف صابون.

ابزار مورد نیاز: متر فلزی، لوله‌بر مسی، دستگاه لاله‌کن، دستگاه خم‌کن، دستگاه جوش اکسی‌استیلن با مشعل و سربک مناسب، گیره‌ی لوله‌ی‌مسی، عینک جوشکاری، فندک، کپسول گاز ازت به همراه رگولاتور گاز ازت، شلنگ با مهره‌ی ۶ میلی‌متری فشارقوی، آچار فرانسه یا آچار دو سر تخت مناسب و انبردست.

مراحل انجام کار

۱ــ با استفاده از متر و لوله‌بر مسی، لوله‌ی ۶ میلی‌متری به طول ۳۰ سانتی‌متر را از وسط ببرید و سرهای انتهایی آن را برقو بزنید (با توجه به نقشه‌ی شکل ۴۱ــ۱).

۲ــ با استفاده از متر بر روی یکی از لوله‌های ۶ میلی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر یک اندازه‌ی ۵ سانتی‌متر علامت‌گذاری کنید و از محل علامت‌گذاری شده با دستگاه خم‌کن (فنر لوله‌خم‌کن)، خم ۹۰° بزنید.

۳ــ یک مهره‌ی ۶ میلی‌متر از طرف سر علامت‌گذاری شده درون لوله قرار دهید و همان سر را با دستگاه لاله‌کن، لاله کنید.

۴ــ با استفاده از متر بر روی لوله‌ی ۱۲ میلی‌متری و طول ۲۵ سانتی‌متر یک اندازه‌ی ۵ سانتی‌متر علامت‌گذاری کنید و از محل علامت‌گذاری شده با دستگاه خم‌کن، خم ۱۸۰° بزنید.

۵ــ یک مهره‌ی ۱۲ میلی‌متر از طرف سر دوم لوله‌ی ۱۲ میلی‌متر درون لوله قرار دهید و همان سر را با دستگاه لاله‌کن لاله کنید.

۶ــ با استفاده از بوشن ۶ میلی‌متری یک سر لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر به سر صاف لوله‌ی ۶ میلی‌متر دومی (لوله‌ای که روی آن خم ۹۰° ایجاد شده است) وصل کنید و مجموعه را به گیره‌ی لوله مسی ببندید.

۷ــ مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۸ــ محل جوشکاری را گرم کنید و سپس دور تا دور پاشنه‌ی هر دو طرف بوشن را جوشکاری کنید.

۹ــ مشعل را خاموش کنید.

۱۰ــ بعد از سرد شدن قطعه‌ی کار آن را از گیره باز کنید.

۱۱ــ به همین روش و همین ترتیب، مطابق شکل ۴۱ــ۱، دیگر اجزای نقشه‌ی کار را به‌هم دیگر وصل و سپس جوشکاری کنید.

۱۲ــ بعد از سرد شدن قطعه‌ی کار (بعد از اتمام جوشکاری) با استفاده از آچار فرانسه یک عدد درپوش ۱۲میلی‌متری را به مهره‌ی ۱۲ میلی‌متری محکم ببندید.

۱۳ــ با استفاده از آچار فرانسه یا آچار تخت یک عدد مغزی ۶ میلی‌متری را به مهره‌ی ۶ میلی‌متری وصل کنید.

۱۴ــ با یک شلنگ مغزی ۶ میلی‌متری متصل به لوله‌کشی را به لوله‌ی خروجی رگولاتور گاز ازت وصل کنید (برای اتصال شلنگ به رگولاتور، بسته به نوع رگولاتور، ممکن است نیاز به استفاده از تبدیل باشد).

