

فصل اول

تولید و کاربرد ورق‌های فلزی در صنعت
ورق‌کاری

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- نحوه تولید و کاربرد نیم‌ساخته‌های فلزی را بیان کند.
- ۲- برخی از کاربردهای نیم‌ساخته‌های فلزی را نام ببرد.
- ۳- تقسیم‌بندی ورق‌های فلزی را بیان کند.
- ۴- انواع ورق‌های فلزی را از نظر ضخامت بیان کند.
- ۵- طرز تهیه ورق‌های ضخیم، متوسط و نازک را بیان کند.
- ۶- طرز تهیه ورق‌های قلع‌اندود را بیان کند.
- ۷- طرز تهیه ورق‌های گالوانیزه را بیان کند.
- ۸- طرز تهیه ورق‌های رنگی را بیان کند.

۱- تولید و کاربرد ورق‌های فلزی در صنعت

موادی که در صنایع فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

۱- مواد کار ۲- مواد کمکی

۱- موادکار به آن‌هایی اطلاق می‌شود که در ساخت قطعه، نقش اصلی را داشته و قسمت عمده قطعه ساخته شده را تشکیل می‌دهد. موادی مانند: فولاد، مس، برنج، آلومینیوم، چوب، پلاستیک از آن جمله‌اند. این مواد خود به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

الف) نیم‌ساخته‌ها ب) تمام ساخته فلزی

الف) نیم‌ساخته‌ها: به موادی اطلاق می‌شود که در فرآیند تولید به شکل‌های مختلف تولید شده و آماده کار و ساخت در مراحل بعدی می‌باشد مانند شمش، میله، ورق، لوله و پروفیل‌ها

ب) تمام ساخته: به موادی اطلاق می‌شود که پس از تولید بدون هیچ گونه تغییری به کار گرفته می‌شوند. مانند پیچ و مهره‌ها، پرچ‌ها، خار، گوه و نظیر آن‌ها

۲- مواد کمکی: به موادی اطلاق می‌شود که در حین فرآیند تولید به کار گرفته می‌شود ولی در قطعه تمام شده وجود ندارد. موادی نظیر روغن‌ها، فلاکس‌ها.

در این کتاب به طرز تهیه انواع ورق‌ها خواهیم پرداخت و در کتاب نیم‌ساخته‌های (۲) با طرز تهیه بقیه نیم‌ساخته‌ها آشنا خواهید شد. قبل از آشنایی با روش تولید نیم‌ساخته‌ها لازم است ابتدا با کاربرد صنعتی آن‌ها آشنا شوید.

۱-۱ بعضی از کاربرد نیم‌ساخته‌ها

۱- صنایع هوایی: امروزه از نیم‌ساخته‌های فلزی و ورق‌های فلزی از جنس فولاد، آلومینیوم و تیتانیوم و آلیاژهای آن‌ها در ساخت انواع وسایل حمل و نقل هوایی نظیر هواپیماهای غول‌پیکر و ماهواره‌ها به کار گرفته می‌شوند. در شکل (۱-۱) یک هواپیمای غول‌پیکر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۱

۲- سازه‌های فضائی: در صنایع مختلف به خصوص صنعت ساختمان، پل‌سازی و جرثقیل‌ها از انواع پروفیل‌ها و ورق‌های مختلف استفاده می‌شود. نمونه‌ای از این سازه‌ها در شکل (۲-۱) آورده شده است.



شکل ۲-۱

نمونه دیگر کاربرد نیم‌ساخته در صنایع فلزی را سازه‌های صنایع هوایی تشکیل می‌دهد که در شکل (۳-۱) مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۱

۳- صنایع دریائی: کاربرد دیگر نیم‌ساخته‌ها و ورق‌های فلزی را در صنایع دریائی می‌توان نام برد. در شکل (۴-۱) کشتی‌های عظیم را مشاهده می‌کنید که برای کاربردهای مختلف به کار می‌رود.



شکل ۴-۱

نمونه دیگر از کاربرد نیم‌ساخته‌ها را مشاهده می‌کنید در شکل (۵-۱) یک سکوی دریائی است که قسمت اعظم آن از نیم‌ساخته‌ها و ورق‌های فلزی ساخته شده است.



شکل ۵-۱

شکل (۶-۱) یک کشتی نفت کش را مشاهده می کنید که از پروفیل ها و ورق های ضخیم ساخته شده است.



شکل ۶-۱

۴- صنایع نفت و گاز و پتروشیمی: نیم ساخته های فلزی کاربرد وسیعی در صنعت نفت و گاز و پتروشیمی دارد. در شکل (۷-۱) نمونه هایی از کاربردهای نیم ساخته در این صنایع را مشاهده می کنید.

شکل (۷-۱) اجرای یک خط لوله را نشان می دهد که در تجهیزات اجرایی کار هم نیم ساخته ها مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۷-۱

در شکل (۸-۱) نمونه دیگر از کاربرد نیم ساخته را در صنعت پالایشگاهی مشاهده می کنید. این مخازن کروی نشان داده شده در شکل (۸-۱) برای ذخیره گاز و مواد سوختنی مورد استفاده قرار می گیرند. علاوه بر مخازن نشان داده شده در شکل، مخازن استوانه ای را می توان نام برد که برای ذخیره سوخت به کار گرفته می شوند.

در تأسیس پالایشگاه ها، مخازن ذخیره سوخت، لوله انتقال مایعات و گازها، بویلرها و... از نیم ساخته های مختلف استفاده می شود. شکل (۹-۱) یکی از تأسیسات پالایشگاه ها را نشان می دهد.

نمونه دیگر کاربرد نیم ساخته ها را در شکل (۹-۱) در یک پالایشگاه بزرگ مشاهده می کنید. مخازن ذخیره نفت، لوله های ارتباطی، بویلرها همگی از نیم ساخته های مختلف می باشند.



شکل ۸-۱



شکل ۹-۱

۵- صنایع لوازم خانگی: کاربرد دیگر نیم ساخته ها به خصوص ورق های فلزی را در لوازم خانگی نام برد. در شکل (۱۰-۱) یک آشپزخانه را مشاهده می کنید که بدنه کابینت های ساخته شده همگی از ورق فلزی می باشد نمونه دیگر از این کارها را می توان در صنعت مبلمان و لوازم اداری مشاهده نمود.



شکل ۱۰-۱

کاربرد دیگری از نیم‌ساخته‌ها به خصوص ورق‌های نازک فلزی را در ساخت لوازم منزل مشاهده می‌کنید. در شکل (۱۱-۱) تعدادی از لوازم خانگی ساخته شده از نیم‌ساخته‌های فلزی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۱

نمونه دیگر نیم‌ساخته‌ها به خصوص ورق‌های فلزی از نوع زنگ‌نزن را در شکل (۱۲-۱) مشاهده می‌کنید که در ساخت لوازم آشپزخانه نظیر قاشق و چنگال و کارد را نام برد. این‌ها را از ورق‌های زنگ‌نزن تهیه می‌کنند.



شکل ۱۲-۱

۶- صنایع حمل و نقل زمینی: نمونه کاربرد دیگر نیم‌ساخته‌های فلزی را می‌توان در صنایع حمل و نقل نام برد نمونه‌هایی از آن‌ها در شکل‌ها (۱۳-۱ تا ۱۵-۱) آورده شده است.



شکل ۱۳-۱ صنایع ریلی



شکل ۱۵-۱ صنایع خودروسازی: از کاربردهای دیگر نیم‌ساخته‌ها در صنایع خودروسازی می‌باشد.



شکل ۱۴-۱ کاربرد دیگر نیم‌ساخته‌های فلزی

۷- کاربرد دیگر نیم ساخته های فلزی به خصوص ورق ها در تهویه مطبوع و تهویه های خانگی و صنعتی می باشد. نمونه ای از کاربرد آن ها را در شکل (۱-۱۶) مشاهده می کنید.



شکل ۱-۱۶

۲-۱ ورق های فلزی

از قرن ها پیش انسان برای تهیه وسایل و ظروف مورد استفاده خود از انواع ورق ها استفاده نموده است با پیشرفت علم و تکنولوژی دامنه استفاده از ورق ها نیز وسعت یافته به طوری که در بیش تر صنایع کاربرد فراوان یافته است. ورق های فلزی به عنوان نیم ساخته در زمینه های مختلف صنعت به طور گسترده استفاده می شود. روش های ساخت ورق های فلزی ضروری به نظر می رسد.

ورق های فلزی

ورق های فلزی را می توان از نظر ضخامت یا جنس به انواع مختلف دسته بندی نمود.

۱-۲-۱ تقسیم بندی از ضخامت:

ورق های فلزی را از نظر ضخامت به سه دسته تقسیم می کنند.

الف) ورق های نازک

ب) ورق های متوسط

ج) ورق های ضخیم

با توجه به شرکت های تولید ورق در دنیا و استاندارد مورد استفاده توسط آن ها نُرم های این تقسیم بندی ها ممکن است کمی با هم متفاوت باشد. در ادامه به یکی از قدیمی ترین و مهمترین این تقسیم بندی ها یعنی (DIN) نرم آلمان می پردازیم:

ورق های نازک - ضخامت های ۰/۱۸ تا ۲/۷۵ میلی متر

ورق های متوسط، ضخامت های ۳ تا ۴/۷۵ میلی متر

ورق های ضخیم - ضخامت های ۵ میلی متر و بیش تر

۲-۲-۱ تقسیم‌بندی از نظر جنس:

ورق‌های فلزی را از نظر جنس به دو دسته کلی تقسیم می‌کنند.

الف) ورق‌های آهنی: این گروه شامل فولادهای ساده کربنی، فولادهای آلیاژی، فولادهای ضد زنگ نام برد.

ب) ورق‌های غیر آهنی: این گروه شامل آلومینیوم و آلیاژهای آن‌ها، مس و آلیاژهای آن‌ها (ورق‌های برنج و برنز)، روی، قلع و منیزیم.

در جدول (۱-۱) بعضی از ویژگی‌های ورق‌های فلزی آورده شده است.

جدول ۱-۱ نمونه ورق‌های فلزی و کاربرد آن‌ها در صنعت

نوع جنس ورق	ابعاد ورق به میلی‌متر			وزن مخصوص Kg / dm ^۳	نقطه ذوب درجه سیلیسیوس	کاربرد صنعتی
	ضخامت	عرض	طول			
فولادهای کربنی ضخامت نازک	۰/۱۸ تا ۲/۷۵	۵۳۰ تا ۱۲۵۰	۷۶۰ تا ۲۵۰۰	۷/۸۵	در حدود ۱۴۰۰	در تولید قطعات با کشش کم عمق و عمیق ساخت لوله‌های تأسیساتی و صنعتی و...
فولادهای کربنی ضخامت متوسط	۳ تا ۴/۷	۲۵۰۰ تا	۷۰۰۰ تا	۷/۸۵	در حدود ۱۴۰۰	ساخت مخازن، تولید لوله‌های جدار ضخیم و...
فولادهای کربنی ضخامت ضخیم	۵ تا ۶۰	۳۶۰۰ تا	۸۰۰۰ تا	۷/۸۵	در حدود ۱۴۰۰	تولید قالب‌ها، ساخت مخازن ذخیره
مس	۵ تا ۰/۱	۱۰۰۰ تا	۲۰۰۰ تا	۸/۹	۱۰۸۳	دیگ‌سازی، ظروف، صنایع الکترونیک، رادیاتورسازی، صنایع هنری
آلومینیوم	۵ تا ۰/۲	۲۰۰۰ تا	۲۰۰۰ تا	۲/۷	۶۶۰	ساخت ظروف مختلف، مخازن، تولید قطعات کششی
برنج	۵ تا ۰/۱	۱۰۰۰ تا	۳۰۰۰ تا	۸/۵	۹۸۰	ساخت ظروف مختلف، رادیاتورسازی، قفل‌سازی
روی	۶ تا ۰/۱۵	۶۵۰ تا ۱۰۰۰	۵۰۰۰ تا	۷/۱۴	۴۱۹	تولید ظروف، در پوشش
برنز	نازک و متوسط	مختلف	مختلف	۷/۶ تا ۸/۸	۹۰۰ تا ۱۰۰۰	ساخت قطعات مقاوم در برابر اسید، ساخت قطعات مقاوم در برابر اکسید شدن
قلع	بسیار نازک	مختلف	مختلف	۷/۳	۲۳۲	در پوشش
منیزیم	نازک	مختلف	مختلف	۱/۸	۶۵۵	در پوشش‌ها، مخزن‌های مواد سوخت

۱-۳ تقسیم‌بندی ورق‌های فولادی

به دلیل این که تعداد و انواع فولادها بسیار متنوع بوده و خواص آن‌ها اعم از مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و متالورژیکی متفاوت است. نمی‌توان تقسیم‌بندی همه آن‌ها را نام برد لذا در این قسمت به یک نوع دسته‌بندی که در خصوص فولادهای ریخته‌گری می‌باشد اشاره می‌شود. و بقیه آن‌ها را می‌توانید در کتاب‌های دیگر و یا در مقاطع بالاتر بیاموزید.

ورق‌های فولادی را از نظر عناصر آلیاژی، مشخصات ظاهری و یا مصارف صنعتی می‌توان طبقه‌بندی نمود.

طبقه‌بندی از نظر ترکیب شیمیایی: این گروه از ورق‌های فولادی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود.

الف) ورق‌های فولادی کربنی: عنصر اصلی این فولادها کربن بوده و لذا تقسیم‌بندی بر اساس میزان در صد کربن موجود در آن‌ها می‌باشد. علاوه بر کربن عناصری نظیر منگنز - گوگرد - سیلیسیم - فسفر نیز در این فولادها به میزان محدود وجود دارد. این فولادها را به سه گروه تقسیم می‌نمایند:

۱- فولادهای کم کربن، کمتر از ۰/۲۵ است.

۲- فولادهای کربن متوسط، از ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ می‌باشد.

۳- فولادهای پر کربن، بیش از ۰/۶۵ درصد می‌باشد.

ب) ورق‌های فولاد آلیاژی:

۱. فولادهای کم آلیاژ تا ۲/۵ درصد در عناصر آلیاژی

۲. فولادهای با عناصر آلیاژی متوسط ۲/۵ تا ۱۰ در صد عناصر آلیاژی

۳. فولادهای پر آلیاژ با عناصر آلیاژی بیش از ۱۰ درصد

تقسیم‌بندی دیگری از نظر مشخصات ظاهری وجود دارد که به شکل زیر می‌باشد:

۱) ورق‌های سیاه معمولی که هیچ گونه صیقلکاری روی آن‌ها انجام نشده و قشری از اکسید سطح آن‌ها را پوشانده است.

۲) ورق‌های براق که دارای سطحی صاف و سفید و عاری از اکسید هستند.

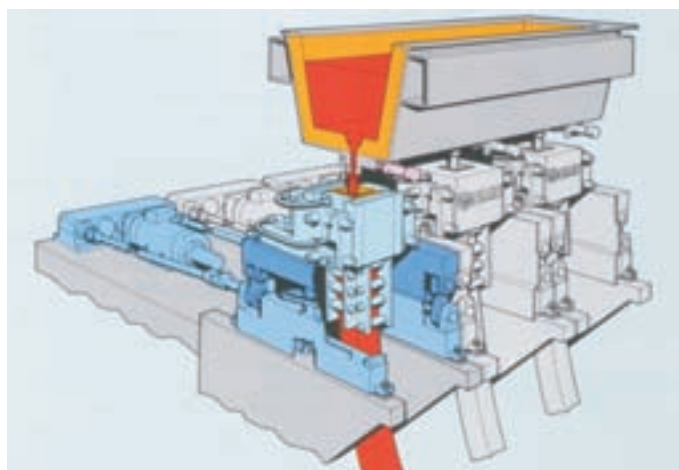
- ۳) ورق‌های گالوانیزه که سطح آن‌ها با فلز روی پوشانده شده است.
- ۴) ورق‌های آهن سفید که سطح آن‌ها با فلز قلع پوشانده شده است.
- ۵) ورق‌های رنگی که سطح آن‌ها به رنگ‌های مختلف می‌باشد.

۴-۱ روش تهیه ورق‌های فلزی

ورق‌های فلزی توسط روش نورد کاری تولید می‌شوند. دستگاه‌های نورد در حالت گرم شمش‌های فلزی را به ورق‌های ضخیم تبدیل می‌کنند. و ورق‌های متوسط نیز از ورق‌های ضخیم در حالت گرم تولید می‌شوند. تولید ورق‌های نازک در حالت سرد صورت می‌گیرد.

۱-۴-۱ مراحل تهیه ورق‌های ضخیم کم کربن

ورق‌های ضخیم را از شمش‌های ویاتختال‌های فولادی با ابعاد مختلف تهیه می‌نمایند. جنس این شمش‌ها و تختال‌ها از فولاد های ساختمانی (S۲۳۵JR و S۲۷۵JR) و یا ترکیبات دیگر می‌باشند که براساس استاندارد تولیدی کارخانه فولاد با ابعاد مختلف تهیه می‌شوند. این شمش‌ها را معمولاً با مقطع مربع به ابعاد ۵۰×۵۰ تا ۴۰۰×۴۰۰ و به طول‌های ۳ تا ۶ متر تهیه می‌کنند. اما لوحه‌ها را با سطح مقطع مستطیل با ضخامت ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و با عرض ۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌متر تهیه می‌کنند. در شکل‌های (۱۷-۱ تا ۲۰-۱) تهیه این شمش‌ها و لوحه‌ها را مشاهده می‌کنید.



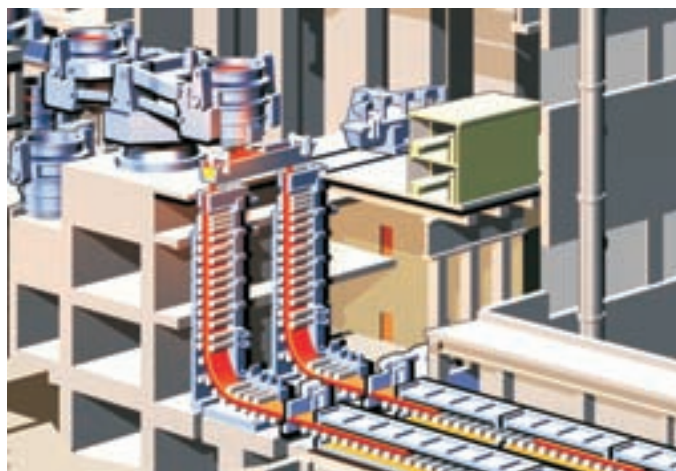
شکل ۱۸-۱ شمش‌ریزی در قالب‌ها



شکل ۱۷-۱ ریختن مذاب در قالب‌های شمش‌ریزی



شکل ۲۰-۱ شمش‌ها در حین خروج از کوره‌ی تولید فولاد و نوردکاری



شکل ۱۹-۱ نوردهای سری در خط تولید ورق‌های فولادی در کارخانه فولاد

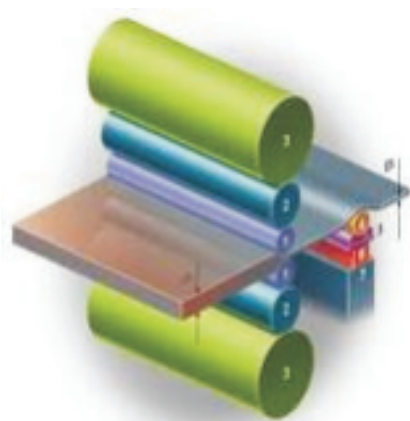


شکل ۲۱-۱

پس از تولید شمش و یا لوحه‌ها برای رفع اکسیدهای سطحی روی آن‌ها آب با فشار زیاد پاشیده می‌شود (شکل ۲۱-۱). برخی از مراحل تولید به قرار زیر می‌باشد.

۱-۴-۲ اصول نوردکاری

نوردکاری عبارت است از عبور دادن قطعه گداخته بین دو غلتک که در جهت خلاف یکدیگر می‌چرخند. فاصله بین آن‌ها از ضخامت قطعه کم‌تر است. با عمل غلتک‌کاری شمش‌ها یا لوحه‌ها فشرده شده و ضمن کاهش ضخامت طول آن افزایش می‌یابد. عرض قطعه نیز همزمان با طول آن افزایش می‌یابد. معمولاً تغییرات عرض توسط غلتک‌های عمودی کنترل می‌گردد و در واقع این غلتک‌ها از افزایش عرض بیش از حد تعیین شده جلوگیری می‌کنند. غلتک‌های افقی تنظیم‌کننده ضخامت و غلتک‌های عمودی تنظیم‌کننده عرض ورق می‌باشند. عمل نوردکاری برای تولید ورق‌های ضخیم طی چند مرحله ادامه می‌یابد. تا ورق به ضخامت مورد نظر برسد. (شکل ۲۲-۱) این فرآیند با توجه به گستردگی عمل نورد از تجهیزات مختلفی تشکیل شده که مهمترین آن‌ها به اختصار به قرار زیر می‌باشد.



شکل ۲۲-۱

۳-۴-۱ غلتک‌های تغییر شکل

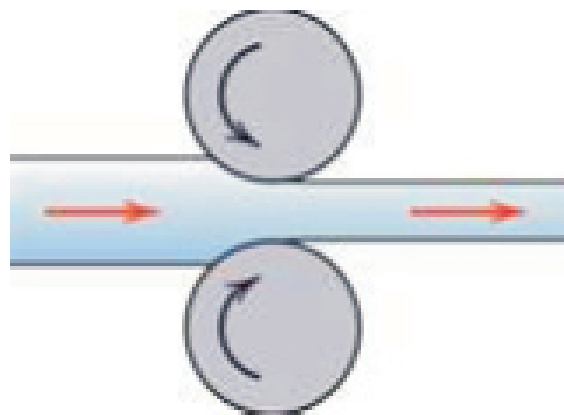
این غلتک‌ها از نظر تعداد غلتک‌ها فرم دهنده به چند دسته تقسیم می‌شوند:

۱. نوردهای دو غلتکی
۲. نوردهای سه غلتکی
۳. نوردهای چهار غلتکی
۴. نوردهای دوازده غلتکی و بیش‌تر
۵. نوردهای انیورسال

نوردکاری یکی از کارهای مکانیکی می‌باشد و فلزات در اثر کار مکانیکی (به علت فشرده شدن ذرات آن‌ها) سخت می‌شوند و بعضی از خواص مکانیکی آن‌ها از قبیل تغییر شکل، چکش‌کاری، قابلیت جوشکاری و براده‌برداری تغییر می‌یابد. در شکل (۱-۲۳ الف) جهت نوردکاری و در شکل (۱-۲۳ ب) مقطع فولاد را قبل و بعد از نوردکاری را نشان می‌دهد این در حالی است که فلز در جریان هوا خنک شده است.



شکل ۱-۲۳ ب



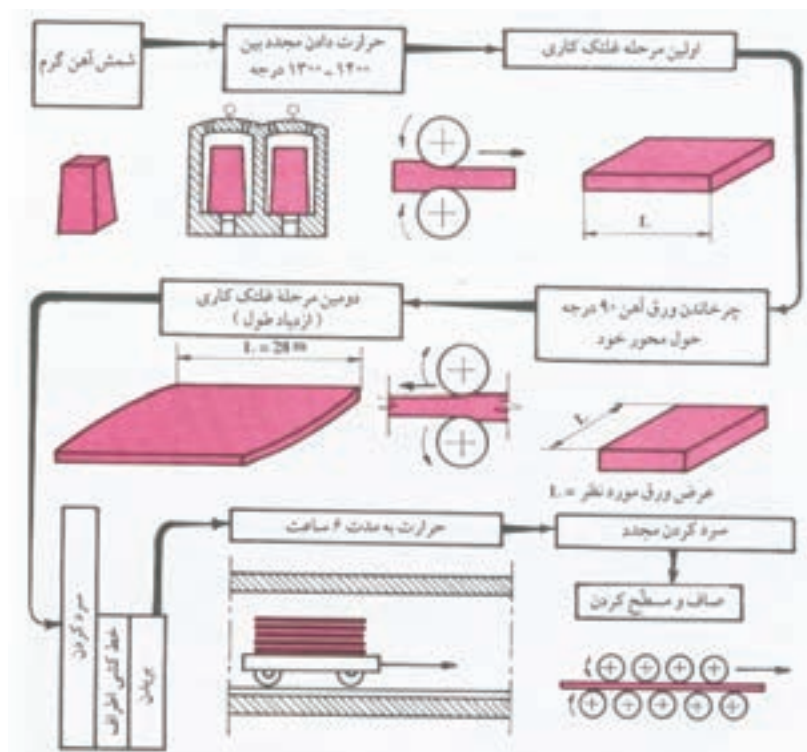
شکل ۱-۲۳ الف

قطعه‌ای که توسط نورد تغییر شکل می‌یابد تحت تأثیر نیروی فشاری قرار می‌گیرد. این نیرو از حد ارتجاعی بیش‌تر است. و باعث تغییر شکل پلاستیکی می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱-۲۳ ب) نشان داده شده است موجب تغییر شکل کریستال‌های فلز شده و باعث کشیدگی آن‌ها می‌گردد. این تغییر شکل افزایش سطح و کاهش ضخامت را ایجاد می‌کند. و به این ترتیب جسمی با ابعاد جدید تهیه می‌گردد. در مواردی اگر نیروی فشاری ادامه یابد ممکن است به پاره‌گی فلز منجر گردد.

۴-۴-۱ نرمالیزه کردن

در اثر کار مکانیکی نظیر عملیات نورد کاری و سرد شدن ورق‌ها در مراحل حین تولید موجب سختی آن‌ها می‌شود. و در نتیجه خاصیت انعطاف‌پذیری آن‌ها کاهش می‌یابد. برای تأمین خواص اولیه فلز لازم است ورق‌های تولیدی عملیات حرارتی شوند. این عملیات برای ورق‌های بالاتر از ۱۵ میلی‌متر لازم است انجام شود. عملیاتی که بر روی ورق‌ها انجام می‌شود نرمالیزه کردن است. این عملیات در کوره‌های مخصوص انجام می‌گیرد و بسته به عناصر آلیاژی و ضخامت ورق‌ها دمای کاری متفاوت خواهد بود. برای ورق‌های فولاد ساختمانی این دما در حدود ۸۵۰ درجه سلیسیوس می‌باشد. زمان نرمالیزه کردن به نسبت ابعاد ورق بین ۸ تا ۳۲ ساعت می‌باشد.

اگر ورق‌ها را قبل از این که کاملاً سرد شوند از کوره خارج کنند این ورق‌ها در مجاورت هوا سطح‌شان اکسید شده که این ورق‌ها را ورق سیاه می‌نامند. و اگر ورق‌ها پس از این که کاملاً سرد شدن از کوره خارج نمایند (تقریباً ۲۴ ساعت) سطح آن‌ها کاملاً صاف و صیقلی و عاری از اکسید می‌باشد. در شکل (۱-۲۴) مراحل تولید ورق‌های ضخیم را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

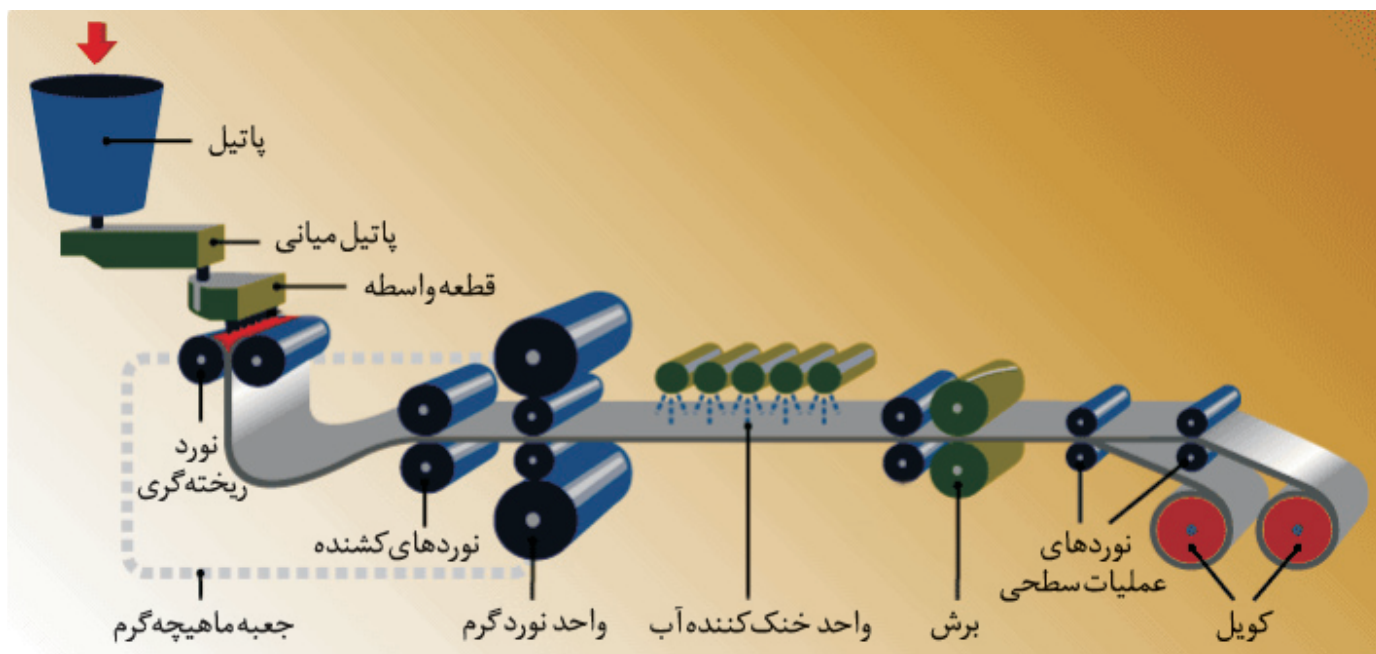


شکل ۱-۲۴

۱-۴-۵ روش تهیه ورق‌های متوسط

ورق‌های متوسط را با استفاده از ورق‌های ضخیم یا تختال‌ها تولید می‌کنند. مراحل تهیه آن‌ها نیز مشابه روش تولید ورق‌های ضخیم می‌باشد. عمل غلتک‌کاری توسط ماشین‌های انجام می‌شود که دارای سه غلتک هستند و محور آن‌ها به طور افقی در یک صفحه قائم واقع شده است.

