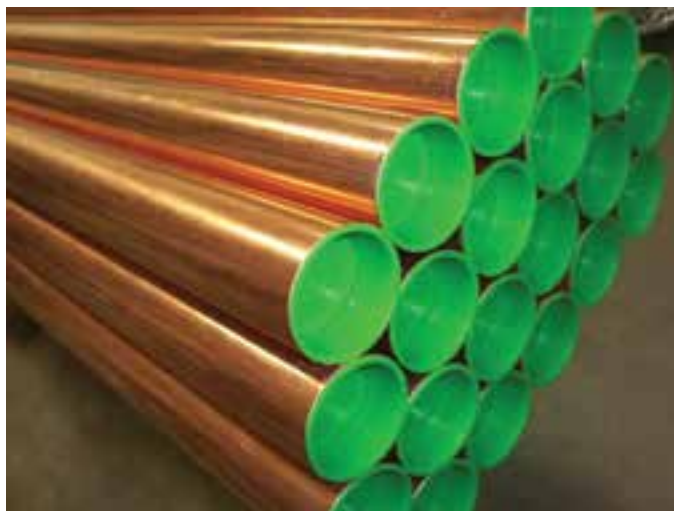


# فصل اوّل در یک نگاه



### لوله‌کشی مسی

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

- ۱- لوله‌های مسی تبرید را توضیح دهد.
- ۲- فیتینگ‌های دنده‌ای لوله مسی را توضیح دهد.
- ۳- فیتینگ‌های بوشنی (لحیمی - جوشی) مسی را توضیح دهد.
- ۴- لوله موین و کاربرد آن را شرح دهد.
- ۵- کاربرد انواع ابزارهای مورد نیاز لوله‌کشی را توضیح دهد.
- ۶- نکات فنی و ایمنی در کار با لوله مسی را توضیح دهد.
- ۷- آزمایش لوله‌کشی مسی را شرح دهد.
- ۸- اتصال لوله‌های مسی را به روش لحیم سخت انجام دهد.
- ۹- اتصال لوله‌های مسی را به روش فیتینگ فشاری انجام دهد.

### ۱- لوله‌کشی مسی

#### ۱-۱- لوله‌های مسی تبرید

استفاده شود؛ بنابراین لوله‌های مسی معمولی را که از آن‌ها برای کارهای معمولی از قبیل لوله‌کشی آب، تخلیه‌ی مواد و غیره استفاده می‌شود نباید به کار گرفت.

۱-۱-۱- انواع لوله‌های مسی تبرید: لوله‌های مسی تبرید را در دو نوع نرم و سخت می‌سازند. جدول ۱-۱ مشخصات فنی لوله‌های مسی نرم ACR را مطابق استاندارد AS1571 نشان می‌دهد. کلمات لاتین این جدول را ترجمه کنید.

لوله‌هایی که در تبرید مورد استفاده 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<sup>۱</sup> مشخص شده‌اند

جدول ۱-۱- مشخصات لوله‌های مسی ACR نرم براساس استاندارد AS1571

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	0.141	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	2331	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	2981	2904
15.88	0.81	0.343	15m Coil	3946	3715	3544	3421	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

☞ Denotes R410A rated tube.

لوله‌های مسی نرم<sup>۱</sup>: لوله‌های مسی نرم در محل‌هایی که خم کاری لازم باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. قطر نامی لوله‌های مسی ACR برابر قطر خارجی (OD)<sup>۲</sup> لوله است. در دستگاه‌های تبرید خانگی (یخچال، فریزر و یخچال فریزرها) 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  $\frac{3}{16}$  اینچ تا  $\frac{3}{4}$  اینچ تولید و به بازار عرضه می‌گردد. شکل ۱-۱ لوله‌ی مسی نرم به‌صورت کلاف را نشان می‌دهد. جدول ۱-۲ مشخصات فنی لوله‌های مسی نرم را مطابق استاندارد ASTM نشان می‌دهد. عبارت‌های انگلیسی جدول را ترجمه کنید.

لوله‌های مسی نرم<sup>۱</sup>: لوله‌های مسی نرم در محل‌هایی که خم کاری لازم باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. قطر نامی لوله‌های مسی ACR برابر قطر خارجی (OD)<sup>۲</sup> لوله است. در دستگاه‌های تبرید خانگی (یخچال، فریزر و یخچال فریزرها) 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  $\frac{3}{16}$  اینچ تا  $\frac{3}{4}$  اینچ تولید و به بازار عرضه می‌گردد. شکل ۱-۱ لوله‌ی مسی نرم به‌صورت کلاف را نشان می‌دهد. جدول ۱-۲ مشخصات فنی لوله‌های مسی نرم را مطابق استاندارد ASTM نشان می‌دهد. عبارت‌های انگلیسی جدول را ترجمه کنید.



شکل ۱-۱- کلاف‌های لوله مسی نرم

جدول ۱-۲- 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×C)	150°F (65.5°C)	160°F (71.1°C)
					PSI (kPa)	PSI (kPa)	PSI (kPa)	PSI (kPa)	PSI (kPa)
$\frac{3}{16}$ "	0.187 [4.76]	0.03 [0.76]	0.057 [0.085]	15m Coil	1746 [12039]	1698 [11708]	1666 [11492]	1645 [11346]	1629 [11236]
$\frac{1}{4}$ "	0.25 [6.35]	0.03 [0.76]	0.080 [0.119]	15m Coil	1268 [8747]	1233 [8506]	1211 [8350]	1195 [8244]	1184 [8164]
$\frac{5}{16}$ "	0.312 [7.92]	0.032 [0.81]	0.109 [0.162]	15m Coil	1079 [7444]	1050 [7239]	1030 [7106]	1017 [7015]	1007 [6947]
$\frac{3}{8}$ "	0.375 [9.52]	0.032 [0.81]	0.134 [0.198]	15m Coil	887 [6118]	863 [5950]	847 [5840]	836 [5766]	828 [5710]
$\frac{1}{2}$ "	0.5 [12.7]	0.032 [0.81]	0.182 [0.271]	15m Coil	656 [4521]	638 [4396]	626 [4316]	618 [4261]	612 [4220]
$\frac{5}{8}$ "	0.625 [15.9]	0.035 [0.89]	0.251 [0.375]	15m Coil	557 [3843]	542 [3737]	532 [3668]	525 [3621]	520 [3586]
$\frac{3}{4}$ "	0.75 [19.1]	0.035 [0.89]	0.305 [0.455]	15m Coil	461 [3180]	448 [3092]	440 [3035]	435 [2997]	430 [2968]
$\frac{7}{8}$ "	0.875 [22.2]	0.042 [1.07]	0.362 [0.542]	15m Coil	570 [3928]	554 [3820]	544 [3750]	537 [3702]	532 [3666]
$\frac{7}{8}$ "	0.875 [22.2]	0.045 [1.14]	0.455 [0.674]	15m Coil	525 [3621]	511 [3521]	501 [3456]	495 [3412]	490 [3379]
$1\frac{1}{8}$ "	1.125 [28.6]	0.05 [1.27]	0.665 [0.975]	15m Coil	446 [3075]	434 [2990]	426 [2935]	420 [2898]	416 [2870]
$1\frac{1}{8}$ "	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.

