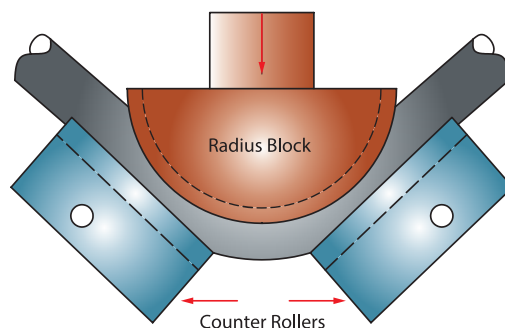


### خمکاری پرس (Pressing Bending)

در بسیاری از موارد که شعاع خمکاری و تغییر سطح مقطع لوله از اهمیت خاصی برخوردار نیست از این روش برای خمکاری لوله استفاده می شود. بعنوان مثال می توان از بکارگیری این روش در سیستم لوله کشی شوفاژ منازل مسکونی و نیز برخی از مبلمان فلزی خانگی و اداری استفاده کرد. در این روش لوله بر روی دو غلطک (تکیه گاه)، و قالب در وسط این دو غلطک قرار می گیرد.

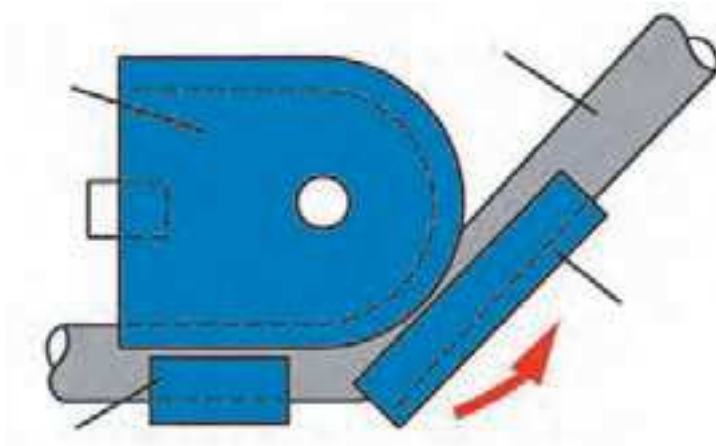
نیروی لازم توسط یک جک هیدرولیکی تامین می شود. دستگاههای خمکاری پرس بعضاً به شکلی طراحی شده اند، که قادر هستند خمکاری لوله را بصورت گروهی انجام دهند



شکل ۲-۲۳- دستگاه خمکن پرس

### خمکاری فشاری (Compression Bending)

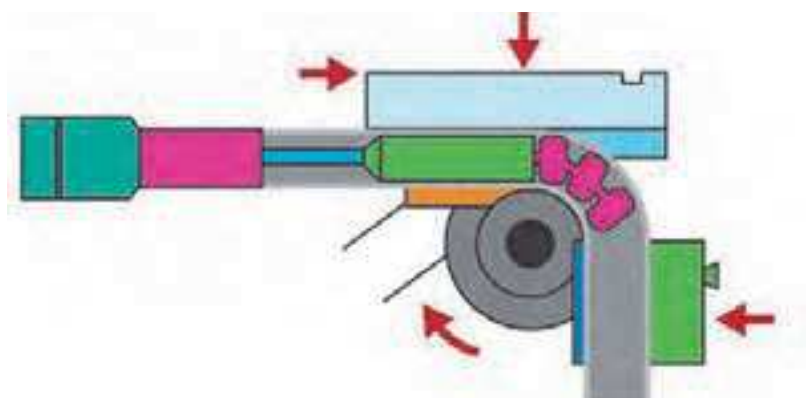
در خمکاری فشاری همانطور که در شکل دیده می شود، قالب ثابت بوده و کفشک لغزان در حین دوران به دور قالب، لوله را به درون قالب می فشارد. در این روش گیره لوله را در محل خاتمه خم به قالب ثابت کرده و از حرکت لوله جلوگیری می کند. بعنوان مثال خمکنهای دستی که برای خمکاری لوله های مسی با قطر ( $16 > D \text{ mm}$ ) استفاده می شود، جزء این روش خمکاری می باشد.