ورق‌ها را پس از عبور از زیر نوردهای مزبور (در اینجا به منظور گرم کردن) به وسیله غلتک‌های سوق دهنده (کشنده) به درون کوره‌های مخصوص هدایت می‌کنند و در آنجا مدت معینی گرما می‌دهند. پس از عبور از شبکه خنک کننده آن‌ها را به وسیله ماشین‌های نورد - صافکاری و مسطح می‌کنند و اطراف آن‌ها را برش می‌دهند تا به اندازه نرم در آیند در بعضی از سیستم‌های تولید به جای بریدن ورق‌ها به اندازه‌های استاندارد آن‌ها را به شکل رول می‌پیچند تا برای تولید محصولات بعدی از قبیل انواع پروفیل از آن‌ها استفاده کنند. (شکل ۱-۲۵)



شکل ۱-۲۵

روش تهیه ورق‌های نازک

امروزه ورق‌های نازک را به وسیله ماشین‌های نورد مداوم (سری) تولید می‌کنند. در این روش مراحل تولید ورق‌های نازک از تغییر شکل شمش در حالت گرم آغاز شده و همه عملیات لازم تا تولید ورق‌های نازک به صورت پیوسته به شرح زیر انجام می‌گیرد.

مرحله اول کار روی شمش‌های فولادی به وزن ۷ تا ۲۰ تن: در این مرحله ابتدا شمش‌های گداخته را توسط نوردهای دو غلتکی به صورت صفحات تخت در می‌آورند و سپس آن‌ها را به قطعات مناسب برش داده و خنک می‌کنند. ناصافی گوشه آن‌ها نیز به وسیله مشعل‌های برش مخصوص از میان می‌رود. چنانچه از تختال و یا ورق‌های ضخیم برای تولید ورق‌های نازک استفاده شود این مرحله انجام نخواهد شد. زیرا همان تختال یا ورق ضخیم مورد استفاده محصول این مرحله است. (شکل ۱-۲۶)



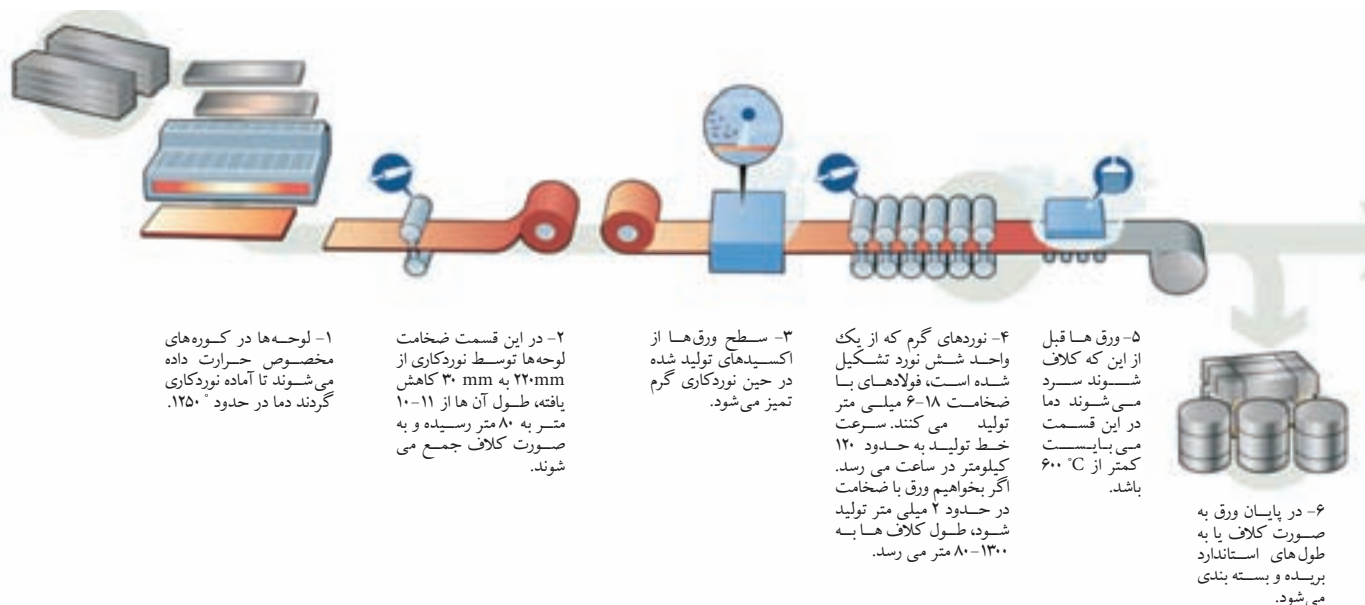
شکل ۱-۲۶

در مرحله دوم سه عمل تخت کردن - تمام کردن و پیچیدن به صورت رول توسط غلتک‌های مداوم انجام می‌گیرد. (شکل ۱-۲۷)



شکل ۱-۲۷

در این مرحله، ابتدا ورق‌های ضخیم از زیر نوردهای تخت کننده دو غلتکی و سپس از زیر نوردهای چهار غلتکی که با فاصله زیاد از یکدیگر قرار گرفته‌اند عبور می‌کنند. هنگام عبور ورق از زیر غلتک‌های گفته شده اکسید سطح آن‌ها با فشار آب ($80-100\text{ bar}$) شسته شده و پیوسته اکسید موجود در سطح ورق که در اثر غلتک کاری ایجاد شده است از بین می‌رود. نوردهای تمام کننده که با فاصله بسیار کمی از یکدیگر قرار گرفته‌اند (فاصله کم برای جلوگیری از حالت افتادگی ورق است). وظیفه تنظیم ضخامت و عرض ورق‌ها را به عهده دارند. نوردهای ردیف آخر صیقلی کردن و پرداخت نمودن سطح ورق‌ها را انجام می‌دهند ضخامت ورق‌هایی که در این مرحله به دست می‌آیند، بین $1/5$ تا 4 میلی‌متر و گرما آن‌ها بین 850 تا 870 درجه سلیسیوس است، که در این موقع، به صورت رول، پیچیده شده یا به قطعات استاندارد بریده می‌شوند. (شکل ۱-۲۸)



شکل ۱-۲۸

برای تهیه ورق‌های با ضخامت کم تر از $1/5$ میلی‌متر از غلتک کاری سرد استفاده می‌شود.

۱-۴-۶ نوردکاری سرد

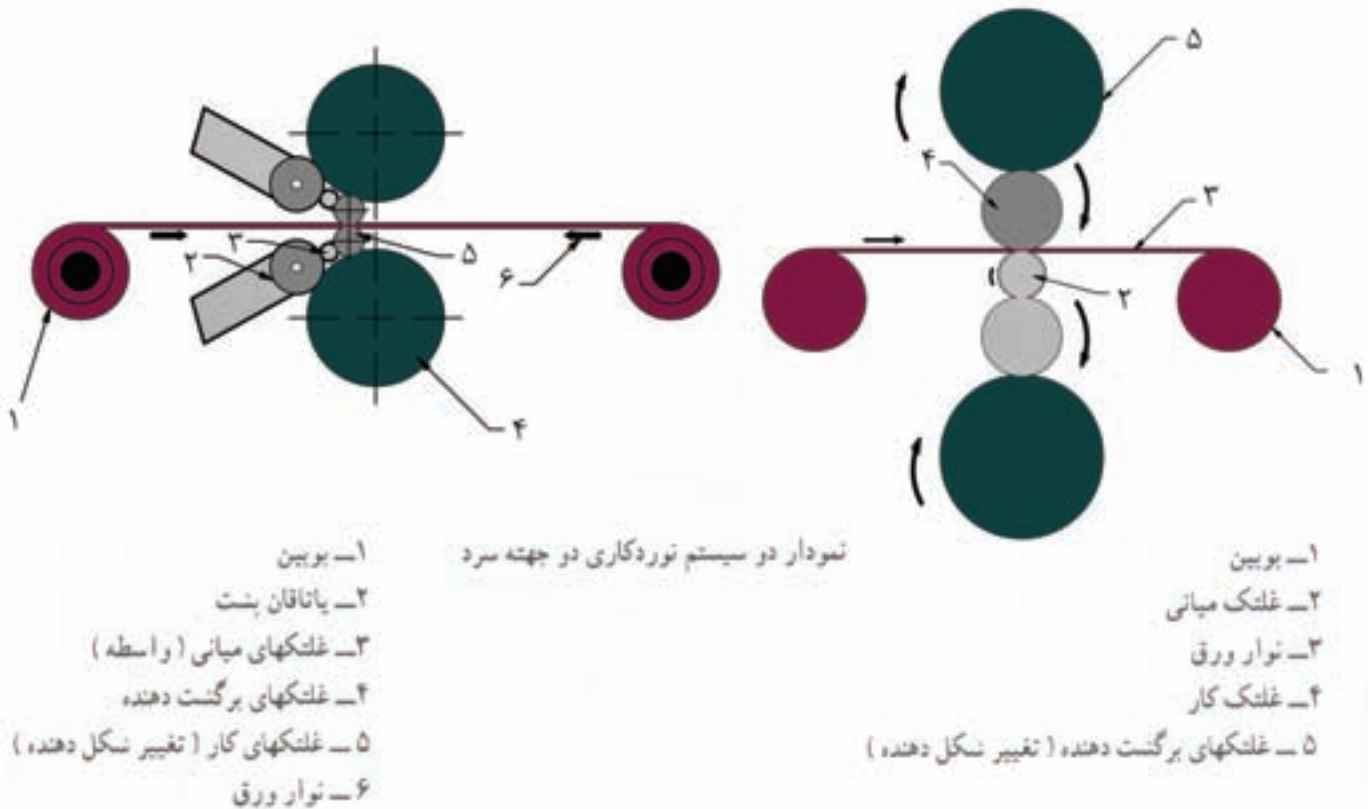
نوردهای سرد با نوردهای گرم تفاوت‌هایی دارد که یکی از آن‌ها آماده‌سازی قطعه قبل از نوردکاری است. به این منظور در نوردکاری سرد ابتدا باید سطح قطعه را آماده‌سازی نمود. مراحل آماده‌سازی به قرار زیر می‌باشد.

اکسید زدایی: این عمل به وسیله اسید سولفوریک رقیق (۲۰ تا ۲۲ درصد) در دمایی در حدود ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد انجام می گیرد.

شستشو با آب جاری: برای بر طرف کردن بقایای اسید انجام می شود.

خشک کردن سطح: که با دمیدن هوا صورت می پذیرد.

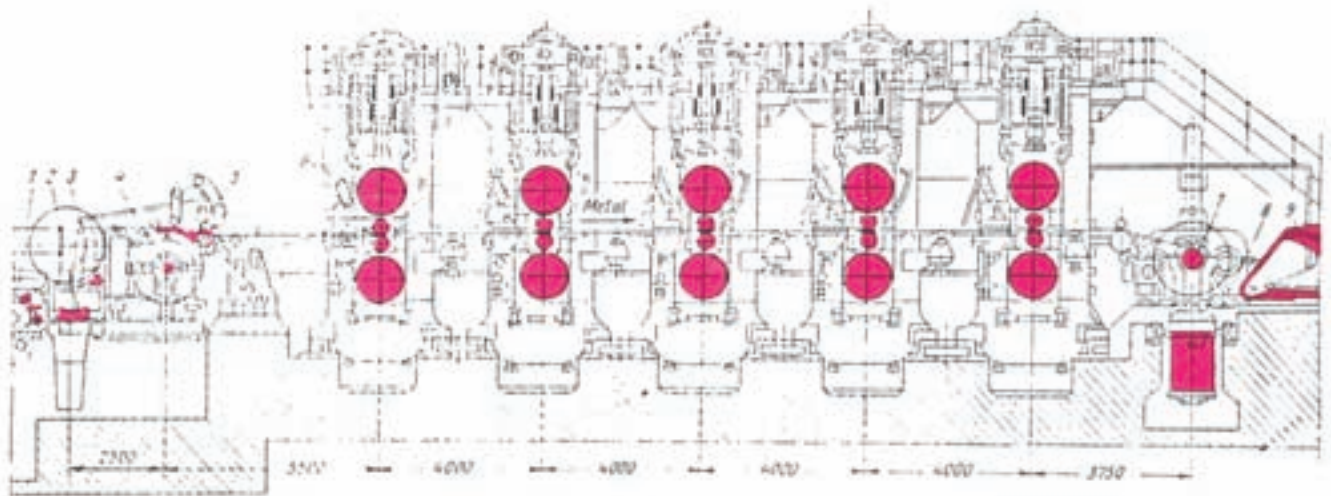
بازپخت قطعه: عمل بازسازی خواص قطعه در دمایی در حدود ۸۰۰ درجه سانتی گراد انجام می شود. بعد از آماده سازی سطح نوارهای ورق به طرف نوردهای متوالی هدایت می شود و نوردهای با یکی از دو روش زیر صورت می گیرد. نوردهای توسط غلتک های دو جهته: در این روش، نوار ورق که از قرقره باز می شود به طرف دستگاه نوردهای هدایت شده و ضمن عبور از زیر غلتک و کم تر شدن ضخامت آن در طرف دیگر پیچیده می شود. این عمل آن قدر ادامه می یابد تا ورق به ضخامت دل خواه برسد. (شکل ۱-۲۹)



شکل ۱-۲۹

نورد کاری یک جهته مداوم

تعداد غلتک‌های این دستگاه‌های نورد متفاوت است و نوار ورق به طور پیوسته از بین آن‌ها می‌گذرد و هنگام خروج به صورت رول پیچیده می‌شود و به این ترتیب ضخامت مورد نظر بایک بار عبور از بین نوردهای مذکور حاصل می‌گردد. ورق‌ها هنگام عبور از بین هر ماشین شستشو و خنک می‌شوند. همچنین بین هر ردیف از ماشین‌ها نیروی کششی متناسب با ضخامت ورق (به حدی که باعث پاره‌گی آن‌ها نگردد) وجود دارد. این نیروی کششی به طور یکنواخت وارد می‌شود تا در نتیجه ضخامت ورق در تمام قسمت‌های آن‌ها یکسان باشد. به این منظور بین هر ردیف از ماشین‌های غلتک دستگاه کشش سنج نصب شده است که به وسیله آن سرعت و کشش ماشین‌ها کنترل و تنظیم می‌گردد. (شکل ۱-۳۰)



شماطیک دستگاه نورد مداوم پنج نورده

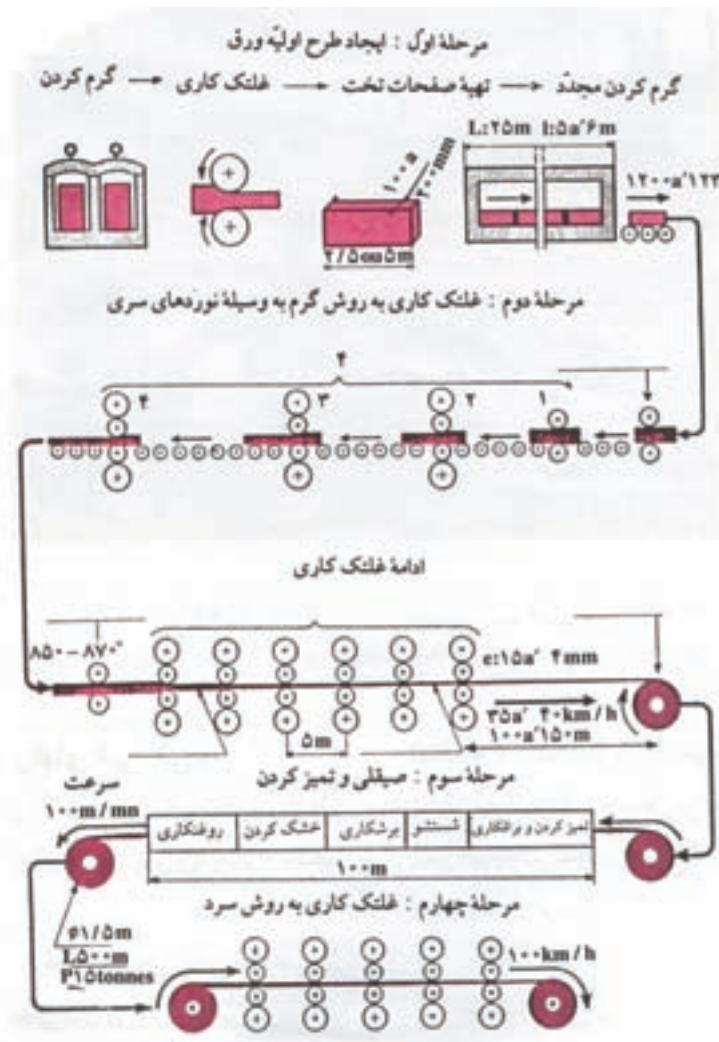
- | | | |
|-------------------------------|--|--------------------------|
| ۱- بوبینهای غلتک انتقال دهنده | ۲- تنظیم کننده ارتفاع ورق | ۳- ترمز |
| ۴- باز کننده بوبین | ۵- مغناطیس باز کننده بوبین | ۶- استاندارد (تغییر شکل) |
| ۷- ... | ۸- ماشین برای تغییر محل رولهای سرد شده | ۹- ماشین خارج کننده رول |

شکل ۱-۳۰

محاسن غلت کاری سرد: غلتک کاری ورق‌ها در حالت سرد محاسنی به شرح زیر دارد:

- تنظیم دقیق ابعاد نسبت به نوردکاری گرم
- تولید ورق‌ها با ابعاد کوچک‌تر نسبت به نوردگرم: به طوری که در این روش می‌توان ورق‌های به ضخامت کم‌تر از ۱/۵ میلی‌متر تولید کرد.

- تولید ورق‌های با سختی مختلف: زیرا در این روش کار مکانیکی سرد موجب تغییر شکل بلوری و خاصیت فیزیکی فولاد می‌شود و آن را سخت می‌کند.
 - عملیات حرارتی (برای نرم کردن ورق) و تکمیلی: نرم کردن ورق‌ها به وسیله حرارت ممکن است برای نوارهای پیچیده شده یا قطعات ورق که به اندازه‌های استاندارد بریده شده‌اند اجرا شود.
- عملیات حرارتی با استفاده از کوره‌های مختلف انجام می‌شود. پس از نرم کردن ورق آن‌را از یک شبکه تکمیل کننده که شامل قیچی کنار بر قیچی طول بر و ماشین‌های صافکاری است عبور می‌دهند. در شکل (۱-۳۱) مراحل انجام فرآیند عملیات حرارتی و تکمیلی تولید ورق‌های نازک نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۱

۱-۵ تولید ورق‌ها با پوشش فلزی

در صنعت علاوه بر ورق‌های آهنی و غیر آهنی در خیلی از موارد از ورق‌های پوشش داده شده استفاده می‌شود. معمولاً عمل پوشش دادن روی ورق‌های آهنی به منظور مقاوم کردن آن‌ها در مقابل عوامل جوئی و خوردنده صورت می‌گیرد. برای حفاظت ورق‌های ذکر شده موارد از فلز روی یا قلع، که در مقابل خورده گی مقاوم هستند استفاده می‌شود. متداول ترین روش های پوشش فلز شامل غوطه ور سازی و الکترولیز می باشد.

در این کتاب به طرز تهیه ورق‌های با پوشش روی، قلع و ورق‌های رنگی که در مجتمع فولاد مبارکه تولید می‌شود خواهیم پرداخت.

روش تهیه ورق‌ها با پوشش روی

این ورق‌ها که در صنعت به نام ورق‌های گالوانیزه می‌شناسند. تولید ورق گالوانیزه به عنوان یکی از روش‌های مؤثر و اقتصادی حفاظت از خوردگی ورق مطرح بوده و در صنایع مختلف استفاده می‌گردد. به عنوان مثال صنایع ماشین سازی، خودروسازی، لوازم خانگی و ساختمانی و صنایع فلزی به طور گسترده از ورق گالوانیزه استفاده می‌نمایند (شکل ۱-۳۲). یکی از روش های تولید ورق گالوانیزه غوطه وری داغ می باشد.



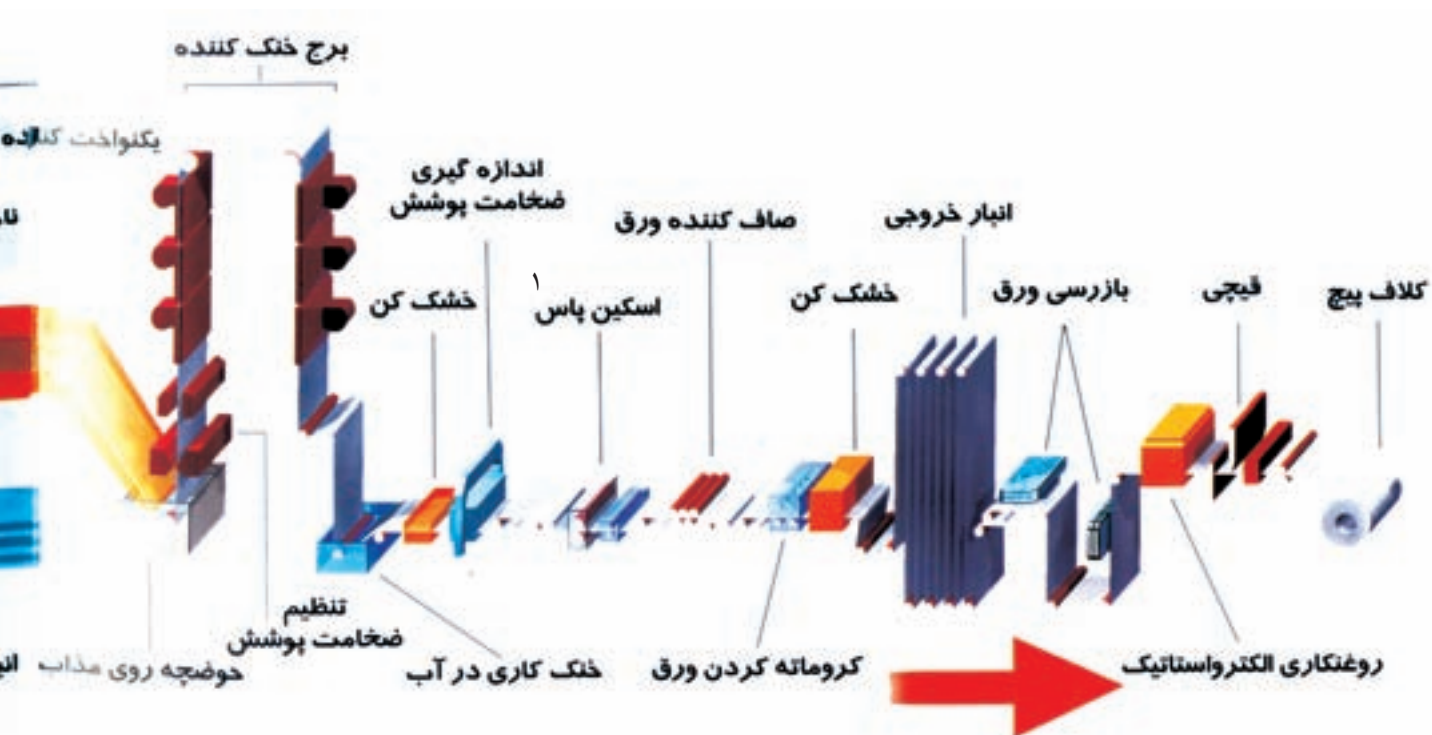
شکل ۱-۳۲

تولید ورق گالوانیزه مجتمع فولاد مبارکه اصفهان از این روش استفاده می‌شود. مزیت این روش گالوانیزه بر روش‌های دیگر مقرون به صرفه بودن امکان ایجاد ضخامت‌های بالای پوشش استحکام بالا و چسبندگی مناسب پوشش گالوانیزه به فولاد پایه می‌باشد. کلاف‌های ورودی از خطوط نورد سرد در ابتدای خط گالوانیزه به یکدیگر جوش خورده و به صورت یک نوار پیوسته شارژ خط می‌شود. در قسمت شستشوی سطح ورق توسط چربی زدائی با مواد قلیایی، برس زنی و شستشو با آب گرم تمیز شده و سپس با هوای داغ خشک می‌شود. سپس کلاف تمیز شده وارد کوره‌های آنیل با آتمسفر محافظ می‌شود. ورق سه مرحله پیش گرم، و پس از پیش گرم و پس از گرم کردن و هم دمائی متناسب با کاربرد محصول آنیل شده و توسط سیستم خنک کننده دمای آن برای ورود به حمام مذاب روی تنظیم می‌گردد. با خروج از حمام مذاب روی توسط جت هوا ضخامت

پوشش تنظیم می‌شود. با دمش هوا دمای ورق را تا حدودی کاهش داده و پس از پاشش آب ورق وارد مخزن آب سرد شده و به دمای محیط می‌رسد. پس از این مرحله با دمش هوای گرم ورق کاملاً خشک می‌شود. شایان ذکر است ضخامت پوشش ورق توسط دستگاه ضخامت‌سنج کنترل شده صافی سطح وزبری دل‌خواه توسط نورد پوسته‌ای روی ورق اعمال می‌گردد. به منظور جلوگیری از شوره زدن ورق گالوانیزه حین نگهداری در انبار عملیات کروماته روی آن انجام می‌شود یعنی لایه نازکی از محلول‌های حاوی کرم روی سطح ورق نشانده شده و خشک می‌گردد. پس از بازرسی ورق در صورت نیاز مشتری روغن محافظ توسط دستگاه روغن کاری الکترو استاتیک بر سطح ورق پاشیده می‌شود. برای تداوم عملیات پوشش بر روی سطح ورق در هر دو قسمت ورودی و خروجی خط برج ذخیره‌کننده ورق در نظر گرفته شده است. کلاف گالوانیزه تولیدی پس از بسته‌بندی به بازار عرضه می‌گردد. شکل (۱-۳۳) مراحل خط تولید ورق‌های گالوانیزه را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. در جدول (۱-۲) مشخصات ورق‌های گالوانیزه تولیدی توسط شرکت فولاد مبارکه اصفهان آورده شده است.

