جمهوری اسلامی ایران

وزارت آموزش و پرورش

تعلیم و تعلم عبادت است

درس فنی

۸۰۲

سال چهارم هنرستان

آموزش فنی

ماشین ابزار

بسم الله الرحمن الرحیم

درس فنّی

سال چهارم هنرستان

آموزش فنی

ماشین ابزار

۱۳۶۹

مؤلفان : ابراهیم محمودی آستارایی ● محمدحسین‌احمدزاده

حقوق مادی این اثر متعلق به وزارت
آموزش و پرورش است

صفحه‌آرا : بهرام علی‌احمدی

فهرست

سخنی با همکاران ارجمند	
فصل اول ــ اتوماسیون	۱
فصل دوم ــ هیدرولیک	۷
فصل سوم ــ پنوماتیک	۴۴
فصل چهارم ــ الکترونکنیک	۶۳
فصل پنجم ــ فرمانهای الکتریکی	۱۱۶
فصل ششم ــ ماشین‌های تراش اختصاصی	۱۳۷
فصل هفتم ــ ماشین‌های فرز اختصاصی	۱۶۵
فصل هشتم ــ ماشین‌های ابزار با حرکت اصلی رفت‌وآمدی‌یانوسانی‌وتقسیم بندی کلی آنها	۱۸۱
فصل نهم ــ ماشین‌های مخصوص تولید چرخدنده‌ها	۲۰۷
فصل دهم ــ سنگ‌زنی	۲۳۱
فصل یازدهم ــ برادهبرداری‌های الکتریکی	۲۸۷
منابع و مراجع اصلی که در تهیه مطالب کتاب استفاده شده است	۲۹۱

سخنی با همکاران ارجمند

با سپاس از ایزد توانا که ما را در تألیف این کتاب یاری داد و توفیق انجام چنین خدمتی را نصیبمان نمود، نکاتی چند را به حضور همکاران گرامی وهنرجویان عزیز معروض میداریم:

کتاب حاضر با توجّه به آخرین ریز برنامه تفصیلی درس فنی سال چهارم رشته ماشین ابزار تألیف گردیده و با همهٔ مساعی بکار برده شده در تهیه و ترجمه آن، بطور مسلّم نمی‌تواند خالی از نقص باشد، لذا از برادران مدرّس این کتاب استدعا دارد بر ما منّت نهاده و با یادآور شدن اشکالات برای برطرف کردن آنها، از طریق دفتر آموزش فنی وزارت آموزش و پرورش ما را مطّلع و ارشاد سازند تا بتوانیم بیاری خداوند متعال در تجدیدنظرها و یا چاپ‌های بعدی آن‌ها را ملحوظ داریم.

در تدوین فصول یازده‌گانه این کتاب، با درنظر گرفتن فهرست منابع اصلی خارجی استفاده شده برای تألیف مجموعاً از ۲۹۹ شکل که مسلماً بر حجیم شدن کتاب تأثیر خواهند گذاشت استفاده شده است و هدف آن بوده که با گردآوری تصاویر متعدد و در عین حال واضح، هرچه بیشتر تجسّم فنی هنرجویان عزیزمان را در مورد مطالب بیان شده، افزایش دهیم.

درضمن چون یادگیری لغات و اصطلاحات فنی انگلیسی میتواند گام دیگری برای بهره‌گیری از نشریات و کاتالوگ‌های فنی مرتبط به رشتهٔ تخصصیمان باشد، بنابراین در باره‌ای از موارد ترجمه‌ها و لغات انگلیسی مربوطه بهمراه هم آمده‌اند و لازم به تذکّر است که یادگیری واژه‌های انگلیسی مزبور برای هنرجویان الزامی نخواهد بود.

در خاتمه از خدمات ابثارگرانه یکایک همکاران دفتر آموزش فنی وزارت آموزش و پرورش و نیز دفتر چاپ و توزیع کتابهای درسی، که سهم بسزائی در اجرای هدف مشترکمان داشته‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌نمائیم.

با تشکّر ــ مؤلفان

فصل اوّل

اتوماسیون

استفاده از سیستمهای اتوماتیک در صنعت از دو قرن پیش معمول و با پیشرفت سریع تکنولوژی و تولید قطعات و وسائل به تعداد زیاد (سری‌سازی) تکامل این سیستمها سرعت زیاد و چشمگیری داشته است.

از سال ۱۷۶۹ که کنترل خودکار سرعت یک ماشین بخار ابداع گردید، کنترل و تنظیم اتومات به صنعت راه یافت و روز بروز برتوسعه و تکامل آن افزوده شد تا آنجا که امروزه با استفاده از کنترلرهای کامپیوتری در ماشینهای ابزار N.C و C.N.C ساخت قطعات بسیار دقیق و پیچیده امکان‌پذیر شده است.

بهره‌گیری از ماشینهای اتومات دقت اندازه‌ها را تا حدّ ۰/۰۰۱ میلیمتر افزایش داده، زمان انجام کار را کوتاه و قیمت تمام شدهٔ محصولات را کاهش داده است. ضمناً چون کار کردن با چنین ماشینهائی احتیاج به تخصّص زیادی ندارد افراد متخصّص میتوانند به کارهای دیگری بپردازند.

اساس ماشینهای اتومات (خودکار)

یک عمل اتومات، عملی است که بدون دخالت فرد انجام گیرد.

منظور از **ماشین اتوماتیک** ماشینی است که کلیّه یا اغلب اعمال خود را بدون دخالت فرد انجام دهد و در صورتیکه بعضی از اعمال ماشین اتومات و بعضی دیگر دستی انجام شود ماشین را **نیمه اتوماتیک** گویند.

ماشینهای اتومات و نیمه اتومات برای انجام کار احتیاج به برنامه‌ریزی و آماده‌سازی قبلی دارند. بعبارت دیگر ماشین برای هر عملی باید چنان آماده و تنظیم شود که فرمانهای لازم بموقع صادر گردد.

ماشینهای N.C یا Nomerical Controll ماشینهائی هستند که از فرمانهای عددی استفاده میکنند (شرح فرمانهای عددی در انتهای بحث فرمانهای الکتریکی خواهد آمد).

ماشینهای C.N.C یا Computer Nomeral Controll ماشینهائی هستند که علاوه بر استفاده از فرمانهای عددی قادرند فرمانهای مذکور را در حافظهٔ کامپیوتری خود نگهداری و در موقع لازم به اعضاء فرمان گیرندهٔ ماشین منتقل نمایند.

فرمان دادن

شروع، خاتمه و هرگونه تغییر خودکار در هر یک از عوامل کار نظیر سرعت، مقدار پیشروی و... احتیاج به صدور علامتی مخصوص بخود از طرف ماشین دارد که اصطلاحاً فرمان دادن خوانده میشود. عضوی از ماشین که چنین علامتی را ایجاد نماید عضو علامت‌دهنده نامیده میشود. علامت صادره از طریق عضو فرمان دهنده به فرمان گیرنده منتقل و باعث انجام عمل موردنظر میشود.

مثلاً برای روشن کردن یک لامپ انگشت ما به دکمهٔ کلید برخورد و علامتی را ظاهر میسازد. کنتاکت داخل کلید مدار را بسته فرمان عبور جریان برای روشن شدن لامپ را صادر می‌نماید. لامپ فرمان روشن شدن را از طریق سیمهای رابط دریافت نموده و روشن میشود.

قطعات و وسائلی که بین علامت دهنده و اجرا کنندهٔ فرمان قرار دارند **اجزاء فرمان** و ترتیب انتقال فرمان از صدور علامت تا اجرا را **مسیر فرمان** خوانند.

عواملی که برای ایجاد علامت (صدور فرمان) بکار میروند ممکن است تغییر درجهٔ حرارت، جریان زمان، تغییر نیرو، طی مسیر، تغییر جریان الکتریکی و... باشند.

یک فرمان ممکن است دراثر صدور یک علامت و یا تحت تأثیر چند علامت صادر گردد. مثلاً برای ایجاد یک شیار موازی با محور میز ماشین فرز کافیست علامتی برای روشن شدن موتور حرکت طولی میز ایجاد گردد، ولی برای ایجاد شیاری مورّب نسبت به محور میز بایستی علامتی برای روشن شدن موتور حرکت طولی میز و علامتی دیگر برای روشن شدن موتور حرکت عرضی میز صادر گردد که جمعاً یک حرکت مورّب را به دست خواهد داد.

تنظیم کردن

آماده نمودن ماشین برای صدور بموقع و منظّم فرمانهای مختلف و پیگیری هر فرمان تا اجرای کامل آنرا **تنظیم کردن** گویند. بعبارت دیگر در تنظیم کردن است که زمان یا مکان صدور هر فرمان و تغییراتی که دراثر آن بایستی ایجاد شود تعیین میگردد.

مثلاً در برش یک قطعه با ماشین ارّهٔ بازوئی برای کنترل عمق برش و احتراز از برخورد تیغ ارّه با میزماشین لازم است پس از رسیدن ارّه به ارتفاعی معین حرکات آن متوقف گردد. برای این کار انگشتی قابل تنظیم در وضعی قرار داده میشود که با رسیدن اره به ارتفاع دلخواه انگشتی (علامت دهنده) با شاسی کلید قطع و وصل (فرمان دهنده) برخورد نموده ماشین را از کار بازدارد.

شروع جریان کار، پائین آمدن اره بمقدار معین در هر کورس مضاعف،وقطع جریان کار در موقع معیّن هر کدام فرمانی خاص خود دارد و رابطهٔ بین این فرمانها و اجرای بموقع آنها را تنظیم نمودن‌ها تشکیل میدهد.

برای تأمین حرکات تناوبی و اتومات میز ماشین فرز یا سنگزنی با طول کورس معین بادامکهائی را در ابتدا و انتهای کورس روی بدنهٔ میز محکم نموده که برخورد هر یک از این بادامکها با آلت فرمان حرکت طولی اتومات باعث قطع حرکت میز و حرکت در جهت مخالف میگردد. بنابراین در برخورد با هر بادامک ابتدا فرمان قطع حرکت و بلافاصله فرمان حرکت در جهت دیگر صادر میگردد و تنظیم کردن در این عمل عبارت است از تعیین موقعیّت بادامکها بطوریکه میز در یک کورس دلخواه یک حرکت نوسانی داشته باشد.

(شکل ۱-۱) میز ماشین فرز

امروزه سیستمهای فرمان و تنظیم خودکار بقدری پیشرفت نموده که یک ماشین اتوماتیک NC یا CNC میتواند صدها عملیات کاری و تعویض ابزارهای لازم پشت سرهم و بدون دخالت کارگر انجام دهد و وظیفهٔ کارگر در کار با چنین ماشینی باز و بست قطعه کار و کنترل دقیق عملیات بانظارهٔ صفحهٔ تلویزیونی دستگاه است.

چنین ماشینهائی که در بعضی کارخانجات ایران نیز موجود است مثلاً قادرند عملیات روی پوستهٔ یک جعبه دندهٔ ماشین تراش را شروع و تا پایان کار بدون دخالت کارگر ادامه دهند.

فرمانها

عمل فرمان در ماشینهای ابزار به یکی از اشکال ذیل انجام میشود:

الف: فرمانهای راهنمائی شونده.

ب: فرمانهای برنامه‌ریزی شونده.

فرمان دادن در هر دو صورت فوق به کمک یکی ازعوامل ذیل یا ترکیبی از آنها انجام میشود:

۱ ــ مکانیکی. ۲ ــ هیدرولیکی.

۳ ــ پنوماتیکی. ۴ ــ الکتریکی.

فرمانهای راهنمائی شونده ــ هرگاه ابزار کار در یک مسیر خاص هدایت شده و یک پیوند ثابت بین هدایت کننده و ابزار برقرار باشد و بعبارت دیگر مسیر حرکت ابزار تابعی از

مقدار راهنمائی باشد فرمان را راهنمائی شونده گویند. از این فرمانها بیشتر در ماشینهای کپی تراش (الگو تراش) استفاده میشود. در این فرمان عضو علامت دهنده (شابلون) از طریق عضو فرمان دهنده (میلهٔ لمس کننده) و عضو فرمان گیرنده (مثلاً شیر راه دهندهٔ روغن برای سیلندر و پیستون هیدرولیک) به عضو متحرک (سیلندر و پیستون هیدرولیک که حرکات ابزار تابع حرکت آنهاست) میرسد وعوامل دیگر نظیر تقویت کننده نیرو که بین اعضاء مذکور قرار گیرند تغییری در شکل مسیر نخواهند داد.

فرمانهای برنامه‌ریزی شونده ــ در فرمان برنامه‌ریزی شونده، عملیات کاری که برای ساخت قطعه کار لازم است بصورت برنامه‌ای منظم تهیه و بماشین داده میشود.

برای انتقال این برنامه‌ها به عضوهای متحرک ماشین از طبلکهای منحنی، بادامکها، صفحات منحنی، سیستمهای هیدرولیکی و پنوماتیکی، تابلوهای شاخه‌ای، نوار سوراخدار و... و یا ترکیب تعدادی از آنها استفاده میشود و بسته بنوع کار و وسیله یا وسائل انتقال برنامه و ترکیبی که در آنها بکار رفته فرمانها برحسب یکی از عوامل ذیل صادر میشوند:

۱ ــ فرمان برحسب جریان زمان.

۲ ــ فرمان برحسب طی مسافت.

۳ ــ فرمان برحسب تکمیل مرحله‌ای از کار.

فرمان برحسب جریان زمان ــ هرگاه عملیات دستگاهی با گذشت زمان ارتباط مستقیم داشته باشد از فرمان برحسب جریان زمان استفاده میشود، نظیر عملیات حرارتی روی فلزات. مثلاً اگر بخواهیم با استفاده از کورهٔ الکتریکی حرارت قطعه فولادی را جهت آبدادن به ۹۰۰ درجه سانتیگراد برسانیم با توجه به اینکه این حرارت بایستی به ذرات درونی قطعه نیز برسد و در سراسر آن یکنواخت باشد احتیاج به گذشت مدت زمان معینی دارد. بنابراین علاوه بر تنظیم حرارت کوره برای حرارت ۹۰۰ درجه سانتیگراد فرمان زمانی آن نیز برای مدّت زمان توصیه شده از طرف کارخانهٔ سازندهٔ فولاد تنظیم میشود.

فرمان برحسب طی مسافت ــ هرگاه شروع مرحله‌ای کاری، مشروط به این باشد که قسمت یا قسمتهائی از دستگاه مسافت پیش‌بینی شده‌ای را طی کرده باشند فرمان مسافتی بکار گرفته میشود.

