

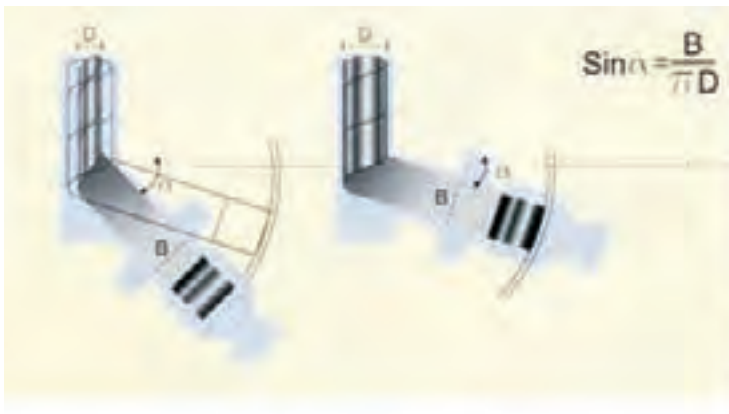
$$\sin \alpha = \frac{B}{D \cdot n} \quad D = \frac{B}{n \cdot \sin \alpha}$$

B: عرض ورق

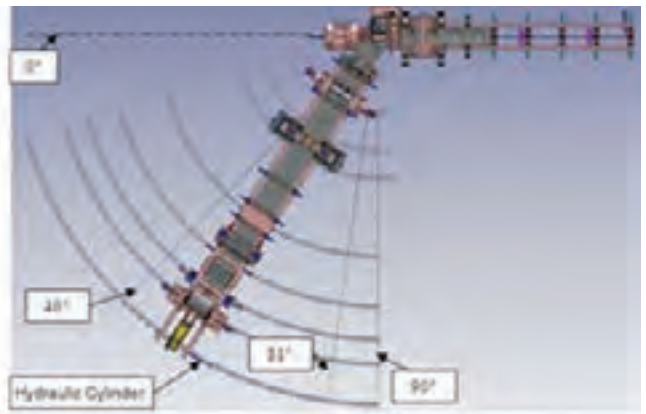
D: قطر لوله

$\alpha$ : زاویه مارپیچ

با توجه به روابط می توان نتیجه گرفت که با استفاده از نوارهای ورق با عرض ثابت و با تغییر دادن زاویه ورودی، لوله‌هایی با قطرهای مختلف تولید کرد یا برعکس، با استفاده از نوارهای ورق با عرض‌های مختلف می توان با تغییر زاویه، لوله‌هایی با قطرهای یکسان تولید کرد. (شکل ۴-۲۴-الف و ب)



شکل ۴-۲۴-ب



شکل ۴-۲۴-الف

استفاده از یک نوار ورق با عرض ثابت B که با تغییر زاویه لوله‌هایی با قطرهای مختلف تولید می شود. (شکل ۴-۲۵-الف و ب)



شکل ۴-۲۵-ب جوشکاری خارج لوله

شکل ۴-۲۵-الف جوشکاری داخل لوله

## تست امواج مافوق صوت بصورت اتوماتیک بر روی صد در صد درز جوش لوله

جهت حصول اطمینان از سالم بودن جوش، تست غیرمخرب (امواج مافوق صوت) بصورت پیوسته بر روی درز جوش انجام می‌گردد. بازرسی و اندازه‌گیری‌های لازم بر اساس نیازمندی‌های محصول در حین تولید: پس از اینکه لوله از مرحله شکل‌دهی (Forming) خارج گردید، اپراتور دستگاه آلتراسونیک اتوماتیک تست امواج مافوق صوت را روی جوش لوله مطابق روش اجرایی پایش و اندازه‌گیری انجام می‌دهد. (شکل ۴-۲۶)



شکل ۴-۲۶ تست لوله

## برش لوله

بمنظور برش لوله در طولهای استاندارد و یا بنا برخواسته مشتری دستگاه برش پلاسما بر اساس گاز یونیزه شده نیتروژن عمل می‌کند، در جریان این عمل میان قطب مثبت (لوله) و قطب منفی (نازل) قوس زده که منجر به یونیزه شدن گاز نیتروژن می‌شود (از اطراف نازل شارژ می‌گردد)، بنابراین حرارت لازم جهت برش ایجاد شده و عملیات برش صورت می‌پذیرد. (شکل ۴-۲۷)



شکل ۲۷-۴ برشکاری لوله

### تمیز کاری داخل لوله

در جریان عملیات جوشکاری به روش زیر پودری (SAW) سرباره‌های حاصل از جوشکاری و پودر جوشکاری در داخل لوله باقی می ماند که پس از برش لوله در صورتی که لوله از نوع T (لوله با جوش عرضی) نباشد مستقیماً به محل دستگاه تمیز کاری داخلی و در صورتیکه لوله از نوع T باشد پس از انجام عملیات جوشکاری عرضی به دستگاه تمیز کاری داخلی انتقال می یابد، عملیات تمیز کاری صورت می پذیرد. (شکل ۲۸-۴)



شکل ۲۸-۴ برشکاری لوله

## بازرسی چشمی

پس از تمیز کاری داخل لوله، آن را به محل بازرسی چشمی انتقال می دهند، در این محل کلیه عملیات بازرسی چشمی بر روی درز جوش و بدنه لوله صورت می پذیرد. (شکل ۴-۲۹)



شکل ۴-۲۹ بازرسی چشمی لوله‌ها

## تست امواج مافوق صوت بصورت دستی بر روی جوش عرضی

برای حصول اطمینان از بی عیب بودن جوش عرضی لوله تست غیر مخرب ( امواج مافوق صوت) به صورت دستی، بر روی جوش صورت می پذیرد. (شکل ۴-۳۰)



شکل ۴-۳۰ تست دستی مافوق صوت بر روی جوش‌های عرضی

## تعمیرات لوله

چنانچه موضعی از درز جوشکاری شده، معیوب تشخیص داده شود، لوله بصورت اتوماتیک به ایستگاه تعمیرات جوش منتقل شده و جوشکار واحد تعمیرات لوله نسبت به تعمیر مواضع معیوب اقدام می نماید. (شکل ۴-۳۱)



شکل ۴-۳۱ تعمیر لوله‌های معیوب

## تست هیدرو استاتیک

پس از اینکه لوله‌ها بازرسی چشمی و تعمیرات آن انجام شد به مرحله هیدروتست ارسال می گردد (توسط خط انتقال اتوماتیک) که در آن مرحله سرپرست خط انتقال با توجه به قطر لوله، ضخامت ورق (فرمول محاسبه می باشد که  $P$  فشار هیدروتست و  $S$  درصدی از تنش تسلیم ورق (Yield Point) و  $t$  ضخامت جدار لوله و  $D$  قطر خارجی لوله می باشد) و تنش تسلیم ورق را تعیین و به اپراتور اعلام می نماید. این محاسبه با توجه به نیازمندی‌های مشتری تصریح شده در قرارداد صورت می پذیرد. (شکل ۴-۳۲)



شکل ۴-۳۲ انجام هیدروتست

## پخ کردن دو انتهای لوله

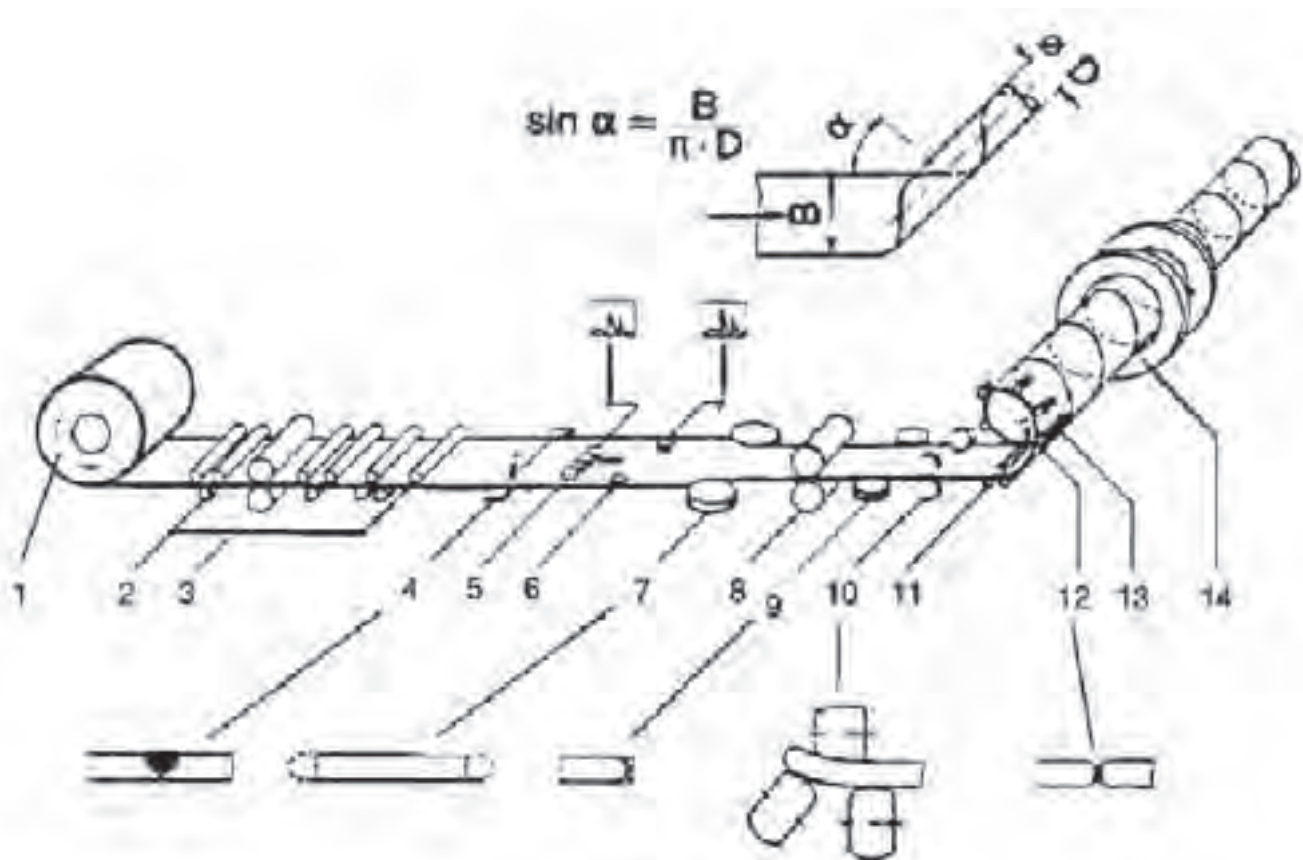
پس از آنکه عملیات هیدروتست روی لوله انجام گردید، چنانچه بر اساس الزامات مشتری نیازی به پخ زدن دو انتهای لوله بود، لوله‌ها به قسمت ماشین پخ‌زنی ارسال می‌گردند و باید دو سر لوله‌ها را پخ زنی نماید، این عملیات مطابق با نیازمندی‌های مشتری که مطابق با استاندارد درخواستی وی در قرارداد فروش تصریح شده باشد، صورت می‌پذیرد. پس از آنکه عملیات پخ‌زنی روی لوله‌ها انجام گردید لوله‌ها توسط اپراتور خط انتقال به بازرسی نهایی ارسال می‌گردند. (شکل ۴-۳۳)



شکل ۴-۳۳ پخ کردن دو انتهای لوله

## بازرسی نهایی

پس از آنکه لوله‌ها به مرحله بازرسی نهایی رسید، بازرسی نهایی کنترل کیفی مجدداً تمامی جوش و بدنه لوله را مورد بازرسی چشمی قرار می‌دهد که در این مرحله بازرسی نهایی کنترل کیفی انجام تست آلتراسونیک دستی را برای تمام مواضع تعمیراتی مورد بررسی قرار داده و آنرا تأیید می‌نماید. همچنین بازرسی این قسمت تمام اندازه گیریهای ابعادی لوله را به همراه کنترل‌های انجام می‌دهد. در شکل (۴-۳۳-۱) مراحل تولید لوله‌های اسپیرال را بصورت شماتیک مشاهده می‌کنید.



- |                      |                                 |
|----------------------|---------------------------------|
| ۱- باز کردن کویل     | ۸- نوردهای کششی اصلی            |
| ۲- نوردهای صاف کننده | ۹- آماده سازی برای مورد جوشکاری |
| ۳- واحد نوردهای کششی | ۱۰- منحنی کردن لبه ها           |
| ۴- جوشکاری عرض ورق   | ۱۱- سیستم سه نورده              |
| ۵- واحد تست US       | ۱۲- نقطه جوش داخلی              |
| ۶- واحد تست          | ۱۳- نوردهای داخلی               |
| ۷- واحد درجه زمان    | ۱۴- واحد برش لوله               |

شکل ۴-۳۳-۱ مراحل تولید لوله به روش اسپیرال

## حمل و نقل

پس از آنکه لوله تولید شد برچسبی توسط اپراتور ماشین لوله سازی داخل لوله چسبانده می شود که حاوی اطلاعات زیر می باشد:

شماره لوله، سایز لوله، شماره قرارداد، وزن لوله، تاریخ تولید، استاندارد درخواستی و گرید فولاد تولیدی می باشد که سرپرست ماشینهای تولید موظف می باشد، این برچسب ها را تکمیل و به اپراتور ماشین لوله سازی تحویل نماید و شماره لوله را بدین صورت تخصیص می دهد که در هر قرارداد از شماره یک شروع به شماره گذاری

می نماید و وزن لوله در انتهای سالن (در ایستگاه بازرسی نهایی) تکمیل و استاندارد درخواستی از قرارداد فروش و خرید فولاد از ورق مصرف شده (اطلاعات موجود در روی کلاف) بدست می آید. (شکل ۴-۳۴)



شکل ۴-۳۴ حمل لوله‌های تولیدی

## لوله‌های بدون درز

لوله‌های بدون درز برای کاربردهای مختلف در صنعت بکار گرفته می‌شود. به خصوص در مواقعی که فشار بالا در سیستم بکار گرفته شده باشد. در صنایعی مانند ساخت مخازن تحت فشار، بویلرها و مدارهای هیدرولیکی بکار گرفته می‌شود. تاریخچه ابداع و ساخت لوله‌های بدون درز به اواخر قرن نوزدهم بر می‌گردد. روش‌های مختلف تولید این لوله‌ها در قرن نوزدهم ابداع و به موازات یکدیگر پیشرفت و گسترش یافت امروزه چهار روش متداول جهت تولید این لوله‌ها با توجه به ضخامت جداره و قطر آن‌ها بکار می‌رود. که به قرار زیر می‌باشد.

۱- فرایند تولید لوله بدون درز با استفاده از نورد مداوم بر روی سنبه برای تولید لوله‌های بدون درز با قطر ۲۱ تا ۱۷۸ میلی‌متر.

۲- فرایند تولید لوله به روش نوردهای متقاطع (پیلگرد) برای تولید لوله‌های بدون درز با قطر ۲۵۰ تا ۶۶۰ میلی‌متر.

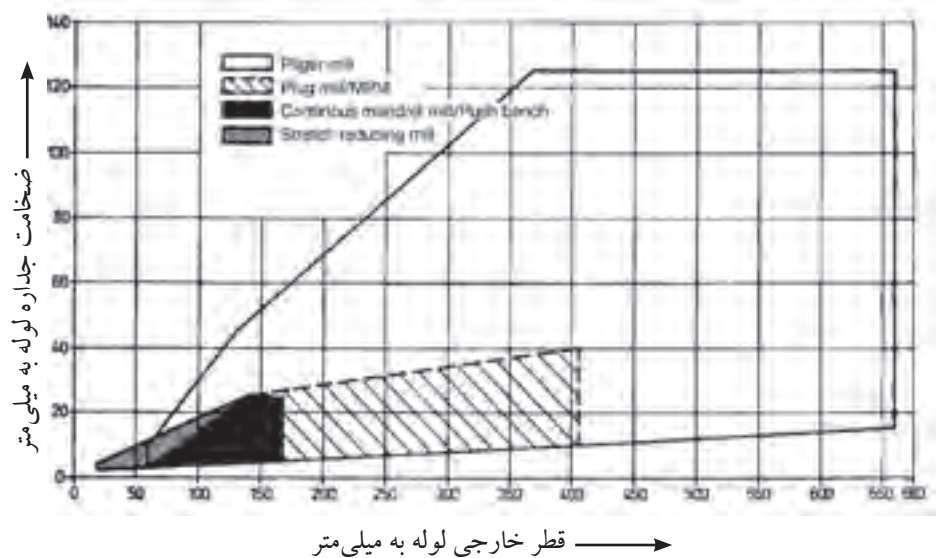
۳- فرایند تولید لوله به روش میز کششی (ارهارد) این فرایند برای قطرهای ۶۰ تا ۱۷۸ میلی‌متر.



۴- فرایند تولید لوله به روش نورد بر روی توپسی لغزان برای تولید لوله‌های بدون درز با قطر ۱۴۰ تا ۴۰۶ میلی‌متر.

در این کتاب دو فرایند تولید لوله‌های بدون‌درز به روش نورد مداوم با استفاده از سنبه و روش پیلگر آشنا خواهید شد.

در شکل (۴-۳۵) محدوده ضخامت و قطر لوله‌های بدون درز تولیدی توسط روش‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.

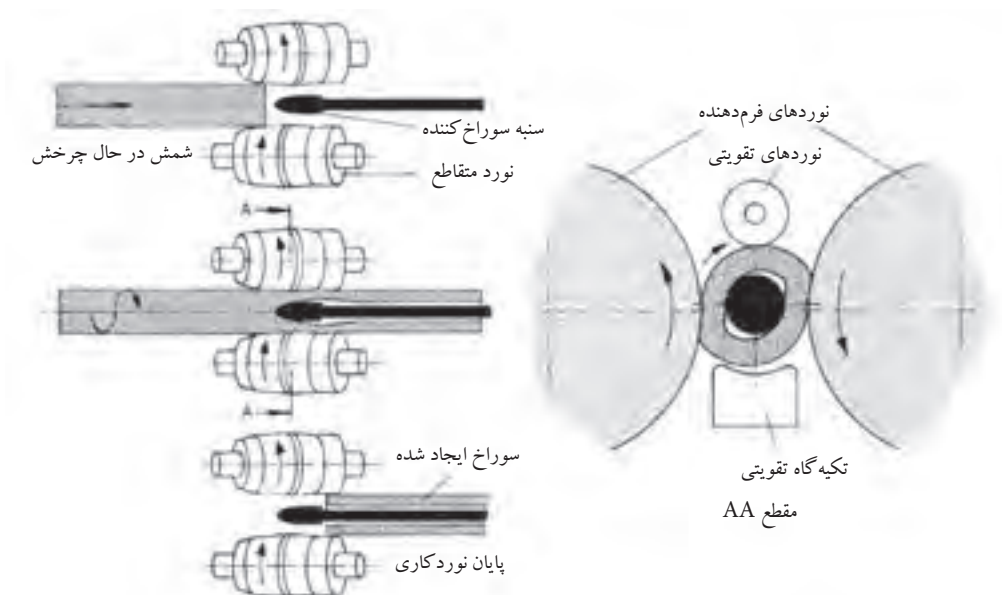


شکل ۴-۳۵ محدوده تولید لوله‌های بدون درز با توجه به قطر و ضخامت جداره

### ۱- فرایند تولید لوله بدون درز با استفاده از نورد مداوم بر روی سنبه (مانسمان)

به وسیله این فرآیند، لوله‌های بدون درز با قطر خارجی ۶۰ تا ۱۷۸ میلی‌متر تولید می‌گردد. و در بعضی مواقع می‌توان لوله‌ها با قطر خارجی در حدود ۲۱ میلی‌متر نیز تولید نمود. ضخامت جداره این لوله‌ها ۲ تا ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. برای تولید این لوله‌ها شمش‌های گرد با قطر در حدود ۲۰۰ میلی‌متر با طول در حدود ۵ متر را تا دمای ۱۲۸۰ درجه سانتی‌گراد در کوره گرم کرده و سپس شمش گداخته جهت تولید لوله به سمت نورد های سری هدایت می‌گردد. برای شروع شمش گداخته شده به وسیله سنبه سوراخ شده و توسط غلتک‌های دوار و ماشین نورد متقاطع (ضربداری) به صورت دورانی حرکت می‌کند در مسیر حرکت شمش که سنبه در داخل آن می‌باشد.

هر واحد از نوردها فرم دهنده نسبت به واحد قبلی خود ۹۰ درجه شکل (۳۶-۴) الف، ب و ج) و نسبت به زاویه افق ۴۵ درجه تغییر زاویه داده و موجب ایجاد حرکت چرخشی در شمش گداخته می‌گردد.



شکل ۴-۳۶- الف نحوه حرکت سنبه در داخل شمش گداخته



شکل ۴-۳۶- ب تغییر جهت ۹۰ درجه نوردها نسبت به مرحله قبلی



شکل ۴-۳۶- ج نوردهای مداوم تولید لوله

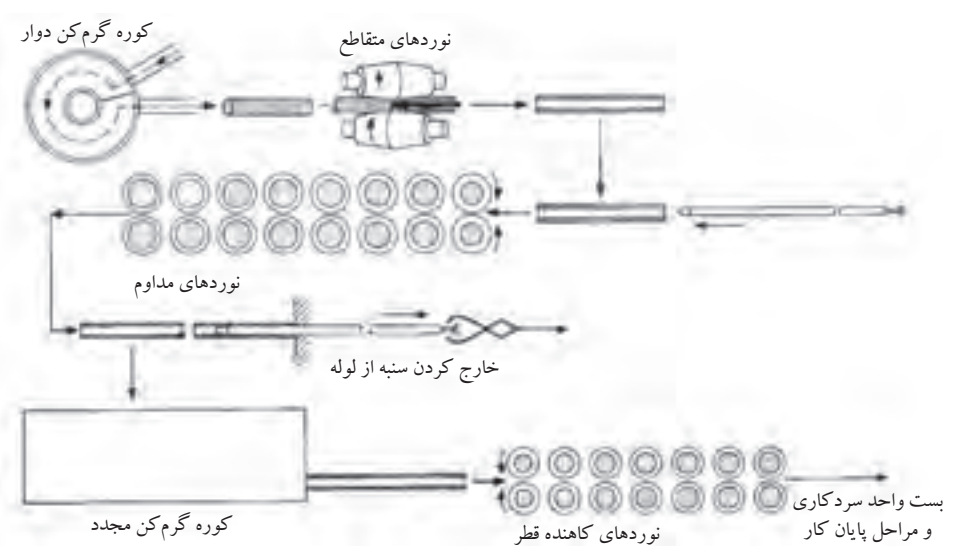
۱- لوله بدون درز

۲- واحد تغییر وضعیت

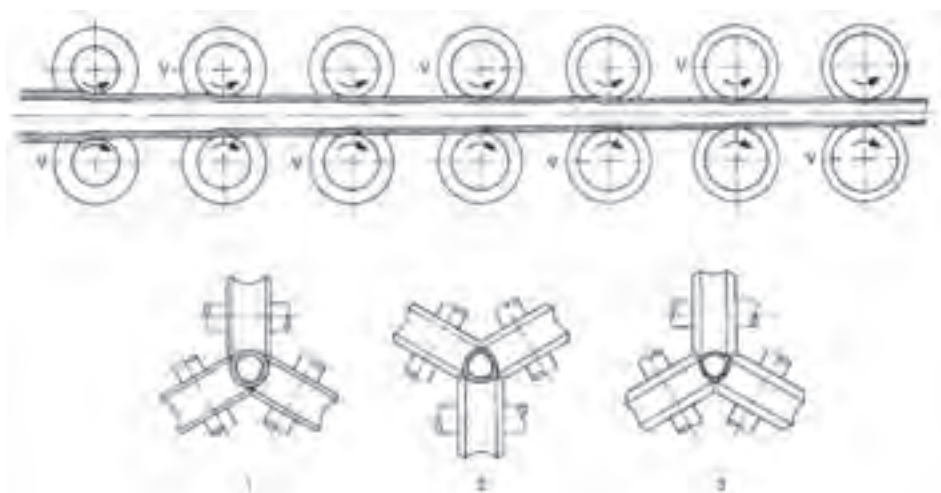
۳- نوردهای عمودی (ایستاده)

در اثر نور مدام طول این شمش‌ها ۲ تا ۴ برابر افزایش می‌یابد. تعداد نوردهای فرم دهند در این فرآیند ۷ تا ۹ عدد می‌باشد. در مورد لوله‌های بزرگ برای کاهش ضخامت جداره و افزایش قطر لوله این عمل طی چند مرحله انجام می‌شود توسط این روش لوله‌ها تا طول ۳۰ متر تولید می‌گردد. طول سنبه‌ها جهت فرم دادن به شمش حدود ۲۵ متر می‌رسد.