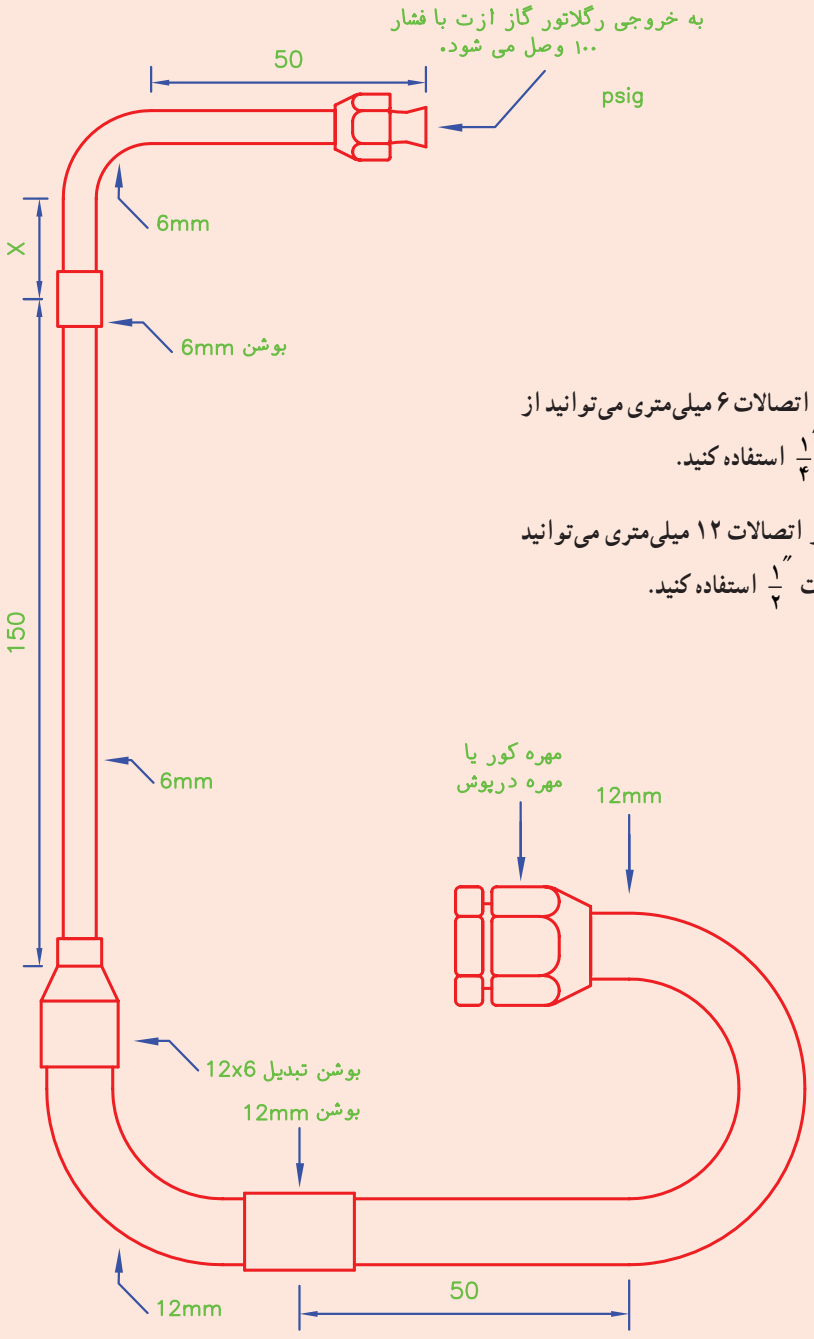
۱۵ــ شیر خروجی رگولاتور را ببندید و سپس شیر روی کپسول گاز ازت را باز کنید.

۱۶ــ با پیچ تنظیم فشار رگولاتور، فشار خروجی گاز ازت را بر روی ۷۵psig الی ۱۰۰psig تنظیم کنید.

۱۷ــ شیر خروجی رگولاتور را باز کنید و سپس با فرچه محلول کف صابون را به تمام قطعات و اتصالات لوله‌کشی بمالید.