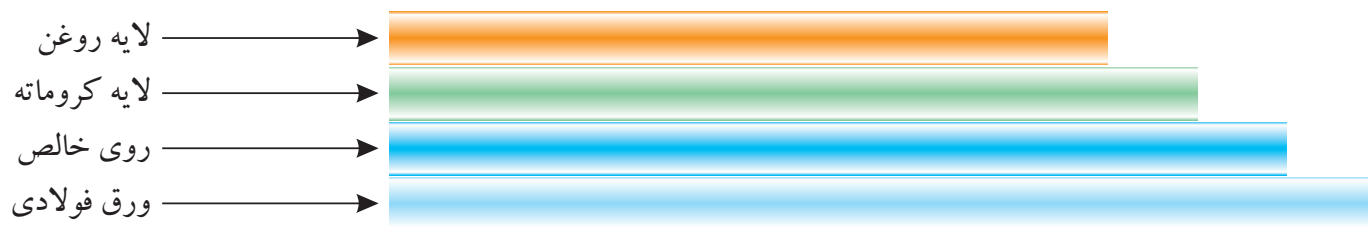
جدول ۱-۲

روش تولید	غوطه وری گرم به صورت مداوم
نوع ورق ورودی	کلاف سرد خام
ضخامت ورق	۰/۲۵ تا ۲ میلی‌متر
عرض ورق	۷۵۰ تا ۱۵۱۰ میلی‌متر
قطر داخلی کلاف خروجی	۵۰۸ یا ۶۱۰ میلی‌متر
قطر خارجی کلاف خروجی	۹۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر
وزن پوشش گالوانیزه	مجموع وزن پوشش برای هر ده متر سطح ۱۰۰ تا ۳۵۰ گرم بر متر مربع
لایه روغن	حداکثر ۲ گرم بر متر مربع
ظرفیت تولید	۲۰۰ هزار تن در سال
کیفیت ظاهری سطح	معمولی، بهبود یافته



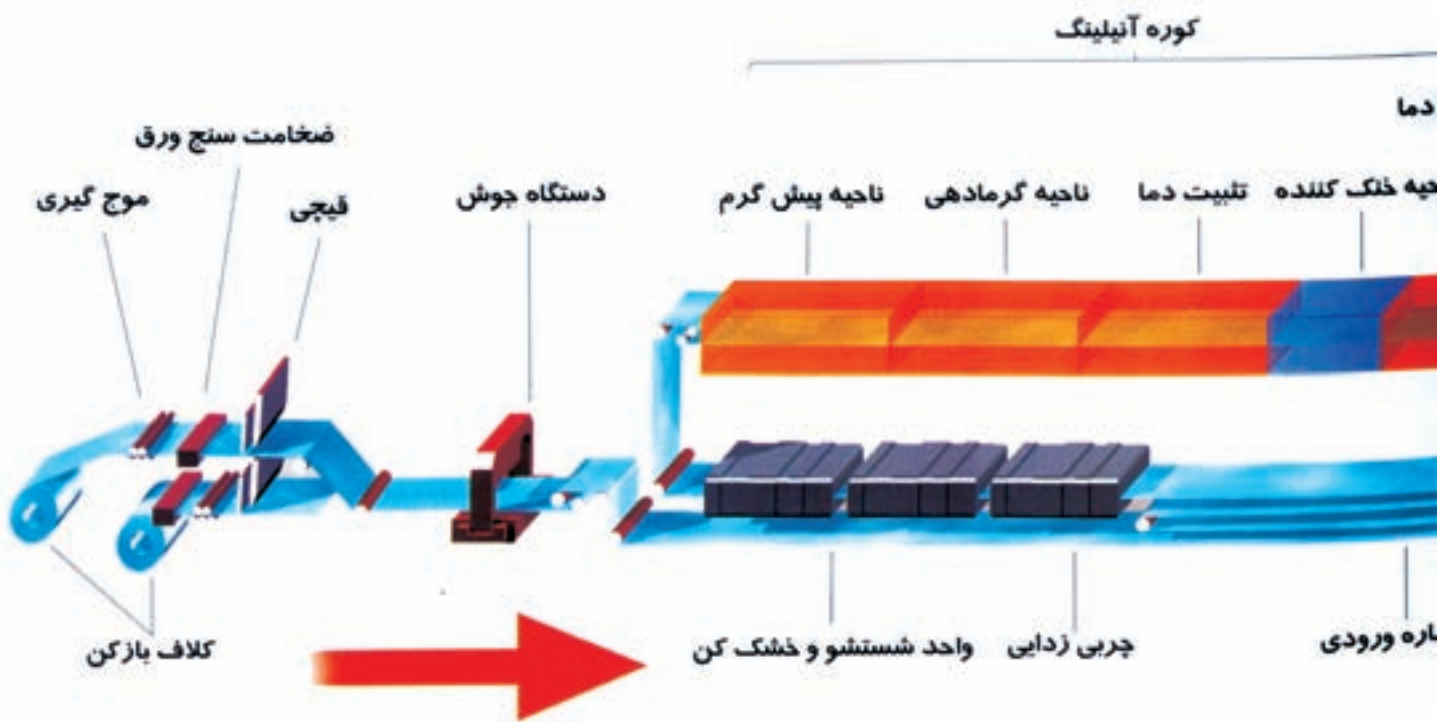
شکل ۳۳-۱ خط تولید ورق گالوانیزه

در شکل (۳۴-۱) لایه‌های تشکیل دهنده ورق گالوانیزه را به صورت شماتیک مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۴-۱

۱- Skin Pass (اسکین پاس): عملیات یا پاس تکمیلی است که در فرآیند تولید ورق‌هایی که قرار است روکش کاری شوند، به منظور افزایش کیفیت سطح انجام می‌شود.



کاربرد ورق‌های گالوانیزه

- سقف‌های فلزی، پانل‌ها و تابلوهای برق، سینی کابل
- قطعات لوازم خانگی مانند: یخچال، لباس‌شوئی، ماکروویو
- تجهیزات آشپزخانه مانند: کابینت
- مخازن ذخیره آب
- مجراهای هوا و دودکش
- ناودان‌ها و لوله‌ها
- سازه‌های گوناگون، سازه‌های فضایی و انبارها
- اجزای ماشین‌های کشاورزی
- قطعات خودرو و اجزای داخلی آن

ورق‌های قلع‌اندود

ورق قلع‌اندود به‌علت خاصیت مهم حفظ و نگهداری مواد غذایی و سایر محصولات دارای کاربردهای زیادی است که با توجه به شرایط فرم‌پذیری عالی و عدم شکنندگی

آن در حمل و نقل غالباً در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی، شیمیایی، دارویی، رنگ‌ها و با درصد کمی نیز در ساخت سایر مصنوعات از قبیل فیلتر روغن، گازوئیل، هوا و آب برای کامیون و اتوبوس و ماشین‌آلات سنگین اتومبیل سواری و صنایع اسباب‌بازی و باتری‌سازی و غیره به کار می‌رود.

کاربرد ورق‌های قلع‌اندود

- قوطی‌های روغن، مواد غذایی و غیر غذایی در اشکال مختلف
 - قوطی‌های نوشابه به صورت دو تکه و سه تکه
 - دبه، بشکه، سطل
 - درب شیشه و بطری
 - سینی‌های پخت
 - صفحه‌های چاپ
 - پانل‌های سقفی
 - واشرها و فیلترها و سایر مصنوعات
- بعضی از این محصولات را در شکل‌های (۱-۳۶) و (۱-۳۷) مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۳۷



شکل ۱-۳۶

۱-۵-۲ نحوه تولید ورق قلع‌اندود

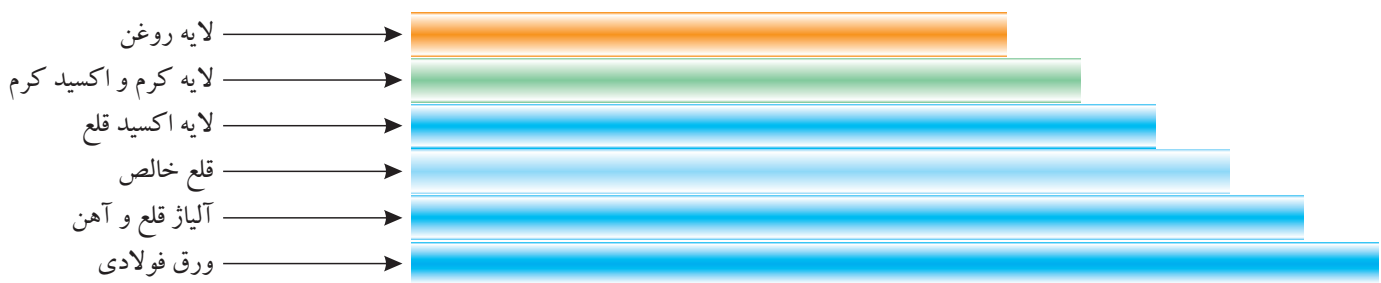
خط تولید ورق قلع‌اندود فولاد مبارکه اصفهان بر اساس روش الکترولیت اسیدی با محلول فرو استان طراحی گردیده که در این روش ورق پس از عبور از حوضچه‌های

شستشوی الکترولیتی و شسته شدن با آب و عبور از حوضچه اسیدشویی الکترولیتی و دو مرحله شستشو با آب وارد حوضچه‌های محتوی محلول الکترولیت شده و طی ۵ مرحله در حالی که شمش خالص قلع آند و ورق، کاتد را تشکیل می‌دهد به روش الکترولیتی هر دو سطح ورق قلع اندود می‌گردد. در این خط امکان پوشش‌دهی قلع با ضخامت‌های متفاوت در دو سطح ورق نیز وجود دارد. پس از انجام عملیات پوشش‌دهی قلع ورق با عبور از کوره‌ای به نام کوره مافل تا گرمای بالای نقطه ذوب قلع (۲۳۲ درجه سلیسیوس) داغ می‌شود و سپس در حوضچه‌ای سریعاً سرد می‌گردد که علاوه بر چسبندگی قلع باعث درخشندگی سطح ورق می‌گردد. ورق قلع اندود شده سپس به منظور رسوب دادن لایه‌ای از کرم بر روی آن از یک حوضچه عملیات شیمیائی عبور داده می‌شود. این عمل برای جلوگیری از اکسیداسیون بیش‌تر و تغییر رنگ سطح ورق در طول نگهداری در انبار انجام می‌گردد. ضمن این که چسبندگی رنگ و لحیم‌کاری را افزایش می‌دهد.

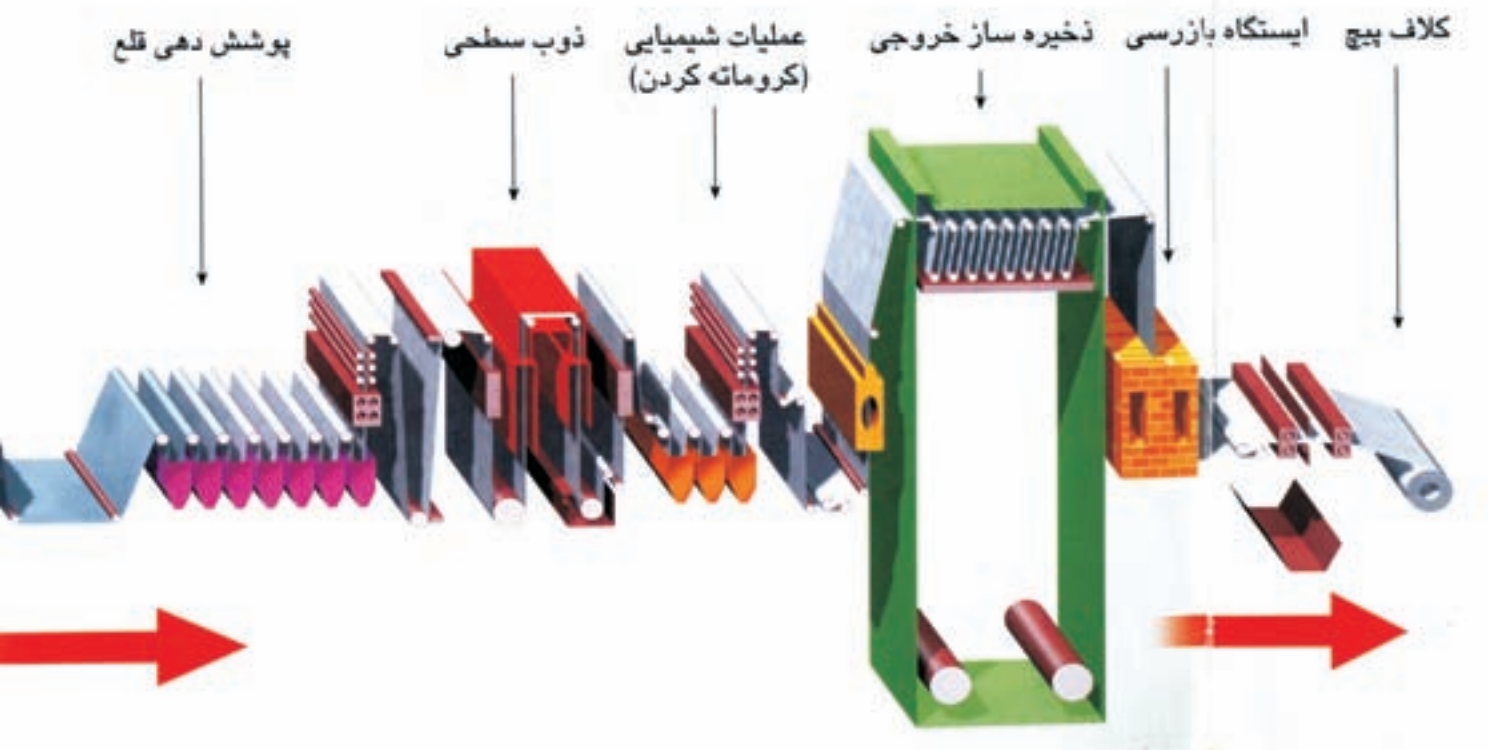
در پایان این مرحله و پس از شستشوی ورق با آب و خشک شدن با هوای گرم عمل روغن زنی به روش الکترواستاتیک به منظور محافظت ورق از آسیب‌های هنگام بسته‌بندی و حمل و نقل در حد لایه بسیار نازکی بر روی هر دو سطح ورق صورت می‌گیرد. برای تداوم عملیات قلع اندود در هر دو قسمت ورودی و خروجی خط برج ذخیره کننده ورق در نظر گرفته شده است. محصولات این خط به صورت کلاف یا ورق به بازار مصرف عرضه می‌گردد.

در شکل (۱-۳۸) خط تولید پوشش‌دهی قلع اندود را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

در شکل (۱-۳۹) لایه‌های مختلف ورق‌های قلع اندود را نشان می‌دهد.



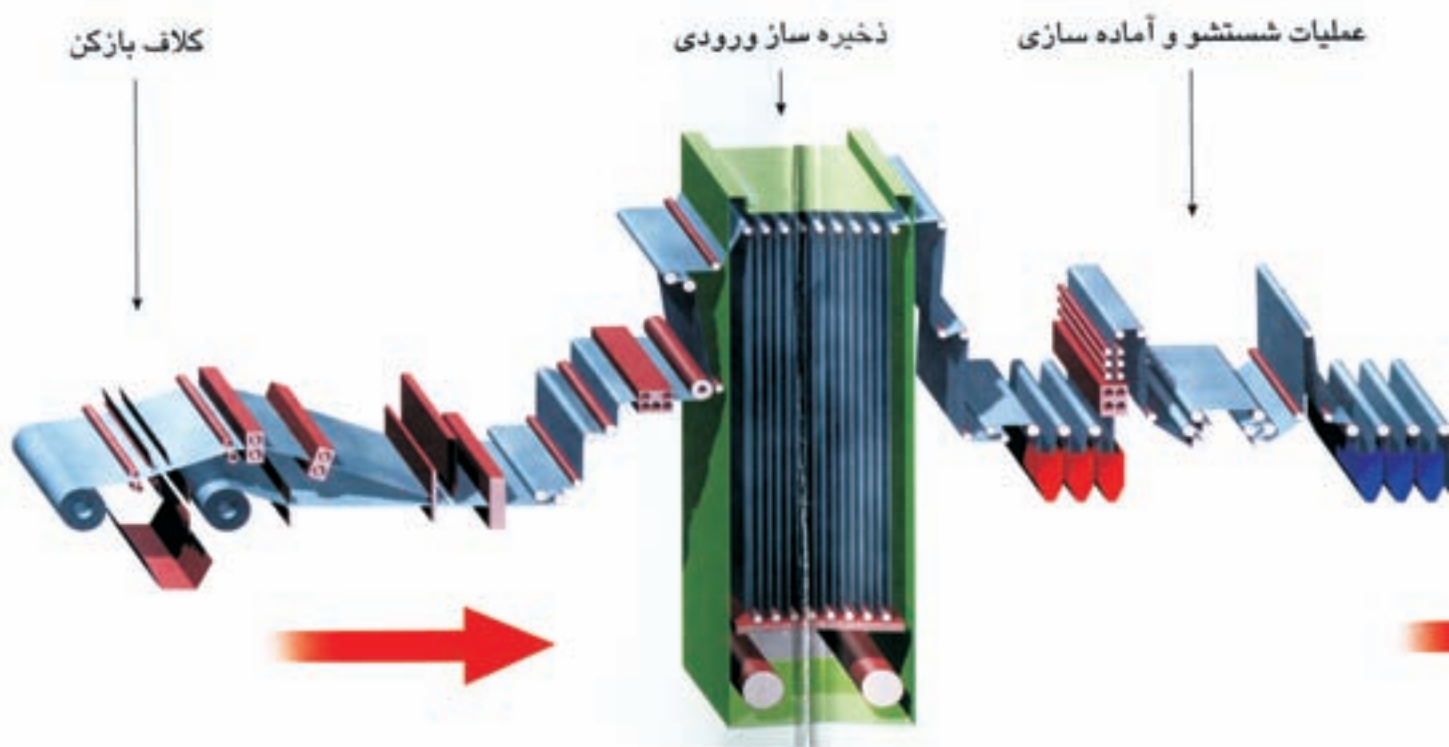
شکل ۱-۳۹



شکل ۳۸-۱ خط تولید ورق قلع اندود

در جدول (۳-۱) مشخصات تولیدی ورق های قلع اندود شرکت فولاد مبارکه اصفهان را مشاهده می کنید.

جدول ۳-۱	
ظرفیت تولید	۱۰۳۰۰۰ تن در سال
ضخامت ورق	۰/۱۸ تا ۰/۴ میلی متر
عرض ورق (کلاف)	۶۰۰ تا ۱۰۳۰ میلی متر
عرض ورق (بسته)	۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی متر
قطر داخلی کلاف	۴۲۰ میلی متر
قطر خارجی کلاف	حداکثر ۲۰۰۰ میلی متر
وزن کلاف	متناسب با عرض کلاف ۲ تا ۱۶ تن
وزن بسته ورق	۱ تا ۲ تن
وزن پوشش قلع (یک سطح ورق)	۲/۸ تا ۱۵/۲ گرم بر متر مربع
لایه روغن	۴ تا ۸ میلی گرم بر متر مربع
لایه خنثی	۱ تا ۸ میلی گرم بر متر مربع



۱-۵-۳ ورق‌های رنگی



شکل ۴۰-۱



شکل ۴۱-۱

خط تولید ورق رنگی مجتمع فولاد مبارکه اصفهان در امتداد خط گالوانیزه واقع می‌باشد و به صورت خط پوشش‌دهی غلتکی طراحی گردیده است. از مزایای این خط سرعت بالا مصرف رنگ کم و سازگاری با محیط زیست می‌باشد. در این روش کلاف گالوانیزه یا کلاف نورد سرد اسکین شده به صورت پیوسته وارد بخش آماده‌سازی ورق می‌شود و طی مراحل مختلف تولید به بازار عرضه می‌گردد. (شکل ۴۰-۱ و ۴۱-۱)

فیلم محافظ

پوشش نهایی نك و فیلم

آستر

پوشش شیمیایی

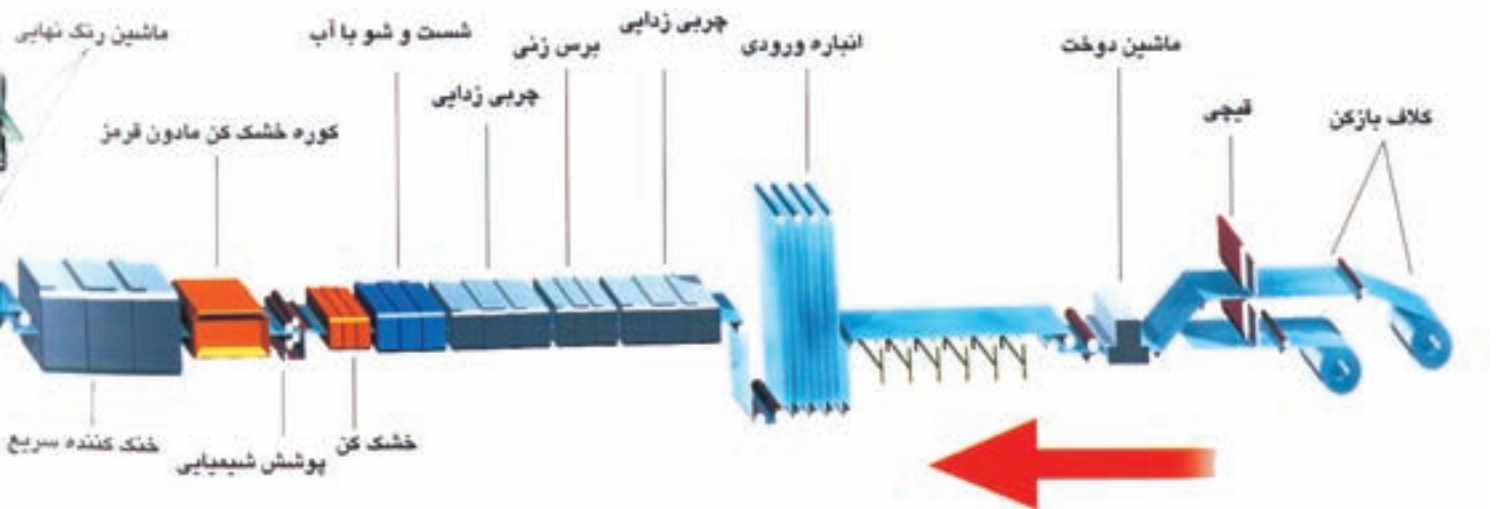
زیر لایه

(کلاف گالوانیزه یا کلاف سراسکین)

۴۲۱۱۳۸

کاربرد ورق‌های رنگی

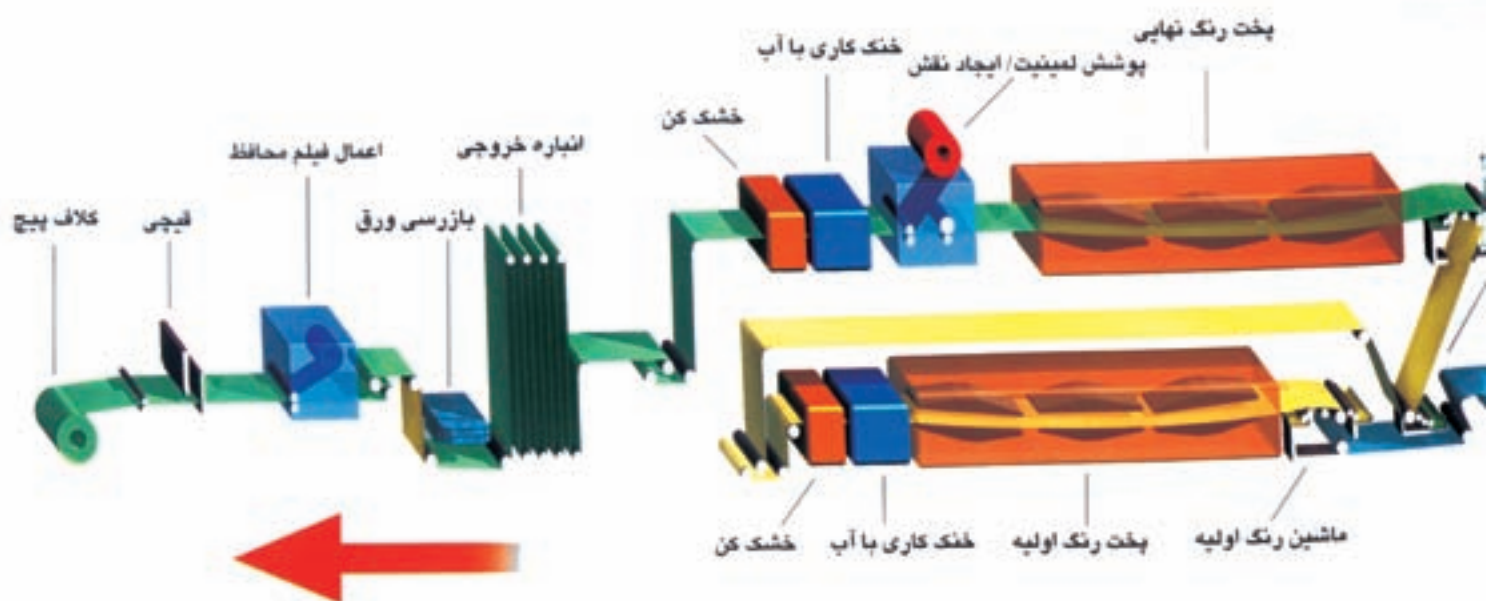
صنایع ساختمانی، سقف وبدنه انبارها و کارگاه‌ها، سقف کاذب، نمای داخلی وخارجی ساختمان‌ها، لوازم خانگی، بدنه خارجی یخچال، آبگرمکن، اجاق گاز، ماشین لباسشویی، صنایع فلزی، کابینت، تجهیزات اداری، پارتیشن، بدنه کامپیوتر، تابلوهای برق، سیستم‌های تهویه، صنعت حمل ونقل، ساخت کانتینر، سردخانه‌ها و کاروان‌های ثابت ومتحرک و...



28

ارزشیابی فصل اول

- ۱- چند نمونه از کاربرد نیم ساخته‌های فلزی را در صنایع مختلف نام ببرید.
- ۲- تقسیم بندی ورق‌های فلزی را از نظر ضخامت بنویسید.
- ۳- طرز تهیه ورق‌های فلزی ضخیم، متوسط و نازک را بنویسید.
- ۴- در اثر عمل نورد کاری چه تغییری در ساختار فلز بوجود می‌آید.
- ۵- طرز تهیه ورق‌های گالوانیزه را شرح دهید.
- ۶- برخی از کاربردهای ورق‌های گالوانیزه را بنویسید.
- ۷- طرز تهیه ورق‌های قلع اندود را شرح دهید.
- ۸- برخی از کاربردهای ورق‌های قلع اندود را نام ببرید.
- ۹- طرز تهیه ورق‌های رنگی را شرح دهید.
- ۱۰- برخی از کاربردهای ورق‌های رنگی را نام ببرید.
- ۱۱- لایه‌های مختلف تشکیل دهنده ورق‌های رنگی را با رسم شکل توضیح دهید.



۱۲- کدام گزینه جز تقسیم بندی استاندارد DIN در خصوص ضخامت ورق های فلزی نمی باشد؟

- | | |
|-------------------|----------------------|
| الف- ورق های نازک | ب- ورق های متوسط |
| ج- ورق های ضخیم | د- ورق های خیلی ضخیم |

۱۳- هدف از عمل نرمالیزه کردن در تولید ورق های فولادی کدام گزینه می باشد؟

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| الف- پیرسختی | ب- سخت کردن |
| ج- برگشت دادن از سختی | د- آماده سازی جهت تغییر شکل |

۱۴- در نوردکاری گرم، خنک کاری غلتک ها توسط کدام یک از موارد زیر انجام می شود؟

- | | |
|---------------|--------------|
| الف- آب صابون | ب- روغن |
| ج- هوای فشرده | د- پاشیدن آب |
- ۱۵- اثر بیش از حد نیروی کشش در عمل نوردکاری کدام است؟

- | | |
|-------------------|-----------------------------|
| الف - پاره گی فلز | ب- سرعت عمل نوردکاری |
| ج- سختی بیش از حد | د- تغییر شکل بیش از حد لازم |

فصل دوم

برشکاری در صنعت ورق کاری

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- روش‌های برشکاری را طبقه‌بندی کند.
- ۲- قلم‌کاری را تعریف کرده و انواع قلم را نام ببرد
- ۳- اصول قیچیکاری را بیان کند.
- ۴- انواع قیچی‌ها را طبقه‌بندی کند.
- ۵- کاربرد قیچی‌های نیبلر را بیان کند.
- ۶- کاربرد قیچی‌های گیوتین را بیان کند.

۲- برشکاری

در صنعت یکی از اساسی ترین عملیات تولید برشکاری می باشد. با آگاهی از اصول برشکاری و استفاده از روش های مختلف آن می توان در فرآیند تولید قطعات را در ابعاد گوناگون برشکاری نموده و مورد استفاده قرار داد. جدا کردن قطعات از یکدیگر را برش کاری گویند.