در پایان این مرحله شمش نورده شده به صورت لوله ناهمواری با قطر بزرگتر و ضخامت دیواره زیاد بدست می‌آید. در مرحله بعد، لوله تولید شده ناهموار از غلتک‌های نورده گذشته و قطر داخلی و خارجی و طول آن تنظیم می‌گردد. مرحله آخر عبور لوله از نوردهای پیوسته (مداوم) است این عمل به منظور یکنواخت کردن ابعاد لوله و هم‌راستا کردن آن انجام می‌شود. برای این منظور لوله را دوباره گرم می‌کنند. تا در نهایت لوله به شرایط استاندارد برسد بدلیل اینکه برای اولین بار شرکت آلمانی مانسمان اقدام به تولید این لوله‌ها نمود این لوله‌ها به لوله مانسمان نیز مشهور می‌باشند. در شکل (۴-۳۷-الف و ب) مراحل تولید این لوله‌ها را بصورت شماتیک مشاهده می‌کنید.



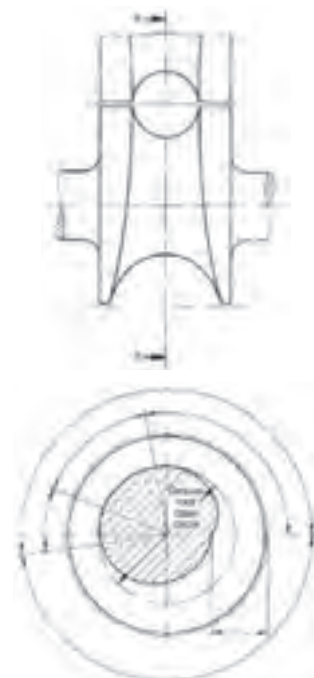
شکل ۴-۳۷-الف مراحل تولید لوله‌های بدون درز به روش نور مداوم با استفاده از سنبه



شکل ۴-۳۷- ب موقعیت نوردهای تمام کننده نسبت به یکدیگر

## ۲- فرایند تولید لوله به روش نوردهای متقاطع (پیلگر)

این فرایند تولید لوله‌های بدون درز برای ساخت لوله‌ها با قطر خارجی ۶۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر با ضخامت جداره‌ای در حدود ۳ تا ۱۲۵ میلی‌متر و طول ۲۸ متر بکار گرفته می‌شود. که 'بستگی' به طول، قطر و وزن شمش اولیه تولید لوله دارد. برای تولید لوله توسط این روش ابتدا شمش اولیه که یک بلوک گرد می‌باشد. در کوره‌های دوار تادمای ۱۲۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود انتخاب میزان دما تا حدودی بستگی به عناصر آلیاژی لوله دارد. پس از خروج شمش از کوره گرم کننده جهت برطرف کردن اکسیدهای سطحی آب با فشار بالا به سطح شمش پاشیده شده و اکسیدهای سطحی برطرف می‌گردد و سپس برای ایجاد سوراخ به واحد ایجاد سوراخ ارسال می‌گردد واز آنجا به سمت غلتک‌های نورد پیلگر که شیار خارج از مرکز دارند جهت کشیده شدن و تولید لوله ارسال می‌گردد. در شکل (۴-۳۸) سطح مقطع یک غلتک پیلگر را نشان می‌دهد. در زمان عبور شمش از بین غلتک‌ها سنبه‌ای به قطر تقریبی قطر داخلی لوله تولیدی آن را همراهی می‌کند. غلتک‌های بادامکی شکل در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده و تغذیه شمش توسط یک پرس هیدرولیک انجام می‌شود. و بدین ترتیب ابعاد تقریبی لوله را تنظیم می‌کنند. با توجه به خارج از مرکز بودن غلتک‌ها با هر بار چرخش ضربه‌ای مانند پتک آهنگری وارد کرده و با کوبش آن بر روی سنبه ضخامت جداره را کم می‌کند.

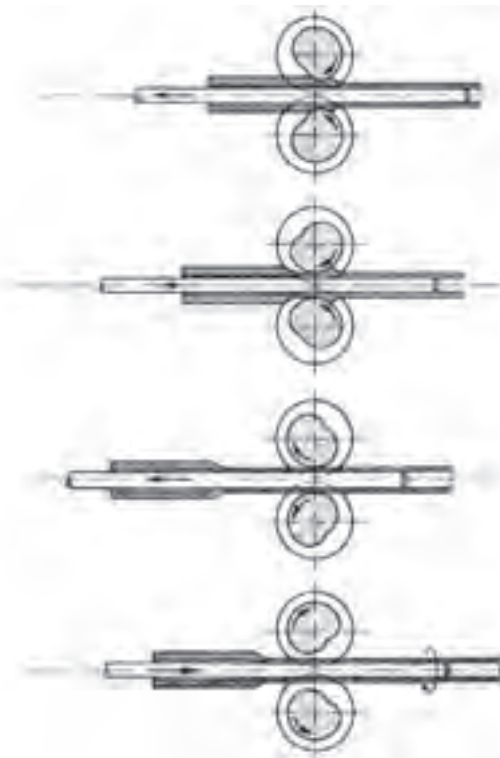


مقطع AA

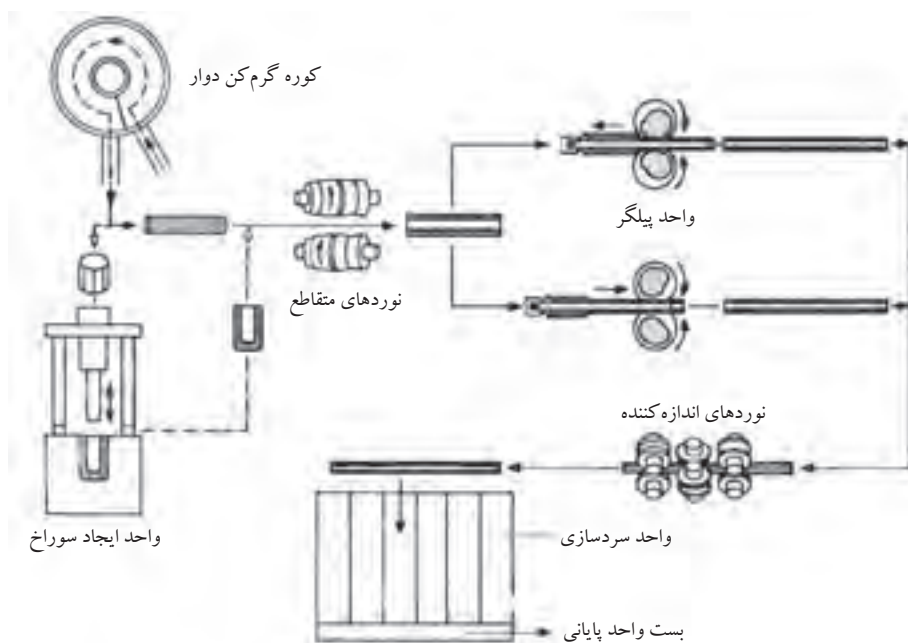
شکل ۴-۳۸ مقطع غلتک پیلگر

۱- رسیدن به محصول نهایی با ابعاد ذکر شده.

و در نهایت لوله‌ها با عبور از میان نوردهای صاف کننده و پایانی و با کنترل سرعت سرد شدن، سرد شده و جهت بسته‌بندی ارسال می‌گردند. (شکل ۴-۳۹) همچنین در شکل (۴-۴۰) مراحل تولید لوله‌های بدون درز را به روش پیلگر نشان داده می‌شود.



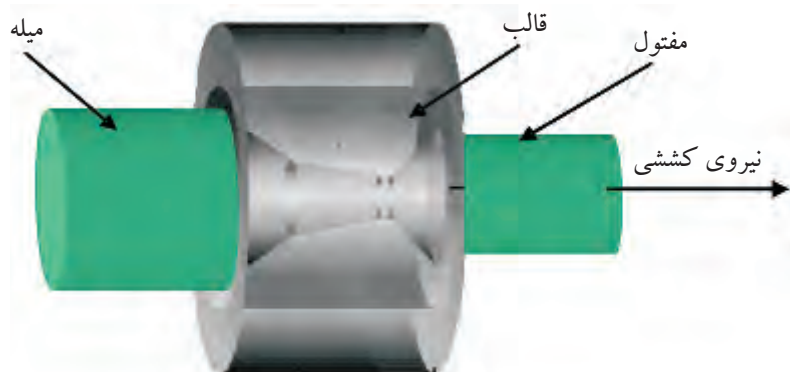
شکل ۴-۳۹



شکل ۴-۴۰ مراحل تولید لوله بدون درز به روش پیلگر

## روش تولید مفتول

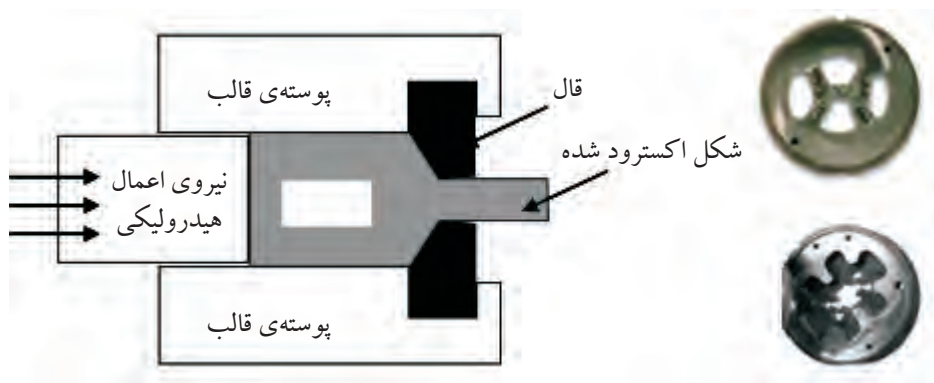
مفتول با قطرهای مختلف را می‌توان توسط عملیات سرد کاری تولید نمود. با استفاده از عملیات سرد کاری می‌توان مفتول با قطر کمتر از یک میلی‌متر نیز تولید نمود. برای تولید مفتول پس از باریک کردن نوک میله‌ها آن‌ها را از حديدیه‌هایی که قطر مجرای خروجی آن از قطر میله کمتر است عبور می‌دهند و از سمت دیگر میله عبوری را که قطر آن کمتر شده است توسط انبر مخصوص گرفته و می‌کشند. (شکل ۴-۴۱)



شکل ۴-۴۱ واحد تولید مفتول

کاهش قطر مفتول‌ها بتدریج به وسیله حديدیه‌های مختلف صورت می‌گیرد و در هر مرحله از حديدیه‌هایی استفاده می‌شود که دارای روزنه کوچک‌تر می‌باشد. کشش با مفتول‌های به قطر ۶ تا ۷ میلی‌متر که روی قرقره پیچیده شده‌اند شروع و تا رسیدن به ضخامت مورد نظر حديدیه کاری ادامه می‌یابد.

شکل (۴-۴۲) با استفاده از این روش مغزی الکترودهای روپوش دار و همچنین مفتول‌های جوشکاری را تولید می‌کنند.



شکل ۴-۴۲ واحد کششی

## تولید پروفیل‌های سنگین

به نیم‌ساخته‌های که دارای سطح مقطع توپر بوده و از وزن مخصوص بالای برخوردار باشند پروفیل‌های سنگین اطلاق می‌شود.

این پروفیل‌ها معمولاً از طریق گرم‌کاری شکل داده شده و تولید می‌شوند. دلیل این مسئله این است که در شکل‌دهی گرم برای تولید این پروفیل‌ها سختی فولاد چندان افزایش نمی‌یابد ولی موجب افزایش خاصیت شکل‌پذیری آن می‌شود. بدین ترتیب این امکان به وجود می‌آید که با اعمال نیروی زیاد فولاد بدون خطر گسستن و پاره شدن، فلزات را به مقدار زیاد تغییر شکل پلاستیکی داد. مثلاً برای تهیه تیر آهن با استفاده از شمش چهار گوش یازده مرحله‌نورد کاری انجام می‌شود. تهیه پروفیل‌های سنگین طی چهار مرحله انجام می‌شود:

۱) تهیه شمش فولادی

۲) تهیه شمش فولادی جهت نورد کاری

۳) اجرای نورد کاری

۴) برش به ابعاد استاندارد

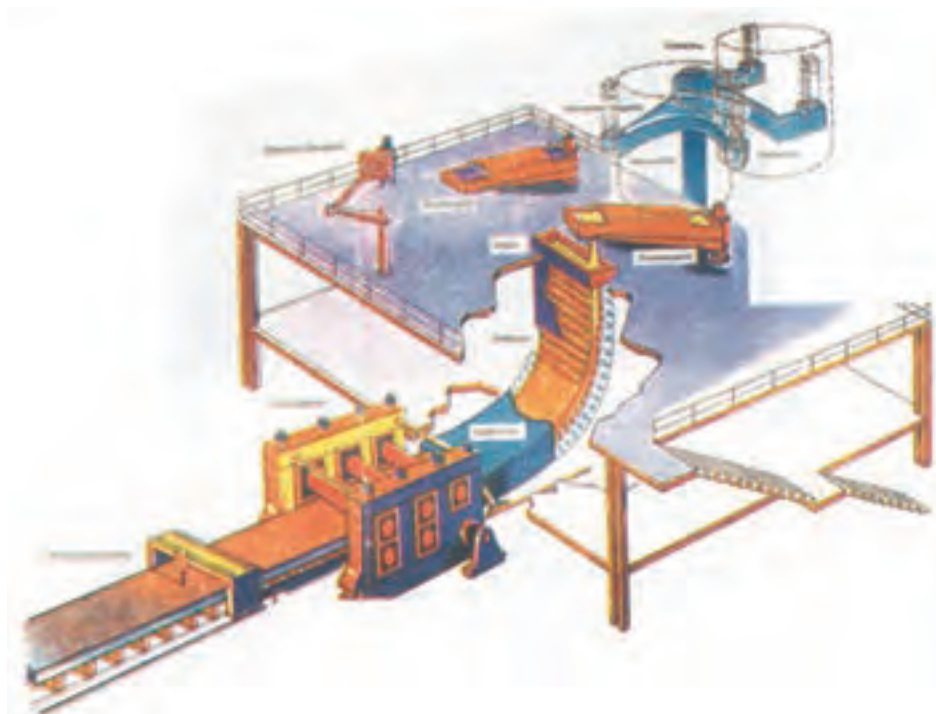
### ۱- تهیه شمش فولادی

شمش‌های مورد نیاز جهت تولید پروفیل‌های سنگین به وسیله کوره‌های فولاد سازی تولید می‌گردد. کوره‌های الکتریکی یکی از کاملترین کوره‌های تولید فولاد می‌باشد. این کوره‌ها جهت تولید فولاد از محصول تولیدی کوره بلند و آهن قراضه استفاده می‌کند.

در این کوره‌ها جهت تولید فولاد از انرژی الکتریکی استفاده کرده و با تبدیل آن به انرژی حرارتی دمای لازم جهت تولید فولاد را مهیا می‌کنند.

دمای این کوره‌ها در حدود ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و برای تهیه فولاد به دمایی در حدود ۱۷۰۰ درجه سانتی‌گراد لازم می‌باشد. مواد پس از کنترل و تنظیم عناصر آلیاژی به داخل بوته‌های مخصوص ریخته شده و با استفاده از وسایل مکانیکی به سمت قالب‌های شمش ریزی انتقال داده می‌شوند.

فرایند شمش‌ریزی معمولاً با استفاده از قالب‌های مداوم انجام می‌شود.  
(شکل ۴-۴۳)



شکل ۴-۴۳ قالب شمش‌ریزی مداوم و متعلقات مربوط به آن

## ۲- گرم کردن شمش جهت نورد کاری

شمش‌های آماده شده در مرحله اول جهت آماده شدن برای نورد کاری گرم شده و به سمت مجموعه نورد کاری هدایت می‌شوند در برخی از کارخانه‌های تولید پروفیل‌های سنگین واحد تولید شمش و گرم کن در یک مجموعه قرار دارد که این امر موجب صرفه‌جویی در وقت و انرژی می‌باشد. کارخانه ذوب آهن اصفهان را می‌توان نام برد که واحد تولید شمش و گرم کن آن در یک مجموعه قرار دارد. (شکل ۴-۴۴)



شکل ۴-۴۴ واحد گرم‌کن شمش



### ۳- اجرای نورد کاری

پس از گداخته شدن شمش در کوره و آماده سازی آن شامل زدودن اکسیدها و ناخالصی‌های سطحی قطعه گداخته جهت انجام نورد کاری به سمت غلتک‌ها هدایت می‌شود. در فرایند نورد کاری ممکن است از یک دستگاه غلتک استفاده شده و عبور دادن شمش‌ها شیارهای مختلف آن عمل شکل دهی انجام شود یا اینکه از غلتک‌های مدام استفاده شود. در فرایند نورد کاری توجه به عواملی کنترل دما، تنظیم غلتک‌ها، سرعت نورد کاری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. (شکل ۴-۴۵)



شکل ۴-۴۵ مقاطع غلتک‌ها و شکل قرار گرفتن آن‌ها

### ۴- برش به ابعاد استاندارد

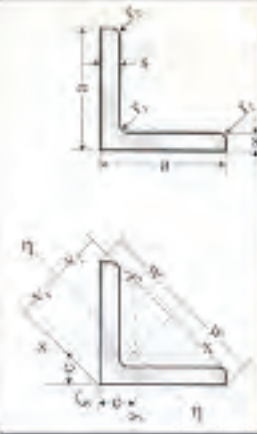
انتخاب ابعاد شمش به محصول نهایی بستگی دارد. از شمش انتخابی پروفیل مورد نیاز بطور پیوسته تولید شده و در نهایت به طول‌های استاندارد بریده شده و جهت بازار مصرف آماده می‌شود.

در جدول‌های (۴-۶ تا ۴-۱۲) برخی از مشخصات محصولات تولیدی شرکت ذوب آهن اصفهان آورده شده است.



جدول شماره (۱): ابعاد، اندازه ها، وزن، و رواداریهای مربوط به نیشی

اندازه نیشی	ابعاد و رواداری (mm)						عرض بال a	مقدار رواداری اسمی	مقدار رواداری اسمی	مقدار رواداری اسمی
	وزن رواداری %	مساحت سطح جانی یکمتر U m <sup>2</sup>	سطح مقطع A cm <sup>2</sup>	شعاع انحنا r		ضخامت s				
				r <sub>2</sub>	r <sub>1</sub>					
40x4	± 6	0.155	37.8	3	6	± 0.5	4	± 1.0	40	
50x5		0.194	47.8	3.5	7		5		50	
60x6		0.233	67.9	4	8		6		60	
80x8	± 4	0.311	127.3	5	10	± 0.75	8	± 2.0	80	
90x9		0.351	150.0	5.5	11		9		90	
100x10		0.390	197.2	6	12		10		100	



جدول شماره (۲): فواصل محورها و مقادیر ایستایی نیشی

اندازه نیشی	مقادیر ایستایی											
	محور η-η			محور ζ-ζ			x-x=y-y			فواصل محورها		
	شعاع زیراسیون i <sub>η</sub> cm	مدول مقطع W <sub>η</sub> cm <sup>3</sup>	ممان اینرسی I <sub>η</sub> cm <sup>4</sup>	شعاع زیراسیون i <sub>ζ</sub> cm	مدول مقطع W <sub>ζ</sub> cm <sup>3</sup>	ممان اینرسی I <sub>ζ</sub> cm <sup>4</sup>	شعاع زیراسیون i <sub>x</sub> cm	مدول مقطع W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	ممان اینرسی I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	V2 cm	V1 cm	w cm
40x4	1.12	2.83	1.08	1.40	4.48	1.55	1.21	7.09	1.52	1.86	1.18	0.78
50x5	1.40	3.56	1.90	1.74	5.51	2.05	1.51	10.40	1.90	2.32	1.32	0.98
60x6	1.69	4.29	2.79	2.29	6.61	2.82	1.82	14.10	2.49	2.95	1.69	1.17
80x8	2.26	5.66	4.66	3.06	9.25	4.22	2.42	20.6	3.29	4.25	2.26	1.55
90x9	2.54	6.36	5.66	3.51	10.25	4.77	2.77	23.0	3.59	4.54	2.54	1.76
100x10	2.82	7.06	6.66	4.06	11.25	5.27	3.07	25.0	3.89	4.84	2.82	1.95

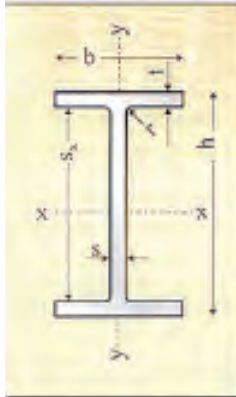
جدول شماره (۳): ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی نیشی بال مساوی

نوع فولاد	درصد وزنی ترکیب عناصر در محصول نهایی			خواص مکانیکی			آزمون تنش سرد تحت بار ۱۸۰ درجه
	C	Si	Mn	حد اکثر مقدار			
				N	P	S	
۳-۳۳	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۳
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷
۳-۳۷	≤ 0.25	≤ 0.33	0.25-0.30	0.005	0.010	0.010	۳۳-۳۷