قطعه‌ای را درنظر بگیریم که توسط ماشین تراش رولور بایستی روی آن یک پیچ بری انجام شود. طرز عمل فرمان مسافتی در اینمورد چنین است:

ابزار گیر (سر رولور) در حالیکه قلم روتراشی آماده کار است در جهت محور کار مسافتی را (تا جائیکه طول قسمت روتراشی شده باندازهٔ دلخواه برسد) طی میکنددر پایان مسیر فرمان قطع حرکت و بازگشت به عقب و با رسیدن ابزارگیر به نقطهٔ شروع،فرمان قطع حرکت و چرخش

سر رولور برای جایگزینی حدیده بجای قلم روتراشی و سپس فرمان پیشروی مجدّد بسمت قطعه کار صادر میگردد. فرمان مسافتی در ماشینهای ابزار مورد استفاده زیادی دارد.

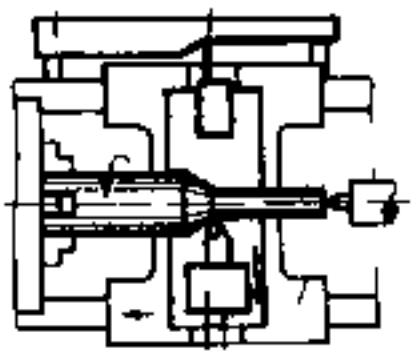
فرمان برحسب تکمیل مرحله‌ای از کار ــ هرگاه تکمیل و آماده شدن مرحله‌ای از کار شرط شروع مرحلهٔ بعدی آن باشد از فرمان تکمیلی استفاده میشود.

پوستهٔ موتوری را درنظر بگیریم که توسط یک ماشین اتومات بایستی چند سوراخ هم قطر روی آن ایجاد شده و برقو زده شوند، عمل تعویض ابزار (تعویض مته با برقو) موقعی انجام میشود که تمام سوراخها مته کاری شده باشند.

بعبارت دیگر مرحلهٔ برقوزنی وقتی شروع میشود که مرحلهٔ سوراخکاری به اتمام رسیده باشد.

فرمانهای مکانیکی

فرمان راهنمائی شوندهٔ مکانیکی ــ در کپی تراشی بکمک یک الگو یا شابلون سوپرت عرضی ماشین آزاد بوده و یک اتصال ثابت بین میلهٔ لمس کننده و دستگاه سوپرت برقرار است. باتوجّه به تماس دائمی لمس کننده با شابلون در هنگام حرکت طولی، سوپرت تابع حرکات عرضی میله لمس کننده خواهد بود. بعبارت دیگر هر حرکتی که میلهٔ لمس کننده در روی شابلون داشته باشد عیناً همان حرکت را سوپرت (و بالنتیجه ابزار) نسبت بکار خواهد داشت و در نهایت کار بشکل الگو تراشیده خواهد شد.



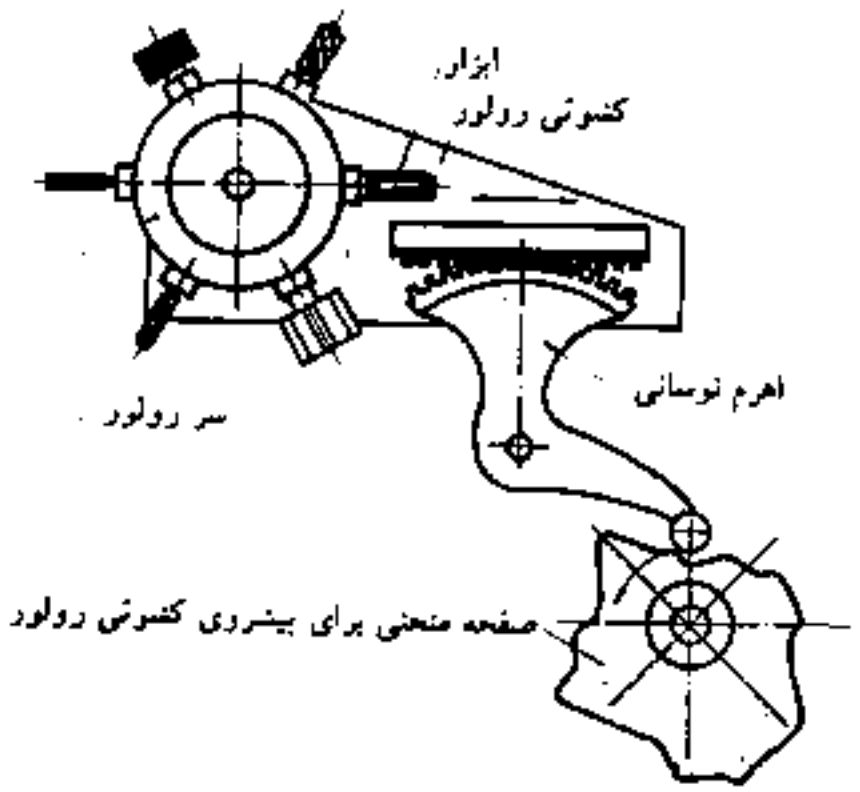
(شکل ۲-۱) فرمان راهنمائی حرکات مکانیکی

(عمل شباهت کامل به مخروط تراشی با خط کش راهنما دارد که شرح آن در درس فنی سال سوم آمده است)

فرمان برنامه‌ریزی شدهٔ مکانیکی ــ در ماشینهای تراش اتومات و نیمه اتومات از این فرمانها استفاده میشود و از صفحات منحنی و منحنی‌های طبلکی بعنوان ناقل برنامه استفاده میشود.

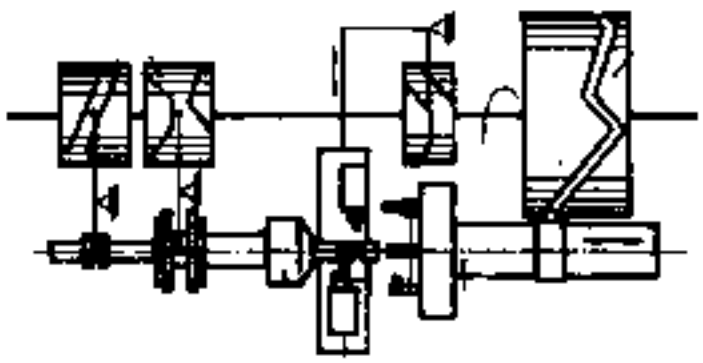
چنانچه در بخش ماشینهای تراش رولور و اتومات خواهد آمد تعدادی ابزار که برای تراش

یک قطعه لازم است در سر رولور و ابزارگیرهای دیگری که احتمالاً ماشین بدانها مجهز است محکم شده و با حرکت دورانی یکنواخت منحنی‌های طبلکی و یا صفحات منحنی (که بصورت فرمانهای مسافتی عمل میکنند) فرمانهای لازم جهت تعویض بموقع ابزارها و تأمین حرکت پیشروی هر ابزار را با سرعت مناسب میسّر میسازد.



(شکل ۳-۱) صفحهٔ منحنی

مجهز کردن ماشین به منحنی‌های طبلکی و صفحات منحنی و تنظیم آنها احتیاج به دقت زیادی داشته و کاری بسیار وقت‌گیر بوده زمان تلف شده را بالا میبرد و در ضمن کار نیز احتیاج به کنترل و مراقبت دقیق و دائمی دارد. بدینجهت استفاده از این فرمانها فقط در سری‌سازی مقرون به صرفه است.



(شکل ۴-۱) منحنی‌های طبلکی

فصل دوم

هیدرولیک Hydraulic

هیدرولیک بحثی است دربارهٔ چگونگی استفاده از انرژی نهفته در مایعات تحت فشار برای انتقال حرکت و نیرو.

مزایای سیستمهای هیدرولیکی نسبت به سیستمهای مکانیکی عبارتند از:

۱ ــ طراحی ساده

۲ ــ انعطاف‌پذیری بیش از حد بخاطر وجود ارتباط روغن بوسیلهٔ لوله و شیلنگ

۳ ــ امکان تمام اتوماتیک نمودن سیستم.

۴ ــ سادگی کنترل سرعت و نیرو بطور غیرپلّه‌ای.

۵ ــ کنترل قدرتهای زیاد با نیروی کم (سرووکنترلها).

۶ ــ راندمان بالا با مخارج اقتصادی.

البته ضمن محاسن فوق، معایبی نیز وجود دارد نظیر:

۱ ــ احتیاج به لوله‌ها، شیلنگها و بستهای قوی به علت بالا بودن فشار در سیستمهای هیدرولیکی و احتیاج به بازدید و سرویسهای خاص.

۲ ــ وجود گرد و غبار و کثافات، زنگ زدگی، حرارت زیاد و بکار بردن روغنهای نامرغوب باعث کاهش شدید راندمان و یا از کار افتادن سیستم میشود.

در استفاده از سیستمهای هیدرولیکی به عوامل ذیل احتیاج میباشد:

۱ ــ مایعات هیدرولیک که باید خواصّ بخصوصی را دارا باشند (روغنهای هیدرولیک).

۲ ــ وسائل و تجهیزاتی که مایع هیدرولیک را در جهت موردنظر بکار گیرند.

روغنهای هیدرولیک Hydraulics oil

در وسائل هیدرولیکی روغنهای هیدرولیک عامل انتقال حرکت و نیرو میباشند.

با توجّه به خواصی که از آنها انتظار میرود از روغنهای پالایش شدهٔ معدنی استفاده میشود.

برای بدست آوردن خواص مطلوب، مواد مضرّ آنها را حتی‌الامکان خارج کرده و مواد معدنی و شیمیایی بخصوصی به‌آنها اضافه میشود.

وظائف مورد انتظار از روغن هیدرولیک عبارتند از:

۱ ــ توانائی انتقال حرکت و نیرو با راندمان بالا.

۲ ــ روغنکاری قطعات داخلی سیستم برای جلوگیری از زنگ زدگی و فرسایش آنها.

۳ ــ غلظت آن بقدری باشد که براحتی در مدار حرکت نماید و چنان رقیق نباشد که از بین قطعات نشت نماید، بلکه در بین قطعات متحرک فیلم روغنی تشکیل دهد و یک حالت آب‌بندی ایجاد نماید.

۴ ــ با انتقال حرارت قطعاتی که با آن در تماس هستند به وسائل خنک کنندهٔ سیستم (رادیاتور و کولر هیدرولیک) کمک نماید.

۵ ــ جمع‌آوری و انتقال کثافات و ذرّات بسیار ریزی که در اثر سایش از قطعات جدا شده.

مشخّصات روغنهای هیدرولیک

با توجّه به شرایط کار و انتظاراتی که از روغن هیدرولیک میرود و نسبت به وظائفی که بعهدهٔ آنهاست باید خواصّی را دارا باشند که مجموع این خواص در هر مورد مشخصات روغن هیدرولیک را تشکیل میدهند که عبارتند از:

جرم مخصوص Specific Matter ــ جرم مخصوص عبارت است از جرم واحد حجم. جرم مخصوص روغنهای هیدرولیک در حدود ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ گرم بر سانتیمتر مکعب است.

غلظت Viscosity ــ غلظت عبارت است از مقاومت روغن در مقابل جاری شدن. بعبارت دیگر، روغن هرچه غلظت بیشتری داشته باشد کُندتر جریان پیدا میکند.

غلظت یک روغن هیدرولیک بایستی بقدری زیاد باشد که در بالاترین درجه حرارت سیستم در هنگام کار ضمن جاری شدن به تمام قسمتها عمل روغنکاری آنها را نیز انجام داده از بین قطعات و کاسه نمدها نیز نشت ننماید و غلظت آن بقدری کم باشد که در پائین‌ترین درجه حرارت سیستم نیز بتواند در تمام قسمتها جاری شده و عمل روغنکاری را نیز بخوبی انجام دهد.

غلظت بیش از حد باعث جریان سخت روغن و در نتیجه پائین آمدن راندمان و نقص در روغنکاری و در نتیجه افزایش درجهٔ فرسایش قطعات میگردد و غلظت بیش از حد پائین باعث نشت روغن و عدم تشکیل فیلم روغن در بین قطعات شده و در نتیجه فرسایش آنها افزایش می‌یابد.

شاخص غلظت Viscosity Index ــ شاخص غلظت نشان دهندهٔ درجهٔ تغییرناپذیری غلظت روغنی در اثر تغییرات درجه حرارت است. هرچه این تغییرات غلظت کمتر باشد روغن دارای شاخص غلظت بالاتری خواهد بود. بنابراین اگر سیستمی در درجه حرارت ثابت کار میکند و یا تغییرات درجه حرارت کم است توجه به شاخص غلظت روغن هیدرولیک ضروری نیست و روغن فقط با توجه به درجه حرارت کار انتخاب میشود. چنانچه تغییرات درجهٔ حرارت زیاد باشد

در انتخاب روغن هیدرولیک ضمن در نظر گرفتن درجهٔ حرارت، روغنی با شاخص غلظت بالا انتخاب میشود تا تغییرات درجهٔ حرارت اثر زیادی در غلظت آن نگذارد.

حفاظت قطعات در مقابل زنگ‌زدگی و خورده شدن ــ ترکیب فلزات با اکسیژن را اصطلاحاً زنگ‌زدگی گویند که در اثر آن مقداری به حجم جسم در محل زنگ‌زده اضافه میگردد.

تأثیر عوامل اسیدی بر روی فلزات و درنتیجه حل شدن فلزات در آنها را که باعث کم شدن از حجم جسم در محل تأثیر میگردد را خورده شدن فلز گویند.

زنگ‌زدگی قطعات متحرک در محل تماس باعث اضافه شدن اصطکاک بین آنها و گاهی گریپاژ کردن میگردد و خورده شدن قطعات باعث ایجاد لقّی و پیدایش سطوح ناصاف بین قطعات متحرک شده، میزان فرسایش قطعات و نشت روغن را بالا میبرد.

برای حفاظت قطعات در مقابل زنگ‌زدگی و خورده شدن، مواد شیمیائی بخصوص و قابل حل در روغن به آن اضافه میشود.

روغنکاری و حفاظت قطعات در مقابل فرسایش Oiliness & congealing Point ــ روغن هیدرولیک بایستی بتواند ضمن نفوذ در فواصل بسیار کوچکی که بین قطعات متحرک وجود دارد و چسبندگی آن با سطوح (که غالباً گرم هستند) بقدری باشد که فاصله مذکور را پر نماید و فیلم روغنی بین قطعات تشکیل دهد تا از اصطکاک بین آنها جلوگیری شده، حرکت راحت‌تر انجام گرفته و سائیدگی قطعات به حداقل خود برسد.