۱۸ــ در صورت مشاهده نشدن حباب، لوله‌کشی نشتی ندارد ؛ در این‌صورت قطعه کار خود را تحویل هنرآموز کارگاه دهید و گزارش کار را در دفتر مخصوص یادداشت کنید.

۱۹ــ در صورت مشاهده‌ی حباب، پس از رفع نشت، مجدداً آن را تست کنید.



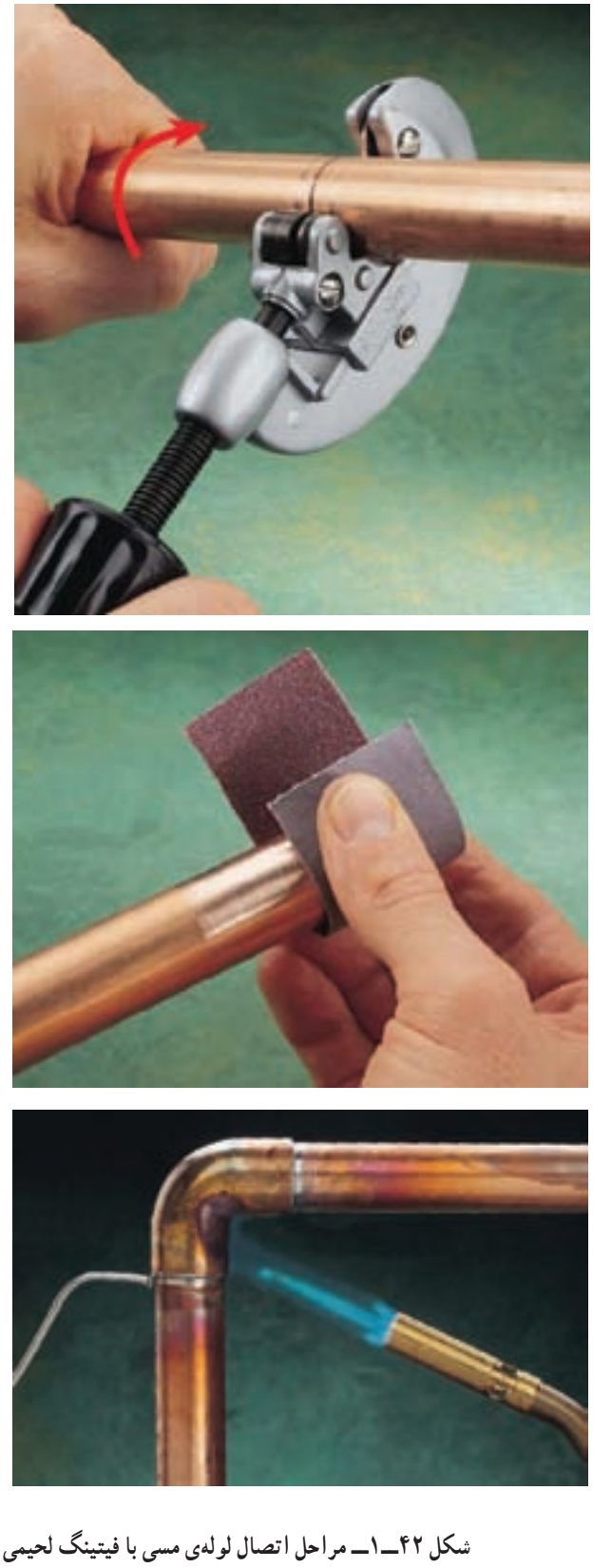
توجه:

۱ــ به جای لوله و اتصالات ۶ میلی‌متری می‌توانید از لوله و اتصالات $\frac{1}{4}''$ استفاده کنید.

۲ــ به جای لوله و اتصالات ۱۲ میلی‌متری می‌توانید از لوله و اتصالات $\frac{1}{2}''$ استفاده کنید.

شکل ۴۱ــ۱ــ نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۴

در شکل ۴۲ــ۱ برخی از مراحل اتصال لوله‌ی مسی با استفاده از فیتینگ‌های بوشنی (لحیمی) نشان داده شده است.