\* S: ضخامت نمونه مورد آزمون



جدول شماره (۱): مشخصات ابعادی و وزن تیر آهن



نمبره تیر آهن I-2	ابعاد و روانداریها (میلیمتر)										
	وزن روانکاری	وزن بکتر kg	شعاع انحنای گروت ها r	ضخامت بال s		عرض بال b		ارتفاع h			
				مقدار اسمی	روانکاری	مقدار اسمی	روانکاری	مقدار اسمی	روانکاری		
12	10.8	7	± 170	6.3	± 0.5	2.4	± 2/0	64	± 2/0	120	12
14	12.9	7		6.9		2.7	+ 3/0	73	+ 3/0	140	14
16	15/8	9		7.4		3.0	- 2/0	82	- 2/0	160	16
18	18/8	9		8.0		3.3		91		180	18
20	22.4	12	± 1/5	8.5	± 0.75	3.6		100		200	20
22	26.2	12		9.2		3.9		110		220	22
24	30.7	15		9.8		4.2	± 3/0	120	± 3/0	240	24
27	36.1	15		10.2		4.6		135		270	27
30	42.2	15	± 2/0	10.7	± 1/0	5.1		150		300	30

جدول شماره (۲): اندازه ها و مقادیر ایستایی تیر آهن

نمبره تیر آهن I-2	سطح مقطع A cm <sup>2</sup>	سطح جانبی U m <sup>2</sup>	مقادیر ایستایی نسبت به محورهای خمش								
			محور y-y			محور x-x					
			ممان ایستایی نیم مقطع کشش و کشش Sx cm <sup>3</sup>	ممان ایستایی نیم مقطع کشش و کشش Iy cm <sup>4</sup>	ممان ایستایی نیم مقطع کشش و کشش Wy cm <sup>3</sup>	ممان ایستایی نیم مقطع کشش و کشش Ix cm <sup>4</sup>	ممان ایستایی نیم مقطع کشش و کشش Wx cm <sup>3</sup>	ممان ایستایی نیم مقطع کشش و کشش Ix cm <sup>4</sup>			
12	13.2	0.457	30.4	1.45	8.65	27.7	6.9	52.0	31.8	0.457	13.2
14	16.4	0.551	44.2	1.65	12.3	44.9	8.7	77.3	51.1	0.551	16.4
16	20.1	0.623	61.9	1.85	16.7	68.3	10.9	89	64	0.623	20.1
18	23.9	0.698	87.2	2.05	22.2	101	13.1	116	122	0.698	23.9
20	28.5	0.768	110	2.25	28.5	127	15.2	146	149	0.768	28.5
22	33.4	0.848	144	2.48	37.3	165	17.5	191	197	0.848	33.4
24	39.1	0.922	183	2.69	47.3	214	19.9	244	249	0.922	39.1
27	45.9	1.09	242	3.02	62.2	280	23.1	324	329	1.09	45.9
30	53.8	1.16	314	3.35	80.5	364	26.4	425	430	1.16	53.8

جدول شماره (۳): ترکیب شیمیایی تیر آهن

نوع فولاد	درصد وزنی عناصر				
	کربن (حد اکثر) C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر (حد اکثر) P	گوگرد (حد اکثر) S
فولاد 27	0.20	0.15-0.35	0.25-0.75	0.050	0.050
فولاد 24	0.23	0.15-0.35	0.25-0.90	0.050	0.050
فولاد 52	0.23	≤ 0.10	≤ 1.00	0.050	0.050

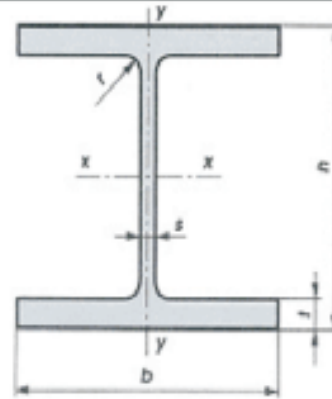
جدول شماره (۴): خواص مکانیکی تیر آهن

نوع فولاد	آزمون کشش		
	ممان تنش تسلیم y, p N/(mm) <sup>2</sup>	مقاومت کششی U.T.S N/(mm) <sup>2</sup>	حد اکثر ازدیاد طول نسبی δ <sub>5</sub> %
فولاد 27	235	360-510	26
فولاد 24	275	420-580	22
فولاد 52	355	510-680	22

S: = ضخامت نمونه مورد آزمون

جدول شماره (1) : مشخصات فیزیکی تیرآهن باد پهن (H-Beam)

وزن تیرآهن W کیلوگرم	ابعاد روان‌کاریها (میلیمتر) mm								تیرآهن IPE نمره	
	شعاع ابتدای گوشه r	ضخامت تاج t		ضخامت جاذ s		عرض تاج b		ارتفاع h		
		مقدار اسمی	مقدار اسمی	مقدار اسمی	مقدار اسمی	مقدار اسمی	مقدار اسمی	مقدار اسمی		مقدار اسمی
42.6	15	+2.5 -1.5	13	±1.0	8	+4 -2	160	+3.0 -2.0	160	160



جدول شماره (2) : اندازه ها و مقادیر ایستایی تیرآهن باد پهن (H-Beam)

Section area یکمتر مربع	U cm	مقادیر ایستایی نسبت به محوری خمش						ممان لاینرسی مقطع I <sub>x</sub> <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	ممان لاینرسی مقطع I <sub>y</sub> <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	تیرآهن IPE نمره
		محور XX			محور YY					
		ممان لاینرسی I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	مقدار ضعیف W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	شعاع لاینرسی i <sub>x</sub> cm	ممان لاینرسی I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	مقدار ضعیف W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	شعاع لاینرسی i <sub>y</sub> cm			
54.3	0.918	2490	311	6.78	889	111	4.05	177	14.1	160

جدول شماره (3) : ترکیب شیمیایی تیرآهن باد پهن (H-Beam)

نوع فولاد	ترکیب وزنی عناصر				
	کربن C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر P	گوگرد S
فولاد T7	0.10-0.20	0.100-0.35	0.20-0.75	≤0.050	≤0.050
فولاد T2	0.12-0.23	0.130-0.45	0.35-0.90	≤0.050	≤0.050

جدول شماره (4) : خواص مکانیکی تیرآهن باد پهن (H-Beam)

نوع فولاد	آزمون کشش			آزمون گشایش سرحدت زاویه 180° درجه
	مقاومت کششی σ <sub>k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	حد اقل تسلیم σ <sub>yk</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	حد اقل درصد آرماد طول نسبی 85%	
فولاد T7	360-510	235	26	5°
فولاد T2	430-580	275	22	1.5°

5° = ضخامت نمونه مورد آزمون

جدول شماره (5) : استاندارد محصول تیرآهن باد پهن (H-Beam)

H-Section DIN 1025/2 1994	استاندارد محصول
---------------------------	-----------------



جدول شماره (۱): مشخصات ابعادی و وزن ناودانی بال شیب دار

نمره ناودانی [۱-]	ابعاد و روادارها (mm)					
	ارتفاع h	عرض بال b	ضخامت جان s	ضخامت بال t		شعاع انحنا r
				مقدار رواداری	مقدار اسمی	
۱۶	± ۲/۵	۶۴	۵/۰	۸/۴	۸/۵	۳/۵

\* رواداری وزن ناودانی برای ۳ شاخه مثبت ۳ و منهای ۵ درصد وزن اسمی آن میباشد.  
جدول شماره (۲): مقادیر ایستایی ناودانی بال شیب دار

نمره ناودانی [۱-]	محور x-x		محور y-y		مکان ایستایی عمق	فاصله بین محور y-y
	مکان ایستایی	شعاع زیرسوی	مکان ایستایی	شعاع زیرسوی		
۱۶	۳۲۷	۹۳۴	۱۳۸۰	۱۸۵۷	۲۹/۱	۱۸

جدول شماره (۳): ترکیب شیمیایی ناودانی

نوع فولاد	درصد وزنی عناصر			
	کربن (حد اکثر) C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر P
فولاد ۳۷	۰/۲۰	۰/۱۵ - ۰/۳۵	۰/۳۵ - ۰/۷۵	۰/۰۵۰
فولاد ۴۴	۰/۲۳	۰/۱۵ - ۰/۴۵	۰/۳۵ - ۰/۹۰	۰/۰۵۰
فولاد ۵۲	۰/۲۳	≤ ۰/۶۰	≤ ۱/۶۰	۰/۰۴۵

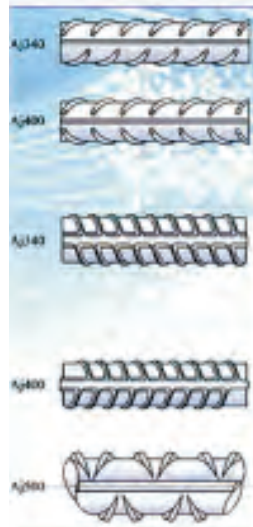
جدول شماره (۴): خواص مکانیکی ناودانی

نوع فولاد	آزمون کشش		
	حد اقل تنش تسلیم $\sigma_p$	مقاومت کششی U.T.S	حد اقل ازدیاد طول نسبی $\delta_5$
فولاد ۳۷	۳۳۵	۳۶۰ - ۵۱۰	۲۶
فولاد ۴۴	۳۷۵	۴۳۰ - ۵۸۰	۲۲
فولاد ۵۲	۳۵۵	۵۱۰ - ۶۸۰	۲۲

\* S: = ضخامت نمونه مورد آزمون



جدول شماره ۱: مشخصات ابعادی و وزن میلگرد (ساده و آجدار) ساختمانی



ملاحظات	رواداری وزن %	وزن محاسباتی (Kg/m)	سطح مقطع (mm <sup>2</sup> )	رواداری قطر اسمی mm	قطر اسمی
در محاسبات وزن مقدار جرم مخصوص فولاد $7.85 \text{ g/cm}^3$ در نظر گرفته شده است.  اختلاف بین حداقل و حداکثر قطر (ایستی بودن) در فاصله ۰-۷۰ درصد دانه رواداری می باشد	± ۸	-۰.۳۹۵	۵۰.۳	+۰.۳ -۰.۵	۸
		-۰.۶۱۶	۷۸.۵		۱۰
	± ۵/۵	-۰.۸۸۸	۱۱۳.۱	+۰.۴ -۰.۵	۱۲
		۱/۲۱	۱۵۴		۱۴
		۱.۵۸	۲۰۱		۱۶
		۲/۰۰	۲۵۴		۱۸
	± ۴/۵	۲/۴۷	۳۱۴	+۰.۴ -۰.۶ +۰.۴ -۰.۷	۲۰
		۲/۹۸	۳۸۰		۲۲
		۳/۸۵	۴۹۱		۲۵
		۴/۸۳	۶۱۶		۲۸
۶/۳۱		۸۰۴	۳۲		

میلگردهای نمره ۱۶ تا ۸ بصورت کلاف و نمره ۱۰ تا ۲۲ بصورت شاخه تولید میگردد

جدول شماره ۲: خواص مکانیکی میلگردهای تولیدی

آزمون خمش سرد	آزمون کشش			علامت مشخصه	طبقه بندی	
	طول نسبی حد اقل ازدیاد طول نسبی (درصد) $\delta_5$ %	زاویه خمش نسبت به قطر اسمی میلگرد	حد اقل تنش تسلیم $\sigma_s$ (مگاپاسکال)			حد اقل مقاومت کششی U.T.S $N(\text{mm}^2)$
۲d	۱۸۰	۲۵	۳۶۰	۲۲۰	س ۲۲۰	میلگرد ساده
۳d	۱۸۰	۱۸	۵۰۰	۳۴۰	آج ۳۴۰	میلگرد آجدار مارپیچ
۵d	۱۸۰	۱۶	۶۰۰	۴۰۰	آج ۴۰۰	میلگرد آجدار چنانی
۵d	۹۰	۱۰	۶۵۰	۵۰۰	آج ۵۰۰	میلگرد آجدار مرکب

d= قطر نمونه آزمون

جدول شماره ۳: ترکیب شیمیایی میلگردهای تولیدی

حد اکثر کربن میان %	درصد ترکیب شیمیایی عناصر (حد اکثر)					علامت مشخصه	طبقه بندی
	کربن S	فسفر P	منگنز Mn	سیلیسیم Si	کربن C		
-	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۲۲	س ۲۲۰	میلگرد ساده
۰/۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۱/۴۰	۰/۶۵	۰/۳۴	آج ۳۴۰	میلگرد آجدار مارپیچ
*	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۱/۷۰	۰/۶۵	۰/۳۹	آج ۴۰۰	میلگرد آجدار چنانی
*	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۱/۹۰	۰/۹۵	۰/۴۲	آج ۵۰۰	میلگرد آجدار مرکب

\* در جوشکاری این نوع میلگرد در زمان مصرف بایستی شرایط پیشگرم مطابق مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳۲ رعایت گردد

استانداردهای معادل			علامت مشخصه	طبقه بندی
JIS	ASTM	GOST		
SR24	-	A <sub>۱</sub>	س ۲۲۰	میلگرد ساده
SD35	A615G40	A <sub>II</sub>	آج ۳۴۰	میلگرد آجدار مارپیچ
SD40	A615G60	A <sub>III</sub>	آج ۴۰۰	میلگرد آجدار چنانی
SD50	A615G75	-	آج ۵۰۰	میلگرد آجدار مرکب



جدول شماره ۱: مشخصات ابعادی و وزن میلگرد

ملاحظات	رواداری وزن %	وزن محاسباتی (Kg/m)	سطح مقطع (mm) <sup>2</sup>	رواداری قطر اسمی mm	قطر اسمی
در محاسبات وزن مقدار جرم مخصوص فولاد $7.85 \text{ g/cm}^3$ در نظر گرفته شده است.  اختلاف بین حداقل و حداکثر قطر (بیشی بودن) در قاعده ۷۰ درصد دامنه رواداری می باشد.	$\pm 8$	۰.۳۹۵	۵۰.۳	۰.۱۳	۸
	$\pm 0.5$	۰.۶۶۶	۷۸.۵		۱۰
		۰.۸۸۸	۱۱۳.۱	۱۲	
		۱.۲۱۱	۱۵۴	۱۴	
		۱.۵۸	۲۰.۱	۱۶	

مفتول های ۸ و ۱۰ بصورت آجدار نیز تولید میگردند.

جدول شماره ۲: خواص مکانیکی میلگردهای تولیدی

آزمون خمش سرد	آزمون کشش				علامت مشخصه	طبقه بندی
	طول فک خمش نسبت به قطر اسمی میلگرد	زاویه خمش (درجه)	حد اقل از بیداد طول نسبی (درصد) $\delta_5$ %	حد اقل مقاومت کششی U.T.S $N/(mm)^2$		
۲d	۱۸۰	۲۵	۲۶۰	۲۴۰	۲۴۰	میلگرد ساده
۳d	۱۸۰	۱۸	۵۰۰	۳۴۰	آج ۲۴۰	میلگرد آجدار ماریج
۵d	۱۸۰	۱۶	۶۰۰	۴۰۰	آج ۴۰۰	میلگرد آجدار چنانی
۵d	۹۰	۱۰	۶۵۰	۵۰۰	آج ۵۰۰	میلگرد آجدار مرکب

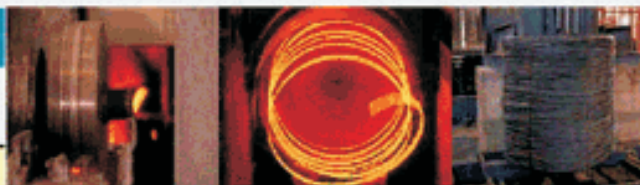
۱- قطر نمونه آزمون

جدول شماره ۳: ترکیب شیمیایی میلگردهای تولیدی

حداکثر کربن معادل %	درصد ترکیب شیمیایی عناصر (حداکثر)					علامت مشخصه	طبقه بندی
	گوگرد S	فسفر P	منگنز Mn	سیلیسیم Si	کربن C		
-	۰.۰۵۵	۰.۰۵۵	۰.۸۵	۰.۶۰	۰.۲۴	۲۴۰	میلگرد ساده
۰.۵۰	۰.۰۵۰	۰.۰۵۰	۱.۴۰	۰.۶۵	۰.۲۴	۲۴۰	میلگرد آجدار ماریج
*	۰.۰۵۰	۰.۰۵۰	۱.۷۰	۰.۶۵	۰.۳۹	۴۰۰	میلگرد آجدار چنانی
*	۰.۰۵۰	۰.۰۵۰	۱.۹۰	۰.۹۵	۰.۴۲	۵۰۰	میلگرد آجدار مرکب

\* در جوشکاری این نوع میلگردها در زمان مصرف بایستی شرایط پیشگرم مطابق مندرجات استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۲۲ رعایت گردد

استانداردهای معادل			علامت مشخصه	طبقه بندی
JIS	ASTM	GOST		
SR24	-	A <sub>I</sub>	۲۴۰	میلگرد ساده
SD35	A615G40	A <sub>II</sub>	آج ۲۴۰	میلگرد آجدار ماریج
SD40	A615G60	A <sub>III</sub>	آج ۴۰۰	میلگرد آجدار چنانی
SD50	A615G75	-	آج ۵۰۰	میلگرد آجدار مرکب



جدول شماره (۱): مشخصات ابعادی و وزن مفتول

میزان انحراف از حالت دایره‌ای (بیضی بودن)	وزن یک متر Kg/m	سطح مقطع mm <sup>2</sup>	قطر مفتول mm	
			قطر اسمی	روداری
برای تمام اندازه‌ها حداکثر ۸۰ درصد دانه روداری	۰/۱۸۷	۲۳/۷۶	± ۰/۴	۵/۵
	۰/۳۰۲	۳۸/۴۸		۷
	۰/۳۹۵	۵۰/۲۶		۸
	۰/۶۱۷	۷۸/۵۴		۱۰
	۰/۸۸۸	۱۱۳/۱		۱۲

جدول شماره (۲): ترکیب شیمیایی مفتول

سایر عناصر	حداکثر مقدار		منگنز Mn	سیلیسیم Si	کربن C	مارک فولاد
	موگرتن S	فسفر P				
-	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۲۶ - ۰/۵۴	≤ ۰/۲۳	≤ ۰/۱۴	RST 34-2
Al ≤ ۰/۰۰۳	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۳۶ - ۰/۶۴	≤ ۰/۰۶۰	۰/۰۳ - ۰/۱۱	USD-7
-	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۳۱ - ۰/۵۹	۰/۰۲ - ۰/۱۳	۰/۰۳ - ۰/۱۲	RSD-7
S+P ≤ ۰/۰۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۵۱ - ۰/۶۹	۰/۰۷ - ۰/۳۳	۰/۰۶۲ - ۰/۰۷۵	C67
Al ≤ ۰/۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۱/۲۴ - ۱/۶۶	۰/۶۷ - ۱/۰۳	۰/۰۴ - ۰/۱۵	11MnSi6 (SG2)
Cu ≤ ۰/۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۱/۵۴ - ۱/۹۶	۰/۷۷ - ۱/۲۳	۰/۰۴ - ۰/۱۵	11MnSi7 (SG3)
-	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۷۴ - ۱/۲۶	≤ ۰/۱۸	۰/۰۵ - ۰/۱۷	11Mn4Si (S2)

جدول شماره (۳): خواص مکانیکی مفتول

حداقل ازدیاد طول نسبی $\delta_5$ %	آزمون کشش		مارک فولاد
	مقاومت کششی U.T.S N/(mm) <sup>2</sup>	حداقل تنش تسلیم y.p N/(mm) <sup>2</sup>	
۲۶	۳۳۴ - ۴۷۱	-	RST 34-2
-	-	-	USD-7
-	≤ ۴۰۲	-	RSD-7
۱۲	≥ ۹۳۲	-	C67
۲۲	≥ ۵۳۰	≥ ۳۳	11MnSi6 (SG2)
-	-	-	11MnSi7 (SG3)
-	-	-	11Mn4Si (S2)



## تمرین

از هنرجو انتظار می رود پس از مطالعه این فصل :

- ۱- انواع پروفیل های فلزی را نام ببرید.
- ۲- منظور از پروفیل های سبک چیست.
- ۳- مراحل تولید آلومینیوم را نام ببرد.
- ۴- برخی از کاربردهای نیم ساخته های آلومینیومی را نام ببرید.
- ۵- روش های نماکاری ساختمان با استفاده از نیم ساخته های آلومینیومی را شرح دهید.

- ۶- کاربرد پنل های آلومینیومی را بنویسید.
- ۷- نیم ساخته های نیمه سنگین را شرح دهید.
- ۸- روش های تولید لوله های درز دار را نام ببرید.
- ۹- تولید لوله های گالوانیزه را شرح دهید.
- ۱۰- مراحل تولید لوله های اسپیرال را شرح دهید.
- ۱۱- روش های تولید لوله های بدون درز را نام ببرید.
- ۱۲- روش تولید مفتول را شرح دهید.
- ۱۳- مراحل تولید پروفیل های سنگین را شرح دهید.



## فصل پنجم

### تغییر شکل پروفیل‌ها و لوله‌ها

## هدف‌های رفتاری

از هنرجو انتظار می‌رود پس از مطالعه این فصل:

- ۱- انواع تغییر شکل روی پروفیل‌های فلزی را بیان کند.
- ۲- روش‌های مختلف صافکاری را بیان کند.
- ۳- انواع روش‌های برشکاری پروفیل‌ها را بیان کند.
- ۴- انواع اره‌ها را نام ببرد.
- ۵- روش‌های خم‌کاری پروفیل‌ها را نام ببرد.
- ۶- محاسبه مرکز ثقل پروفیل‌های مختلف را انجام دهد.
- ۷- انواع روش‌های برشکاری لوله‌ها را نام ببرد.
- ۸- انواع خمکاری لوله‌ها را نام ببرد.



## تغییر شکل پروفیل‌ها

در فصل چهارم با انواع پروفیل‌های صنعتی ونحوه تولید آن‌ها آشنا شده‌اید. در این فصل به برخی از تغییر شکل‌های که در صنعت ورقکاری و صنایع فلزی کاربرد دارند می‌پردازیم تغییر شکل‌های که بر روی یک پروفیل می‌توان ایجاد نمود را می‌توان به شکل زیر گروه بندی نمود:

(۱) صافکاری و تاب‌گیری پروفیل‌ها

(۲) برشکاری پروفیل‌ها

(۳) خمکاری پروفیل‌ها

## ۱- صافکاری و تاب‌گیری پروفیل‌ها

صافکاری و تاب‌گیری پروفیل‌ها در مواقعی استفاده می‌شود که در قطعه تغییر شکل ناخواسته ایجاد شده باشد ایجاد تغییر شکل ممکن است قبل از تولید در اثر جابجای و ایجاد صدمه به پروفیل بوجود آمده باشد و یا اینکه پس از تولید و ساخت در قطعه بوجود آمده باشد. انجام عملیات صافکاری بستگی به بزرگی و اندازه پروفیل و یا قطعه تولیدی دارد. و با توجه به آن می‌توان به دو گروه اصلی: (۱) صافکاری مکانیکی، (۲) صافکاری حرارتی تقسیم بندی نمود.