دو سر این لوله‌ها به وسیله‌ی درپوش مناسب مسدود می‌شود. در شکل ۱-۲ لوله‌ی مسی سخت به صورت شاخه نشان داده شده است. جدول ۱-۳ مشخصات فنی لوله‌های مسی سخت را بر اساس استاندارد ASTM نشان می‌دهد. عبارت‌های انگلیسی جدول را ترجمه کنید.

لوله‌های مسی سخت<sup>۱</sup>: لوله‌های مسی سخت را به جای کلاف (حلقه)، به صورت 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 لچیمی باید استفاده کرد.



شکل ۱-۲- لوله‌ی مسی سخت به صورت شاخه‌ای

جدول ۱-۳- 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	571 [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]

۱- Hard-drawn copper tubes

## ۱-۲- فیتینگ‌های دنده‌ای

برای اتصال لوله‌های مسی به اجزای سبکل تبرید و یا برای اتصال این لوله‌ها به هم دیگر می‌توان از فیتینگ‌های دنده‌ای استفاده کرد. سر این فیتینگ‌ها به صورت مخروطی تحت زاویه ۴۵ درجه می‌باشد و دنده‌های این فیتینگ‌ها از نوع دنده‌ی ظریف (NF) و جنس آن‌ها از برنج ریختگی است. در شکل ۱-۳ چند نوع از فیتینگ‌های دنده‌ای نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- چند نوع فیتینگ دنده‌ای

## ۱-۳- فیتینگ‌های بوشنی (لحیمی - جوشی)

هرگاه بخواهیم لوله‌های مسی نرم یا سخت را که بیش از ۲۰ mm 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) به عنوان رابط استفاده می‌کنیم. جنس فیتینگ‌ها مسی است. (شکل ۱-۴) تصویر چند نوع فیتینگ متداول بوشنی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴- چند نوع فیتینگ بوشنی (لحیمی) مخصوص لوله‌ی مسی

شکل ۱-۵ نحوه‌ی قرار گرفتن لوله‌ی مسی درون یک زانوی جوشی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۵- اتصال لوله‌ی مسی با فیتینگ لحیمی

## ۱-۴- لوله‌ی مویین

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

است. شرح بیش‌تر این لوله‌ها در فصل ۳ ارائه گردیده است. تذکر: لوله‌ی موین اغلب در سیستم‌های سردکننده‌ی کوچک به‌کار می‌رود. جدول ۴-۱ قطر خارجی و داخلی لوله‌های موین متداول را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- قطر خارجی و داخلی لوله‌های موین

قطر خارجی (OD)		قطر داخلی (ID)	
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

از آن‌جا که قطر لوله‌ی موین 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 موین استفاده می‌شود. با قراردادن لوله مابین تیغه‌های دو فک انبر و فشار دادن دسته‌ی انبر لوله‌ی موین بدون این که مدخل آن کور شود بریده می‌شود. شکل ۷-۱ تصویر یک انبر مخصوص بریدن لوله‌ی موین بر را نشان می‌دهد. برای بریدن لوله‌ی موین می‌توان از سوهان سه‌گوش یا سوهان کاردی نیز استفاده کرد. ابتدا با زاویه‌ی سوهان اطراف نقطه‌ی مورد نظر را کمی می‌سایند و سپس لوله‌ی موین را به چپ و راست خم می‌کنند تا بریده شود. شکل ۸-۱-۸ طریقه‌ی بریدن لوله‌ی موین به وسیله‌ی سوهان را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱- انبر مخصوص بریدن لوله‌ی موین

این لوله‌ها معمولاً در بازار برحسب قطر داخلی شناخته می‌شوند. به‌طور مثال لوله‌ی موین صفر چهل و دو بیانگر لوله‌ی موین با قطر داخلی ۰/۰۴۲ اینچ می‌باشد که با مراجعه به جدول ۴-۱ متوجه می‌شویم قطر خارجی این لوله ۲/۷۷ میلی‌متر (۰/۱۰۹ اینچ) است.

قطر داخلی لوله‌ی موین توسط فیله‌های مخصوص که در شکل ۶-۱ نشان داده شده، قابل اندازه‌گیری است. با اندازه‌گیری قطر خارجی لوله‌ی موین و مراجعه به جدول مشخصات لوله‌ی موین، می‌توان قطر داخلی آن را مشخص نماییم.

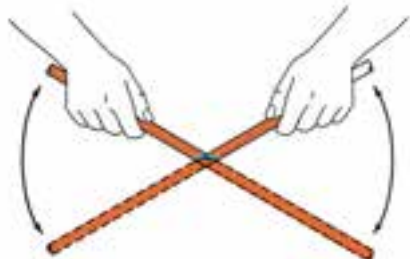


شکل ۶-۱- فیله تعیین قطر داخلی لوله‌ی موین

الف- محل برش را با سوهان بسایید



ب- محل برش را به چپ و راست خم کنید تا لوله‌ی موین بریده شود



شکل ۸-۱- روش بریدن لوله‌ی موین با استفاده از سوهان

## ۱-۵- ابزارهای لوله‌کشی

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 ۹-۱ قسمت‌های مختلف لوله‌بر مسی و شکل ۱۰-۱ چند نوع لوله‌بر مسی را نشان می‌دهد.

۱-۵-۱ لوله‌بر مسی: برای بریدن لوله‌های مسی نرم از لوله‌بر استفاده می‌شود. روش کار با این ابزار به این صورت است که ابتدا لوله را بین غلتک‌ها و تیغه‌ی برش قرار داده، دسته‌ی پیچ باردهنده را می‌پیچانند تا با جدار لوله تماس شود، سپس با چرخاندن لوله‌بر به دور لوله، جدار لوله را خط می‌اندازند و در



شکل ۹-۱- قسمت‌های مختلف لوله‌بر مسی



شکل ۱۰-۱- چند نوع لوله‌بر لوله‌ی مسی



شکل ۱-۱۱ نحوه‌ی بریدن لوله‌ی مسی توسط یک نوع لوله‌بر را نشان می‌دهد.



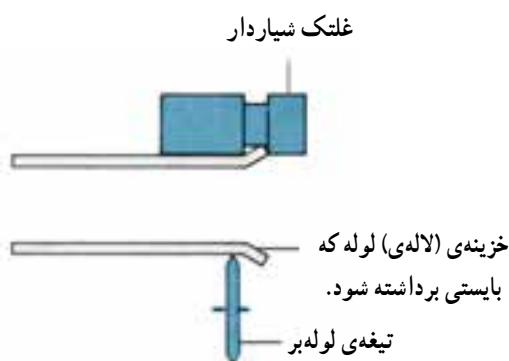
شکل ۱-۱۱- طریقه‌ی بریدن لوله‌ی مسی با لوله‌بر

در شکل ۱-۱۲ یک نوع لوله‌بر الکتریکی مخصوص بریدن لوله‌ی مسی نشان داده شده است. انرژی الکتریکی لازم توسط باتری قابل شارژ تامین می‌گردد.