ضمناً برای حفاظت قطعات متحرک در مقابل فرسایش مواد ضد فرسایش که معمولاً از ترکیبات روی یا فسفر هستند به روغن اضافه میشود. این مواد در هنگام کار از روغن جدا شده به سطوح می‌چسبند و از فرسایش آنها جلوگیری میکنند.

درجهٔ تمایل به جدا شدن از آب (آب‌زدائی) Water Separation ــ مخلوط شدن آب با روغن تشکیل امولسیونی (ذرات معلق آب در روغن) میدهد که روغن را لیز یا چسبنده نموده که ممکن است مانع کار عادی سیستم هیدرولیک گردد و احتمالاً دارای خاصیت خورندگی نیز خواهد بود.

جداسازی آب از روغن هیدرولیک امری ضروری است. لذا توانائی و تمایل روغن هیدرولیک به جدا شدن از آب از خواص مطلوب آن بوده و اهمیّت زیادی دارد.

درجهٔ خورندگی امولسیون یاد شده بستگی به شاخص اسیدی روغن (درجهٔ تمایل روغن به اسیدی شدن در اثر تماس و مخلوط شدن با آب) دارد.

با توجه به اینکه بالا بودن درجه خورندگی باعث فرسودگی قطعات میشود بالا بودن درجهٔ تمایل به جدا شدن از آب و پائین بودن درجهٔ تمایل به اسیدی شدن اهمیت زیادی داشته، لذا در موقع انتخاب روغن هیدرولیک باید به توصیه‌های کارخانهٔ سازنده در اینمورد توجه گردد.

مقاومت در مقابل ایجاد کف ــ مخلوط شدن هوا با روغن هیدرولیک ایجاد کف مینماید. اینحالت در اثر پمپاژ دائمی روغن، لرزش سیستم، تلاطم روغن در مخزن و پائین بودن سطح روغن بوجود میآید.

از آنجا که طراحی سیستمهای هیدرولیک بر اساس عدم تراکم روغن انجام میگیرد وجود کف در سیستم باعث بالا رفتن درجهٔ تراکم و درنتیجه پائین آمدن راندمان میگردد. لذا استفاده از روغنهائی که دارای اضافات ضدکف هستند و بهره‌گیری از توصیه‌های کارخانهٔ سازنده بجا خواهد بود.

مقاومت در مقابل تغییر حجم (پائین بودن درجهٔ تراکم) ــ روغن هیدرولیک عامل انتقال حرکت و نیرو میباشد، بنابراین تحت اثر نیروهای تراکمی میباشد. مقاومت روغن در مقابل این نیروها و عدم تراکم آن از خواص مطلوب است چون متراکم شدن روغن هیدرولیک در اثر نیروهای وارده چنانچه در بحث ایجاد کف نیز گفته شد باعث پائین آمدن راندمان میگردد.

دوام Stability ــ بکارگیری روغن هیدرولیک در حرارت زیاد بتدریج در ترکیب شیمیائی روغن تأثیر گذاشته وخواصّ فیزیکی آنرا (غلظت، قابلیت روغنکاری، جلوگیری از کف...) نیز تغییر میدهد.

دوام روغن هیدرولیک عبارت است از مقاومت در مقابل تغییرات. بنابراین هرچه زمان ایجاد این تغییرات در روغنی بیشتر بطول انجامد روغن بادوامتر میباشد.

دوام روغن هیدرولیک از خواص مهم آنست و در سالم ماندن قطعات هیدرولیکی و طویل شدن عمر کاری آنها نقش عمده‌ای را دارد.

نقطهٔ تبخیر و نقطهٔ سَیَلان ــ نقطهٔ تبخیر درجه حرارتی است که روغن هیدرولیک در آن درجه حرارت شروع به بخار شدن کند بطوریکه اگر در مجاورت شعله قرار گیرد مشتعل میگردد و نقطهٔ سیلان (جاری شدن) پائین‌ترین درجه حرارتی است که در آن درجه حرارت روغن توانائی جاری شدن را حفظ کرده و بتواند قطعات را روغنکاری نیز بنماید. بعبارت دیگر نقطهٔ سیلان (جاری شدن) پائین‌ترین درجه حرارتی است که روغن هیدرولیک بتواند وظائف خود را انجام دهد.

بالا بودن درجهٔ تبخیر و پائین بودن درجهٔ سیلان از خواص قابل توجه است، زیرا دراینصورت روغن در شرایط حرارتی بالای کار، دیرتر تبخیر و در درجات پائین‌تر نیز بهتر سیلان یافته وظائف خود را انجام میدهد.

اجزاء سیستمهای هیدرولیک

هر سیستم هیدرولیکی برای انجام عمل مورد نظر و حفاظت سیستم و کنترل کار آن احتیاج

به وسائل و تجهیزاتی دارد که بطور کلیّ عبارتند از:

مخزن روغن.

لوله‌های حامل جریان روغن (لوله‌های هیدرولیک).

منبع نیرو (پمپها و انباره‌ها).

شیرهای هیدرولیکی.

موتورهای هیدرولیکی.

مخزن روغن هیدرولیک Reservoir ــ در هر سیستم هیدرولیک لازم است مخزنی جهت نگهداری روغن هیدرولیک وجود داشته باشد.

وظائف عمدهٔ آن عبارت است از:

۱ ــ توانائی نگهداری تمام روغن سیستم.

۲ ــ دفع گرمای حاصل از کار موتور و پمپ در حالت عادّی (در شرایطِ سختِ کار از کولر هیدرولیک استفاده میشود).

۳ ــ جداسازی هوا و مواد خارجی از روغن.

یک مخزن یا تانک هیدرولیک نمونه دارای ملحقّاتی بشرح ذیل است:

۱ ــ توری درب تانک برای جلوگیری از ورود مواد زائد به مخزن در موقع ریختن روغن.

۲ ــ صفحهٔ موج‌گیر برای آرام کردن حرکت روغن برگشتی از سیستم بطرف لولهٔ مکش و بوجود آوردن امکان ته‌نشینی مواد زائد و جدا شدن هوای محلول در روغن.

۳ ــ فیلتر و لولهٔ مکش برای تصفیه روغن جریان یافته به سمت پمپ. این فیلتر بایستی حداقل ۲/۵ سانتیمتر از کف مخزن بالاتر نصب شود.

۴ ــ میلهٔ اندازه‌گیری برای بازدید سطح روغن در مخزن.

۵ ــ لولهٔ برگشت روغن از سیستم به مخزن.

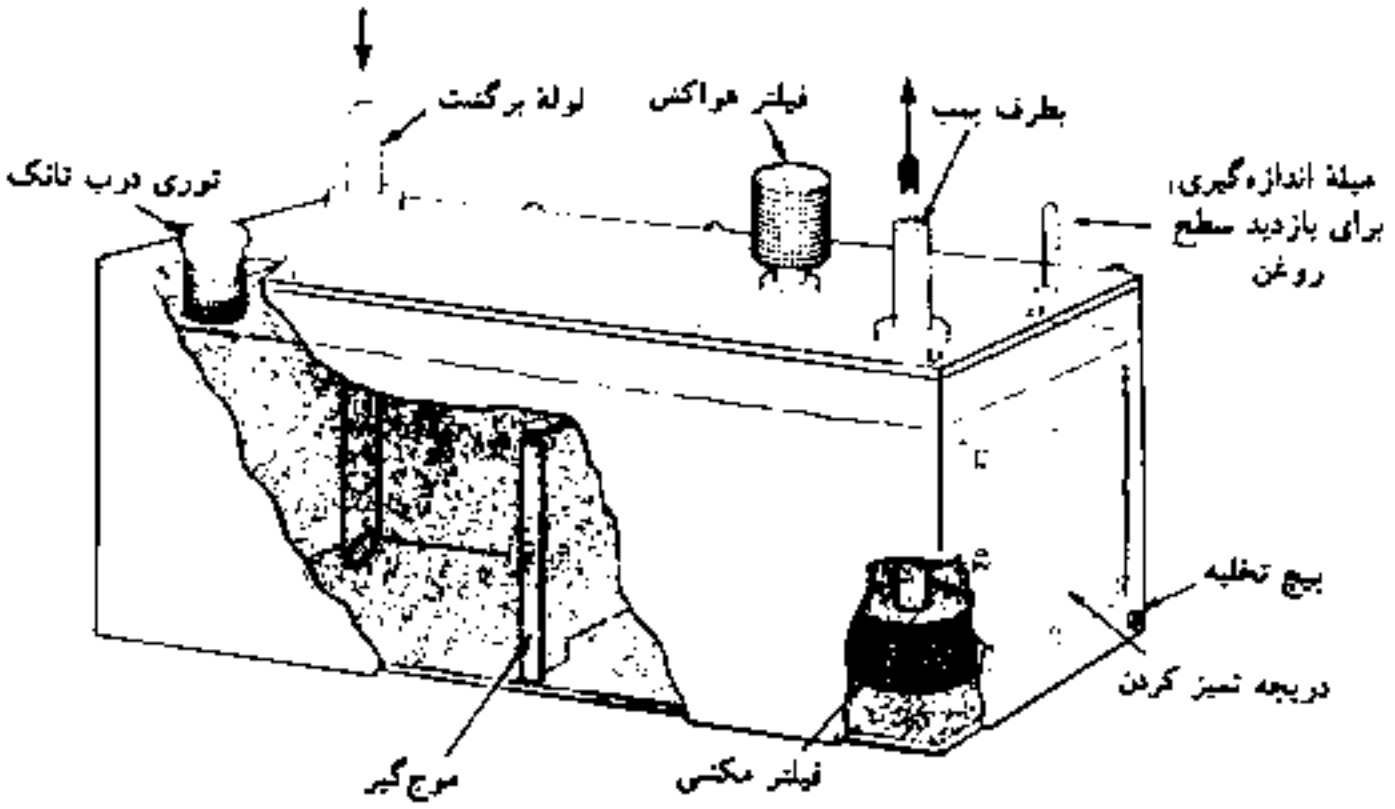
۶ ــ فیلتر هواکش برای جلوگیری از ورود گرد وغبار به مخزن و ارتباط مخزن با هوای خارج.

۷ ــ پیچ تخلیه برای تخلیهٔ روغن در موقع تعویض روغن یا موارد دیگر.

۸ ــ دریچهٔ تمیز کردن برای تمیز کردن مخزن.

بعضی از مخازن هیدرولیک دارای سوپاپهائی هستند که میتوانند هوا را با فشاری حدود دوبار در مخزن نگهدارند. وجود این فشار بر سطح روغن باعث کمک به مکش پمپ و جلوگیری از ایجاد خلأ میگردد.

لوله‌های حامل جریان روغن ــ لوله‌ها وسیله‌ای هستند برای رسیدن روغن به قسمتهای مختلف سیستم. این لوله‌ها بایستی قادر به تحمّل فشار، حرارت و لرزش سیستم بوده و از نظر



(شکل ۱ ــ ۲) یک مخزن هیدرولیک نمونه با مشخصات آن.

اندازه قادر به حمل جریان روغن پمپ باشند و اصطکاک زیادی تولید ننمایند. لوله‌های هیدرولیک باید حتی‌الامکان کوتاه و دارای حداقل پیچ و خم باشند.

لوله‌های هیدرولیک ممکن است بصورت کانال، شیلنگ و یا لوله‌های فلزی باشند.درموقع لوله‌کشی موارد ذیل باید رعایت شود:

۱ ــ از لوله‌های گالوانیزه به علت پوسته شدن استفاده نشود.

۲ ــ هنگام نصب لوله‌ها دقت شود داخل آنها کاملاً تمیز باشد.

۳ ــ شعاع خمش لوله‌ها کمتر از سه برابر قطر آنها نباشند.

۴ ــ از تعداد بستهای کافی استفاده گردد تا از لرزش لوله‌ها جلوگیری شود.

۵ ــ برای قطعات متحرک از شیلنگ استفاده شود.

۶ ــ شیلنگها پیچیدگی نداشته و شعاع خمش آنها از شش برابر قطر داخلی آنها کمتر نباشد.

۷ ــ برای حرکت قطعه به مقدار لازم طول شیلنگ بلندتر انتخاب شود.

۸ ــ از اتصالات مستحکم با آب‌بندی مناسب استفاده شود.

منابع نیرو (پمپهای هیدرولیک Hydraulic Pumps) ــ پمپهای هیدرولیکی وسائلی هستند برای تبدیل انرژی مکانیکی (حرکت دورانی الکترو موتور) به انرژی هیدرولیکی (انرژی ساکن در مایعات تحت فشار).

پمپها از معمولی‌ترین منابع نیرو برای انتقال حرکت و نیرو میباشند و از نظر مقدار مایع خروجی به دو دستهٔ کلّی تقسیم میشوند:

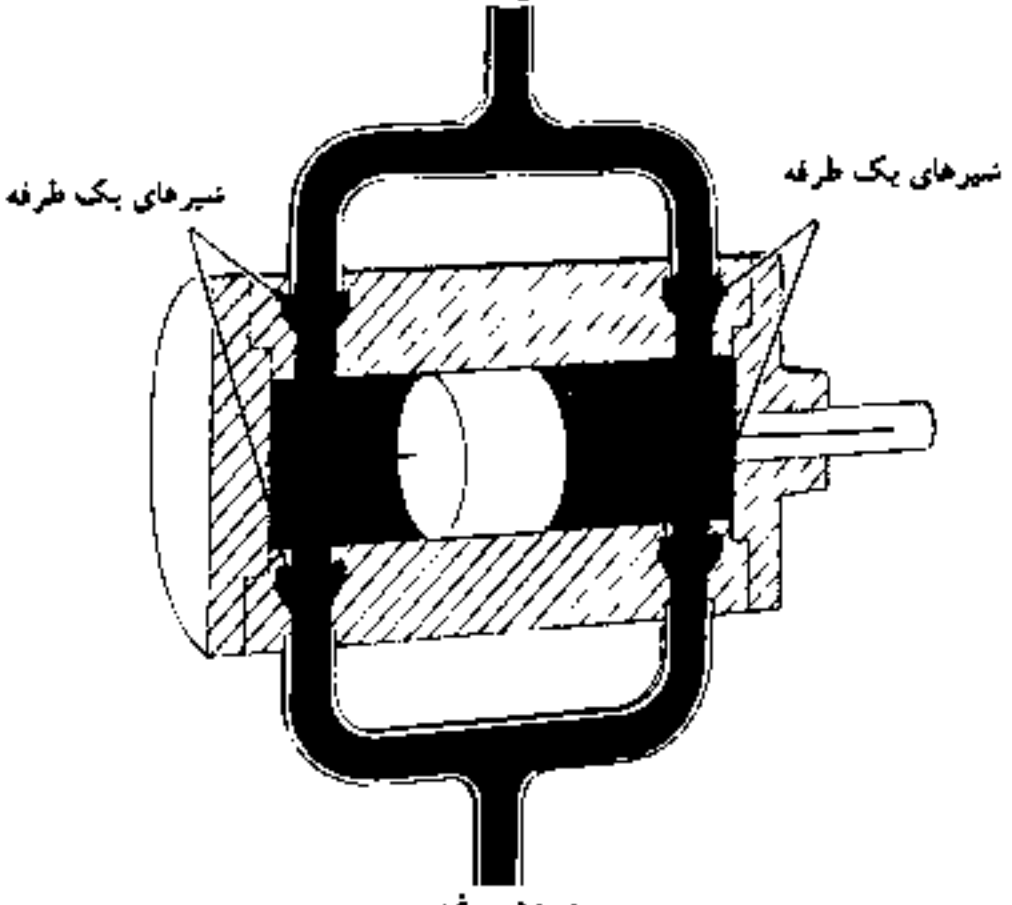
۱ ــ پمپ‌های دبی ثابت (در دور ثابت).