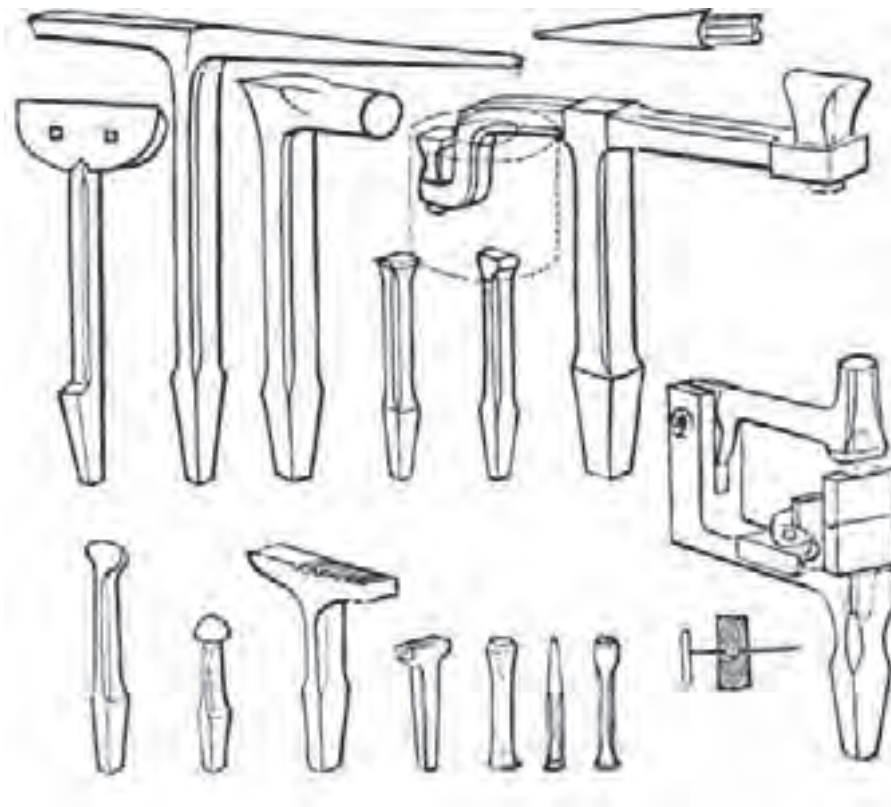
## ۱- صافکاری مکانیکی

این نوع صافکاری را می‌توان به دو گروه دستی و استفاده از ماشین‌های الکتریکی مخصوص صافکاری انجام داد.

بکار گیری روش های دستی برای صافکاری قطعات کوچک بکار گرفته می شود.

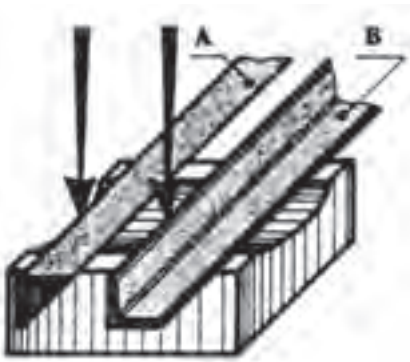
### صافکاری دستی

پروفیل های مانند نبشی، تسمه و چهار گوش، میله گرد، و مقاطع دیگر را می توان با روش دستی انجام داد در روش دستی استفاده از ابزارهای مانند چکش، پتک و آچارهای مختلف را بکار برد. در صافکاری تشخیص محل تاب برآشته شده مهمترین مسئله بوده و بکار گیری ابزار مناسب و وارد کردن نیرو به محل مناسب از عوامل مهم و تعیین کننده می باشد چرا که در صورت تشخیص غلط و وارد کردن نیرو در جای نامناسب موجب افزایش تابیدگی شده و عیب را دوچندان می کند و به این دلیل بکار گیری نیروی انسانی ماهر شرط اساسی در فرایند صافکاری می باشد. در صافکاری و تابگیری دستی برای قطعات کوچک استفاده از چکش، سندان های مختلف و شمش های صافکاری و وارد کردن ضربات به محل پیچیده موجب رفع عیب خواهد شد. در شکل (۵-۱) نمونه از این سندان را مشاهده می کنید.



شکل ۵-۱ انواع سندان ها

توسط این سندان ها می توان پروفیل های مانند تسمه، نیمگر، میله گرد، چهار گوش و نبشی را صافکاری و تابگیری نمود. برای تابگیری یک تسمه می بایست قسمت تاب برداشته را ابتدا روی قسمت صاف سندان قرار داده و پس از کمی صافکاری آن را در یک سندان مقعر و یا در قسمت گودی (سوراخ) سندان قرار داده و با وارد آوردن ضربات منظم چکش نسبت به رفع عیب اقدام نمود باید توجه داشت نحوه قرارگیری تسمه بشکلی باشد که قوس تابیدگی به سمت بالا قرار گیرد. کنترل قطعه در این حالت با چشم انجام می شود. به این نحو که با گرفتن قطعه در راستای چشم و نگاه کردن به آن می توان هم راستایی قطعه را کنترل نمود.



شکل ۲-۵ صافکاری پروفیل سنگین با دست (بال خارجی)

صافکاری پروفیل های مانند نبشی و یا سپری را نیز می توان با این روش تابگیری و صافکاری نمود. برای این منظور با کنترل چشمی و تعیین محل عیب آن را روی سندان قرار داده و با وارد کردن ضربات منظم اقدام به رفع عیب می نمایم چنانچه انحنا و پیچیدگی روی بال افقی (خارجی) نبشی باشد ضربات چکش روی سطح ۱ و چنانچه انحنا روی بال عمودی (داخلی) باشد چکش کاری روی سطح ۲ انجام می شود. (شکل ۲-۵)

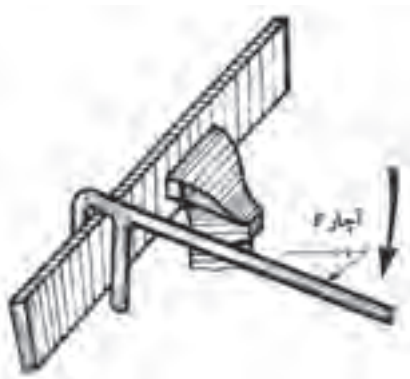
در صورتیکه تابیدگی در بال داخلی نبشی بوده و آن را بصورت کمان در آمده باشد.

نبشی را روی سندان صاف یا صفحه صافی قرار داده و با وارد آوردن ضربات یکنواخت چکش روی محل انحنا نسبت به رفع عیب اقدام می کنیم. (شکل ۳-۵)



شکل ۳-۵ صافکاری بال داخلی نبشی

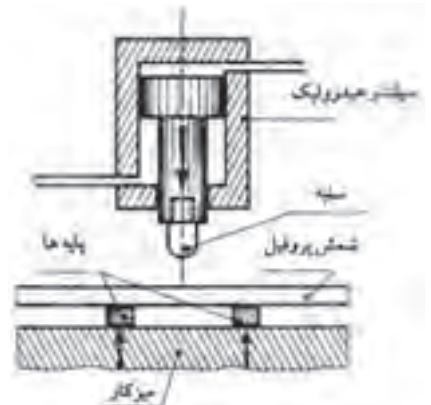
در بعضی مواقع برخی از پروفیل ها را می توان با آچارهای مخصوص مانند آچار F استفاده کرده و با بستن پروفیل به گیره و وارد کردن نیرو در جهت عکس تابیدگی نسبت به رفع تابیدگی اقدام نمود. در مواقعی که طول پروفیل زیاد باشد می توان از دو آچار F استفاده نمود. (شکل ۴-۵)



شکل ۴-۵ تابگیری با آچار

## صافکاری به کمک ماشین‌های الکتریکی

این ماشین‌ها معمولاً یک پرس هیدرولیک ساده و مخصوص صافکاری و تابگیری می‌باشد. این پرسها به یک سیلندر هیدرولیکی مجهز هستند. برای انجام صافکاری پروفیل تاب برداشته، محل تغییر شکل داده شده را بر روی پایه دستگاه قرار داده و نیرو توسط سیلندر هیدرولیک روی پیستون دستگاه اعمال می‌گردد. و باعث اعمال نیرو به محل تغییر شکل داده شده توسط سنبه دستگاه پرس شده و رفع عیب می‌نماید. (شکل ۵-۵)



شکل ۵-۵ تابگیری با ماشین‌های هیدرولیکی

## صافکاری حرارتی

در مواقعی که قطعات معیوب از حجم بزرگی برخوردار باشند و نتوان از روش‌های دستی و یا مکانیکی استفاده نمود از صافکاری به روش حرارتی استفاده می‌کنند. در این روش که معمولاً برای صافکاری ناودانی، تیر آهن‌ها، تیر و ستونهای تولید شده از ورق‌های بکار گرفته می‌شود.

انجام صافکاری با استفاده از ضربات چکش و پتک و یا بدون استفاده از چکش و پتک انجام می‌شود. برای صافکاری پروفیل‌های نظیر تیر آهن و یا ناودانی با حرارت دادن محل تغییر فرم داده شده و با وارد آوردن ضربات پتک بر روی آن نسبت به رفع عیب اقدام می‌گردد.

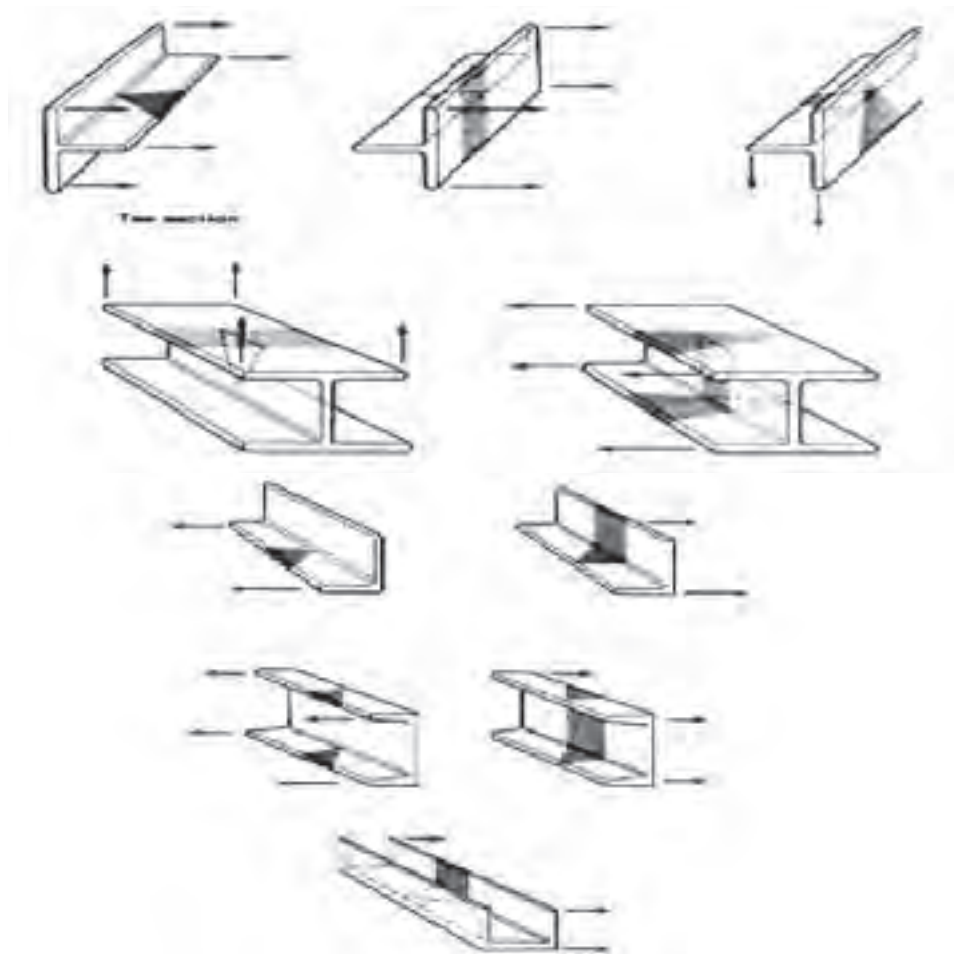
روش کار به این شکل می‌باشد که محل تغییر شکل داده شده پروفیل را بر روی دو تکیه‌گاه قرار داده به صورتی که انحنا بوجود آمده به سمت بالا باشد و سپس نسبت به گرم کردن محل عیب نموده و سپس با وارد کردن ضربات با پتک نسبت به عمل صافکاری اقدام می‌گردد.

صافکاری ستون‌ها و تیرهای تولید شده از ورق‌ها که معمولاً در اثر جوشکاری تابیده می‌شوند به وسیله حرارت رفع تابیدگی می‌شوند. در باکس‌ها به این صورت انجام می‌شود که پس از تعیین محل تابیده شده باکس را بر روی تکیه‌گاه قرار داده و سمت مخالف محل تابیده شده را حرارت می‌دهیم بسته به میزان پیچیدگی و تابیدگی میزان وسعت محل حرارت داده شده متفاوت خواهد بود.



نحوه حرارت دادن محل از اهمیت خاصی برخوردار است و می بایست به شکلی با سطح مقطع مثلث باشد به صورتی که راس مثلث به سمت تغییر شکل داده شده وقاعده آن به سمت مخالف باشد.

پس از اعمال حرارت تا حد سرخ شدن می بایست با پاشش سریع آب به محل حرارت داده شده نسبت به سریع سرد کردن محل اقدام نمود در این صورت در اثر انقباض شدید در محل قطعه به سمت مخالف کشیده شده و تابیدگی آن رفع می گردد. بسته به میزان تابیدگی می توان در چند نوبت این عمل را انجام داد. (شکل ۵-۶)



شکل ۵-۶ تاب‌گیری حرارتی و نحوه‌ی گرم کردن پروفیل سنگین در محل تابیده شده

## ۲- برشکاری پروفیل‌ها

برشکاری پروفیل‌ها را می توان به دوروش حرارتی و مکانیکی انجام داد برشکاری حرارتی را در کتاب‌های درسی دیگر آموزش خواهید دید در این فصل به برشکاری مکانیکی می پردازیم.

## برشکاری مکانیکی

پروفیل‌های مختلف بخصوص پروفیل‌های سبک و نیمه سنگین را می‌توان توسط فرایندهای مکانیکی برشکاری نمود. فرایند های نظیر ماشین کاری واره کاری با توجه به کاربرد انواع اوره‌ها و وسعت کاربرد آنها در برشکاری پروفیل‌ها به معرفی انواع ماشین‌های اوره خواهیم پرداخت. ماشین‌های اوره را می‌توان به اوره دستی و برقی تقسیم نمود. ماشین‌های اوره برقی بکار گرفته شده برای برشکاری پروفیل‌ها می‌توان به انواع اوره‌های مداور، اوره لنگ، اوره نواری نام برد.

### کمان اوره دستی

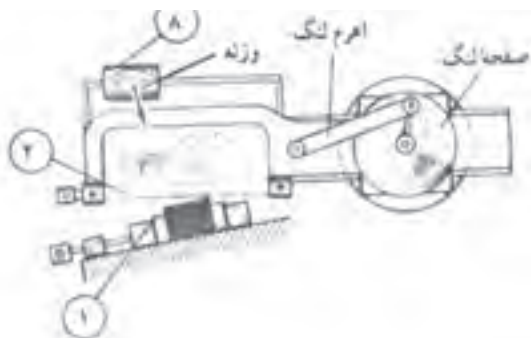
برای برشکاری پروفیل‌های سبک و نیمه سنگین از کمان اوره دستی استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا مسیر برشکاری را با وسایل خط‌کشی مشخص کرده و سپس اقدام به برشکاری می‌نمایند. (شکل ۵-۷)



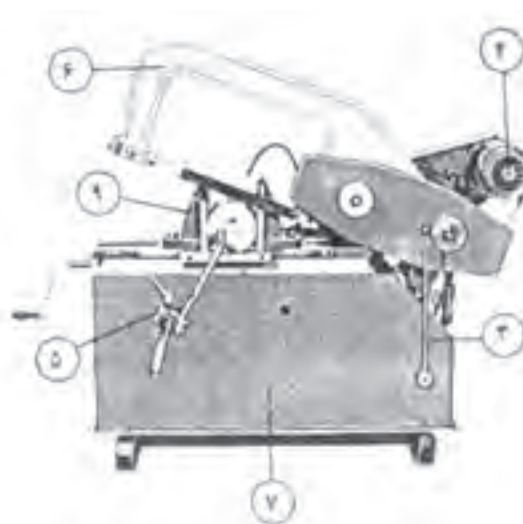
شکل ۵-۷ کمان اوره دستی

### وره برقی لنگ

برای برشکاری پروفیل‌های ساختمانی و پروفیل‌های سنگین می‌توان از اوره لنگ استفاده نمود در اوره‌های لنگ حرکت تناوبی با استفاده از خاصیت خارج از مرکز محور دورانی به کار گرفته شده و به واسطه میل لنگ به کمان اوره منتقل می‌شود. (شکل ۵-۸)



۱- گیره ۲- تیغه اوره ۳- اهرم پایین آوردن تیغه ۴- موتور ۵- لوله هدایت  
کننده آب صابون ۶- کمان نگه‌دارنده تیغه ۷- بدنه و مخزن آب صابون  
۸- وزنه ۹- قطعه کار



شکل ۵-۸ اوره لنگ

## اره نواری

این دستگاه اره نیز برای برشکاری پروفیل‌های سبک، نیمه سنگن و سنگین بکار گرفته می‌شود و در مقایسه با اره لنگ از راندمان بالاتری برخوردار می‌باشد. مکانیزم اره بدین شکل می‌باشد. که حرکت تیغه که بصورت نوار بوده و بر روی دو پولی بصورت پیوسته در حال حرکت می‌باشد. حرکت کرده و عمل برشکاری را انجام می‌دهد. نیروی محرکه در هر دو اره لنگ و نواری توسط الکتروموتور تامین می‌گردد. (شکل ۵-۹)



شکل ۵-۹ اره نواری

## اره‌های مدور

این اره‌ها را می‌توان به سه نوع: ۱- اره مدور دیسکی کم دور (آب صابونی) ۲- اره مدور تماسی (اصطکاکی) و ۳- اره مدور آتشی تقسیم نمود. از اره‌های مدور برای برشکاری انواع پروفیل‌های سبک و نیمه سنگین استفاده می‌شود. در نوع دیسکی کم دور که به اره آب صابونی نیز مشهور می‌باشند از مایع آب صابون به عنوان مایع خنک کننده استفاده شده و با استفاده از یک پمپ به محل برش انتقال و بکار گرفته می‌شود.

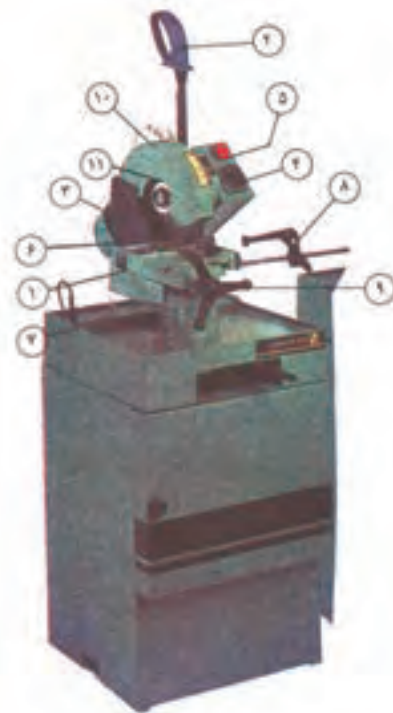
این عمل باعث روانکاری در محل برش نیز می‌شود و از ایجاد پلیسه در کار نیز جلوگیری می‌کند. (شکل ۵-۱۰)

مکانیزم اره‌های مدور تماسی، این اره‌ها دارای سرعت خیلی بالاتری نسبت به اره‌های آب صابونی بوده و جهت خنک کردن آنها از مایع بخصوصی استفاده نمی‌شود. در این اره‌ها از سنگ‌های فیبری به جای دیسک فولادی استفاده می‌شود. ضخامت این فیبرها ۵-۱ میلی‌متر و در قطرهای ۵۰۰-۲۵۰ میلی‌متر طراحی و ساخته می‌شوند. سرعت محیطی در این اره‌ها در حدود ۸۰-۲۵ متر بر ثانیه می‌باشد. (شکل ۵-۱۱)



- ۱- کلید فرمان
- ۲- اهرم پایین آوردن دیسک و بار دادن
- ۳- فاذ دیسک
- ۴- دیسک برش
- ۵- گیره
- ۶- اهرم پیچ گیره
- ۷- صفحه مدرج تنظیم کننده زاویه برش
- ۸- شابلن تنظیم کننده طول برش

شکل ۵-۱۱ اره دیسکی اصطکاکی



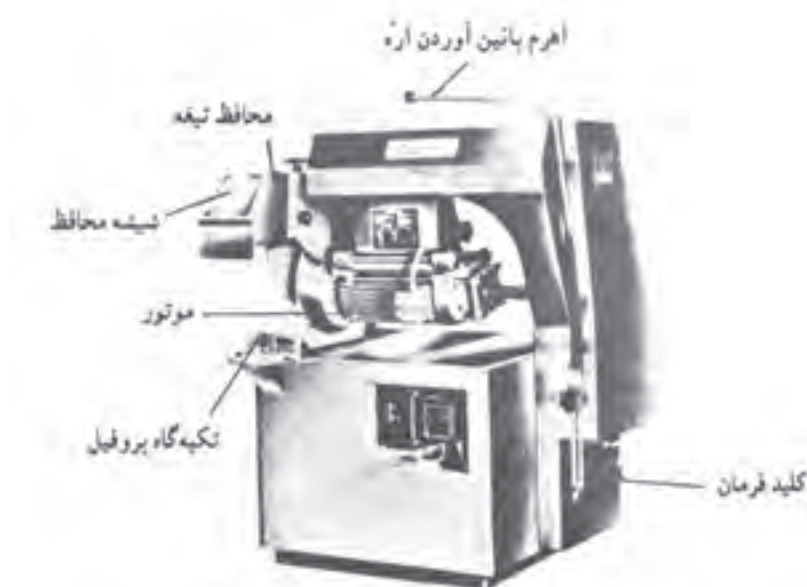
- ۱- گیره دستگاه
- ۲- اهرم حرکت دهنده تیغ اره
- ۳- تیغ اره
- ۴- کلید روشن و خاموش کردن دستگاه
- ۵- کلید متوقف کننده دستگاه
- ۶- موتور
- ۷- مخزن آب صابون
- ۸- شابلن یا وسیله تعیین کننده اندازه برش
- ۹- اهرم پیچ گیره
- ۱۰- شیلنگ هدایت کننده آب صابون
- ۱۱- حفاظ تیغ اره

شکل ۵-۱۰ اره مدور کم دور (آب صابونی)

نوع دیگر از اره‌های مورد استفاده در برشکاری پروفیل‌ها بخصوص پروفیل‌های نیمه سبک اره‌های مدور آتشی می‌باشد.