۲-۱ روش های برشکاری

روش های برشکاری به دو گروه عمده تقسیم می شود:

الف) برشکاری حرارتی:

برشکاری حرارتی را می توان به سه دسته تقسیم نمود:

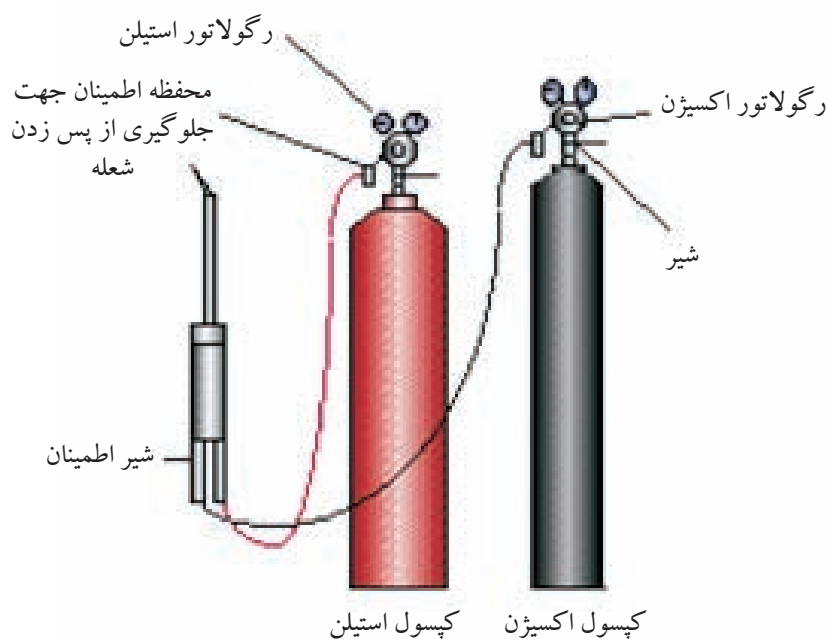
۱- برشکاری با گاز (شعله)

۲- برشکاری با قوس الکتریکی

۳- برشکاری با اشعه

۱- **برشکاری با گاز (شعله گاز):** در این فرآیند برشکاری از اختلاط دو نوع گاز استفاده می شود تا از دمای حاصل از سوختن آن ها قطعات را ذوب و اقدام به عمل برشکاری نمود. فرآیند شامل یک گاز سوختنی مانند استیلن، هیدروژن و یا پروپان و اختلاط آن با اکسیژن دمایی حاصل می شود که ورق های فولادی را به راحتی و با کیفیت عالی برش می دهد. با توجه به ترکیب نوع گاز سوختنی با اکسیژن (اکسی) نام فرآیند مشخص می گردد. متداول ترین روش برشکاری گاز ترکیب گاز اکسیژن با گاز استیلن می باشد که برشکاری اکسی استیلن نامیده می شود. دمای حاصل از

سوختن این دو گاز به حدود ۳۲۰۰ درجه سانتی گراد می‌رسد. از این فرآیند برای برشکاری ورقه‌های فولادی استفاده می‌شود. با افزایش درصد کربن در فولادها کیفیت برشکاری کاهش می‌یابد. تجهیزات این فرآیند شامل کپسول‌های اکسیژن و استیلن، مشعل برشکاری، ریگلاتورهای اکسیژن و استیلن، و شیلنگ‌های اکسیژن و استیلن می‌باشد. این فرآیند به صورت دستی، و یا ماشینی به کار برده می‌شود. در درس تکنولوژی جوش گاز با این فرآیند بیش‌تر آشنا خواهید شد. در شکل‌های (۱-۲) تا (۳-۲) تجهیزات و انواع برشکاری گاز را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۲ تجهیزات برش اُکسی استیلن دستی

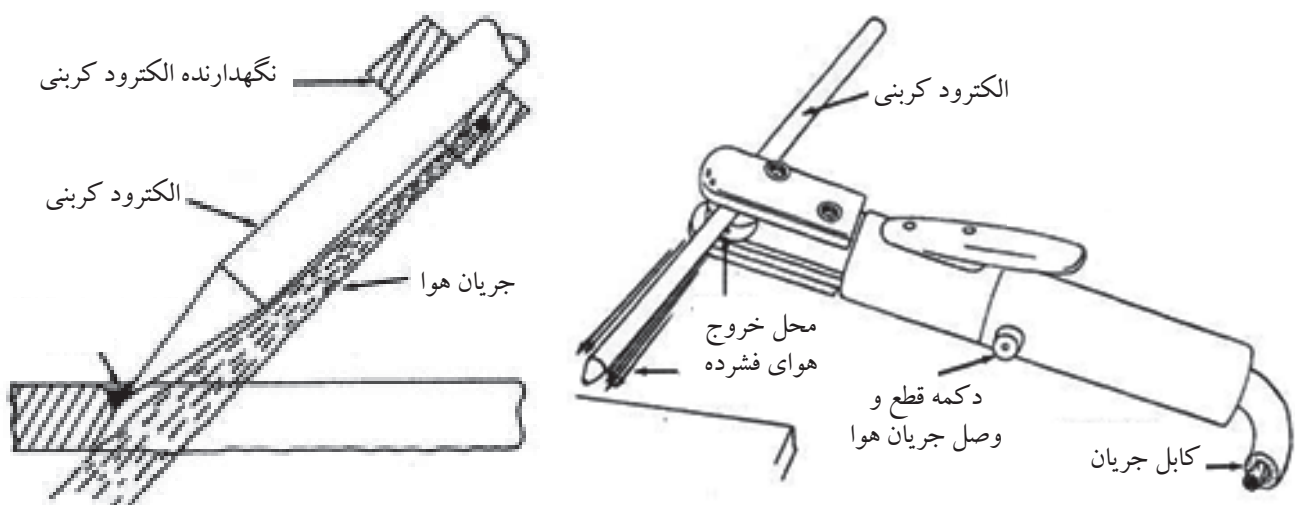


شکل ۳-۲ برشکاری ماشینی



شکل ۲-۲ برشکاری دستی

۲- برشکاری با قوس الکتریکی: در فرآیندهای برشکاری به وسیله قوس الکتریکی از خاصیت جریان الکتریکی استفاده کرده و با استفاده از انرژی گرمائی حاصله می‌توان ورقه‌های فلزی مختلف را برشکاری نمود. روش‌های متداول برشکاری با قوس الکتریکی شامل برشکاری با الکتروود دستی، برشکاری به وسیله قوس پلاسما و گوجینگ را نام برد از فرآیند گوجینگ برای تعمیرات در قطعات جوشکاری شده استفاده شده و عیوب به وجود آمده در حین فرآیند تولید را با ایجاد شیار در قطعه رفع می‌نمایند. (شکل ۲-۴)



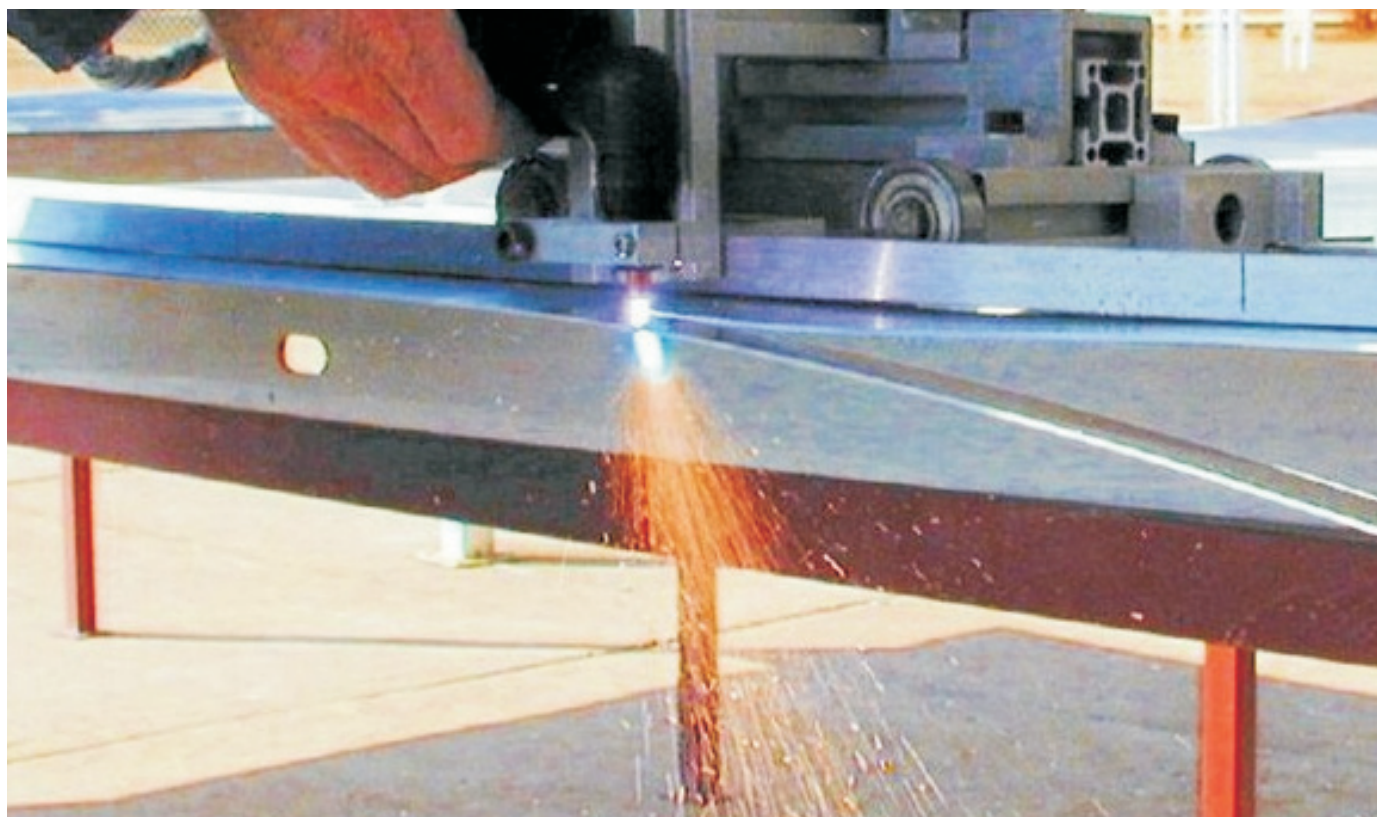
شکل ۲-۴ فرآیند گوجینگ



شکل ۲-۵ برشکاری با الکتروود دستی

برشکاری با الکتروود روپوش‌دار: در این روش برشکاری از الکتروودهای روپوش‌دار برای برش قطعات استفاده می‌شود. شکل ظاهری این الکتروودها همانند الکتروودهای جوشکاری می‌باشد. ولی در روپوش آن‌ها از موادی که اصطلاحاً مواد پر فشار می‌گویند استفاده می‌شود که می‌تواند در آمپرهای پایین عمل برشکاری را انجام دهد. (شکل ۲-۵)

برشکاری به وسیله قوس پلاسما: این روش برشکاری قوسی امروزه کاربرد وسیعی در صنایع پیدا نموده است و در آن از یونیزه کردن و شکستن مولکولهای گاز استفاده نموده و از دمای حاصله می توان قطعات با جنسهای مختلف را برشکاری نمود. از گازهای آرگون، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن و یا ترکیب آنها با یکدیگر به عنوان گاز پلاسما استفاده می شود. (شکل ۶-۲)



شکل ۶-۲ برشهای با قوس پلاسما

برشکاری با اشعه: متداولترین روش برشکاری با اشعه برشکاری لیزر می باشد. در این روش از تمرکز بالای انرژی در یک نقطه استفاده کرده و می توان با دقت و سرعت بالا قطعات را برشکاری نمود. (شکل ۷-۲)



شکل ۷-۲

در جدول (۱-۲) مورد استفاده و کاربرد روش‌های مختلف برشکاری حرارتی برای مقایسه با یکدیگر برای جنس‌های متفاوت فلزی آورده شده است.

جدول ۱-۲

برشکاری لیزر	برشکاری پلاسما	برشکاری با گاز	مواد
تا ۱۵ میلی‌متر	تا ۱۵۰۰ میلی‌متر	۵۰۰ میلی‌متر	فولاد کم کربن و کم آلیاژ
۱۵ میلی‌متر	تا ۱۲۵ میلی‌متر	قابل برشکاری نیست	فولاد زنگ‌نزن
تا ۶ میلی‌متر	تا ۱۰۰ میلی‌متر	قابل برشکاری نیست	آلومینیوم
قابل برشکاری نیست	تا ۲۰ میلی‌متر	قابل برشکاری نیست	مس
تا ۳۰ میلی‌متر	قابل برشکاری نیست	قابل برشکاری نیست	مواد غیر فلزی

۲-۱-۲ برشکاری مکانیکی:

برشکاری مکانیکی شامل دو گروه اصلی می‌باشد:

- ۱- برشکاری به روش براده‌برداری شامل انواع اره‌ها، قلم‌کاری و ماشین‌کاری می‌باشد.
- ۲- برشکاری به روش بدون براده‌برداری، این روش شامل انواع قیچی‌ها، گیوتین‌ها و پرس‌ها می‌باشد.

(۱) برشکاری با روش براده‌برداری:

الف. برشکاری با انواع اره‌ها: از انواع اره‌ها برای برش قطعات در صنایع مختلف استفاده می‌شود. در صنایع فلزی متداول‌ترین اره‌های مورد استفاده شامل اره دستی، اره لنگ، اره آتشی، اره دیسکی، اره صابونی، اره نواری در شکل‌های (۲-۸) تا (۲-۱۴) انواع مختلف اره‌ها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۱۰ اره لنگ



شکل ۲-۹ اره دستی



شکل ۲-۸ برش با اره



شکل ۲-۱۴ اره آتشی



شکل ۲-۱۳ اره دیسکی



شکل ۲-۱۲ اره آب‌صابونی



شکل ۲-۱۱ اره نواری

ب- ماشینکاری

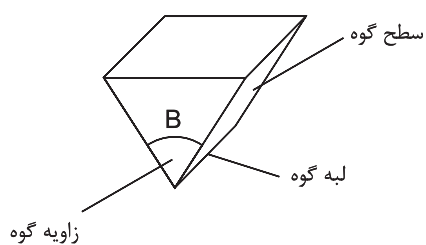
به وسیله ماشینکاری در صنعت می‌توان عمل برشکاری روی قطعات را انجام داد از ماشین‌های افزار مانند دستگاه تراش، فرز، ویا صفحه تراش برای برشکاری استفاده می‌شود. (شکل ۲-۱۵)



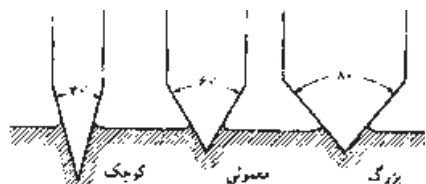
شکل ۲-۱۵ برش به وسیله ماشینکاری

ج- قلم کاری

در صنعت برای ایجاد تغییر فرم در قطعات جهت براده بردای از وسایلی به نام قلم استفاده می شود. این وسیله به منظور قطع کردن و یا ایجاد تغییر فرم در قطعات استفاده می گردد. لبه این گونه وسایل را برای صرفه جویی در نیرو و سهولت عمل بشکل گوه می سازند. گوه یکی از ابتدائی ترین ابزارهایی است که بشر اختراع نموده است، گوه از دو سطح شیب دار متصل به هم تشکیل شده است. (شکل ۱۶-۲)



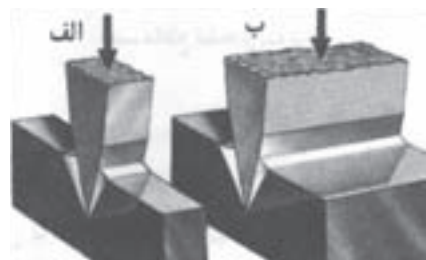
شکل ۱۶-۲



شکل ۱۷-۲ شکل نفوذ گوه در چوب

زاویه بین دو سطح گوه را زاویه گوه و محل تلاقی آن ها را سطح برنده گویند.
- سؤال: اگر دو گوه یکی با زاویه کوچک و دیگری با زاویه بزرگ تر را انتخاب کرده و بخواهیم با نیروی معینی آن ها را در یک قطعه چوب وارد نمائیم فکر می کنید کدام یک راحت تر انجام می شود؟ (شکل ۱۷-۲)

در صوتی که بخواهیم همین عمل را برای بریدن یک قطعه فولادی انجام دهیم به نیروی بیش تری نیاز خواهیم داشت و همچنین گوه با زاویه کوچک تر توان تحمل نیروی خارجی زیاد را نداشته و امکان دارد که لبه برنده آن کج شده یا بشکند برای جلوگیری از این عمل گوه با زاویه بزرگ تر می تواند مناسب بوده و نیروی لازم جهت بریدن قطعه فولادی را به خوبی تحمل نماید. لذا برای بریدن و براده برداری باید زاویه گوه را طوری انتخاب نمود که علاوه بر تحمل نیروی برش از نظر صرفه جویی در مقدار نیرو و سهولت عمل نیز مناسب باشد. (شکل ۱۸-۲)



شکل ۱۸-۲ شکل نفوذ گوه در فولاد

بدیهی است که جنس گوه بایستی همیشه سخت تر از جنس کار باشد. شکل (۱۹-۲) مورد استفاده گوه را در بعضی از ابزارهای براده برداری نشان می دهد.



شکل ۱۹-۲ بعضی وسایل برنده که در آن ها گوه به کار رفته است (مته، اره، قلم، قیچی و...)

زوایای براده‌برداری، علاوه بر زاویه گوه زوایای دیگری نیز در براده‌برداری نقش دارند این زوایا را در شکل (۲۰-۲) مشاهده می‌نمائید.

زاویه گوه، β (بتا)، زاویه بین دو سطح شیب‌دار را زاویه گوه گویند.

زاویه براده، γ (گاما)، زاویه بین سطح براده (سطحی که براده روی آن حرکت می‌کند) و صفحه عمود بر سطح کار را زاویه براده نامند.

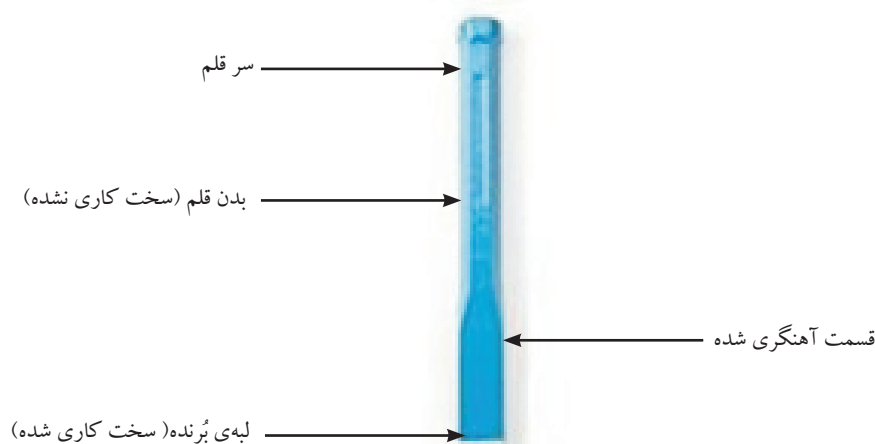
زاویه آزاد، α (آلفا)، زاویه بین سطح آزاد گوه و سطح براده‌برداری شده را زاویه آزاد گویند در شکل (۲۰-۲) این زوایا را مشاهده می‌کنید.

زاویه برش δ (دلتا)، مجموع زوایای آزاد و گوه را زاویه برش گویند.

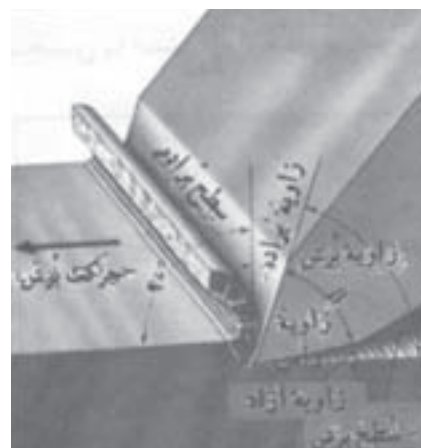
$$\delta = \beta + \alpha$$

این زاویه در اکثر وسایل براده‌برداری کوچک‌تر از ۹۰ درجه بوده ولی در شابر زدن همیشه بزرگ‌تر از ۹۰ درجه می‌باشد.

با وسیله قلم کاری می‌توان کارهایی مثل بریدن (قطع کردن)، پراندن سر میخ پرچ‌ها، براده‌برداری از سطح کار یا ایجاد شیار و تمیز کاری درزهای جوشکاری و قطعات ریخته‌گری شده انجام داد. ابزاری که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد قلم نام داشته و نیروی لازم برای قلم کاری دستی را معمولاً به وسیله ضربات چکش تأمین می‌کنند. قلم از سه قسمت اصلی لبه برنده - بدنه و سر تشکیل شده است. (شکل ۲۱-۲)



شکل ۲۱-۲

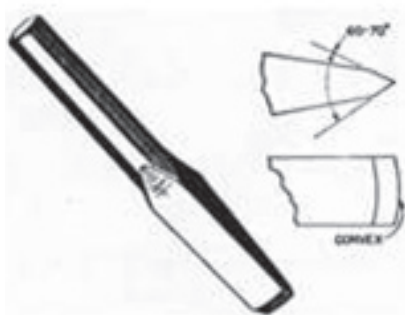


$$\gamma + \beta + \alpha = 90$$

شکل ۲۰-۲



شکل ۲-۲۲



شکل ۲-۲۳

جنس قلم‌هارا بر حسب نوع کار از فولادهای ابزار ساخته و برای استحکام لبه آن‌ها را که به شکل گوه می‌باشد آبداده و سپس تیز می‌کنند. برای جلوگیری از شکندگی و تحمل بهتر ضربات چکش بدنه قلم را سخت کاری نکرده تا نرم باقی بمانند. برای قلم کاری روی قطعات سخت از قلم‌هائی از جنس فولادهای آلیاژی استفاده می‌کنند. عمل برش در قلم کاری به کمک نفوذ گوه بدین ترتیب انجام می‌شود که در اثر فرو بردن آن در قطعه ابتدا دو سطح تماس آن تحت تأثیر نیروی جدایشی که در اثر ضربات چکش به وجود می‌آید مواد قطعه کار را در دو طرف به هم فشرده و از یکدیگر دور می‌کند این عمل تا جایی ادامه پیدا می‌کند که سطح باقی مانده تحمل نیروی جدایش را نداشته و شکست حاصل می‌گردد. (شکل ۲-۲۲)

زاویه گوه در قلم‌ها بر حسب مورد استفاده و جنس کار انتخاب می‌گردد. (شکل ۲-۲۳)

در جدول (۲-۲) مقدار زاویه گوه برای برخی مواد آورده شده است.

جدول ۲-۲ مقدار زاویه‌ی گوه در قلم کاری بر حسب درجه

جنس کار	زاویه گوه β	نوع قلم	زاویه گوه β
قطعات سخت مانند چدن، فولاد، ابزارسازی	۶۰ تا ۷۰	قلم آهنگری سرد بر	۶۰ تا ۷۰
قطعات با سختی متوسط مانند برنز، برنج، فولاد ساختمانی	۵۰ تا ۷۰	قلم تخت، قلم ناخنی، قلم شیار	۴۰ تا ۷۰
قطعات نرم مانند روی، مس، آلومینیوم	۲۰ تا ۴۰	قلم آهنگری گرم بر	۲۰ تا ۵۰

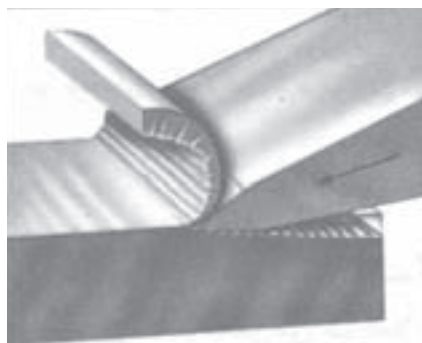


شکل ۲-۲۴

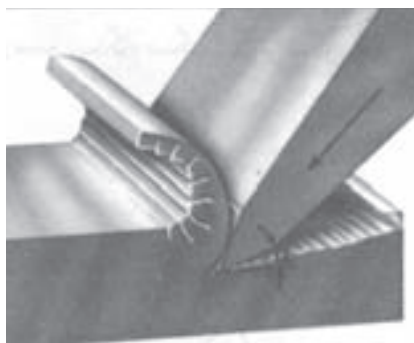
شکل براده برداری و قطع جسم توسط قلم

در عمل قلم کاری، زاویه قلم را بر حسب نوع کار انتخاب می‌کنند. اگر قلم را به صورت عمود بر روی کار قرار دهیم باعث قطع شدن قطعه کار و در صوتی که مایل نگه داشته شود از روی سطح براده برداری خواهد نمود. (شکل ۲-۲۴)

در براده برداری به وسیله قلم زاویه نگهداشتن قلم بسیار مهم بوده و نقش اساسی دارد در صورت بزرگ بودن این زاویه باعث کوچک شدن زاویه براده شده و در نتیجه قلم در حین کار به سمت پائین هدایت شده و در کار فرو می رود. (شکل ۲-۲۵) و در صورت کوچک بودن آن باعث کم شدن ضخامت براده و در نتیجه بیرون آمدن لبه برنده از کار خواهد شد. (۲-۲۶)



شکل ۲-۲۶



شکل ۲-۲۵

انواع قلم (شکل ۲-۲۷)

قلم های دستی بر حسب مورد استفاده به فرمهای مختلفی ساخته می شوند نمونه های از آنها در جدول زیر آورده شده است. علاوه بر قلم های دستی قلم های ماشینی نیز وجود دارد که برای قلم کاری آنها را به چکش های ماشینی می بندند.



شکل ۲-۲۷

نکاتی که در قلم کاری می بایست مورد توجه قرار گیرد:

۱. قبل از شروع به کار وسیله مناسبی برای بستن قطعه کار انتخاب نمایید.
۲. برای هر کاری از قلم مناسب استفاده نمایید.
۳. قبل از شروع به کار از مناسب بودن زاویه قلم اطمینان حاصل کنید.
۴. در هنگام قطع کردن قطعات به وسیله قلم در اواخر کار برای جلوگیری از پرتاب قطعات جدا شده ضربات چکش را آهسته تر وارد نمایید.
۵. در هنگام کار به طور حتم از عینک محافظ استفاده نمایید.
۶. پلیسه سر قلم را به موقع بر طرف کنید.
۷. در کارگاه هایی که در آنها ایجاد جرقه باعث انفجار می شود از قلم هایی که در اثر ضربه تولید جرقه نمی کنند استفاده نمایید این نوع قلم ها معمولاً از آلیاژهای برنز بریلیم ساخته می شود.

نوع قلم دستی	کاربرد
<p>قلم تخت</p> 	<p>براده برداری از سطوح، قطع کردن، تمیز کردن قطعات ریخته گری و زنگ زده و محل های جوشکاری</p>
<p>قلم ناخنی</p> 	<p>در آوردن شیارهای باریک در قطعات</p>
<p>قلم شیار</p> 	<p>در آوردن شیار داخل سطوح منحنی و شیارهای روغن یا تاقان ها</p>
<p>قلم میان بر</p> 	<p>قطع کردن فاصله بین سوراخ ها</p>
<p>قلم لب پران</p> 	<p>قطع کردن لبه های اضافی و پراندن سر میخ پرچ ها</p>

۲) برشکاری بدون براده‌برداری:

در این روش برشکاری از انواع قیچی‌ها، گیوتین‌ها ویا پرس‌ها استفاده می‌شود. در برش ورق‌های فلزی از سه روش صاف و مستقیم، گرد بُری و مرکب استفاده می‌شود. هر یک از این روش‌ها را می‌توان برای بریدن یک یا تعدادی قطعه یکسان و مشابه به کار برد. برش‌های صاف و مستقیم را با استفاده از قیچی‌های اهرمی، قیچی‌های دارای تیغه مورب، قیچی‌های با تیغه مدور گردان و نیز قلم سنبه‌زنی و حذیده کاری انجام می‌دهند. با این روش می‌توان ورق فلز را در امتداد مستقیم و به شکل‌های چهار گوش مربع، مستطیل، متوازی الاضلاع، برش داد. در شکل (۲-۲۸) یک نمونه از قیچی‌های گیوتینی را مشاهده می‌کنید.

برش‌های منحنی بطور اصولی گردبری‌ها به وسیله قیچی‌های با تیغه گردان و انواع ارتعاشی انجام می‌پذیرد اشکالی مانند صفحات بیضی شکل و گرد.

روش مرکب برای برش و تهیه قطعاتی از ورق که دارای ضلع‌های مستقیم و منحنی با هم باشند به کار می‌رود در این روش بهترین ویا صرفه‌ترین روش استفاده از دستگاه‌های منگنه‌زنی در صورتی که تولید انبوه باشد، می‌باشد استفاده می‌شود. در شکل (۲-۲۹) یک نمونه از این دستگاه‌های پرس را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۲۸



شکل ۲-۲۹

قیچی کاری

قیچی کاری یکی از روش‌های برشکاری مکانیکی می‌باشد از قیچی‌ها برای برش انواع ورق‌ها، میله‌ها و شمش‌ها استفاده می‌شود. و در انواع دستی، اهرمی و قیچی‌های ماشینی طراحی و ساخته می‌شود. شکل (۲-۳۰) یک نمونه از قیچی دستی و اهرمی ساده را نشان می‌دهد.



عمل برشکاری به وسیله قیچی در سه مرحله انجام می‌گیرد.

۱- نفوذ: در ابتدا لبه‌های تیغه‌های قیچی در کار نفوذ کرده و موجب فشردگی لایه‌های روی ورق از دو طرف می‌شود.

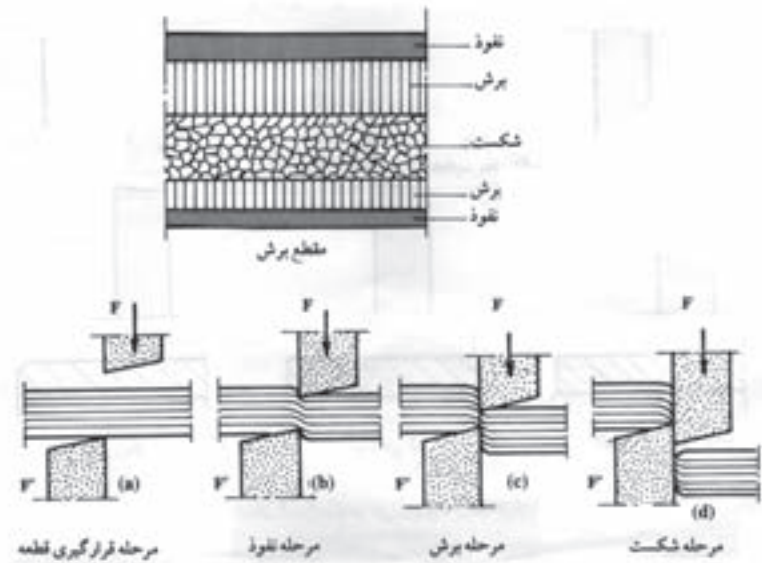
۲- برش: با افزایش نیرو تیغه‌ها عمل برش را آغاز می‌کنند. این عمل تا آنجا ادامه



شکل ۲-۳۰

پیدا می کند که قطعه در اثر افزایش نیرو مقاومت خود را از دست داده و موجب شکست سطح باقی مانده از ورق می شود.