شکل ۲-۲۳- دستگاه خمکن فشاری

### خمکاری کششی چرخشی (Rotary Draw Bending)

در خمکاری کششی، قالب دوران می‌کند. در این روش، در ابتدا لوله در محل شروع خم توسط گیره به قالب فشرده و محکم گرفته می‌شود. سپس هر دو با هم شروع به دوران کرده و نتیجتاً لوله به درون قالب کشیده می‌شود. جهت جلوگیری از تغییر فرم سطح مقطع لوله و بیضی شدن آن قالب فشاری به لوله فشرده شده و در اثر اصطکاک، به همراه لوله به جلو کشیده می‌شود و همواره در نقطه شروع خم در مقابل قالب قرار می‌گیرد و مانع از تغییر شکل لوله و بیضی شدن آن در هنگام خمکاری می‌گردد. به همین دلیل طول آن بایستی حداقل برابر طول خم باشد.

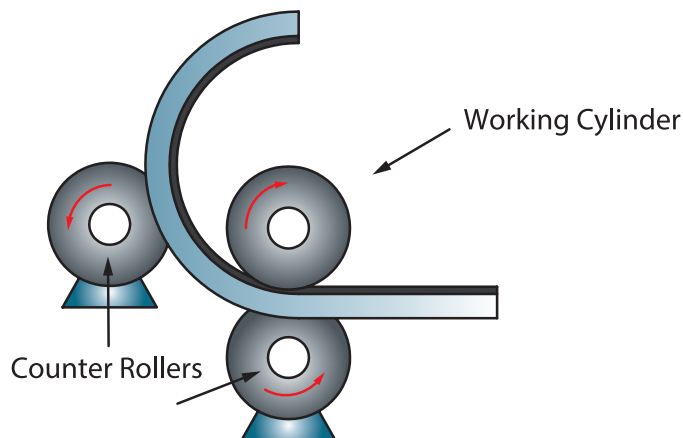


شکل ۲-۲۳- خمکاری کششی چرخشی

در این روش برای خمکاری لوله‌های با ضخامت کم از مندریل که در درون لوله قرار می‌گیرد، می‌توان استفاده کرد. مندریل موجب کنترل ابعاد هندسی و مانع از بیضی شدن لوله می‌شود. به عبارت دیگر با استفاده از مندریل و قالب از تغییر شکل لوله به ترتیب از طرف داخل و بیرون در حین عملیات خمکاری جلوگیری می‌کند. روش خمکاری کششی نسبت به خمکاری پرس، خمکاری فشاری و خمکاری نوردی، جهت ارائه یک خم با کیفیت، بسیار مناسبتر می‌باشد و از این رو در بسیاری از کارخانجات تجهیزات سازی از آن استفاده می‌شود.

### خمکاری سه غلتکی (3 Roll Bending)

این روش برای خمکاری لوله و سایر مقاطع با شعاع خم‌های بزرگ بکار گرفته می‌شود. در این روش لوله و یا پروفیل از میان سه غلطک عبور داده می‌شود. با توجه به اینکه از نظر هندسی از سه نقطه فقط یک دایره عبور می‌کند، لوله در حین عبور لوله از میان سه غلطک دایره شکل با قطر مشخص را به خود می‌گیرد. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، از سه غلطکی که در بالا به آن اشاره شده، دو غلطکی که در طرفین قرار گرفته‌اند بدون تغییر مکان جانبی و ثابت بوده و صرفاً حرکت دورانی دارند. نیروی محرک برای به حرکت در آوردن لوله توسط غلطک میانی که غلطک محرک نامیده می‌شود، به لوله یا پروفیل اعمال می‌گردد. همچنین این غلطک با داشتن یک درجه آزادی و امکان حرکت در امتداد عمود بر لوله، نورد لوله و یا پروفیل با شعاع‌های مختلف را ممکن می‌سازد.



شکل ۲-۲۵- خمکاری سه غلتکی

چرا روش خم کاری سه غلتکی برای لوله‌های با ضخامت کم، مناسب نمی‌باشد.