شکل ۱-۱۲- یک نوع لوله‌بر برقی مخصوص بریدن لوله‌ی مسی

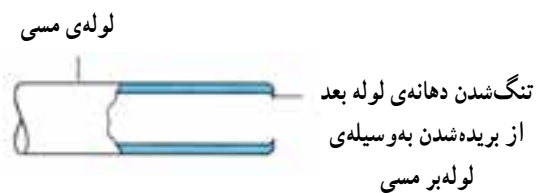
برای بریدن لوله‌های مسی که سر آن‌ها خزینه شده (کونیک شده) از لوله‌بر مخصوصی که در شکل ۱-۱۳ نشان داده شده است استفاده می‌شود. غلتک این نوع لوله‌برها شیاردار است و قسمت کونیک شده‌ی لوله درون شیار غلتک قرار می‌گیرد و لوله به وسیله‌ی تیغه‌ی لوله‌بر از قسمت بالای کونیک شده (لاله‌شده) بریده می‌شود.



شکل ۱-۱۳- بریدن لوله‌ی مسی

۲-۵-۱- برقوی لوله‌ی مسی: همان‌طور که شکل

۱-۱۴ 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 حد اولیه برگرداند. شکل ۱-۱۵ لوله‌بر مسی دارای برقو را نشان می‌دهد.



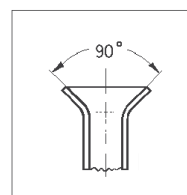
شکل ۱-۱۴



شکل ۱-۱۵- لوله‌بر با برقو مخصوص لوله‌ی مسی



در شکل ۱-۱۸ چند نوع از ابزار لاله‌کن لوله‌ی مسی نشان داده شده است.

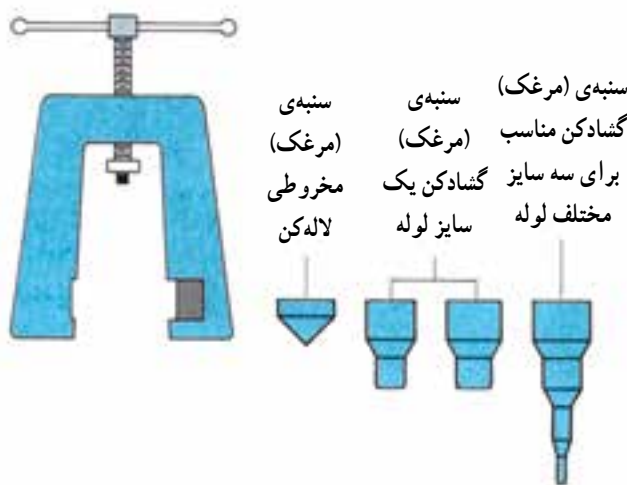


شکل ۱-۱۸- چند نوع لاله‌کن لوله‌ی مسی



شکل ۱-۲۱- 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 ۱-۲۲ نمای گسترده گشادکن و لاله‌کن را نشان می‌دهد.

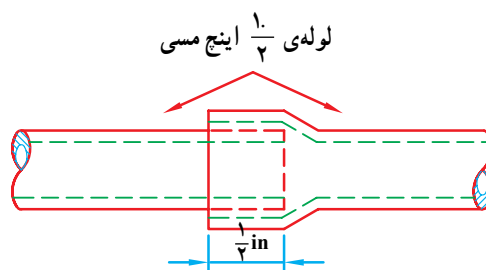


شکل ۱-۲۲- نمای گسترده‌ی گشادکن و لاله‌کن لوله‌ی مسی

شکل ۱-۲۳ یک جعبه ابزار گشادکن و لاله‌کن دارای دو عدد گیره و مرغک‌های مختلف گشادکن را نشان می‌دهد و در شکل ۱-۲۴ جعبه ابزار دیگری شامل ابزار گیره، گشادکن، لاله‌کن و لوله‌بر لوله مسی نشان داده شده است.

#### ۴-۵-۱- گشادکن لوله‌ی مسی: به منظور جوش دادن

دو لوله‌ی هم اندازه (مثلاً دو لوله‌ی  $\frac{1}{4}$  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 به طوری که در شکل ۱-۱۹ مشاهده می‌گردد بایستی به اندازه‌ی قطر خارجی لوله در نظر گرفته شود.

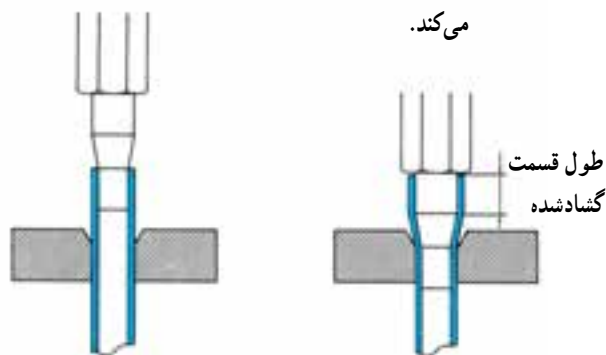


شکل ۱-۱۹- اتصال دو لوله‌ی هم قطر به روش گشادکردن

#### سنبه‌ی گشادکن: روش کار با سنبه‌ی گشادکن چنین است

که لوله را در داخل سوراخ هم قطر 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 ۱-۲۰ مراحل مختلف گشاد کردن یک لوله و شکل ۱-۲۱ چند نوع سنبه‌ی گشادکن را نشان می‌دهد.

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



شکل ۱-۲۰- طریقه‌ی گشادکردن لوله‌ی مسی با سنبه‌ی گشادکن

۳- دسته‌ی انبر را به طرف بالا بکشید و فک را درون لوله‌ی مسی قرار دهید.

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



شکل ۲۵-۱- جعبه‌ی گشادکن اهرمی لوله‌ی مسی با فک‌های مختلف

در شکل ۲۶-۱ فک‌های بازشونده‌ی گشادکن اهرمی نشان داده شده است.

شکل ۲۷-۱- طریقه‌ی گشادکردن سر لوله‌ی مسی با گشادکن اهرمی را نشان می‌دهد.

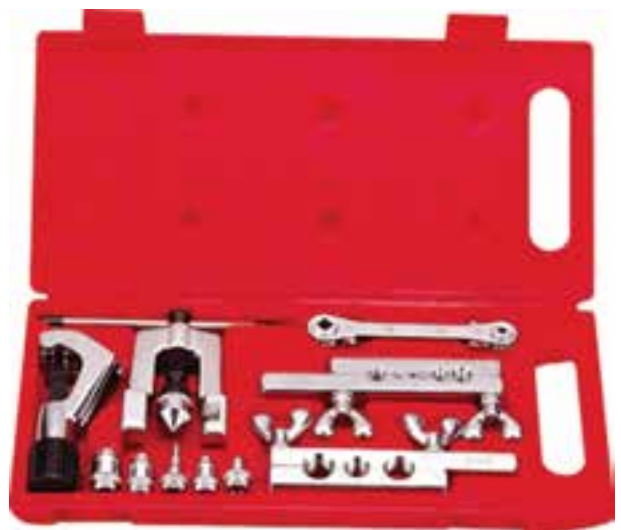
پس از گشادکردن سر لوله‌ی مسی، می‌توان لوله‌ی دیگری که هم قطر این لوله می‌باشد را در لوله‌ی گشادشده قرار داد (شکل ۲۸-۱).