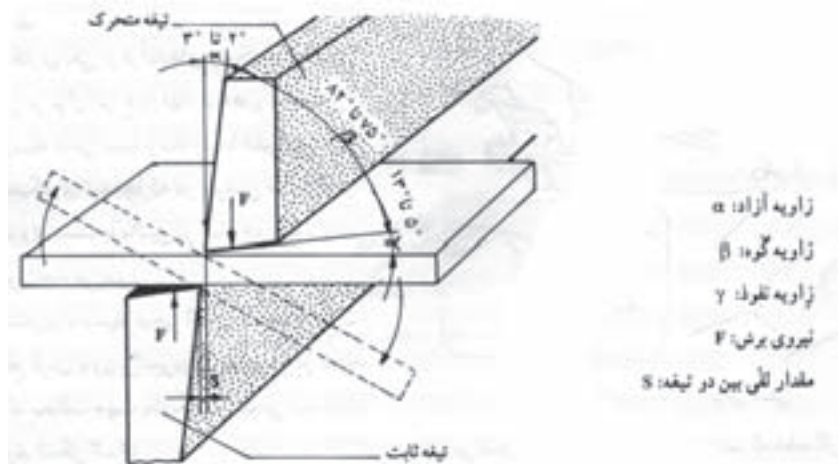
۳- شکست: با افزایش نیرو و نفوذ تیغه های قیچی در کار نیرو به حدی افزایش می یابد که دیگر قطعه تحمل آن را نداشته موجب شکست می گردد. (شکل ۲-۳۱)



شکل ۲-۳۱ ضخامت مرحله برش بستگی به ضخامت و جنس ورق ها دارد

زوایای تیغه های قیچی

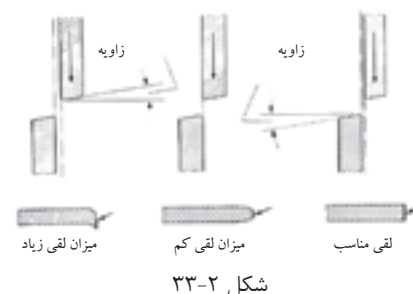
برای به دست آوردن یک سطح برش خوب و تمیز تیغه های قیچی می بایست دارای زوایای مناسب و خوبی باشند. (شکل ۲-۳۲)



شکل ۲-۳۲ زوایای قیچی

لقی بین تیغه‌ها

علاوه بر زاویه برش در قیچی‌ها عامل مهم دیگر میزان لقی در قیچی‌ها می‌باشد. برای یک برش مناسب و کاهش نیروی برش و اصطکاک بین دو تیغه می‌بایست فاصله مناسبی بین دو تیغه در نظر گرفت در اصطلاح این فاصله را لقی می‌نامند. میزان لقی بستگی به عواملی مانند جنس و ضخامت قطعه کار دارد و معمولاً آن را در حدود ۰/۰۵ ضخامت قطعه کار در نظر می‌گیرند کم بودن میزان لقی موجب افزایش اصطکاک بین تیغه‌ها شده و ممکن است در اثر اعمال نیرو باعث شکست لبه بُرنده شود. از طرفی زیاد بودن لقی بین تیغه‌ها موجب برش ناصاف و ایجاد پلیسه در لبه‌های قطعه می‌شود. این امر در قطعات نازک باعث خم شدن و گیر کردن ورق بین دو تیغه می‌گردد. (شکل ۲-۳۳)



- قیچی‌های دستی

قیچی‌های دستی برای بریدن ورق فلزی و ایجاد تعبیه حفره و سوراخ و برش دادن وساخت قطعات با شکل‌های نامنظم مورد استفاده قرار می‌گیرد. این قیچی‌ها از نظر شکل و فرم در دو نوع لبه برش مستقیم و یا با لبه برش مورب در طرح‌های راست بر و چپ بر طراحی و ساخته می‌شود. (شکل ۲-۳۴)





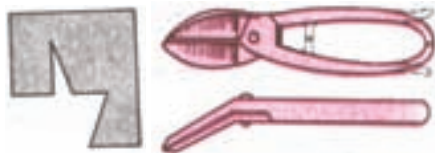
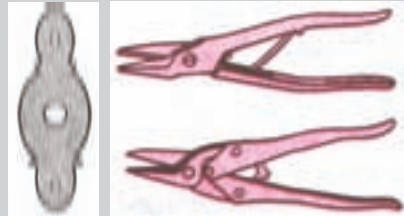


با توجه به وضعیت قرار گرفتن تیغه فوقانی نسبت به تیغه تحتانی راست بر و یا چپ بر بودن آن مشخص می‌شود. قیچی‌های دستی برای برش ورق‌های فولادی تا ضخامت ۰/۷ و برای فلزات غیر آهنی نرم تا ضخامت ۱/۵ میلی‌متر به کار برده می‌شود. این قیچی‌ها را در اندازه‌های ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۲۰ و ۴۰۰ میلی‌متر و پهنای (در حالت بسته بودن تیغه‌ها و دسته‌ها) به ترتیب ۴۰، ۵۰، ۵۵ میلی‌متر ساخته می‌شود. هر قیچی دستی از دو نیمه همسان تشکیل می‌شود که تیغه‌های آن به وسیله پیچ یا پرچ به دسته‌ها متصل شده‌اند. تیغه‌ها از جنس فولاد پُر کربن ساخته شده و معمولاً به وسیله جوشکاری به دسته که از فولاد کم کربن می‌باشد، متصل می‌شود.

تیغه قیچی‌ها را به وسیله عملیات حرارتی آب داده و سخت می‌کنند. و سپس تحت زاویه ۷۵، ۷۰ درجه نسبت به سطح برش سنگ می‌زنند. در حالت بسته بودن لبه‌ها

تیغه‌های قیچی باید رویهم قرار گیرند. و در مورد قیچی‌های دستی میزان رویهم افتادگی تیغه‌ها در نوک قیچی نباید از ۲ میلی‌متر بیش‌تر شود. معمولاً دو نیمه تشکیل دهنده قیچی به وسیله پیچ و مهره به یکدیگر متصل می‌شوند.

– انواع قیچی‌های دستی

قیچی‌های دستی از نظر ساختمان و کار برد در انواع گوناگون می‌سازند. در جدول (۴-۲) انواع قیچی‌های دستی و کاربرد آن‌ها آورده شده است.

جدول ۴-۲		
نام قیچی	شکل	مورد استفاده
مستقیم		برای بُرش‌های مستقیم و قوس‌دار که طول کوتاهی دارند
طویل بُر		برای برش‌های مستقیم و طویل
زاویه بُر		برای ایجاد بُرش در محل‌های زاویه‌دار که با قیچی مستقیم بریده نمی‌شوند
فُرم بُر		برای بُرش‌های فُرم‌دار
سوراخ بُر		برای بُرش‌های داخلی مستقیم و فرم‌دار
لوله بُر		برای قطع کردن و ایجاد برش در لوله‌های نازک

- قیچی های اهرمی

این نوع قیچی ها در انواع ساده اهرمی، اهرمی میز کاردار (وزنه ای) و اهرمی اونیورسال (مربک) طراحی و ساخته می شود.

قیچی اهرمی ساده: این قیچی ها از یک تیغه ثابت و یک تیغه متحرک تشکیل شده است تیغه متحرک در بالا و تیغه ثابت در پایین قرار دارد از تیغه پایینی به عنوان تکیه گاه نیز استفاده می شود. تیغه متحرک که وظیفه برش را به عهده دارد توسط یک اهرم دویل حرکت می نماید. طول تیغه های این قیچی ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر طراحی و ساخته می شود. این نوع قیچی ورق ها تا ضخامت ۵ میلی متر مناسب می باشد. این قیچی ها معمولاً در روی میز کار و به وسیله پیچ و مهره نصب می شود. این قیچی ها برای بریدن ورق ها و تسمه های تخت مناسب بوده و هرگز نباید از آن ها برای برش مفتولها و شمش های فرم دار استفاده نمود. برای قطع نمودن مفتول با قطر کم در بدنه این قیچی ها سوراخ کوچکی در نظر گرفته شده است. برای نگه داشتن ورق در وضعیت تعادل ضامن نگهداری در بدنه قیچی طراحی شده است. (شکل ۲-۳۵)



شکل ۲-۳۵

- قیچی اهرمی اونیورسال

این نوع قیچی ها علاوه بر برش ورق ها دارای قالب ها و تیغه های دیگری می باشند. که می توان از آن ها برای برش شمش ها و میل ها و همچنین برشکاری فاق در نبشی ها به کار برد. این قیچی ها برای برشکاری ورق های بیش تر از ۵ میلی متر نیز کاربرد دارد برای افزایش نیرو در این قیچی ها علاوه بر اهرم از چرخ دنده نیز استفاده می شود. (شکل ۲-۳۶)



شکل ۲-۳۶

- قیچی اهرمی میز کاردار (وزنه ای)

این نوع قیچی برای بریدن ورق فلزی به صفحات و نوارها در اندازه های مختلف به کار برده می شود. قیچی دارای تکیه گاه قابل تنظیم بوده و این امکان را می دهد تا صفحات و نوارهای فلزی را با عرض مساوی در هر مرحله از کار برش داد. این نوع قیچی ها برای برشکاری ورق ها با ضخامت ۱/۵ تا ۲/۵ میلی متر مناسب می باشند.

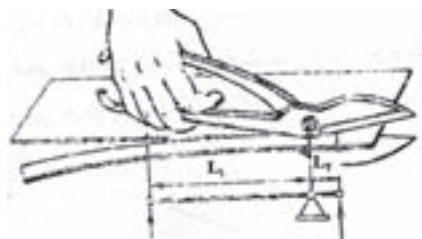


شکل ۳۷-۲ قیچی اهمی میز کاردار

این نوع قیچی‌ها دارای ساختمان ساده‌ای بوده ولی کار با آن‌ها نیاز به مهارت و دقت زیاد می‌باشد. کم دقتی در هنگام کار ممکن است به انگشتان دست برشکار آسیب برساند. بدنه این قیچی‌ها را معمولاً از چدن می‌سازند. تیغه تحتانی ثابت این قیچی‌ها که بر روی میز کار قیچی ثابت می‌شود و تیغه متحرک به صورت قوس‌دار بوده و قوس آن به شکلی می‌باشد که در تمام طول کار زاویه آن ثابت بماند. در انتهای تیغه متحرک آن وزنه خنثی کننده متصل شده است. (شکل ۲-۳۷)

محاسبه نیروی برش در قیچی‌های دستی و اهرمی

با قیچی‌های دستی ورق‌های فلزی تا ضخامت ۱/۵ میلی‌متر را می‌توان برید. به منظور تعیین نیروی برش در قیچکاری قانون اهرم‌ها به کار می‌رود. در اهرم‌ها از شرایط تعادل استفاده می‌شود یعنی هر گاه مجموع گشتاورهای یک سوی اهرم تا تکیه‌گاه با گشتاورهای سوی دیگر تا تکیه‌گاه برابر باشد. اهرم به حالت تعادل در خواهد آمد، این اصل در شکل (۲-۳۸) نشان داده شده است.



شکل ۳۸-۲

$$F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$$

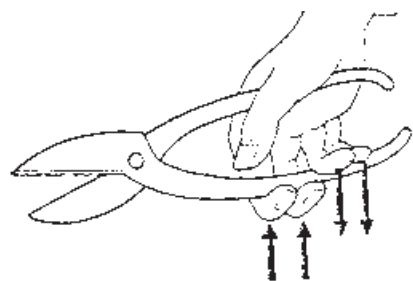
$$F_1 = \text{نیروی محرکه}$$

$$F_2 = \text{نیروی مقاوم}$$

$$L_1 = \text{طول بازوی محرک}$$

$$L_2 = \text{طول بازوی مقاوم}$$

$$\text{واحد } F_1 \text{ و } F_2 \text{ بر حسب } N \text{ است}$$



شکل ۳۹-۲

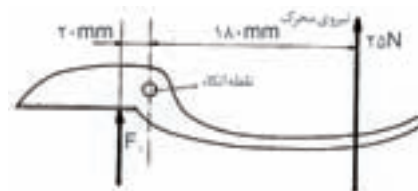
با توجه به اصل بالا می‌توان گفت هر چه طول دسته قیچی بیش‌تر باشد. نیروی کم‌تری برای برش ورق به کار می‌رود نیروی لازم توسط انگشتان دست به اهرم قیچی وارد می‌شود شکل (۲-۳۹) و در مجموع برآیند آن‌ها (انگشتان و اهرم قیچی) نیروی وارد به دسته قیچی محسوب می‌شود.

در دهانه قیچی نیز هر چه فاصله ورق تا تکیه گاه کم تر باشد. نیروی وارد بر ورق افزایش می یابد و عمل برش زودتر انجام می شود.

مثال:

در شکل (۲-۴۰) در صورتی که فاصله ورق تا تکیه گاه ۲۰ میلی متر باشد نیروی وارد بر آن (F_1) را حساب کنید.

پاسخ:



شکل ۲-۴۰

$$F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$$

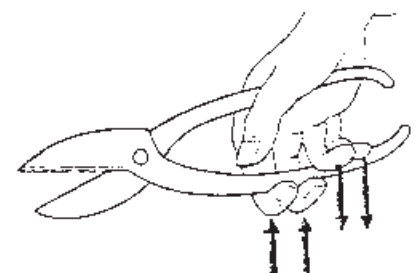
$$F_1 \times 20 = 25 \times 180$$

$$F_1 = \frac{25 \times 180}{20} = 225 \text{ N}$$

مثال:

در شکل (۲-۴۱) اگر فاصله ورق تا تکیه گاه ۶۰ میلی متر باشد. نیروی وارد بر آن (F_1) را حساب کنید.

پاسخ:



شکل ۲-۴۱

$$F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$$

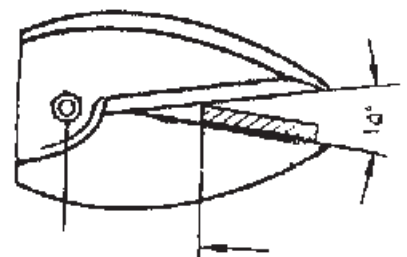
$$F_1 \times 60 = 25 \times 180$$

$$F_1 = \frac{25 \times 180}{60} = 75 \text{ N}$$

با توجه به دو مثال بالا نتیجه می گیریم: اگر با نیروی ثابتی اقدام به بریدن ورق کنیم هر چه فاصله آن تا تکیه گاه کم تر باشد. نیروی وارد افزایش می یابد و کار راحت تر انجام می شود ولی در عمل دیده شده است که اگر ورق خیلی به تکیه گاه نزدیک شود عمل برش انجام نمی شود و ورق به جلو رانده می شود.

تیغه های قیچی هنگامی که شروع به بریدن ورق می کنند دارای زاویه ای هستند که به آن زاویه برش قیچی می گویند و میزان آن در قیچی های دستی حدود ۱۵ درجه است.

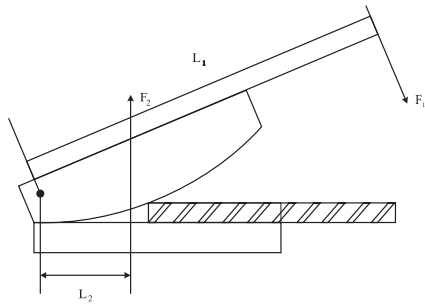
(۲-۴۲)



شکل ۲-۴۲

نیروی لازم برای برش در قیچی‌های اهرمی نیز از رابطه ذکر شده محاسبه می‌شود.
به مثال زیر توجه کنید.

مثال: در شکل (۴۳-۲) اگر مقاومت ورق $F_r = 500\text{ N}$ طول اهرم قیچی $L_1 = 100\text{ mm}$ و نیروی وارد بر اهرم قیچی $F_1 = 200\text{ N}$ باشد. فاصله تا تکیه‌گاه را در قیچی اهرمی به دست آورید.



شکل ۴۳-۲

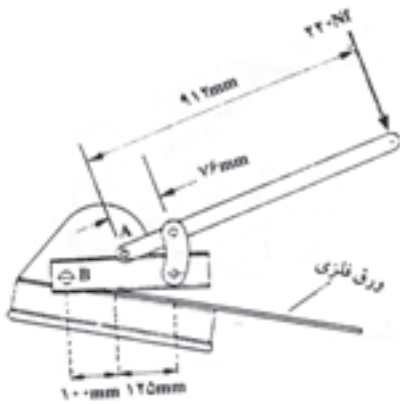
پاسخ:

$$F_1 \times L_r = F_r \times L_r \quad L_r = \frac{F_1 \times L_1}{F_r} \quad L_r = \frac{200 \times 100}{500} = 40\text{ mm}$$

مثال:

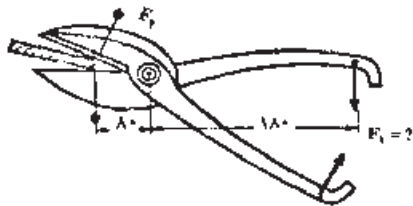
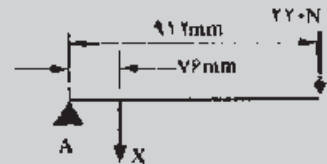
در قیچی دو اهرمی مطابق شکل (۴۴-۲) نیروی وارد به ورق به هنگام برش چقدر است.

پاسخ:



شکل ۴۴-۲

$$X \times L_1 = F_r \times L_r \\ X = \frac{F_r \times L_r}{L_1} \\ X = \frac{912 \times 220}{76} = 2640\text{ N} \Rightarrow F_1 = 2640\text{ N}$$



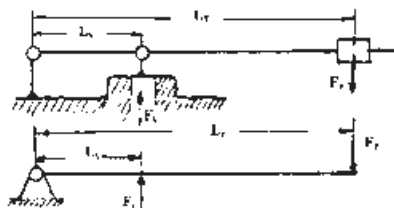
شکل ۴۵-۲

اکنون با توجه به مقدار گفته شده، فشار وارد به ورق را جهت برش به دست می‌آوریم.

$$L_1 \times y = L_r \times X \\ y = \frac{L_r \times X}{L_1}$$

فشار وارد به ورق هنگام برش:

$$y = \frac{225 \times 2640}{100} = 5940\text{ N}$$



شکل ۴۶-۲

تمرین ۱:

در شکل (۴۵-۲) اگر مقاومت ورقی $F_p = 1800\text{ N}$ باشد. مقدار نیروی لازم را برای بریدن ورقی با قیچی دستی به دست آورید.

تمرین ۲:

در شکل (۴۶-۲) اگر $L_1 = 45\text{ mm}$ و $F_1 = 1500\text{ N}$ و $F_2 = 150\text{ N}$ باشد مقدار L_2 حساب کنید.

قیچی های برقی

این قیچی ها را می توان به قیچی های ارتعاشی، اونیورسال و گیوتین تقسیم نمود.

قیچی های نیبلر

قیچی های ارتعاشی را در انواع دستی - رومیزی و ستونی طراحی و می سازند. این نوع قیچی ها که به قیچی های ارتعاشی نیز معروف می باشند. به وسیله انرژی الکتریکی و در مواردی توسط هوای فشرده کار می کند.

قیچی ارتعاشی دستی

از این قیچی‌ها به جای قیچی‌های دستی ورق بُر استفاده می‌شود. و می‌توان ورق‌های فلزی را تا ضخامت ۱/۵ میلی‌متر را به صورت مستقیم و منحنی برشکاری نمود. نحوه عمل به این شکل می‌باشد که انرژی الکتریکی یا هوای فشرده باعث حرکت دورانی الکترو موتور شده و این حرکت دورانی به یک حرکت رفت و برگشت در تیغه بالایی قیچی تبدیل می‌شود و در حدود ۱۰۰۰ حرکت رفت و برگشت در دقیقه تولید شده و انجام برشکاری می‌شود، در این قیچی‌ها تیغه پایینی ثابت می‌باشد. (شکل ۲-۴۷)

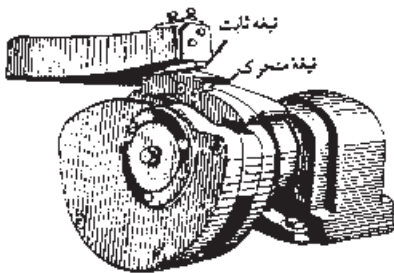


شکل ۲-۴۷

قیچی ارتعاشی رومیزی

این نوع قیچی‌ها برای برش قطعات ضخامت ۴/۵ - ۲ میلی‌متر به کار می‌رود و از آن بیش تر برای برش فرم‌های شعاعی استفاده می‌شود. با این قیچی‌ها می‌توان شعاع برش ۱۵۰ - ۸۰ میلی‌متر را انجام داد.

روش کار این قیچی‌ها بدین ترتیب است که قیچی روی میز محکم شده و بر خلاف قیچی‌های ارتعاشی دستی تیغه‌های بالایی آن‌ها ثابت بوده و تیغه پایینی متحرک می‌باشد. در این قیچی‌ها حرکت الکترو موتور به وسیله یک بازوی خارج از مرکز به حرکت بیضوی تغییر یافته و باعث می‌شود تیغه پایینی به صورت رفت و برگشت با عبور از کنار تیغه بالایی عمل برش را انجام دهد. (شکل ۲-۴۸)



شکل ۲-۴۸

قیچی ارتعاشی ستونی

این نوع قیچی‌ها برای برش‌های مستقیم، منحنی و مدور در ورق‌های فلزی به کار می‌رود. این قیچی‌ها برای بریدن انحنای کوچک با شعاع ۱۵ میلی‌متر و نیز برشکاری مدور ورق‌ها با قطر حداکثر ۲۵۰۰ میلی‌متر قابل استفاده می‌باشد. از ویژگی‌های این نوع قیچی‌ها بریدن قطعات با شکل‌های مختلف در درون ورق‌های فلزی بدون ایجاد سوراخ اولیه برای شروع برشکاری می‌باشد.

برشکاری ورق توسط دو تیغه برش مسطح و کوتاه انجام می شود. به هنگام کار تیغه فوقانی به طور عمودی با حرکت ارتعاشی مانند یک اهر عمل کرده و ضربات وارده با سرعتی در حدود ۵۱۰، ۱۲۰۰ ضربه در دقیقه تا نزدیک تیغه تحتانی بر ورق فلز وارد شده و فلز را می برد.

پیش از شروع برشکاری باید فاصله تیغه های فوقانی و تحتانی را نسبت به ضخامت ورق مورد برش تنظیم نمود به طوری که فاصله تیغه برش فوقانی هنگامی که در بالاترین وضعیت نسبت به تیغه تحتانی قرار دارد می بایست معادل ۲۵ درصد ضخامت ورق فلز باشد.

لبه تیغه برش فوقانی را با زاویه ۷ درجه و لبه تیغه پایینی را با زاویه ۶ درجه سنگ زده و تیز می نمایند. (شکل ۲-۴۹)



شکل ۲-۴۹

قیچی برقی اونپورسال

با استفاده از این قیچی که با نیروی الکتریکی کار می کند می توان صفحات فلزی ضخیم میله گردهای فلزی و همه پروفیل های سنگین مانند نبشی، سپری، ناودانی، تیر آهن را برشکاری، فابری و یا سوراخ کاری نمود. (شکل ۲-۵۰)



شکل ۲-۵۰

مکانیزم و نیروی محرکه در قیچی های برقی اونپورسال

نیروی محرکه این قیچی ها الکترو موتور است که حرکت دورانی را با واسطه های مکانیکی به حرکت خطی (رفت و برگشت) تبدیل می کند و به ضربه زن انتقال می دهد.

سیستم های محرکه تعبیه شده در این قیچی ها متناسب با نوع عملی که انجام می شود متفاوت است.

به عنوان مثال در قسمت پانچ کاری که ضربه زن به سرعت بیش تری نیاز دارد از محرکه های میل لنگی، بادامکی یا خارج از مرکز استفاده شده است و در قسمت هایی که به نیرو و فشار زیادی برای برشکاری پروفیل ها و میله گردها نیاز است از سیستم های هیدرولیکی استفاده می شود.

اجزای قیچی‌های برقی انیورسال

اجزای ظاهری قیچی برقی انیورسال در شکل‌های (۲-۵۱) تا (۲-۶۰) نشان داده شده است.



شکل ۲-۵۲ کلید فرمان سیستم هیدرولیکی



شکل ۲-۵۱ نگهدارندهی سُمبه



شکل ۲-۵۴ راهنمای قسمت پانچ‌کاری
(سُمبه‌زنی) با دقت زیاد



شکل ۲-۵۳ محل استقرار قطعه برای
سوراخکاری



شکل ۲-۵۶ مکانیزم ضربه‌گیر سرعت‌های بالا
با دقت زیاد



شکل ۲-۵۵ جعبه فرمان الکتریکی (راه‌اندازی و توقف
قسمت‌های مختلف دستگاه با استفاده از پدال‌های مربوطه)



شکل ۲-۵۸ محل نصب تیغه‌های قیچی برای برش
پروفیل‌های سنگین با مقاطع مختلف



شکل ۲-۵۷ کنترل فشار روغن هیدرولیک



شکل ۶۰-۲ دستگاه نگهدارنده صفحه‌های فلزی ضخیم (تسمه، ورق) و برش آن‌ها



شکل ۵۹-۲ قالب فابری

قیچی گیوتین

این قیچی‌ها برای بریدن ورق‌های فلزی و اشکال مستطیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجزاء اصلی تشکیل دهنده این نوع قیچی‌ها شامل یک بدنه که مجهز به یک میز که بر روی این میز تیغه پایینی و دو کشویی که وظیفه هدایت تیغه بالای را به عهده دارند قرار دارد. یک سری گیره‌ها و نگه‌دارنده‌ها نیز روی آن نصب گردیده است. نیروی محرکه توسط یک موتور الکتریکی که معمولاً بر روی یک تکیه‌گاه درستون سمت راست بدنه متصل شده است تأمین می‌گردد. تیغه پایینی همواره ثابت بوده و کشویی لغزنده که تیغه بالائی روی آن نصب شده است متحرک می‌باشد.

اجزای مهم تشکیل دهنده قیچی‌های گیوتین به قرار زیر می‌باشد.

- | | | |
|----------|--------------------|-----------------------|
| (۱) بدنه | (۲) موتور الکتریکی | (۳) نگهدارنده‌های ورق |
| (۴) کلاچ | (۵) تیغه‌های قیچی | |

۱. بدنه: بدنه اصلی ترین قسمت قیچی گیوتین می‌باشد که معمولاً از ورقه‌های فولادی و یا از قطعات ریخته‌گری ساخته می‌شود و قسمت‌های تشکیل دهنده دیگر روی آن نصب می‌گردد. (شکل ۶۱-۲)

۲. موتور الکتریکی: موتور الکتریکی وظیفه تأمین نیروی برش را به عهده دارد قدرت موتور گیوتین می‌بایست از ظرفیت آن بیش‌تر باشد. زیرا در کارهای مداوم و سرعت‌های بالا زمان کوتاهی برای ذخیره انرژی به وسیله چرخ طیار وجود دارد و این امر فشار زیادی را به موتور وارد می‌سازد.



شکل ۶۱-۲

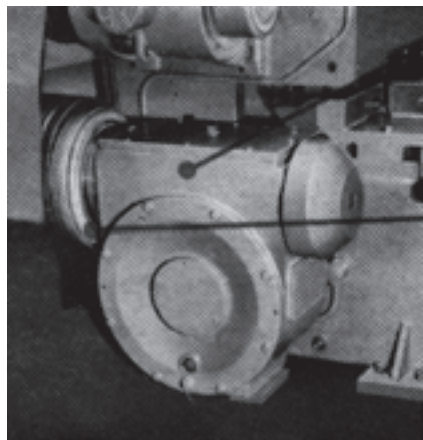
۳. نگهدارنده‌های ورق: نگهدارنده‌های ورق وظیفه ثابت نگه داشتن ورق در هنگام برشکاری را به عهده دارند. برای دست یافتن به یک برش مطلوب می‌بایست ورق در هنگام برشکاری در سر جای خود ثابت نگه داشته شود با توجه به ضخامت ورق مورد برشکاری نیروی مورد نیاز جهت نگه داشتن آن متفاوت خواهد بود از طرفی در هنگام برخورد تیغه بالائی با ورق نیروی کشنده زیادی ایجاد می‌شود. و اگر نیروی نگهدارنده‌های ورق به حدی نباشد که بتواند ورق را به بستر میز قیچی محکم نگه دارد ورق سر خورده و برش نامناسب ایجاد می‌شود. لذا وظیفه نگهدارنده‌های ورق ثابت نگه داشتن ورق در بستر میز قیچی می‌باشد. با توجه به ظرفیت قیچی از نگهدارنده‌های مکانیکی برای ظرفیت‌های پایین و یا از نگهدارنده‌های هیدرولیکی برای ظرفیت‌های بالاتر استفاده می‌شود. (شکل ۲-۶۲)



شکل ۲-۶۲

۴. کلاچ: کلاچ مکانیکی است که ارتباط و قطع ارتباط حرکت دورانی به کار می‌رود. کلاچ در قیچی‌های گیوتین وظیفه ارتباط بین چرخ دنده و یا چرخ طیار با میل لنگ و در نتیجه به دوران در آوردن آن می‌باشد.