تحقیق



فعالیت






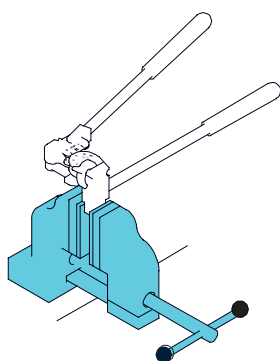
با استفاده از اینترنت و جستجو در سایت گوگل، فهرستی از شرکت هایی که در آن ها از این فرآیند برای تولید محصول نهایی استفاده می شود را پیدا کرده و اطلاعات خواسته شده در جدول زیر را مطابق با آنها پر کنید:

| جدول ۲-۱- شرکت های تولید محصول به روش خمکاری با قالب |          |             |                      |
|--|----------|-------------|----------------------|
| ردیف   | نام شرکت | محصول نهایی | کاربرد محصول در صنعت |
| ۱  |          |             |                      |
| ۲  |          |             |                      |
| ۳  |          |             |                      |
| ۴  |          |             |                      |

## انواع دستگاه خمکن لوله

در قسمت قبل با تکنیک‌های خمکاری آشنا شده‌اید، در این قسمت انواع خمکن لوله معرفی می‌شود. آیا تفاوت بین تکنیک‌های خمکاری و دستگاه‌های خمکن وجود دارد؟ به طور کلی دستگاه‌های خمکن به صورت زیر دسته بندی می‌شوند:

| جدول ۲-۲- دسته‌بندی خمکن‌ها |               |   |   |
|-----------------------------|---------------|---|---|
| نوع اعمال نیرو              | نوع خمکن      | تکنیک   | تصویر   |
| دستی                        | دستی مدرج     | خمکاری پرس<br>خمکاری فشاری<br>خمکاری کششی<br>خمکاری نوردی |    |
|                             | هیدرولیکی     |   |    |
| ماشینی                      | CNC           | خمکاری پرس<br>خمکاری فشاری<br>خمکاری کششی<br>خمکاری نوردی |  |
|                             | نیمه اتوماتیک |   |   |



### خمکن دستی مدرج

خمکن دستی مدرج، برای لوله با قطر پایین به کار می‌رود، و می‌توان با نیروی دست، خمکاری کرد. یکی از ویژگی‌های این فرآیند قابلیت اتصال به گیره می‌باشد. این ویژگی در هنگام خمکاری لوله با ضخامت بزرگتر و طول زیاد بسیار مفید است، به طوری که از تاب برداشتن لوله با طول زیاد جلوگیری می‌کند. از دیگر ویژگی‌های این خمکن، خمکاری به صورت افست می‌باشد.

شکل ۲-۲۶: خمکن مدرج نصب شده به گیره

### خمکن هیدرولیکی

در مقیاس تولید کارگاهی، خمکن هیدرولیکی جزء پرکاربردترین خمکن ها می باشد. در این دستگاه با استفاده از فشار روغن داخل سیلندر پیستون رو به جلو حرکت می کند و این حرکت باعث اعمال نیرو به سمبه دستگاه می شود. همچنین لوله که در نگهدارنده (ماتریس) ثابت شده است تغییر شکل یافته و خم می شود. میزان نیروی اعمالی به سمبه و خم شدن مقدار خمیدگی لوله به میزان حرکت پیستون هیدرولیکی دارد. به طور کلی روش کار با خمکن هیدرولیکی نسبت به سایر روشهای خمکاری لوله نسبتاً ساده می باشد.

در حین استفاده از این روش بهتر است که سیلندر هیدرولیکی تا حد ممکن به ماتریس نزدیک باشد، در این صورت بیشترین خم با کمترین انحراف ایجاد می شود.