شکل ۲۶-۱- فک‌های بازشونده‌ی گشادکن اهرمی



شکل ۲۳-۱- جعبه ابزار گشادکن و لاله‌کن



شکل ۲۴-۱- جعبه ابزار دیگری از گشادکن و لاله‌کن به همراه لوله‌بر لوله‌ی مسی

**گشادکن اهرمی:** نوع دیگر گشادکن لوله‌ها از نوع اهرمی است. شکل ۲۵-۱ نمای ظاهری یک دستگاه کامل آن را نشان می‌دهد.

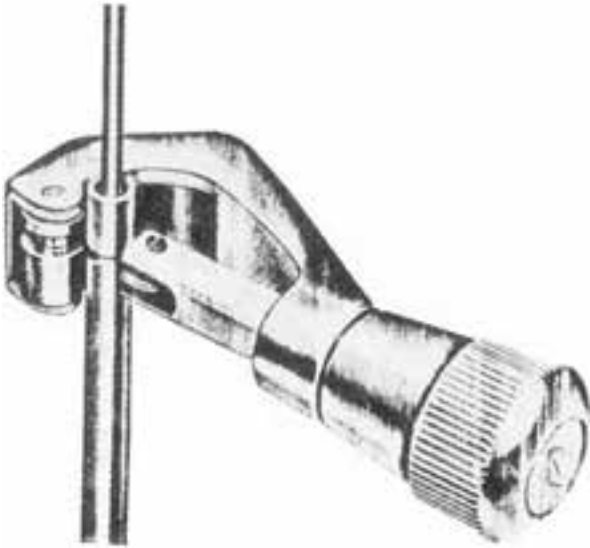
طرز کار با این گشادکن به شرح زیر است:

۱- فک باز شونده را متناسب با اندازه‌ی قطر داخلی

که باید سر آن گشاد گردد، انتخاب کنید.

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

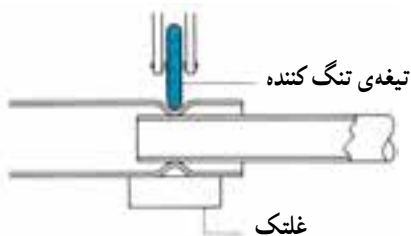
۱-۵-۵- تنگ کن لوله‌ی مسی: برای جوشکاری و یا لحیم کاری دو لوله‌ی کوچک و بزرگ که به راحتی در یکدیگر قرار می‌گیرد، به ابزار مخصوصی نیاز است که قطر خارجی لوله‌ی بزرگ‌تر را فشرده نموده آن را برابر قطر خارجی لوله‌ی کوچک‌تر بگرداند. این ابزار شبیه لوله‌بر مسی است، با این تفاوت که در آن به جای استفاده از تیغه از چرخ فشاردهنده استفاده شده است. شکل ۱-۲۹ دستگاه تنگ کن لوله‌ی مسی و شکل ۱-۳۰ نمای یک لوله‌ی مسی تنگ شده به وسیله‌ی این ابزار را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲۹- ابزار تنگ کن لوله‌ی مسی



شکل ۱-۲۷- نحوه‌ی گشاد کردن سر لوله‌ی مسی با گشادکن اهرمی



شکل ۱-۳۰- طریقه‌ی تنگ کردن لوله مسی با یک نوع تنگ کن

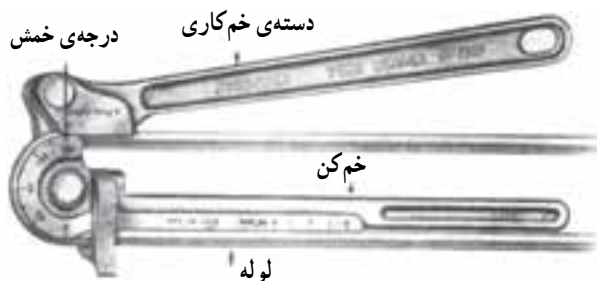


شکل ۱-۲۸- نحوه‌ی قرارگیری لوله‌ی مسی در لوله‌ی گشاد شده

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 ۱-۳۳ نمای کلی و شکل ۱-۳۴ اجزای یک نوع لوله خم‌کن اهرمی را نشان می‌دهد. شکل ۱-۳۵ تصویر دو نوع خم‌کن اهرمی یک کاناله و چندکاناله را نشان می‌دهد.

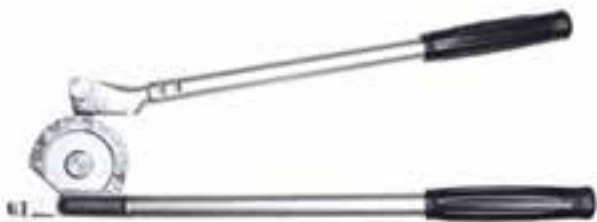


شکل ۱-۳۳- لوله خم‌کن اهرمی



گیره‌ی نگهدارنده‌ی لوله

شکل ۱-۳۴- اجزای لوله خم‌کن اهرمی



شکل ۱-۳۵- لوله خم‌کن اهرمی یک کاناله و چندکاناله

۶-۵-۱- 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 خم شدن سطح مقطع لوله تغییر نکند و به عبارت دیگر دو په‌ن نشود.

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

حداقل شعاع خم کردن مطمئن لوله به اندازه‌ی ۵ برابر قطر خارجی لوله می‌باشد. شکل ۱-۳۱ تصویر چند فنر لوله خم‌کن را نشان می‌دهد. در شکل ۱-۳۲ طریقه‌ی استفاده از فنر لوله خم‌کن نشان داده شده است.

شکل ۱-۳۱- چند نوع فنر خم‌کن لوله‌ی مسی



شکل ۱-۳۲- طریقه‌ی خم کردن با استفاده از فنر خم‌کن لوله‌ی مسی

**خم‌کن اهرمی:** با استفاده از خم‌کن اهرمی می‌توان لوله را تا  $180^\circ$  درجه خم کرد. بر اثر 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  $0^\circ$ ،  $45^\circ$ ،  $90^\circ$ ،  $135^\circ$  و  $180^\circ$  درجه مدرج

در شکل ۱-۳۶ یک نوع لوله خم کن مسی نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۶- لوله خم کن مخصوص لوله مسی

## ۶-۱- نکات فنی و ایمنی در کار با لوله‌ی مسی

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

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

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

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

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

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

۷- برای خم کاری 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- هنگام جوشکاری با گاز از روپوش کار، دستکش و عینک سبز استفاده کنید و کلیه‌ی نکات ایمنی در زمان جوشکاری را رعایت نمایید.

