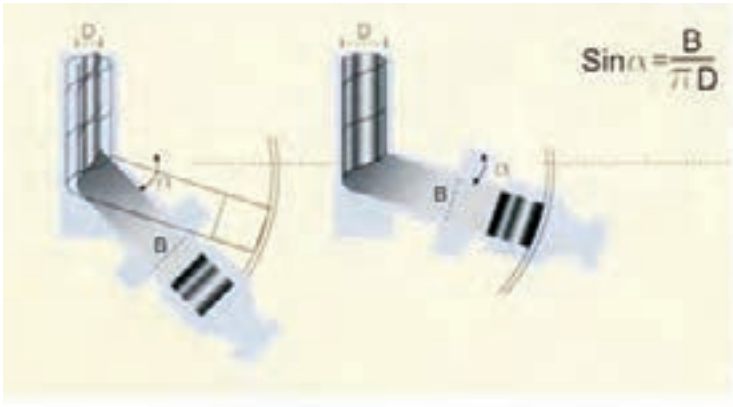
$$\sin a = \frac{B}{D.N} \qquad D = \frac{B}{n.\sin a}$$

B: عرض ورق

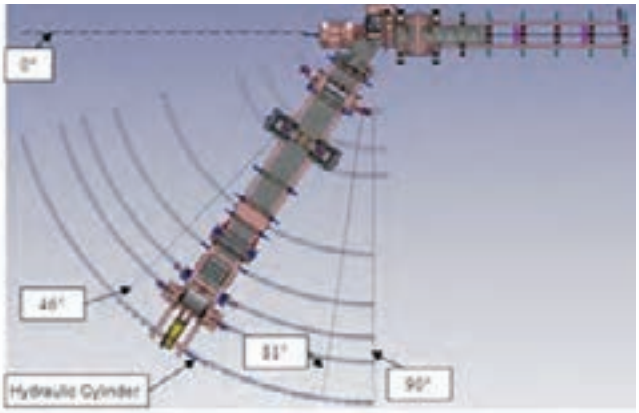
D: قطر لوله

α: زاویه مارپیچ

بـا توجه به روابط می‌توان نتیجـه گرفت که با اسـتفاده از نوارهای ورق با عرض ثابت و با تغییر دادن زاویه ورودی، لوله‌هایی با قطرهای مختلف تولید کرد یا برعکس، با اسـتفاده از نوارهای ورق بـا عرض‌های مختلف می‌توان با تغییـر زاویه، لوله‌هایی با قطرهای یکسان تولید کرد. (شکل ۴-۲۴- الف و ب)

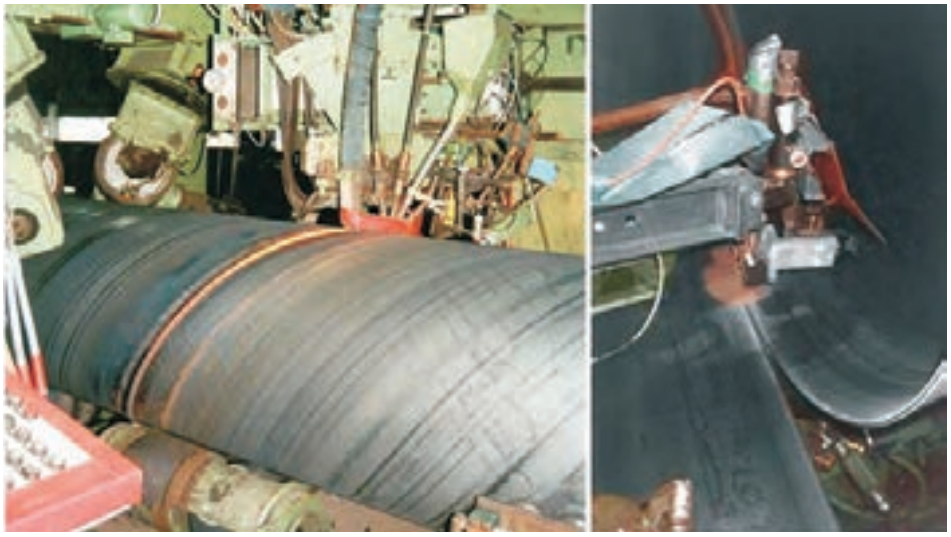


شکل ۴-۲۴- ب



شکل ۴-۲۴- الف

اسـتفاده از یـک نوار ورق با عرض ثابت B که با تغییـر زاویه لوله‌هایی با قطرهای مختلف تولید می‌شود. (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 می گردد. بازرسی و اندازه گیری‌های 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 اندازه گیری انجام می‌دهد. (شکل ۴-۲۶)

شکل ۴-۲۶ تست لوله

برش لوله

بمنظور برش لوله در طولهای استاندارد و یا بنابرخواسته مشتری دستگاه برش پلاسما بر اساس گاز یونیزه شده نیتروژن عمل می کند، در جریان این عمل میان قطب مثبت (لوله) و قطب منفی (نازل) قوس زده که منجر به یونیزه شدن گاز نیتروژن می‌شود (ازاطراف نازل شارژ می گردد)، بنابراین حرارت لازم جهت برش ایجاد شده و عملیات برش صورت می پذیرد. (شکل ۴-۲۷)

شکل ۴-۲۷ برشکاری لوله

تمیز کاری داخل لوله

در جریـان عملیات جوشـکاری به روش زیر پودری (SAW) سـرباره‌های حاصل از جوشـکاری و پودر جوشـکاری در داخل لوله باقی می ماند کـه پس از برش لوله در صورتی که لوله از نوع T (لوله با جوش عرضی) نباشـد مسـتقیماً به محل دسـتگاه تمیزکاری داخلی و درصورتیکه لوله از نوع T باشـد پس از انجام عملیات جوشکاری عرضـی به دسـتگاه تمیـزکاری داخلی انتقال مـی یابد، عملیات تمیـزکاری صورت می‌پذیرد. (شکل ۴-۲۸)

شکل ۴-۲۸ 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 غیرمخرب (امواج مافوق صوت) به صورت دستی، بر روی جوش صورت می پذیرد. (شکل ۴-۳۰)

شکل ۴-۳۰ تست دستی ما فوق صوت بر روی جوش‌های عرضی

تعمیرات لوله

چنانچه مواضعی 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 می‌نماید. (شکل ۴-۳۱)

شکل ۴-۳۱ تعمیر لوله‌های معیوب

تست هیدرو استاتیک

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

شکل ۴-۳۲ انجام هیدروتست

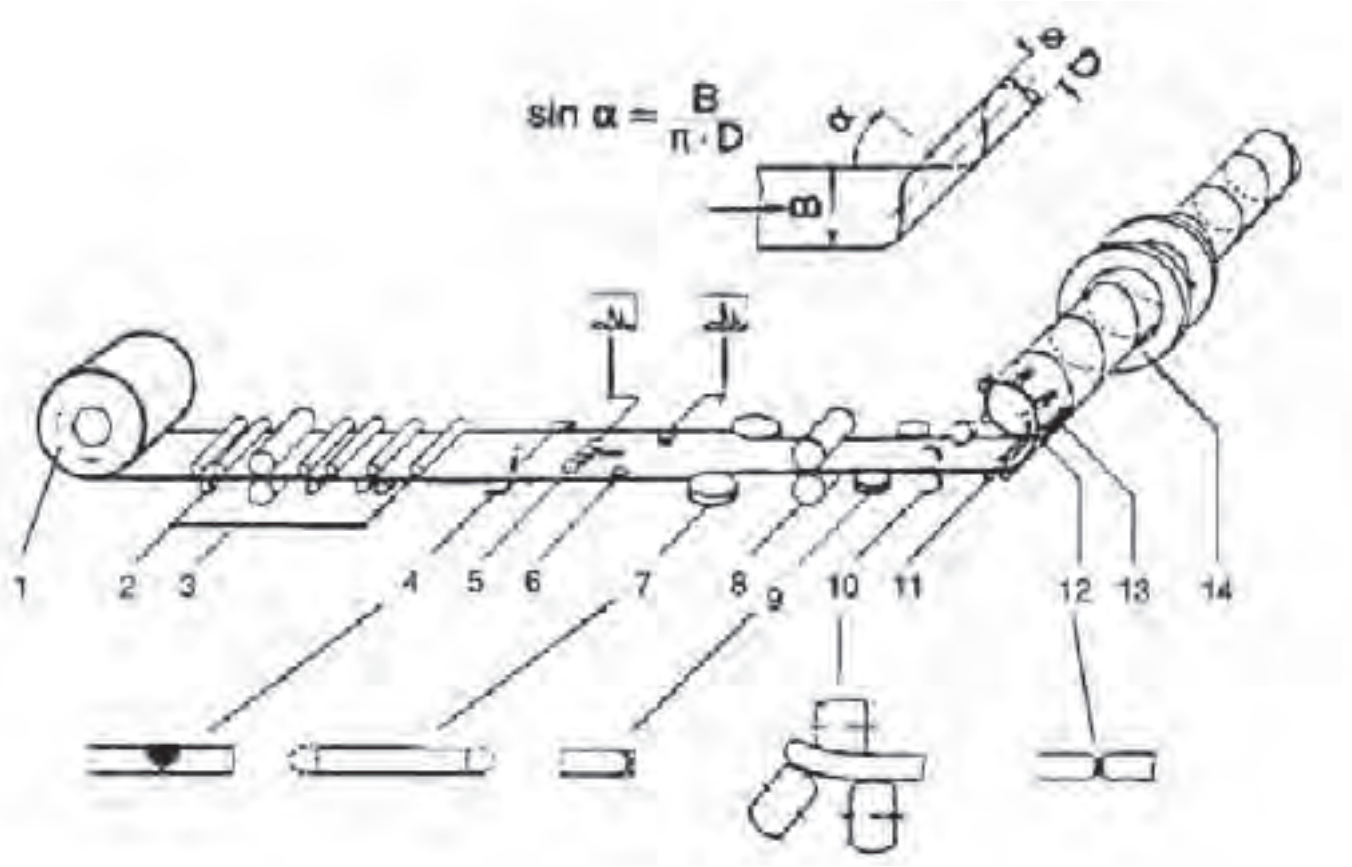
پخ کردن دو انتهای لوله

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 مرحلهٔ بازرسی نهایی رسید، بازرس نهایی کنترل کیفی مجدداً تمامی جوش و بدنه لوله را مورد بازرسی چشمی قرار می‌دهد که در این مرحله بازرس نهایی کنترل کیفی انجام تست آلتراسونیک دستی را برای تمام مواضع تعمیری مورد بررسی قرار داده و آن‌را تأیید می‌نماید. همچنین بازرس 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
۲- نوردهای صاف کننده
۳- واحد نوردهای کششی
۴- جوشکاری عرض ورق
۵- واحد تست US
۶- واحد تست
۷- واحد درجه زمان
۸- نوردهای کششی اصلی
۹- آماده‌سازی برای مورد جوشکاری
۱۰- منحنی کردن لبه‌ها
۱۱- سیستم سه نورده
۱۲- نقطه جوش داخلی
۱۳- نوردکاری داخری
۱۴ واحد برش لوله

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

حمل و نقل

پس از آنکه لوله تولید شـد برچسـبی توسط اپراتور ماشـین لوله سازی داخل لوله چسبانده می‌شود که حاوی اطلاعات زیر می‌باشد:

شماره لوله، سایز لوله، شماره قرارداد، وزن لوله، تاریخ تولید، استاندارد درخواستی و گرید فولاد تولیدی می‌باشـد که سرپرسـت ماشـینهای تولید موظف می‌باشد، این برچسب ها را تکمیل و به اپراتور ماشین لوله سازی تحویل نماید و شماره لوله را بدین صورت تخصیص می‌دهد که در هر قرارداد از شـماره یک شـروع به شـماره گذاری

می نماید و وزن لوله در انتهای سالن (در ایستگاه بازرسی نهایی) تکمیل و استاندارد درخواستی از قرارداد فروش و گرید فولاد از ورق مصرف شده (اطلاعات موجود در روی کلاف) بدست می‌آید. (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 می گردد.

روش‌های مختلف تولید این لوله‌ها در قرن نوزدهم ابداع وبه موازات یکدیگر پیشرفت وگسترش یافت امروزه چهار روش متداول جهت تولید این لوله‌ها با توجه به ضخامت جداره وقطر آن‌ها بکار می رود.که به قرار زیر می‌باشد.

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

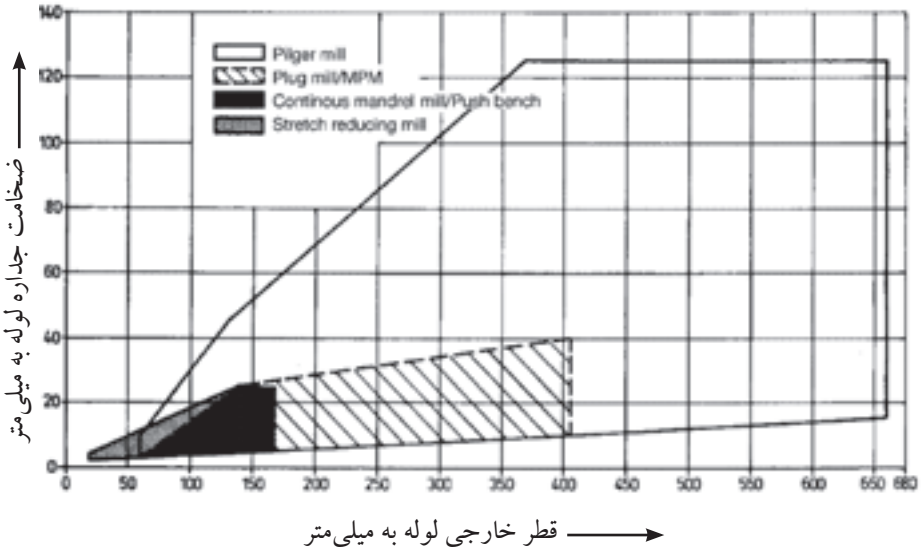
۲- فرایند تولید لوله به روش نوردهای متقاطع (پیلگرد) برای تولید لوله‌های بدون درز با قطر ۲۵۰ تا ۶۶۰ میلی‌متر.

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

۴- فرایند تولید لوله به روش نورد بر روی توپی 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 وقطر لوله‌های بدون درز تولیدی توسط روش‌های مختلف را مشاهده می کنید.

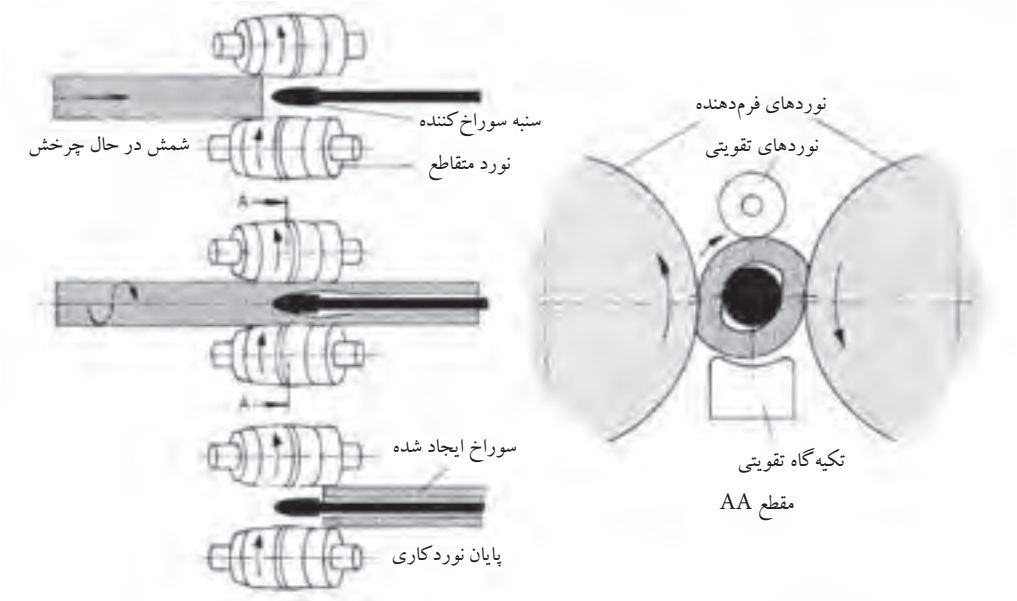


شکل ۴-۳۵ محدوده تولید لوله‌های بدون درز با توجه به قطر و ضخامت جداره

۱- فرایند تولید لوله بدون درزبا استفاده از نورد مداوم برروی سنبه (مانسمان)

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

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



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

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

شکل ۴-۳۶- ج نوردهای مداوم تولید لوله

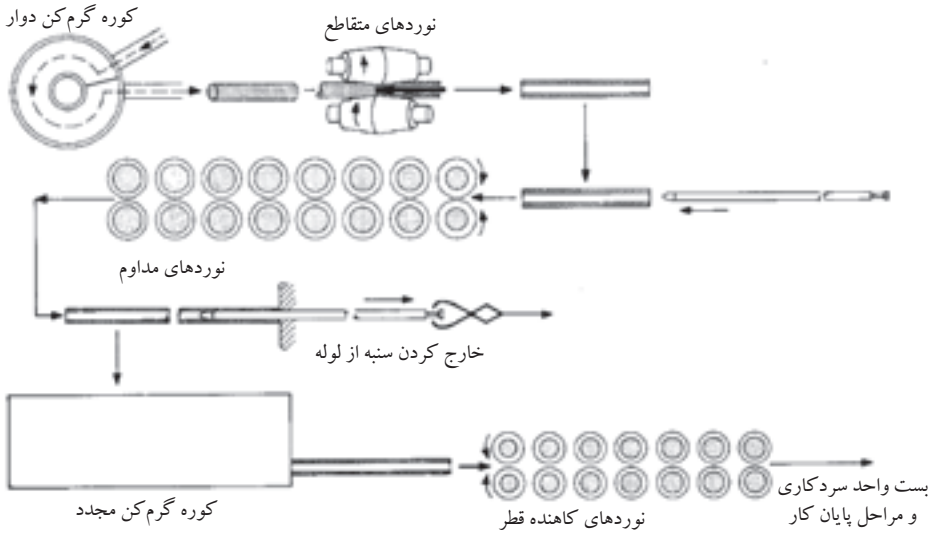
۱- لوله بدون درز

۲- واحد تغییر وضعیت

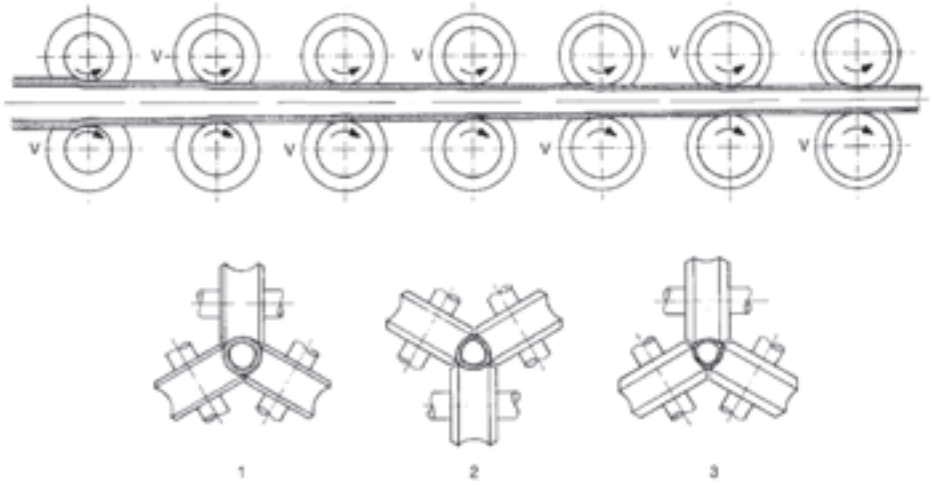
۳- نوردهای عمودی (ایستاده)

در اثر نورد مدام طول این شمش‌ها ۲تا ۴ برابر افزایش می یابد. تعداد نوردهای فرم دهند در این فرآیند ۷تا۹ عدد می‌باشد.در مورد لوله‌های بزرگ برای کاهش ضخامت جداره وافزایش قطر لوله این عمل طی چند مرحله انجام می‌شود توسط این روش لوله‌ها تا طول ۳۰ متر تولید می گردد. طول سنبه‌ها جهت فرم دادن به شمش حدود ۲۵ متر می‌رسد.

در پایان این مرحله شمش نورد شده به صورت لوله ناهمواری با قطر بزرگتر وضخامت دیواره زیاد بدست می‌آید.در مرحله بعد، لوله تولید شده ناهمواراز غلتک‌های نورد گذشته وقطر داخلی وخارجی وطول آن تنظیم می گردد. 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 می کنند. تا در نهایت لوله به شرایط استاندارد برسد بدلیل اینکه برا ی اولین با شرکت آلمانی مانسمان اقدام به تولید این لوله‌ها نمود این لوله‌ها به لوله مانسمان نیز مشهور می باشند. در شکل (۴-۳۷- الف و ب) مراحل تولید این لوله‌ها را بصورت شماتیک مشاهده می کنید.