نکته



شکل ۲-۲۷: خمکن هیدرولیکی

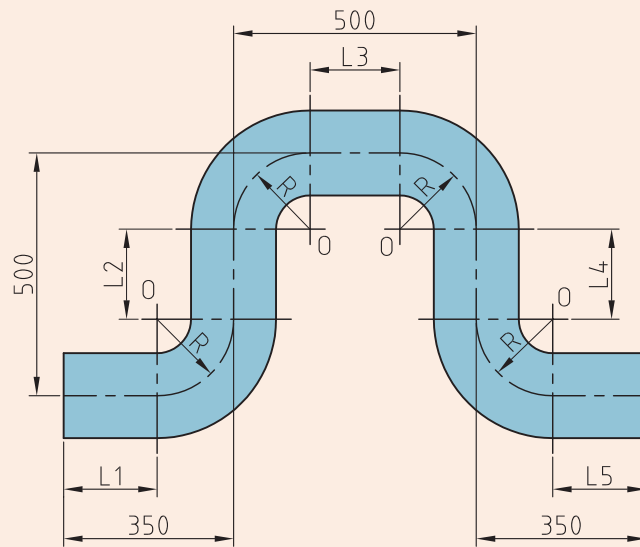
### روش کار با خمکن هیدرولیکی

پمپ هیدرولیک شامل پیستون، دسته پیستون و روغن می باشد، با استفاده از حرکت دادن پیوسته اهرمی که به پمپ هیدرولیک متصل است، به بالا و پایین، فشار روغن وارد سیلندر هیدرولیک می شود. در انتقال دسته پیستون سمبه قرار دارد. فشار روغن باعث حرکت روبه جلوی دسته پیستون و سمبه می شود، در نتیجه لوله ای که بین سمبه و ماتریس قرار گرفته اند خم می شود. با تعویض قالب و ماتریس در دستگاه خمکن هیدرولیک می توانیم شکل های خم مختلف مانند V یا L ایجاد کنیم در نتیجه شکل نهایی خم بستگی به شکل و نوع قالب دارد.



### خمکاری لوله فولادی با خمکن هیدرولیکی

می‌خواهیم یک لوله ی فولادی سیاه ۰٫۵ اینچی را به طول ۲۲۰ سانتی متر و شعاع ۷ سانتی متر مطابق شکل زیر خمکاری نماییم:



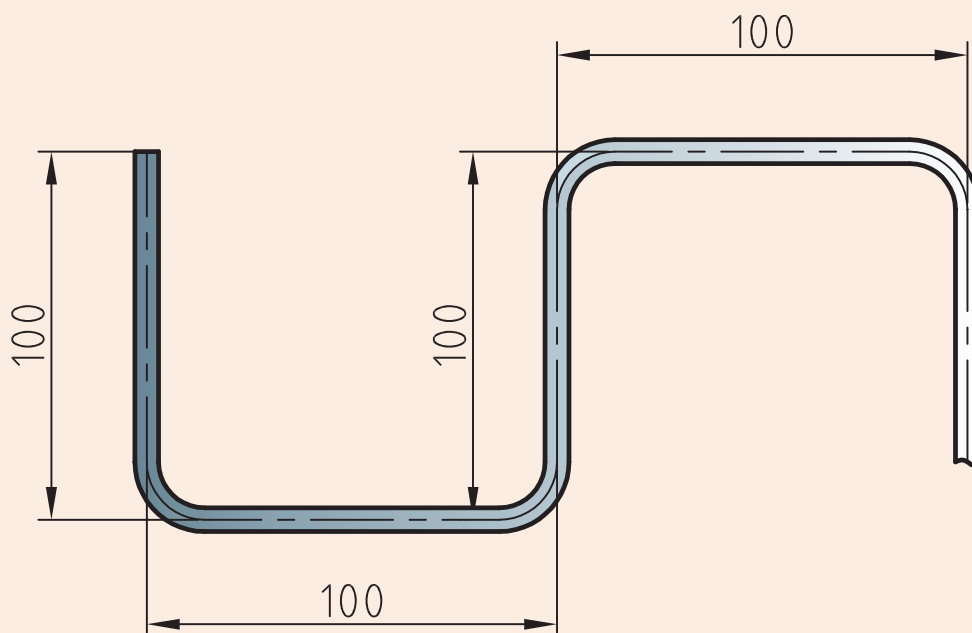
شکل ۱۶- نقشه لوله خم شده

مطابق مراحل زیر اقدام نمایید:

- محاسبه طول واقعی لوله
- یک شاخه لوله فولادی را به گیره بسته و پس از علامت گذاری گذاری اندازه ی طول واقعی لوله (۲۰۸ cm)، لوله را به وسیله لوله بر ببرید.
- نکته: در خمکاری لوله می‌توان از ابزارهای کمکی مانند ماسه و فنر استفاده کرد، این ابزارها از دیواره خمیده شده لوله محافظت می‌کنند.