۲ ــ پمپ‌های دبی متغیّر (در دور ثابت).

پمپهای با دبی ثابت پمپهائی هستند که در یکدور ثابت مقدار روغن خروجی در واحد زمان ثابت باشد. پمپهای با دبی متغیر پمپهائی هستند که در یکدور ثابت مقدار روغن خروجی در واحد زمان متغیّر و قابل تنظیم از صفر تا حدّاکثر است.

پمپهای با دبی متغیّر دارای ساختمانی پیچیده هستند و درنتیجه قیمت آنها گران میباشد. لذا فقط در موارد بخصوص بکار گرفته میشوند که احتیاج به دبی و شدت جریانهای متفاوت باشد. برخی از پمپهای هیدرولیکی عبارتند از:

پمپ‌های پیستونی رفت وبرگشتی Reciprocating Pumps ــ در این پمپها حرکت رفت و برگشتی پیستون باعث مکش روغن از لولهٔ ورودی و پمپاژ آن به داخل لولهٔ فشار میشود ولی چون سرعت پیستون یکنواخت نیست جریان خروجی روغن قطع و وصل میشود و موجب لرزش در سیستم هیدرولیک میگردد. برای رفع این عیب از پیستونهای دوطرفه و پیستونهای متوالی (چند پیستون روی یک محور) استفاده میشود، بطوریکه وقتی پیستونی در حال مکش است پیستون



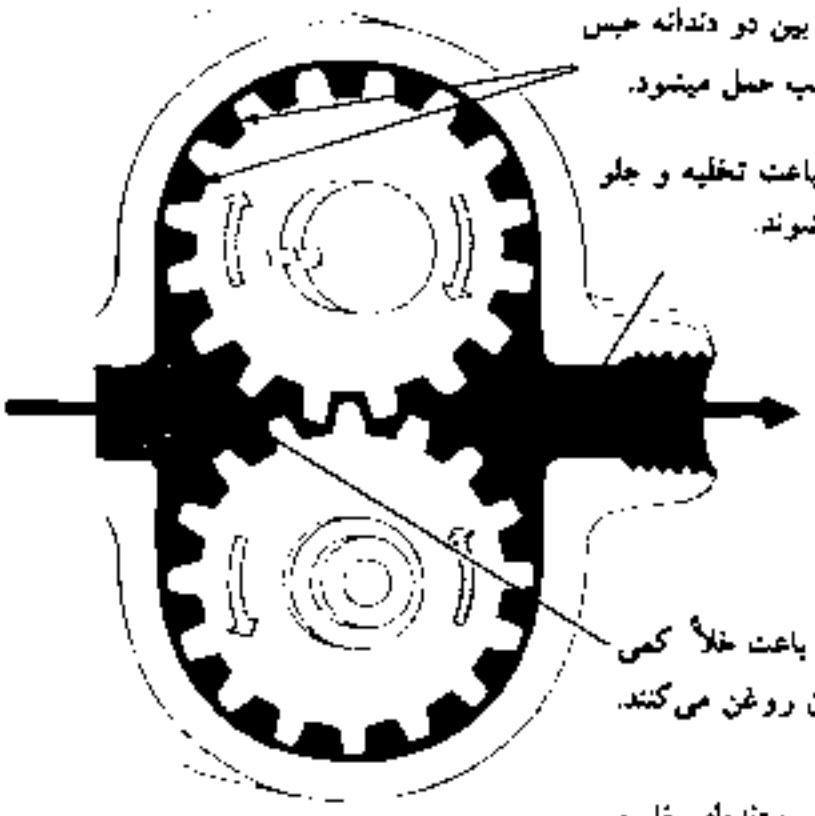
(شکل ۲ ــ ۲) پمپ پیستونی

دیگری در حال تخلیه باشد تا فشار سیستم ثابت بماند. این پمپها از سری پمپهای دبی ثابت هستند ولی نوعی از آن نیز بکار میرود که کورس آن قابل تنظیم و درنتیجه دبی آن قابل تغییر است.

این پمپها میتوانند در سخت‌ترین شرایط بکار ادامه داده، دارای عمری طولانی بوده و حداقل خرابی را دارند. برای تولید فشار بالا و دبی زیاد از این پمپها استفاده میشود.

پمپهای دنده‌ای خارجی External Gear Pumps ــ پمپهای دنده‌ای خارجی دارای ساختمان بسیار ساده‌ای هستند. یک پمپ دنده‌ای خارجی یک جفته از دو چرخدندهٔ خارجی درگیر تشکیل میشود که داخل پوسته‌ای قرار دارند.

موتور محرک یکی از چرخدنده‌ها را به حرکت درآورده چرخدندهٔ دیگر به تبعیّت از آن حرکت میکند. در موقع چرخش چرخدنده‌ها در سمت مکش روغن در فاصلهٔ بین دنده‌ها قرار گرفته و در سمت دیگر (سمت فشار) بعلت داخل شدن دندانه‌ها در یکدیگر روغن بین آنها تخلیه شده از طریق مجرای فشار به سیستم هدایت میشود.



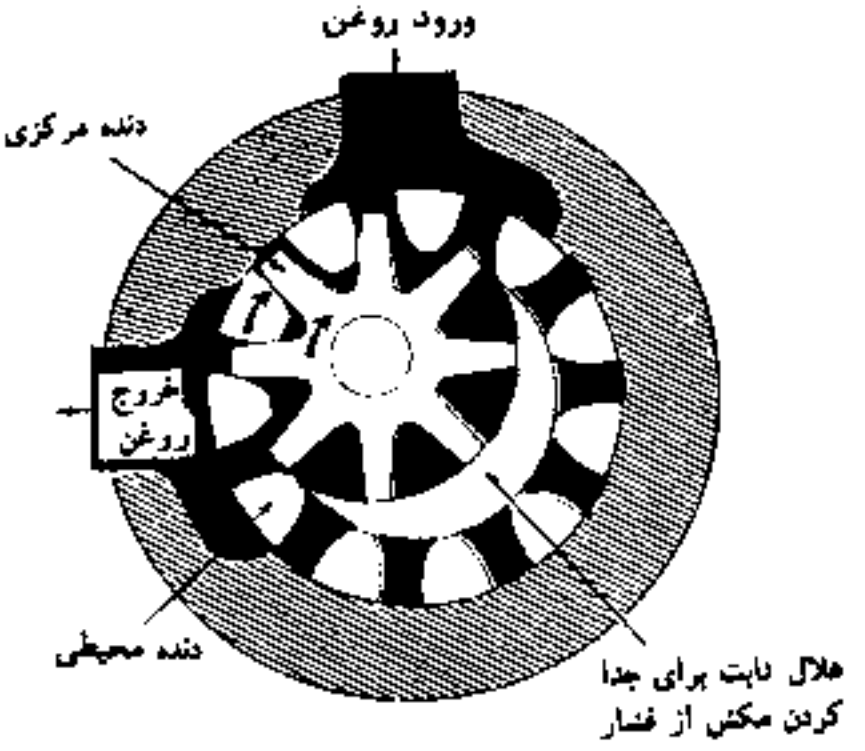
(شکل ۳ ــ ۲) پمپ دنده‌ای خارجی

چنانچه در این پمپها از چرخدنده‌های مارپیچ استفاده شود فشار بیشتری ایجاد کرده و با نرمی بیشتر و لرزش کمتر کار میکنند.

حداکثر فشاری که از این پمپها میتوان دریافت کرد حدود ۲۰۰ بار است. راندمان این پمپها بستگی به درجهٔ آب‌بندی بین قطعات داخلی پمپ دارد.

پمپهای دنده‌ای داخلی Internal Gear Pumps ــ در پمپهای دنده‌ای داخلی چرخدنده‌ای خارجی با چرخدنده‌ای داخلی درگیر است. این دو چرخدنده درون پوسته‌ای قرار گرفته‌اند. برای

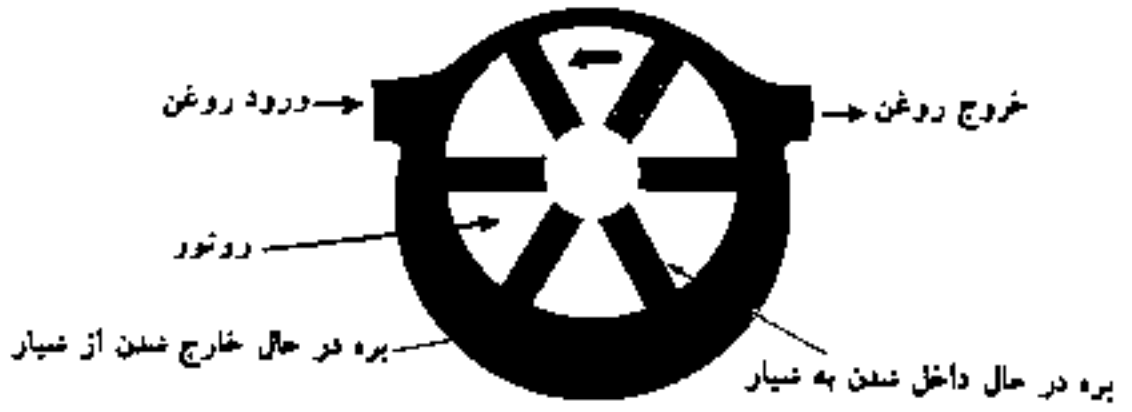
جدا شدن قسمت مکش از قسمت فشار و جلوگیری از بازگشت روغن قطعه‌ای هلالی شکل در حدّ فاصل بین دو چرخدنده قرار دارد.



(شکل ۴ ــ ۲) پمپ دنده‌ای داخلی

موتور محرک، یکی از چرخدنده‌ها را به حرکت درآورده دیگری نیز به تبعیّت از آن حرکت خواهد کرد. بعلت هم محور نبودن چرخدنده‌ها، دنده‌ها در مقابل مجرای مکش (ورودی روغن) از داخل هم خارج شده روغن بین آنها را پر میکند. در ادامهٔ چرخش در مجاور مجرای فشار (خروجی روغن) دنده‌ها داخل یکدیگر شده روغن بین آنها تخلیه گردیده در لوله‌های فشار جریان می‌یابد. اثر و بازده این پمپها شبیه پمپهای دنده‌ای خارجی است.

پمپهای پره‌ای Vane Pump ــ یکی از پمپهای با دبی ثابت برای ایجاد فشار بالا، دبی زیاد و جریان مرتب و یکنواخت روغن میباشد. عامل فرسایش اثر زیادی بر راندمان آن ندارد چون



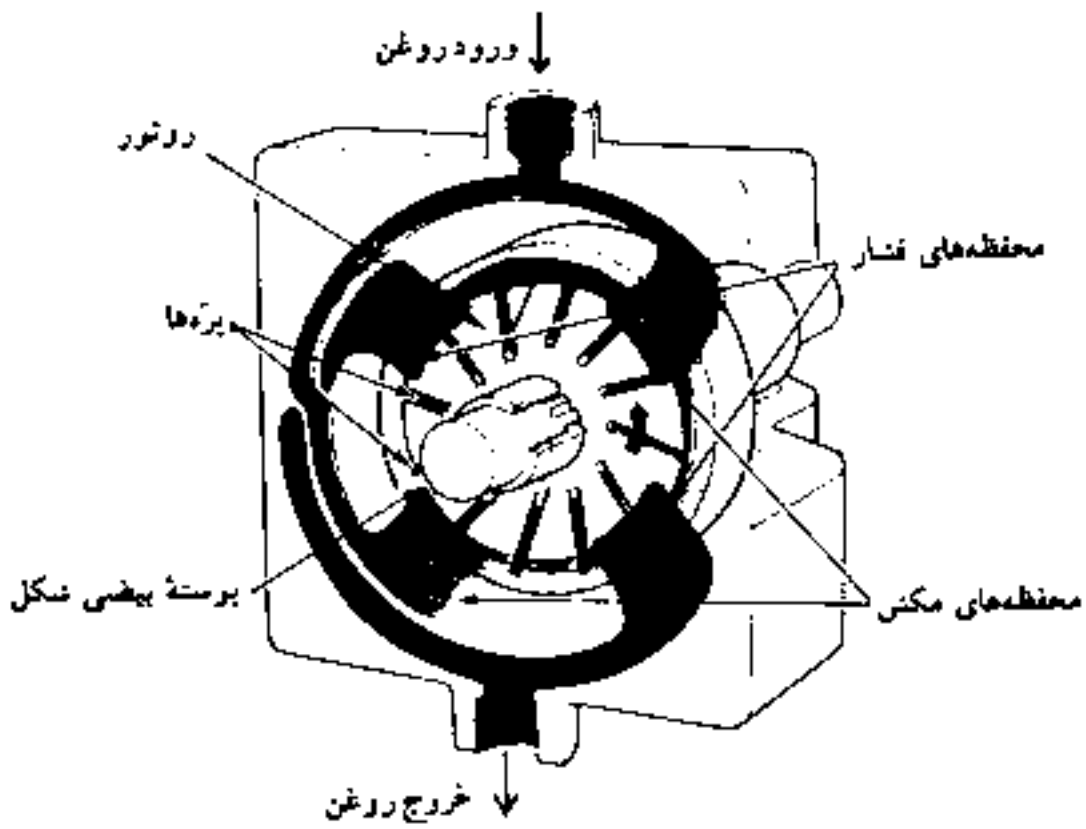
(شکل ۵ ــ ۲) پمپ پره‌ای

پره‌های آن با خارج شدن بیشتر از شیارهای مربوطه فرسایش را جبران مینماید.