شکل ۴۲ــ۱ــ مراحل اتصال لوله‌ی مسی با فیتینگ لحیمی

پرسش‌های فصل اوّل

۱ــ انواع لوله‌های مسی ACR را نام ببرید و موارد استفاده‌ی آن‌ها را بنویسید.
۲ــ نرم کردن چیست و در چه مواقعی از آن استفاده می‌شود؟
۳ــ موارد استفاده‌ی فیتینگ‌های دنده‌ای و بوشنی لوله‌های مسی را بنویسید.
۴ــ برای بریدن لوله‌های مویین از چه ابزارهایی استفاده می‌شود؟
۵ ــ فرق بین لوله‌بر و لوله‌تنگ‌کن را بنویسید.
۶ ــ علت برقو زدن لوله‌های مسی را بیان کنید.
۷ــ انواع گشادکن‌های لوله مسی را نام ببرید.
۸ــ موارد استفاده‌ی فنرهای خم‌کن خارجی و داخلی را بنویسید.
۹ــ موارد استفاده و انواع خم‌کن‌های اهرمی را بیان کنید.
۱۰ــ موارد استفاده‌ی کورکن‌های لوله‌ی مسی را بنویسید.
۱۱ــ برای نشت‌یابی لوله‌کشی از چه گازی باید استفاده کرد؟ چرا؟
۱۲ــ بیش‌تر و یا کم‌تر بیرون آمدن سر لوله از گیره‌ی دستگاه لاله‌کن، چه اشکالاتی در هنگام لاله‌کردن لوله به‌وجود خواهد آورد؟

تذکر: پرسش‌ها و پاسخ آن‌ها را در دفتر گزارش کار بنویسید و جهت بررسی به هنرآموز کارگاه تحویل دهید.

آندره سلسیوس

آندره سلسیوس را بیش‌تر به‌عنوان یک فیزیک‌دان می‌شناسند که با ارائه‌ی مقیاسی جهانی درباره‌ی دمای انجماد و جوش آب در گوشه و کنار جهان شناخته شده است. با این حال دانستن این نکته جالب است که وی بیش‌تر از آن که یک فیزیک دان مشهور باشد یک ستاره‌شناس زبده است که در زمینه‌ی رصد اجرام آسمانی در میان سایر منجمان اعتبار و بزرگی خاصی دارد. پدر وی که در قرن ۱۸ میلادی موفق به دریافت نشان استاد تمامی (پروفسوری) از دانشگاه معروف آن زمان اروپا یعنی آپسالا شده بود کمک زیادی به وی کرد تا در زمینه‌ی نجوم به چهره‌ای جهانی تبدیل شود. این دانشمند سرشناس به همراه یکی از دوستانش توانست کشف کند که در لحظات سپیده‌دم عملکرد عقربه‌ی قطب‌نماها دچار تغییراتی می‌شود. این دانشمند برجسته در سال ۱۷۴۴ و در ۴۲ سالگی در حالی که بسیاری از پروژه‌های علمی و تحقیقاتی‌اش ناتمام مانده بود از دنیا رفت.

دانیل گابریل فارنهایت

در چهاردهم ماه می سال ۱۶۸۶، دانیل گابریل فارنهایت فیزیک‌دان بزرگ آلمانی در بندر ساحلی (گی‌دنسک/ Gdansk) در قلمرو پادشاهی پروشا متولد شد. این شهر ساحلی اکنون در کشور آلمان واقع است.

در سال ۱۷۰۲ زمانی که فارنهایت ۱۶ سال بیش‌تر نداشت پدر و مادر خود را از دست داد. والدین او به‌خاطر این‌که تصادفاً قارچ سمی خورده بودند جان خود را از دست دادند. وی در همین سال در شهر آمستردام، آموزش‌هایش را برای پرداختن به بازرگانی آغاز کرد و بیش‌تر عمر خود را در این شهر سپری کرد. با وجود این‌که او به بازرگانی روی آورده بود به علوم طبیعی نیز علاقه داشت و همین سبب شد تا مطالعات و آزمایش‌هایی را در همین زمینه شروع کند.