کلاچ‌ها به دو دسته (۱) کلاچ‌های مکانیکی (۲) کلاچ‌های دیسک اصطکاکی تقسیم می‌شود. (شکل ۲-۶۳)



شکل ۲-۶۳

۵. تیغه قیچی‌های گیوتین: جنس تیغه‌های گیوتین را از فولادهای آلیاژی (کرم دار) می‌سازند. و به دلیل اعمال نیروی زیاد در هنگام برخورد لبه برنده با سطح برش تیغه‌های قیچی باید بدون نقص مکانیک و متالورژیکی ساخته شود. تا بتواند این نیروی زیاد را تحمل نماید. عامل دیگر کندی تیغه‌ها می‌باشد که پس از مدتی کار کند می‌شود. و می‌بایست دوباره تیز گردد. در غیر این صورت کندی تیغه‌ها علاوه بر به وجود آوردن لبه‌های پریده شده پلیسه‌های زیادی به وجود می‌آورد. و همچنین موجب فرسایش زیاد راهنماهای ضربه زن می‌شود. تیغه‌های کند ممکن است به بدنه قیچی هم آسیب برسانند. همچنین تعیین کننده دیگر زاویه بین دو تیغه می‌باشد که معمولاً بین ۸-۶ درجه شیب داشته و در نتیجه ورق فلزی از یک طرف به تدریج با سطح ورق برخورد داشته و عمل برش به تدریج انجام می‌شود. عامل تعیین کننده دیگر که در کیفیت برش تاثیر دارد فاصله بین تیغه‌ها می‌باشد که با توجه به ضخامت و جنس ورق فلزی تعیین و تنظیم

می گردد. در جدول (۲-۵) برای برخی از ورق های فلزی این فاصله آورده شده است.

جدول ۲-۵

ضخامت ورق به میلی متر	فاصله بین تیغه ها برای برشکاری فولاد کم کربن	فاصله تیغه ها برای برشکاری برنج، آلومینیوم، مس
۰/۸-۱/۲	۰/۰۵	۰/۰۵
۱-۴/۷۵	۰/۱۳	۰/۰۵
۶-۱۲	۰/۴	۰/۲
۱۸-۱۳	۱/۱	۰

قیچی های گیوتین به دو دسته (۱) قیچی گیوتین های مکانیکی (۲) قیچی گیوتین های هیدرولیکی تقسیم می شود.

۱. قیچی های گیوتین مکانیکی

از گیوتین های مکانیکی برای برشکاری ورق های فلزی تا طول ۳ متر حداکثر ضخامت ۳۰ میلی متر مورد استفاده قرار می شود. این گیوتین ها با توجه به کاربرد در طول های ۱-۳ متر طراحی و ساخته می شود. (شکل ۲-۶۴)

مکانیسم انتقال قدرت در این قیچی ها شامل میل لنگ، محور خارج از مرکز، چرخ طیار و چرخ دنده می باشد. برای به حرکت در آوردن کشوئی قیچی از خواص میل لنگ و مکانیزم خارج از مرکز استفاده می شود. میزان خارج از محور دوران میل لنگ باعث حرکت دورانی میل لنگ به حرکت عمودی و در نتیجه پایین آمدن کشوئی قیچی شده و در محل بر خورد دو تیغه که بر روی میز قیچی می باشد. عمل برش را انجام داده و دو مرتبه به جای اول خود باز می گردد.



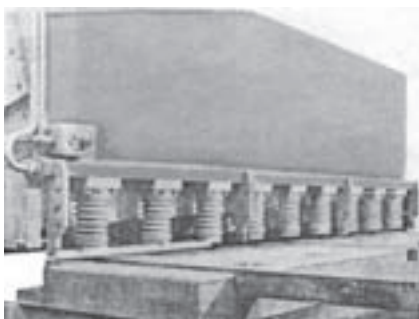
شکل ۲-۶۴ قیچی گیوتین مکانیکی

۲. قیچی گیوتین های هیدرولیکی

قیچی های هیدرولیکی بیش تر برای برشکاری ورق های ضخیم به کار می رود. از این قیچی ها برای برش ورق های نازک نیز استفاده می شود. اما بیش تر این کاربرد این قیچی ها در برشکاری ورق های ضخامت بالا می باشد. (شکل ۲-۶۵)



شکل ۲-۶۵ قیچی هیدرولیکی



شکل ۲-۶۸

مکانیزم حرکت تیغه‌های برش در قیچی گیوتین‌های هیدرولیکی

عمل برش با حرکت پیستونها که توسط محور خارج از مرکز عمل کرده و کشویی تیغه را به سرعت و با حرکت یکنواخت پایین آورده و در لحظه برخورد با ورق مورد برشکاری پمپ هیدرولیکی فشار لازم جهت عمل برشکاری را ایجاد می‌کند. از طرفی نیروی لازم جهت نگهدارنده‌های ورق نیز توسط پمپ تأمین می‌گردد. فشار روغن به وسیله پمپ‌ها بتدریج افزایش یافته تا پمپ برای انجام برش در بهترین وضعیت قرار گیرد. **قیچی گرد بُز:** از این نوع قیچی‌ها برای بریدن ورق‌های فلزی به صورت دایره تا شعاع ۵۰ میلی‌متر و با توجه به توان قیچی تا ضخامت ۶ میلی‌متر به کار برده می‌شود. این قیچی‌ها در انواع دستی و ماشینی طراحی و ساخته می‌شوند.

با به گردش در آوردن چرخ مدوری که روی دستگاه قرار دارد و انتقال آن توسط چرخ دنده‌های مکانیکی به تیغه‌های قیچی آن‌ها شروع به دوران در جهت خلاف یکدیگر کرده و باعث برشکاری می‌شوند. در نوع ماشینی این جریان الکتریسته می‌باشد که به جای چرخ مدور وظیفه چرخش قطعات مکانیکی و انتقال آن‌ها به تیغه‌های مدور قیچی را انجام می‌دهد. (شکل ۲-۶۹)



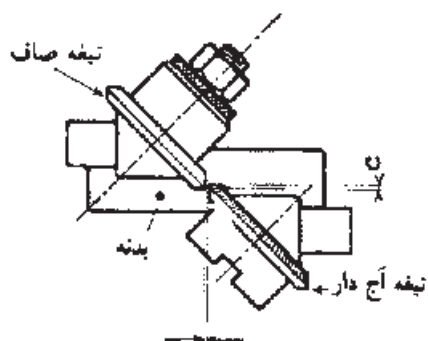
شکل ۲-۶۹

اصول کار قیچی‌های گردبُر به این شکل است که دو محوری که تیغه‌های قیچی به آن‌ها بسته شده است. با اعمال نیروی مخالف جهت یکدیگر می‌چرخند. چرخش تیغه‌ها در جهت مخالف موجب کشیدن ورق می‌شود و با تنظیم فاصله تیغه‌ها نسبت به ضخامت ورق در چند مرحله عمل برش به صورت دایره انجام می‌گیرد.

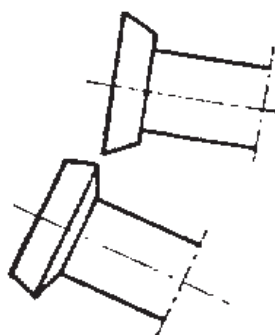
تیغه‌های قیچی گردبُر: ابزار برش قیچی‌های گردبُر را تیغه‌های گرد آن‌ها تشکیل می‌دهد. هر تیغه روی یک محور بسته شده که وضعیت قرار گرفتن آن‌ها بستگی به ضخامت ورق دارد. در ادامه چند نوع تیغه مورد استفاده در قیچی‌های گردبُر آورده شده است. تیغه‌های استوانه‌ای: این تیغه‌ها که قطر آن‌ها ۵۰-۱۱۰ میلی‌متر است روی قیچی‌های گردبُر که دارای محورهای موازی هستند نصب می‌شود. با این تیغه‌ها فولادهای کم کربن را تا ضخامت ۴ میلی‌متر را می‌توان برشکاری نمود. (شکل ۷۰-۲)

تیغه‌های مخروطی: این تیغه‌ها روی قیچی‌های گردبُری با محورهای مایل نصب می‌شود. این نوع قیچی‌های گرد بر ورق‌های فلزی را بدون تغییر فرم سطحی به صورت دایره می‌برد. با این تیغه‌ها فولادهای کم کربن تا ضخامت ۴ میلی‌متر می‌توان برشکاری می‌نماید. (شکل ۷۱-۲)

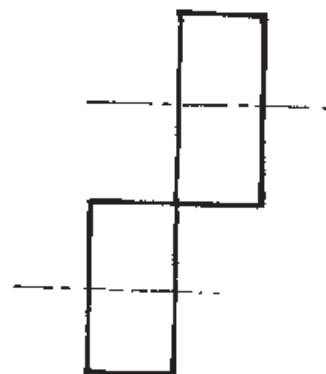
تیغه‌های مخصوص آجدار: این تیغه‌ها روی قیچی‌های گرد بر نصب می‌شود از این تیغه‌ها بیش‌تر برای سهولت در برشکاری و ایجاد اصطکاک بیش‌تر با ورق مورد برش استفاده کرد. تیغه زیرین را آجدار می‌سازند تا ضمن برش موجب حرکت ورق به سمت جلو شود. (شکل ۷۲-۲)



شکل ۷۲-۲ تیغه‌ی آجدار



شکل ۷۱-۲ تیغه‌های مخروطی



شکل ۷۰-۲ تیغه‌های استوانه‌ای

ارزشیابی فصل دوم

- ۱- روش‌های مختلف برشکاری را شرح دهید.
- ۲- انواع برشکاری مکانیکی را بنویسید.
- ۳- انواع روش‌های برشکاری با براده برداری را بنویسید.
- ۴- قلمکاری را تعریف کرده و انواع قلم را نام ببرید.
- ۵- انواع قیچی‌ها را نام ببرید.
- ۶- تاثیر میزان لقی در قیچی‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۷- انواع قیچی‌های برقی را نام ببرید.
- ۸- کاربرد قیچی‌های نیبلر را شرح دهید.
- ۹- کاربرد قیچی‌های گیوتین را شرح دهید.
- ۱۰- کاربرد قیچی اهرمی اونیورسال را شرح دهید.
- ۱۱- کدام گزینه جز فرآیندهای برشکاری مکانیکی نمی باشد.
- الف) برشکاری با قلم ب) بالیزر ج) قیچی دستی د) اره آتشی
- ۱۲- اگر در هنگام برشکاری با قیچی سطح برش پلیسه دار گردد. دلیل آن کدام گزینه است.

- الف) لقی کم بین دو تیغه ب) لقی زیاد بین دو تیغه
- ج) نیروی اعمال بیش از حد به تیغه د) نیروی اعمال کمتر از حد به تیغه
- ۱۳- کدام یک از قیچی‌های زیر توانایی برشکاری پروفیل‌های سنگین مانند نبشی، سپری می توان استفاده کرد.

- الف) اهرمی میزدار ب) گیوتین
- ج) برقی اینورسال د) نیبلر
- ۱۴- ارتباط بین زاویه گوه، جنس قطعه کار و نفوذ قلم در یک جسم نرم کدام گزینه صحیح است.

- الف) زاویه گوه کم، نفوذ کم ب) زاویه گوه زیاد، نفوذ زیاد
- ج) زاویه گوه زیاد، نفوذ کم د) زاویه گوه کم، نفوذ کم

۱۵- اگر β زاویه گوه، α زاویه آزاد، γ زاویه براده و δ (دلتا) زاویه برش باشد، کدام

رابطه صحیح است.

ب) $\beta = \delta + \alpha$

الف) $\delta = \beta + \alpha$

د) $\delta + \alpha = \beta + \gamma$

ج) $\delta = \alpha + \beta + \gamma$

فصل سوم

صافکاری در صنعت ورق کاری

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- اصول صافکاری را شرح دهد.
- ۲- روش‌های مختلف صافکاری را بیان کند.
- ۳- صافکاری با دست را شرح دهد.
- ۴- صافکاری با ماشین‌های مختلف را توضیح دهد.

۳- صافکاری

در صنعت گاه پیش می آید که در اثر موارد ناخواسته قطعات صنعتی از حالت اولیه خود خارج شده و دچار تغییر فرم شوند. به منظور باز گرداندن قطعات به حالت اولیه خود از فرآیند صافکاری استفاده می شود. صافکاری در صنعت می تواند بر روی:

(۱) ورق های فلزی (۲) شمش ها و پروفیل ها (۳) لوله ها انجام شود.

در این کتاب به اصول صافکاری ورق های فلزی پرداخته شده و در کتاب نیم ساخته فلزی ۲ صافکاری سایر نیم ساخته ها مطرح خواهد شد.

اصول صافکاری

به طور کلی وقتی تغییر در ورق ایجاد می شود ساختمان مرتب و منظم درونی آن به هم می خورد و در نواحی مختلف آن تغییرات سطحی (برجستگی، فرورفتگی، پیچیدگی) به وجود می آید. برای از بین بردن معایب یاد شده نیاز به رعایت اصولی است. این اصول عبارتند از: بر طرف کردن بی نظمی ها و ناهماهنگی های روی سطوح با انجام توزیع کاملاً یکنواخت و هماهنگ مولکولی به کمک یکی از روش های زیر.

برای بر طرف کردن قسمت های تغییر فرم داده شده ورق های فلزی از روش های زیر استفاده می کنند.

۱. تقلیل دادن سطح گسترش یافته ورق به وسیله غلتک زدن، جمع کردن.
 ۲. کشیدن و طولیل نمودن قسمت کوتاه ورق به دو روش قابل اجرا می باشد.
- الف) به وسیله عمل چکش کاری (صافکاری دستی)
- ب) در اثر نیروی فشار متناسب با تغییر فرم (صافکاری با ماشین های نورد)

پ. قرار دادن ورق تحت تأثیر نیروی کشش و ایجاد نمودن یک انبساط دائم در قسمت کوتاه ورق (صافکاری با ماشین کشش)

۳-۱ صافکاری به وسیله ابزار دستی

از این روش صافکاری در مواقعی که کار محدود باشد استفاده شده و برای ورق‌ها با طول زیاد کاربرد ندارد و بیش‌تر برای تعمیرات به خصوص برای صافکاری بدنه اتومبیل به کار برده می‌شود.

برای صافکاری با دست علاوه بر ابزارهای خاص تجربه و مهارت فرد صافکار نیز شرط لازم و اساسی می‌باشد.

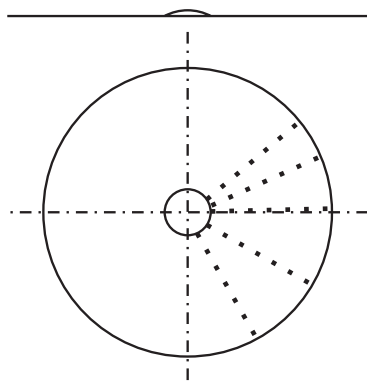
در این روش صافکاری ابزارهای مختلفی به کار گرفته می‌شوند که عمده‌ترین آن‌ها شامل صفحه صافی، سندان‌های مختلف صافکاری، چکش صافکاری، چکش چوبی، قالب تنه و مشتی می‌باشد.

برای انجام عمل صافکاری با دست لازم است ابتدا محل یا محل‌های تغییر فرم داده شده را مشخص نموده و سپس با وسایل مورد نیاز اقدام به عمل صافکاری نمود.

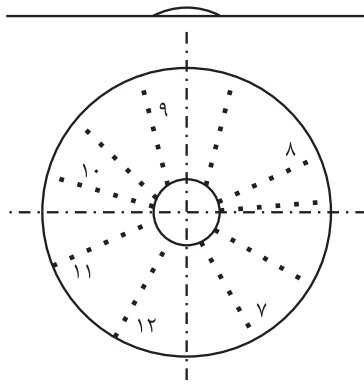
۳-۱-۱ اصول صافکاری دستی ورق‌های فلزی

الف- صافکاری ورق کوژدار، با فرض این که قسمت تغییر فرم داده شده به صورت یک برآمدگی در وسط ورق قرار گرفته باشد. این که ورق مورد نظر به صورت دایره باشد. برای برطرف کردن قسمت برآمده می‌بایست چکش کاری را از حد فاصل قسمت برآمده ناحیه صاف ورق شروع شده و به لبه‌های ورق ختم می‌نماییم. ضربات چکش خیلی نزدیک به هم و روی شعاع‌های فرضی بر روی کار وارد می‌شود. ضابات از سنگین شروع و به سمت لبه کار به مرور سبک‌تر می‌شود. (شکل ۳-۱) پس از پایان مرحله اول برآمدگی کمی کوچک‌تر می‌شود حال می‌بایست مرحله دوم را مانند مرحله اول شروع نمود. برای این منظور ضربات چکش را مانند مرحله اول به صورت شعاع‌های جدید و بین شعاع‌های مرحله اول انجام می‌دهیم. (شکل ۳-۲) پس

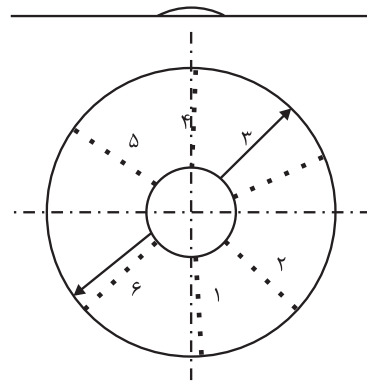
از پایان مرحله دوم برآمدگی کوچک تر شده و می بایست مرحله سوم و مراحل بعدی را نیز به همین شکل انجام می دهیم. (شکل ۳-۳)



شکل ۳-۳



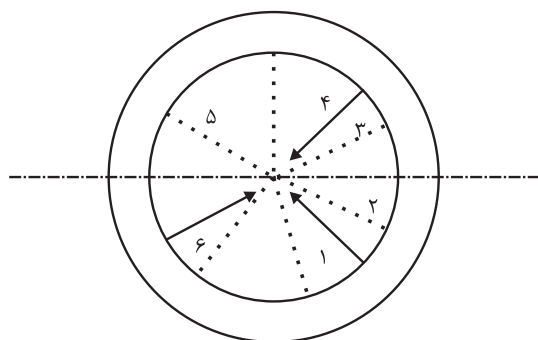
شکل ۲-۳



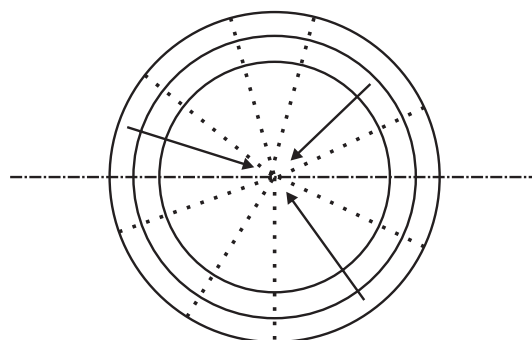
شکل ۱-۳

صافکاری ورق تابیده:

برای صافکاری ورق های تابیده شده عمل چکش کاری از لبه های ورق شروع وبه سمت وسط ورق ختم می شود. برای جلوگیری از ازدیاد طول بیش از حد در وسط ورق می بایست ضربات چکش را در لبه های ورق سنگین وبا پیش روی به سمت وسط ورق از شدت ضربات کاسته وضربات سبک تری وارد نمود. در این روش صافکاری نیز مانند روش قبلی ضربات به صورت شعاعی وارد شده و در مراحل مختلف انجام می شود. (شکل های ۴-۳ و ۵-۳)



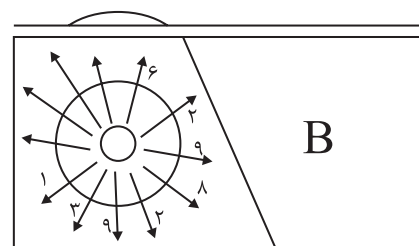
شکل ۵-۳



شکل ۴-۳

صافکاری ورق‌های که بر آمدگی در گوشه آن‌ها باشد

برای بر طرف نمودن این برآمدگی‌ها عملیات چکش کاری را از اطراف ناحیه تغییر فرم داده شده شروع و به لبه ورق ختم نمود. (شکل ۳-۶)



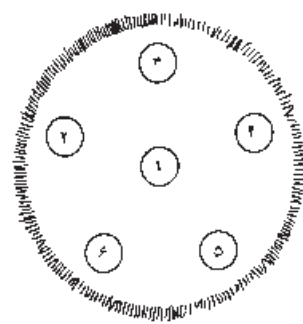
شکل ۳-۶

صافکاری ورق‌های که دچار تغییر فرم‌های گوناگون شده‌اند

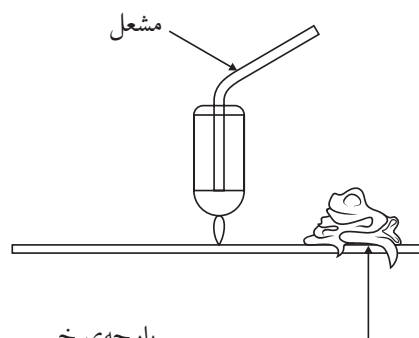
در صنعت به ندرت پیش می‌آید که تغییر فرم پیش آمده به صورت ساده باشد و گاهی پیش می‌آید که قسمتی از ورق دچار فرو رفتگی شده و قسمت دیگر موجب پیچیدگی شود. برای صافکاری این ورق‌ها می‌بایست مانند حالت‌های ذکر شده قبلی اقدام نموده و قسمت‌های که لازم است ضربات از داخل به خارج و یا بالعکس از خارج به داخل نیاز باشد به صورت تفکیکی انجام می‌شود.

روش صافکاری با استفاده از گرما

در این روش صافکاری محل مورد نظر را که باد کرده است را مشخص می‌کنند. نقطه وسط محل باد کرده را با استفاده از مشعل جوش کاری اکسی گاز گرم نموده و با استفاده از ابزارهای دستی مانند چکش و یا قالب تنه به آن ضربه می‌زنند. این عمل را در چند نقطه از محل باد کرده ورق ادامه می‌دهند تا سطح قطعه کاملاً صاف شود. باید دقت شود که محل‌های مورد نظر بیش از حد لازم گرما داده نشود. زیرا این امر موجب آسیب رسانی به نقاط دیگر می‌شود و ممکن است باعث فرو رفته گیهای نقاط دیگر شود. برای جلوگیری از این مسئله لازم است گرما را کنترل نموده و برای جلوگیری از انتقال حرارت به نقاط دیگر استفاده از پارچه های خیس و قرار دادن آن در مجاورت محل های گرما دیده می‌توان از این مسئله جلوگیری کند. (شکل‌های ۳-۷ و ۳-۸)



شکل ۳-۷



شکل ۳-۸

۳-۲ صافکاری با ابزار ماشینی

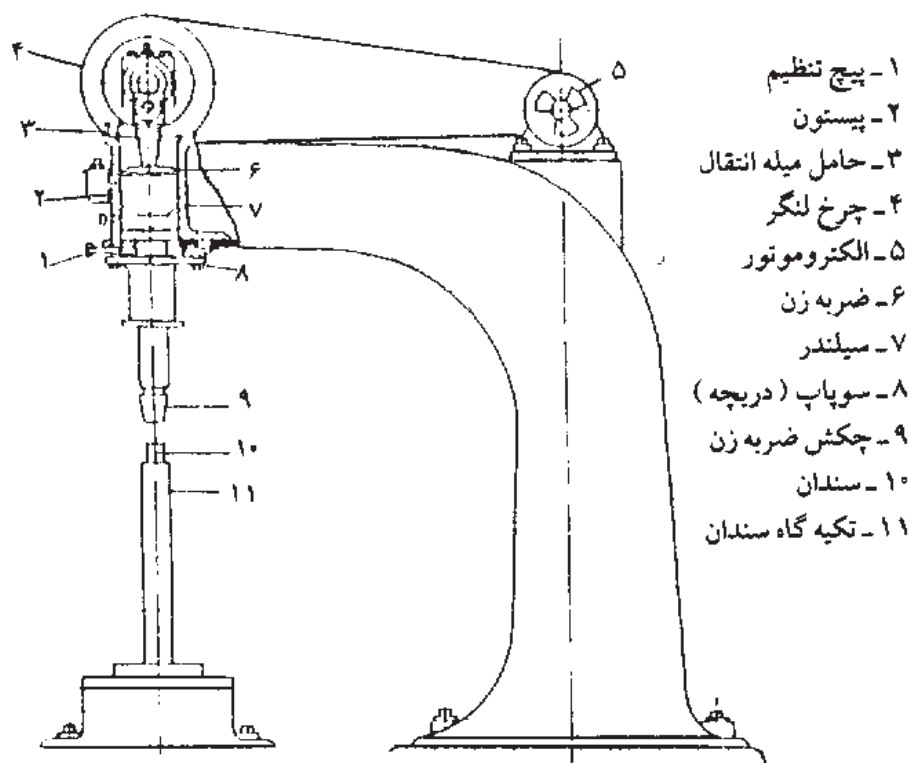
یکی از ماشین‌های ساده صافکاری چکش‌های پنوماتیکی است که نیروی محرکه آن‌ها هوای فشرده است از این ماشین‌ها معمولاً بیش تر برای صافکاری سطوح ورق‌های فلزی تغییر شکل یافته در کارگاه‌های صنایع فلزی و کارخانه‌های اتاق‌سازی اتومبیل استفاده می‌شود.

برای صافکاری قطعات ساخته شده یا بر طرف کردن تغییر شکل های فیزیکی ورق های فلزی از این ماشین استفاده می شود. به این ترتیب که با قرار دادن قطعه بین سندان و چکش ماشین و وارد شدن ضربه های پی در پی و جابه جایی یکنواخت و مدام تغییر شکل های موجود روی سطوح (ناصافی، ناهمواری های لبه ورق، فرورفتگی، برآمدگی و غیره) بر طرف می شود. برای این که هنگام صافکاری سطح قطعات کاملاً صاف باقی بماند باید به چند نکته توجه کرد. در هنگام آغاز و پایان صافکاری باید سعی کنیم که ضربات چکش روی لبه کار وارد نشود باید بدون متوقف ساختن چکش ورق را به طور سریع زیر ماشین برد یا از زیر آن خارج کرد.

سطوح تماس سندان و چکش ماشین باید همیشه و بویژه هنگام صافکاری ورق های غیر آهنی کاملاً صیقلی و پرداخت شده باشد. و در مواردی مانند صافکاری ورق های آلومینیومی سندان را چرب می کنند

پتک های بادی

این پتک ها با هوای فشرده کار می کند شکل (۳-۹) توسط یک موتور الکتریکی ۵ به حرکت در می آید. چرخ لنگ ۴ حامل میله اتصال ۳ در ارتباط با پیستون ۲ می باشد پیستون و سر چکش (ضربه زن ۶) در درون سیلندر ۷ جابه جا می شود به محض بالا رفتن ضربه زن و در نتیجه مکیده شدن هوا از طریق سوپاپ (دریچه) به داخل سیلندر می شود و به محض این که پیستون ۲ شروع به پایین رفتن می کند هوای داخل سیلندر به ضربه زن ۶ به طرف پایین فشار می آورد. و ضربه زن بنوبه خود به هوای زیر خود فشار آورده و آن را از طریق سوپاپ (دریچه ۸) خارج می کند چنانچه این دریچه (سوپاپ ۸) بسته باشد هوای زیر ضربه زن ۶ فشرده شده و ضربه زن را درون سیلندر در ارتفاع معینی نگه می دارد از این وسیله برای تنظیم نیرو و شدت ضربه ها به هنگام صافکاری استفاده می شود. سطح و رویه های در تماس با کار و سندان بالایی ۹ و سندان زیری ۱۰ که بر روی جایگاه ۱۱ استوار و محکم شده باید همواره تمیز و پرداخت شده باشد. (شکل ۳-۹)



- ۱- پیچ تنظیم
- ۲- پیستون
- ۳- حامل میله انتقال
- ۴- چرخ لنگر
- ۵- الکتروموتور
- ۶- ضربه زن
- ۷- میلندر
- ۸- سوپاپ (دریچه)
- ۹- چکش ضربه زن
- ۱۰- سندان
- ۱۱- تکیه گاه سندان

شکل ۳-۹

برای جلوگیری از ضایع شدن ورق فلز چکش ضربه زن و سندان کاملاً هم مرکز باشند با چرخاندن اهرم تنظیم به طرف پایین ضربات چکش محکم تر و یا گردانیدن آن به طرف بالا ضربات با شدت کم تری به سطح ورق وارد می شود.

در هنگام عمل صاف و هموار کردن صافخه فلزی را بر روی سندان زیری در وضعیت افقی قرار داده و با هر دو دست (شکل ۳-۱۰) به شکلی آن را گرفته و جابه جا می کنیم که نقاط ناهموار آن در معرض ضربات چکش قرار گیرند. تا صاف و هموار گردند. شدت ضربات در نقاط ضخیم تر ورق بیشتر و در نقاط نازک تر و یا اطراف محل بر آمدگی یا فرورفتگی باید نرم تر تنظیم گردد.



شکل ۳-۱۰

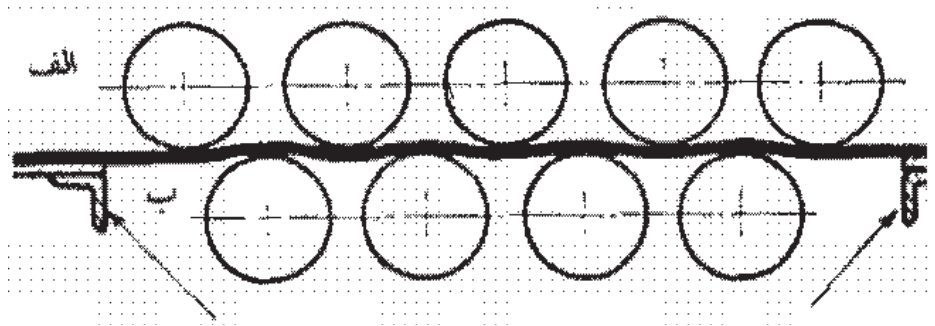
ب- صافکاری به وسیله ماشین های نورد

ماشین هایی که برای صافکاری ورق های فلزی مورد استفاده قرار می گیرد به ماشین با نوردهای سخت و ماشین با نوردهای انعطاف پذیر تقسیم می شوند.