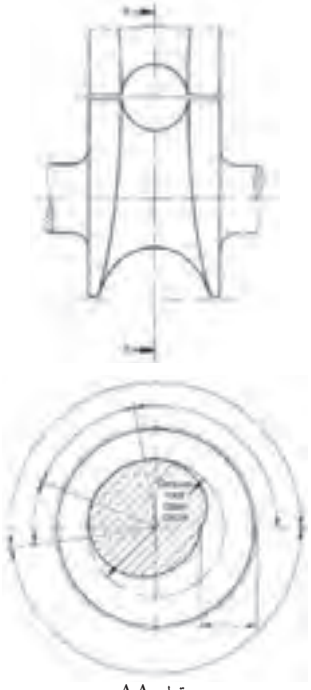
شکل ۴-۳۷- الف مراحل تولید لوله‌های بدون درز به روش نورد مداوم با استفاده از سنبه



شکل ۲-۳۷- ب موقعیت نوردهای تمام کننده نسبت به یکدیگر

۲- فرایند تولید لوله به روش نوردهای متقاطع (پیلگرد)

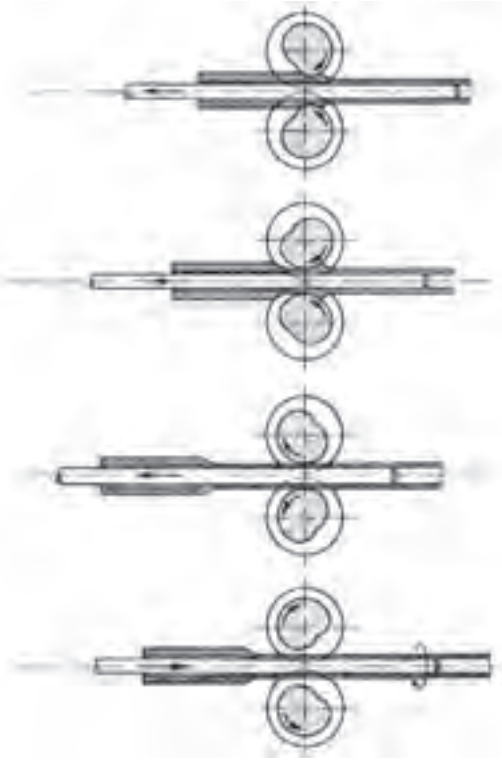
این فرآیند تولید لوله‌های بدون درز برای ساخت لوله‌ها با قطر خارجی ۶۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر با ضخامت جداره‌ای در حدود ۳ تا ۱۲۵میلی‌مترو طول ۲۸ متر بکار گرفته می‌شود. که[1] بستگی به طول، قطر و وزن شمش اولیه تولید لوله دارد. برای تولید لوله توسط این روش ابتدا شمش اولیه که یک بلوک گرد می‌باشد. در کوره‌های دوار تا دمای ۱۲۵۰ تا ۱۳۰۰درجه سانتی گراد 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 می گردد وسپس برای ایجاد سوراخ به واحد ایجادسوراخ ارسال می گردد واز آنجا به سمت غلتک‌های نوردپیلگر که شیار خارج از مرکز دارند جهت کشیده شدن وتولید لوله ارسال می گردد. در شکل (۴-۳۸) سطح مقطع یک غلتک پیلگر را نشان می‌دهد.


مقطع AA
شکل ۴-۳۸ مقطع غلتک پیلگر

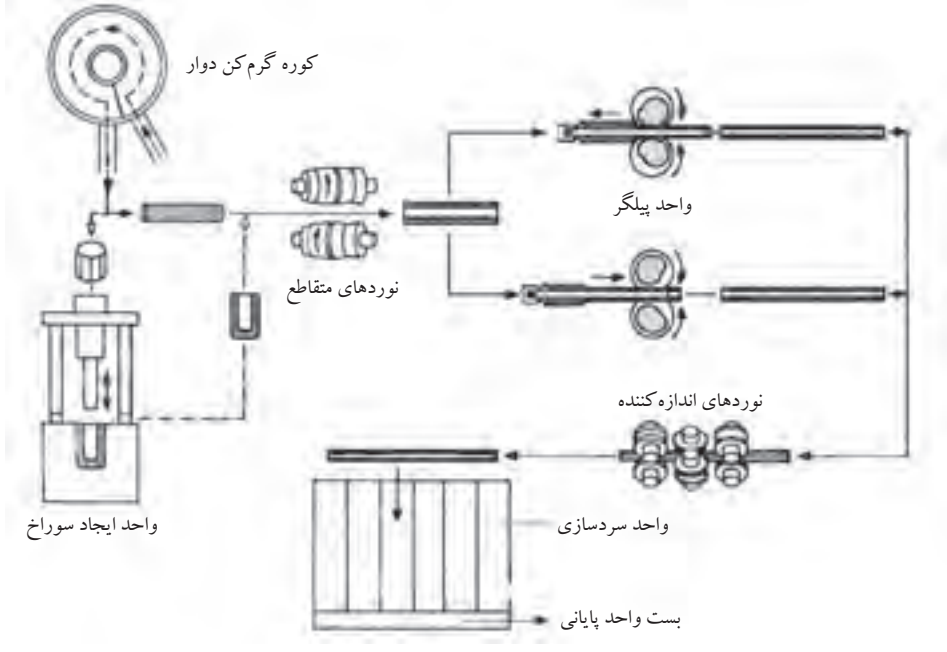
در زمان عبور شمش از بین غلتک‌ها سنبه ای به قطر تقریبی قطر داخلی لوله تولیدی آن را همراهی می کند. غلتک‌های بادامکی شکل در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده وتغذیه شمش توسط یک پر س هیدرولیک انجام می‌شود. وبدین ترتیب ابعاد تقریبی لوله را تنظیم می کنند. با توجه به خارج از مرکز بودن غلتک‌ها با هر بار چرخش ضربه ای مانند پتک آهنگری وارد کرده وبا کوبش آن بر روی سنبه ضخامت جداره را کم می کند.

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 سـرد شدن، سرد شده و جهت بسته‌بندی ارسـال می‌گردند. (شکل ۴-۳۹) همچنین در شکل (۴-۴۰) مراحل تولید لوله‌های بدون درز را به روش پیلگر نشان داده می‌شود.



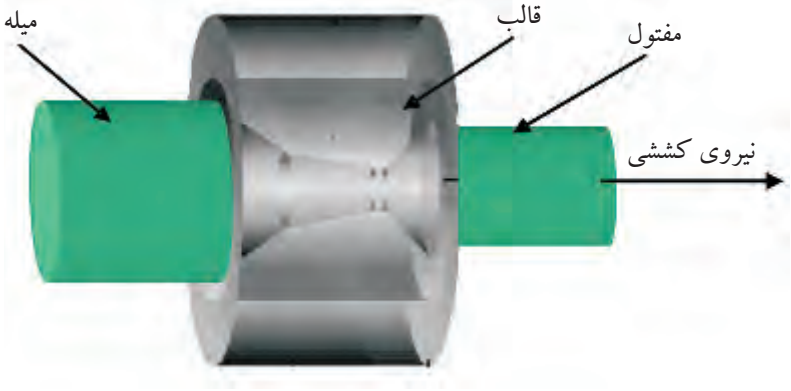
شکل ۴-۳۹



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

روش تولید مفتول

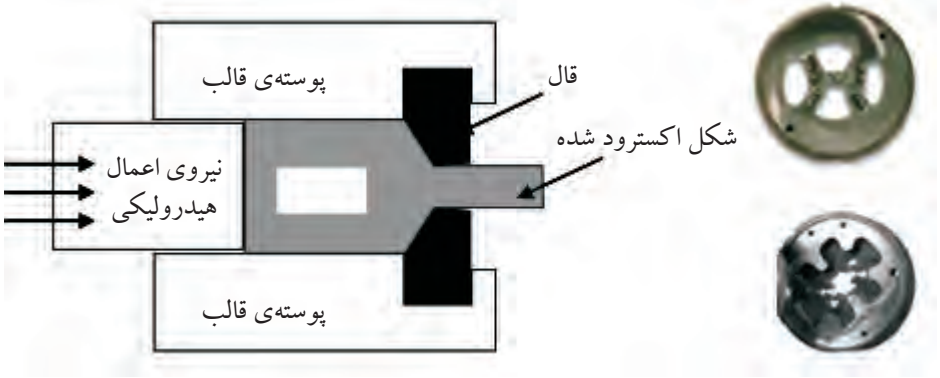
مفتول با قطرهای مختلف را می‌توان توسط عملیات سردکاری تولید نمود. با استفاده از عملیات سـردکاری می‌توان مفتول با قطر کمتر از یک میلی‌متر نیز تولید نمود. برای تولیـد مفتول پس از باریک کردن نوک میله‌ها آن‌ها را از حدیده‌هایی که قطر مجرای خروجی آن از قطر میله کمتر اسـت عبور می‌دهند واز سـمت دیگر میله عبوری راکه قطر آن کمتر شده است توسط انبر مخصوص گر فته و می‌کشند. (شکل ۴-۴۱)



شکل ۴-۴۱ واحد تولید مفتول

کاهش قطر مفتول‌ها بتدریج به وسـیله حدیده‌هـای مختلف صورت می‌گیرد ودر هر مرحله از حدیده‌هایی اسـتفاده می‌شودکه دارای روزنه کوچک‌تر می‌باشد. کشش با مفتول‌های به قطر ۶تا۷ میلی‌متر که روی قرقره پیچیده شـده‌اند شـروع وتا رسیدن به ضخامت مورد نظر حدیده‌کاری ادامه می یابد.

شـکل (۴-۴۲) با اسـتفاده از این روش مغزی الکترودهـای روپوش دار وهمچنین مفتول‌های جوشکاری را تولید می‌کنند.



شکل ۴-۴۲ واحد کششی

تولید پروفیل‌های سنگین

به نیم‌ساخته‌های که دارای سطح مقطع توپربوده واز وزن مخصوص بالای برخوردار باشند پروفیل‌های سنگین اطلاق می‌شود.

این پروفیل‌ها معمولاً از طریق گرم‌کاری شـکل داده شـده وتولید می‌شوند. دلیل این مسـئله این اسـت که در شـکل دهی گرم برای تولید این پروفیل‌ها سـختی فولاد چندان افزایش نمی یابد ولی موجب افزایش خاصیت شـکل پذیری آن می‌شود. بدین ترتیـب این امکان به وجود می اید که با اعمال نیروی زیاد فولاد بدون خطر گسسـتن وپاره شدن، فلزات را به مقدار زیاد تغییر شکل پلاستیکی داد. مثلا برای تهیه تیر اهن با اسـتفاده از شمش چهار گوش یازده مرحله نوردکاری انجام می‌شود. تهیه پروفیل‌های سنگین طی چهار مرحله انجام می‌شود:

۱) تهیه شمش فولادی

۲) تهیه شمش فولادی جهت نوردکاری

۳) اجرای نوردکاری

۴) برش به ابعاد استاندارد

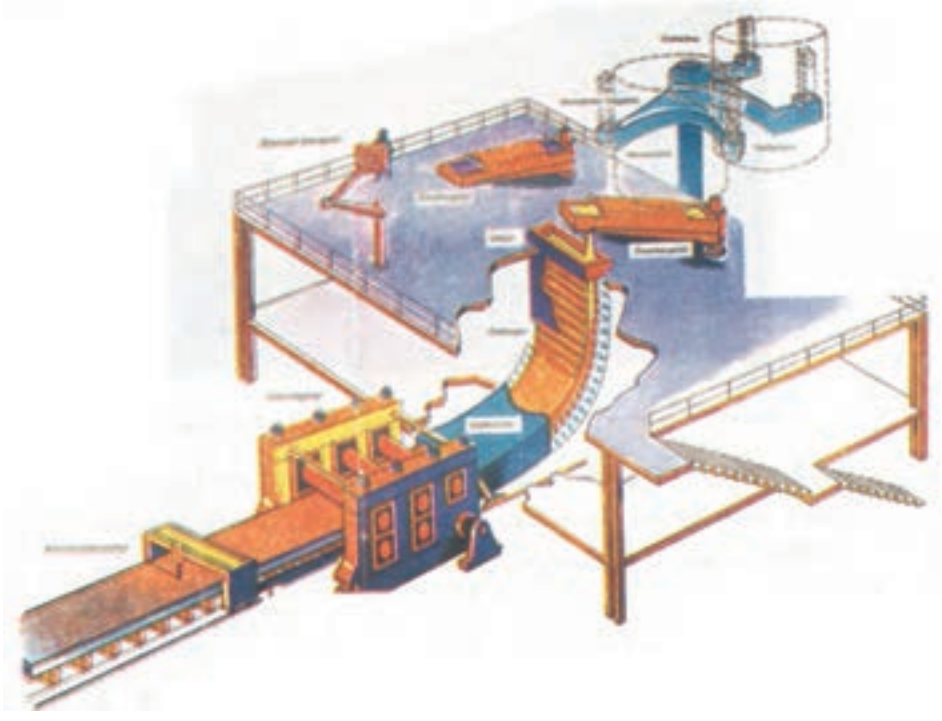
۱- تهیه شمش فولادی

شـمش‌های مورد نیاز جهت تولید پروفیل‌های سـنگین به وسـیله کوره‌های فولاد سـازی تولید می‌گردد. کوره‌های الکتریکی یکـی از کاملترین کوره‌های تولید فولاد می‌باشـد. این کوره‌هـا جهت تولید فولاد از محصول تولیدی کـوره بلند واهن قراضه استفاده می‌کند.

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

دمـای این کوره‌ها در حدود ۲۰۰۰ درجه سـانتی‌گراد می رسـد وبرای تهیه فولاد به دمایی در حدود ۱۷۰۰ درجه سـانتی‌گراد لازم می‌باشد. مواد پس از کنترل وتنظیم عناصر آلیاژی به داخل بوته های مخصوص ریخته شده وبا 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

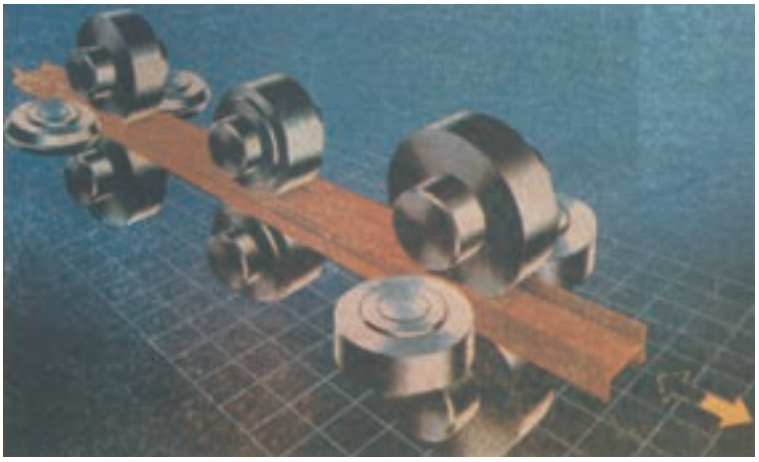
۲- گرم کردن شمش جهت نوردکاری

شمش‌های آماده شده در مرحله اول جهت آماده شدن برای نوردکاری گرم شده وبه سمت مجموعه نوردکاری هدایت می‌شوند در برخی از کارخانه‌های تولید پروفیل‌های سنگین واحد تولید شمش وگرم کن در یک مجموعه قرار دارد که این امر موجب صرفه جویی در وقت وانرژی می با شد. کارخانه ذوب آهن اصفهان را می‌توان نام برد که واحد تولید شمش وگرم کن آن در یک مجموعه قرار دارد. (شکل ۴-۴۴)

شکل ۴-۴۴ واحد گرم‌کن شمش

۳- اجرای نوردکاری

پس از گداخته شـدن شـمش در کوره وآماده سازی آن شـامل زدودن اکسیدها وناخالصی‌های سطحی قطعه گداخته جهت انجام نوردکاری به سمت غلتک‌ها هدایت می‌شـود. در فرایند نورد کاری ممکن است از یک دستگاه غلتک استفاده شده وعبور دادن شـمش‌ها شیارهای مختلف آن عمل شکل دهی انجام شود یا اینکه از غلتک‌های مدام اسـتفاده شـود. در فرایند نوردکاری توجه به عواملی کنترل دما، تنظیم غلتک‌ها، سرعت نوردکاری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. (شکل ۴-۴۵)



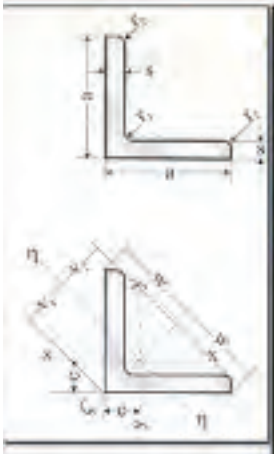
شکل ۴-۴۵ مقاطع غلتک‌ها و شکل قرار گرفتن آن‌ها

٤- برش به ابعاد استاندارد

انتخاب ابعاد شـمش به محصول نهایی بستگی دارد. از شمش انتخابی پروفیل مورد نیاز بطور پیوسـته تولید شده ودر نهایت به طول‌های استاندارد بریده شده وجهت بازار مصرف آماده می‌شود.

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

نبشی



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

اندازه نبشی	ابعاد ورواداری (mm)						سطح مقطع A cm^2	مساحت سطح جانبی یکمتر U m^2	وزن و رواداری	
	عرض بال a		ضخامت s		شعاع انحنا r				وزن یکمتر kg	رواداری ٪
	مقدار اسمی	رواداری	مقدار اسمی	رواداری	r_1	r_2				
۴۰×۴	۴۰	± ۱/۰	۴	± ۰/۵	۶	۳	۳/۰۸	۰/۱۵۵	۲/۴۲	± ۶
۵۰×۵	۵۰		۵		۷	۳/۵	۴/۸۰	۰/۱۹۴	۳/۷۷	
۶۰×۶	۶۰	± ۲/۰	۶	± ۰/۷۵	۸	۴	۶/۹۱	۰/۲۳۳	۵/۴۲	± ۴
۸۰×۸	۸۰		۸		۱۰	۵	۱۲/۳	۰/۳۱۱	۹/۶۶	
۹۰×۹	۹۰		۹		۱۱	۵/۵	۱۵/۵۰	۰/۳۵۱	۱۲/۲۰	
۱۰۰×۱۰	۱۰۰		۱۰		۱۲	۶	۱۹/۲	۰/۳۹۰	۱۵/۱	

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

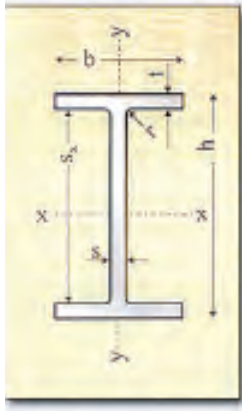
اندازه نبشی	فواصل محورها				مقادیر ایستایی							
					x-x=y-y			محور ζ - ζ		محور η - η		
	e cm	w cm	V1 cm	V2 cm	ممان اینرسی I_x cm^4	مدول مقطع W_x cm^3	شعاع ژیراسیون i_x cm	ممان اینرسی I_ζ cm^4	شعاع ژیراسیون i_ζ cm	ممان اینرسی I_η cm^4	مدول مقطع W_η cm^3	شعاع ژیراسیون i_η cm
۴۰×۴	۱/۱۲	۲/۸۳	۱/۵۸	۱/۴۰	۴/۴۸	۱/۵۵	۱/۲۱	۷/۰۹	۱/۵۲	۱/۸۶	۱/۱۸	۰/۷۸
۵۰×۵	۱/۴۰	۳/۵۴	۱/۹۸	۱/۷۶	۱۱/۰	۳/۰۵	۱/۵۱	۱۷/۴۰	۱/۹۰	۴/۵۹	۲/۳۲	۰/۹۸
۶۰×۶	۱/۶۹	۴/۲۴	۲/۳۹	۲/۱۱	۲۲/۸	۵/۲۹	۱/۸۲	۳۶/۱۰	۲/۲۹	۹/۴۳	۳/۹۵	۱/۱۷
۸۰×۸	۲/۲۶	۵/۶۶	۳/۲۰	۲/۸۲	۷۲/۳	۱۲/۶	۲/۴۲	۱۱۵	۳/۰۶	۲۹/۶	۹/۲۵	۱/۵۵
۹۰×۹	۲/۵۴	۶/۳۶	۳/۵۹	۳/۱۸	۱۱۶	۱۸/۰	۲/۷۴	۱۸۴	۳/۴۵	۴۷/۸	۱۳/۳	۱/۷۶
۱۰۰×۱۰	۲/۸۲	۷/۰۷	۳/۹۹	۳/۵۴	۱۷۷	۲۴/۷	۳/۰۴	۲۸۰	۳/۸۲	۷۳/۳	۱۸/۴	۱/۹۵

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

نوع فولاد	درصد وزنی ترکیب عناصر در محصول نهایی						حد اکثر درصد کربن معادل	آزمون کششی		آزمون خمش سرد تحت ۱۸۰ درجه
	C	Si	Mn	حداکثر مقدار				حداقل تنش تسلیم y. p $N/(mm)^2$	مقاومت کششی U.T.S $N/(mm)^2$	حداقل ازدیاد طول نسبی $\delta_{5.65}$	قطر فک خمش
				S	P	N					
۲۰ - ۳۳	≤ ۰/۲۳	≤ ۰/۳۵	۰/۲۵ - ۰/۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	—	۰/۴۲	۲۱۶	۳۲۴ - ۵۴۰	۲۲	۳ × S*
۲۰ - ۲ - ۳۷	≤ ۰/۲۳	≤ ۰/۱۰	۰/۲۵ - ۰/۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۷	۰/۳۴	۲۴۵	۳۶۳ - ۵۱۰	۲۵	۱/۵ × S
۲۰ - ۲ - ۳۷ ن	≤ ۰/۲۳	۰/۰۴ - ۰/۱۰	۰/۲۵ - ۰/۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۹	۰/۳۴	۲۴۵	۳۶۳ - ۵۱۰	۲۵	۱/۵ × S
I - ۲ - ۳۷	۰/۱۰ - ۰/۲۰	۰/۱۳ - ۰/۳۵	۰/۳۵ - ۰/۷۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۹	۰/۳۴	۲۴۵	۳۶۳ - ۵۱۰	۲۵	۱/۵ × S
۲ - ۳۷	۰/۱۰ - ۰/۲۰	۰/۱۸ - ۰/۳۵	۰/۴۰ - ۰/۸۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۹	۰/۳۴	۲۴۵	۳۶۳ - ۵۱۰	۲۵	۱ × S
I - ۲ - ۴۴	۰/۱۲ - ۰/۲۵	۰/۱۳ - ۰/۴۰	۰/۹۵ - ۰/۹۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۹	۰/۴۰	۲۷۵	۴۳۲ - ۵۷۹	۲۲	۲/۵ × S
۲ - ۴۴	۰/۱۲ - ۰/۲۵	۰/۱۸ - ۰/۴۰	۰/۴۵ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۹	۰/۴۰	۲۷۵	۴۳۲ - ۵۷۹	۲۲	۲/۵ × S
۲ - ۵۲	۰/۱۴ - ۰/۲۵	۰/۳۸ - ۰/۶۰	۱/۱۵ - ۱/۷۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۹	۰/۵۱	۳۵۳	۵۰۰ - ۶۷۷	۲۲	۲/۵ × S