در سال ۱۷۱۷، فارنهایت در شهر لاهه که پایتخت هلند است مقیم شد. در این شهر وی با ساختن **فشارسنج**، **ارتفاع‌سنج** و **دماسنج** به تجارت شیشه آلات پرداخت. دماسنج‌های او از اعتبار و اعتماد بالایی برخوردار بودند. تا زمان او در ساخت دماسنج از شیشه‌های کروی استفاده می‌شد تا این‌که او توانست شیشه‌های استوانه‌ای را بسازد. با وجود این، روش او برای ساخت دماسنج جیوه‌ای تا هجده سال مانند رازی پنهان ماند که البته دلایل تجاری داشت.

وی در شانزدهم سپتامبر ۱۷۳۶ در ۵۰ سالگی در شهر لاهه درگذشت.

مقیاس فارنهایت: طبق مقاله‌ای که فارنهایت در سال ۱۷۲۴ نوشت، مقیاس دماسنج خود را براساس سه نقطه ثابت دمایی تعیین کرد. پایین‌ترین نقطه‌ی ثابت را با استفاده از مخلوطی به تعادل رسیده از کلرید آمونیاک (نوعی نمک)، آب و یخ خشک معین کرد. به این ترتیب که دماسنج جیوه‌ای یا الکلی را در این مخلوط قرار داد و ماده‌ی درون دماسنج به پایین‌ترین نقطه‌ی خود رسید. بر روی دماسنج در این نقطه علامت $0^{\circ}F$ درج شده بود. دومین

نقطه‌ی ثابتی که برای خواندن دماسنج انتخاب کرد نقطه‌ای بود که در سطح آب، یخ شروع به شکل‌گیری می‌کند. در کنار این نقطه نیز $32^{\circ}F$ درج شد. سومین نقطه‌ی ثابت که $96^{\circ}F$ بود، دمای طبیعی بدن انسان بود که در آن دماسنج، زیر بغل یا درون دهان قرار می‌گرفت.

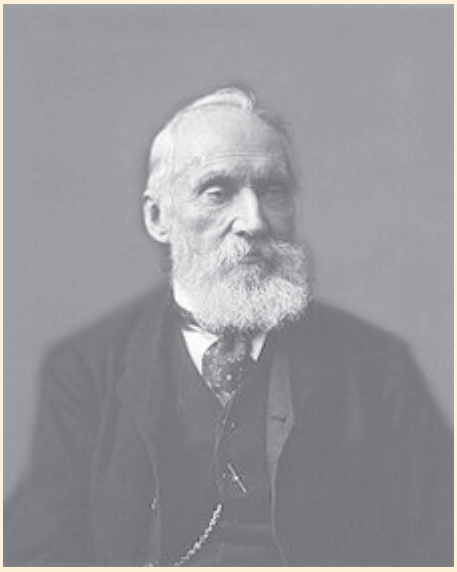
فارنهایت نقطه‌ی جوش جیوه را ۶۰۰ درجه فارنهایت (مقیاس دماسنج اختراع خودش) ثبت کرد. او با چندین دماسنج کار کرد و متوجه شد که آب ۱۸۰ درجه بالاتر از نقطه انجماد به نقطه جوش می‌رسد. بعدها مقیاس و درجه‌بندی فارنهایت مورد تجدید نظر قرار گرفت تا از نقطه‌ی انجماد تا جوش دقیقاً ۱۸۰ درجه محاسبه شود. البته به‌خاطر همین ارزیابی مجدد در درجه‌بندیِ دماسنج او، امروزه دمای بدن انسان ۹۸/۶ درجه فارنهایت تعیین می‌گردد، درحالی که در زمان فارنهایت و بر رویِ دماسنج خود او ۹۶ درجه محاسبه شده بود.