روتور با شکافهای شعاعی داخل پوسته و خارج از محور نسبت به آن قرار دارد. بطوریکه در یک نقطه با هم مماس هستند. روتور همراه با محور حرکت دورانی دارد. تیغه‌هائی که داخل شکافهای روتور قرار دارند در اثر نیروی گریز از مرکز در تماس دائمی با پوسته میباشند.

در طرفین نقطهٔ تماس روتور با پوسته مجاری ورود و خروج روغن قرار دارند. هر تیغه موقع رسیدن به نقطهٔ تماس تقریباً بطور کامل درون شکاف مربوطه قرار دارد و با ادامهٔ گردش ضمن اضافه شدن به فاصلهٔ بین روتور و پوسته تیغه نیز از شکاف خارج شده و تماس خود را با بدنه حفظ میکند. چون به فضای بین روتور و پوسته و تیغه‌ها افزوده میشود و بعلت ارتباط با لولهٔ ورودی روغن، در اینحالت فضای مذکور از روغن پر میشود. این عمل تا رسیدن تیغه به نقطهٔ مقابل به نقطهٔ تماس (نیمدور گردش روتور) ادامه دارد. سپس تیغه شروع به داخل شدن در شکاف خود میکند و این در حالتی است که ارتباط از قسمت ورود (محفظهٔ مکش) قطع و با قسمت خروج (محفظهٔ فشار) برقرار شده است. بنابراین ضمن کم شدن فضای یاد شده روغن داخل آن متراکم شده و تحت فشار در لولهٔ خروج جریان می‌یابد.

پمپهای پره‌ای یا بالانس هیدرولیکی ــ وجود اختلاف فشار در طرفین نقطهٔ تماس باعث عدم تعادل بین نیروهای وارد بر شافت و بلبرینگ آن گردیده، عمر پمپ را کوتاه می‌کند. برای رفع این نقص پمپهائی ساخته میشود که روتور آنها در مرکز یک پوستهٔ بیضی شکل قرار گرفته دارای دو نقطهٔ تماس، دو مجرای مکش و دو مجرای فشار هستند.



(شکل ۶ ــ ۲) پمپ پره‌ای یا بالانس هیدرولیک

مجاری فشار با ۱۸۰ درجه فاصله نسبت بهم و مجاری مکش نیز با ۱۸۰ درجه فاصله نسبت بهم قرار دارند. نیروهای حاصل از مکش و فشار دو به‌دو یکدیگر را خنثی نموده یک حالت تعادل بین نیروها برقرار میشود.

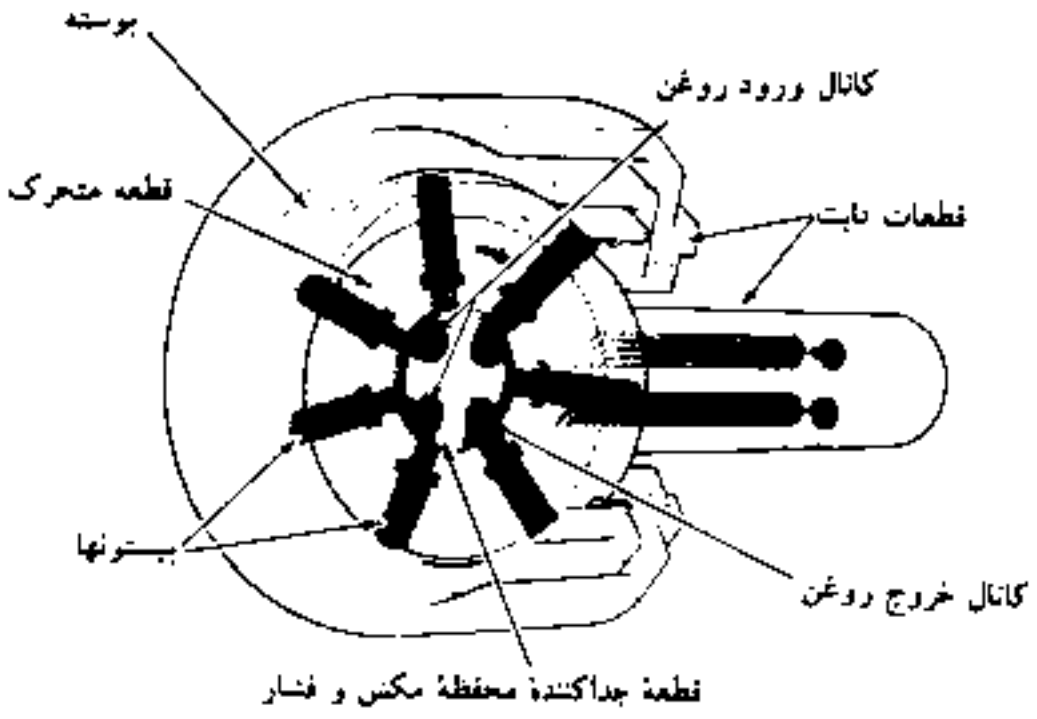
پمپهای گریز از مرکز Centrifugal Pumps ــ این پمپها برای فشار معین طراحی میشوند و در ایجاد جریان ثابت و منظم روغن بسیار خوب عمل میکنند. از این پمپها بیشتر در مدار خنک‌کنندهٔ سیستم هیدرولیک استفاده میشود. در صورت وارد شدن فشار بیش از حدّ ظرفیت، پمپ بدون ایجاد هیچگونه ضایعه‌ای روغن را در داخل پره‌های خود به حرکت درآورده و پس از پائین آمدن فشار مجدداً روغن را به جریان خواهد انداخت.

(شکل ۷ ــ ۲) پمپ گریز از مرکز و طرز کار آن

پمپهای پیستونی شعاعی (دوّار) Radial Piston Pumps ــ این پمپها برای فشار بالا و دبی زیاد و برای کار در سرعتهای زیاد و راندمان بالا مناسب هستند. آب‌بندی قطعات و حفظ این حالت همچنین جلوگیری از فرسایش در این پمپها اهمیّت بسیار دارد. لذا روغن هیدرولیک بکار برده شده باید دارای خواصّ نفوذ بین قطعات آب‌بندی شده، روغنکاری و حفاظت آنها در مقابل فرسایش باشد.

مجرای ورود و خروج روغن به مرکز استوانهٔ متحرک منتهی شده و بوسیلهٔ قطعه‌ای از هم جدا میشوند. در استوانهٔ متحرک سیلندر و پیستونهای کوچک شعاعی قرار دارد. استوانهٔ متحرک بصورت خارج از مرکز نسبت به پوستهٔ استوانه‌ای خود میباشد و دارای حرکت دورانی یکنواخت است.

پیستونها در اثر نیروی گریز از مرکز در تماس دائمی با پوسته میباشند. بعبارت دیگر هر



(شکل ۸ ــ ۲)

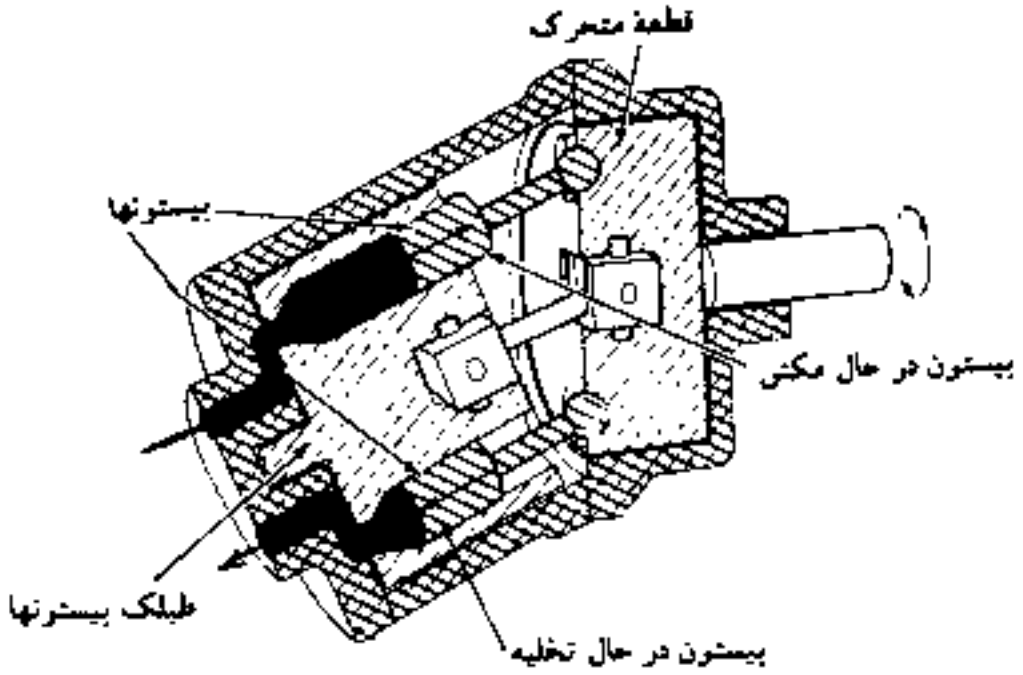
پیستون بازاو هر دور گردش قطعهٔ متحرک یک حرکت رفت و برگشتی دارد. هر پیستون در زمان خروج از سیلندر مقابل محفظهٔ ورودی روغن و در زمان ورود به سیلندر مقابل محفظهٔ خروجی روغن قرار دارد. بنابراین در هر دور گردش، هر سیلندر یکبار روغن را از محفظهٔ ورودی گرفته و در محفظهٔ خروجی تخلیه می‌نماید.

این پمپها برای دبی ثابت در دور ثابت می‌باشند ولی با تغییر فاصلهٔ محوری استوانه‌های ثابت و متحرک که قابل تنظیم است میتوان دبی را تغییر داد.

پمپهای پیستونی محوری Axial Piston Pumps ــ پمپهای پیستونی محوری از نظر مشخصات فنی مشابه پمپهای پیستونی شعاعی هستند. در این پمپها طبلکی با تعدادی پیستون موازی محور آن پیش‌بینی شده که معمولاً برای حفظ جریان ثابت روغن تعداد این پیستونها فرد میباشد.

انتهای هر پیستون با یک مفصل کروی به قطعهٔ دیگری مربوط میباشد که محور آن نسبت به محور طبلک انحراف دارد. انحراف مذکور باعث ایجاد حرکت رفت و برگشتی پیستونها در موقع چرخش پمپ میشود. هر پیستون در زمان حرکت خروجی از سیلندر مربوطه مقابل محفظهٔ مکش و در زمان حرکت ورودی به سیلندر در مقابل محفظهٔ فشار قرار دارد. بنابراین در هر دور محور پمپ هریک از سیلندرها یکبار روغن را از محفظهٔ مکش دریافت و در محفظهٔ فشار تخلیه می‌نماید.

نسبت به اینکه موتور محرک پمپ، طبلک پیستونها را به گردش درآورد یا قطعهٔ مقابل آنرا، پمپهای پیستونی محوری به دو دسته تقسیم میشوند:

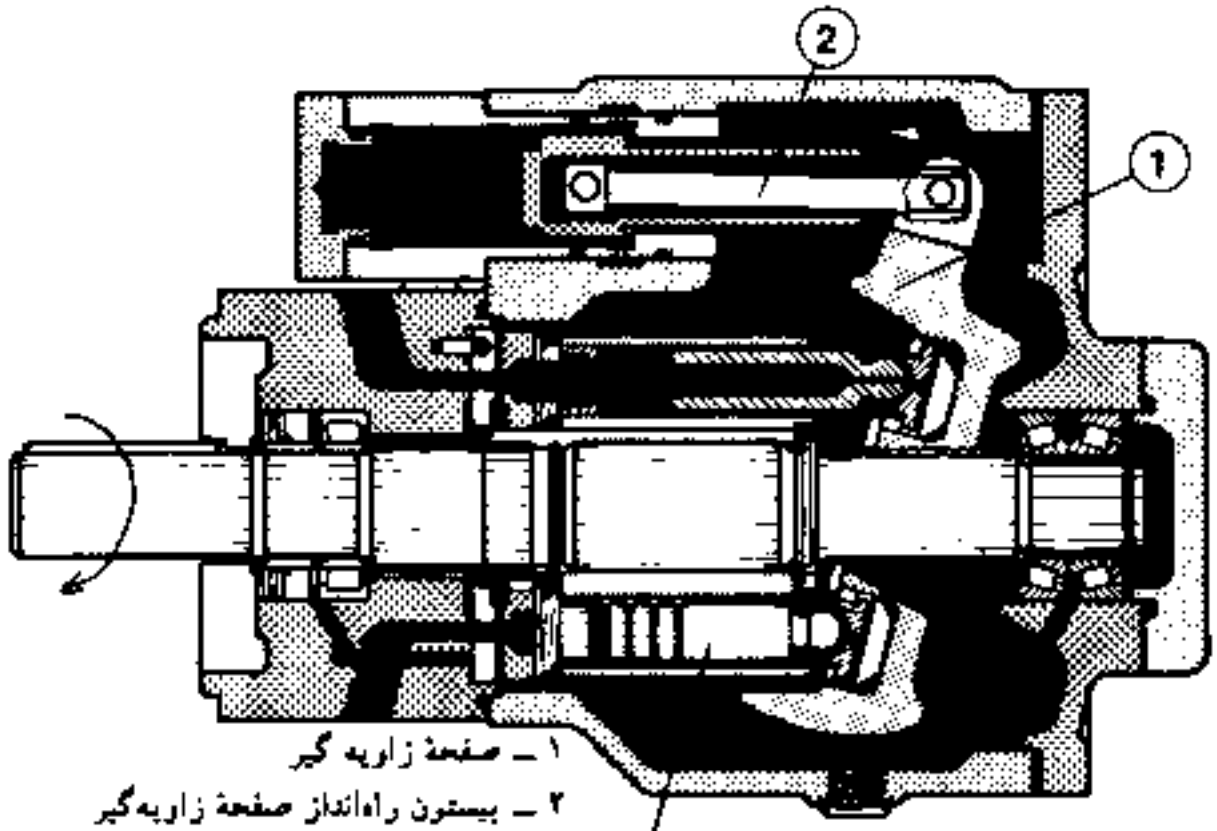


(شکل ۹ ــ ۲) پمپ بیستونی محوری با شافت زاویه‌دار

۱ ــ پمپهای بیستونی محوری با شافت زاویه‌دار.