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

۱۰- به منظور حفظ محیط زیست، برای نشت‌یابی از

میردهای فریونی استفاده نکنید. (مبردهایی که در ترکیب شیمیایی آن‌ها گاز کلر وجود دارد)

۷-۵-۱- 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 گوه‌ای شکل است، به طوری که وقتی دستگاه قفل شود لوله مابین فک‌ها له شده، به طور نسبی مسدود می‌گردد. بنابراین باید سر لوله‌ی کور شده جوشکاری شود. شکل ۱-۳۷ دستگاه کورکن لوله از نوع انبر قفلی و طریقه‌ی کار با آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳۷- کورکن لوله مسی از نوع انبر قفلی و طریقه‌ی کار با آن

## ۷-۱- 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 به عمل 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.



۱-۷-۱ استفاده از گاز ازت: گاز ازت (نیتروژن) هم به دلیل خاصیت جذب رطوبت و هم به دلیل بی اثر 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 به وسیله‌ی 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 بدین ترتیب است که ابتدا فشاری حدود ۳۰ psi 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 باشند پیدا می‌شود. سپس به تدریج فشار سیستم را، برای یافتن نشت‌های کوچک به ۷۵ psi تا ۱۰۰ psi 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 به جای گاز ازت از اکسیژن فشرده استفاده نکنید زیرا خطر انفجار وجود دارد.<sup>۱</sup>

### مراحل انجام کار

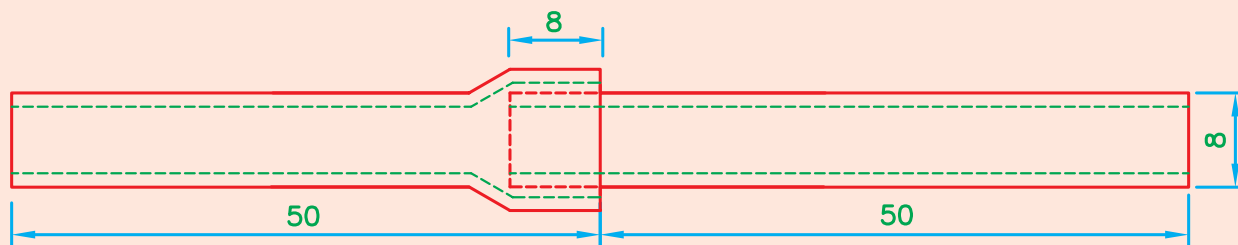
۱- با استفاده از متر محل برش را براساس نقشه‌ی شکل ۱-۳۸ علامت‌گذاری کنید.

۲- با استفاده از لوله بر مسی در محل علامت‌گذاری شده، برش ایجاد کنید و برقو بزنید.

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

### ۱-۸-۱ 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، سیم جوش برنج و تنه کار (روان‌ساز) برنج. ابزار مورد نیاز: متر فلزی، لوله بر مسی برقودار، دستگاه جوش اکسی استیلین با مشعل جوشکاری مناسب، سربک، گیره‌ی لوله‌ی مسی، عینک جوشکاری، فندک جوشکاری، دستگاه گشادکن و انبردست.



شکل ۱-۳۸-۱ نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۱

۱- 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 نیم‌سوز برافروخته‌تر می‌شود توجه داشته باشید که خروج گاز از کپسول از طریق رگولاتور باشد.

- ۴- یک سر لوله‌ی دوم را مطابق شکل ۱-۳۸ در داخل قسمت گشادشده‌ی لوله‌ی اول قرار دهید.
- ۵- قطعه‌ی کار را به گیره‌ی مخصوص لوله ببندید.
- ۶- مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.
- ۷- محل جوش را کمی گرم کنید و سیم جوش برنج را حرارت داده به روان‌ساز آغشته کنید.

- ۸- دور تا دور محل اتصال را جوشکاری کنید.
- ۹- 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.
- ۱۰- گزارش مراحل انجام کار را در دفتر مخصوص گزارش کار بنویسید.

## ۹-۱- 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، سیم جوش 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 اکسی‌استیلین با مشعل و سربک جوشکاری مناسب، گیره‌ی لوله‌ی مسی، فندک و عینک جوشکاری و انبردست.

### مراحل انجام کار

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

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

۳- در حالی که لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر داخل لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر قرار دارد، به وسیله‌ی تنگ‌کن لوله‌ی مسی در محل علامت‌گذاری شده مطابق شکل ۱-۳۹ لوله را تنگ کنید.

۴- سر دیگر لوله‌ی به قطر ۱۲ میلی‌متر را نیز مطابق طرف اول تنگ کنید.

۵- به وسیله‌ی لوله‌بر مسی، لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر را از وسط ببرید و بر قو بزنید.

۶- 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.

۷- قطعه کار را به گیره‌ی مخصوص لوله ببندید.

۸- مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۹- سیم جوش نقره را کمی گرم کرده به روان‌ساز آغشته کنید.

۱۰- محل اتصال را جوشکاری نمایید.

۱۱- مشعل را خاموش کنید.

۱۲- با استفاده از انبردست، قطعه کار را از گیره باز کرده،

سر دیگر را به گیره ببندید.

۱۳- قطعه‌ی دوم لوله‌ی به قطر ۶ میلی‌متر را در داخل طرف

دوم لوله به قطر ۱۲ میلی‌متر که قبلاً تنگ شده است قرار دهید.

۱۴- مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۱۵- محل اتصال را کمی گرم کرده سپس با استفاده از

سیم جوش نقره‌ای آغشته به روان‌ساز آن را جوشکاری نمایید.

۱۶- مشعل را خاموش کنید.

۱۷- بعد از سرد شدن قطعه‌ی کار، در فاصله‌ی ۲ الی ۳

سانتی‌متری سر لوله‌ی ۶ میلی‌متری، آن را با کورکن لوله‌ی مسی

مسدود کنید.

۱۸- 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 به هم دیگر فشار دهید تا لوله

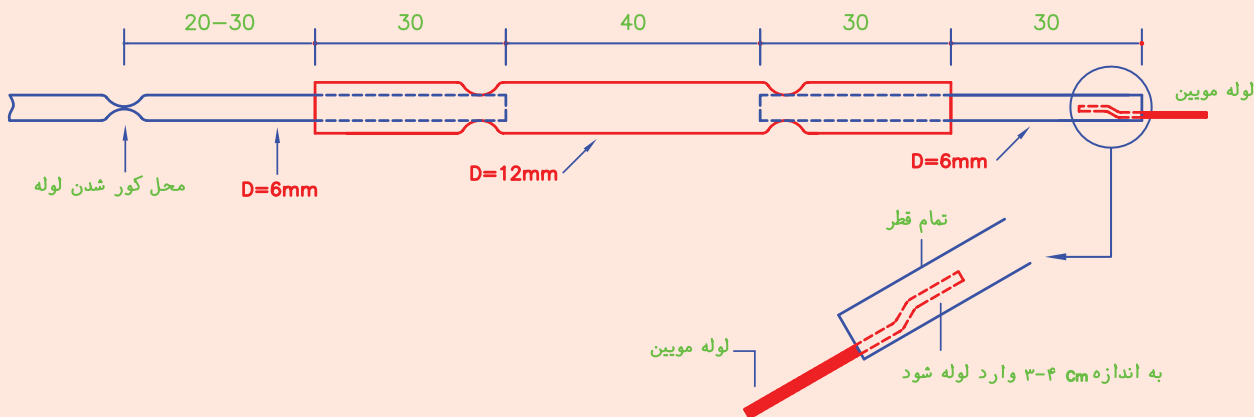
به طور نسبی مسدود شود (شکل ۱-۳۹).