فارنهایت از دماسنج خود برای تعیین نقطه جوش بسیاری از مواد استفاده کرد و متوجه شد که تغییر فشار اتمسفر بر نقطه جوشِ مواد اثر مستقیم دارد. از دیگر مواردی که از آزمایش‌ها استنتاج کرد، پدیده اَبَر انجماد یا **سوپرکولینگ** است.

در این پدیده، آب بدون تبدیل شدن به یخ تا نقطه‌ای پایین‌تر از نقطه‌ی انجماد سرد می‌شود. این پدیده را در آب‌های زیر سطح یخی قطب‌های شمال و جنوب شاهد هستیم ؛ در آب‌های قطبی درجه آب از منفی ۱۸ درجه تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد متغیر است اما آب تنها در سطح یخ می‌بندد، جایی که با هوا در تماس است.

در اروپا تا زمانی که هنوز درجه‌بندی سلسیوس معین نشده بود از فارنهایت استفاده می‌شد ؛ اما امروزه در تمامی اروپا از سلسیوس استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است که درجه‌بندی فارنهایت اکنون در ایالات متحده آمریکا نیز مقیاس متداول محسوب می‌شود.

ویلیام تامسون یا لُرد کلوین



ویلیام تامسون دانشمند بریتانیایی در سال ۱۸۴۸ میلادی در یک خانواده ثروتمند به دنیا آمد. در زمان حیات تامسون، دولت بریتانیا به او عنوان بارون کلوین داد. به همین علت اغلب او را لرد کلوین می‌نامند. گاهی نویسندگان، حتی زمانی که درباره کارهایی که وی پیش از دریافت این عنوان انجام داده است گفت‌وگو می‌کنند، او را لرد کلوین می‌نامند.

ویلیام در ۱۰ سالگی تحصیل در دانشگاه گلاسکو را شروع کرد. به ریاضیات و مبانی فیزیک علاقه داشت و مقاله‌هایی درباره‌ی حرکت اجسام نوشت. تحقیقاتی در مبحث حرارت و برق انجام داد و تلگراف زیردریایی را کشف کرد.

لرد کلوین استدلال کرد که همه مواد از اتم‌هایی کوچک تشکیل شده‌اند که معمولاً در گروه‌هایی کوچک به نام مولکول با هم ترکیب یافته‌اند. در گازها مولکول‌ها آزادانه حرکت می‌کنند. در مایعات و جامدات در جای خود می‌مانند اما در همان جا به سرعت به جلو و عقب می‌روند. او در سال ۱۸۷۷ در حالی که ۲۹ سال بیش‌تر نداشت به کشف بزرگی دست یافت. وی دریافت که در دمایی بسیار پایین انرژی درونی موجود در مواد به پایین‌ترین حد خود خواهد رسید.

کلوین این دما را مبدأ اندازه‌گیری‌های خود به‌شمار آورد و تقسیم‌بندی‌های خود را برحسب بازه‌های درجه سلسیوس انجام داد. به پاس خدمات این دانشمند بزرگ این تقسیم‌بندی به نام کلوین نام گرفت. در سال ۱۹۶۷ مقیاس کلوین به نام مقیاس استاندارد دماسنجی مورد تصویب دانشمندان قرار گرفت.

کلوین نام رودخانه‌ای است که از زمین‌های دانشگاه گلاسکو رد می‌شود.

مقیاس کلوین: در این مقیاس نقطه‌ی ذوب یخ ۲۷۳ و نقطه‌ی جوش آب ۳۷۳ انتخاب شده است و فاصله بین آن‌ها به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

اگر دماسنج سلسیوس دمای جسمی را C، دماسنج فارنهایت همان دما را F و دماسنج کلوین آن‌را T نشان دهد، داریم :

$$\frac{C-0}{100-0}=\frac{F-32}{212-32}=\frac{T-273}{373-273}\Rightarrow\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180}=\frac{T-273}{100}$$