این اره‌ها دارای تیغه‌های فولادی (فرز) با قطر بزرگ تر از دیسک اره‌های آب صابونی بوده و دراری دور خیلی زیادی می‌باشند و بدلیل پرتاب جرقه در هنگام

برشکاری به اطراف به اره‌های آتشی معرف می باشند. بدلیل سرعت بالا لبه برشکاری گداخته شده و در اثر سرعت سرد شدن بالا سخت می گردد. از طرفی وجود پلیسه در لبه کار از محدودیت‌های این اره‌ها می باشد. (شکل ۵-۱۲)



۱- میز دستگاه ۲- تکیه‌گاه پروفیل ۳- اهرم حرکت دهنده تیغه ۴- کلید روشن و خاموش کردن دستگاه ۵- تیغه برش ۶- حفاظ تیغه ۷- موتور  
شکل ۵-۱۲ اره مدور آتشی (پردور)

### ۳- خمکاری پروفیل‌ها

خمکاری پروفیل‌ها را می‌توان به دو روش: (۱) دستی (۲) ماشینی، تقسیم نمود. خمکاری دستی با استفاده از قالب‌های فرمکاری مختلف و در روش ماشینی از ماشین‌های نورد و ماشین‌های مخصوص رولکاری استفاده می‌شود.

### منحنی کردن (دور کردن) پروفیل‌های سنگین

روش محاسبه طول اولیه قطعه: محاسبه طول اولیه پروفیل‌ها برای منحنی کردن و خمکاری آن‌ها لازم می‌باشد.  
برای بدست آوردن طول اولیه تعیین فاز خنثی ضروری می‌باشد. برای محاسبه طول اولیه بعضی از پروفیل‌ها مانند نبشی، ناودانی، سپری و تیر آهن لازم است مرکز ثقل آنها ضروری می‌باشد.

## منحنی کردن تسمه فلزی با ضخامت‌های کم و زیاد

تسمه‌ها از پروفیل‌های می‌باشند که در ساخت مصنوعات فلزی کاربرد وسیعی دارند این پروفیل‌ها را می‌توان به وسیله ابزار دستی و یا دستگاه‌های پنوماتیکی و یا هیدرولیکی منحنی نمود. از ابزارهای دستی در کارگاه‌های کوچک و یا در موارد خاص استفاده می‌شود. در برخی مواقع برای منحنی کردن تسمه‌ها از حرارت استفاده می‌شود برای این منظور تسمه را تا حد سرخ شدن حرارت داده و سپس اقدام به کار می‌کنند.

و برای تولیدات انبوه و بزرگ از دستگاه‌های فرمکاری پنوماتیکی و یا هیدرولیکی استفاده می‌شود برای این منظور تسمه را بر روی دستگاه انتقال داده و توسط گیره‌های خاص محکم می‌کنند. و سپس با استفاده از قالب‌هاب مخصوص تسمه را فرم می‌دهند در برخی مواقع برای سهولت در کار قطعه کار را حرارت داده و اقدام به منحنی کاری می‌کنند شکل (۵-۱۳) منحنی کردن پروفیل نبشی، سپری، ناودانی و تیر آهن برای منحنی کردن این پروفیل‌ها لازم است مرکز ثقل آنها را بدست آورد. چون فاز خنثی این پروفیل‌ها از مرکز ثقل می‌گذرد.



شکل ۵-۱۳ خمکاری دستی پروفیل‌ها

**بررسی مرکز ثقل پروفیل‌ها:** برای بدست آوردن مرکز ثقل دو روش محاسباتی و ترسیمی بکار می رود در این کتاب به روش محاسباتی خواهیم پرداخت.

### روش محاسبه مرکز ثقل نبشی

نبشی‌ها را می توان به دو دسته نبشی با بال مساوی و نبشی با بال غیر مساوی تقسیم نمود. در این کتاب به نحوه به دست آوردن نبشی با بال مساوی می پردازیم. روش محاسبه مرکز ثقل نبشی با بال‌های مساوی:

$A_1 = A_2$  عرض نبشی

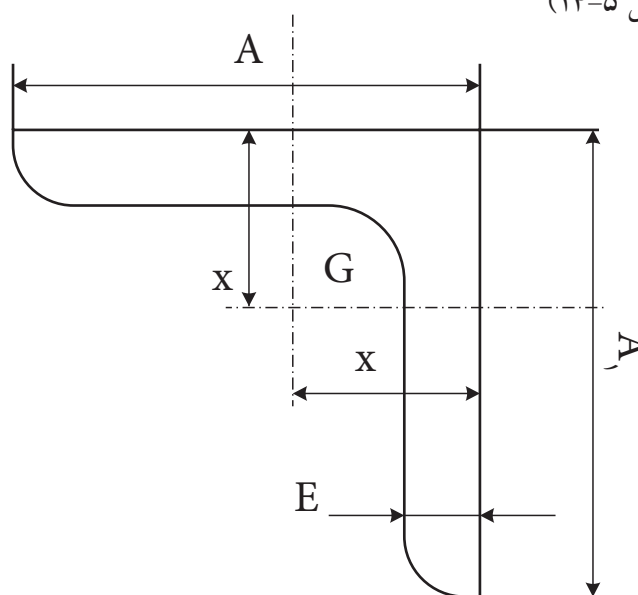
$E$  ضخامت نبشی

$G$  مرکز ثقل

$x$  فاصله لبه نبشی تا مرکز ثقل

مقدار  $x$  را که فاصله پشت نبشی تا مرکز ثقل آن است از رابطه  $x = \frac{A+E}{4}$  به

دست می آوریم، سپس با داشتن مقدار  $x$  مرکز ثقل نبشی با بال‌های مساوی را تعیین می کنیم. (شکل ۵-۱۴)



شکل ۵-۱۴

مثال: می خواهیم مرکز ثقل نبشی  $50 \times 50 \times 5$  میلی متر را به دست آوریم:

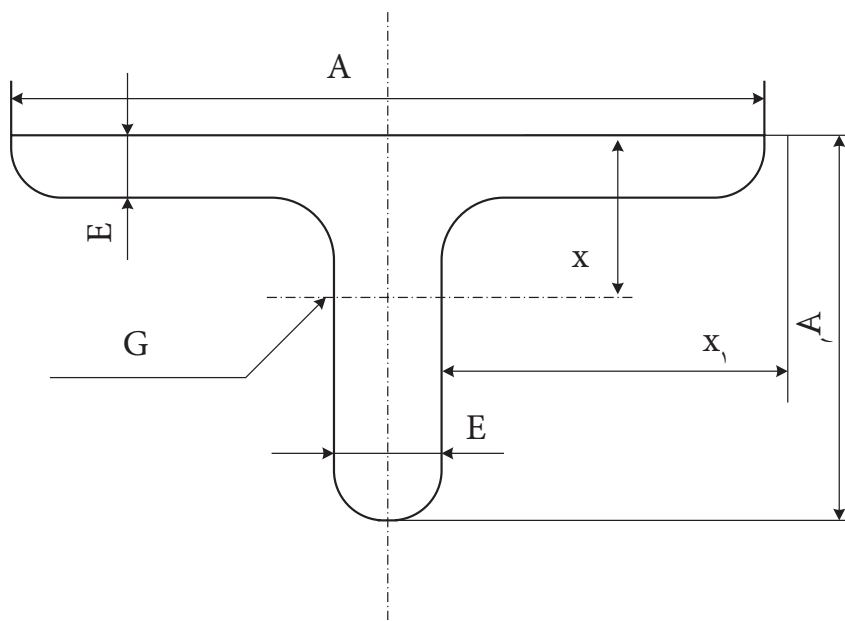
$$x = \frac{A+E}{4} \Rightarrow x = \frac{50+5}{4} \Rightarrow x = \frac{55}{4}$$

$$x = 13.75 \text{ mm}$$

حال با داشتن مقدار  $X$  می توان مرکز ثقل نبشی با مشخصات فوق را به دست آورد.

### محاسبه مرکز ثقل آهن سپری

برای به دست آوردن مرکز ثقل، ابتدا لایم است مقدار  $X$  و  $X_1$  را با استفاده از روابط زیر تعیین کرده و سپس مرکز ثقل سپری را مشخص کنیم. (شکل ۵-۱۵)



شکل ۵-۱۵

$$x_1 = \frac{A}{2}, x = \frac{A_1^2 + EA - E^2}{2(A_1 + A - E)}$$

$A$  = عرض سپری

$G$  = مرکز ثقل

$A_1$  = ارتفاع سپری

$x$  = فاصله سطح سپری تا مرکز ثقل

$E$  = ضخامت سپری

$x_1$  = فاصله لبه عرض سپری تا مرکز ثقل

مثال: می خواهیم مرکز ثقل سپری به ابعاد  $۳۰ \times ۳۵ \times ۴$  را تعیین کنیم.

$$x = \frac{A_1^2 + EA - E^2}{2(A_1 + A - E)} \quad x_1 = \frac{A}{2}$$

$$x = \frac{۳۵^2 + ۴ \times ۳۰ - ۴^2}{2(۳۵ + ۳۰ - ۴)} \quad x_1 = \frac{۳۰}{2}$$

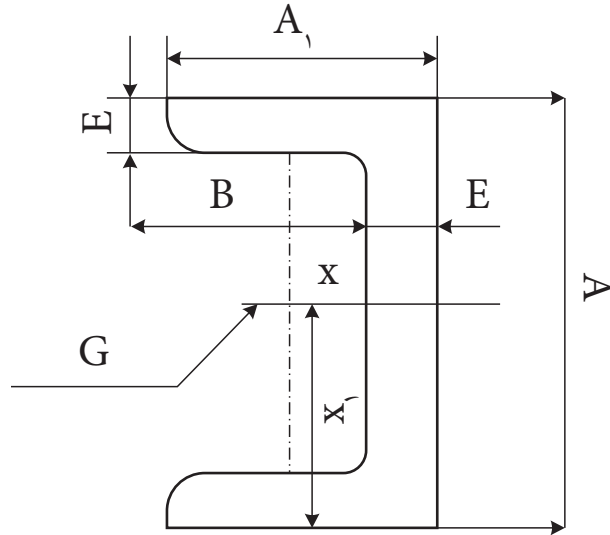
$$x = \frac{۱۲۲۵ + ۱۲۰ - ۱۶}{۱۲۲} \quad x_1 = ۱۵$$

$$x = ۱۰/۸ \square ۱۱$$



## مرکز ثقل آهن ناودانی

برای به دست آوردن مرکز ثقل آهن ناودانی، ابتدا لازم است مقدار  $X$  و  $X_1$  با استفاده از روابط مربوط تعیین کرده و سپس با داشتن مقدار  $X$  و  $X_1$  محل مرکز ثقل ناودانی مشخص شود. (شکل ۵-۱۶)



شکل ۵-۱۶

عرض ناودانی  $A=60$

ارتفاع ناودانی  $A_1=30$

ضخامت ناودانی  $E=6$

مرکز ثقل  $G=?$

فاصله سطح ناودانی تا مرکز ثقل  $X=?$

فاصله لبه یکی از بال‌ها تا مرکز ثقل  $X_1=?$

$$X_1 = \frac{A}{2} \Rightarrow X_1 = \frac{60}{2} \Rightarrow X_1 = 30$$

$$X = \frac{4320}{288 + 360} + 3$$

$$X = \frac{4320}{248} + 3 \Rightarrow X = 6/5 + 3$$

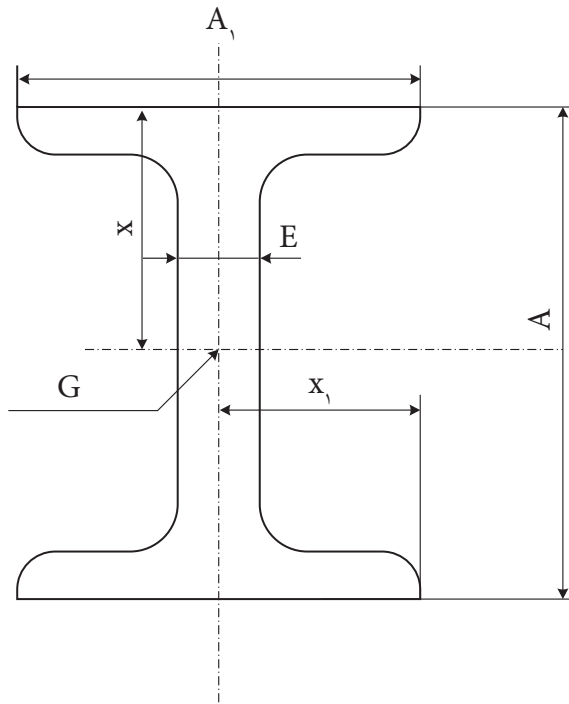
$$X = 9/5$$

$$X_1 = \frac{A}{2}$$

$$X = \frac{A_1 \times BE}{2BE + AE} + \frac{E}{2}$$

### بررسی مرکز ثقل تیر آهن

برای به دست آوردن مرکز ثقل، ابتدا مقدار  $x$  و  $x_1$  را با استفاده از روابط تعیین شده  $x = \frac{A}{2}$  و  $x_1 = \frac{A_1}{2}$  مشخص می‌کنیم و سپس مرکز ثقل ناودانی را به دست می‌آوریم. (شکل ۵-۱۷)



شکل ۵-۱۷

مثال: مرکز ثقل ناودانی به ابعاد  $100 \times 50 \times 4/5$  میلی‌متر را تعیین کنید.

ارتفاع تیر آهن  $A=100$

عرض تیر آهن  $A_1=50$

ضخامت بال  $E=4/5$

فاصله سطح ناودانی تا مرکز ثقل  $x$

فاصله از لبه عرض تا مرکز ثقل  $x_1$

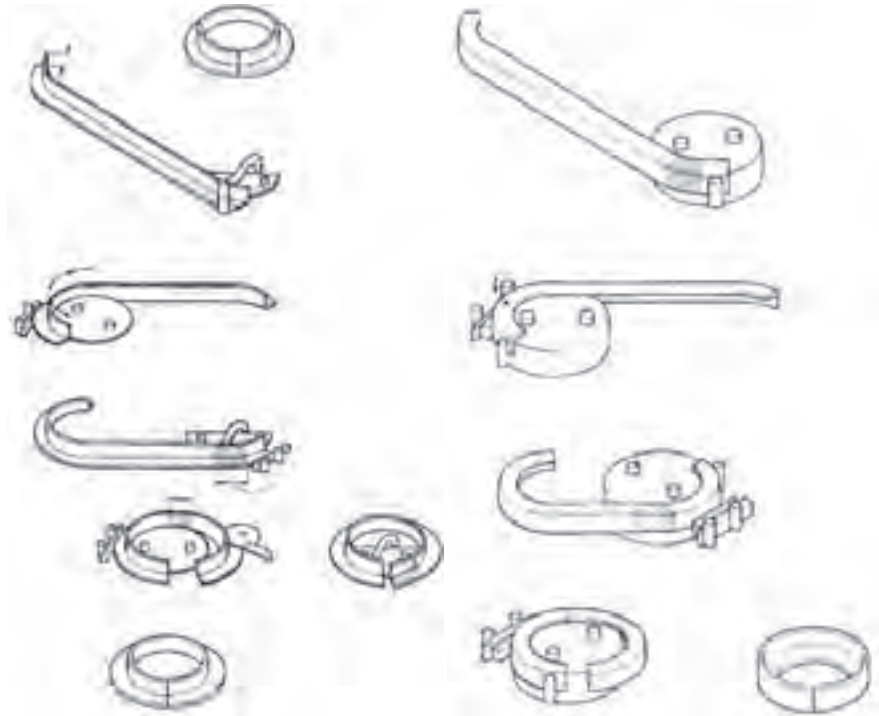
مرکز ثقل  $G$

$$x = \frac{A}{2} \Rightarrow x = \frac{100}{2} \Rightarrow x = 50$$

$$x_1 = \frac{A_1}{2} \Rightarrow x_1 = \frac{50}{2} \Rightarrow x_1 = 25$$

## روش منحنی کردن نبشها

منحنی کردن نبش ها نیز مانند پروفیل های دیگر به روش دستی و همچنین با استفاده از دستگاه های فرمکاری پروفیل انجام می شود. در شکل های (۵-۱۸ تا ۵-۲۰) خمکاری با دست و استفاده از دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۱۹-۵

شکل ۱۸-۵



شکل ۲۰-۵

## لوله‌ها

**برشکاری لوله‌ها:** بریدن لوله‌ها را می‌توان به سه روش:

۱- استفاده از کمان اره دستی ۲- لوله بر دستی ۳- لوله بر برقی انجام داد.

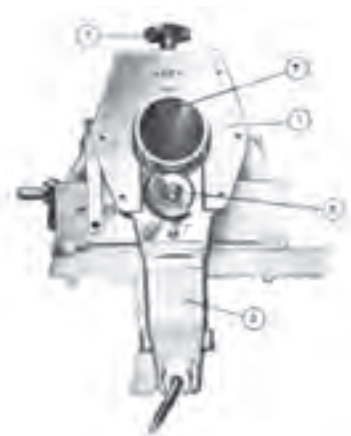
۱- **برشکاری با کمان اره دستی:** از کمان اره دستی در مواردی که کار محدود و قطر لوله مورد برشکاری پایین باشد. استفاده می‌شود برای این منظور لوله را به گیره لوله گیر بسته و پس از مشخص کردن محل برش و علامت گذاری نسبت به برش آن اقدام می‌گردد. (شکل ۵-۲۱)



شکل ۵-۲۱

۲- **برشکاری با استفاده از لوله بر دستی:** لوله برهای دستی دستگاه‌های هستند که با به حرکت در آوردن آن‌ها بر روی محیط لوله و نفوذ تیغه فولادی آن در جداره لوله بتدریج نسبت به قطع لوله اقدام می‌کند. این لوله برها در انواع مختلف بوده و با توجه به مورد استفاده بکار گرفته می‌شوند. این لوله برها در انواع یک تیغه، دو تیغه، و چهار تیغه و لوله برها با تیغه زنجیری طراحی و ساخته می‌شوند. در شکل‌های (۵-۲۲ الف و ب) نمونه‌های از این لوله برها را مشاهده می‌کنید.

۳- **لوله برهای برقی:** مکانیزم عمل این لوله برها همانند لوله برهای دستی بوده و تنها نیروی محرکه آن‌ها توسط الکتروموتور تامین می‌گردد. و برای کارهای با قطر بالاتر و تعداد بیشتر بکار گرفته می‌شود. شکل (۵-۲۳)



شکل ۵-۲۳

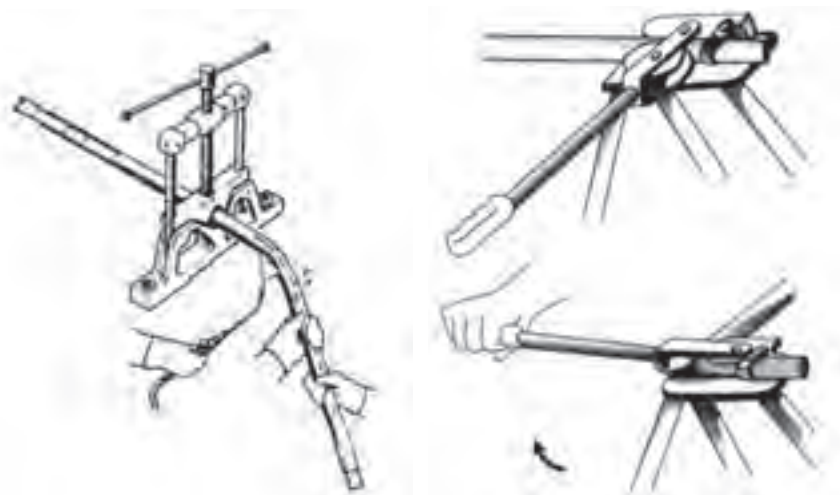
**خمکاری لوله‌ها:** هدف از خم کاری لوله ها، تغییر مسیر آن در جهات مختلف

است. (شکل ۵-۲۴)



شکل ۵-۲۴

عمل خمکاری در لوله ها می تواند به دو روش دستی و یا با استفاده از دستگاه های خمکن انجام شود. این عمل را در لوله های فولادی می تواند بصورت سرد و یا گرم انجام شود. (شکل ۵-۲۵ الف و ب)



(ب)

(الف)

شکل ۵-۲۵

**خمکاری لوله به طریق سرد با خمکن اهرمی:** عمل خم کاری لوله به طریق

سرد با خم کن اهرمی معمولاً روی فولادهای کم قطر که حداکثر قطر آن ها  $\frac{3}{4}$  اینچ (۲۰ میلی متر) است انجام می شود. شعاع خم این لوله ها را برای جلوگیری از تغییر فرم (دوپهن شدن) مقطع آنها بیش تر از چهار برابر قطر نامی لوله در نظر می گیرند. (شکل ۵-۲۶)

**خمکاری لوله ها به طریق گرم:** خمکاری لوله به طریق گرم معمولاً در لوله

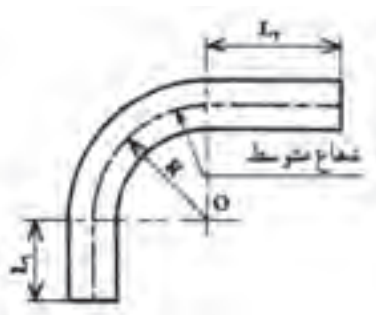
های فولادی سیاه با قطر کم انجام می شود. و در لوله کشی لوله های گالوانیزه مجاز نمی باشد. (شکل ۵-۲۵ ب)

**دستگاه های خمکاری لوله:** این دستگاه ها را می توان به دو نوع دستی و برقی

تقسیم بندی نمود.

**دستگاه های خمکن دستی:** این خم کن ها در انواع اهرمی، خمکن های

مکانیکی و خمکن های هیدرولیکی طراحی و در صنعت بکار گرفته می شوند. از خم



شکل ۵-۲۶

کن های اهرمی برای خمکاری لوله های مسی و لوله های جدار نازک صنعتی استفاده می شود.