۱۹- مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

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

قطعه‌ی کار را از روی گیره باز کرده اجازه دهید سرد شود. آن‌گاه آن را تحویل هنرآموز کارگاه دهید.  
۲۲- گزارش کار را در دفتر یادداشت کنید.

۶ میلی متری را با سیم جوش نقره‌ی آغشته به روان‌ساز جوشکاری نمایید.  
۲۱- مشعل را خاموش کنید و با استفاده از انبردست،



شکل ۳۹-۱- نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۲

- خم ۹۰ بزیند.
- ۳- یک عدد مهره ۶ میلی متری از سر اول لوله‌ی A در جهت صحیح عبور داده سپس سر اول لوله‌ی A را در سوراخ شماره‌ی ۶ میلی متری گیره دستگاه لاله‌کن قرار دهید به طوری که سر لوله ۲ میلی متر از سطح گیره بیرون باشد، سپس پیچ‌های خروسکی گیره را محکم کنید و با استفاده از ابزار لاله‌کن، لوله را لاله کنید.
  - ۴- لوله را از گیره باز کنید و یک عدد مهره‌ی ۶ میلی متری درون لوله (از طرف سر دوم لوله) در جهت صحیح قرار دهید و سپس سر دوم لوله را لاله کنید.
  - ۵- با استفاده از متر در روی لوله‌ی ۸ میلی متری یک اندازه‌ی ۱۰ سانتی متری علامت‌گذاری کنید و از محل علامت‌گذاری شده خم ۱۸۰ بزیند و با استفاده از لوله بر مسی طول اضافی سر دوم لوله را ببرید به طوری که هر دو سر لوله هم سطح باشند (لوله‌ی B).
  - ۶- دو عدد مهره‌ی ۸ میلی متری را در دو سر لوله‌ی B (لوله‌ی U شده) در جهت صحیح قرار دهید.
  - ۷- با استفاده از دستگاه لاله‌کن دو سر لوله‌ی B را

### ۱-۱- 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 میلی متر و طول ۲۵ سانتی متر، لوله‌ی مسی به قطر ۸ میلی متر و طول تقریبی ۵۸ سانتی متر، لوله‌ی مسی به قطر ۱۰ میلی متر و طول ۱۰ سانتی متر، مغزی تبدیل ۸۰ میلی متر همراه با مهره‌ها، مغزی تبدیل ۸۰ میلی متر با مهره‌ها، مغزی ۸ میلی متر با مهره‌ها. ابزار مورد نیاز: متر فلزی، لوله بر مسی، دستگاه لاله‌کن، خم‌کن اهرمی لوله‌ی مسی، ۲ عدد آچار فرانسه‌ی نمره ۸ (اینچ) یا آچار دو سر تخت مناسب، فتر خم‌کن لوله مسی نمره ۶ و ۸.

#### مراحل انجام کار

- ۱- ۱۰ سانتی متر از لوله‌ی به قطر ۶ میلی متر و طول ۲۵ سانتی متر (لوله‌ی A) جدا کرده (از طرف سر اول لوله) آن را علامت‌گذاری کنید (مطابق نقشه‌ی شکل ۴۰-۱).
- ۲- 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

لاله کنید.

۱۳- با یک عدد مغزی ۸ میلی متری و با استفاده از دو عدد

آچار تخت، سر دوم لوله‌ی B را به سر اول لوله‌ی C متصل کنید.

۱۴- به وسیله‌ی یک عدد مغزی تبدیل ۱۰. ۸ سر دوم

لوله‌ی C را به لوله‌ی D متصل کنید.

۱۵- شکل ۱-۴۰ نقشه‌ی کار تمام شده‌ی مراحل گفته

شده‌ی فوق را نشان می‌دهد.

تذکر ۱: اندازه‌هایی که با حرف X بر روی شکل ۱-۴۰

نوشته شده طولی است که بعد از انجام عملیات خم کاری باقی

می‌ماند و اندازه‌ی دقیقی برای آن‌ها نمی‌توان ذکر کرد (چون

شعاع‌های خمش دستگاه‌های خم کن با هم دیگر فرق دارند).

تذکر ۲: اعدادی که درون دایره بر روی شکل ۱-۴۰

نشان داده شده است، سرهای اول و دوم لوله را مشخص می‌کند.

تذکر ۳: برای صرفه‌جویی در مصرف لوله‌ی مسی

می‌توانید طول لوله‌ها را کم‌تر بگیرید.

۱۶- گزارش کار را در دفتر یادداشت کرده و برای کنترل

به هنرآموز کارگاه تحویل دهید.

۸- بر روی لوله‌ی باقی‌مانده‌ی ۸ میلی متری (لوله‌ی C)

یک اندازه‌ی ۱۰ سانتی متری علامت‌گذاری کنید و آن را از

محل علامت‌گذاری شده و با استفاده از دستگاه خم کن، خم

۹۰ بزیند.

۹- در دو سر لوله‌ی C مهره‌ی ۸ میلی متری در جهت

صحیح قرار دهید و سپس با استفاده از دستگاه لاله‌کن دو سر

لوله را لاله کنید.

۱۰- بر روی لوله‌ی ۱۰ میلی متری و به طول ۱۰ سانتی متر

(لوله‌ی D) دو عدد مهره‌ی ۱۰ میلی متری قرار دهید.

۱۱- با استفاده از دستگاه لاله‌کن دو سر لوله‌ی D را

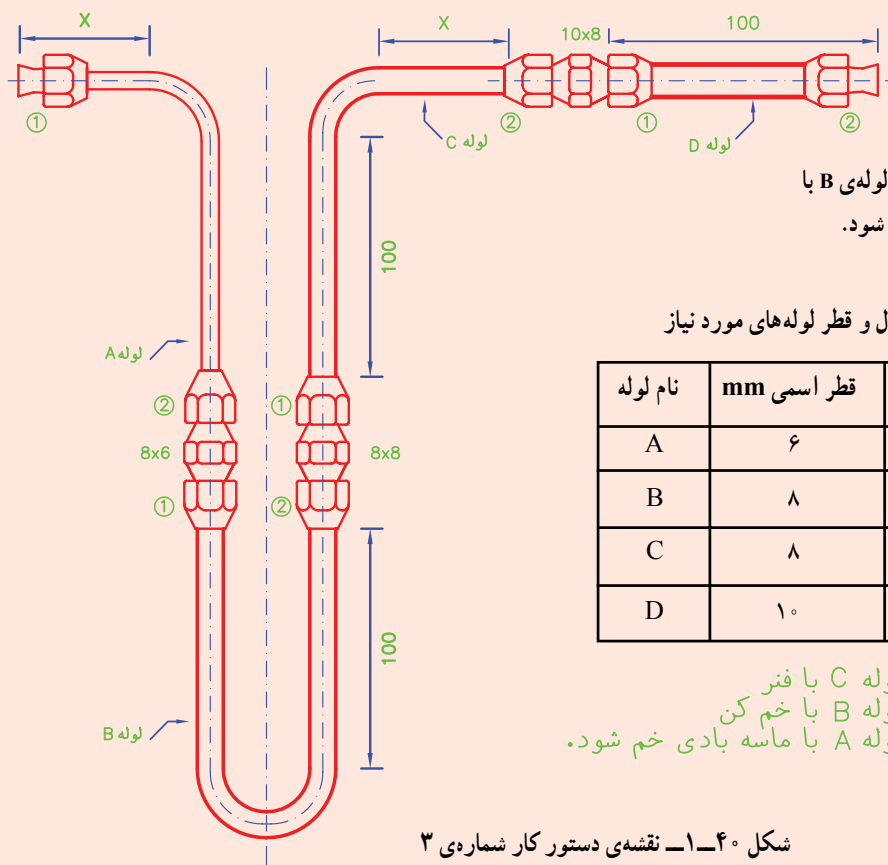
لاله کنید.