* S: ضخامت نمونه مورد آزمون

تیر آهن



جدول شماره(۱): مشخصات ابعادی و وزن تیرآهن

نمره تیرآهن I-P	ابعاد و رواداریها(میلیمتر) ارتفاع h		عرض بال b		ضخامت جان s		ضخامت بال t		شعاع انحنای گوشه ها r	وزن	
	مقدار اسمی	رواداری	مقدار اسمی	رواداری	مقدار اسمی	رواداری	مقدار اسمی	رواداری		وزن یکمتر kg	رواداری ٪
۱۲	۱۲۰	± ۲/۰	۶۴	± ۲/۰	۴/۴	± ۰/۵	۶/۳	± ۱/۰	۷	۱۰/۴	
۱۴	۱۴۰		۷۳		۴/۷		۶/۹		۷	۱۲/۹	
۱۶	۱۶۰	± ۳/۰ − ۲/۰	۸۲	+ ۳/۰ − ۲/۰	۵/۰		۷/۴		۹	۱۵/۸	
۱۸	۱۸۰		۹۱		۵/۳		۸/۰		۹	۱۸/۸	
۲۰	۲۰۰		۱۰۰		۵/۶	± ۰/۷۵	۸/۵	± ۱/۵	۱۲	۲۲/۴	±۶
۲۲	۲۲۰		۱۱۰		۵/۹		۹/۲		۱۲	۲۶/۲	
۲۴	۲۴۰	± ۳/۰	۱۲۰	± ۳/۰	۶/۲		۹/۸		۱۵	۳۰/۷	
۲۷	۲۷۰		۱۳۵		۶/۶		۱۰/۲		۱۵	۳۶/۱	
۳۰	۳۰۰		۱۵۰		۷/۱	± ۱/۰	۱۰/۷	± ۲/۰	۱۵	۴۲/۲	

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

نمره تیرآهن I-P	سطح مقطع A cm^2	سطح جانبی یکمتر U m^2	مقادیر ایستایی نسبت به محورهای خمش						ممان ایستایی نیم مقطع Sx cm^3	فاصله بین محورهای تنش های کشش و فشار Sx cm
			محور x-x			محور y-y				
			ممان اینرسی I_x cm^4	مدول مقطع W_x cm^3	شعاع ژیراسیون i_x cm	ممان اینرسی I_y cm^4	مدول مقطع W_y cm^3	شعاع ژیراسیون i_y cm		
۱۲	۱۳/۲	۰/۴۵۷	۳۱۸	۵۳/۰	۴/۹۰	۲۷/۷	۸/۶۵	۱/۴۵	۳۰/۴	۱۰/۵
۱۴	۱۶/۴	۰/۵۵۱	۵۴۱	۷۷/۳	۵/۷۴	۴۴/۹	۱۲/۳	۱/۶۵	۴۴/۲	۱۲/۳
۱۶	۲۰/۱	۰/۶۲۳	۸۶۹	۱۰۹	۶/۵۸	۶۸/۳	۱۶/۷	۱/۸۴	۶۱/۹	۱۴/۰
۱۸	۲۳/۹	۰/۶۹۸	۱۳۲۰	۱۴۶	۷/۴۲	۱۰۱	۲۲/۲	۲/۰۵	۸۳/۲	۱۵/۸
۲۰	۲۸/۵	۰/۷۶۸	۱۹۴۰	۱۹۴	۸/۲۶	۱۴۲	۲۸/۵	۲/۲۴	۱۱۰	۱۷/۶
۲۲	۳۳/۴	۰/۸۴۸	۲۷۷۰	۲۵۲	۹/۱۱	۲۰۵	۳۷/۳	۲/۴۸	۱۴۳	۱۹/۴
۲۴	۳۹/۱	۰/۹۲۲	۳۸۹۰	۳۲۴	۹/۹۷	۲۸۴	۴۷/۳	۲/۶۹	۱۸۳	۲۱/۲
۲۷	۴۵/۹	۱/۰۴	۵۷۹۰	۴۲۹	۱۱/۲	۴۲۰	۶۲/۲	۳/۰۲	۲۴۲	۲۳/۹
۳۰	۵۳/۸	۱/۱۶	۸۳۶۰	۵۵۷	۱۲/۵	۶۰۴	۸۰/۵	۳/۳۵	۳۱۴	۲۶/۶

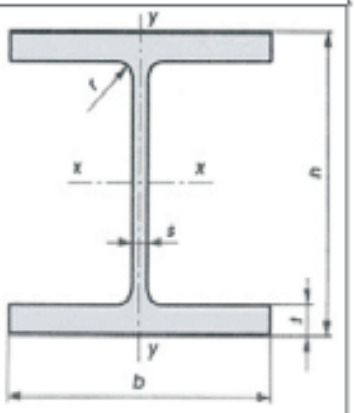
جدول شماره(۳): ترکیب شیمیایی تیرآهن

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

جدول شماره(۴): خواص مکانیکی تیرآهن

نوع فولاد	آزمون کشش		آزمون خمش سرد تحت زاویه ۱۸۰ درجه
	حداقل تنش تسلیم y. p $N/(mm)^2$	مقاومت کشش U.T.S $N/(mm)^2$	حداقل ازدیاد طول نسبی δ_5 ٪	قطر فک خمش نسبت به ضخامت نمونه
فولاد ۳۷	۲۳۵	۳۶۰ -۵۱۰	۲۶	۱ S*
فولاد ۴۴	۲۷۵	۴۳۰ -۵۸۰	۲۲	۲/۵ S
فولاد ۵۲	۳۵۵	۵۱۰ -۶۸۰	۲۲	۲/۵ S

*S: ضخامت نمونه مورد آزمون



جدول شماره (۱) : مشخصات فیزیکی تیرآهن بال پهن(H-Beam)

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

جدول شماره (۲) : اندازه ها و مقادیر ایستایی تیرآهن بال پهن(H-Beam)

نمره تیرآهن IPE	S_x^3 cm	ممان اینرسی نیم مقطع Sx^2 cm³	مقادیر ایستایی نسبت به محورهای خمش						سطح جانبی یکمتر U cm	Sec-tion area F cm²
			محور y-y			محور x-x				
			شعاع ژیراسیون i_y cm	مدول مقطع W_y cm³	ممان اینرسی I_y cm⁴	شعاع ژیراسیون i_x cm	مدول مقطع W_x cm³	ممان اینرسی I_x cm⁴		
160	14.1	177	1.05	111	889	6.78	311	2490	0.918	54.3

جدول شماره (۳) : ترکیب شیمیایی تیرآهن بال پهن(H-Beam)

نوع فولاد	درصد وزنی عناصر						
	کربن C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر P	گوگرد S	ازت N	
فولاد ۳۷	0.10-0.20	0.10-0.35	0.20-0.75	≤0.050	≤0.050	≤0.011	
فولاد ۴۴	0.12-0.23	0.13-0.45	0.35-0.90	≤0.050	≤0.050	≤0.011	

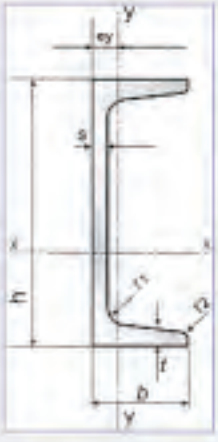
جدول شماره (۴) : خواص مکانیکی تیرآهن بال پهن(H-Beam)

نوع فولاد	آزمون کشش			آزمون خمش سرنیزه زاویه ۱۸۰ درجه
	حداقل تنش تسلیم σ_s kg/mm²	مقاومت کششی σ_z kg/mm²	حداقل درصد ازدیاد طول نسبی 85%	قطر فک خمش نسبت به ضخامت نمونه
فولاد ۳۷	235	360-510	26	1 S*
فولاد ۴۴	275	430-580	22	1.5 S

S* = ضخامت نمونه مورد آزمون

جدول شماره (۵) : استاندارد محصول تیرآهن بال پهن(H-Beam)

استاندارد محصول	
H-Section DIN 1025/2 1994	



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

نمره ناودانی [-I	ابعاد و رواداریها (mm) ارتفاع h		عرض بال b		ضخامت جان s	ضخامت بال t		شعاع انحنا r		سطح مقطع A	* وزن یک متر W
	مقدار اسمی	رواداری	مقدار اسمی	رواداری	مقدار اسمی	مقدار اسمی	رواداری	r_1	r_2	cm^2	Kg
۱۶	۱۶۰	± ۲/۵	۶۴	± ۲/۵	۵/۰	۸/۴	-۰/۸	۸/۵	۳/۵	۱۸/۱	۱۴/۲۰

*رواداری وزن ناودانی برای n شاخه مثبت ۳ و منهای ۵ درصد وزن اسمی آن میباشد.

جدول شماره(۲):مقادیر ایستایی ناودانی بال شیب دار

نمره ناودانی [-L	محور x-x ممان اینرسی I_x cm^4	مدول مقطع W_x cm^3	شعاع ژیراسیون i_x cm	محور y-y ممان اینرسی I_y cm^4	مدول مقطع W_y cm^3	شعاع ژیراسیون i_y cm	ممان ایستایی نیم مقطع Sx cm^3	فاصله بین محور y-y ey cm
۱۶	۷۴۷	۹۳/۴	۶/۴۲	۶۳/۳	۱۳/۸۰	۱/۸۷	۵۹/۱	۱/۸

جدول شماره(۳): ترکیب شیمیایی ناودانی

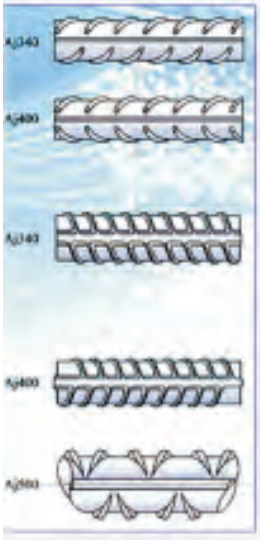
نوع فولاد	درصد وزنی عناصر کربن(حد اکثر) C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر P	گوگرد S
فولاد ۳۷	۰/۲۰	۰/۱۵ – ۰/۳۵	۰/۳۵ – ۰/۷۵	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰
فولاد ۴۴	۰/۲۳	۰/۱۵ – ۰/۴۵	۰/۳۵ – ۰/۹۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰
فولاد ۵۲	۰/۲۳	≤ ۰/۶۰	≤ ۱/۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵

جدول شماره(۴): خواص مکانیکی ناودانی

نوع فولاد	آزمون کشش: حداقل تنش تسلیم σ_y p $N/(mm)^2$	مقاومت کششی U.T.S $N/(mm)^2$	حداقل ازدیاد طول نسبی δ_5 %	آزمون خمش سرد تحت زاویه ۱۸۰ درجه: قطر فک خمش نسبت به ضخامت نمونه
فولاد ۳۷	۲۳۵	۳۶۰ -۵۱۰	۲۶	۱ S*
فولاد ۴۴	۲۷۵	۴۳۰ -۵۸۰	۲۲	۲/۵ S
فولاد ۵۲	۳۵۵	۵۱۰ -۶۸۰	۲۲	۲/۵ S

*S: ضخامت نمونه مورد آزمون

میلگرد



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

قطر اسمی	رواداری قطر اسمی min	سطح مقطع $(mm)^2$	وزن محاسباتی (Kg/m)	رواداری وزن ٪	ملاحظات
۸		۵۰/۳	۰/۳۹۵	± ۸	در محاسبات وزن مقدار جرم مخصوص فولاد $7/85\ g/(cm)^3$ در نظر گرفته شده است. اختلاف بین حداقل و حداکثر قطر (بیضی بودن) در فاصله ۷۰ درصدمانده رواداری می باشد
۱۰	+۰/۳ -۰/۵	۷۸/۵	۰/۶۱۶	± ۵/۵	
۱۲		۱۱۳/۱	۰/۸۸۸		
۱۴		۱۵۴	۱/۲۱		
۱۶		۲۰۱	۱/۵۸		
۱۸	+۰/۴ -۰/۵	۲۵۴	۲/۰۰	± ۴/۵	
۲۰		۳۱۴	۲/۴۷		
۲۲		۳۸۰	۲/۹۸		
۲۵	+۰/۴	۴۹۱	۳/۸۵		
۲۸	-۰/۶	۶۱۶	۴/۸۳		
۳۲	+۰/۴ -۰/۷	۸۰۴	۶/۳۱		

میلگردهای نمره ۸ تا ۱۶ بصورت کلاف و نمره ۱۰ تا ۳۲ بصورت شاخه تولید میگردد

جدول شماره ۲ : خواص مکانیکی میلگردهای تولیدی

طبقه بندی	علامت مشخصه	آزمون کشش			آزمون خمش سرد	
		حد اقل تنش تسلیم $y.p$ $N/(mm)^2$	حد اقل مقاومت کششی U.T.S $N/(mm)^2$	حد اقل ازدیاد طول نسبی (درصد) δ_5 ٪	زاویه خمش (درجه)	قطر فک خمش نسبت به قطر اسمی میلگرد
میلگرد ساده	س ۲۴۰	۲۴۰	۳۶۰	۲۵	۱۸۰	۲d
میلگرد آجدار مارپیچ	آج ۳۴۰	۳۴۰	۵۰۰	۱۸	۱۸۰	۳d
میلگرد آجدار جناقی	آج ۴۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۱۶	۱۸۰	۵d
میلگرد آجدار مرکب	آج ۵۰۰	۵۰۰	۶۵۰	۱۰	۹۰	۵d

d= قطر نمونه آزمون

جدول شماره ۳ : ترکیب شیمیایی میلگردهای تولیدی

طبقه بندی	علامت مشخصه	درصد ترکیب شیمیایی عناصر (حداکثر)					حداکثر کربن معادل ٪
		کربن C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر P	گوگرد S	
میلگرد ساده	س ۲۴۰	۰/۲۲	۰/۶۰	۰/۸۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	-
میلگرد آجدار مارپیچ	آج ۳۴۰	۰/۳۴	۰/۶۵	۱/۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۵۰
میلگرد آجدار جناقی	آج ۴۰۰	۰/۳۹	۰/۶۵	۱/۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	•
میلگرد آجدار مرکب	آج ۵۰۰	۰/۴۲	۰/۹۵	۱/۹۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	•

• در جوشکاری این نوع میلگردها در زمان مصرف بایستی شرایط پیشگرم مطابق مندرجات استاندارد ملی ایران بشماره ۳۱۳۲ رعایت گردد

طبقه بندی	علامت مشخصه	استانداردهای معادل		
		GOST	ASTM	JIS
میلگرد ساده	س ۲۴۰	A_I	-	SR24
میلگرد آجدار مارپیچ	آج ۳۴۰	A_{II}	A615G40	SD35
میلگرد آجدار جناقی	آج ۴۰۰	A_{III}	A615G60	SD40
میلگرد آجدار مرکب	آج ۵۰۰	-	A615G75	SD50

مفتول

جدول شماره ۱ : مشخصات ابعادی و وزن میلگرد

قطر اسمی	رواداری قطر اسمی mm	سطح مقطع $(mm)^2$	وزن محاسباتی (Kg/m)	رواداری وزن ٪	ملاحظات
۸	۰/۳+ ۰/۵-	۵۰/۳	۰/۳۹۵	± ۸	در محاسبات وزن مقدار جرم مخصوص فولاد $7/85\ g/(cm)^3$ در نظر گرفته شده است.
۱۰		۷۸/۵	۰/۶۱۶	± ۵/۵	
۱۲		۱۱۳/۱	۰/۸۸۸		اختلاف بین حداقل و حداکثر قطر (بیضی بودن) در فاصله ۷۰ درصدطامنه رواداری می باشد
۱۴		۱۵۴	۱/۲۱		
۱۶		۲۰۱	۱/۵۸		

مفتول های ۸ و ۱۰ بصورت آجدار نیز تولید میگردد.

جدول شماره ۲ : خواص مکانیکی میلگردهای تولیدی

طبقه بندی	علامت مشخصه	آزمون کشش			آزمون خمش سرد	
		حد اقل تنش تسلیم $N/(mm)^2$	حد اقل مقاومت کششی U.T.S $N/(mm)^2$	حد اقل ازدیاد طول نسبی (درصد) δ_5 ٪	زاویه خمش (درجه)	قطر فک خمش نسبت به قطر اسمی میلگرد
میلگرد ساده	س ۲۴۰	۲۴۰	۳۶۰	۲۵	۱۸۰	۲d
میلگرد آجدار مارپیچ	آج ۳۴۰	۳۴۰	۵۰۰	۱۸	۱۸۰	۳d
میلگرد آجدار جناقی	آج ۴۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۱۶	۱۸۰	۵d
میلگرد آجدار مرکب	آج ۵۰۰	۵۰۰	۶۵۰	۱۰	۹۰	۵d

d= قطر نمونه آزمون

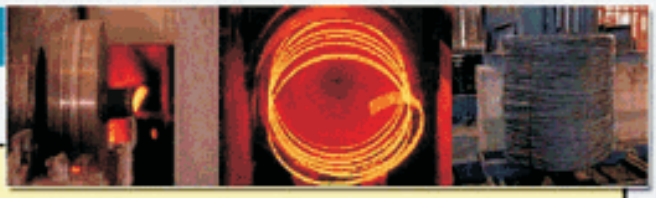
جدول شماره ۳ : ترکیب شیمیایی میلگردهای تولیدی

طبقه بندی	علامت مشخصه	درصد ترکیب شیمیایی عناصر (حداکثر)					حداکثر کربن معادل ٪
		کربن C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	فسفر P	گوگرد S	
میلگرد ساده	س ۲۴۰	۰/۲۴	۰/۶۰	۰/۸۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	-
میلگرد آجدار مارپیچ	آج ۳۴۰	۰/۳۴	۰/۶۵	۱/۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۵۰
میلگرد آجدار جناقی	آج ۴۰۰	۰/۳۹	۰/۶۵	۱/۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	•
میلگرد آجدار مرکب	آج ۵۰۰	۰/۴۲	۰/۹۵	۱/۹۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	•

• در جوشکاری این نوع میلگردها در زمان مصرف بایستی شرایط پیشگرم مطابق مندرجات استاندارد ملی ایران بشماره ۳۱۳۲ رعایت گردد

طبقه بندی	علامت مشخصه	استانداردهای معادل		
		GOST	ASTM	JIS
میلگرد ساده	س ۲۴۰	A_I	-	SR24
میلگرد آجدار مارپیچ	آج ۳۴۰	A_{II}	A615G40	SD35
میلگرد آجدار جناقی	آج ۴۰۰	A_{III}	A615G60	SD40
میلگرد آجدار مرکب	آج ۵۰۰	-	A615G75	SD50

sales.esfahansteel.ir



جدول شماره (۱):مشخصات ابعادی و وزن مفتول

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

جدول شماره(۲): ترکیب شیمیایی مفتول

مارک فولاد	درصد وزنی عناصر در محصول نهائی					
	کربن C	سیلیسیم Si	منگنز Mn	حداکثر مقدار فسفر P	حداکثر مقدار گوگرد S	سایر عناصر
RST 34-2	≤ ۰/۱۴	≤ ۰/۲۳	۰/۲۶ – ۰/۵۴	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	-
USD-7	۰/۰۳ – ۰/۱۱	≤ ۰/۰۶۰	۰/۳۶ – ۰/۶۴	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	Al ≤ ۰/۰۰۳
RSD-7	۰/۰۳ – ۰/۱۲	۰/۰۲ – ۰/۱۳	۰/۳۱ – ۰/۵۹	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	-
C67	۰/۶۲ – ۰/۷۵	۰/۰۷ – ۰/۳۳	۰/۵۱ – ۰/۶۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	S+P ≤ ۰/۰۶۰
11MnSi6 (SG2)	۰/۰۴ – ۰/۱۵	۰/۶۷ – ۱/۰۳	۱/۲۴ – ۱/۶۶	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	Al ≤ ۰/۰۴
11MnSi7 (SG3)	۰/۰۴ – ۰/۱۵	۰/۷۷ – ۱/۲۳	۱/۵۴ – ۱/۹۶	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	Cu ≤ ۰/۳۰
11Mn4SI (S2)	۰/۰۵ – ۰/۱۷	≤ ۰/۱۸	۰/۷۴ – ۱/۲۶	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	-

جدول شماره(۳): خواص مکانیکی مفتول

مارک فولاد	آزمون کشش		
	حداقل تنش تسلیم y. p $N/(mm)^2$	مقاومت کششی U.T.S $N/(mm)^2$	حداقل ازدیاد طول نسبی δ_5 ٪
RST 34-2	-	۴۷۱ -۳۳۴	۲۶
USD-7	-	-	-
RSD-7	-	≤ ۴۰۲	-
C67	-	≥ ۹۳۲	۱۲
11MnSi6 (SG2)	≥ ۳۳۴	≥ ۵۳۰	۲۲
11MnSi7 (SG3)	-	-	-
11Mn4SI (S2)	-	-	-

تمرین

از هنرجو انتظار می رود پس از مطالعه این فصل :

۱- انواع پروفیل‌های فلزی را نام ببرید.

۲- منظور از پروفیل‌های سبک چیست.

۳- مراحل تولید آلومینیوم را نام ببرد.

۴- برخی از کاربردهای نیم‌ساخته‌های آلومینیومی را نابرید.

۵- روش‌های نماکاری ساختمان با استفاده از نیم‌ساخته‌های آلومینیومی را شرح دهید.

۶- کاربرد پنل‌های آلومینیومی را بنویسید.

۷- نیم‌ساخته‌های نیمه سنگین را شرح دهید.

۸- روش‌های تولید لوله‌های درز دار را نام ببرید.

۹- تولید لوله‌های گالوانیزه را شرح دهید.

۱۰- مراحل تولید لوله‌های اسپیرال را شرح دهید.

۱۱- روش‌های تولید لوله‌های بدون درز را نام ببرید.

۱۲- روش تولید مفتول را شرح دهید.

۱۳- مراحل تولید پروفیل‌های 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 لوله ها را نام ببرد.

۵

تغییر شکل پروفیل‌ها

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

۱) صافکاری وتاب‌گیری پروفیل‌ها

۲) برشکاری پروفیل‌ها

۳) خمکاری پروفیل‌ها

۱- صافکاری وتاب‌گیری پروفیل‌ها

صافـکاری وتاب‌گیری پروفیل‌ها در مواقعی اسـتفاده می‌شـود کـه در قطعه تغییر شـکل ناخواسـته ایجاد شده باشـد ایجاد تغییر شکل ممکن اسـت قبل از تولید در اثر جابجای وایجاد صدمه به پروفیل بوجود آمده باشد ویا اینکه پس از تولید وساخت در قطعه بوجود آمده باشـد. انجام عملیات صافکاری بستگی به بزرگی واندازه پروفیل ویا قطعه تولیدی دارد. وبا توجه به آن می‌توان به دو گروه اصلی: ۱) صافکاری مکانیکی، ۲) صافکاری حرارتی تقسیم بندی نمود.