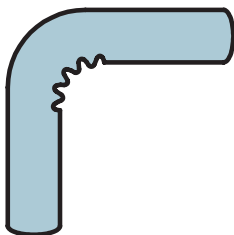
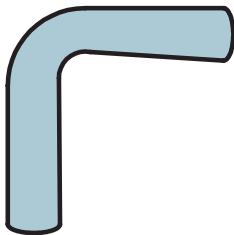
به کمک خم کن‌های هیدرولیکی و مدرج لوله با قطر لوله ۴/۱ اینچ و شعاع ۱۶/۹ اینچ را خم کنید. توجه داشته باشید که در فعالیت کارگاهی قبلی مقدار طول اولیه لوله محاسبه شده است



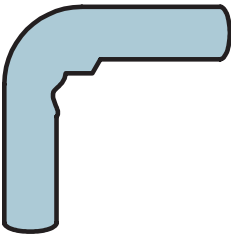
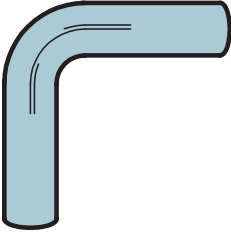
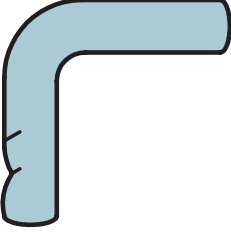
### تأثیرات فرآیند خمکاری بر لوله

جدول زیر تاثیر فرایند خم کاری را بر روی خواص مواد نشان می‌دهد:

| چین و چروک در قسمت داخلی خم                                       | تأثیرات فرآیند خمکاری بر لوله |
|---|-------------------------------|
| کشیده شدن و نازک شدن جداره بیرونی لوله خم شده                     |                               |
| شکل پذیری ماده کاهش می‌یابد                                       |                               |
| تغییر شکل سرد که سبب کاهش ۱۰ درصد تنش تسلیم و استحکام کششی می‌شود |                               |
| لوله‌های خمکاری شده مستعد اعوجاج در مقطع خم شده هستند             |                               |

| مشکلاتی که ممکن است حین خمکاری لوله رخ دهد  |                     |                                     |  |
|---|---------------------|-------------------------------------|--|
| شکل عیب   | نام عیب             | دلیل به وجود آمدن                   | روش برطرف کردن                         |
|  | چروکیدگی جدار داخلی | شعاع نامناسب                        | افزایش شعاع                            |
|   | Wrinkled bend       | کم بودن ضخامت لوله                  | افزایش ضخامت لوله                      |
|  | پهن شدن خم          | سایز لوله برای دستگاه زیاد است      | استفاده از سایز مناسب قالب‌های دستگاه  |
|   | Flattened bend      | لوله در طول خم دچار لهیدگی شده      | افزایش ضخامت لوله                      |
|   |                     | فشار زیاد قالب در طول عملیات خمکاری | استفاده از خمکن دارای غلتک به جای قالب |



| مشکلاتی که ممکن است حین خمکاری لوله رخ دهد  |                              |  |   |
|---|------------------------------|--|---|
| شکل عیب   | نام عیب                      | دلیل به وجود آمدن  | روش برطرف کردن                                |
|    | پیچیدن خم                    | سایز لوله برای دستگاه زیاد است                             | استفاده از سایز مناسب قالب‌های دستگاه         |
|   | Kinked bend                  | بخش عمودی لوله به شکل صحیح در قالب قرار نگرفته             | قرار دادن مناسب لوله در دستگاه                |
|  | جا انداختن روی لوله          | قالب مورد استفاده برای لوله بزرگ است                       | استفاده از قالب یا غلتک مناسب با سایز لوله    |
|   |                              | قالب یا غلتک دستگاه فرسوده یا خراب است                     | تعمیر یا تعویض قالب یا غلتک                   |
|   | Scored tubing                | جسم خارجی یا کشیفی روی قالب یا غلتک وجود دارد              | تمیز کردن قالی یا غلتک                        |
|   |                              | غلتک یخ زده است  | تعمیر یا تعویض غلطک                           |
|  | تغیر شکل بیش از اندازه لوله  | تنظیمات نامناسب دستگاه                                     | هم‌ترازی مناسب قالب با سایر بخش‌های دستگاه خم |
|   | Excessive tubing deformation | فشار بیش از حد در نگهداشتن لوله (معمولاً در لوله‌های نازک) | کاهش فشار نگهدارنده یا گیره                   |