۲ ــ پمپهای بیستونی محوری با صفحهٔ زاویه‌گیر.

در پمپهای با شافت زاویه‌دار موتور محرک قطعهٔ مقابل طبلک را حرکت داده طبلک بیستونها تحت‌تأثیر قطعهٔ مذکور به گردش درمی‌آید. در این پمپها بعلّت ثابت بودن زاویه بین دو



۱ ــ صفحهٔ زاویه گیر
۲ ــ بیستون راه‌انداز صفحهٔ زاویه‌گیر
۳ ــ بیستون اصلی پمپ

(شکل ۱۰ ــ ۲) پمپ بیستونی محوری با صفحهٔ زاویه‌گیر

قطعه، در دور ثابت دبی ثابت خواهد بود.

در پمپهای پیستونی محوری با صفحهٔ زاویه‌گیر موتور محرک مستقیماً به محور طبلک حامل پیستونها مربوط میشود و آنرا بگردش درمیآورد و صفحه‌ای با زاویه قابل تنظیم نسبت به محور طبلک (صفحهٔ زاویه‌گیر) حرکت رفت و برگشتی پیستونها را در موقع گردش شافت محرک تأمین میکند.

تغییر دبی این پمپ با تغییر زاویه صفحهٔ زاویه‌گیر که کورس پیستونها را تنظیم میکند امکان‌پذیر است. وقتی زاویه بین محور طبلک پیستونها و محور صفحهٔ زاویه‌گیر صفر باشد کورس پیستونها صفر و در نتیجه دبی پمپ صفر خواهد بود و هر چه از این حالت خارج شود کورس پیستونها بیشتر شده و دبی پمپ در دور ثابت افزایش مییابد.

موتورهای هیدرولیکی Hydraulic – Motors

موتورهای هیدرولیکی وسائلی هستند برای تبدیل انرژی موجود در روغن تحت فشار (روغن خروجی از پمپهای هیدرولیکی) به انرژی مکانیکی (حرکت دورانی یا خطّی).

موتورهای هیدرولیکی شباهت زیادی به پمپهای هیدرولیکی دارند. از اغلب پمپهای هیدرولیکی با تغییرات اندکی که در آنها داده میشود میتوان بجای موتور هیدرولیکی استفاده نمود.

انواع موتورهای هیدرولیکی ــ موتورهای هیدرولیکی بطور کلّی به اشکال ذیل ساخته میشوند:

۱ ــ موتورهای هیدرولیکی دنده‌ای (داخلی یا خارجی).

۲ ــ موتورهای هیدرولیکی پره‌ای.

۳ ــ موتورهای هیدرولیکی پیستونی دوّار.

۴ ــ موتورهای هیدرولیکی پیستونی محوری.

۵ ــ موتورهای هیدرولیکی پیستونی (نظیر جکهای هیدرولیکی).

اساس کار کلیّه موتورهای هیدرولیکی بر نیروی رانش که توسّط روغن تحت فشار به عضو متحرک وارد میشود قرار دارد.

انبارهای هیدرولیکی (آکومولاتورهای هیدرولیکی) Hydraulic Accumulators ــ انباره یا منبع فشار هیدرولیکی وسیله‌ایست برای ذخیرهٔ انرژی موجود در مدار هیدرولیک و آزاد ساختن آن در مواقع لزوم.

موارد استفاده: اهمّ وظائف انباره‌ها در سیستم هیدرولیک عبارت است از:

۱ ــ ذخیرهٔ روغن برای مواقعی که مقدار زیادی روغن در زمان کوتاهی لازم باشد، بطوریکه پمپ قادر به تأمین آن نباشد.

۲ ــ جبران روغن کسری حاصل از نشتی و ثابت نگهداشتن فشار سیستم.

۳ ــ ثابت نگهداشتن حجم روغن در گردش (که در اثر تغییرات حرارت تغییر میکند) در سیستمهای بسته.

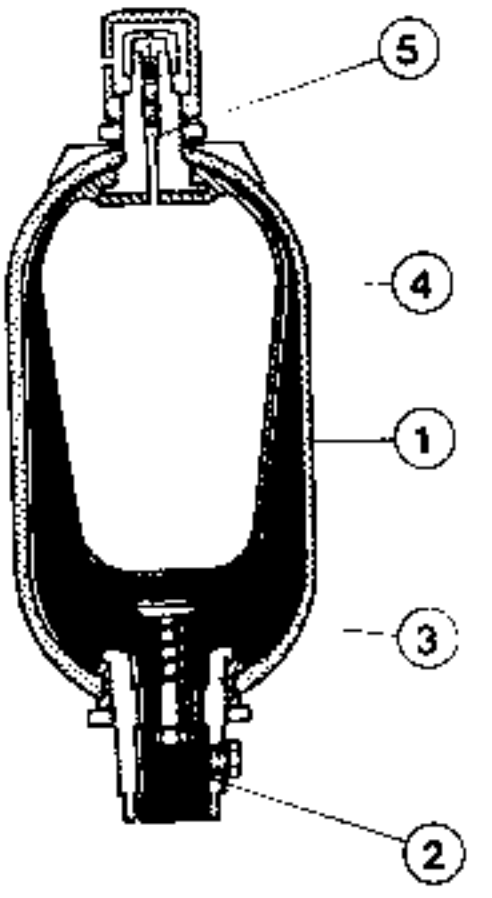
۴ ــ جذب فشارهای ناگهانی و ضربات حاصل از آنها.

طرز کار: انباره‌ها به شکلهای متنوعی ساخته میشوند ولی مکانیزم کار اغلب آنها مشابه است. از معروفترین و متداولترین انباره‌ها، انبارهٔ نیتروژنی است.

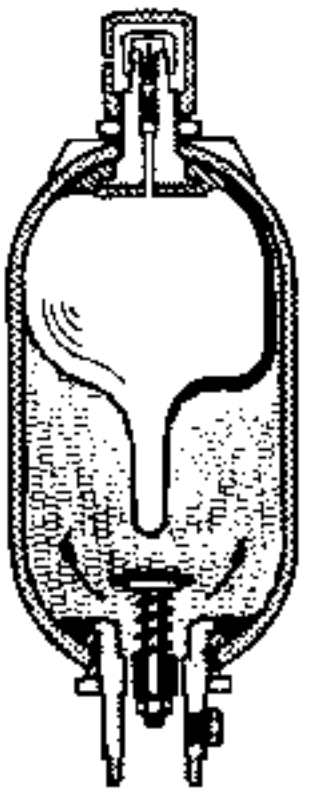
قسمتهای مختلف انباره‌های نیتروژنی عبارت است از: پوستهٔ فولادی، سوپاپ گاز، دیافراگم بادکنکی، سوپاپ محافظ دیافراگم و مجرای ورود و خروج روغن.

دیافراگم بادکنکی که از جنس لاستیک و قابل ارتجاع است از طریق سوپاپ گاز از نیتروژن (ازت) با فشار مناسب پُر میشود. در اینحال بادکنک تمام فضای داخلی پوسته را اشغال نموده و به سوپاپ محافظ دیافراگم فشار آورده و مسیر روغن را می‌بندد. سوپاپ محافظ نیز از خارج شدن دیافراگم از پوسته و پاره شدن آن جلوگیری میکند.

هرگاه فشار روغن در سیستم از فشار گاز درون دیافراگم بیشتر شود پیستون محافظ مجرای روغن را باز کرده، روغن داخل پوسته شده، گاز درون دیافراگم تحت فشار روغن متراکم شده، دیافراگم جمع میشود که در نتیجه به فشار درونی آن افزوده میگردد تا موقعی که بین فشار گاز و فشار روغن در سیستم هیدرولیک تعادل برقرار گردد. بمحض کم شدن فشار سیستم بهر



(شکل ۱۱ ــ ۲) قسمتهای مختلف یک انبارهٔ نیتروژنی



(شکل ۱۲ ــ ۲) انباره در حال شارژ شدن

علّت (کم شدن فشار سیستم نسبت به فشار درونی دیافراگم) دیافراگم به روغن درون پوسته فشار آورده آنرا بداخل سیستم میراند و از اینطریق بـه حفـظ تـعادل فشار در روغن هیدرولیک کـمک میکند عمل شارژ و دشارژ (پر و خالی شدن) انباره در طـول کـار سیستم هیدرولیک دائـماً تکرار میشود.

شیرهای هیدرولیکی Hydraulic Valves

حاصل کار پمپهای هیدرولیکی که شرح تعدادی از آنها در صفحات قبل آمده است گـرفتن روغن از مخزن و فرستادن آن همراه با فشار به خارج از پمپ جهت استفـاده در مـدار هیدرولیک میباشد. استفاده از این روغن و انرژی نهفته در آن احتیاج به وسائـلی دارد کـه آنـرا کـنترل و در نقاط لازمه مورد بهره برداری قرار دهند. برای اینمنظور از شیرهای هیدرولیکی استفاده میشود.

شیرهای هیدرولیکی هستند که انجام اعمال پیچیده و متنوع و اغلب کنترلها در سیستمهای هیدرولیکی را میسّر مـیسازند.

با بکار بردن شیرها و هماهنگی در بازوبسته شدن آنها میتوان مدارهای هیدرولیکی ماشینها را طوری طرّاحی نمود که تمام برنامهها بطور اتوماتیک انجام شود.

فرمان بازوبسته شدن و هر تغییر حالت دیگر در شیرهای هیدرولیکی مـمکن است بصورت دستی، الکتریکی، هیدرولیکی، پنوماتیکی یا مکانیکی انجام گیرد.

شیرها یا سوپاپهای هیدرولیکی بطور کلّی به سه دسته تقسیم میشوند:

الف ــ شیرهای کنترلکنندهٔ مسیر روغن.

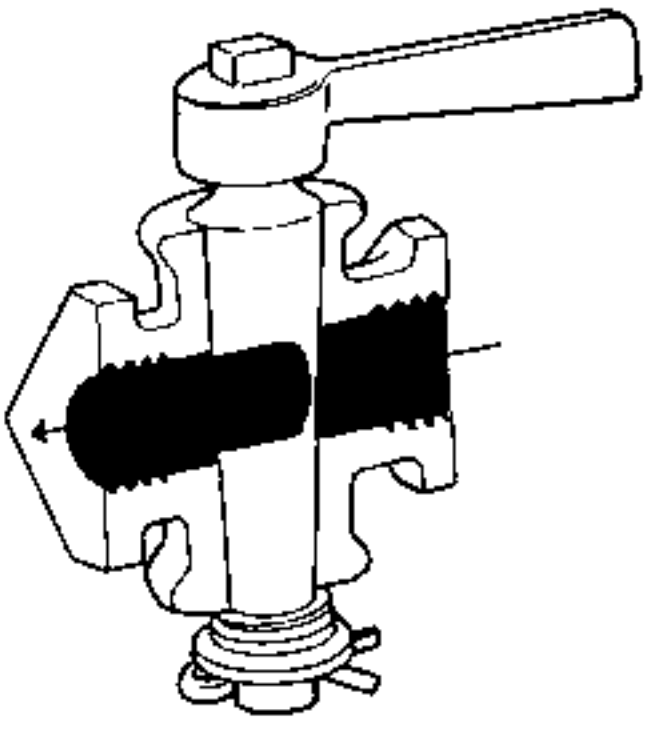
ب ــ شیرهای کنترل کنندهٔ حجم روغن.

ج ــ شیرهای کنترل کنندهٔ فشار روغن.

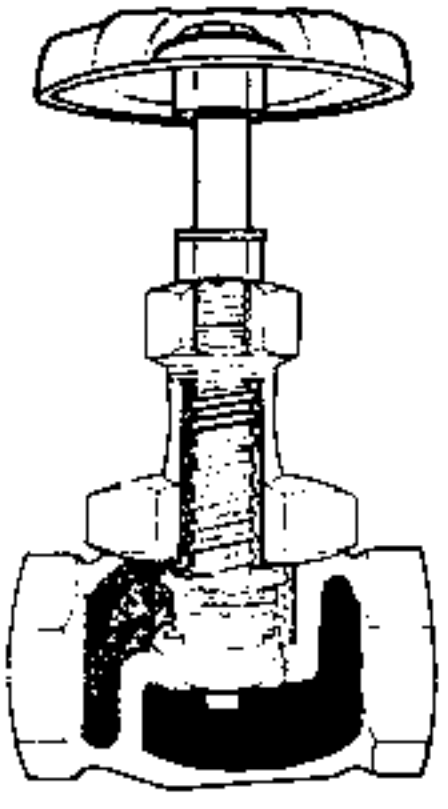
الف ــ شیرهای کـنترل مسیر روغن Directional Control Valves ــ شیرهای کـنترل مسیر برای بازوبسته نمودن و یا تعویض مسیر جریان روغن بکار میروند که تعدادی از آنها عبارتند از:

شیرهای سماوری Cock Valves ــ شیر سماوری تشکیل شده از یک مـخروط داخلی و یک مخروط خارجی که دارای سوراخی عمود بر محورشان میباشند. در حالت بـاز سوراخ هر دو مخروط در امتداد هم قرار میگیرند. تغییر حالت این شیر از باز بـه بسته و بـالعکس بـا ۹۰ درجـه چرخش محوری مخروط خارجی نسبت به مخروط داخلی انجام میگیرد. از این شیرها که معمولاً دارای جثهٔ کوچکی نیز میباشند برای هواگیری لولههای مسیر جریان، تـخلیه روغن هیدرولیک و رابط لولههای فشار با فشارسنج در سیستمهای با فشار ضعیف و متوسط استفاده میشود.

شیرهای فلکهای گرد Globe Valves ــ ساقهٔ شیر تـوسط فـلکهای در بـدنهٔ شیر پـیچیده شده قطعهٔ مخروطی یا مسطح متصل به ساقه مانند دریچهای ارتباط بین خروجی و ورودی شیر را



(شکل ۱۳ ــ ۲) شیر سماوری در حالت باز



(شکل ۱۴ ــ ۲) شیر فلکه‌ای گرد

قطع یا وصل میکند.

رسوب ذرّات و مواد زائد روی سطح دریچه و نشیمنگاه آن باعث از بین رفتن حالت آب‌بندی شیر میشود.

مسیر پیچیدهٔ روغن در داخل شیر و وجود دیواره‌هائی که جریان را سد میکنند، مقداری مقاومت در مقابل حرکت روغن ایجاد می‌نماید و گاهی باعث ایجاد جریان متلاطم در روغن میشود. برای سهولت جریان روغن و احتراز از نشتی آن از بین ساقه و بدنهٔ شیر بهتر است در حالت کاملاً باز از شیر استفاده شود.