۱۲- با یک عدد مغزی تبدیل ۶. ۸ میلی متری و با

استفاده از دو عدد آچار تخت، سر دوم لوله‌ی A را به سر اول

لوله‌ی B متصل کنید (با یک آچار مغزی را نگه دارید و با آچار

دومی مهره را سفت کنید).



## ۱۱-۱- دستور کار شماره 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 ۱۲ میلی‌متر 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، تنه کار 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 لوله‌ی مسی، 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

۱- با استفاده از متر و لوله‌بر مسی، لوله‌ی ۶ میلی‌متری به طول ۳۰ سانتی‌متر را از وسط ببرید و سرهای انتهایی آن را بر قو بزیند (با توجه به نقشه‌ی شکل ۴۱-۱).

۲- 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 (فتر لوله‌خم‌کن)، خم ۹۰° بزیند.

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

۴- 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° بزیند.

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

۶- 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.

۷- مشعل جوشکاری را با شعله‌ی احیاکننده روشن کنید.

۸- محل جوشکاری را گرم کنید و سپس دور تا دور

پاشنه‌ی هر دو طرف بوشن را جوشکاری کنید.

۹- مشعل را خاموش کنید.

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

۱۱- به همین روش و همین ترتیب، مطابق شکل ۴۱-۱،

دیگر اجزای نقشه‌ی کار را به هم دیگر وصل و سپس جوشکاری کنید.

۱۲- بعد از سرد شدن قطعه‌ی کار (بعد از اتمام

جوشکاری) با استفاده از آچار فرانسه یک عدد درپوش

۱۲ میلی‌متری را به مهره‌ی ۱۲ میلی‌متری محکم ببندید.

۱۳- با استفاده از آچار فرانسه یا آچار تخت یک عدد

مغزی ۶ میلی‌متری را به مهره‌ی ۶ میلی‌متری وصل کنید.

۱۴- 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).

۱۵- شیر خروجی رگولاتور را ببندید و سپس شیر روی

کپسول گاز ازت را باز کنید.

۱۶- با پیچ تنظیم فشار رگولاتور، فشار خروجی گاز

ازت را بر روی ۷۵psig الی ۱۰۰psig تنظیم کنید.

۱۷- شیر خروجی رگولاتور را باز کنید و سپس با فرچه

محلول کف صابون را به تمام قطعات و اتصالات لوله‌کشی بمالید.

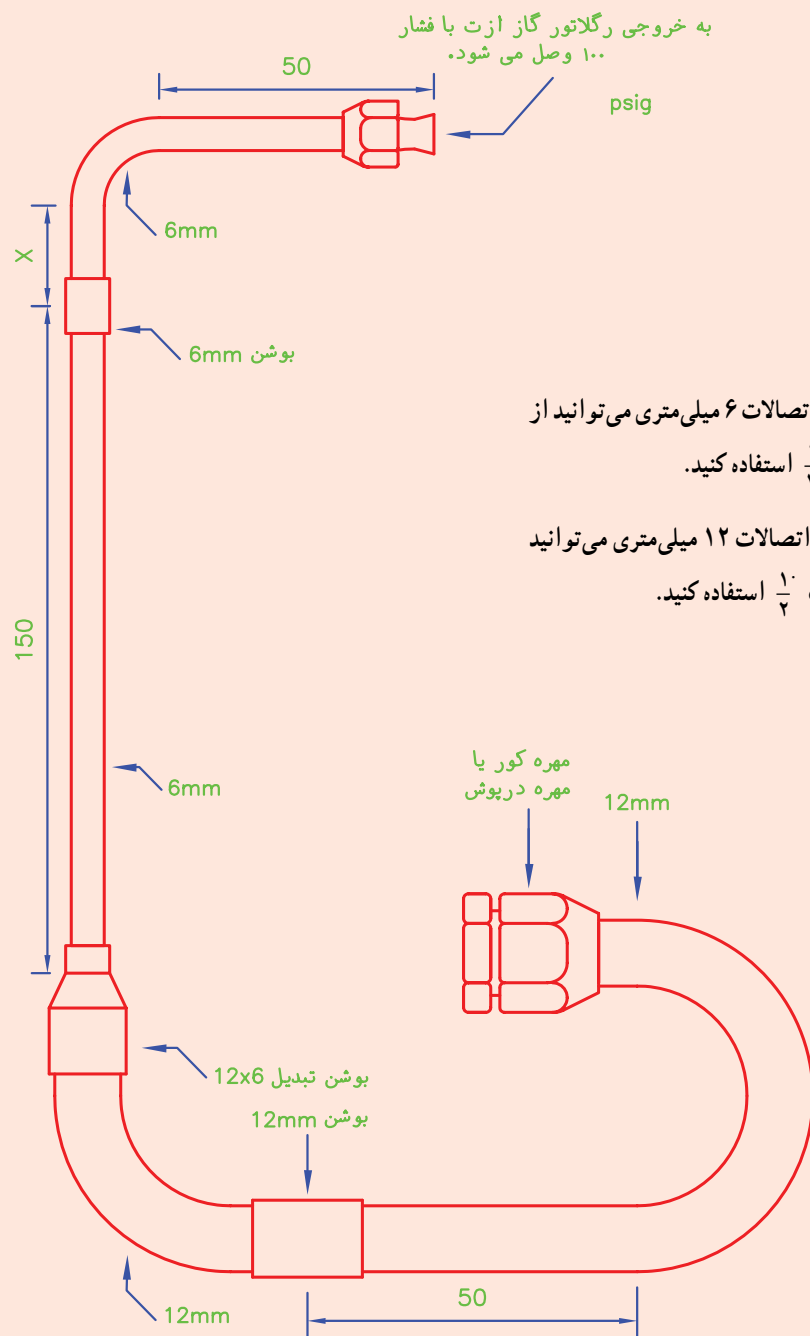
۱۸- در صورت مشاهده نشدن حباب، لوله‌کشی نشتی

ندارد؛ در این صورت قطعه کار خود را تحویل هنرآموز کارگاه

دهید و گزارش کار را در دفتر مخصوص یادداشت کنید.

۱۹- در صورت مشاهده‌ی حباب، پس از رفع نشت،

مجدداً آن را تست کنید.