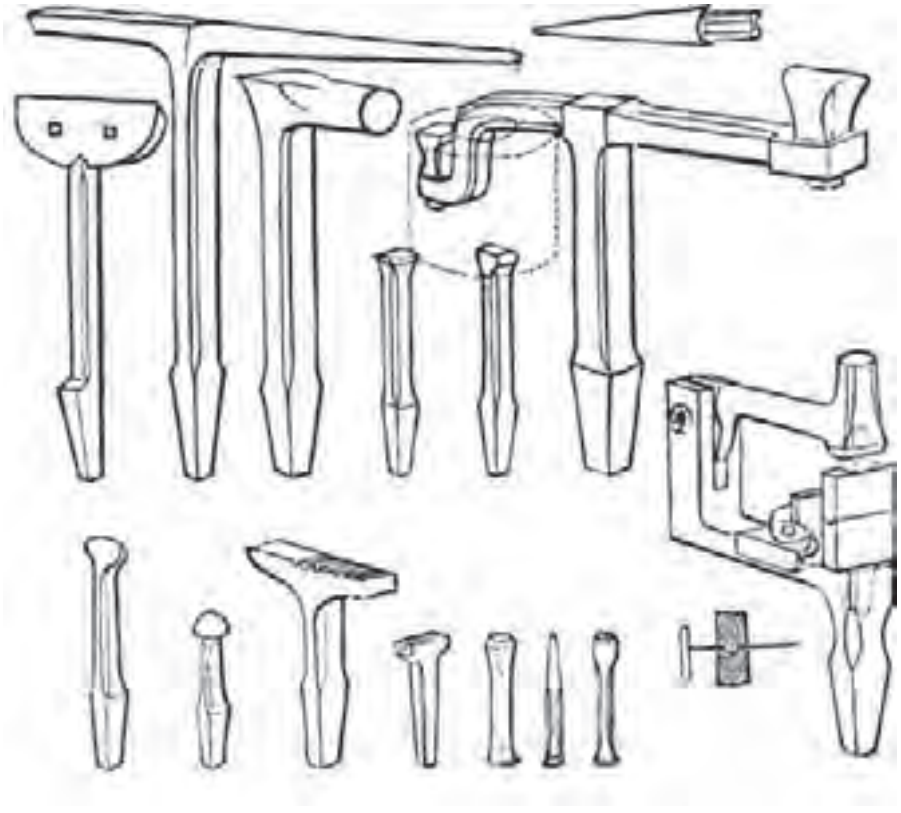
۱- صافکاری مکانیکی

این نوع صافکاری را می‌توان به دو گروه دسـتی واستفاده از ماشین‌های الکتریکی مخصوص صافکاری انجام داد.

بکار گیری روش‌های دستی برای صافکاری قطعات کوچک بکار گرفته می‌شود.

صافکاری دستی

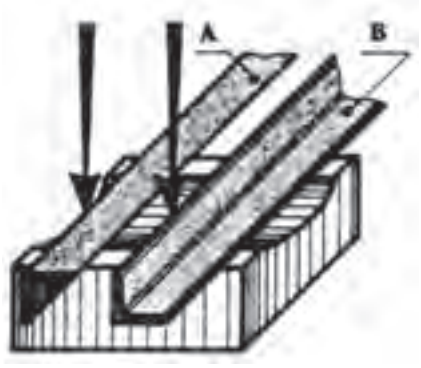
پروفیل‌های مانند نبشی، تسمه و چهارگوش، میله گرد، ومقاطع دیگر را می‌توان با روش دستی انجام داد در روش دستی استفادهاز ابزارهای مانند چکش، پتک وآچارهای مختلف را بکار برد.در صافکاری تشـخیص محل تاب براشته شده مهمترین مسئله بوده وبکار گیری ابزار مناسب و وارد کردن نیرو به محل مناسب از عوامل مهم وتعیین کننده می‌باشـد چرا که درصورت تشخیص غلط ووارد کردن نیرو در جای نا مناسب موجب افزایش تابیدگی شـده وعیب را دوچنـدان می کند وبه این دلیل بـکار گیری نیروی انسـانی ماهر شرط اساسی در فرایند صافکاری می‌باشد. در صافکاری وتابگیری دستی برای قطعات کوچک اسـتفاده از چکش، سندان‌های مختلف و شمش‌های صافکاری ووارد کـردن ضربات به محل پیچیده موجب رفع عیب خواهد شـد. در شـکل (۵-۱) نمونه از این سندان را مشاهده می کنید.



شکل ۵-۱ انواع سندان‌ها

توسط این سندان ها می‌توان پروفیل‌های مانند تسمه، نیمگر، میله گرد، چهار گوش ونبشـی را صافکاری وتابگیری نمود.برای تابگیری یک تسمه می بایست قسمت تاب برداشـته را ابتدا روی قسمت صاف سندان قرار داده وپس از کمی صافکاری آن رادر یک سـندان مقعر ویا در قسـمت گودی (سوراخ) سـندان قرار داده وبا وارد آوردن ضربات منظم چکش نسـبت به رفع عیب اقدام نمود باید توجه داشت نحوه قرارگیری تسمه بشکلی باشد که قوس تابیدگی به سمت بالا قرارگیرد. کنترل قطعه در این حالت با چشـم انجام می‌شـود. به این نحو که با گرفتن قطعه در راستای چشم ونگاه کردن به آن می‌توان هم راستایی قطعه را کنترل نمود.

صافکاری پروفیل‌های مانند نبشـی ویا سـپری را نیز می‌تـوان با این روش تابگیری وصافـکاری نمـود. برای این منظور با کنترل چشـمی وتعیین محـل عیب آن را روی سندان قرار داده وبا وارد کردن ضربات منظم اقدام به رفع عیب می‌نماییم چنانچه انحنا وپیچیدگی روی بال افقی (خارجی) نبشی باشد ضربات چکش روی سطح ۱ وچنانچه انحنـا روی بال عمودی (داخلی) باشـد چکش کاری روی سـطح ۲ انجام می‌شـود. (شکل ۵-۲)



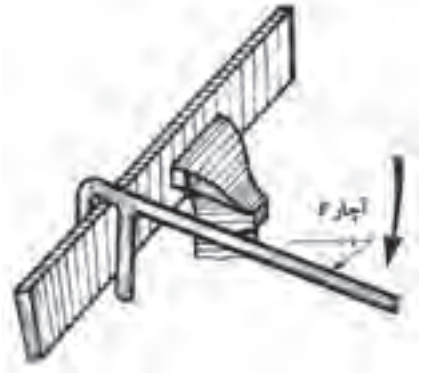
شکل ۵-۲ صافکاری پروفیل سنگین با دست (بال خارجی)

در صورتیکـه تابیدگی در بال داخلی نبشـی بـوده وآن را بصورت کمان در آمده باشد.

نبشـی را روی سـندان صاف یـا صفحه صافی قـرارداده وبـاوارد آوردن ضربات یکنواخت چکش روی محل انحنا نسبت به رفع عیب اقدام می‌کنیم. (شکل ۵-۳)

شکل ۵-۳ صافکاری بال داخلی نبشی

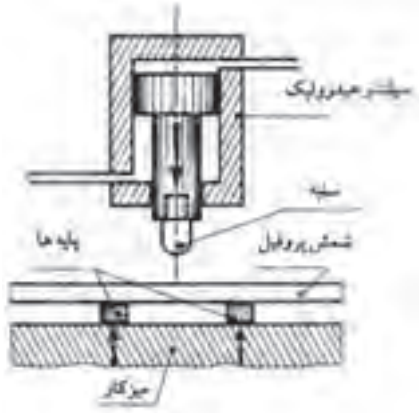
در بعضـی مواقع برخی از پروفیل‌ها را می‌توان با آچارهای مخصوص مانند آچارF استفاده کرده وبا بستن پروفیل به گیره ووارد کردن نیرودر جهت عکس تابیدگی نسبت به رفع تابیدگی اقدام نمود. در مواقعی که طول پروفیل زیادباشد می‌توان از دو آچار F استفاده نمود. (شکل ۵-۴)



شکل ۵-۴ تابگیری با آچار

صافکاری به کمک ماشین‌های الکتریکی

این ماشین‌ها معمولاً یک پرس هیدرولیک ساده ومخصوص صافکاری وتابگیری 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 می گردد. و باعث اعمال نیرو به محل تغییر شکل داده شده توسط سنبه دستگاه پرس شده ورفع عیب می نماید. (شکل ۵-۵)



شکل ۵-۵ تابگیری با ماشین‌های هیدرولیکی

صافکاری حرارتی

در مواقعی که قطعات معیوب از حجم بزرگی برخوردار باشند ونتوان از روش‌های دستی ویا مکانیکی استفاده نمود از صافکاری به روش حرارتی استفاده می کنند. در این روش که معمولاً برای صافکاری ناودانی،تیر آهن ها، تیر وستونهای تولید شده از ورق‌های بکار گرفته می‌شود.

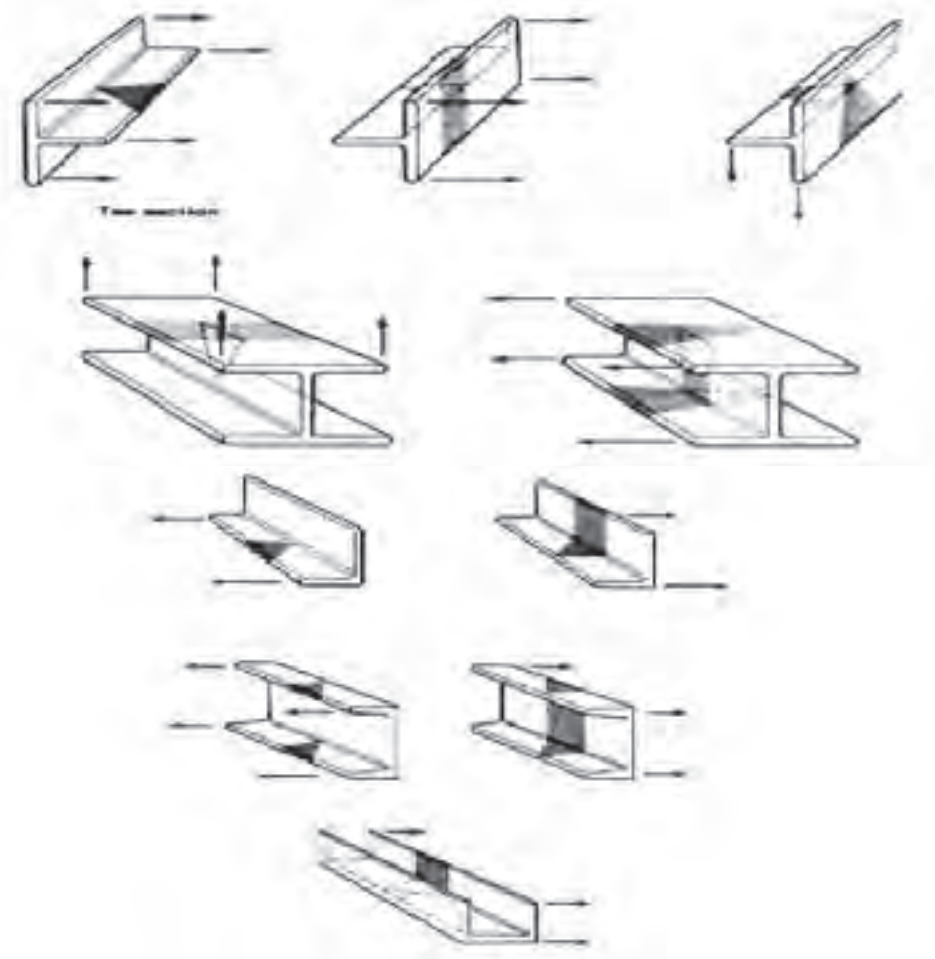
انجام صافکاری با استفاده از ضربات چکش وپتک ویا بدون استفاده از چکش وپتک انجام می‌شود. برای صافکاری پروفیل‌های نظیر تیر اهن ویا ناودانی با حرارت دادن محل تغییر فرم داده شده وبا وارد آوردن ضربا ت پتک بر روی آن نسبت به رفع عیب اقدام می گردد.

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

صافکاری ستون‌ها وتیر های 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 رابر روی تکیه گاه قرار داده وسمت مخالف محل تابیده شده را حرارت می‌دهیم بسته به میزان پیچیدگی وتابیدگی میزان وسعت محل حرارت داده شده متفاوت خواهد بود.

نحوه حرارت دادن محل از اهمیت خواصی برخوردار اســت ومی بایست به شکلی با ســطح مقطع مثلث باشــد به صورتی که راس مثلث به سمت قسمت تغییر شکل داده شده وقاعده آن به سمت مخالف باشد.

پس از اعمال حرارت تا حد ســرخ شــدن می بایست با پاشــش سریع آب به محل حرارت داده شــده نسبت به سریع ســرد کردن محل اقدام نمود در این صورت در اثر انقباض شدید در محل قطعه به سمت مخالف کشیده شده وتابیدگی آن رفع می‌گردد. بسته به میزان تابیدگی می‌توان 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

برشــکاری پروفیل‌ها را می‌توان به دوروش حرارتی ومکانیکی انجام داد برشکاری حرارتی را در کتاب‌های درســی دیگر آموزش خواهید دید در این فصل به برشکاری مکانیکی می پردازیم.

برشکاری مکانیکی

پروفیل‌های مختلف بخصوص پروفیل‌های سبک ونیمه سنگین را می‌توان توسط فرایندهای مکانیکی برشکاری نمود. فرایند های نظیر ماشین کاری واره کاری با توجه به کار برد انواع اره‌ها و وسعت کاربرد آن‌هادر برشکاری پروفیل‌ها به معرفی انواع ماشین‌های اره خواهیم پرداخت. ماشین‌های اره را می‌توان به اره دستی وبرقی تقسیم نمود. ماشین‌های اره برقی بکار گرفته شده برای برشکاری پروفیل‌ها می‌توان به انواع اره‌های مداور، اره لنگ، اره نواری نام برد.

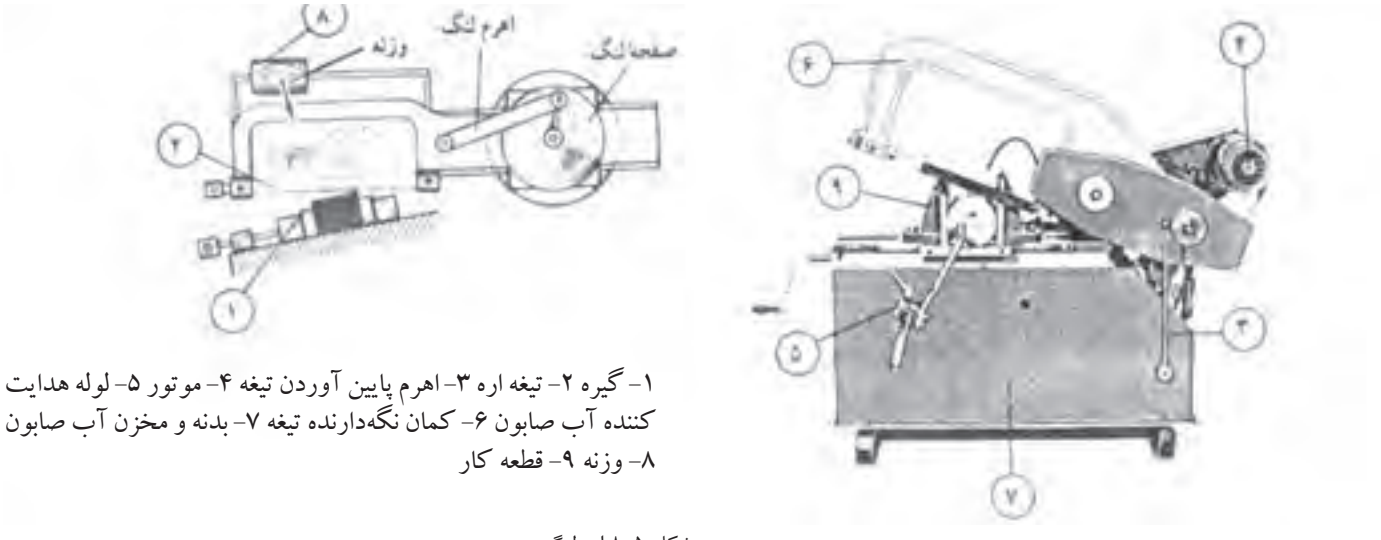
کمان اره دستی

شکل ۵-۷ کمان اره دستی

برای برشکاری پروفیل‌های سبک ونیمه سنگین از کمان اره دستی استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا مسیر برشکاری را با وسایل خط‌کشی مشخص کرده وسپس اقدام به برشکاری می نمایند. (شکل ۵-۷)

اره برقی لنگ

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



۱- گیره ۲- تیغه اره 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 اره لنگ

اره نواری

این دستگاه اره نیز برای برشکاری پروفیل‌های سبک، نیمه سنگن وسنگین بکار گرفته می‌شود ودر مقایسه با اره لنگ از راندمان بالاتری برخوردار می‌باشد. مکانیزم اره بدین شکل می با شد. که حرکت تیغه که بصورت نوار بوده وبر روی دو پولی بصورت پیوسته در حال حرکت میباشد. حرکت کرده وعمل برشکاری را انجام می‌دهد. نیروی محرکه در هردو اره لنگ ونواری توسط الکتروموتر تامین می گردد. (شکل ۵-۹)

شکل ۵-۹ اره نواری

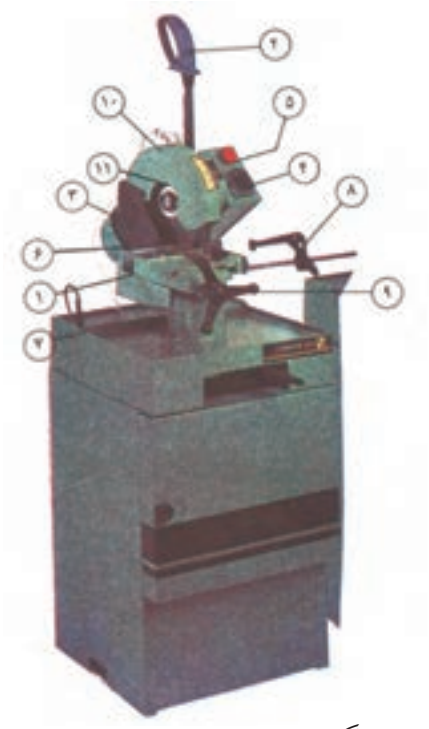
اره‌های مدور

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 ونیمه سنگین استفاده می‌شود. در نوع دیسکی کم دور که به اره آب صابونی نیز مشهور می باشند از مایع آب صابون به عنوان مایع خنک کننده استفاده شده وبا استفاده از یک پمپ به محل برش انتقال وبکار گرفته می‌شود.

ایــن عمل باعث روانکاری در محل برش نیز می‌شــود واز ایجاد پلیســه در کار نیز جلوگیری می کند. (شکل ۵-۱۰)

مکانیزم اره‌های مدور تماســی، این اره‌ها دارای ســرعت خیلی بالاتری نســبت به اره‌های آب صابونی بوده وجهت خنک کردن انها از مایع بخصوصی استفاده نمی‌شود. در این اره‌ها از ســنگ‌های فیبری به جای دیســک فولادی استفاده می‌شود. ضخامت این فیبر ها ۵-۱ میلی متر ودر قطرهای ۵۰۰-۲۵۰ میلی متر طراحی وســاخته می‌شــوند. سرعت محیطی در این اره‌ها در حدود ۸۰-۲۵ متر بر ثانیه می‌باشد. (شکل ۵-۱۱)



۱- گیــره دســتگاه ۲- اهرم حرکــت دهنده تیــغ 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 شــیلنگ هدایت کننده آب صابون ۱۱- حفاظ تیغ اره

شکل ۵-۱۰ اره مدور کم دور (آب صابونی)

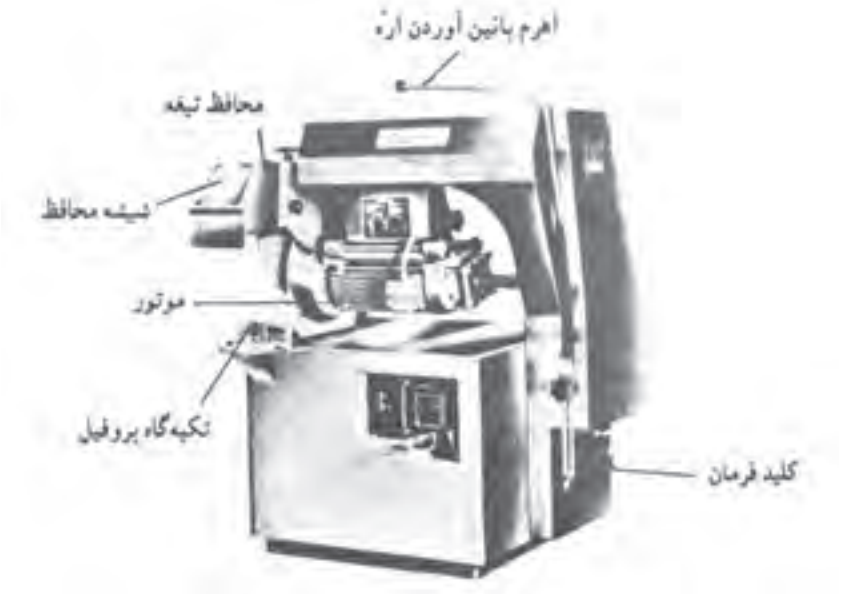
۱- کلیــد فرمــان ۲- اهــرم پایین آوردن دیســک و بــار دادن ۳- فاظ دیســک ۴- دیســک برش ۵- گیره ۶- اهرم پیچ گیره ۷- صفحه مدرج تنظیم کننده زاویه برش ۸- شابلن تنظیم کننده طول برش

شکل ۵-۱۱ اره دیسکی اصطکاکی

نوع دیگر از اره‌های مورد اســتفاده در برشــکاری پروفیل‌ها بخصوص پروفیل‌های نیمه سبک اره‌های مدور آتشی می‌باشد.

ایــن اره‌ها دارای تیغه های فولادی (فرز) با قطر بزرگ تر از دیســک اره‌های آب صابونــی بــوده ودراری دور خیلی زیادی می باشــند وبدلیل پرتاب جرقــه در هنگام

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



۱- میز دســتگاه 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) دســتی ۲) ماشــینی، تقســیم نمود. خمکاری دســتی بــا اســتفاده از قالب‌های فرمــکاری مختلف و در روش ماشــینی از ماشین‌های نورد وماشین‌های مخصوص رولکاری استفاده می‌شود.