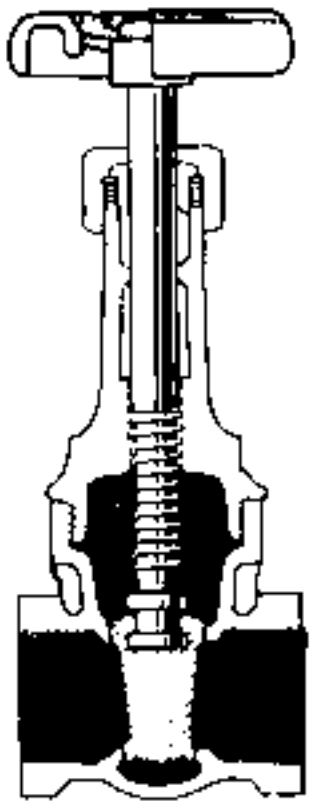
شیرهای فلکه‌ای کشوئی (دروازه‌ای) Gate Valves ــ این شیر تقریباً شبیه شیر فلکه‌ای گرد است با این تفاوت که دریچهٔ آن کشوئی است.

با پیچانیدن فلکه، کشوئی همراه با ساقه بالا و پائین شده مسیر روغن را بازوبست میکند.

(در بعضی از این شیرها ساقه در جهت محوری ثابت است و فقط کشوئی بالا و پائین میرود).

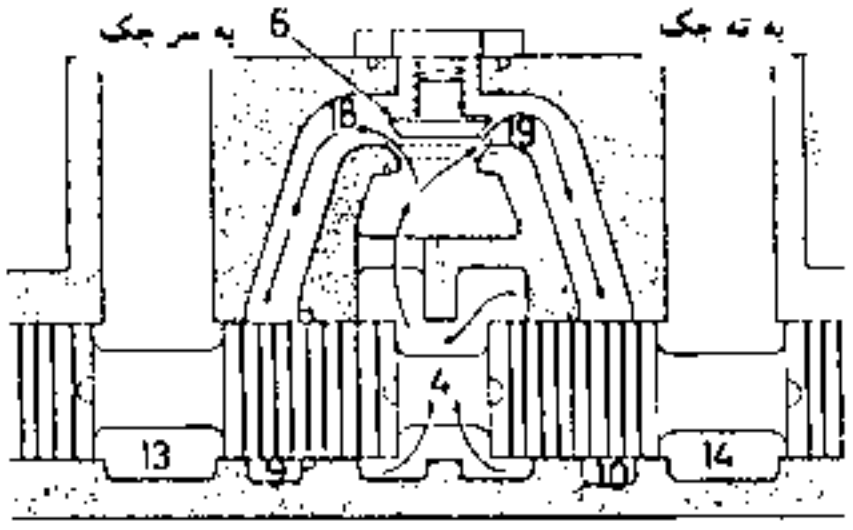
از مزایای این شیر آنست که در حالت کاملاً باز شبیه شیر سماوری عمل نموده هیچگونه مقاومتی در مقابل جریان روغن ایجاد نمیکند.

نیمه‌باز بودن شیر باعث میشود که کشوئی جلو قسمتی از مسیر را سد نموده ایجاد مقاومت نماید. ضمناً در اینحال جریان روغن باعث فرسایش و خوردگی کشوئی میگردد. بنابراین بایستی همیشه از شیر در حالت کاملاً باز استفاده شود.



(شکل ۱۵ ــ ۲) شیر فلکه‌ای کنوئی

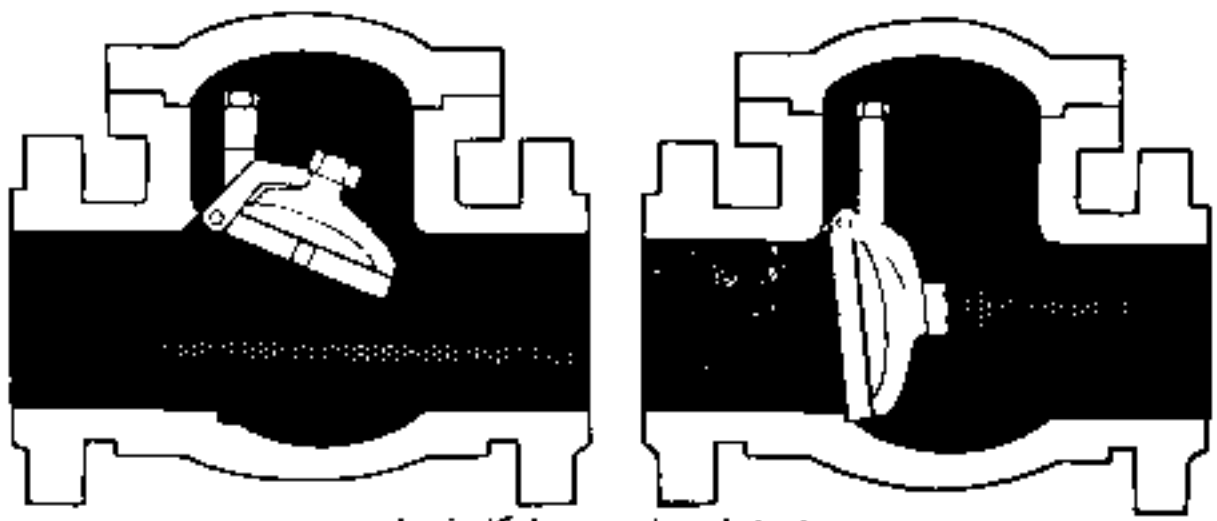
شیرهای یکطرفه Check Valves ــ هرگاه برگشت روغن برای کار سیستم هیدرولیکی لطمه‌ای داشته باشد در مسیر جریان روغن از شیرهای یکطرفه استفاده میشود. وظیفهٔ این شیرها آنست که امکان عبور روغن را از یک جهت فراهم و مسیر روغن را در جهت مخالف مسدود نماید. برای مثال وقتی پیستون هیدرولیکی بالابری در حال کار است برگشت روغن باعث پائین آمدن بار میگردد که ممکن است اگر اینکار خلاف برنامه پیش آید لطماتی جبران‌ناپذیر داشته باشد بنابراین شیر یکطرفه در سیستم هیدرولیکی چنین بالابری اینطور عمل مینماید که تا وقتی فشار روغن ارسالی از پمپ جهت انجام کار کافی باشد مسیر جریان روغن باز و روغن در جهت موردنظر جریان خواهد داشت و بمحض پائین آمدن فشار بقدری که روغن بخواهد در جهت



(شکل ۱۶ ــ ۲) شیر یکطرفهٔ کنترل یک جک

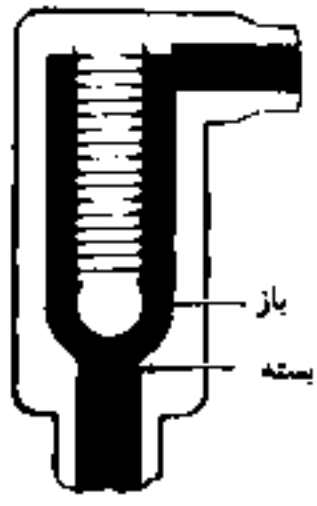
مخالف حرکت کند مسیر جریان بسته شده و تا موقعی که فشار سیستم به حدّ کافی جهت ادامهٔ کار نرسد بسته میماند. با بالا رفتن فشار، مسیر باز و کار ادامه پیدا میکند.

در اشکال ذیل دو نوع دیگر از این شیرها نشان داده شده‌است.



(شکل ۱۷ ــ ۲) شیر یکطرفهٔ زبانه‌ای Flapper Valve

در بعضی از این شیرها، فنری در پشت دریچه قرار داده شده که بسته شدن دریچه را در موقع جریان معکوس تسهیل می‌نماید.



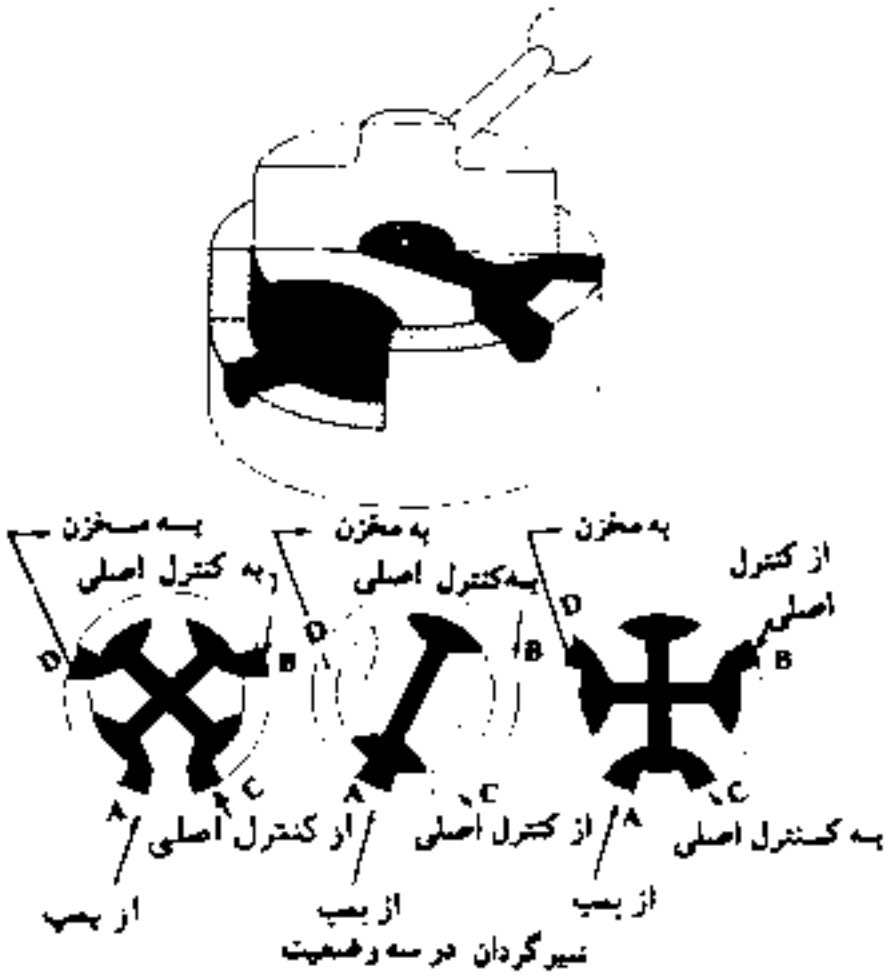
(شکل ۱۸ ــ ۲) شیر یکطرفهٔ ساچمه‌ای Ball Valve

در بعضی از این شیرها با پیچی که روی سر فنر پیش‌بینی شده میتوان طول فنر را تغییر داد و با اینکار فشار فنر را تنظیم نمود.

شیرهای گردان Rotary Valves ــ شیرهای گردان از نوع شیرهای کنترل مسیر میباشند. از این شیرها گاهی مستقلاً بعنوان کنترل کنندهٔ مسیر جریان استفاده میشود ولی اغلب برای راه‌اندازی اسپولهای بزرگ (شیرهای قرقره‌ای بزرگ که شرح آنها بعداً خواهد آمد) از فاصلهٔ زیاد بکار میروند.

کنترلهای کوچکی را که توسط آنها متصدی (Operator) بتواند از فاصله زیاد کنترلهای بزرگ هیدرولیکی را راه‌اندازی کند، پایلوت نامند.

در شکل ۱۹ ــ ۲ یک شیر گردان و حالات مختلف آن نشان داده شده. در حالت نشان داده



(شکل ۱۹ــ۲)شیر گردان و
طرز کار آن

شده در سمت چپ روغن خروجی پمپ از مجرای A وارد شیر شده، از طریق مجرای Bخارج گردیده وارد مدار کنترل اصلی میشود. پس از راه‌اندازی کنترل اصلی از طریق مجرای C به D و از D به مخزن برمیگردد.

در شکل وسط که از چرخش قطعه میانی شیر خلاف عقربه‌های ساعت حاصل گشته است حالتی را نشان میدهد که روغن از مجرای Aوارد شیر ولی دهانهٔ خروجی آن بسته شده. بنابراین جریان روغن متوقف بوده و شیر در حالت خلاص میباشد.

شکل سمت راست حالتی را نشان میدهد که از چرخش مجددً قطعهٔ میانی و در همان جهت خلاف عقربه‌های ساعت ایجاد شده. در این حالت روغن از پمپ و از طریق مجرای A وارد شیر شده از مجرای C خارج و پس از راه‌اندازی کنترل اصلی در خلاف جهت قبلی از طریق مجرای B به شیر بازگشته و از طریق D به مخزن برمیگردد.

شیر گردانی که مورد بحث قرار گرفت با داشتن چهار مجرا در پوسته و دو کانال در قطعه میانی میتوانست سه حالت بخود بگیرد که با اضافه نمودن این مجراها و کانالها میتوان جریان روغن را برای مسیرهای بیشتری کنترل کرد. باز و بسته شدن این شیرها معمولاً بصورت مکانیکی یا دستی صورت میگیرد ولی امکان راه‌اندازی هیدرولیکی و الکتریکی آنها نیز هست.

از مزایای این شیر (سادگی طرز کار، امکان کار درفشارهای مختلف، امکان ادامهٔ کار

وقتی روغن هیدرولیک کثیف یا لجنی شده باشد و راندمان خوب) میباشد.

شیرهای راه دهنده یا قرقره‌ای (اسپولها) Spool Valves ــ شیرهای راه دهنده تشکیل شده‌اند از یک میله با چند قسمت متوالی قطور و نازک که در داخل پوسته‌ای با تعدادی مجرای عبور روغن حرکت کشویی دارند.

تعداد برآمدگیهای روی قطعهٔ میانی بستگی به تعداد مسیرهائی دارد که کنترل عبور روغن هیدرولیک از آنها بعهدهٔ آن باشد. قطعهٔ میانی با پوسته دارای آب‌بندی دقیقی میباشد و هرگونه فرسایش آن دو باعث نشت روغن از یک سمت برآمدگیها به سمت دیگر گردیده و دقت کار سیستم مختل میشود.

وجود هرگونه کثافت و مواد زائد در روغن نیز ممکن است باعث گریپاژ و از کار افتادن شیر گردد. این شیرها بعلّت دقت و سرعتی که در کنترل مسیر جریان روغن دارند بیشترین مصرف را در مدارهای هیدرولیکی نسبت به شیرهای دیگر دارند.

شیرهای راه دهنده به دو دستهٔ کلّی تقسیم میشوند:

الف ــ شیرهای راه دهندهٔ مرکز باز.