شکل ۴۱-۱- نقشه‌ی دستور کار شماره‌ی ۴

در شکل ۴۲-۱ برخی از مراحل اتصال لوله‌ی مسی با استفاده از فیتینگ‌های بوشنی (لحیمی) نشان داده شده است.



شکل ۴۲-۱- مراحل اتصال لوله‌ی مسی با فیتینگ‌های لحیمی

- ۱- انواع لوله‌های مسی ACR را نام ببرید و موارد استفاده‌ی آن‌ها را بنویسید.
- ۲- نرم کردن چیست و در چه مواقعی از آن استفاده می‌شود؟
- ۳- موارد استفاده‌ی فیتینگ‌های دنده‌ای و بوشنی لوله‌های مسی را بنویسید.
- ۴- برای بریدن لوله‌های مویین از چه ابزارهایی استفاده می‌شود؟
- ۵- فرق بین لوله‌بر و لوله‌تنگ‌کن را بنویسید.
- ۶- علت برق‌زدن لوله‌های مسی را بیان کنید.
- ۷- انواع گشادکن‌های لوله مسی را نام ببرید.
- ۸- موارد استفاده‌ی فنرهای خم‌کن خارجی و داخلی را بنویسید.
- ۹- موارد استفاده و انواع خم‌کن‌های اهرمی را بیان کنید.
- ۱۰- موارد استفاده‌ی کورکن‌های لوله‌ی مسی را بنویسید.
- ۱۱- برای نشت‌یابی لوله‌کشی از چه گازی باید استفاده کرد؟ چرا؟
- ۱۲- 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.



## آشنایی با مشاهیر



### آندره سلسیوس

آندره سلسیوس را بیش تر به عنوان یک فیزیک دان می شناسند که با ارائه ی 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 بیش تر از آن که یک فیزیک دان مشهور باشد یک ستاره شناس 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 چهره ای جهانی تبدیل شود. این دانشمند سرشناس به همراه یکی از دوستانش توانست کشف کند که در لحظات سپیده دم عملکرد عقربه ی قطب نماها دچار تغییراتی می شود. این دانشمند برجسته در سال ۱۷۴۴ و در ۴۲ سالگی در حالی که بسیاری از پروژه های علمی و تحقیقاتی اش ناتمام مانده بود از دنیا رفت.

### دانیل گابریل فارنهایت

در چهاردهم ماه می سال ۱۶۸۶، دانیل گابریل فارنهایت فیزیک دان بزرگ آلمانی در بندر ساحلی (گی دنسک) / Gdansk در قلمرو پادشاهی پروشا متولد شد. این شهر ساحلی اکنون در کشور آلمان واقع است. در سال ۱۷۰۲ زمانی که فارنهایت ۱۶ سال بیش تر نداشت پدر و مادر خود را از دست داد. والدین او به خاطر این که تصادفاً قارچ سمی خورده بودند جان خود را از دست دادند. وی در همین سال در شهر آمستردام، آموزش هایش را برای پرداختن به بازرگانی آغاز کرد و بیش تر عمر خود را در این شهر سپری کرد. با وجود این که او به بازرگانی روی آورده بود به علوم طبیعی نیز علاقه داشت و همین سبب شد تا مطالعات و آزمایش هایی 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. دماسنج های او از اعتبار و اعتماد بالایی برخوردار بودند. تا زمان او در ساخت دماسنج از شیشه های کروی استفاده می شد تا این که او توانست شیشه های استوانه ای را بسازد. با وجود این، روش او برای ساخت دماسنج جیوه ای 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 مقاله ای که فارنهایت در سال ۱۷۲۴ نوشت، مقیاس دماسنج خود را براساس سه نقطه ثابت دمایی تعیین کرد. پایین ترین نقطه ی 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 جیوه ای یا الکلی را در این مخلوط قرار داد و ماده ی درون دماسنج به پایین ترین نقطه ی خود رسید. بر روی دماسنج در این نقطه علامت 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  $32^{\circ}\text{F}$  درج شد. سومین نقطه‌ی ثابت که  $96^{\circ}\text{F}$  بود، دمای طبیعی بدن انسان بود که در آن دماسنج، زیر بغل یا درون دهان قرار می‌گرفت.

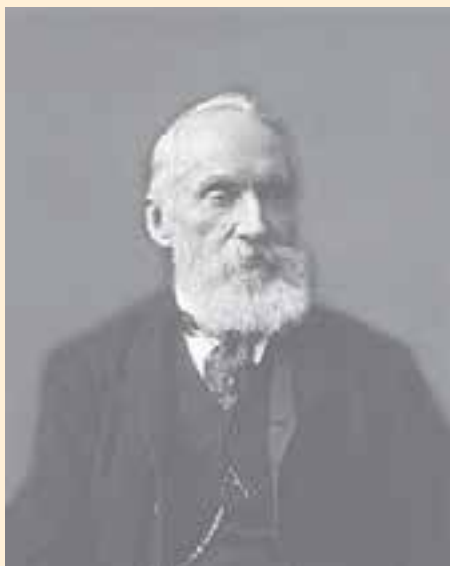
فانهایت نقطه‌ی جوش جیوه را  $60^{\circ}$  درجه فانهایت (مقیاس دماسنج اختراع خودش) ثبت کرد. او با چندین دماسنج کار کرد و متوجه شد که آب  $180^{\circ}$  درجه بالاتر از نقطه انجماد به نقطه جوش می‌رسد. بعدها مقیاس و درجه‌بندی فانهایت مورد تجدید نظر قرار گرفت تا از نقطه‌ی انجماد تا جوش دقیقاً  $180^{\circ}$  درجه محاسبه شود. البته به خاطر همین ارزیابی مجدد در درجه‌بندی دماسنج او، امروزه دمای بدن انسان  $98/6$  درجه فانهایت تعیین می‌گردد، درحالی که در زمان فانهایت و بر روی دماسنج خود او  $96$  درجه محاسبه شده بود.

فانهایت از دماسنج خود برای تعیین نقطه جوش بسیاری از مواد استفاده کرد و متوجه شد که تغییر فشار اتمسفر بر نقطه جوش مواد اثر مستقیم دارد. از دیگر مواردی که از آزمایش‌ها استنتاج کرد، پدیده ابر 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  $18$  درجه تا  $38$  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 فانهایت استفاده می‌شد؛ اما امروزه در تمامی اروپا از سلسیوس استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است که درجه‌بندی فانهایت اکنون در ایالات متحده آمریکا نیز مقیاس متداول محسوب می‌شود.





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 کلونین داد. به همین علت اغلب او را لرد کلونین می‌نامند. گاهی نویسندگان، حتی زمانی که درباره کارهایی که وی پیش از دریافت این عنوان انجام داده است گفت‌وگو می‌کنند، او را لرد کلونین 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 کلونین 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. کلونین 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 کلونین نام گرفت. در سال ۱۹۶۷

مقیاس کلونین به نام مقیاس استاندارد دماسنجی مورد تصویب دانشمندان قرار گرفت.

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

مقیاس کلونین: 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 کلونین آن را T نشان

دهد، داریم:

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{T - 273}{273}$$