منحنی کردن (دورکردن) پروفیل‌های سنگین

روش محاســبه طول اولیه قطعه : محاســبه طول اولیه پروفیل‌هــا برای منحنی کردن وخمکاری آن‌ها لازم می‌باشد.

برای بدست آوردن طول اولیه تعیین فاز خنثی ضروری می‌باشد. برای محاسبه طول اولیه بعضی از پروفیل‌ها مانند نبشی، ناودانی، سپری وتیر آهن لازم است مرکز ثقل انها ضروری می‌باشد.

منحنی کردن تسمه فلزی با ضخامت‌های کم وزیاد

تســمه‌ها از پروفیل‌های می باشــند که در ســاخت مصنوعات فلزی کاربرد وسیعی دارنــد ایــن پروفیل‌ها را می‌توان به وســیله ابزار دســتی ویا دســتگاه‌های پنوماتیکی و یاهیدرولیکی منحنی نمود.از ابزارهای دســتی در کارگاه‌هــای کوچک ویا در موارد خاص اســتفاده می‌شود. در برخی مواقع برای منحنی کردن تسمه‌ها از حرارت استفاده می‌شــود برای این منظور تسمه را تا حد سرخ شــدن حرارت داده وسپس اقدام به کار می کنند.

وبرای تولیدات انبوه وبزرگ از دســتگاه‌های فرمکاری پنوماتیکی ویا هیدرولیکی استفاده می‌شود برای این منظور تسمه را بر روی دستگاه انتقال داده وتوسط گیره های خاص محکم می کنند. وسپس با استفاده از قالب‌هاب مخصوص تسمه را فرم می دهند در برخی مواقع برای سهولت در کار قطعه کار را حرارت داده واقدام به منحنی کاری می کنند شــکل (۵-۱۳) منحنی کردن پروفیل نبشــی، ســپری،ناودانی وتیرآهن برای منحنی کردن این پروفیل‌ها لازم اســت مرکز ثقل انها را بدست آورد. چون فاز خنثی این پروفیل‌ها از مرکز ثقل می گذرد.

شکل ۵-۱۳ خمکاری دستی پروفیل‌ها

بررسی مرکز ثقل پروفیل‌ها: برای بدست اوردن مرکز ثقل دو روش محاسباتی وترسیمی بکار می رود در این کتاب به روش محاسباتی خواهیم پرداخت.

روش محاسبه مرکز ثقل نبشی

نبشـی‌ها را می‌توان به دو دسـته نبشی با بال مساوی و نبشی با بال غیر مساوی تقسیم نمود. در این کتاب به نحوه به دست آوردن نبشی با بال مساوی می‌پردازیم.

روش محاسبه مرکز ثقف نبشی با بال‌های مساوی:

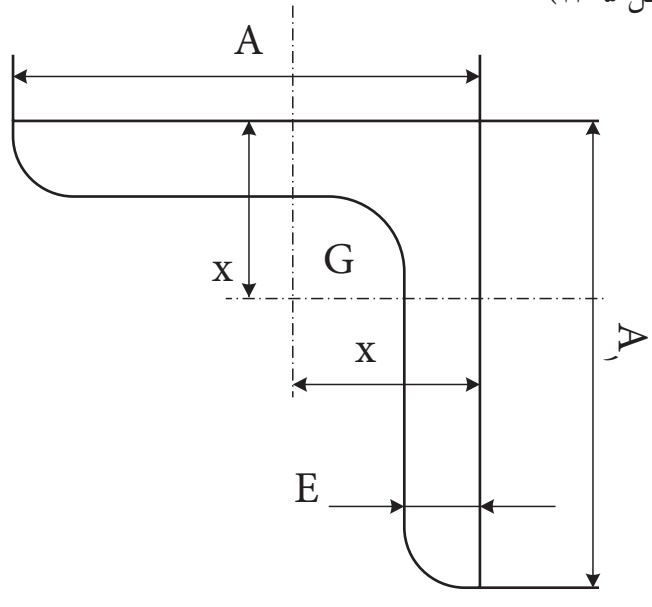
$A_1 = A_2$ عرض نبشی

E = ضخامت نبشی

G = مرکز ثقل

x = فاصله لبه نبشی تا مرکز ثقل

مقدار x را که فاصله پشـت نبشـی تا مرکز ثقل آن اسـت از رابطه $x = \frac{A+E}{4}$ به دسـت می‌آوریم، سپس با داشـتن مقدار x مرکز ثقل نبشی با بال‌های مساوی را تعیین می‌کنیم. (شکل ۵-۱۴)



شکل ۵-۱۴

مثال: می‌خواهیم مرکز ثقل نبشی ۵×۵۰×۵۰ میلی‌متر را به دست آوریم:

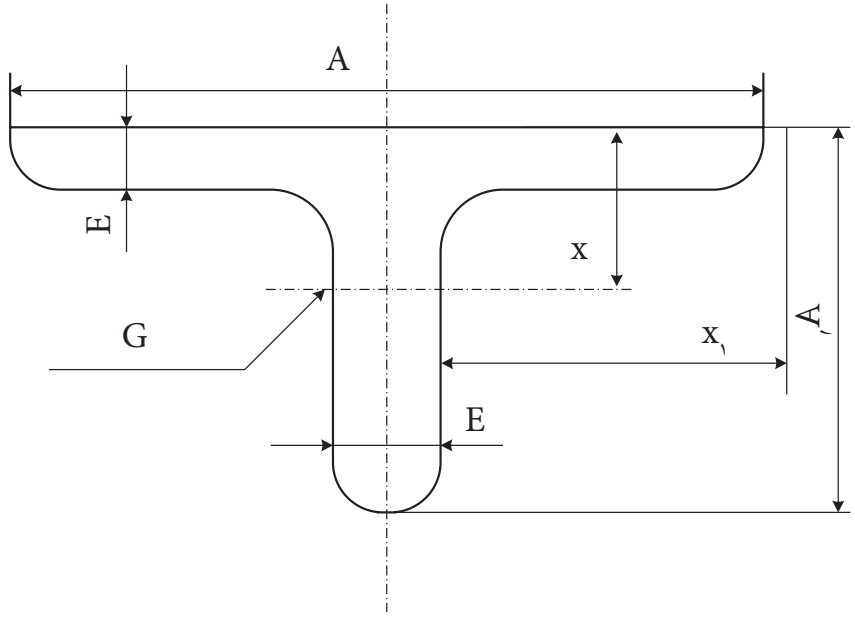
$$x = \frac{A+E}{4} \Rightarrow x = \frac{50+5}{4} \Rightarrow x = \frac{55}{4}$$

$$x = 13/7mm$$

حال با داشتن مقدار x می‌توان 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

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

G = مرکز ثقل　　A= عرض سپری

x = فاصله سطح سپری تا مرکز ثقل　　A_1 = ارتفاع سپری

x_1 = فاصله لبه عرض سپری تا مرکز ثقل　　E = ضخامت سپری

مثال: می‌خواهیم مرکز ثقل سپری به ابعاد ۴×۳۵×۳۰ را تعیین کنیم.

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

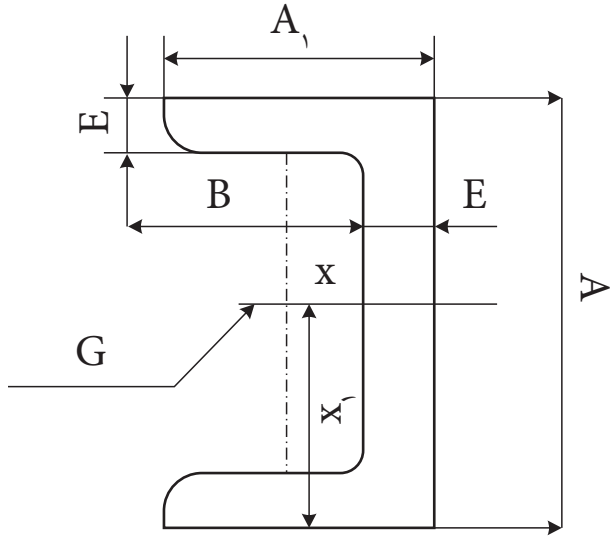
$$x = \frac{35^2 + 4 \times 30 - 4^2}{2(35 + 30 - 4)} \qquad x_1 = \frac{30}{2}$$

$$x = \frac{1225 + 120 - 16}{122} \qquad x_1 = 15$$

$$x = 10/8 \square 11$$

مرکز ثقل آهن ناودانی

بـرای به دسـت آوردن مرکز ثقل آهن ناودانی، ابتدا لازم اسـت مقـدار x_1 و x با استفاده از روابط مربوط تعیین کرده و سپس با داشـتن مقدار x_1 و x محل مرکز ثقل ناودانی مشخص شود. (شکل ۵-۱۶)



شکل ۵-۱۶

$$x_1 = \frac{A}{2}$$

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

عرض ناودانی A=۶۰

ارتفاع ناودانی A_1=۳۰

ضخامت ناودانی E=۶

مرکز ثقل ?=G

فاصله سطح ناودانی تا مرکز ثقل ?=x

فاصله لبه یکی از بال‌ها تا مرکز ثقل ?=x_1

$$x_1 = \frac{A}{2} \Rightarrow x_1 = \frac{60}{2} \Rightarrow x_1 = 30$$

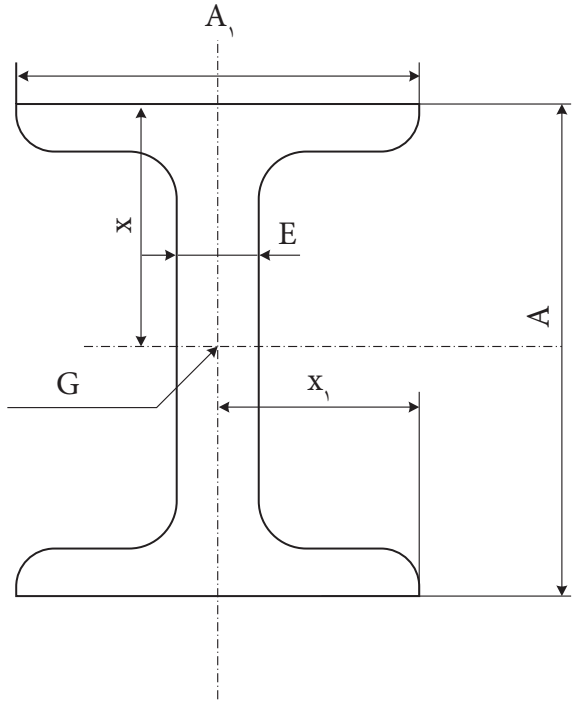
$$x = \frac{4320}{288 + 360} + 3$$

$$x = \frac{43020}{248} + 3 \Rightarrow x = 6/5 + 3$$

$$x = 9/5$$

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 ۴/۵×۵۰×۱۰۰ میلی‌متر را تعیین کنید.

ارتفاع تیرآهن A=۱۰۰

عرض تیرآهن A_1=۵۰

ضخامت بال E=۴/۵

فاصله سطح ناودانی تا مرکز ثقل=x

فاصله از لبه عرض تا مرکز ثقل=x_1

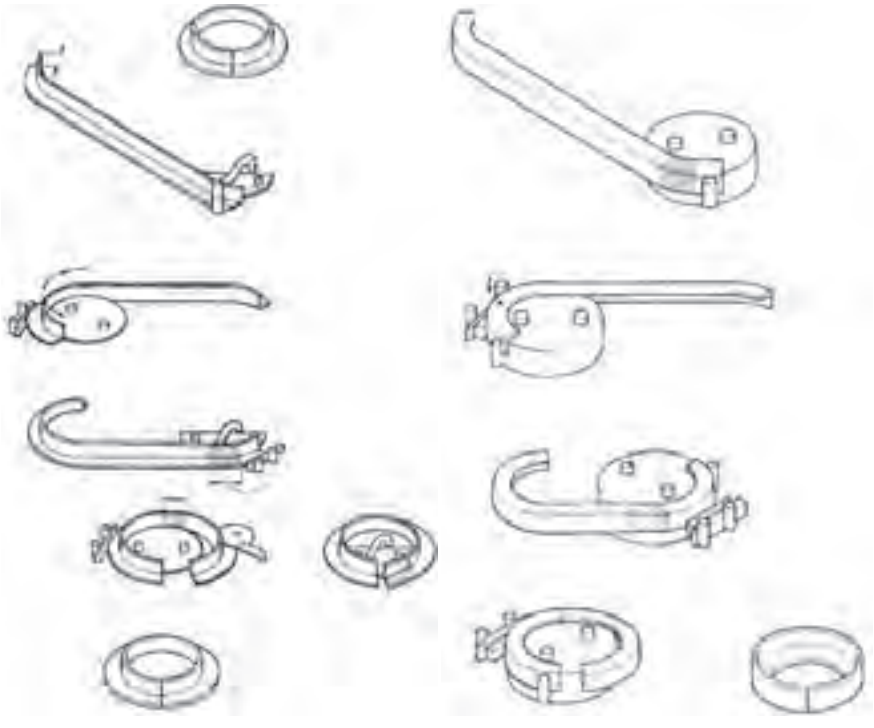
مرکز ثقل=G

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

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

روش منحنی کردن نبشیها

منحنـــی کردن نبش ها نیـــز مانند پروفیل‌هـــای دیگر به روش دســـتی وهمچنیین با اســـتفاده از دستگاه‌های فرمکاری پروفیل انجام می‌شود. در شکل‌های (۵-۱۸ تا ۵-۲۰) خمکاری با دست و استفاده از دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۸

شکل ۵-۱۹

شکل ۵-۲۰

لوله‌ها

برشکاری لوله ها: بریدن لوله ها را می‌توان به سه روش:

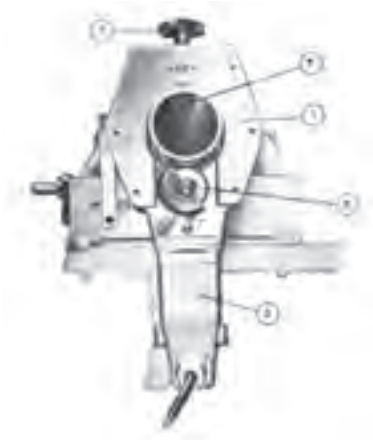
۱- استفاده از کمان اره دستی ۲- لوله بر دستی و۳- لوله بر برقی انجام داد.

شکل ۵-۲۱

۱- برشکاری با کمان اره دستی: از کمان اره دستی در مواردی که کار محدود وقطر لوله مورد برشکاری پایین باشد. استفاده می‌شود برای این منظور لوله را به گیره لوله گیر بسته وپس از مشخص کردن محل برش وعلامت گذاری نسبت به برش آن اقدام می گردد. (شکل ۵-۲۱)

۲- برشکاری با استفاده از لوله بر دستی: لوله بر های دستی دستگاهای هستند که با به حرکت در آوردن آن‌ها بر روی محیط لوله ونفوذ تیغه فولادی آن در جداره لوله بتدریج نسبت به قطع لوله اقدام می کند. این لوله بر ها در انواع مختلف بوده وبا توجه به مورد استفاده بکار گرفته می‌شوند. این لوله بر ها در انواع یک تیغه، دوتیغه، وچهار تیغه و لوله برها با تیغه زنجیری طراحی وساخته می‌شوند. در شکل‌های (۵-۲۲ الف و ب) نمونه های از این لوله بر ها را مشاهده می کنید.

۳- لوله برهای برقی: مکانیزم عمل این لوله بر ها همانند لوله بر های دستی بوده وتنها نیروی محرکه آن‌ها توسط الکتروموتور تامین می گردد. وبرای کارهای با قطر بالاتر وتعداد بیشتر بکار گرفته می‌شود. شکل (۵-۲۳)

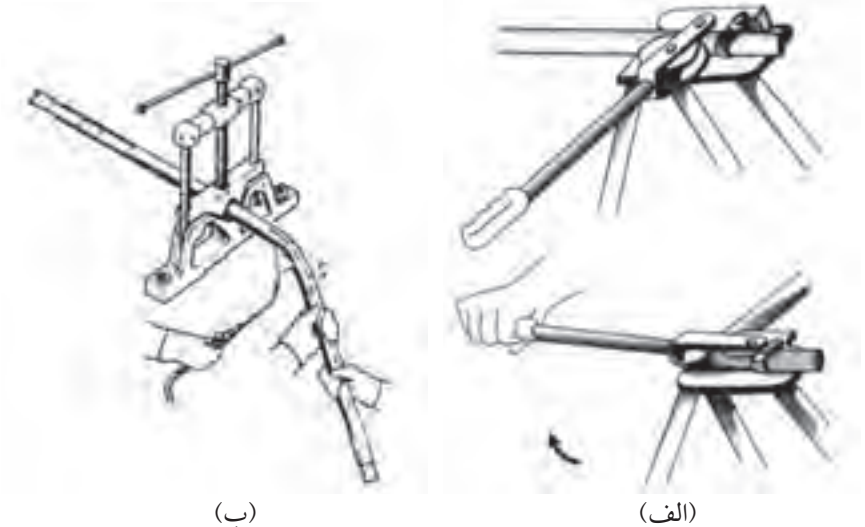


شکل ۵-۲۳

خمکاری لوله‌ها: هدف از خم کاری لوله ها، تغییر مسـیر آن در جهات مختلف است. (شکل ۵-۲۴)

شکل ۵-۲۴

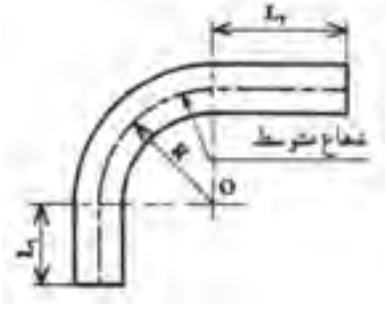
عمل خمکاری در لوله ها می‌تواند به دو روش دسـتی ویا با استفاده از دستگاه‌های خمکن انجام شود.این عمل رادر لوله های فولادی می‌تواند بصورت سرد ویاگرم انجام شود. (شکل ۵-۲۵ الف و ب)



(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 آن‌ها $\frac{۳}{۴}$ اینچ (۲۰ میلی متر) است انجام می‌شود. شعاع خم این لوله ها رابرای جلوگیری از تغییر فرم (دوپهن شـدن) مقطع انها بیش تر از چهار برابر قطر نامی لوله در نظر می کیرند.(شـکل ۵-۲۶)



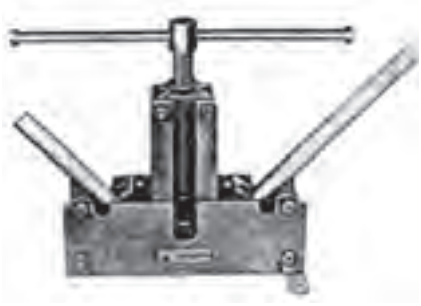
شکل ۵-۲۶

خمـکاری لوله هابه طریق گرم: خمـکاری لوله به طریق گرم معمولاً در لوله های فولادی سـیاه با قطر کم انجام می‌شود. ودر لوله کشـی لوله های گالوانیزه مجاز نمی‌باشد. (شکل ۵-۲۵ ب)

دسـتگاه‌های خمکاری لوله : این دستگاه‌ها را می‌توان به دو نوع دستی وبرقی تقسیم بندی نمود.

دسـتگاه‌های خمکن دسـتی : این خـم کن ها در انـواع اهرمی، خمکن های مکانیکـی وخمکن های هیدرولیکی طراحی ودر صنعت بکار گرفته می‌شـوند. از خم

کن های اهرمی برای خمکاری لوله های مسی ولوله های جدار نازک صنعتی استفاده می‌شود.



شکل ۵-۲۷

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 ولوله را خم می کند. (شکل ۵-۲۷)

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 وپیستون تشکیل گردیده که با فشار روغن پشت پیستون باعث حرکت آن در داخل سیلندر به جلو حرکت وبا قرار گرفتن پارچه خمکن در جلوی پیستون، به تدریج لوله چسبیده به بازوهای نگه دارنده (لقمه ها) خم می‌شود. (شکل ۵-۲۸ و ۵-۲۹)

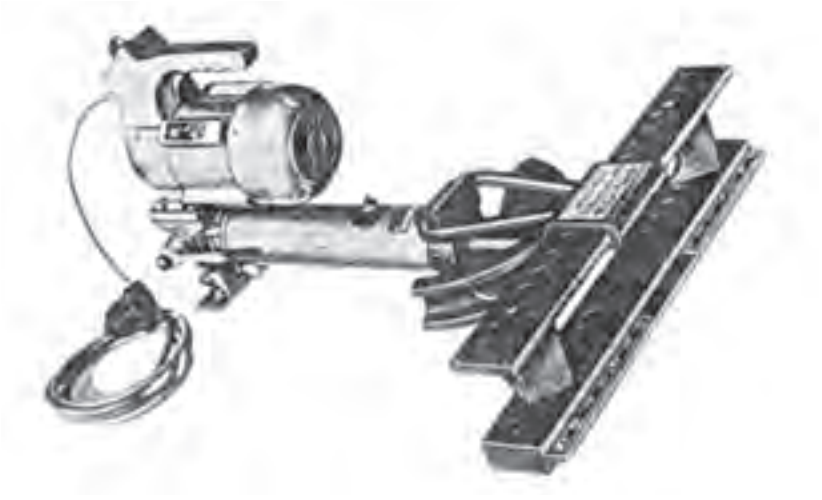
شکل ۵-۲۸

شکل ۵-۲۹

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 ووصل ۹ – سه پایه ۱۰- در پوش تخلیه روغن ۱۱- سرپوش مجرای ورودی روغن ۱۲- پیچ ثابت کننده خم کن بر روی سه پایه. (شکل ۵-۳۰)

شکل ۵-۳۰

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 می دهد. (شکل ۵-۳۱)



شکل ۵-۳۱

تمرین

۱-انواع تغییر شکل پروفیل‌هارا نام ببرید.

۲-صافکاری وتاب‌گیری پروفیل‌هاراشرح دهید.

۳-صافکاری حرارتی راشرح 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 لوله ها به طریق گرم را نام ببرید.

۹-طرز کار خمکن های هیدرولیکی را شرح دهید.