شکل ۲۷-۵

**خمکن های مکانیکی :** خم کن مکانیکی که مشابه جک های مکانیکی عمل می کند دارای یک پیچ است که با پیچاندن تدریجی دسته آن پارچه ی خم کن به جلو حرکت کرده و لوله را خم می کند. (شکل ۲۷-۵)

**خمکن هیدرولیکی :** خمکن هیدرولیکی وسیله ای است که از آن برای خم کردن لوله های فولادی درز دار مورد استفاده قرار می گیرد. این خمکن ها همانند دیگر وسایل هیدرولیکی از سیلندر و پیستون تشکیل گردیده که با فشار روغن پشت پیستون باعث حرکت آن در داخل سیلندر به جلو حرکت و با قرار گرفتن پارچه خمکن در جلوی پیستون، به تدریج لوله چسبیده به بازوهای نگه دارنده (لقمه ها) خم می شود. (شکل ۲۸-۵ و ۲۹-۵)



شکل ۲۹-۵



شکل ۲۸-۵

یک خمکن هیدرولیکی از قسمت های زیر تشکیل شده است. ۱- سیلندر ۲- پیستون ۳- جک هیدرولیک ۴- صفحه راهنما ۵- اهرم خمکن ۶- پارچه های خمکن ۷- بازوهای نگه دارنده (لقمه) ۸- شیر قطع و وصل ۹- سه پایه ۱۰- در پوش تخلیه روغن ۱۱- سرپوش مجرای ورودی روغن ۱۲- پیچ ثابت کننده خم کن بر روی سه پایه. (شکل ۳۰-۵)



شکل ۳۰-۵

**خمکن هیدرولیکی برقی:** پیستون این نوع خمکن تحت نیروی فشار روغن هیدرولیک که به وسیله یک پمپ مرتبط با یک الکتروموتور برقی می‌باشد. عمل خم کاری را انجام می‌دهد. (شکل ۵-۳۱)



شکل ۵-۳۱

## تمرین

- ۱- انواع تغییر شکل پروفیل‌ها را نام ببرید.
- ۲- صافکاری و تاب‌گیری پروفیل‌ها را شرح دهید.
- ۳- صافکاری حرارتی را شرح دهید.
- ۴- انواع اره‌ها را نام ببرید.
- ۵- مکانیزم عمل اره لنگ را شرح دهید.
- ۶- منحنی کردن پروفیل‌ها را شرح دهید.
- ۷- خمکاری لوله به طریقه سرد را شرح دهید.
- ۸- انواع روش‌های خمکاری لوله‌ها به طریق گرم را نام ببرید.
- ۹- طرز کار خمکن‌های هیدرولیکی را شرح دهید.



# فصل ششم

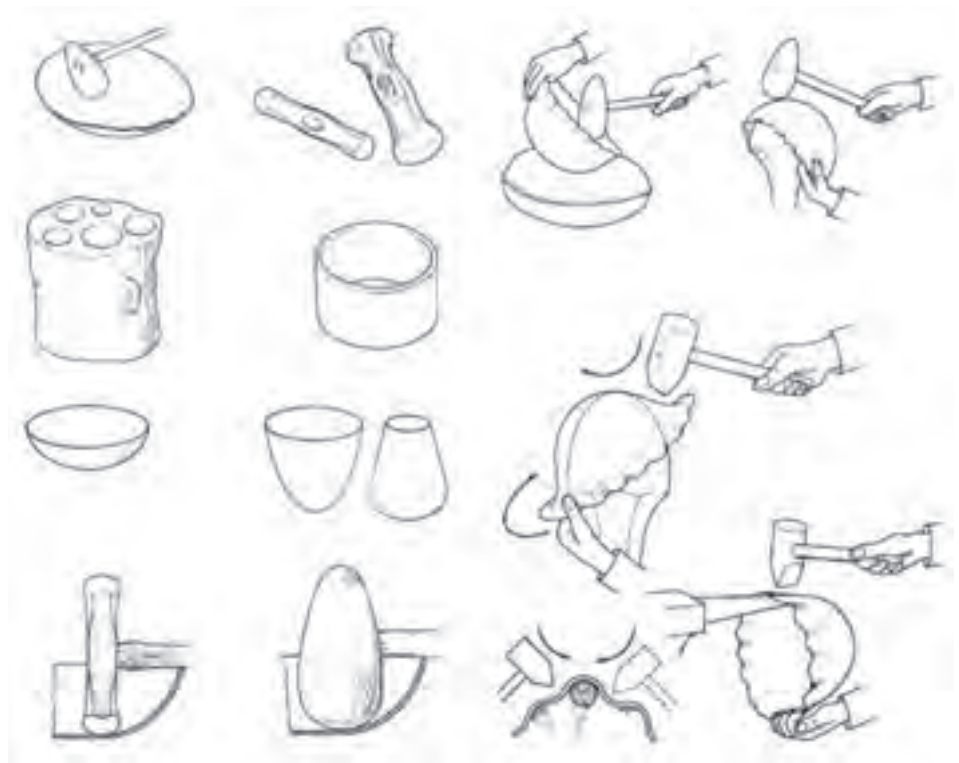
## رونکاری

**رولکاری :** عمل رولکاری برای ایجاد تغییر شکل و گرد کردن نیم ساخته ها برای تولید یک محصول بکار گرفته می شود. محصول تولیدی می تواند یک مخزن ذخیره سوخت یک میلیون لیتری، بدنه یک هواپیما، ساخت بدنه یک آبرمکن زمینی و موارد مشابه دیگر در صنعت باشد. عمل رولکاری به دو صورت دستی و یا با استفاده از ماشین های نورد انجام می شود. رولکاری برای تولید مصنوعات با مقاطع گوناگون انجام می شود.

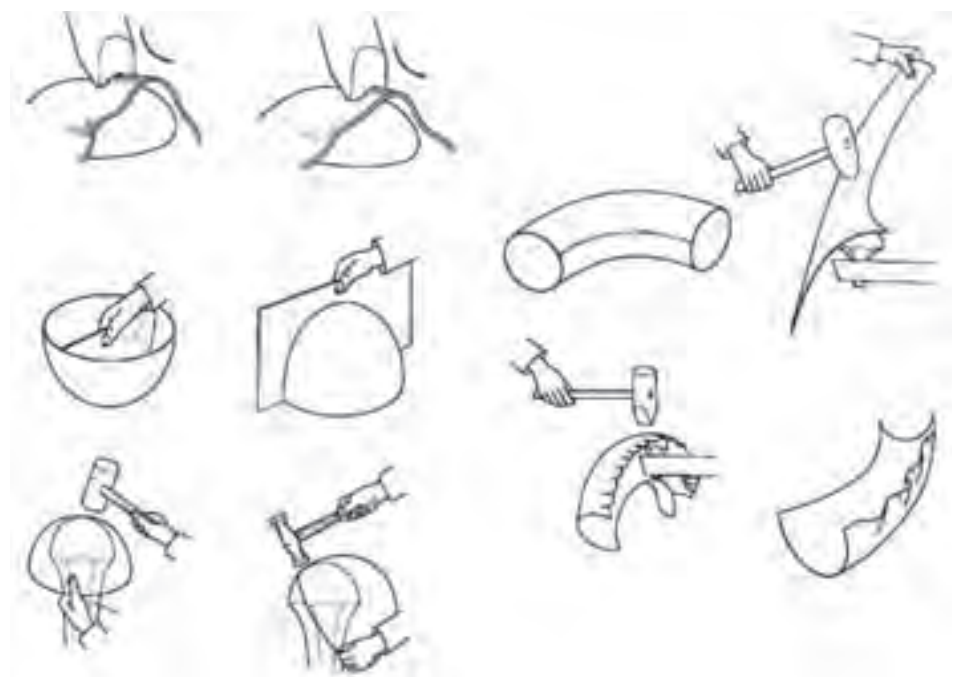
**رولکاری با دست:** برای رول کردن یک نیم ساخته نظیر تسمه، مفتول و یا ورق به صورت دستی از ابزارهای مختلف ورقکاری استفاده می شود. برای این منظور انواع سندانها و مستی های ورقکاری، چکش چوبی و پلاستیکی، چکش های صافکاری و یا کائوچویی بکار گرفته می شود. تا بتوان یک نیم ساخته را رول نمود. (شکل ۶-۱ الف و ب و ج) نمونه های از سندانها و ابزارهای مورد استفاده در فرم دهی را مشاهده می کنید.



شکل ۶-۱- الف



شکل ۱-۶-ب



شکل ۱-۶-ج

## رولکاری به وسیله ابزار دستی: برای رولکاری با ابزار دستی با توجه به ابعاد

قطعه مورد نظر از سندانهای مختلف و یا با بکارگیری یک شمش فولادی می توان اقدام به رول نمودن ورق نمود. در شکل های (۶-۲ تا ۶-۵) نحوه رول نمودن ورق را با استفاده از سندان و شمش مشاهده می کنید. برای این منظور ابتدا ورق را بر روی قسمت گرد سندان و یا شمش قرار داده و با استفاده از چکش مناسب و وارد نمودن ضربات نسبت به رول نمودن ورق مورد نظر اقدام می نمایم.



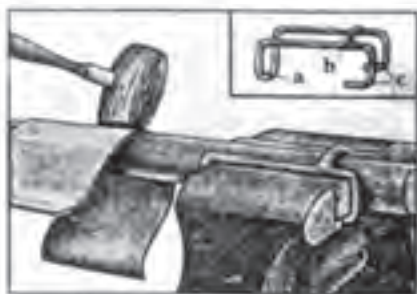
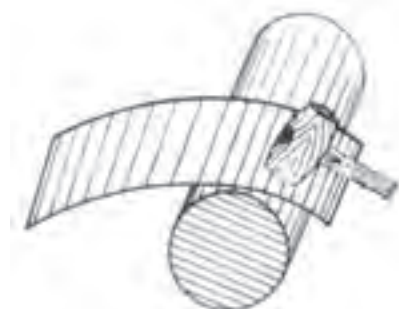
شکل ۲-۶



شکل ۴-۶

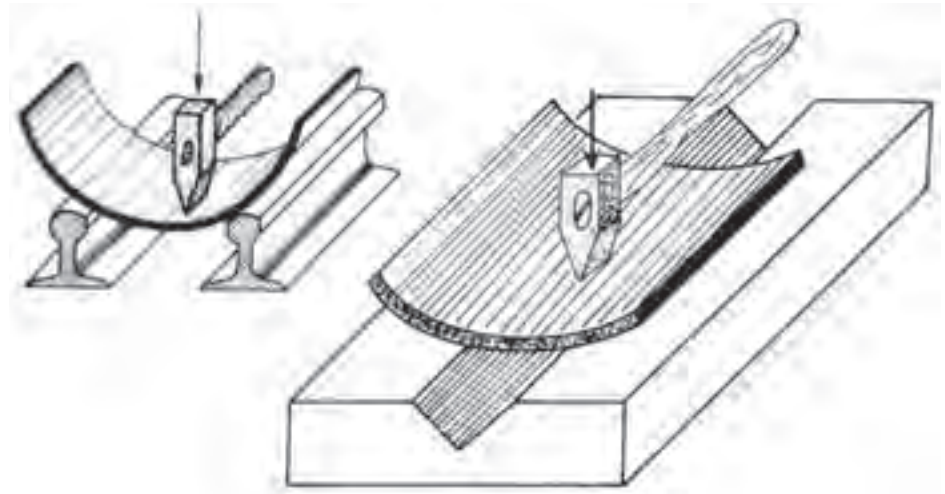


شکل ۳-۶



شکل ۵-۶

برای رولکاری ورقها با ضخامت متوسط به وسیله دست می توان از دو تکیه گاه فلزی که می تواند دو عدد تیر آهن باشد استفاده نموده و با قرار دادن ورق در بین آنها و وارد کردن ضربات چکش نسبت به فرم دادن آن اقدام نمود. توسط این عمل می توان قطعی از یک دایره را فرم داد و برای فرم دادن کامل آن می بایست از ماشینهای نورد استفاده نمود. (شکل ۶-۷)



شکل ۶-۷

**رولکاری به وسیله ماشین های نورد:** در صورتیکه ضخامت ورقهای مورد رولکاری زیاد باشد میبایست با استفاده از ماشینهای نورد برای رول نمودن آنها استفاده نمود. توسط ماشینهای نورد می توان ورقها با قطر بیشتر از ۵۰ میلی متر را رول نمود و هر چه ضخامت ورق بیشتر باشد ماشین نورد با قدرت بیشتر مورد نیاز می باشد. در صنعت در مواقعی که ضخامت ورق خیلی زیاد باشد برای انجام فرایند رولکاری ورقها را گرم نمود و سپس اقدام به رول کاری می نمایند این امر باعث کاهش نیروی مورد نیاز جهت انجام فرایند به میزان قابل ملاحظه ای می گردد.

ماشین های نورد مورد استفاده جهت انجام فرایند رولکاری به دو نوع سه غلتکی و چهار غلتکی طراحی و ساخته می شوند که در فصل اول به توصیف آنها پرداخته شده است. انجام رول کاری با ماشین های نورد شامل چهار مرحله کار می گردد.

۱- خم کردن و رول کردن لبه های ورق

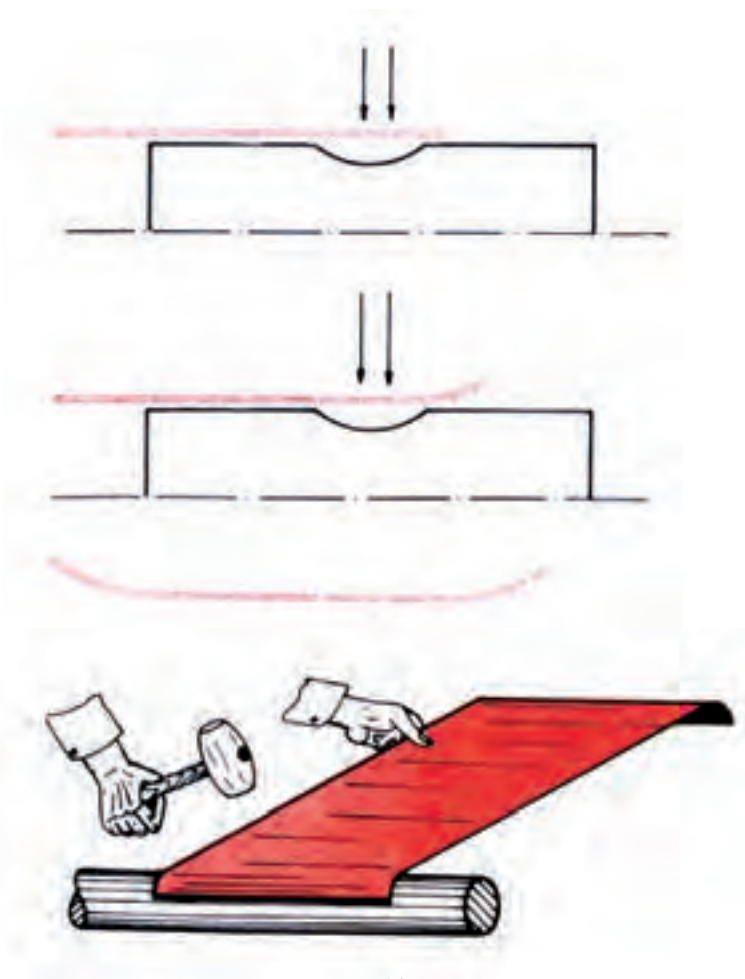
۲- قراردادن ورق در بین غلتکهای ماشین نورد و تنظیم فاصله بین غلتک ها

### ۳-انجام رولکاری

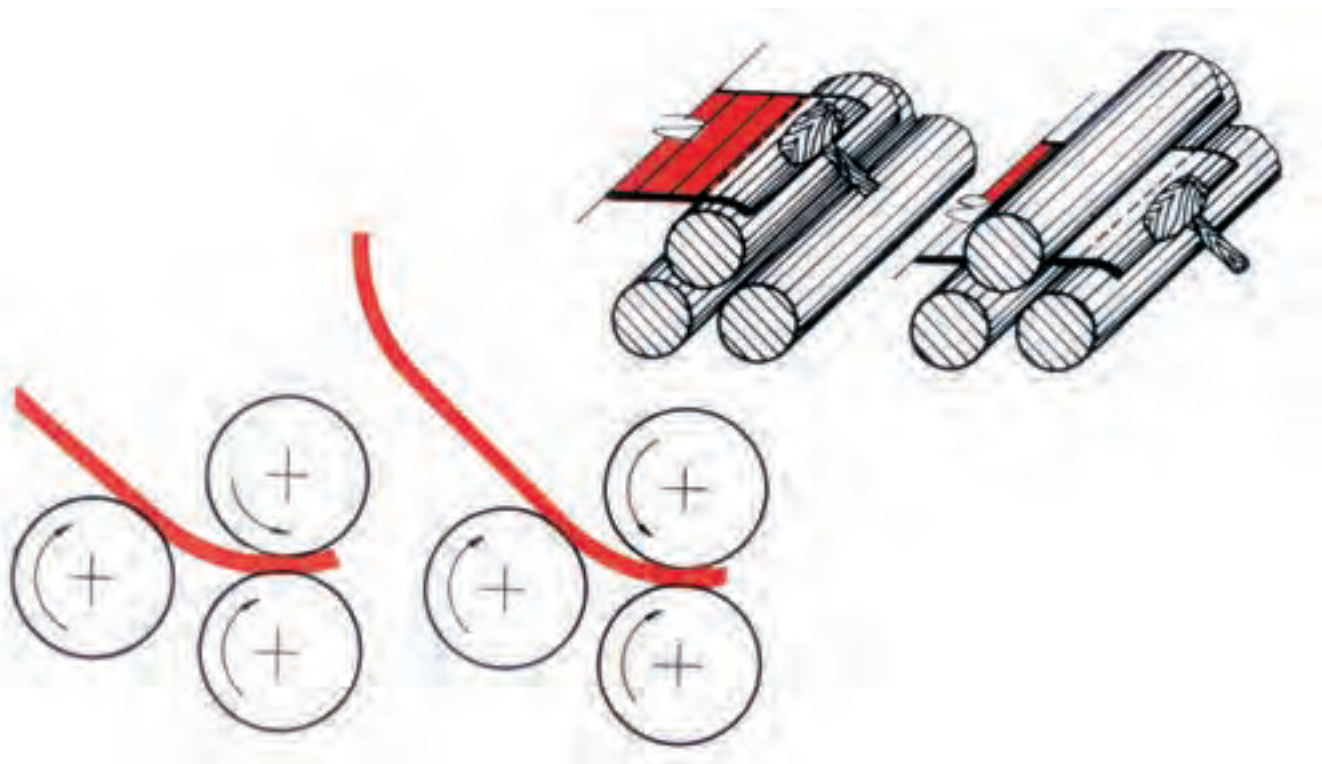
۴- خارج کردن قطعه تما شده از نورد

۱-خم کردن و رول کردن لبه های ورق

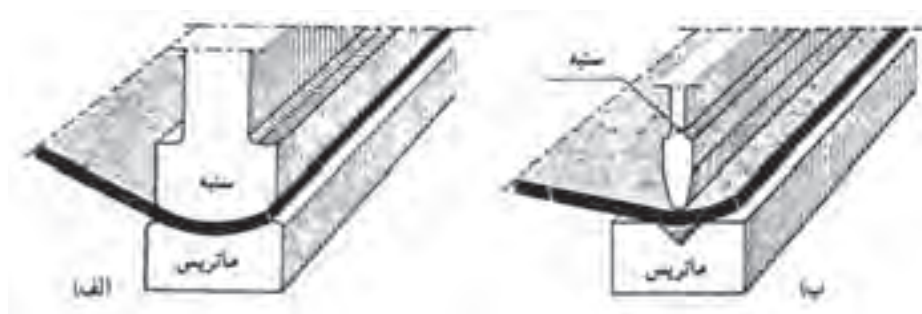
برای این منظور با توجه به ضخامت ورق مورد رول کاری از روش های مختلف می توان استفاده نمود برای ورقهای نازک استفاده از چکش و شمش فولادی بهترین روش پیشنهادی می باشد. برای ورقهای متوسط و ضخیم استفاده از ماشین های نورد و یا استفاده از ماشینهای پرس و سنبه و ماتریس فرم دهنده می باشد. در صورت استفاده از ماشین های نورد چهار غلتکی نیاز به فرم دادن لبه ها نبوده و نورد چهار غلتکی این توانایی دارد که می توانند این کار را انجام دهند. در شکل های (۶-۸ تا ۶-۱۰) این فرم کاری را مشاهده می کنید.



شکل ۶-۸



شکل ۶-۹ گرد کردن لبه‌های ورق قبل از رول کاری با استفاده از غلتک



شکل ۶-۱۰ نحوه گرد کردن لبه‌ها با استفاده از دستگاه برک پرس  
الف) خمکاری به تدریج صورت می‌گیرد. ب) خم کاری با سنبه و ماتریس متناسب با قوس

## ۲- قراردادن ورق در بین غلتکهای ماشین نورد و تنظیم فاصله بین غلتک‌ها:

برای این منظور پس از رول نمودن دو طرف ورق آن را بین غلتک‌های نورد قرارداده و جهت رول نمودن آن فاصله غلتک‌ها را تنظیم می‌نماییم، تنظیم فاصله بین غلتک‌ها توسط پیچاندن دو عدد پیچ حلزونی که در دو طرف ماشین نورد قرار گرفته است انجام شده و با چرخاندن فلکه‌ها فاصله غلتک‌ها بالایی نسبت به غلتک پایینی کم و زیاد می‌گردد.

این مسئله از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. و در صورت هم راستا نبودن غلتک عمل کننده قطعه یکنواخت رول نشده و نا هماهنگ رول خواهد شد. (شکل ۶-۱۱)

### ۳- انجام رولکاری:

رولکاری ورقهای با نیرو دست و یا با استفاده از ماشین های که نیروی محرکه آنها توسط موتورهای الکتریکی تامین می گردد. توسط نوردهای دستی ورقها با ضخامت ۰/۵ تا ۲ میلی متر را می توان رولکاری نمود و برای ضخامت های بالاتر از ۲ میلی متر از ماشین های نورد با موتورهای الکتریکی استفاده می شود. توسط این ماشینهای نورد ورقها تا ضخامت ۱۶۰ میلی متر و توسط نوردهای هیدرولیکی تا ضخامت ۲۵۰ میلی متر را انجام داد. برای انجام رول کاری با هر بار عبور ورق از زیر غلتک ها فلکه های تنظیم فاصله را به یک میزان چرخانده و باعث افزایش اعمال نیرو به ورق می شود طی چند مرحله انجام این عمل رول کاری کامل می گردد. پس از رسیدن لبه های ورق به یکدیگر لبه ها را با استفاده از دستگاه جوش و یافرنگی پیچ به یکدیگر متصل نموده و رولکاری نهایی را انجام می دهیم در نوردهای جدید هیدرولیکی نیاز به این کار نبوده و با توجه به رول کردن ورق در یک مرحله لبه های ورق رول شده در یک راستا قرار می گیرد. (شکل ۶-۱۲)



شکل ۶-۱۱ قرار دادن ورق بین غلتکها



شکل ۶-۱۲ انجام رول کاری



#### ۴ - خارج کردن قطعه تمام شده از نورد:

پس از اتمام رول کاری جهت خارج نمودن قطعه از ماشین نورد می بایست با چرخاندن فلکه ها نیرو را از روی ورق برداشته و بین قطعه کار و غلتک بالایی فاصله ایجاد نمود و با استفاده از یک شمش که بین غلتک قرار می دهیم و با آزاد کردن غلتک از یا تا فان دستگاه نسبت به خارج کردن قطعه کار اقدام می گردد. در صورت بزرگ و حجیم بودن قطعه کار از جرثقیل برای محار غلتک و خارج کردن قطعه کار اقدام می گردد در نوردهای جدید بخصوص نوردهای هیدرولیکی سیستم هیدرولیک قادر است نورد را در راستلی افق نگه داشته تا بتوان ورق را از دستگاه خارج نمود.