- ماشین با نوردهای سخت

این ماشین ها دارای دو ردیف غلتک از فولاد سخت به قطرهای مختلف از ۷۵ تا ۱۸۰

میلی متر برای ورق های فلزی به ضخامت های ۲ تا ۱۲ میلی متر ساخته شده اند که به طور یک در میان روی هم قرار گرفته اند. (شکل ۳-۱۱)



شکل ۳-۱۱

در بعضی از این ماشین ها نگهدارنده های از فولاد سخت روی نورد ها مستقر شده که وظیفه آن ها و حمایت نوردهای پایینی و بالایی در برابر خمیدگی های است که بر اثر مقاومت ورق ها ایجاد می شود. در دو طرف ماشین دو میز فلزی برای قرار گرفتن ورق قبل و بعد از عمل صافکاری وجود دارد.

ابتدا ورق از بین غلتک ها عبور داده می شوند و با ایجاد موج های یکنواخت به نسبت قابل توجه ای از نا منظمی های آن ها کاسته می شود. برای این که قسمت های کوتاه و طویل ورق به طور یکنواخت در معرض نیروی وارده غلطک ها واقع شود و عمل مزبور آسان تر صورت پذیرد در نواحی کوتاه ورق نوارهای از ورق به ضخامت ۰/۸ تا ۲ میلی متر و به طول و عرض متناسب با قسمت های روی کوتاه ورق قرار می دهند تا فشار نوردها مؤثر واقع شود و ازدیاد سطح در محل لازم ایجاد شود.

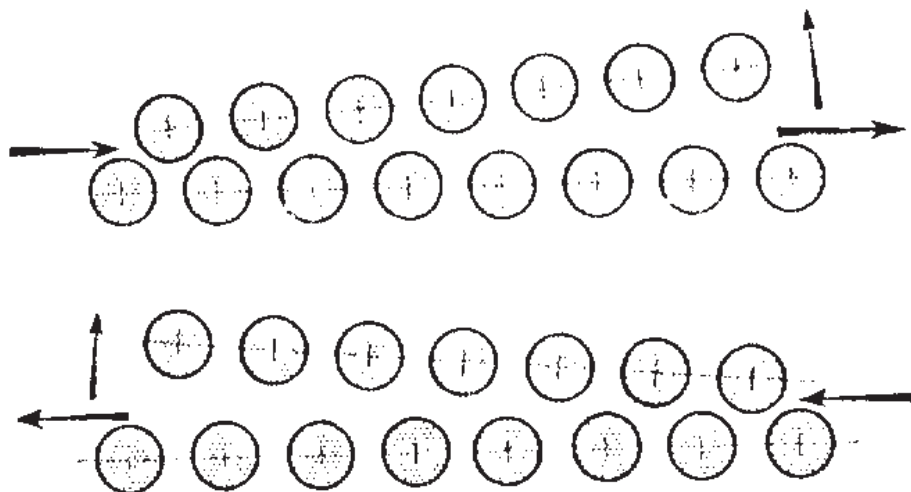
در این روش صافکاری لازم است پس از عبور ورق از زیر غلتک آنها را پشت و رو

کرده و سپس عبور داد

ماشین با نوردهای انعطاف پذیر

تعداد نوردهای این ماشین زیاد است (۲۳ عدد) و جنس آن ها از فولاد با حد ارتجاعی بالا است. بر روی نوردهای بالایی و پایینی نیز تعدادی غلتک های کوچک قرار گرفته اند که وظیفه آن ها حمایت و پشتیبانی از نوردهای اصلی است و به غلطک های حمایت کننده موسوم می باشند. در ردیف بالایی حمایت کننده های نیز وجود دارند که روی قیدهای عرضی ماشین نصب شده اند و ثابت هستند و هنگام صافکاری نوردهای بالایی را حمایت

می‌کنند. حمایت‌کننده‌های پایینی می‌توانند هر یک به طور جداگانه و مستقل عمل کنند و در هر قسمت از طول نوردها بالا و پایین روند و فشار لازم را اعمال کنند. مجموعه نوردهای ردیف بالایی می‌تواند برای موجدار کردن ورق بالا و پایین رود و در بعضی از ماشین‌ها این مجموعه ممکن است به سمت راست یا چپ متمایل گردد. (شکل ۳-۱۲)



شکل ۳-۱۲

صافکاری به وسیله ماشین‌های کششی

یکی دیگر از فرآیندهای صافکاری ورق‌های فلزی کشیدن ورق به وسیله ماشین‌های کششی است. از این ماشین‌ها غالباً در کارخانه‌های فولاد سازی به منظور صاف و مسطح کردن ورق‌های فلزی استفاده می‌کنند. صافکاری با این شیوه یکی از بهترین روش‌ها است ولی به دلیل آن که به نیروی زیادی نیاز دارد بایستی از دستگاه‌های خیلی بزرگ و قوی استفاده شود.

صافکاری با این روش در دو مرحله انجام می‌شود:

- مرحله اول: کشیدن ورق با سرعت زیاد و نیروی کم به منظور از بین بردن تغییر شکل موقت یا ارتجاعی آن (قرار گرفتن ورق به وضع افقی و مسطح).
- مرحله دوم: کشیدن با نیروی زیاد و سرعت کم برای بزرگ یا طویل شدن نواحی کوتاه ورق به طور پیوسته.

ارزشیابی فصل سوم

- ۱- اصول صافکاری را شرح دهید.
- ۲- روش های مختلف صافکاری را نام ببرید.
- ۳- نحوه صافکاری دستی را شرح دهید.
- ۴- نحوه صافکاری با ماشین های (چکش) پنوماتیکی را شرح دهید.
- ۵- صافکاری با استفاده از حرارت را شرح دهید.

فصل چهارم

خم کاری در صنعت ورق کاری

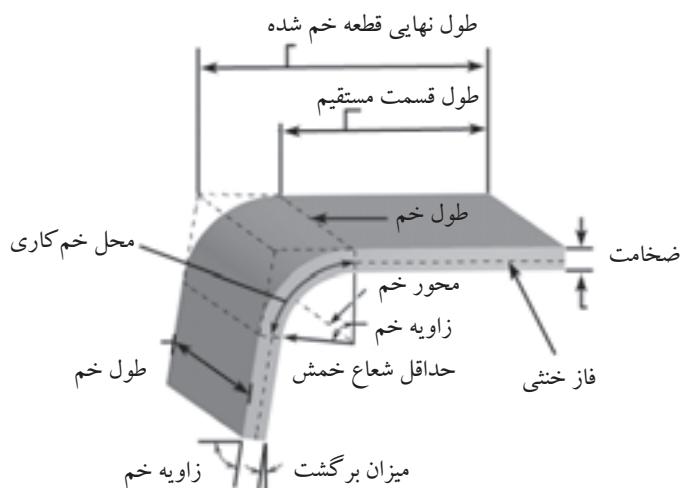
هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- قابلیت خم‌کاری ورق‌های فلزی را شرح دهد.
- ۲- اصول خم‌کاری را شرح دهد.
- ۳- انواع ماشین‌های خم‌کن را شرح دهد.
- ۴- فاز خنثی را توضیح داده و محل قرار گرفتن آن را بیان کند.
- ۵- محاسبه طول گسترده قطعات خم‌کاری شده را انجام دهد.

۴- خم کاری

در صنعت ورق کاری برای تغییر فرم در قطعات از فرآیند خم کاری استفاده می شود. خم کردن عملی است که در آن قسمتی از مواد را با حفظ سطح مقطع شان تا حد امکان با رساندن حرارت و بدون آن از مسیر اصلی خارج کرده و به مسیر دلخواهی آورد. (شکل ۴-۱)



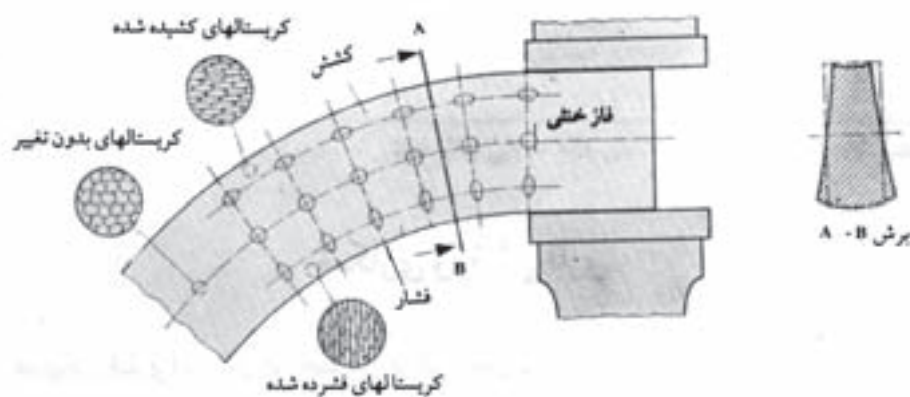
شکل ۴-۱

قابلیت خم کاری

قابلیت خم کاری ورق های فولادی متغیر است و به درصد کربن آن ها بستگی دارد. با افزایش مقدار کربن قابلیت خم کاری کاهش می یابد. ورق های فلزی که درصد کربن آن ها ۱/۲ است قابلیت خم کاری در حالت سرد را دارند و چنانچه درصد کربن از مقدار ذکر شده بیش تر شود خم کاری به روش گرم انجام می گیرد. ورق های غیر آهنی را معمولاً در حالت سرد خم کاری میکنند ولی بعضی از آن ها را به دلیل نداشتن قابلیت انعطاف لازم بایستی ابتدا گرم و سپس خم کاری کنند. ورق های روی و آلایزهای آلومینیوم را در حالت گرم بهتر خمکاری می شوند.

تئوری خم کاری

اصطلاح خم کاری و پارامترهای آن را می توان در شکل مشاهده کرد در خم کاری یک ورق رشته های بیرونی قطعه (سطح بالای ورق) تحت کشش ورشته های درونی قطعه (سطح پایینی ورق) تحت فشار قرار می گیرد. مطابق تئوری خم کاری اگر از تغییر در ضخامت منطقه خم صرف نظر شود محور خنثی در رشته مرکزی باقی می ماند که تغییری در آن به وجود نمی آید. به همین دلیل این رشته را فاز خنثی می نامند. (شکل ۲-۴)



شکل ۲-۴

با توجه به مطالب گفته شده لازم است با در نظر داشتن فرم، سطح مقطع قطعه کار در محاسبات خم کاری مواد اولیه ابتدا فاز خنثی را تشخیص داد و سپس طول آن را محاسبه کرد مقدار تغییر فرم مقطع در محل خم کاری به جنس کار، شعاع و زاویه خمش و فاصله لایه خارجی تا فاز خنثی بستگی دارد تغییر فرم زیاد در قطعات که قابلیت خم کاری آنها کم است مشکل به وجود آورده و باعث ترک در محل خم کاری گردد.

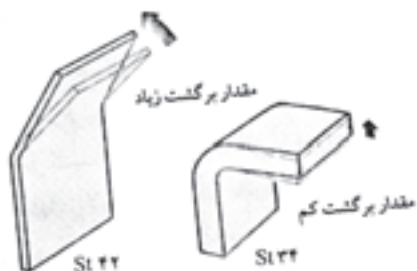
برای جلوگیری از این مسئله در محل خم کاری باید شعاع خمش را متناسب انتخاب نمود برای این و در نظر گرفتن حداقل شعاع خمش لازم می باشد. حداقل شعاع خمش به عواملی مانند قابلیت انعطاف پذیری قطعه، زاویه خمش، ضخامت و فرم سطح مقطع کار و جهت الیاف ورق بستگی دارد.

حداقل شعاع خمش با دو برابر ضخامت یعنی $2t$ نشان داده می شود. در جدول (۱-۴) حداقل شعاع خمش برای برخی مواد آورده شده است.

ردیف	ماده ورق	حداقل شعاع خمش برای ماده نرم	حداقل شعاع خمش برای ماده سخت
۱	آلیاژ آلومینیوم	۰	۶T
۲	فولاد کم کربن	۰/۵ T	۴T
۳	تیتانیوم	۰/۷ T	۳T
۴	آلیاژ تیتانیوم	۲/۶ T	۴T

برگشت فنری

به دلیل خاصیت ارتجاعی در فلزات پس از خم کاری قطعات مقداری برگشت اتفاق می افتد و زاویه خمش کمتر از زاویه خمکاری مورد نظر حاصل می شود. این خاصیت را برگشت فنری می گویند. این مسئله نه تنها در ورق های فلزی بلکه در شمش ها و میله ها و سیم ها با سطح مقطع های مختلف پیش می آید. (شکل ۳-۴)



شکل ۳-۴

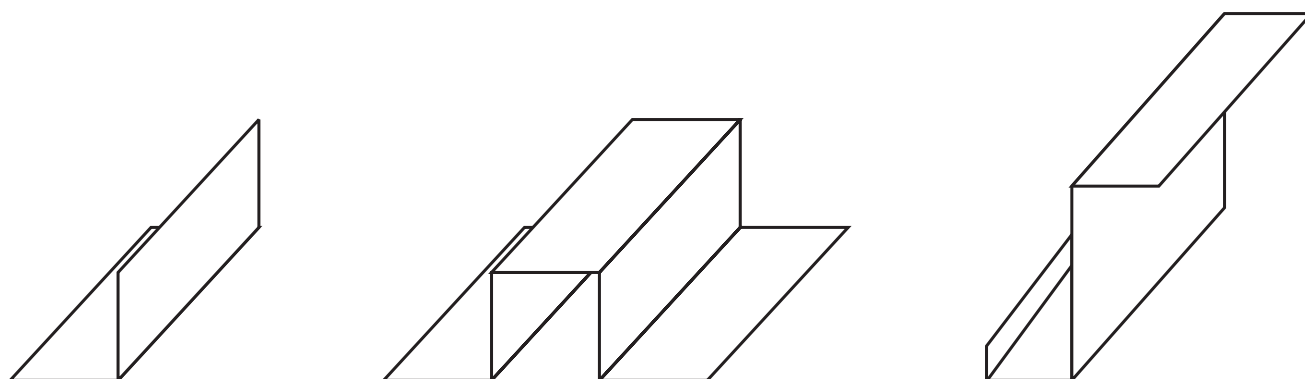
انواع خم کاری

انواع خم کاری های مورد استفاده در ورق کاری را می توان به سه دسته اصلی تقسیم نمود:

- ۱- خم کاری مستقیم
- ۲- خمکاری فلنج
- ۳- خمکاری منحنی شکل (مدور)

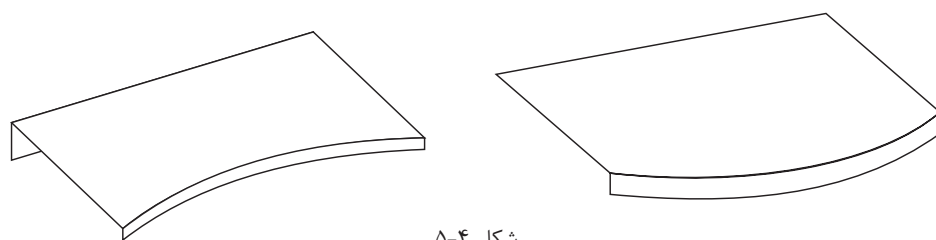
۱. خم کاری مستقیم: یک روش اصلی برای تغییر شکل ورق های فلزی می باشد.

(شکل ۴-۴)



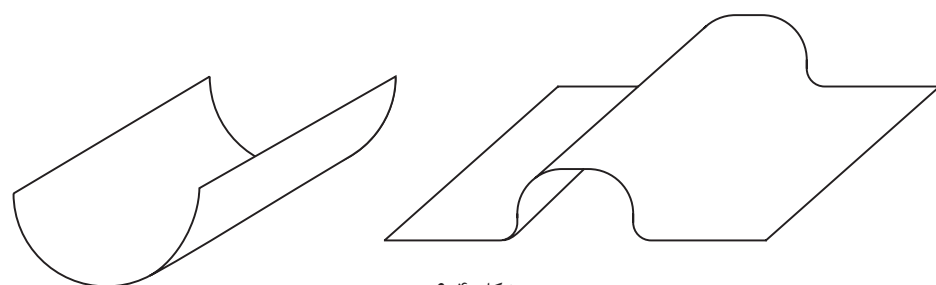
شکل ۴-۴

۲. خم کاری فلنچ: یک روش اصلی برای تغییر شکل ورق های فلزی می باشد. (شکل ۴-۵)



شکل ۴-۵

۳. خم کاری منحنی شکل (مدور): یک روش اصلی برای تغییر شکل ورق های فلزی می باشد. (شکل ۴-۶)



شکل ۴-۶



انواع ماشین های خمکن

ماشین های مورد استفاده در صنعت برای خم کاری ورق های فلزی را می توان به شکل زیر تقسیم بندی نمود.

- ۱) خمکن های دستی ۲) خمکن ساده ستونی ۳) ماشین های خمکن برقی
- ۴) پرس های خمکن مکانیکی ۵) پرس های خمکن هیدرولیکی

۱. خمکن های دستی

این دستگاه ها دارای ساختمان ساده تشکیل شده است. و برای ورق های با طول محدود وضخامت های کم به کار گرفته می شود. نمونه ای از این خمکن را در شکل (۴-۷) مشاهده می کنید.

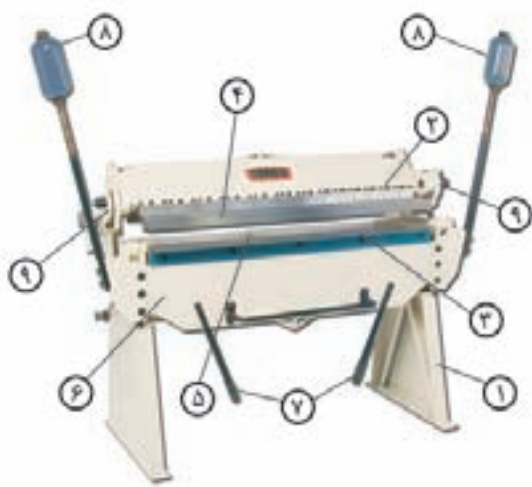


شکل ۴-۷

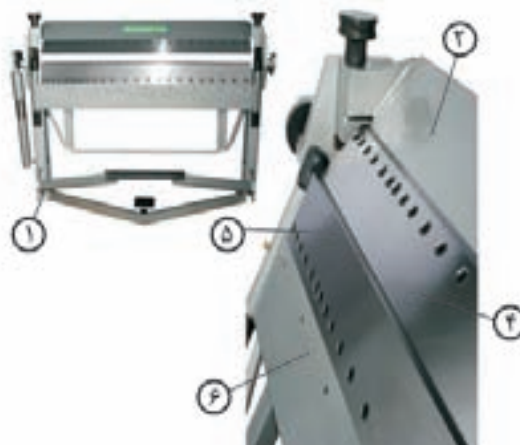
۲. ماشین های خمکن ساده ستونی

این خمکن ها را در دو نوع با فک بالای ساده و یا با فک بالای لقمه ای طراحی ساخته

می شود و از نظر ابعاد نیز در طول های مختلف به بازار ارزه می گردد. (شکل های ۴-۸ الف و ۴-۸ ب)



خمکن لقمه ای
شکل ۴-۸ ب



خمکن ساده با فک ساده
شکل ۴-۸ الف

قسمت های مختلف خمکن های ساده ورق:

(۱) پایه (۲) فک بالا (۳) فک پایین (۴) تیغه خم بالا (۵) تیغه خم پایین (۶) صفحه گردان (۷) دسته صفحه گردان (۸) وزنه های تعادل (۹) دسته بالا و پایین آوردن فک بالا مکانیزم ماشین های خمکن ساده: در این ماشین ها ورق فلزی مورد خم کاری در بین دو فک پایین و بالا قرار گرفته و فک بالای که متحرک می باشد. توسط دسته ای که به این منظور در نظر گرفته شده است به پایین هدایت می شود. و ورق را به بستر فک پایین محکم می فشارد. صفحه گردان که در قسمت جلوی ماشین قرار دارد به وسیله دو محور از دو طرف در یاتاقان قرار گرفته و در درون دو کشویی که به طور عمودی حرکت می کنند جاسازی شده است صفحه گردان که وظیفه خم کاری را به عهده دارد به دو وزنه مجهز می باشد نقش این وزنه ها افزایش نیروی خم کاری می باشد. تیغه پایینی که روی این صفحه قرار دارد می تواند برای ضخامت های مختلف قابل تنظیم بوده و می تواند توسط اهرم های پیچی که بدین منظور در نظر گرفته شده است تنظیم گردد. با چرخاندن فلکه صفحه گردان این صفحه به سمت پایین حرکت کرده و

خم کن برای ضخامت جدید تنظیم می گردد. وبا استفاده از دسته صفحه گردان عمل خم کاری انجام می شود. زاویه حرکت صفحه گردان قابل تنظیم بوده و می توان برای زوایای مختلف تنظیم نمود. (شکل ۹-۴)

با این خمکن ها ورق های فولادی کم کربن را تا ضخامت ۳ میلی متر و ورق های آلومینیومی را تا ضخامت ۶ میلی متر و ورق های مسی و برنجی را تا ضخامت ۵ میلی متر خم کاری می نمایند.

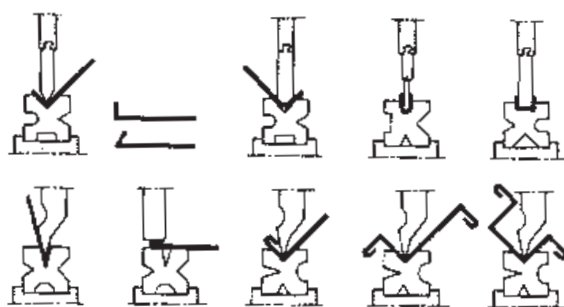
خمکن های برقی

اجزای اصلی تشکیل دهنده ماشین های خمکن برقی شامل اجزاء زیر می باشد:

۱. موتور الکتریکی و جعبه دنده معکوس کننده دور.
 ۲. فک بالای دستگاه و متعلقات آن که حرکت خود را از الکتروموتور می گیرد.
 ۳. صفحه گردان و متعلقات آن که حرکت خود را از الکتروموتور می گیرد.
 ۴. تجهیزات تبدیل و انتقال نیرو این تجهیزات تبدیل نیرو و انتقال آن را به قسمت های متحرک ماشین امکان پذیر می سازند. و معمولاً در پایه های دستگاه ها جاسازی می شوند.
- خمکن های برقی را معمولاً در طول های ۶-۱ متر می سازند. و به وسیله این خمکن ها ورق های فولادی را تا ضخامت ۶ میلی متر می توان خم کاری نمود. (شکل ۱۰-۴)

ماشین های پرس خم کن (برک پرس)

ماشین های پرس خم کن به کمک انواع قالب های کار می کنند که به این قالب ها که سمبه و ماتریس می گویند و با سطح مقاطع مختلف طراحی و ساخته می شوند. از این ماشین های پرس خمکن برای صاف کردن، ایجاد فرورفتگی و برجستگی، و خم کاری ورق های فلزی در زوایای مختلف به کار گرفته می شود. (شکل ۱۱-۴)



شکل ۱۱-۴



شکل ۹-۴



شکل ۱۰-۴

این ماشین‌های خمکن در ابعاد و تناژهای مختلف ساخته شده و به کار گرفته می‌شوند. طول میز این ماشین‌ها معمولاً ۶-۲ متر برای اندازه‌های معمولی و در مدل‌های بزرگ‌تر تا ۱۲ متر نیز طراحی و ساخته می‌شوند. قالب‌های این ماشین‌های خمکن (سنبه، ماتریس) نیز متناسب با مشخصات و طول دستگاه ساخته می‌شوند. (شکل ۴-۱۲)



شکل ۴-۱۲

پرس‌های خم کن به گونه‌ای طراحی شده‌اند که فشار را بر روی یک سطح باریک و طولیل با حداقل انحراف وارد می‌سازند. این ویژگی از ویژگی‌های پرس خم است و همین امر سبب می‌شود که شکل ظاهری این پرس‌ها شبیه به یکدیگر ولی قدرت و ظرفیت آن‌ها متفاوت باشد. قسمت‌های مختلف این پرس‌ها به قرار زیر می‌باشد:

بدنه، بستر، ضربه‌زن، سیستم محرکه، قالب‌های سمبه و ماتریس

بدنه: بدنه این پرس‌های خم را از اتصال جوشکاری و از ورق‌های ضخیم فولادی می‌سازند.

بستر پرس: محلی را که ماتریس روی پرس قرار می‌گیرد را بستر پرس گویند. بستر پرس را معمولاً ضخیم محکم می‌سازند. تا از انحراف و خم شدن آن‌ها در اثر فشار جلوگیری گردد.

ضربه زن: انتقال نیروی محرکه به قالب توسط ضربه زن به منظور خم کاری انجام می‌شود. ضربه زن و بستر پرس در شرایط بدون بار باید به طور موازی با یکدیگر قرار گیرد.

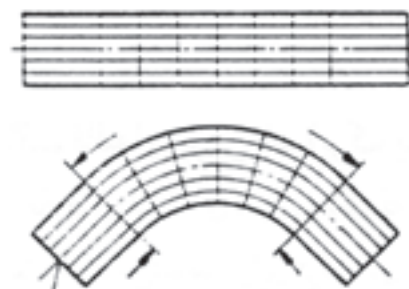
قالب‌های سمبه و ماتریس: این قالب‌ها را از فولادهای ابزار می‌سازند.

نیروی محرکه: منظور از نیروی محرکه در پرس های خم مکانیزمی است که برای حرکت ضربه زن استفاده می شود. پرس های خم بر اساس نیروی محرکه به دو دسته مکانیکی و هیدرولیکی تقسیم می شود.

کورس پرس خم کن (مسیر رفت و برگشت): مسیر حرکت ضربه زن از بالاترین نقطه تا پایین ترین وضعیت خود را کورس پرس گویند. در تمام پرس های خم کن طول کورس قابل تنظیم می باشد. کورس پرس را معمولاً برحسب بلندی ماتریس و ضخامت قطعه کار مورد خم کاری و نوع خمی که ورق می بایست خم کاری شود تنظیم می کنند.

تعیین قطر یا شعاع متوسط

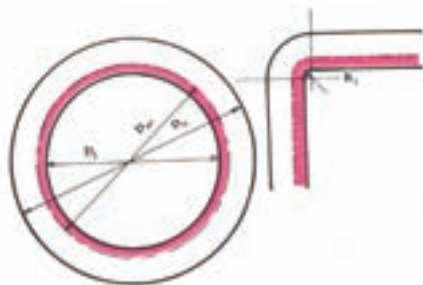
بر اساس تئوری خم کاری که قبلاً مورد بحث قرار گرفته است در خم کاری قسمت داخلی قطعه مورد خم کاری فشرده شده و قسمت خارجی آن کشیده می شود. و یک لایه بین لایه داخلی و خارجی که آن را تار خنثی می نامند بدون تغییر باقی می ماند. در محاسبات خم کاری برای تعیین طول اولیه قطعه تا رخنثی ملاک عمل بوده و با محاسبه طول اولیه آن می توان طول اولیه قطعه را محاسبه نمود. (شکل ۴-۱۳)



شکل ۴-۱۳

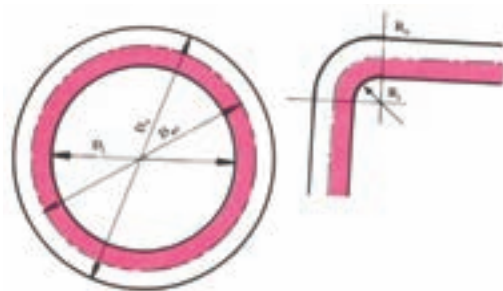
محل قرار گرفتن تار خنثی به دو عامل ۱- شعاع خم ۲- زاویه خم کاری بستگی دارد. و محل قرار گرفتن آن با توجه به دو عامل ذکر شده از لایه داخلی به اندازه یک سوم تا نصف ضخامت قطعه مورد خم کاری تغییر می کند. و می توان با توجه به شعاع خم و زاویه خم کاری قطر یا شعاع متوسط را از روابط الف و ب استفاده نمود. (شکل های ۴-۱۴ و ۴-۱۵)

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{av} = R_i + \frac{1}{3}t \\ R_{av} = R_o + \frac{2}{3}t \\ D_{av} = D_i + \frac{2}{3}t \\ D_{av} = D_o - \frac{4}{3}t \end{array} \right. \quad \text{الف}$$



شکل ۴-۱۴

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{av} = R_i + \frac{1}{2}t \\ R_{av} = R_o - \frac{1}{2}t \\ D_{av} = D_i + t \\ D_{av} = D_o - t \end{array} \right.$$



شکل ۴-۱۵

محاسبه عوامل خم کاری

در صنعت ورق کاری به منظور تولید ساخته‌های فلزی و تغییر فرم و شکل در آن‌ها از فرآیند خم کاری استفاده می‌کنند. لذا لازم است طول اولیه قطعات قبل از خم کاری محاسبه گردد. همان‌طوری که قبلاً اشاره شد یکی از عوامل تعیین کننده شعاع خمش می‌باشد.