فصل ششم

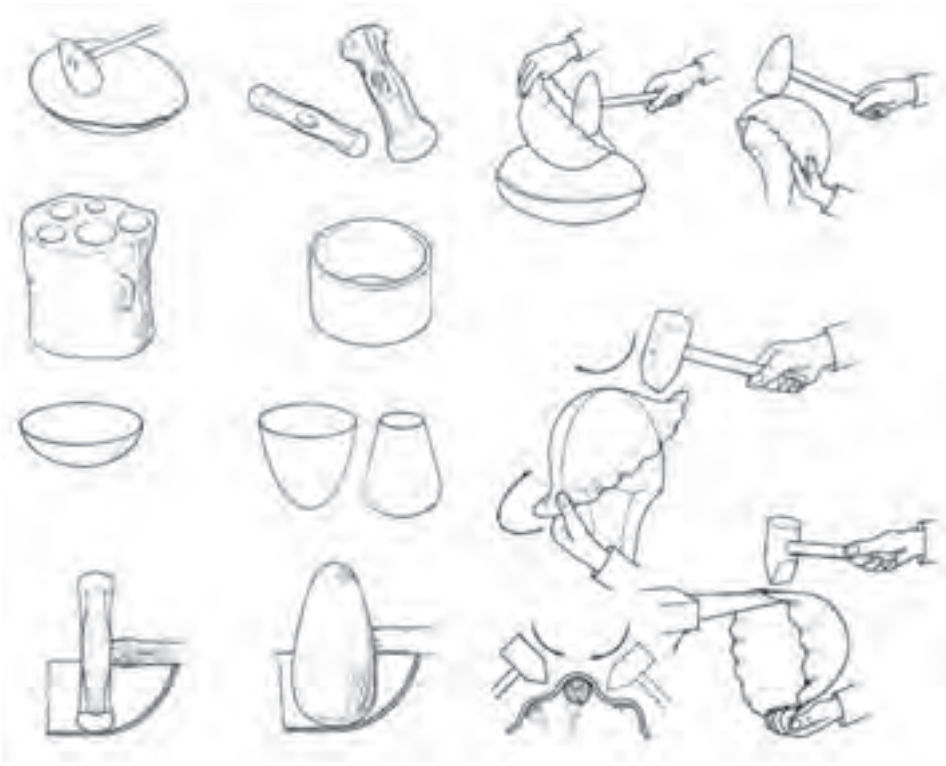
رولکاری

۶

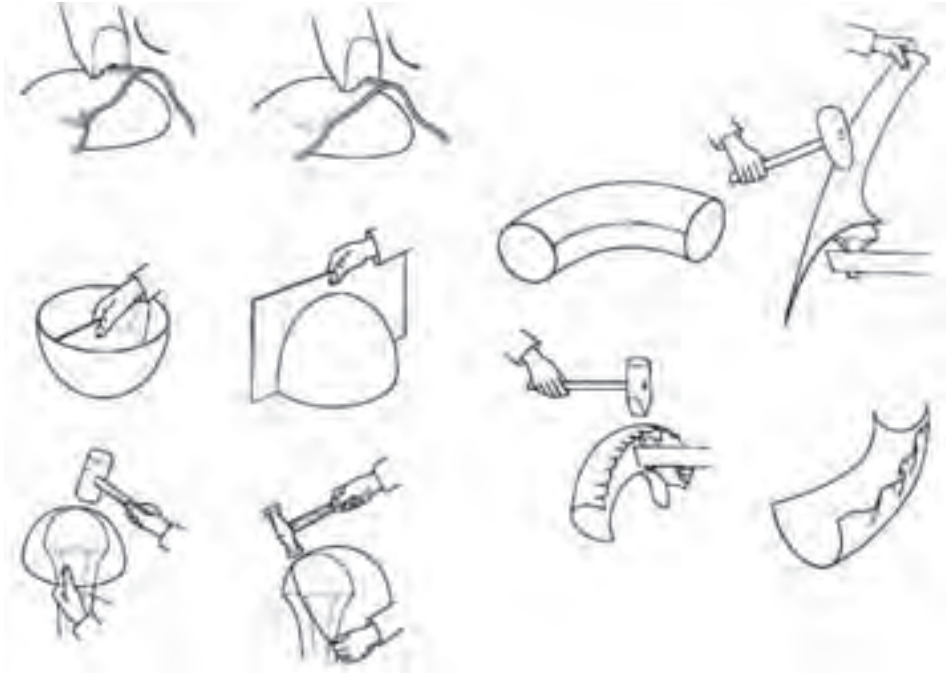
رولکاری : عمل رولکاری برای ایجاد تغییر شـکل و گرد کردن نیم ساخته ها برای تولید یک محصول بکار گرفته می‌شـود. محصول تولیدی می تواند یک مخزن ذخیره سوخت یک میلیون لیتری، بدنه یک هواپیما، ساخت بدنه یک آبرمکن زمینی وموارد مشـابه دیگر در صنعت باشـد. عمل رولکاری به دو صورت دسـتی ویا با اسـتفاده از ماشـین‌های نورد انجام می‌شـود. رولکاری برای تولید مصنوعـات با مقاطع گوناگون انجام می‌شود.

رولکاری با دسـت: برای رول کردن یک نیم سـاخته نظیر تسمه، مفتول ویا ورق به صورت دستی از ابزارهای مختلف ورقکاری استفاده می‌شود. برای این منظور انواع سـندان‌ها ومشتی های ورقکاری، چکش چوبی وپلاستکی، چکش‌های صافکاری ویا کائوچویی بکار گرفته می‌شود. تا بتوان یک نیم ساخته را رول نمود. (شکل ۶-۱ الف و ب و ج) نمونه‌های از سندان‌ها وابزارهای مورد استفاده در فرم‌دهی را مشاهده می کنید.

شکل ۶-۱- الف



شکل ۶-۱- ب



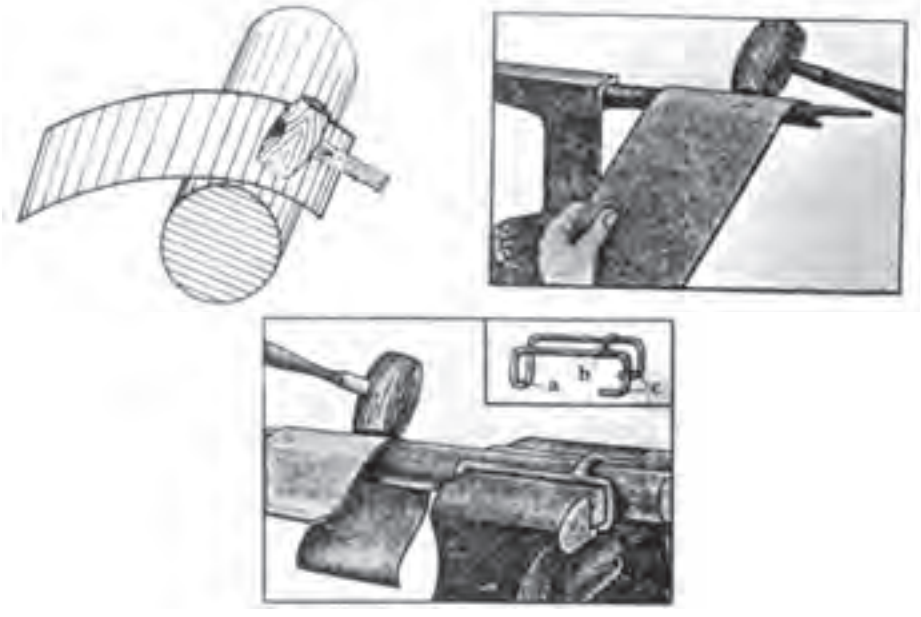
شکل ۶-۱- ج

رولکاری به وسیله ابزار دستی : برای رولکاری با ابزار دستی با توجه به ابعاد قطعه مورد نظر از سندانهای مختلف ویا با بکارگیری یک شمش فولادی می توان اقدام به رول نمودن ورق نمود. در شکل‌های (۶-۲ تا ۶-۵) نحوه رول نمودن ورق را با استفاده از سندان وشمش مشاهده می‌کنید. برای این منظور ابتدا ورق را بر روی قسمت گرد سندان ویا شمش قرار داده وبا استفاده از چکش مناسب و وارد نمودن ضربات نسبت به رول نمودن ورق مورد نظر اقدام می نماییم.

شکل ۶-۲

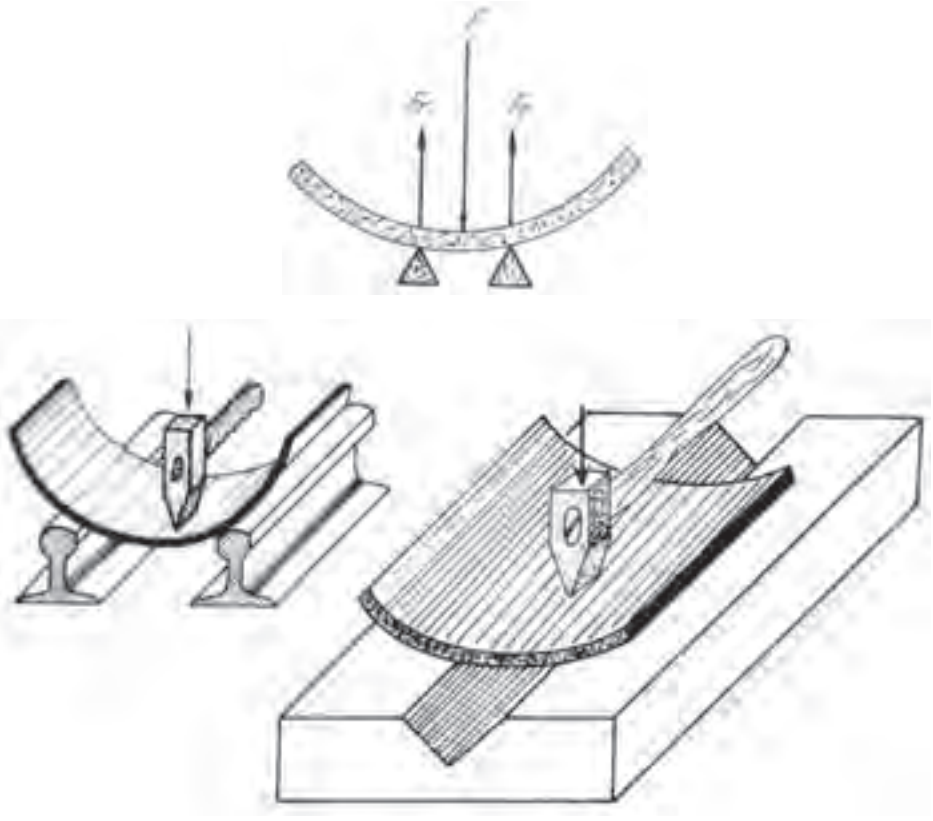
شکل ۶-۳

شکل ۶-۴



شکل ۶-۵

برای رولکاری ورقها با ضخامت متوسط به وسیله دست می توان از دوتکیه گاه فلزی که می تواند دو عدد تیر اهن با شد استفاده نموده وبا قرار دادن ورق در بین انها ووارد کردن ضربات چکش نسبت به فرم دادن آن اقدام نمود. توسط این عمل می توان قطاعی از یک دایره را فرم داد وبرای 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 زیادباشد 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 وهر 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 وسپس 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 مورداستفاده جهت انجام فرایند رولکاری به دونوع سه غلتکی وچهار غلتکی طراحی وساخته 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 ورول کردن لبه های ورق

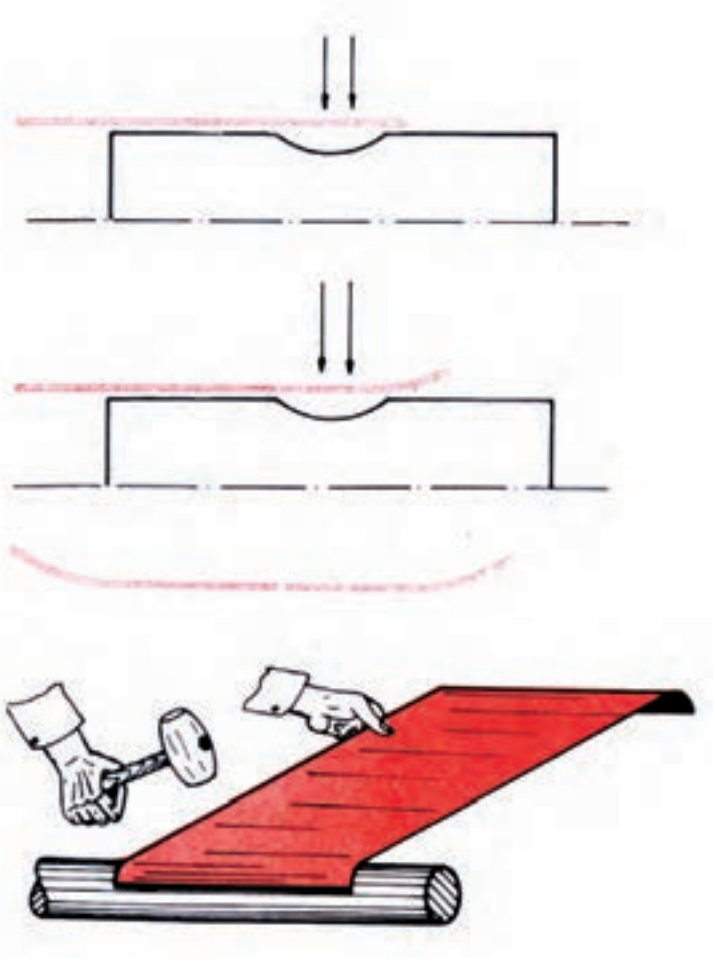
۲-قراردادن ورق در بین غلتکهای ماشین نوردو تنظیم فاصله بین غلتک ها

۳-انجام رولکاری

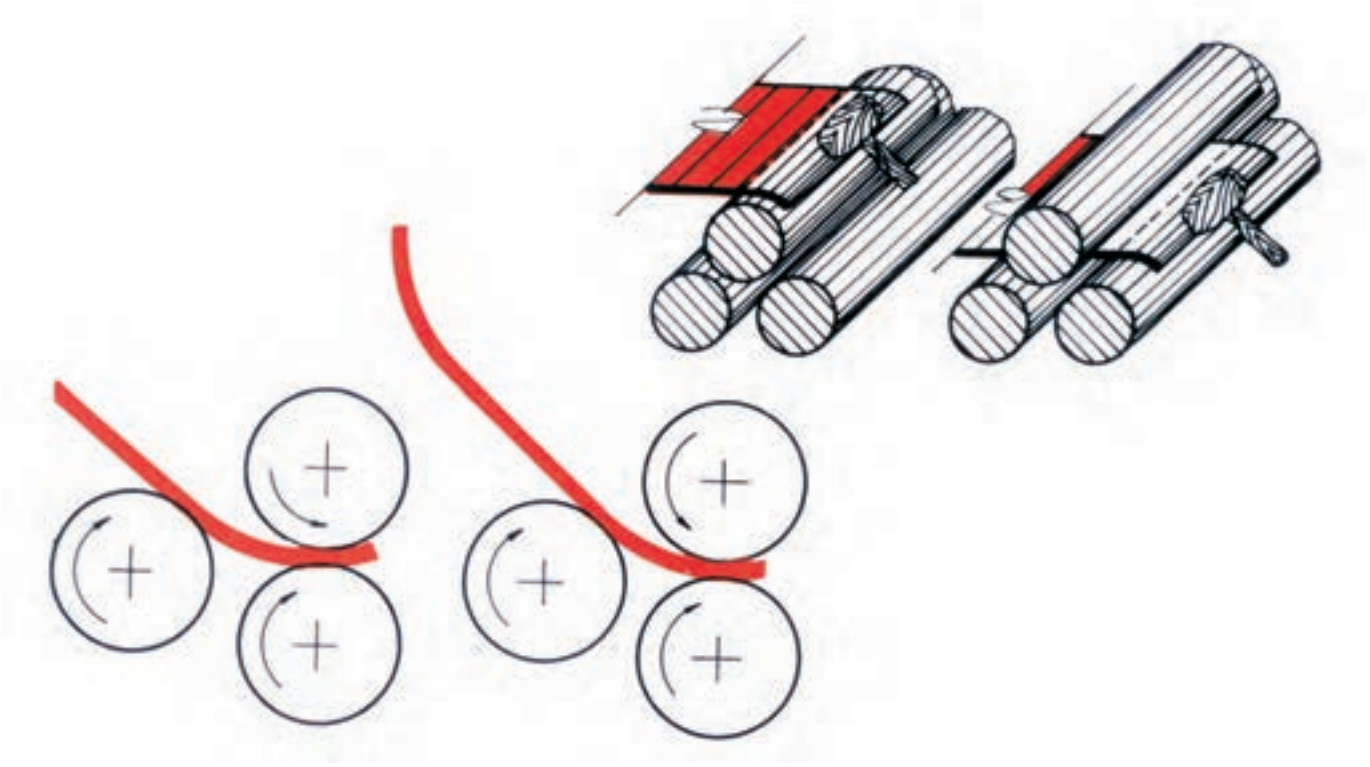
۴ – خارج کردن قطعه تما شده از نورد

۱-خم کردن ورول کردن لبه های ورق

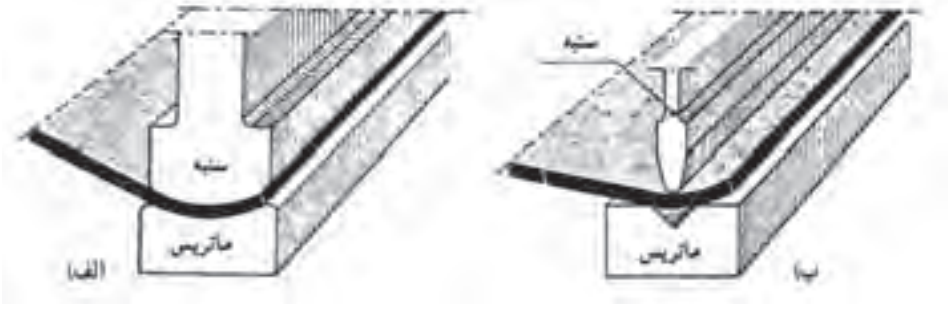
بـــرای این منظـــور با توجه به ضخامت ورق مـــورد رول کاری از روش‌های مختلف می توان اســـتفاده نمود برای ورقهای نازک استفاده از چکش وشمش فولادی بهترین روش پیشـــنهادی می باشد. برای ورقهای متوســـط وضخیم استفاده از ماشین های نورد ویا اســـتفاده از ماشینهای پرس وسنبه وماتریس فرم دهنده می باشد.در صورت استفاده از ماشـــین های نورد چهار غلتکی نیاز به فـــرم دادن لبه ها نبوده ونوردچهار غلتکی این توانایی دارد که می توانند این کار را انجام دهند.در شکل‌های (۶-۸ تا ۶-۱۰) این فرم کاری را مشاهده می کنید.



شکل ۶-۸



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

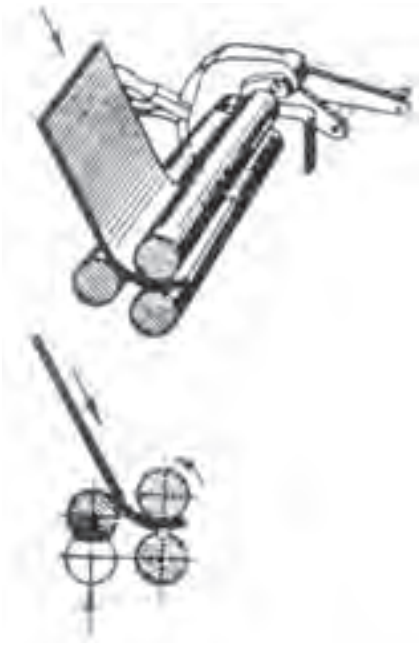


شکل ۶-۱۰ نحوه گرد کردن لبه‌ها با استفاده از دستگاه برک پرس
الف) خمکاری به تدریج صورت می‌گیرد. ب) خم‌کاری با سنبه و ماتریس متناسب با قوس

۲-قراردادن ورق در بین غلتکهای ماشین نوردو تنظیم فاصله بین غلتک‌ها:

بـرای ایـن منظور پس از رول نمـودن دو طرف ورق آن را بیـن غلتک های نورد قرارداده وجهـت رول نمودن آن فاصله غلتک ها راتنظیم می نماییم، تنظیم فاصله بین غلتک ها توسـط پیچاندن دو عدد پیچ حلزونی که در دو طرف ماشین نورد قرارگرفته اسـت انجام شده وبا چرخاندن فلکه ها فاصله غلتک بالایی نسبت به غلتک پایینی کم وزیاد می گردد.