(شکل های ۱۳-۶ و ۱۴-۶)



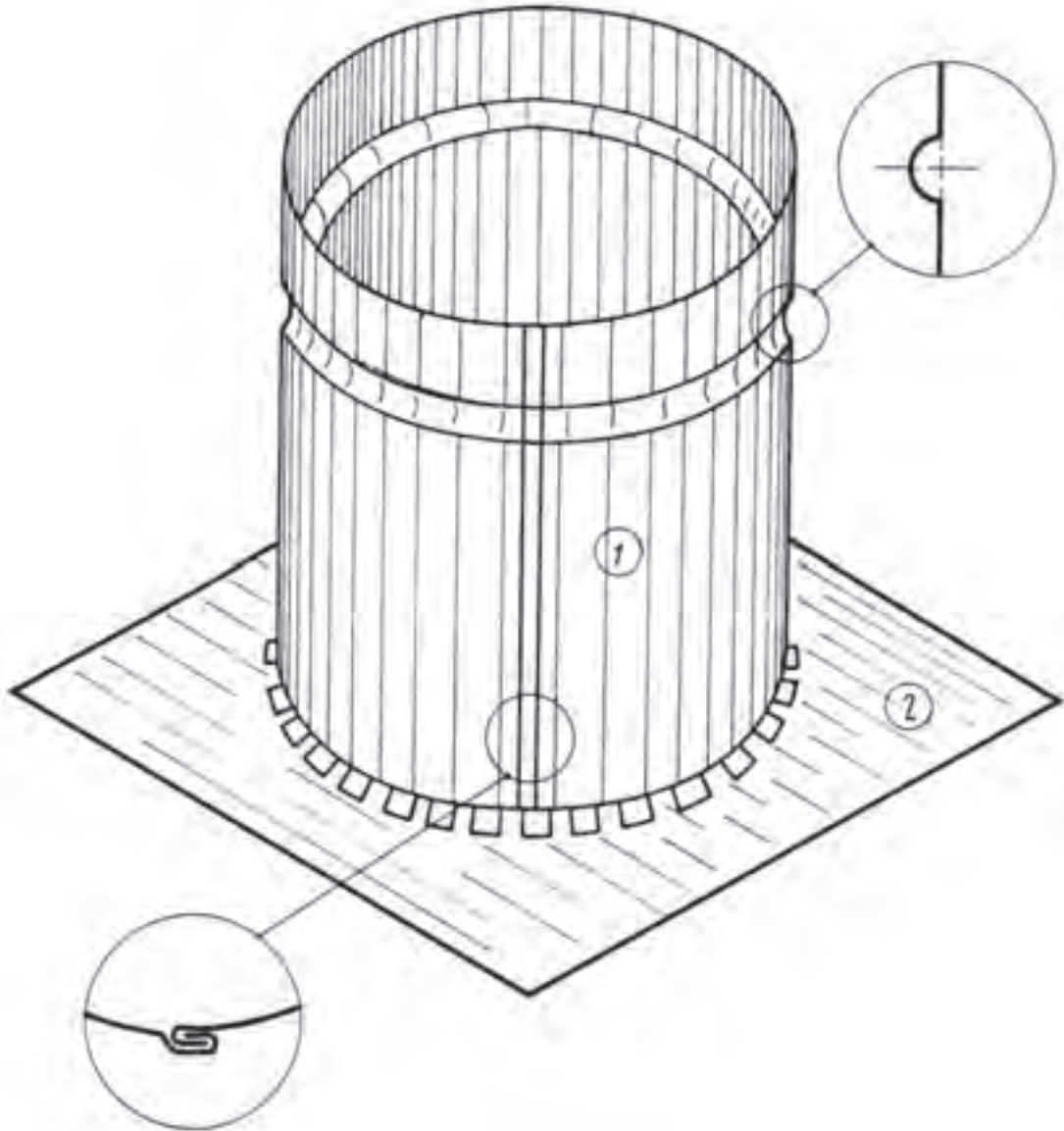
شکل ۱۴-۶



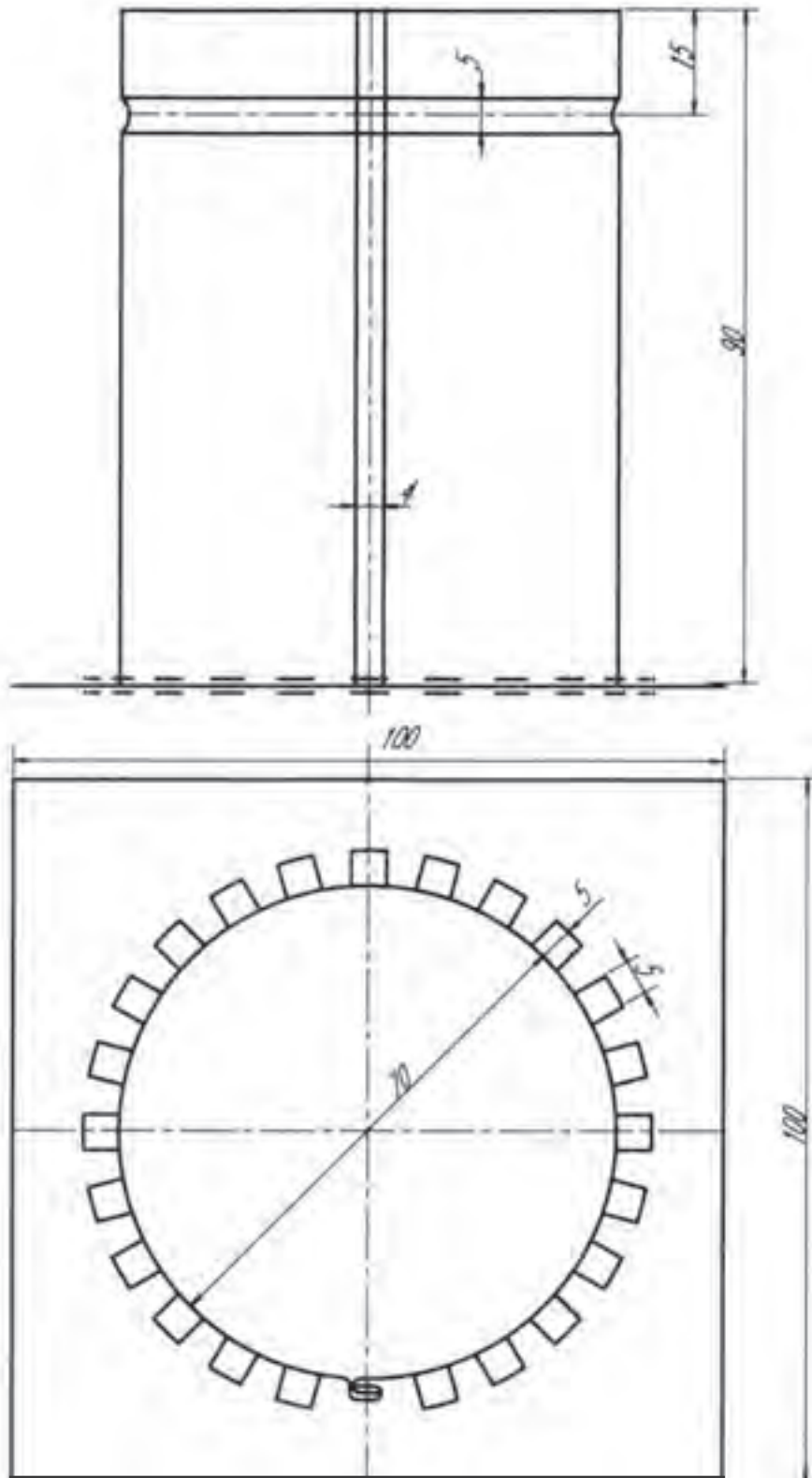
شکل ۱۳-۶

## نقشه کار شماره ۱

زمان آموزش		رولکاری ورق‌های نازک با وسایل دستی	نوع تمرین
عملی	نظری		
۵ و ۱/۲	۱/۲	ورق گالوانیزه با ابعاد ۲۲۹×۹۵×۰/۵ ورق گالوانیزه با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۰/۵	جنس و ابعاد مواد اولیه



شکل ۶-۱۵



شکل ۱۶-۶

## فعالیت در کارگاه

- ۱- به گروه‌های سه نفره تقسیم واز میان خود یک سرگروه انتخاب نمائید.
- ۲- با تبادل افکار و آموخته‌های قبلی خود ابعاد قطعات ۱ و ۲ را محاسبه نمائید.
- ۳- در هنگام محاسبه ابعاد قطعات در صورت نیاز به اندازه عرض قالب فرنگی پیچ اندازه موجود در انبار کارگاه را در نظر بگیرید.
- ۴- جواب خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.
- ۵- جواب نهایی را به هنرآموز خود ارائه نموده و در صورت تایید ایشان آماده کار شوید.
- ۶- برای ساخت نقشه کار مورد نظر به چه ابزاری نیاز دارید. آنها را در جدول ۱ لیست کنید.
- ۷- پس از تکمیل جدول خود آنرا با جواب گروه‌های دیگر مقایسه نمایید.
- ۸- برای ساخت نقشه کار به چه موادی نیاز دارید آن را در جدول ۲ لیست کنید.
- ۹- مراحل انجام کار پیشنهادی خود را در جدول ۳ بنویسید.

### جدول شماره ۱

ردیف	نام ابزار یا وسایل مورد نیاز	کاربرد یا مورد استفاده آن
۱		
۲		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		
۱۰		
۱۱		
۱۲		
۱۲		
۱۳		
۱۴		

جدول شماره ۲

ردیف	نام و مشخصات قطعه	شماره	جنس	تعداد	اندازه	توضیحات
۱						
۲						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						
۱۰						
۱۱						
۱۲						
۱۲						
۱۳						
۱۴						
۱۵						

جدول شماره ۳ مراحل پیشنهاد کار

شماره مرحله	شرح فعالیت
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	
۷	
۸	

## مراحل اجرا کار

۱- ابعاد قطعات را مطابق نقشه برشکاری و آماده کنید. (شکل ۱۷-۶)



شکل ۱۷-۶ گسترش استوانه

۲- گسترش استوانه را ترسیم و با مشخص کردن محل خمکاری فرنگی پیچ و فاق‌های اتصال کف و همچنین محل اجرای خط رخ گسترش را کامل نمایید. (شکل ۱۸-۶)



شکل ۱۸-۶ تعیین محل فاق‌ها

۳- خمکاری فرنگی پیچ را در خلاف جهت یکدیگر انجام دهید. (شکل ۱۹-۶)



شکل ۱۹-۶ لبه‌های خمکاری شده جهت اتصال فرنگی پیچ

۴- با استفاده از یک شمش فولادی با مقطع گرد نسبت به رول کردن استوانه اقدام نمایید. در هنگام رولکاری توجه داشته باشید که خط کشی فاق‌های کف و محل خط رخ رو به سمت بیرون قطعه قرار گیرد. (شکل ۶-۲۰)



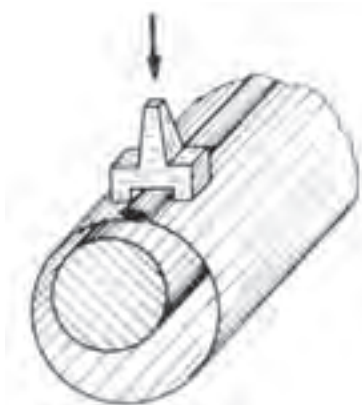
شکل ۶-۲۰ گرد و استوانه کردن گسترش

۵- با کامل شدن رولکاری لبه‌های خمکاری شده را در داخل یکدیگر قرارداده و با استفاده از چکش مناسب آن را مورد کوبش قرار دهید تا کاملاً بر یکدیگر منطبق گردد. (شکل ۶-۲۱)



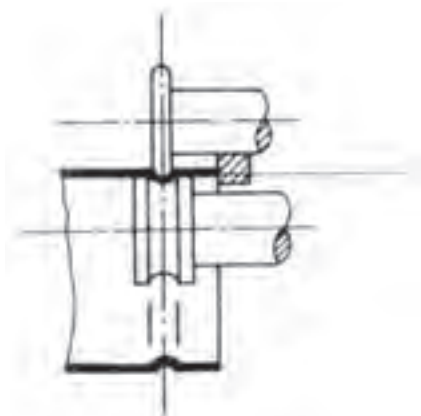
شکل ۶-۲۱ انطباق لبه‌های استوانه به کمک چکش و سندان

۶- به وسیله قالب فرنگی پیچ نسبت به تکمیل فرنگی پیچ اقدام نمایید. (شکل ۶-۲۲)



شکل ۶-۲۲ کوبیدن درز فرنگی پیچ به وسیله قالب مخصوص فرنگی پیچ

۷- با استفاده از چرخ ورقکاری نسبت اجرای خط رخ اقدام نمایید. (شکل ۶-۲۳)



شکل ۶-۲۳ استفاده از صفحه منظم و هم محور بودن غلتک‌ها

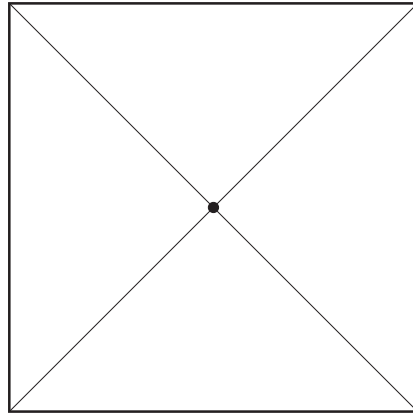
۸- نسبت به برش فاق‌های کف اقدام نمایید. (شکل ۶-۲۴)



شکل ۶-۲۴ خمکاری فاق‌ها به صورت یک در میان

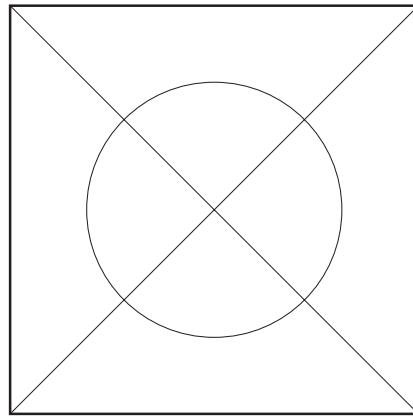


۹- مرکز قطعه شماره ۲ را با کشیدن دو خط قطری مشخص نمایید. (شکل ۶-۲۵)



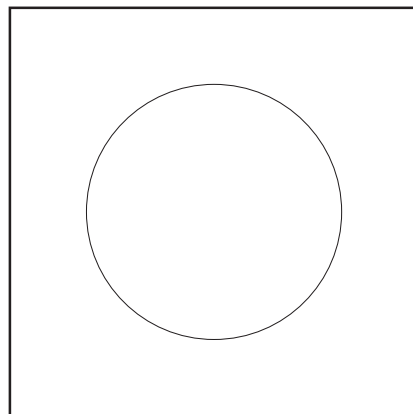
شکل ۶-۲۵ رسم قطرهای عمود بر هم و تعیین مرکز دایره و علامت گذاری به وسیله سنبه نشان

۱۰- با استفاده از پرگار نسبت به ترسیم دایره کف اقدام نمایید. (شکل ۶-۲۶)



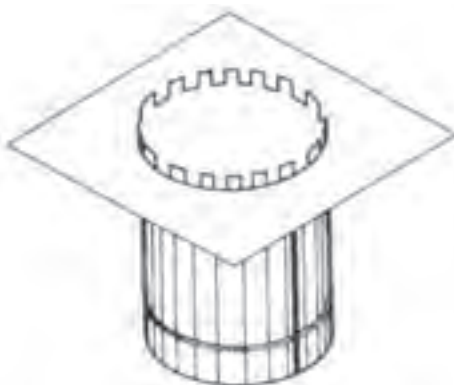
شکل ۶-۲۶ رسم دایره به وسیله پرگار

۱۱- با استفاده از قلم و یا قیچی گرد بر نسبت به برش دایره اقدام نمایید. (شکل ۶-۲۷)



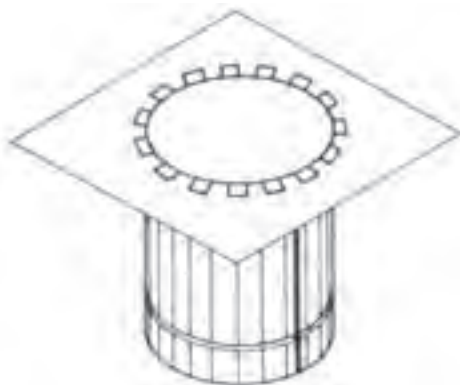
شکل ۶-۲۷ بریدن دایره کف خواب با استفاده از قلم و قیچی گردبر

۱۲- با استفاده از قیچی نسبت به برش فاق‌ها اقدام نموده و با استفاده از یک دم باریک آنها را یک درمیان با زاویه ۹۰ درجه خمکاری نمایید و کف آماده شده (قطعه شماره ۲) را به استوانه (قطعه ۱) مونتاژ کنید. (شکل ۶-۲۸)



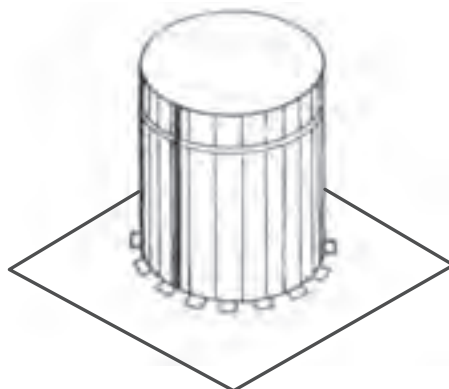
شکل ۶-۲۸ انطباق کف خواب روی استوانه

۱۴- با خمکاری فاق‌های عمودی روی کف نسبت به تکمیل قطعه کار اقدام نمایید. (شکل ۶-۲۹)



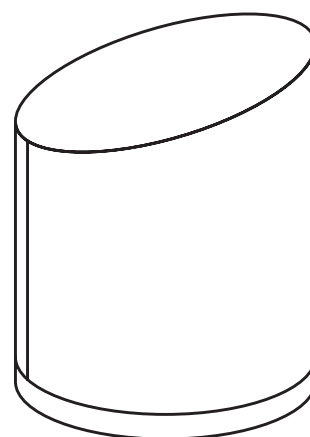
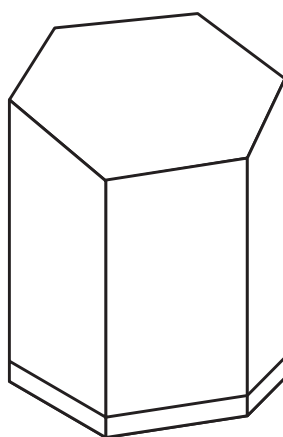
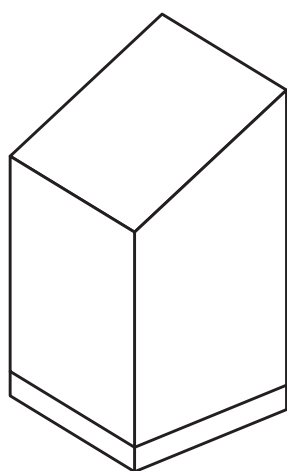
شکل ۶-۲۹ اتصال کف خواب به استوان یا برگرداندن فاق‌ها

۱۵- قطعه کار را جهت ارزشیابی به هنر آموز خود ارائه دهید. (شکل ۶-۳۰)

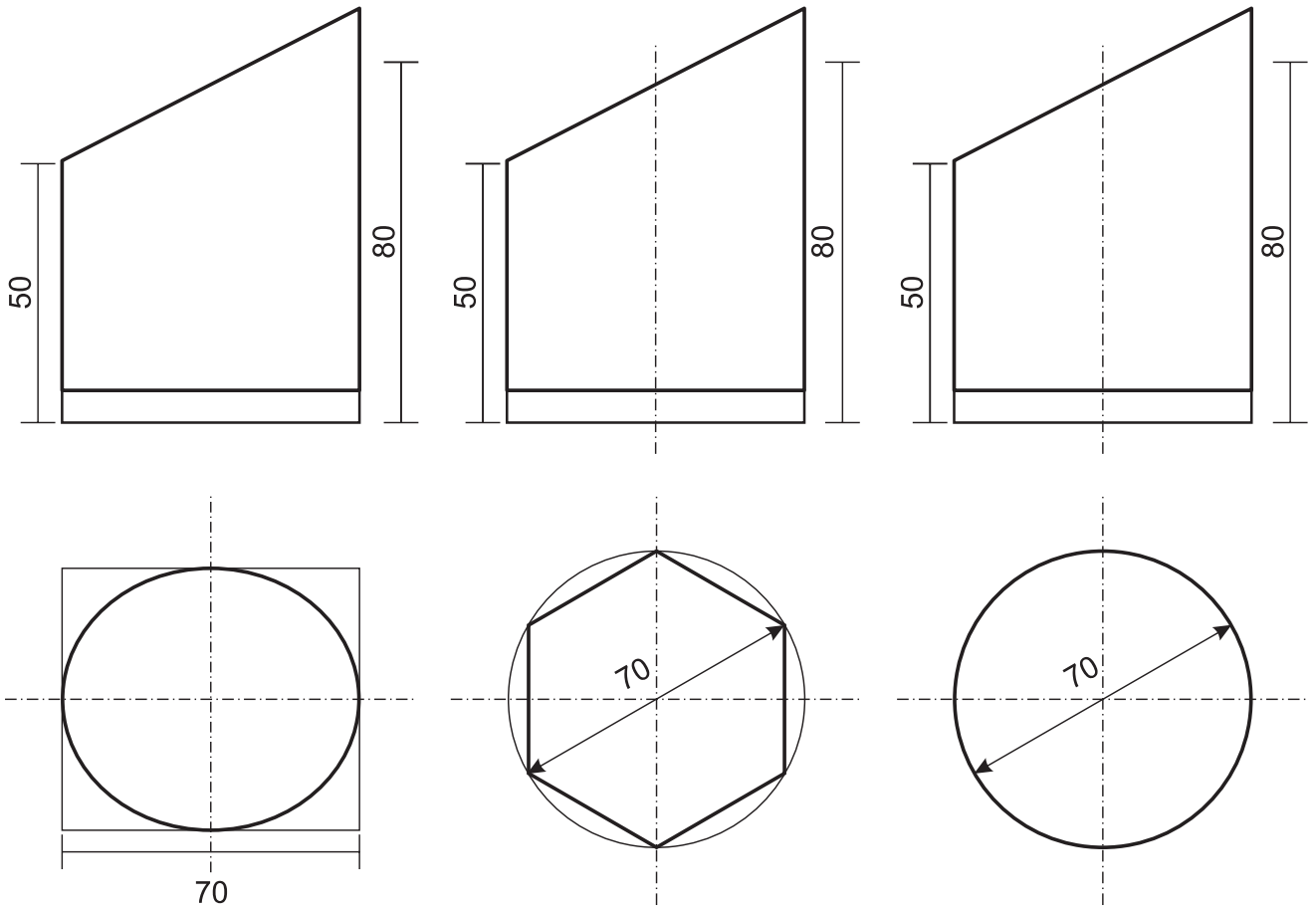


شکل ۶-۳۰

زمان آموزش		ساخت جاقلمی رومیزی	نوع تمرین
عملی	نظری		جنس و ابعاد مواد اولیه
۱/۲ و ۵	۱/۲		



شکل ۶-۳۱



شکل ۶-۳۲

## فعالیت در کارگاه

- ۱- به گروه‌های سه نفره تقسیم واز میان خود یک سرگروه انتخاب نمائید.
- ۲- با تبادل افکار واموخته های قبلی خود نسبت به انتخاب یکی از قطعات پیشنهادی اقدام نمائید.
- ۳- ابعاد ورقهای موردنیاز جهت ساخت قطعه مورد نظر را محاسبه کنید.
- ۴- در هنگام محاسبه ابعاد قطعات در صورت نیاز به اندازه عرض قالب فرنگی پیچ اندازه موجود در انبار کارگاه را در نظر بگیرید.
- ۵- جواب خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.
- ۶- جواب نهایی را به هنرآموز خود ارائه نموده ودر صورت تایید ایشان مهیای کار گردید.
- ۷- برای ساخت نقشه کار مورد نظر به چه ابزاری نیاز دارید. انها را درجدول ۱ لیست کنید.
- ۸- پس از تکمیل جدول خود آنرا با جواب گروه‌های دیگر مقایسه نمائید.
- ۹- برای ساخت نقشه کار خود به چه موادی نیاز دارید آنها را در جدول ۲ لیست کنید.
- ۱۰- با همکاری همگروهیهای خود نسبت به تهیه مراحل اجرای کار اقدام نموده ودر جدول ۳ لیست کنید.
- ۱۱- مراحل انجام کار پیشنهادی خود را با گروه‌های دیگر مقایسه نمائید.
- ۱۲- در صورت نیاز به اصلاح مراحل کار پیشنهادی خود آن را اصلاح نمائید.
- ۱۳- مراحل انجام کار پیشنهادی خود را با هنرآموز خود در میان گذاشته ودر صورت تایید ایشان آماده کار شوید.
- ۱۴- پس از انجام کار قطعه کار خود را با قطعه کار همگروهیهای خود و سپس با قطعات کل کلاس مقایسه نمائید.
- ۱۵- آیا در حین انجام کار با مشکلاتی مواجه شدید. برای رفع آن چه پیشنهادی دارید.
- ۱۶- قطعه کار خود را جهت ارزشیابی به هنرآموز خود ارائه کنید.