شعاع خمش

شعاع خمش تعیین کننده میزان انحنای قوس در محل خم کاری است. در تولید ساخته‌های فلزی معیار شعاع خمش حداقل شعاع خمش مجاز می‌باشد. برای جلوگیری از پاره شدن ورق در محل خم باید حداقل شعاع خمش مجاز را با توجه به جنس و قابلیت خم کاری اوراق فلزی را تعیین نمود.

حداقل شعاع خمش با توجه به زاویه خم کاری عبارت است از:

۱ تا ۳ برابر ضخامت ورق در خم کاری قوس‌های کم‌تر از ۹۰ درجه ($R_i = 1 \text{ تا } 3t$)

مساوی یا بیش‌تر از ۳ برابر ضخامت ورق در خم کاری قوس‌های ۹۰ درجه و بیش‌تر ($R_i \geq 3t$)

X = زاویه خم کاری

D_{av} = قطر متوسط

D_i = قطر داخلی

D_o = قطر خارجی

R_{av} = شعاع متوسط

R_i = شعاع داخلی

R_o = شعاع خارجی

t = ضخامت

محاسبه طول گسترش قطعات خم کاری شده

در خم کاری ورق‌های فلزی اگر ضخامت ورق مساوی یا کم‌تر از ۱/۵ میلی‌متر باشد. نیازی به محاسبه قطر یا شعاع متوسط نیست و محاسبه گسترده قوس‌ها با توجه به همان اندازه موجود در نقشه انجام می‌شود.

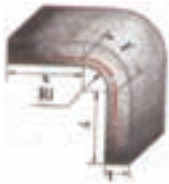


در صورتی که ضخامت ورق از ۱/۵ میلی‌متر بیش‌تر باشد. با توجه به شعاع خمش و زاویه خم کاری می‌بایست ابتدا قطر متوسط را محاسبه کرده و طول گسترش قوس‌ها را به دست آورد. (فرمول‌های ۱-۴ و ۲-۴)

$$L = \frac{R_{av} \times n(180 - a)}{180} \quad \text{یا} \quad L = \frac{D_{av} \times n(180 - a)}{360}$$

فرمول ۲-۴ فرمول ۱-۴

تعیین گسترده قوس در خم کاری ورق‌های تحت زاویه ۹۰ درجه:
برای محاسبه گسترش قوس‌های ذکر شده ابتدا روابط تعیین قطر یا شعاع متوسط را با توجه به شرایط خم کاری از جداول (۲-۴ و ۳-۴ و ۴-۴) محاسبه می‌شود.

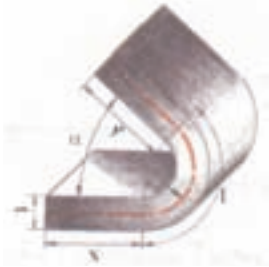


جدول ۲-۴ تعیین روابط قطر یا شعاع متوسط برای خمکاری ورق‌های تحت زاویه ۹۰ درجه

ردیف	مقدار ضخامت و شعاع خمش به میلی‌متر	مکان تار خنثی با توجه به شرایط خمکاری	روابط تعیین کننده قطر یا شعاع متوسط
۱	$t \geq 1/5$ $R_i = t$		الف
۲	$t \geq 1/5$ $R_i = 2t$ تا t		الف
۳	$t \geq 1/5$ $R_i \geq 4t$		ب

جدول ۳-۴ تعیین قطر با شعاع متوسط با توجه به شرایط خمکاری در خمکاری بیش از ۹۰ درجه

ردیف	مقدار ضخامت و شعاع خمش به میلی متر	مکان تار خنثی با توجه به شرایط خمکاری	روابط تعیین کننده قطر با شعاع متوسط
۱	$t \geq 1/5$ $R_i = t$		الف
۲	$t \geq 1/5$ $R_i = 2t \leq t$		الف
۳	$t \geq 1/5$ $R_i \geq 4t$		الف

جدول ۴-۴ محاسبه‌ی طول گسترده قوس‌ها در خمکاری ورق‌های تحت زاویه کمتر از ۹۰ درجه

ردیف	مقدار ضخامت و شعاع خمش به میلی متر	مکان تار خنثی با توجه به شرایط خمکاری	روابط تعیین کننده قطر با شعاع متوسط
۱	$t \geq 1/5$ $R_i = t$		ب
۲	$t \geq 1/5$ $R_i = 2t \leq t$		ب
۳	$t \geq 1/5$ $R_i \geq 4t$		ب

ارزشیابی فصل چهارم

- ۱- قابلیت خمکاری ورق‌های فلزی را شرح دهید.
 - ۲- اصول خمکاری ورق‌های فلزی را شرح دهید.
 - ۳- انواع ماشین‌های خمکن را نام ببرید.
 - ۴- محل قرار گرفتن فاز خنثی را بارسم شکل شرح دهید.
 - ۵- کاربرد برک پرس‌ها را شرح دهید.
 - ۶- در تولید قطور فلزی مطابق شکل سرعت تولید مد نظر می‌باشد. کدام گزینه جهت خمکاری مناسب می‌باشد.
- | | |
|---|---------------------|
| الف- خمکن دستی | ب- خمکن هیدرولیکی |
| ج- برک پرس | د- خمکن برقی ساده |
| ۷- کدام نوع خمکاری در صنعت ورق کاری بکار نمی‌رود. | |
| الف- خمکاری مستقیم | ب- خمکاری فلنج |
| ج- خمکاری منحنی شکل | د- خمکاری زاویه دار |
- ۸- اگر ضخامت ورق کمتر یا مساوی باشد نیاز به محاسبه قطر یا شعاع متوسط نیست.

- | | |
|----------|-----------|
| الف- ۵mm | ب- ۱/۵ mm |
| ج- ۲mm | د- ۲/۵ mm |

فصل پنجم

اتصال‌ها در صنعت ورق‌کاری

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- فرنگی پیچ را تعریف کند.
- ۲- انواع فرنگی پیچ را نام ببرد.
- ۳- کاربرد فرنگی پیچ‌ها را بیان کند.
- ۴- محاسبات فرنگی پیچ را انجام دهد.
- ۵- اصول پرچ کاری را شرح دهد.
- ۶- انواع میخ پرچ را نام ببرد.
- ۷- محاسبات پرچ کاری را انجام دهد.

۵- اتصال‌ها در صنعت ورق کاری

در صنعت ورق کاری برای ساخت مصنوعات فلزی قطعات ساخته شده را به یکدیگر متصل می نمایند برای این منظور روش‌های مختلفی به کار گرفته می شود که عمده ترین آن‌ها عبارتند از: (۱) جوشکاری (۲) لحیم کاری (۳) اتصال به وسیله پیچ و مهره (۴) فرنگی پیچ (۵) اتصال به وسیله پرچ. (شکل ۵-۱ الف - ب و ج)



ج



ب



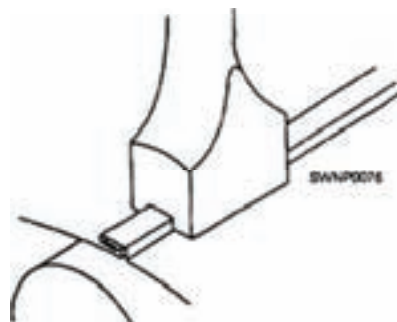
الف

شکل ۵-۱

در درس‌های تکنولوژی جوشکاری در خصوص انواع روش‌های متداول جوشکاری و لحیم کاری و کاربرد آن‌ها در صنعت آشنا خواهید شد. و با مباحث پیچ و مهره در کتاب محاسبات فنی تخصصی و اجزای ماشین آشنا می شوید در این بخش به روش‌های اتصال به وسیله فرنگی پیچ و پرچ آشنا خواهید شد.

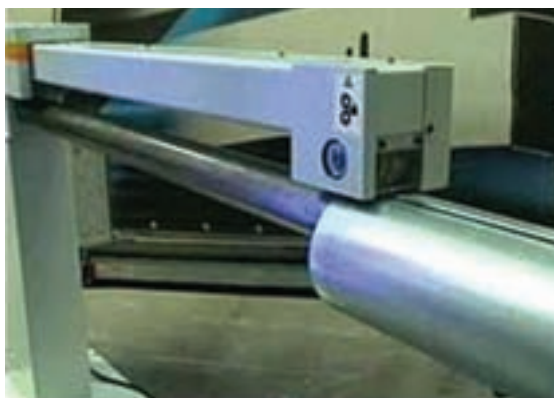
فرنگی پیچ

پیچک یا فرنگی پیچ یک روش اتصال ورق های فلزی است که در آن لبه ی ورق را به فرم خاصی تا زده و در یک دیگر چفت می نمایند و سپس با دست یا ماشین آن را کوبیده تا ورق ها به هم در گیر و فشرده شوند در روش اجرای دستی از ابزارهای مانند قالب تنه و یا چکش استفاده می شود. (شکل ۵-۲)



شکل ۵-۲

پیچک را می توان با چکش های مکانیکی نیز کامل نمود این ماشین ها می توانند انواع مختلف فرنگی پیچ ها را در طولهای زیاد و در زمان کوتاه اجرا نمایند در (شکل های ۵-۳) نمونه برقی دستی و ماشینی این دستگاهها را مشاهده می کنید.








شکل ۵-۳

این روش اتصال جزء روشهای اتصال دائم بوده و اگر درست انجام شود محل اتصال به طور کامل درز بندی شده و برای ذخیره مایعات ظرف های نگهدارنده مواد غذایی استفاده می شود.

انواع فرنگی پیچ

با توجه به کاربرد وسیع این فرآیند اتصال در صنعت ورقکاری روشهای مختلفی در اجرا آن ابتدا گردیده و بکار گرفته می شود. در جدول شماره ۵-۱ انواع فرنگی پیچ و کاربرد آنها آورده شده است.

جدول شماره ۵-۱

ردیف	نام فرنگی پیچ	شکل سطح مقطع فرنگی پیچ	کاربری
۱	فرنگی پیچ ساده		۱- اتصال طولی ورق ها ۲- بدنه کانال های هوای استوانه ای ۳- اتصال لبه قطعات به شکل استوانه مکعب، مخروط
۲	فرنگی پیچ عمودی		۱- برای اتصال عرضی ورق ها ۲- اتصال کانال های هوا به یکدیگر به صورت طولی
۳	اتصال گوشه (کانال یا امریکائی)		۱- ساخت قطعات بصورت مکعب که اتصال آنها در گوشه باشد ۲- ساخت کانال های کولر ۳- ساخت کانال های انتقال دود (هود)
۴	فرنگی پیچ کشویی		۱- اتصال عرضی ورق های بزرگ ۲- اتصال قطعات در سایت
۵	فرنگی پیچ کف		۱- اتصال کف مخازن به بدنه ۲- اتصال درب قوطی های کنسرو و کمپوت میوه ها

اجرای فرنگی پیچ

اتصال فرنگی پیچ به وسیله ابزار دستی یا به کمک ماشین هایی از قبیل دستگاه درزکوب و یا چرخ ورق کاری انجام می گیرد برای این منظور می بایست ابتدا محاسبات مربوطه را انجام داده و سپس آن را اجرا نمود.

محاسبات فرنگی پیچ

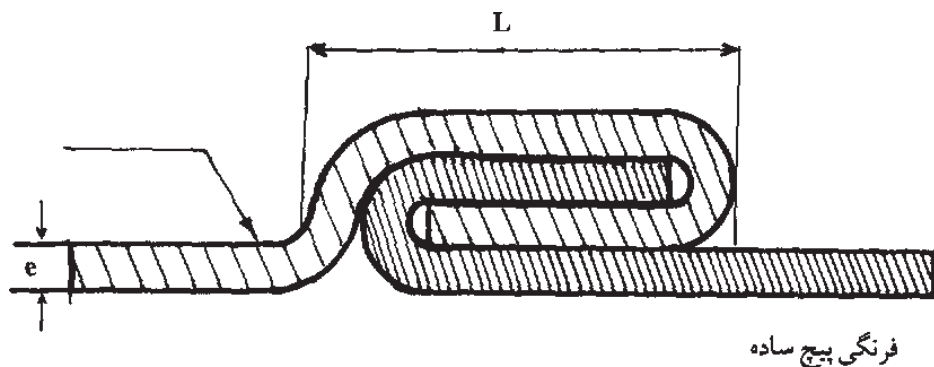
اتصال فرنگی پیچ با استفاده از لبه قطعات تغییر شکل یافته انجام می شود بنابراین اندازه لبه ورق را که در اتصال به کار گرفته می شود. به ابعاد کلی قطعه افزود تا از

اندازه اصلی جسم کاسته نشده و جسم با همان اندازه مورد نظر ساخته شود. به این مقدار عرض فرنگی پیچ گفته می شود و متناسب با ضخامت ورق و عرض دهانه قالب یا غلتک دستگاه محاسبه می گردد رابطه ای که مورد استفاده قرار می گیرد عبارت است از: (فرمول ۱-۵)

$$X = L - 2e$$

فرمول ۱-۵

در این رابطه X مقدار طولی است که بعنوان عرض فرنگی پیچ به ورق اضافه می شود. L عرض قالب فرنگی پیچ و یا عرض غلتک دستگاه و e ضخامت ورق مورد اتصال می باشد. مقدار محاسبه شده به ازای هر خم در اتصال فرنگی پیچ می باشد. (شکل ۲-۵)



شکل ۲-۵

بر اساس رابطه بالا محاسبه عرض فرنگی پیچ برای یک اتصال ساده به قرار زیر خواهد بود با توجه به شکل مشاهده می شود که یک فرنگی پیچ ساده از چهار خم تشکیل گردیده است با این توضیح که یک خم جزء طول ورق می شود لذا در محاسبه سه خم در نظر می گیریم و به شکل فرمول (۲-۵) خواهد بود.

$$X = 3(L, 2e)X \rightarrow 3L - 6e$$

فرمول ۲-۵

مقدار محاسبه شده طول ورق اضافه می شود برای این منظور به یک طرف ورق مقدار $L - 2e$ و به طرف دیگر مقدار $2L - 4e$ اضافه می شود. این روابط برای اتصالات مختلف فرنگی پیچ مطابق روابط (۳-۵ تا ۸-۵) می باشد.

فرنگی پیچ ساده



$2L - 4e$ برای قطعه الف

$L - 2e$ برای قطعه ب

رابطه ۳-۵

فرنگی پیچ گوشه

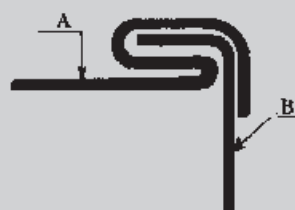


$2L - 4e$ برای قطعه الف

$L - 2e$ برای قطعه ب

رابطه ۴-۵

فرنگی پیچ آمریکایی



$3L - 6e$ برای قطعه الف

$L - 2e$ برای قطعه ب

رابطه ۵-۵

فرنگی پیچ کشویی



$L - 2e$ برای قطعه الف

$L - 2e$ برای قطعه ب

$2L - 4e$ برای قطعه ج

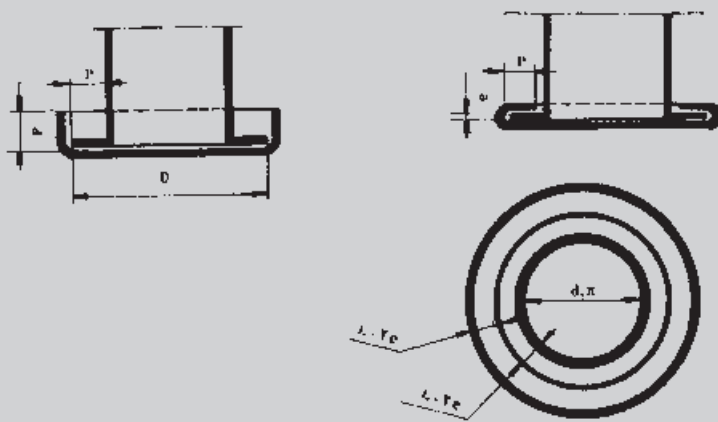
رابطه ۶-۵



۲۱. - ۴e برای قطعه الف

۳۱. - ۶e برای قطعه ب

رابطه ۷-۵



رابطه ۸-۵

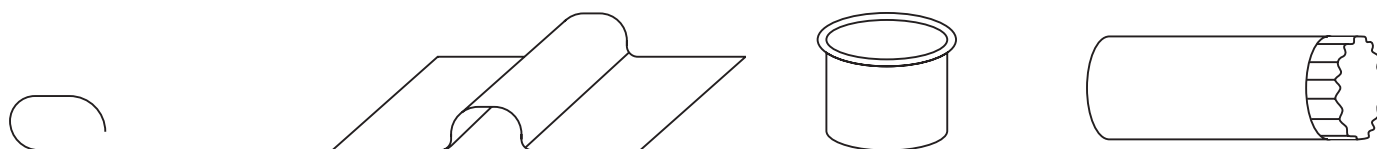
چرخ ورق کاری

یکی از ماشین‌های مورد استفاده در صنعت ورق کاری ماشین چرخ ورق کاری (چرخ رخ) می‌باشد این ماشین در عین داشتن ساختمان ساده کاربرد وسیعی در این صنعت دارد و به وسیله آن می‌توان عملیات مختلفی روی ورق انجام داد.

عملیاتی مانند رخ انداختن روی ورق، فلانچ کردن لبه ورق به داخل یا خارج، لبه دادن، کنگره کردن لبه ورق، آماده کردن لبه‌های ورق برای فرنگی پیچ و در نهایت بریدن ورق می‌تواند کاربرد داشته باشد. (شکل ۳-۵)



شکل ۳-۵



لب برگردان

رخ انداختن

فلانچ کردن

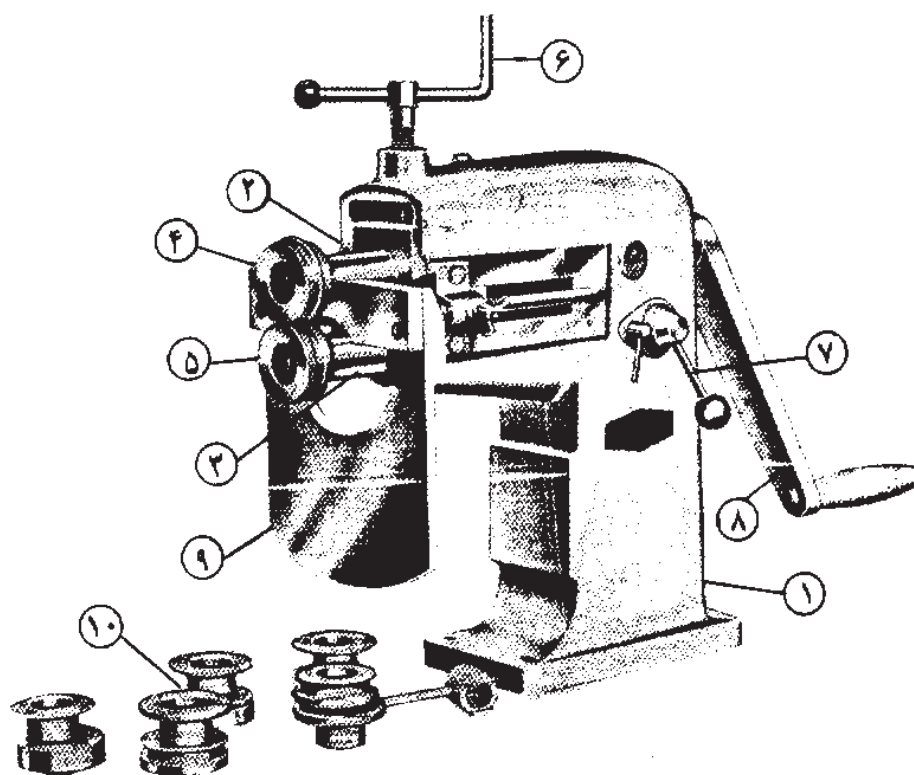
لنگره کردن

شکل ۳-۵ کارهای ورق کاری

این ماشین‌ها از نظر مکانیزم و نیروی محرکه به دو نوع دستی و برقی تقسیم می‌شود.

چرخ ورق کاری دستی

این ماشین به وسیله مکانیزم چرخ دنده و واسطه‌های مکانیکی کار می‌کند و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است. بدنه، محورها، پیچ تنظیم فاصله محورها، چرخ دنده‌ها، دسته گرداننده. (شکل ۴-۵)



شکل ۴-۵ چرخ ورق کاری

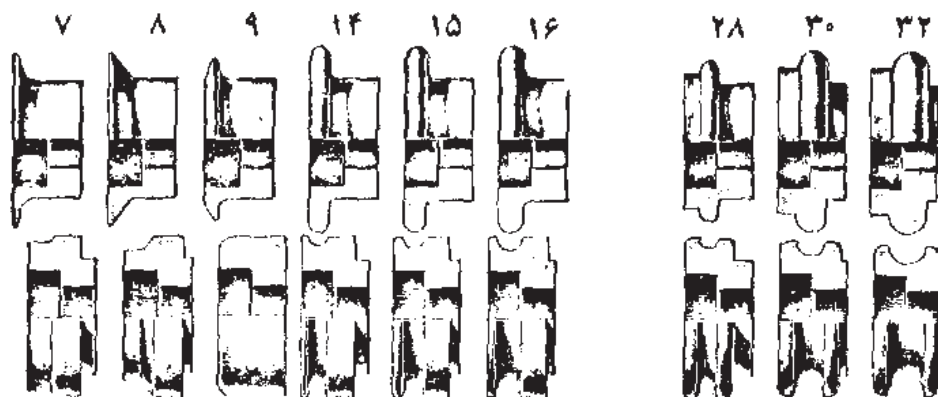
دستگاه رُخ دستی:

- (۱) بدنه (۲) محور بالایی (۳) محور پایینی
- (۴) قالب بالایی (۵) قالب پایینی (۶) فرمان تنظیم کننده فاصله بین دو قالب (۷) فرمان تنظیم کننده حرکت طولی محورها (۸) اهرم انتقال حرکت (۹) سپر تکیه گاه ورق (۱۰) قالب‌های دستگاه

مکانیزم چرخ ورق کاری

این چرخ از دو محور بالا و پایین تشکیل شده است محور بالا به کمک دسته

بالا و واسطه فنری در جهت‌های بالا و پایین و عقب و جلو قابل تنظیم می‌باشد. نیروی محرکه به وسیله دست تامین شده و به وسیله دسته لنگ به چرخ دنده‌ها که داخل پوسته قرار دارند انتقال می‌یابند و این حرکت به محورها که در انتهای آن‌ها قرقره‌ها نصب شده‌اند انتقال می‌یابد. حرکت محورها در خلاف جهت یکدیگر می‌باشد. این امر باعث کشش ورق در هنگام کار شده و با توجه به نوع قالب بسته شده شکل مورد نظر را بر روی ورق ایجاد می‌نماید. (شکل ۵-۵)



شکل ۵-۵

پرچ کاری

پرچ کاری یکی از روش‌های اتصال دائم بوده و از آن به منظور اتصال ورق‌ها، پروفیل‌ها، و شمش‌ها به یکدیگر استفاده می‌شود. وسیله‌ای که برای این منظور به کار می‌رود میخ پرچ نام دارد. در صنعت از پرچ کاری علاوه بر اتصال انتظارات دیگری نیز وجود داشته و می‌توان آن‌ها را به چهار گروه تقسیم نمود.

۱. اتصال لق: در این نوع اتصال دو قطعه نسبت به هم دارای مقداری لقی بوده و می‌توانند حول محور میخ پرچ حرکت دوارانی داشته باشند. مانند اتصال تیغه‌های قیچی دستی و یا انبر دست و دم باریک. (شکل ۵-۶)

۲. اتصال محکم: در این روش میخ پرچ وظیفه انتقال نیرو و اتصال قطعات به یکدیگر را تماماً به عهده دارد. مانند اتصال در ساختمان‌های فلزی، پل‌ها، جرثقیل‌ها و وسایط نقلیه.



شکل ۵-۶

۳. اتصال درز بندی: در اینجا میخ پرچ علاوه بر وظیفه اتصال می بایست باعث درز بندی نیز گردد. مانند اتصال در مخازن ذخیره مایعات و سوخت. که در گذشته بیشتر متداول بوده است

۴. اتصال محکم و درز بندی: در صنعت پیش می آید که محل اتصال بایستی وظیفه انتقال نیرو و درز بندی را توأماً داشته باشد. مانند دیگ های بخار و مخازن تحت فشار.

۵-۲-۱ روش های پرچ کاری

پرچ کاری در صنعت به دو روش زیر انجام می شود:

(۱) پرچ کاری سرد (۲) پرچ کاری گرم

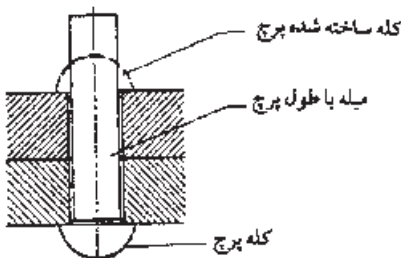
پرچ ها تا قطر ۸ میلی متر را به روش سرد و قطرهای بالاتر از آن را به صورت گرم

پرچ کاری می کنند. اجرای پرچ کاری می تواند به دو روش:

(۱) پرچ کاری دستی (۲) پرچ کاری ماشینی انجام شود.

۵-۲-۲ اصول پرچ کاری

پرچ کاری عبارت است از اتصال دو یا چند قطعه توسط میخ پرچ در شکل ها و اندازه های مختلف جنس میخ پرچ ها معمولاً از جنس فولاد نرم، آلومینیم، مس و یا از آلیاژهای آن ها تولید و با توجه به جنس قطعات اصلی به کار گرفته می شود. در اتصال قطعات فولادی ضخیم از میخ پرچ ها از جنس فولاد کم کربن استفاده می شود. این میخ پرچ ها معمولاً در قطرهای ۱۰ تا ۳۵ میلی متر ساخته شده و به صورت گرم پرچ کاری می شوند. برای اجرای عمل پرچ کاری میخ پرچ در سوراخی که به این منظور تعبیه شده قرار گرفته و با فرم دادن سرهای آن این عمل صورت می پذیرد. در پرچ کاری فشرده شدن دو سر میخ پرچ باعث اتصال دو قطعه به یکدیگر شده و بدنه آن مانع از حرکت طولی آن ها نسبت به هم می شود. به این ترتیب نیروی اصطکاکی که بین دو قطعه به وجود می آید و همچنین مقاومتی که بدنه میخ پرچ از خود نشان می دهد اتصال مطمئنی را به وجود می آورد. (شکل ۵-۷)



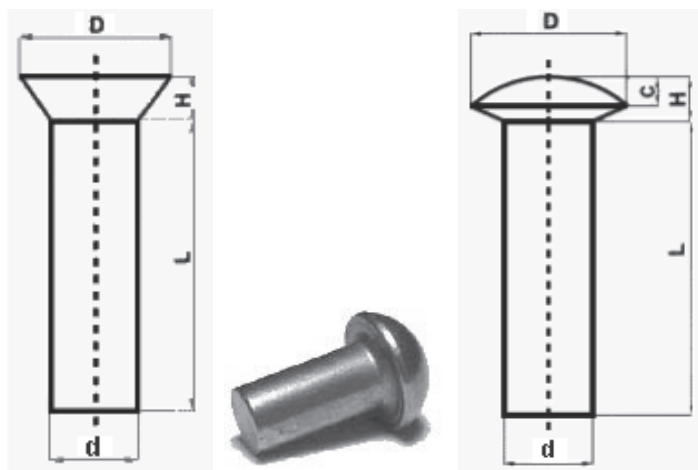
شکل ۵-۷

برای اجرای عمل پرچ کاری لازم است مراحل زیر انجام شود:

- (۱) خط کشی قطعات (۲) تعیین محل پرچ (۳) سنبه نشان زدن (۴) سوراخ کاری قطعات
- (۵) انطباق قطعات به وسیله پیچ و مهره (۶) برقوزدن سوراخ ها برای رسیدن به قطر لازم (۷) اجرای پرچ کاری رعایت این مراحل در هر دوروش سرد و گرم پرچ کاری الزامی می باشد.

مشخصات میخ پرچ

میخ پرچ ها با نوع جنس اندازه و فرم سر آن ها مشخص می شوند. میخ پرچ های ضربه ای از دو قسمت سر و بدنه تشکیل شده است که پس از اجرا به سه بخش: (۱) سر (کله) (۲) بدنه (۳) سر ساخته شده (کله ساخته شده) تبدیل می گردد. بدنه میخ پرچ ها به فرم استوانه توپر و یا تو خالی بوده و برای هدایت بهتر در داخل سوراخ قطر قسمت ابتدائی بدنه آن ها را کمی کوچک تر از قطر قسمت انتهائی در نظر می گیرند. جنس و سر میخ پرچ ها در نوع اتصال اهمیت زیادی داشته و با توجه به موقعیت کاربرد آن ها مورد استفاده قرار می گیرند. (شکل ۵-۸)



شکل ۵-۸