این مسـئله از اهمیت خاصی برخوردارمی باشد. ودر صورت هم راستا نبودن غلتک عمل کننده قطعه یکنواخت رول نشده ونا هماهنگ رول خواهد شد. (شکل ۶-۱۱)



شکل ۶-۱۱ قرار دادن ورق بین غلتک‌ها

۳- انجام رولکاری:

رولکاری ورقهای با نیرو دسـت ویا با استفاده از ماشین های که نیروی محرکه آنها توسـط موتورهای الکتریکی تامین می گردد. توسط نوردهای دستی ورقها با ضخامت ۰/۵ تـا ۲ میلی متر را می توان رولکاری نمود وبرای ضخامت های بالاتر از ۲ میلی متر از ماشـین های نوردبا موترهای الکتریکی اسـتفاده می‌شود. توسط این ماشینهای نورد ورقهـا تا ضخامت ۱۶۰ میلی متروتوسـط نوردهای هیدرولیکـی تا ضخامت ۲۵۰میلی متـررا انجام داد. برای انجام رول کاری با هر بار عبور ورق از زیر غلتک ها فلکه های تنظیم فاصله را به یک میزان چرخانده وباعث افزایش اعمال نیرو به ورق می‌شـود طی چند مرحله انجام این عمل رول کاری کامل می گردد. پس از رسـیدن لبه های ورق به یکدیگر لبه ها را با اسـتفاده از دستگاه جوش ویافرنگی پیچ به یکدیگر متصل نموده و رولکاری نهایی را انجام می دهیم در نوردهای جدید هیدرولیکی نیاز به این کار نبوده وبا توجه به رول کردن ورق در یک مرحله لبه های ورق رول شده در یک راستا قرار می گیرد. (شکل ۶-۱۲)

شکل ۶-۱۲ انجام رول‌کاری

٤ - خارج کردن قطعه تمام شده از نورد:

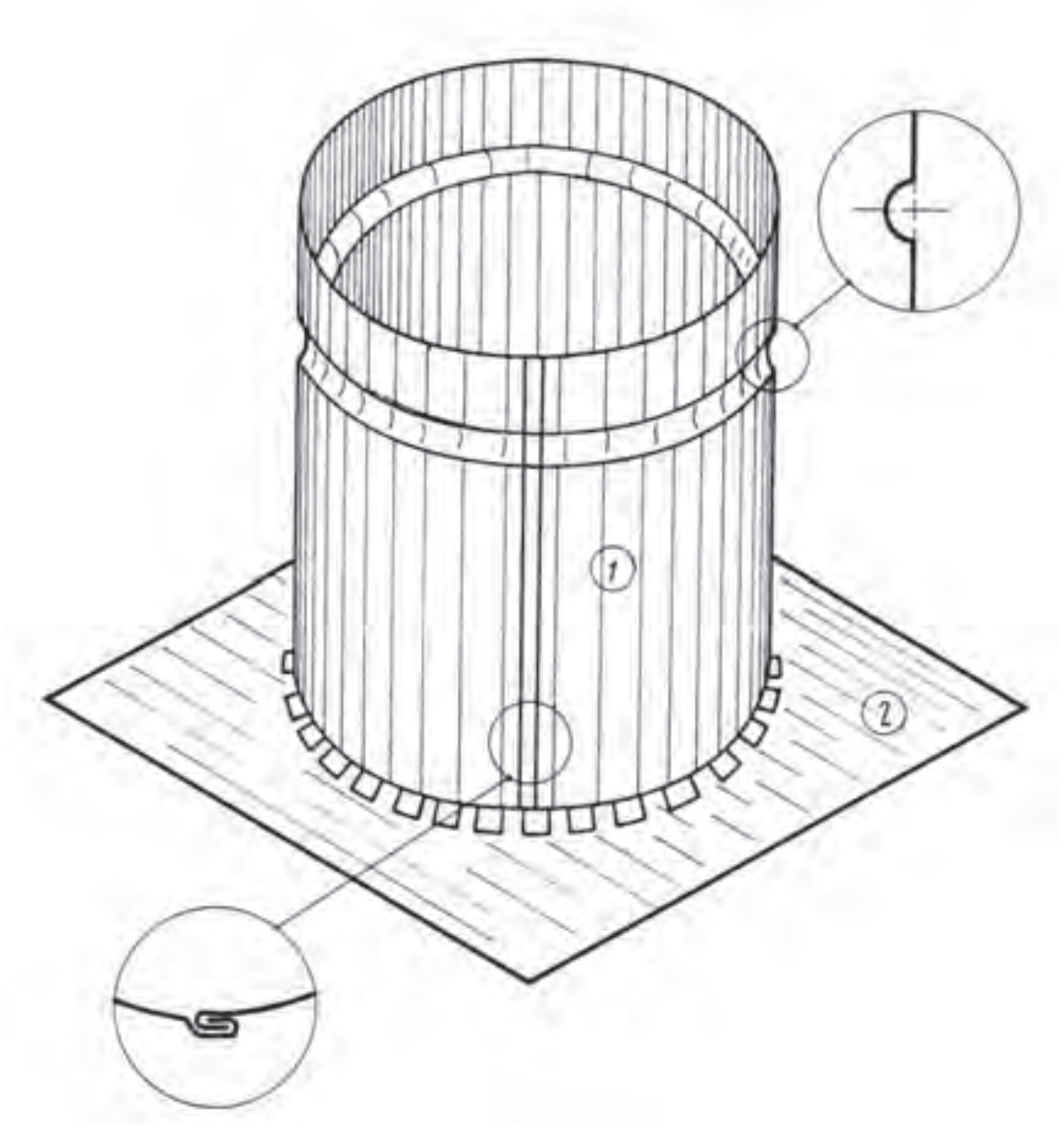
پــس از اتمــام رول کاری جهت خارج نمودن قطعه از ماشــین نورد می بایســت با چرخاندن فلکه ها نیرو را از روی ورق برداشــته وبین قطعه کا ر وغلتک بالایی فاصله ایجاد نمود وبا اســتفاده از یک شــمش کــه بین غلتک قرار می دهیــم وبا آزاد کردن غلتک از یا تاقان دســتگاه نسبت به خارج کردن قطعه کار اقدام می کردد. در صورت بزرگ وحجیم بودن قطعــه کار از جرثقیل برای محار غلتک وخارج کردن قطعه کار اقدام می گردد در نوردهای جدید بخصوص نوردهای هیدرولیکی سیستم هیدرولیک قادر اســت نورد را در راســتلی افق نگه داشــته تا بتوان ورق را از دستگاه خارج نمود. (شکل‌های ۶-۱۳ و ۶-۱۴)

شکل ۶-۱۳

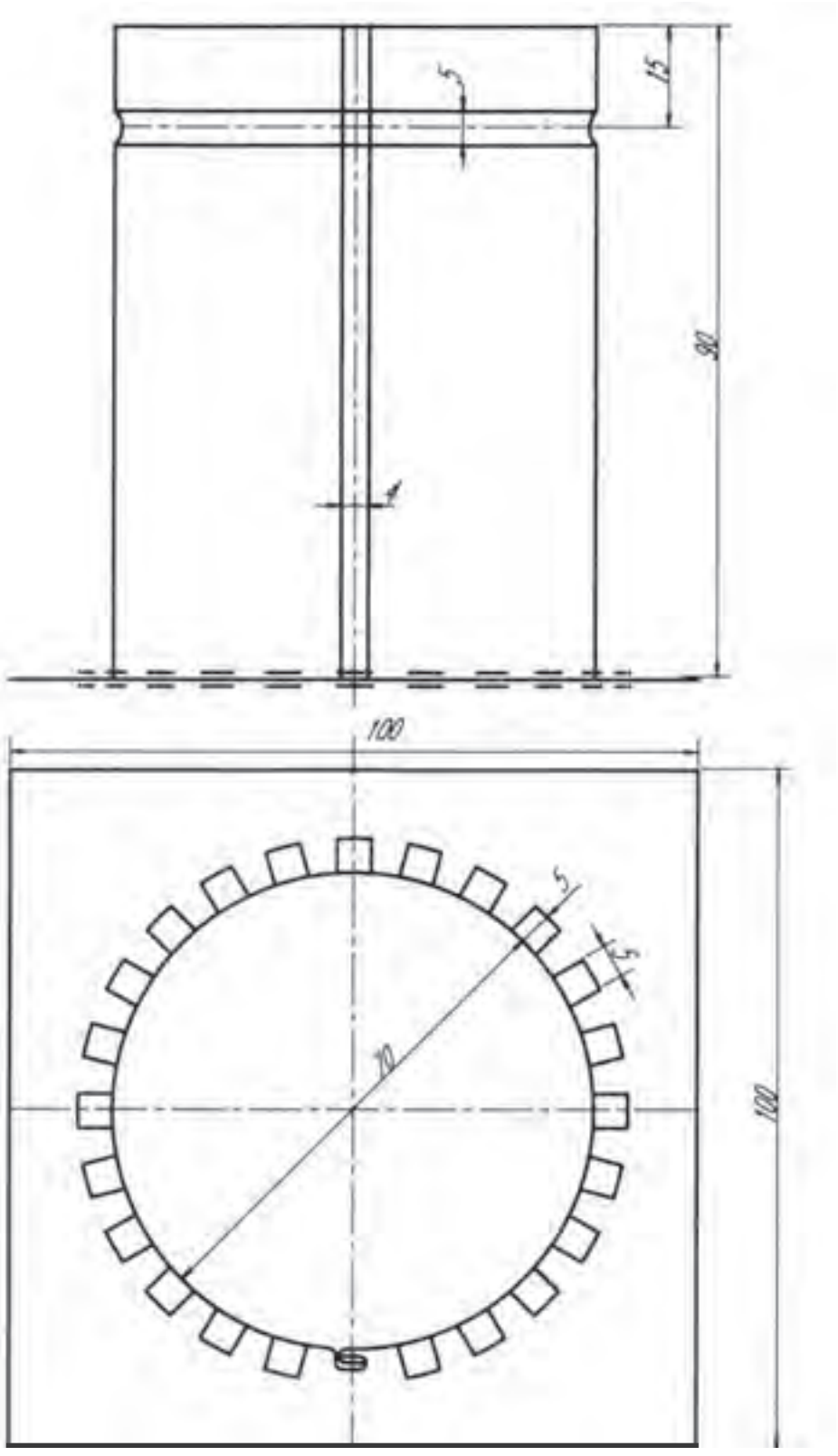
شکل ۶-۱۴

نقشه کار شماره ۱

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



شکل ۶-۱۵



شکل ۶-۱۶

فعالیت در کارگاه

۱- به گروه‌های سه نفره تقسیم واز میان خود یک سرگروه انتخاب نمائید.

۲- با تبادل افکار وآموخته‌های قبلی خود ابعاد قطعات ۱و۲ را محاسبه نمائید.

۳- در هنگام محاســبه 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 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

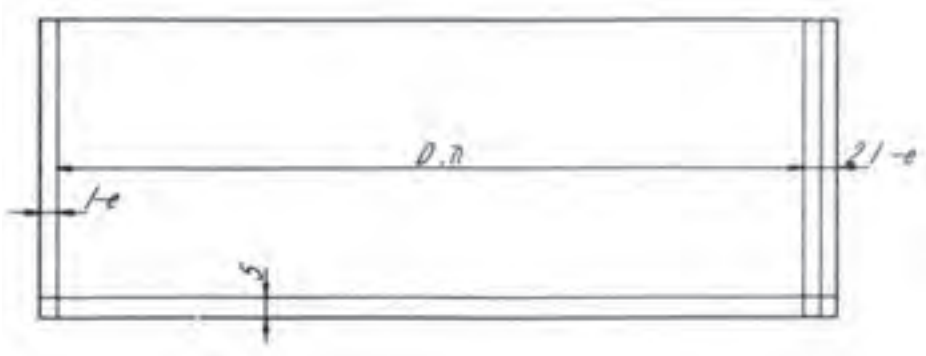
ردیف	نام و مشخصات قطعه	شماره	جنس	تعداد	اندازه	توضیحات
۱						
۲						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						
۱۰						
۱۱						
۱۲						
۱۲						
۱۳						
۱۴						
۱۵						

جدول شماره ۳ مراحل پیشنهاد کار

شماره مرحله	شرح فعالیت
۱	
۲	
۳	
٤	
٥	
٦	
۷	
۸	

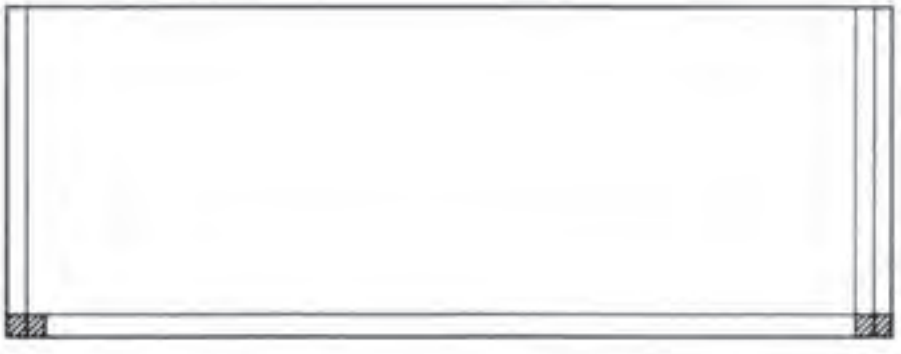
مراحل اجرا کار

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



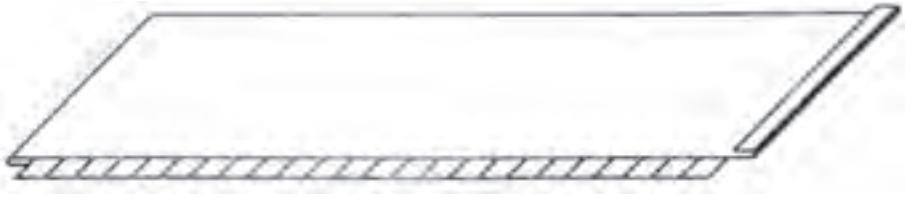
شکل ۶-۱۷ گسترش استوانه

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



شکل ۶-۱۸ تعیین محل فاق‌ها

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

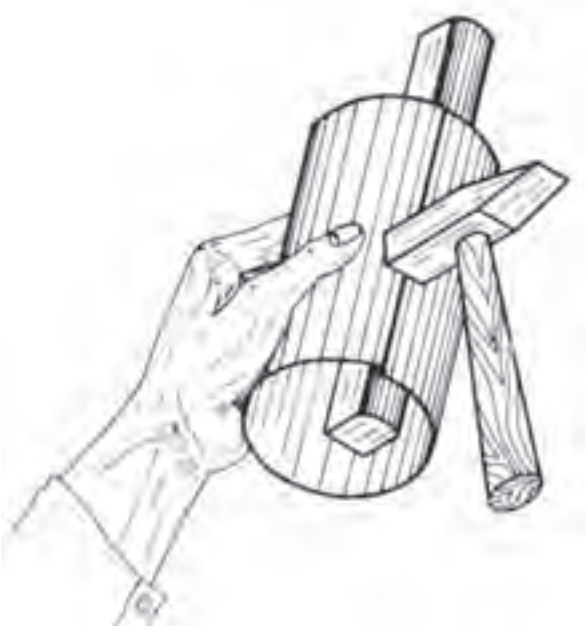


شکل ۶-۱۹ لبه‌های خمکاری شده جهت اتصال فرنگی‌پیچ

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

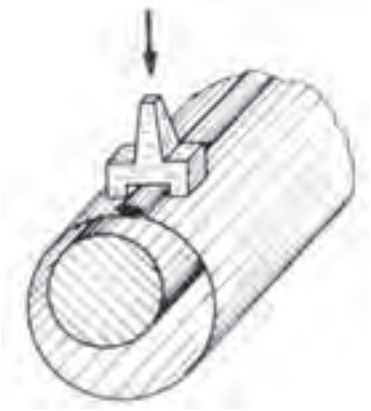
شکل ۶-۲۰ گرد و استوانه کردن گسترش

۵- با کامل شــدن رولکاری لبه های خمکاری شــده را در داخل یکدیگر قرارداده وبا اســتفاده از چکش مناسب آن را مورد کوبش قرار دهید تا کاملا بر یکدیگر منطبق گردد. (شکل ۶-۲۱)



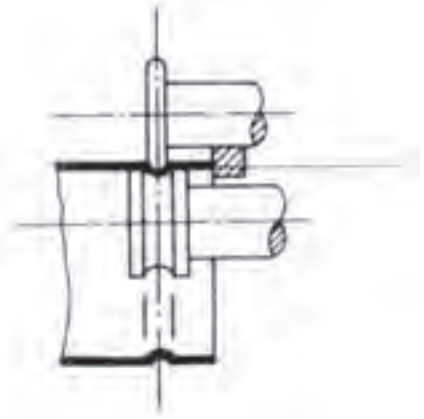
شکل ۶-۲۱ انطباق لبه‌های استوانه به کمک چکش و سندان

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



شکل ۶-۲۲ کوبیدن درز فرنگی‌پیچ به وسیله قالب مخصوص فرنگی‌پیچ

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

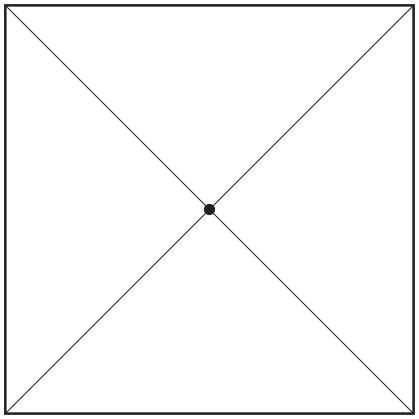


شکل ۶-۲۳ استفاده از صفحه منظم و هم محور بودن غلتک‌ها

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

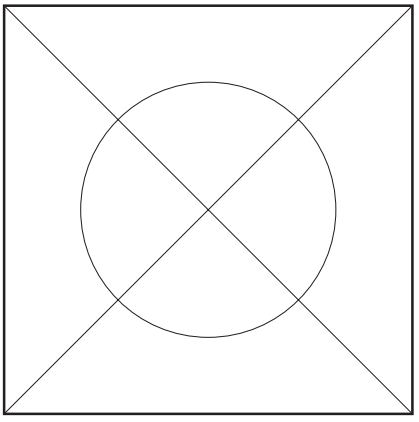
شکل ۶-۲۴ خمکاری فاق‌ها به صورت یک در میان

۹- مرکز قطعه شماره۲ را با کشیدن دو خط قطری مشخص نمایید. (شکل ۶-۲۵)



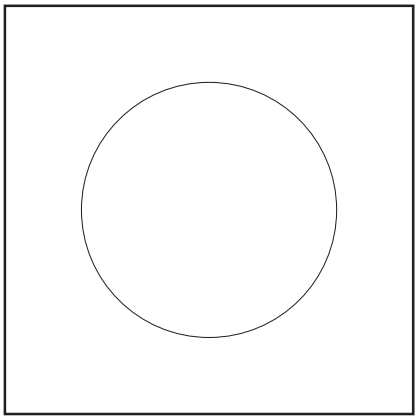
شکل ۶-۲۵ رسم قطرهای عمود بر هم و تعیین مرکز دایره و علامت‌گذاری به وسیله‌ی سنبه‌نشان

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



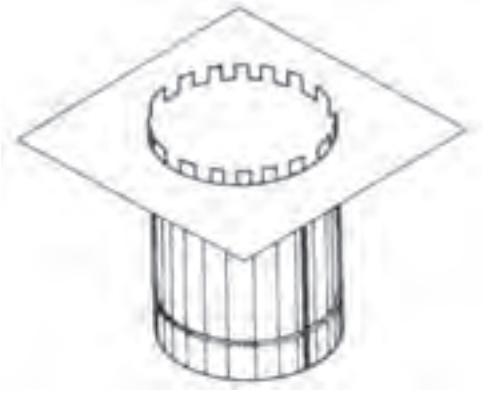
شکل ۶-۲۶ رسم دایره به وسیله‌ی پرگار

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



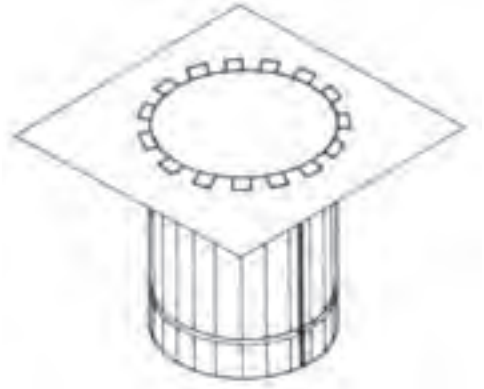
شکل ۶-۲۷ بریدن دایره کف خواب با استفاده از قلم و قیچی گردبر

۱۲- با اســتفاده از قیچی نســبت به برش فاق‌ها اقدام نموده وبا اســتفاده 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)



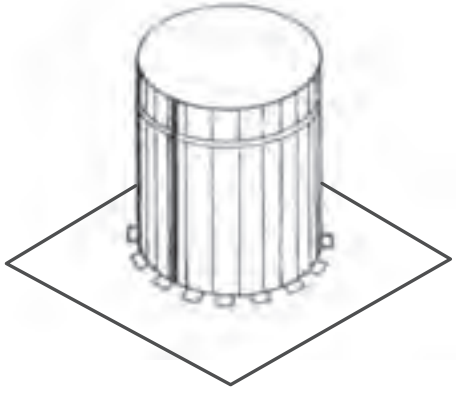
شکل ۶-۲۸ انطباق کف خواب روی استوانه

۱۴-باخمکاری 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

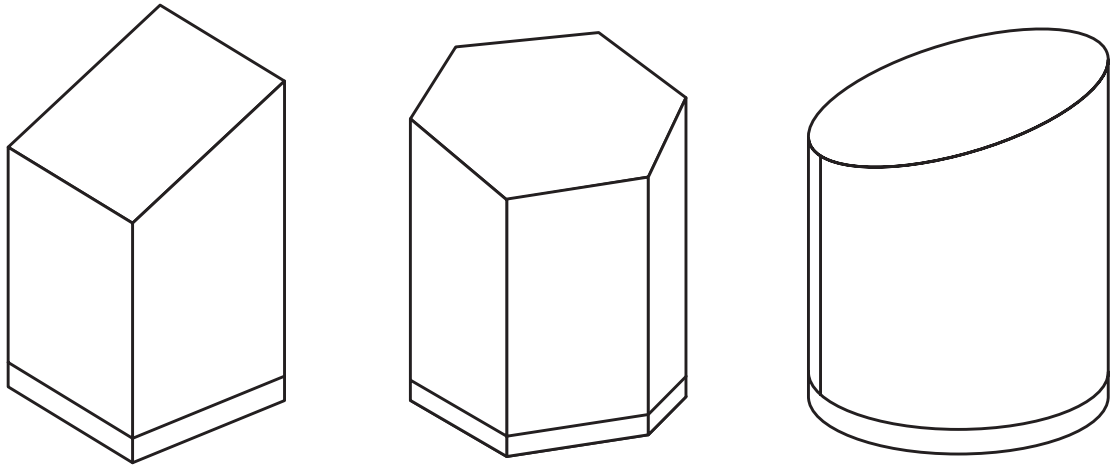
۱۵- قطعه کار را جهت ارزشیابی به هنر آموز خود ارائه دهید. (شکل ۶-۳۰)



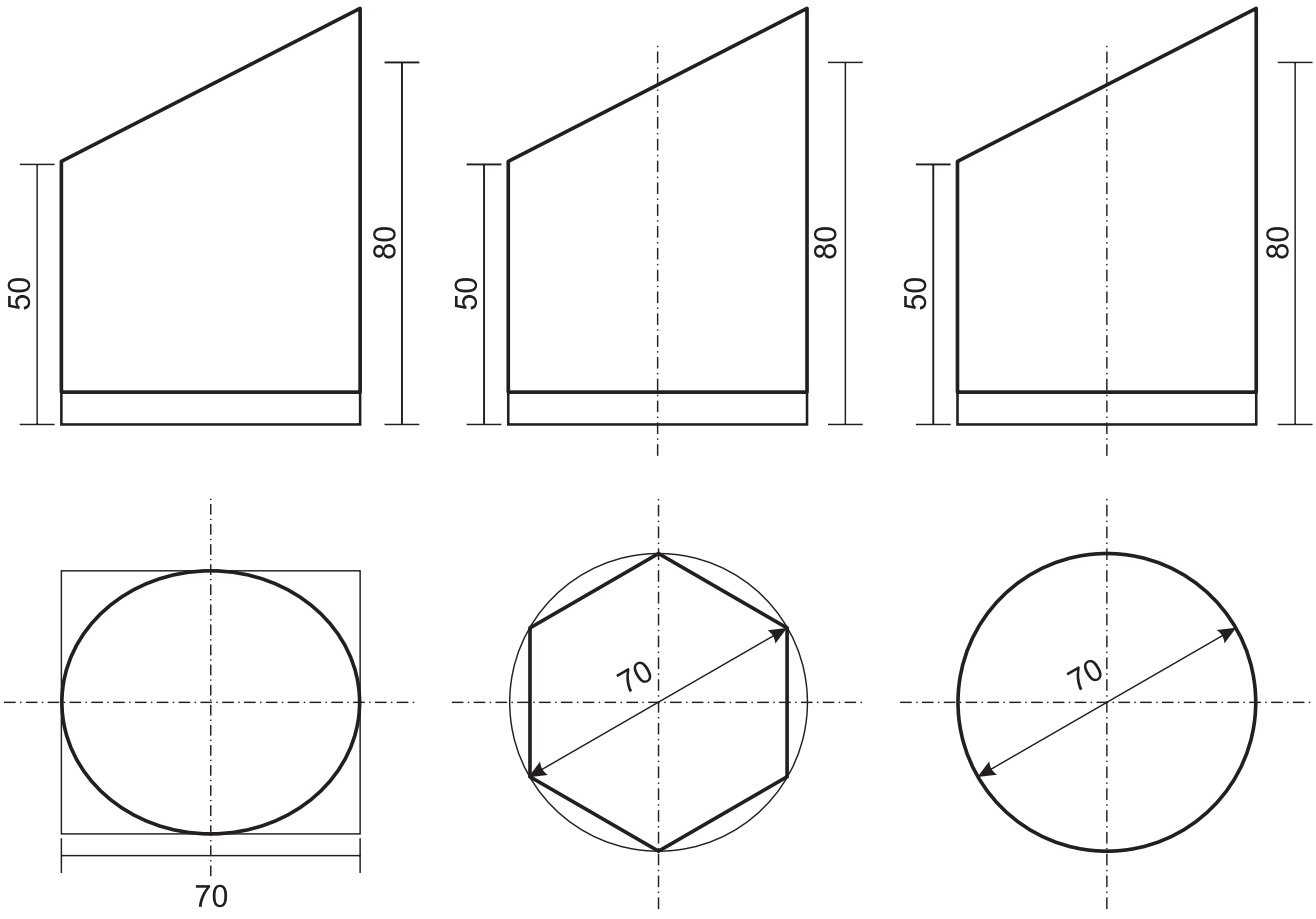
شکل ۶-۳۰

نقشه کار شماره ۲

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



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 نمایید.