جدول شماره ۱

ردیف	نام ابزار یا وسایل مورد نیاز	کاربرد یا مورد استفاده آن
۱		
۲		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		
۱۰		
۱۱		
۱۲		
۱۲		
۱۳		
۱۴		
۱۵		

جدول شماره ۲

ردیف	نام و مشخصات قطعه	شماره	جنس	تعداد	اندازه	توضیحات
۱						
۲						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						

جدول شماره ۳

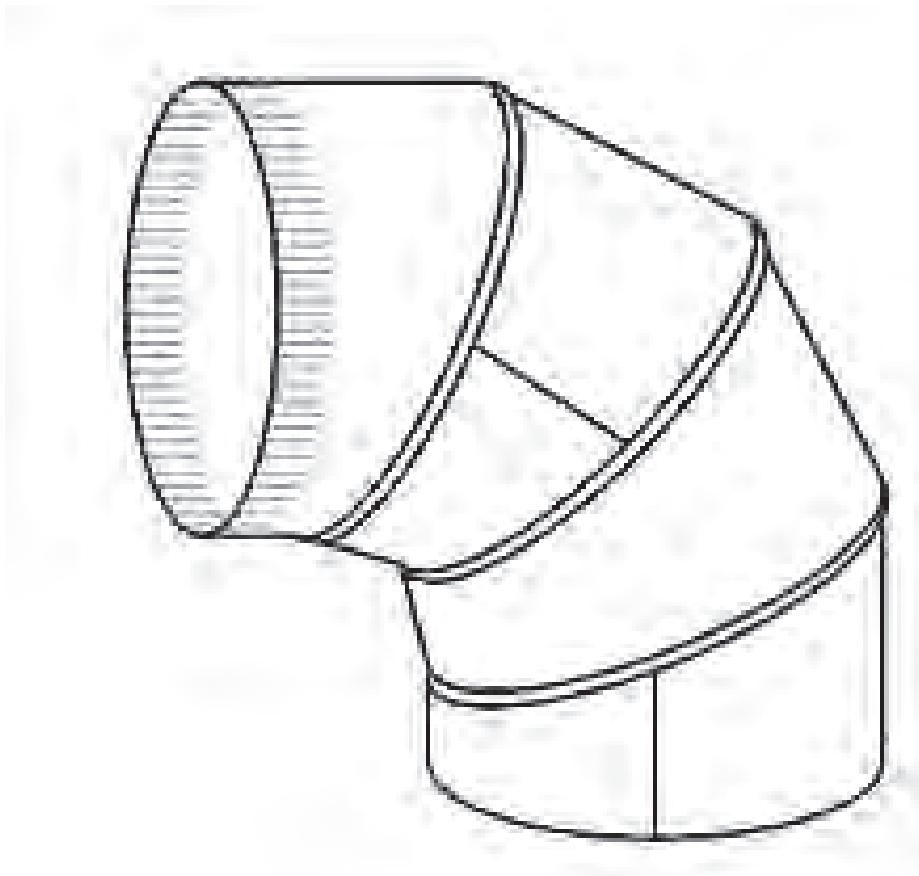
شرح فعالیت	شماره مرحله
	۱
	۲
	۳
	۴
	۵
	۶
	۷
	۸
	۹
	۱۰
	۱۱
	۱۲
	۱۳
	۱۴

## ■ نکات ایمنی برشکاری با دستگاه‌های مختلف

- در برشکاری با اره مدور کم دور دقت شود جریان آب صابون موقع برشکاری برقرار باشد.
- قبل از آگاهی کامل از طرز کار دستگاه برش از راه‌اندازی آن اجتناب کنید.
- برای برشکاری با اره مدور پر دور از عینک محافظ استفاده کنید.
- هنگام برشکاری با اره مدور پر دور دقت کنید که حفاظ آن در جای مناسب قرار گرفته باشد.
- توجه داشته باشید که هنگام برشکاری پروفیل روی میز دستگاه ثابت باشد.
- برای هر نوع کار برشکاری از دستگاه مناسب آن استفاده کنید.
- از برخورد ناگهانی تیغه‌ی دستگاه اره مدور با پروفیل جلوگیری نمایید. این برخورد ممکن است خطرات جانی جبران‌ناپذیر همراه داشته باشد.
- کنترل تیغه قبل از برشکاری با اره مدور از نکات مهمی است که باید به آن توجه خاص نمود، زیرا شکستگی، ترک، کند بودن و عیوبی از این قبیل باعث اختلال در کار شده و خطر آفرین است.
- دقت کنید هنگام بستن تیغه اره به دستگاه اره لنگ دندان‌های تیغه رو به عقب قرار گیرند و از محکم شدن تیغه نیز اطمینان حاصل نمایید.
- هنگام برشکاری با سنگ فیبری آن را محکم در دست نگهدارید و صحیح هدایت کنید، زیرا عدم کنترل دقیق سنگ موجب پرتاب دستگاه و خطرات جانی می‌گردد.
- استفاده از عینک محافظ هنگام کار با سنگ فیبری ضروری است.
- حفاظ دستگاه‌های سنگ را حتماً در جهت براده نصب نمایید از برخورد براده به افراد و وسایل اطراف جلوگیری کند.
- از محکم بودن سنگ فیبری به دستگاه اطمینان حاصل کنید.



زمان آموزش		ساخت زانویی ۹۰ درجه چند پارچه	نوع تمرین
عملی	نظری		
۱۱	۱	ورق فولاد کم کربن ۳۲۰×۳۲۰×۰/۷۵	جنس و ابعاد مواد اولیه



شکل ۳۳-۶

## فعالیت در کارگاه

- ۱- به گروه‌های سه نفره تقسیم واز میان خود یک سرگروه انتخاب نمایید.
- ۲- با تبادل افکار واموخته های قبلی خود ابعاد قطعات مورد استفاده در ساخت زانو را محاسبه نمایید.
- ۳- در هنگام محاسبه ابعاد قطعات در صورت نیاز به اندازه عرض قالب فرنگی پیچ اندازه موجود در انبار کارگاه را در نظر بگیرید.
- ۴- جواب خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.
- ۵- جواب نهایی را به هنرآموز خود ارائه نموده ودر صورت تایید ایشان مهیای کار گردید.
- ۶- برای ساخت نقشه کار مورد نظر به چه ابزاری نیاز دارید. انها را درجدول ۱ لیست کنید.
- ۷- پس از تکمیل جدول خود آنرا با جواب گروه‌های دیگر مقایسه نمایید.
- ۸- برای ساخت نقشه کار به چه موادی نیاز دارید در جدول ۲ لیست کنید.
- ۹- مراحل کار پیشنهادی خود را درجدول ۳ لیست کنید.
- ۱۰- با تهیه ابزار از انبار کارگاه نسبت به اجرای کار اقدام نمایید.

جدول شماره ۱

ردیف	نام ابزار یا وسایل مورد نیاز	کاربرد یا مورد استفاده آن
۱		
۲		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		
۱۰		
۱۱		
۱۲		
۱۲		
۱۳		
۱۴		
۱۵		

جدول شماره ۲

ردیف	نام و مشخصات قطعه	شماره	جنس	تعداد	اندازه	توضیحات
۱						
۲						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						

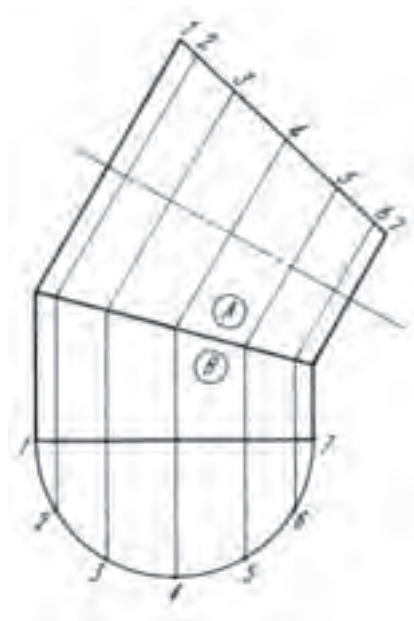
### جدول شماره ۳

شماره مرحله	شرح فعالیت
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	
۷	
۸	
۹	
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	

**توضیح:** با توجه به نقشه کار مشخص است که زانو از چهار تکه تشکیل شده است که دو به دو با یکدیگر مساوی می باشند. اتصال تکه ها به یکدیگر با استفاده از فرنگی پیچ عمودی می باشد. لذا برای ساخت زانو می بایست نسبت به تهیه دو عدد گسترش مربوط قطعات A و B اقدام نمود. (شکل ۶-۳۴)

#### مراحل انجام کار

۱- با توجه به نقشه کار و ابعاد آن نمای روبروی زانو ترسیم کرده و آن را به چهار قسمت تقسیم نمایید. برای این منظور با استفاده از نقاله نسبت به تقسیم زاویه ۹۰ درجه به چهار قسمت اقدام کنید ابتدا زاویه ۹۰ درجه را به دو زاویه ۴۵ درجه تقسیم کرده سپس از زاویه ۴۵ درجه یک زاویه ۳۰ درجه در قسمت بالا و یک زاویه ۳۰ درجه

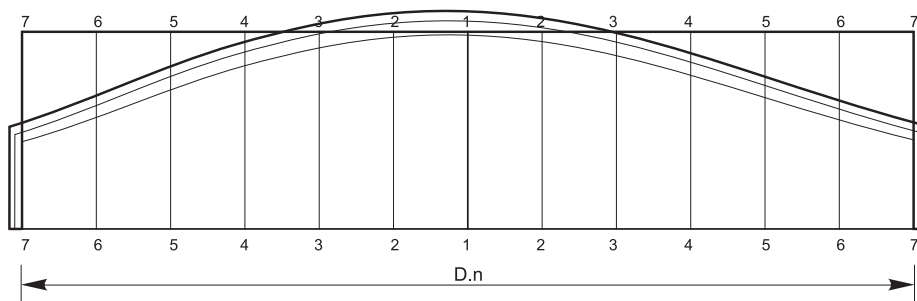


شکل ۶-۳۴

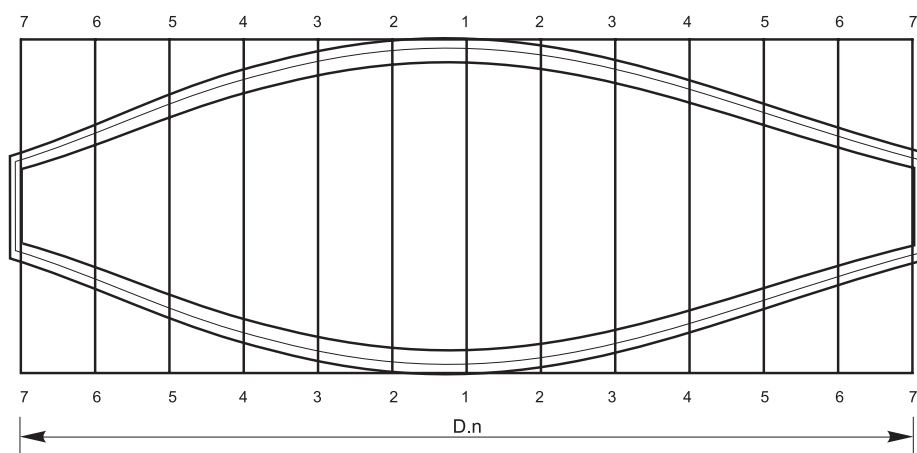
در قسمت پایین آن جدا کنید. شکل (۶-۳۳) بدین ترتیب دو زاویه ۱۵ درجه و دو زاویه ۳۰ درجه خواهیم داشت.

۲- با توجه به قسمت ۱ نسبت ترسیم گسترش قطعات A و B اقدام نمایید. برای اتصال قطعات به یکدیگر از فرنگی پیچ ساده برای اتصال بدنه و از فرنگی پیچ عمودی برای اتصال قطعات A به قطعات B استفاده می شود لذا در هنگام ترسیم گسترش می بایست طول مربوط به فرنگی پیچ ها را به قطعات اضافه نمود. رسم گسترش را می توان بر روی کاغذ رسم ترسیم نموده و سپس آن را بعنوان شابلن بر روی ورق فولادی منتقل نمود. و یا اینکه بهتر است مستقیماً بر روی ورق فولادی ترسیم گردد.

پس از تکمیل گسترش با استفاده از قیچی اهرمی یا قیچی فرم بر نسبت به برشکاری گسترش اقدام و سپس در صورت نیاز قطعات را پلیسه گیری نمایید. (شکل ۶-۳۵ الف و ب)



شکل ۶-۳۵ الف گسترش قطعه B از زانویی ۹۰ درجه

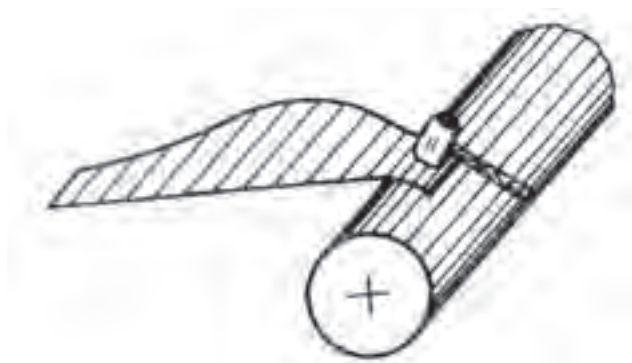


شکل ۶-۳۵ ب گسترش قطعه A از زانویی ۹۰ درجه

۳- گسترش های تهیه شده در بند ۴ را بعنوان شابلن استفاده کرده و از قطعه A دو عدد و از قطعه B هم دو عدد تهیه کنید.

۴- فرنگی پیچ های بدنه را خمکاری نموده و قطعات را برای رولکاری آماده نمایید.

برای رولکاری قطعات می توان به دو نوع دستی و ماشینی اقدام نمود. برای این منظور ابتدا لبه های قطعات را روی یک شمش فولادی فرم داده و سپس با استفاده از ماشین نورد نسبت به رول کردن قطعات اقدام نمایید. برای جلوگیری از لهیده شدن خمهای فرنگی پیچ می توان از لاشه ورق استفاده نمود تا در هنگام فرم دهی دچار مشکل نگردد. (شکل ۶-۳۶)



شکل ۶-۳۶ منحنی کردن لبه ها

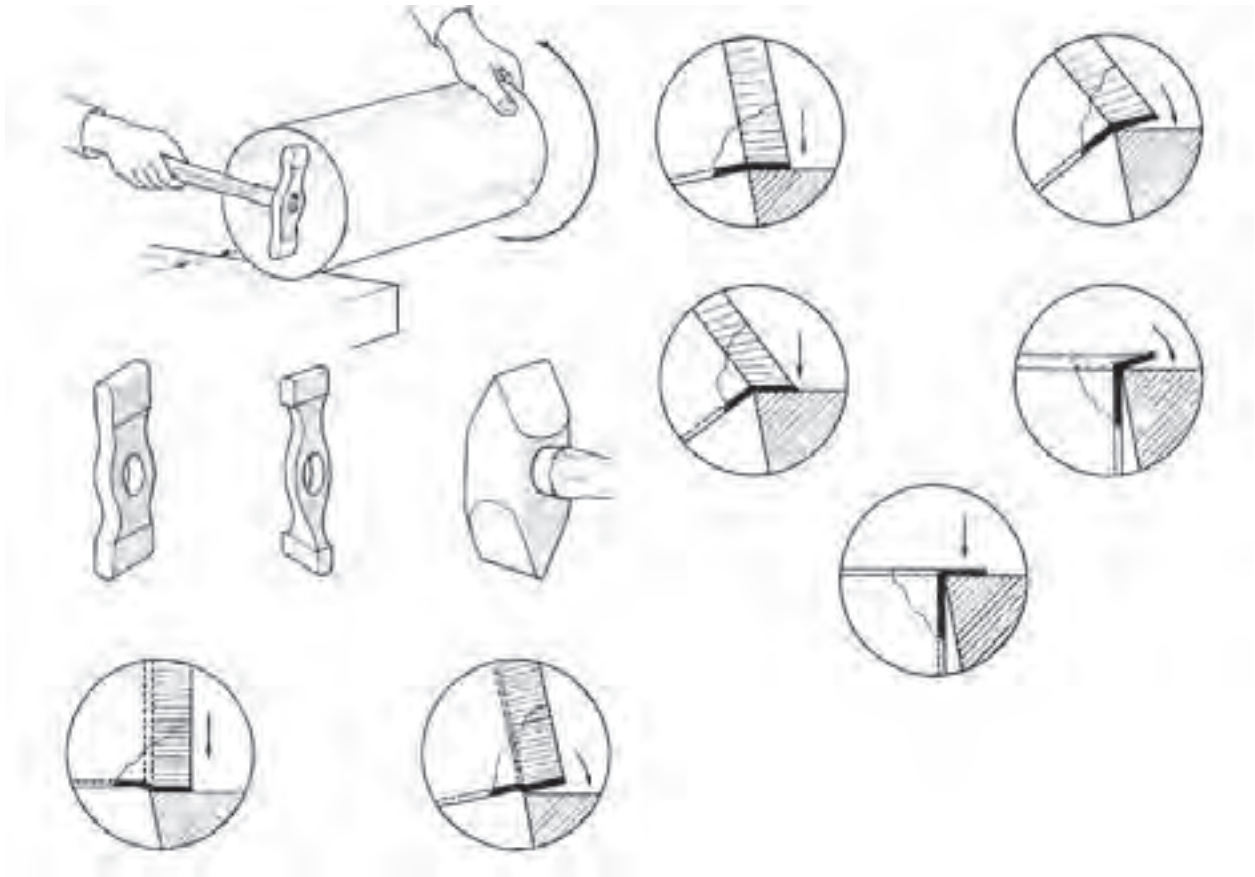
۵- پس از تکمیل رولکاری خمهای فرنگی پیچ را در داخل یکدیگر قرارداده و با استفاده از ضربات چکش نسبت به تطبیق آنها و سپس با استفاده از قالب فرنگی پیچ نسبت به تکمیل آن اقدام نمایید. (شکل ۶-۳۷)



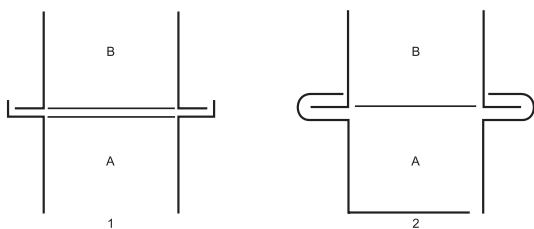
شکل ۶-۳۷

۶- برای تکمیل و گرد شدن کامل قطعات با استفاده از چکش چوبی بر روی شمش فولادی و یا استفاده مجدد از ماشین نورد قطعات را گرد کامل نمایید.

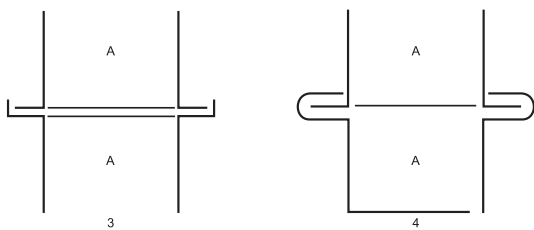
۷- برای اتصال قطعات و اجرای فرنگی پیچ عمودی می بایست لبه های قطعات را مطابق شکل خمکاری نمایید. برای این منظور می بایست از چکش های لبه زنی استفاده نموده و طبق شکل (۳۸-۶) نسبت به خمکاری آنها اقدام نمایید.



شکل ۳-۶۸



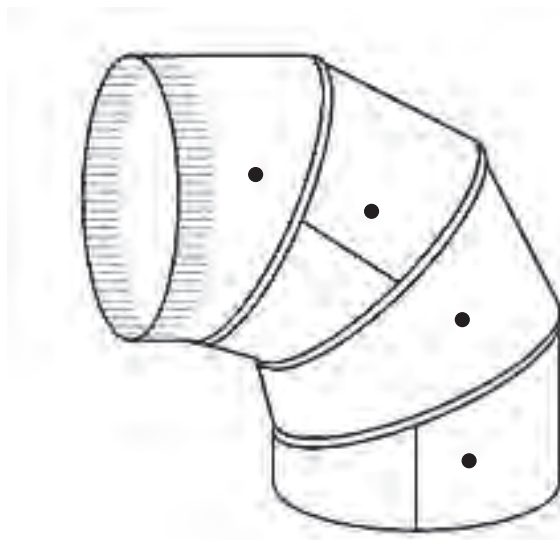
۸- پس از تکمیل خمکاری لبه قطعات ابتدا دو قطعه A و B را به یکدیگر مونتاژ نموده و سپس قطعات مذکور را به یکدیگر مونتاژ نموده و قطعات را تکمیل می کنیم. (شکل ۳۹-۶)



شکل ۳۹-۶

۹- پس از بازرسی نهایی قطعه کار را برای ارزشیابی به هنرآموز خود ارائه نمایید.

(شکل ۶-۳۳)



شکل ۶-۴۰