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 نمایید.

۹- برای ساخت نقشه کار خود به چه موادی نیاز دارید آنها را در جدول ۲ لیست کنید.

۱۰- با همکاری همگرویهای خود نسبت به تهیه مراحل اجرای کار اقدام نموده ودر جدول ۳ لیست کنید.

۱۱- مراحل انجام کار پیشنهادی خود را با گروهای دیگر مقایسه نمایید.

۱۲- در صورت نیاز به اصلاح مراحل کار پیشنهادی خود آن را اصلاح نمایید.

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 همگروهای خود وسپس با قطعات کل کلاس مقایسه نمایید.

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

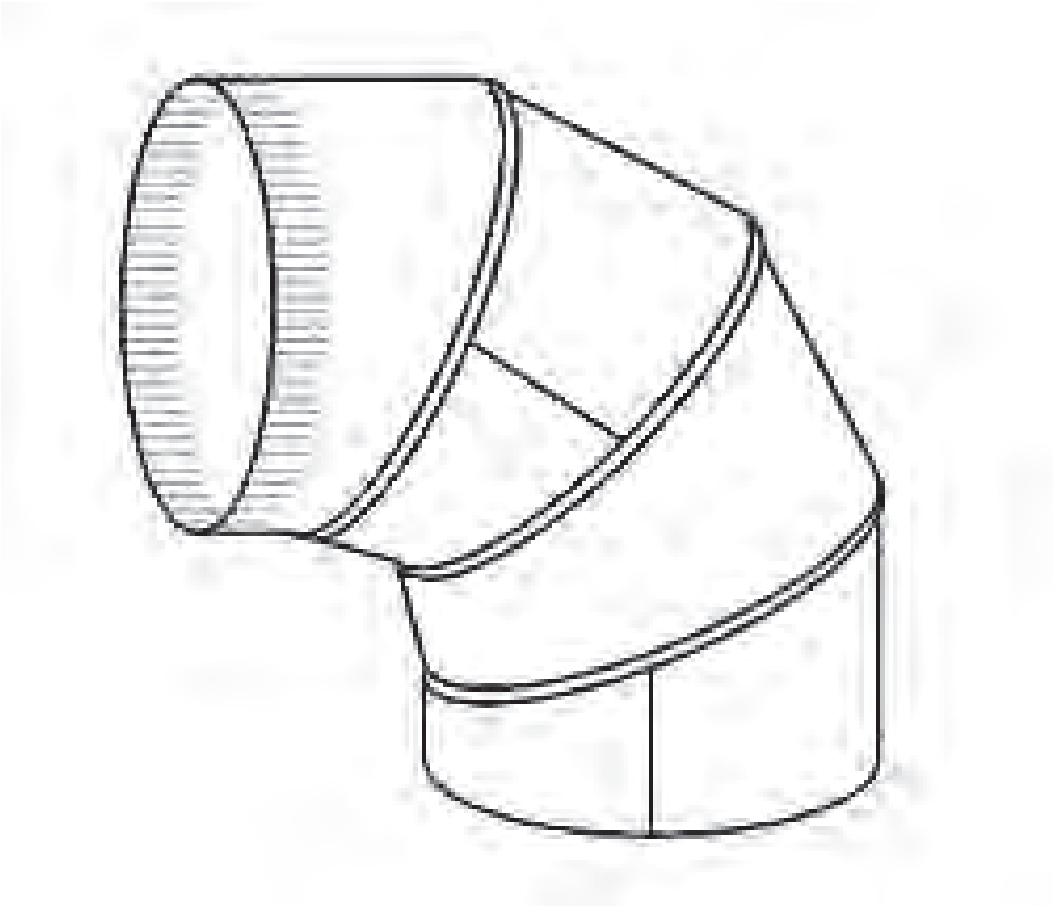
شماره مرحله	شرح فعالیت
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	
۷	
۸	
۹	
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	

نکات ایمنی برشکاری با دستگاه‌های مختلف

- در برشکاری با اره مدوّر 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 مدوّر پر دور از عینک محافظ استفاده کنید.
- هنگام برشکاری با اره مدوّر پردور 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 مدوّر با پروفیل جلوگیری نمایید. این برخورد ممکن است خطرات جانی جبران ناپذیر همراه داشته باشد.
- کنترل تیغه قبل از برشکاری با اره مدوّر از نکات مهمی است که باید به آن توجه خاص نمود، زیرا شکستگی، ترک، کُند 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 دندانه‌های 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 می گردد.
- 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.

نقشه کار شماره ۳

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



شکل ۶-۳۳

فعالیت در کارگاه

۱- به گروه‌های سه نفره تقسیم واز میان خود یک سرگروه انتخاب نمائید.

۲- با تبادل افکار واموخته های قبلی خود ابعاد قطعات مورد استفاده در ساخت زانو را محاسبه نمائید.

۳- در هنگام محاســبه 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		

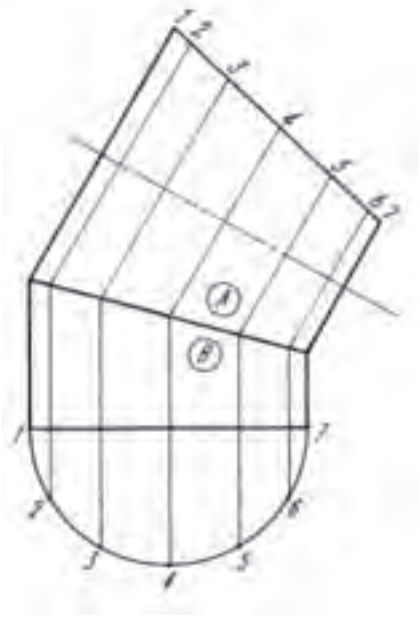
جدول شماره ۲

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 نقشــه کار مشــخص اســت که زانو از چهار تکه تشکیل شده اســت که دو به دو با یکدیگر مساوی می باشند. اتصال تکه ها به یکدیگر با استفاده از فرنگی‌پیچ عمودی می باشــد. لذا برای ساخت زانو می بایســت نسبت به تهیه دو عدد گسترش مربوط قطعات A و B اقدام نمود. (شکل ۶-۳۴)



شکل ۶-۳۴

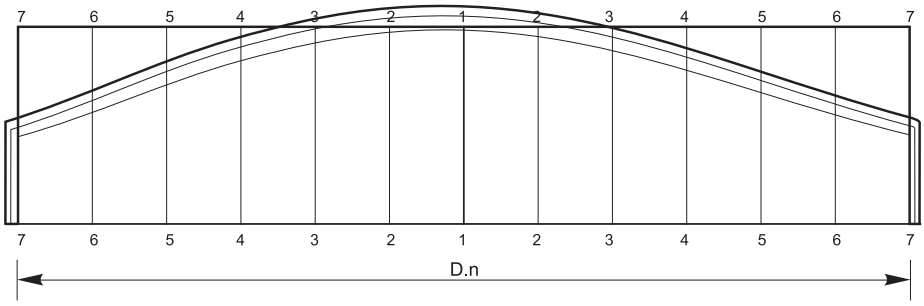
مراحل انجام کار

۱- با توجه به نقشــه کاروابعادآن نمای روبروی زانوراترســیم کرده وآن را به چهار قسمت تقسیم نمایید. برای این منظور با استفاده از نقاله نسبت به تقسیم زاویه ۹۰ درجه به چهار قســمت اقدام کنید ابتدا زاویه ۹۰ درجه را به دو زاویه ۴۵ درجه تقســیم کرده ســپس از زاویــه ۴۵ درجه یک زاویه ۳۰ درجه درقســمت بالا ویــک زاویه ۳۰ درجه

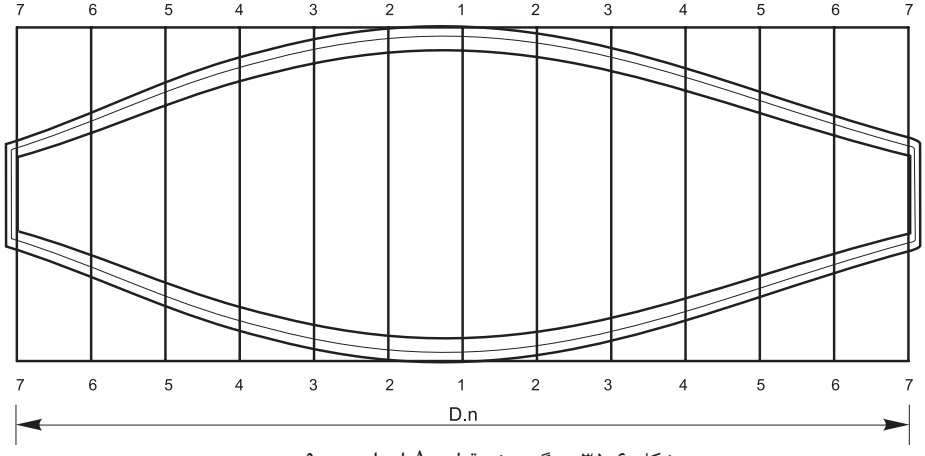
درقسمت پایین آن جدا کنید. شکل(۶-۳۳) بدین ترتیب دو زاویه ۱۵ درجه و دو زاویه ۳۰ درجه خواهیم داشت.

۲- با توجه به قسمت ۱ نسبت ترسیم گسترش قطعات A و B اقدام نمایید. برای اتصال قطعات به یکدیگر از فرنگی پیچ ســاده برای اتصال بدنه واز فرنگی پیچ عمودی برای اتصال قطعات A به قطعات B استفاده می‌شــودلذا در هنگام ترسیم گسترش می‌بایست طول مربوط به فرنگی پیچ هارا به قطعات اضافه نمود. رسم گسترش را می توان بر روی کاغذ رسم ترســیم نموده وسپس آن را بعنوان شابلن برروی ورق فولادی منتقل نمود. ویا اینکه بهتر است مستقیما برروی ورق فولادی ترسیم گردد.

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



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

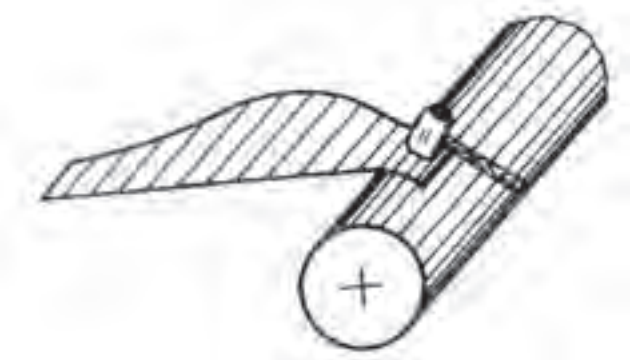


شکل ۶-۳۵ ب گسترش قطعه A از زانویی ۹۰ درجه

۳-گســترش های تهیه شــده در بند ۴ را بعنوان شــابلن اســتفاده کرده واز قطعه A دوعددواز قطعه B هم دوعدد تهیه کنید.

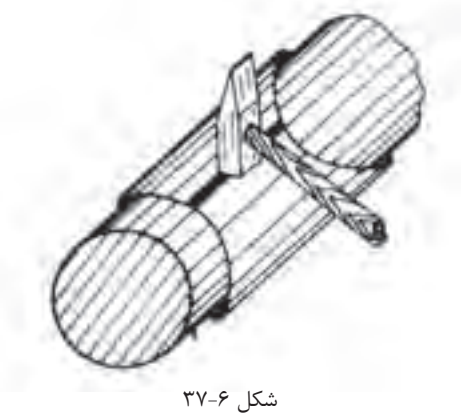
۴- فرنگـی پیچ های بدنـه را خمکاری نمـوده وقطعات را برای رولـکاری آماده نمایید.

برای رولکاری قطعات می توان به دو نوع دسـتی وماشـینی اقـدام نمود. برای این منظور ابتدا لبه های قطعات را روی یک شـمش فولادی فرم داده وسـپس با استفاده از ماشـین نورد نسـبت به رول کردن قطعات اقدام نمایید. برای جلوگیری از لهیده شدن خمهـای فرنگی پیچ می توان از لاشـه ورق اسـتفاده نمودتا درهنـگام فرم دهی دچار مشکل نگردد. (شکل ۶-۳۶)



شکل ۶-۳۶ منحنی کردن لبه‌ها

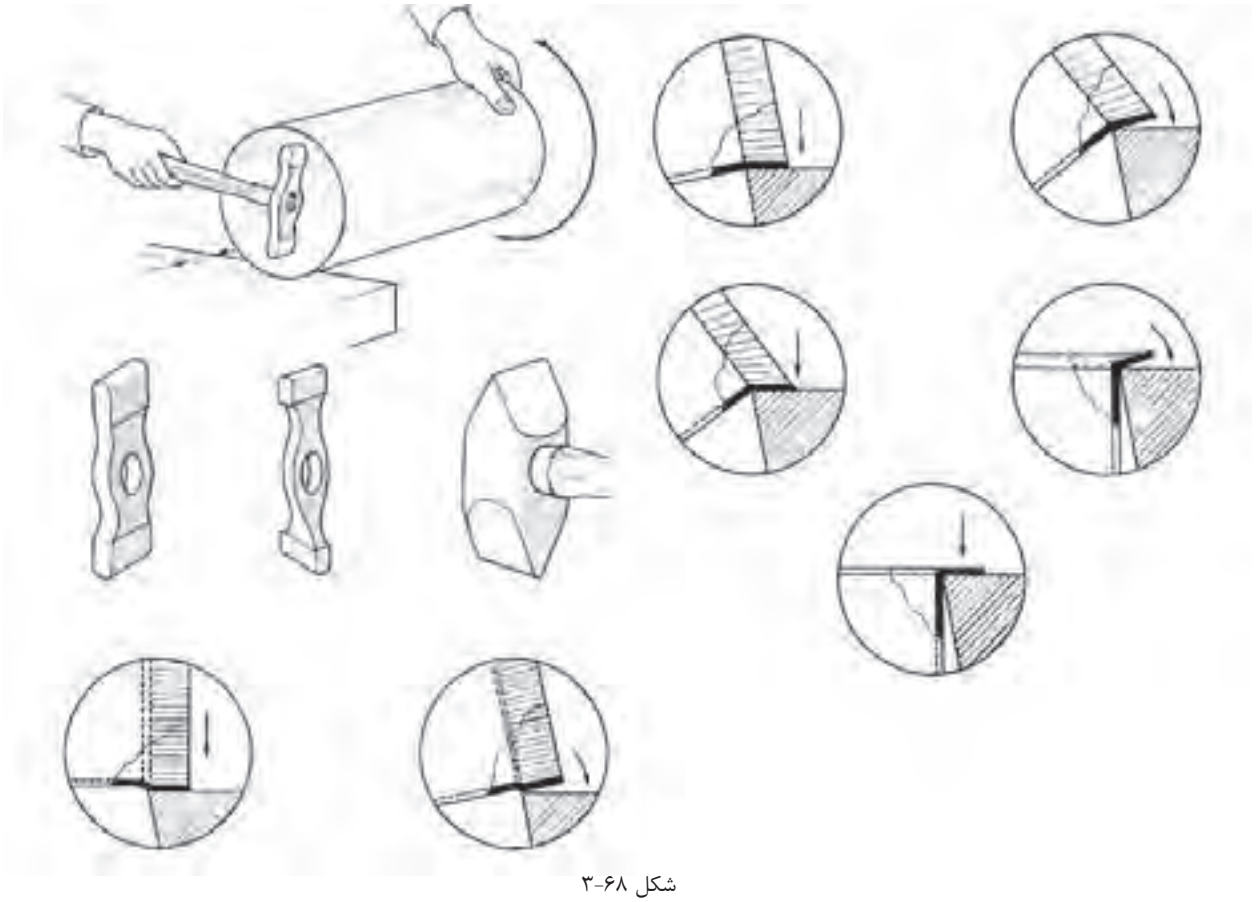
۵- پـس از تکمیل رولکاری خمهای فرنگـی پیچ را در داخل یکدیگر قرارداده وبا اسـتفاده از ضربات چکش نسـبت به تطبق آنهاوسپس با اسـتفاده از قالب فرنگی پیچ نسبت به تکمیل آن اقدام نمایید. (شکل۶-۳۷)



شکل ۶-۳۷

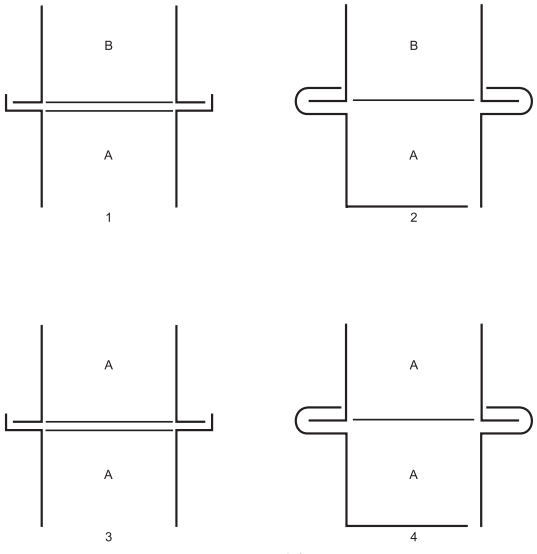
۶- برای تکمیل وگردشدن کامل قطعات با استفاده از چکش چوبی بر روی شمش فولادی ویا استفاده مجدد از ماشین نورد قطعات را گرد کامل نمایید.

۷- بـرای اتصال قطعـات واجرای فرنگی پیچ عمودی می بایسـت لبه های قطعات را مطابق شـکل خمکاری نمایید. برای این منظور می بایسـت از چکش های لبه زنی استفاده نموده وطبق شکل (۶-۳۸) نسبت به خمکاری آنها اقدام نمایید.



شکل ۶۸-۳

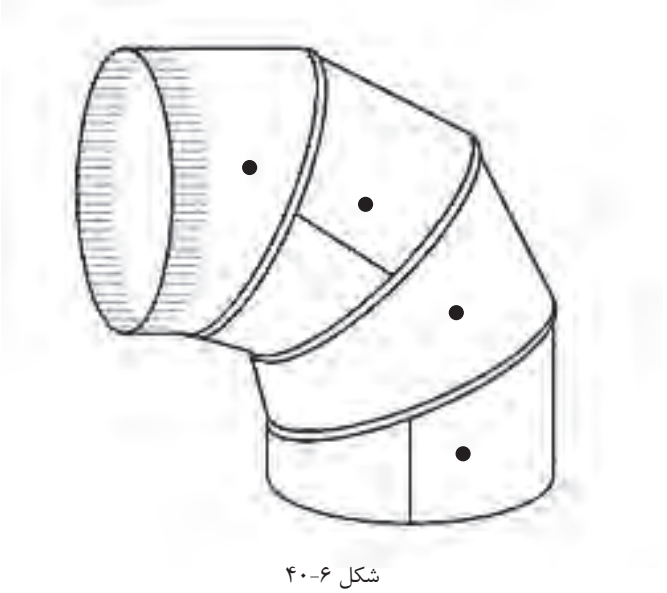
۸- پس از تکمیل خمکاری لبه قطعات ابتدا دوقطعه A وB را به یکدیگر مونتاژ نموده وسـپس قطعات مذکور را به یکریگر مونتاژ نموده وقطعات را تکمیل می کنیم. (شکل ۶-۳۹)



شکل ۶-۳۹

۹- پس از بازرســی نهایی قطعه کار رابرای ارزشــیابی به هنرآموز خود ارائه نمایید.

(شکل ۶-۳۳)



شکل ۶-۴۰