ب ــ شیرهای راه دهندهٔ مرکز بسته.

شیرهای راه دهندهٔ مرکز باز شیرهائی هستند که در حالت خلاص (عدم استفاده از جریان روغن ارسالی از پمپ) اجازه میدهند روغن از آنها عبور کرده به مخزن باز گردد. بعبارت دیگر جریان دائمی روغن را امکان‌پذیر میسازند.

شیرهای راه دهندهٔ مرکز بسته، شیرهائی هستند که در حالت خلاص، مسیر روغن را سد نموده و جریان روغن را متوقف میسازند.

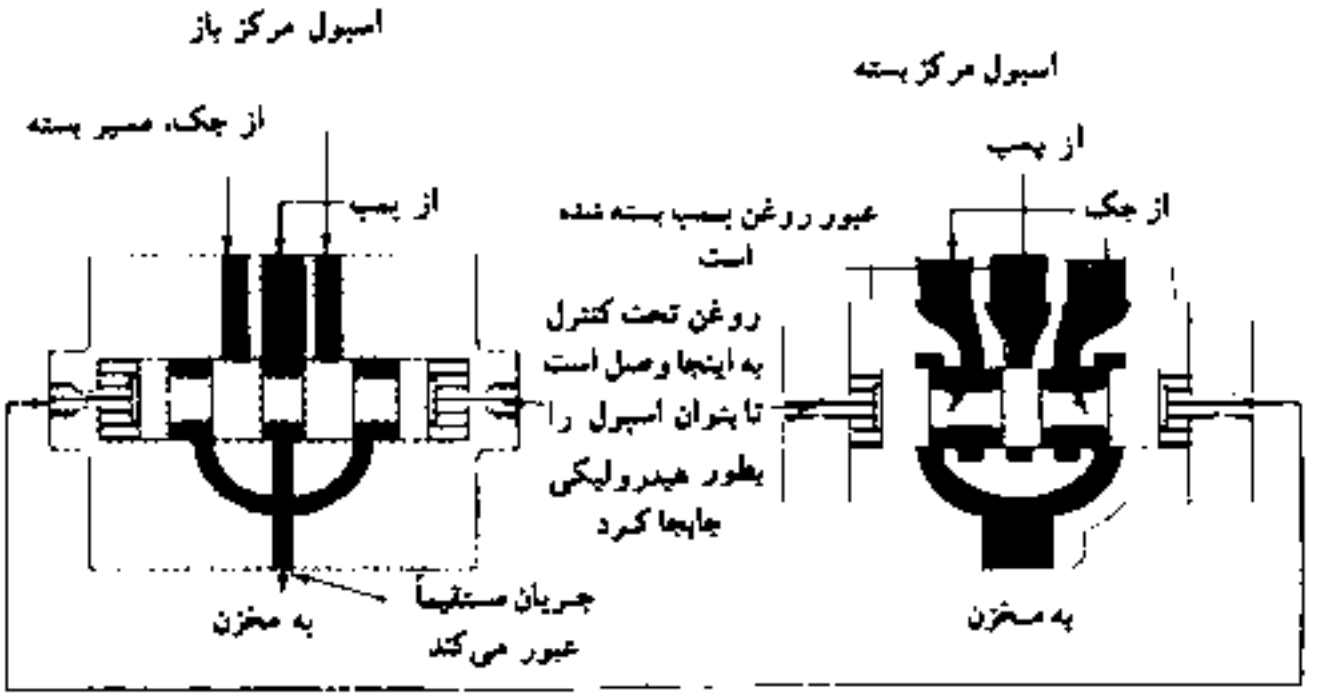
در شکل صفحهٔ بعد طرز کار اسپولهای مرکز باز و اسپولهای مرکز بسته نشان داده شده. در سمت راست حالتهای مختلف یک شیر مرکز بسته و در سمت چپ حالتهای مختلف یک شیر مرکز باز که (با کنترل پایلوتی) کنترل اصلی یک جک هیدرولیکی را بعهده دارند نشان داده شده.

در هر یک از شیرها شکل الف حالت خلاص و شکل ب حالت بالابر و شکل ج حالت پائین‌بر جک هیدرولیکی را نشان میدهد.

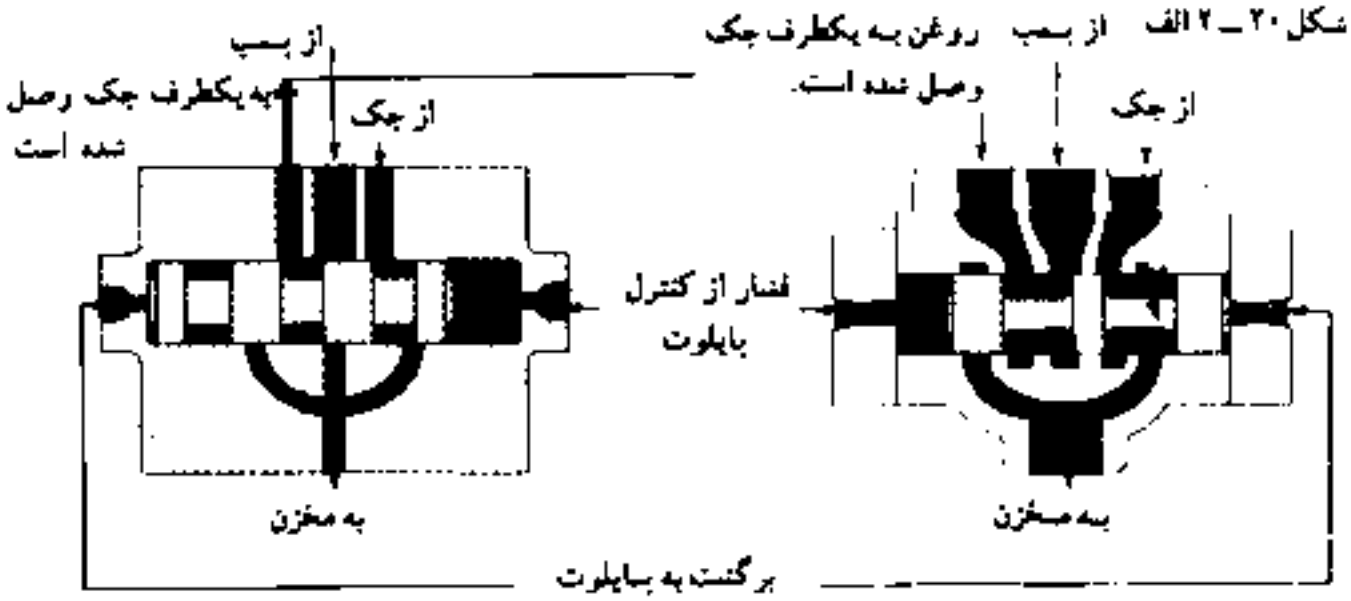
سیستم کار شیرهای راه دهنده از نظر بازگشت به حالت خلاص به سه صورت میباشد:

۱ ــ شیرهائی که بدون مکانیزم تثبیت میباشند: هر وسیله‌ای که بتواند شیر را در حالت بکار افتاده ثابت نگهدارد مکانیزم تثبیت شیر خوانده میشود که ممکن است مکانیکی، الکترو ــ مغناطیسی یا هیدرولیکی باشد.

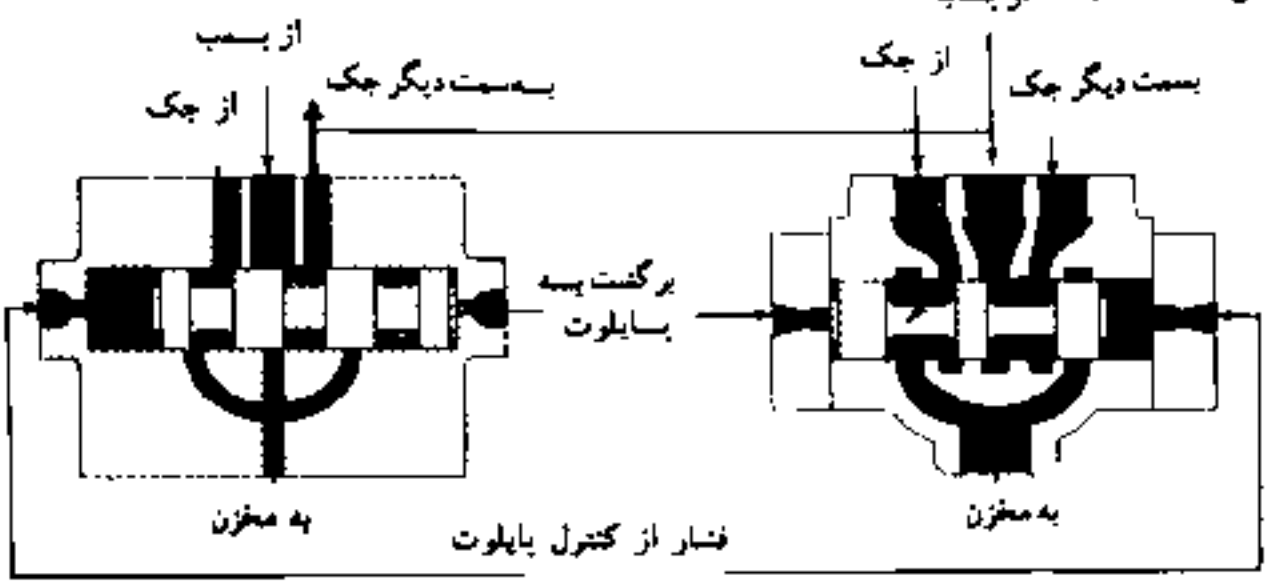
در این شیرها بمحض رها شدن اهرم کنترل توسط متصدّی (Operator) یا کمک نیروی فنر یا هیدرولیک شیر بطور اتوماتیک به حالت خلاص برمیگردد.



شکل ۲۰ ــ ۲ الف



شکل ۲۰ ــ ۲ ب



شکل ۲۰ ــ ۲ ج

(شکل ۲۰ ــ ۲) طرز کار اسپول‌های مرکز باز و مرکز بسته با کنترل بایلوتی
(الف ــ حالت خلاص، ب ــ حالت بالابر، ج ــ حالت پائین بر)

۲ ــ شیرهائی که دارای مکانیزم تثبیت میباشند: این شیرها در هر حالتی که قرار داده شوند ثابت می‌مانند تا زمانی که متصدّی با دست یا نیروی دیگری آنرا بحالت دیگر در آورد.

۳ ــ شیرهای با مکانیزم دنباله رو مکانیکی (تثبیت موقّت): در این شیرها یک ارتباط مکانیکی بین شیر و متحرک (مثلاً دنبالهٔ پیستونی که کنترل آن با شیر مذکور است) وجود دارد بطوری که وقتی متصدّی شیر را در حالت کار افتاده قرار داد این حالت در شیر باقی بماند تاموقعی که متحرک مسافت معیّنی را طی کند. بعبارت دیگر شیر موقعی بحالت خلاص برمیگردد که متحرک مسافت معینی را طی کرده باشد.

ب ــ شیرهای کنترل دبی یا شیرهای تقسیم روغن Volume Control Valves ــ شیرهای کنترل دبی در موارد ذیل در مدار هیدرولیک قرار داده میشوند:

۱ ــ برای قسمتی از سیستم یک دبی ثابت دائمی لازم باشد (تقسیم ارجح).

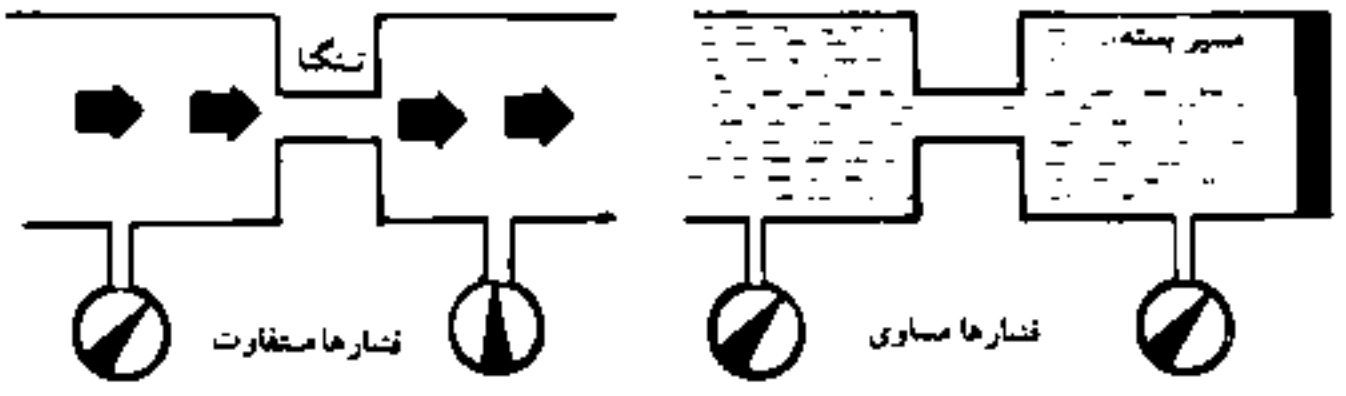
۲ ــ دو یا چند سیستم مختلف همزمان توسط یک پمپ هیدرولیک تغذیه شوند (تقسیم نسبی).

۳ ــ شیرهای محدود کنندهٔ جریان در یک مسیر معیّن.

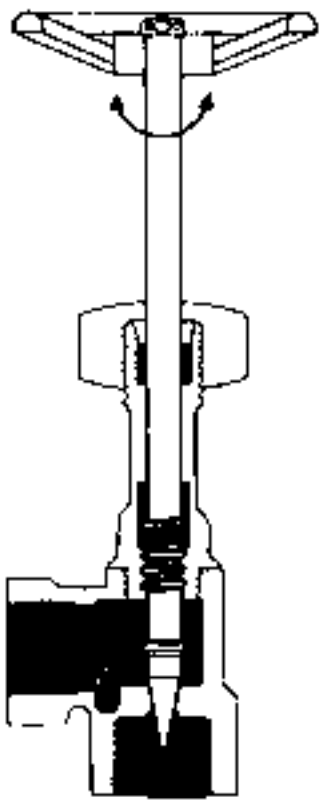
شیرهای کنترل دبی معمولاً از ترکیب یک تنگنا و یک شیر راه دهنده (اسپول) ساخته میشوند. چنانچه لازم باشد سطح عبور جریان در یک تنگنا قابل تنظیم باشد بجای تنگنای ثابت از پیچ خفه کننده یا شیر سوزنی استفاده میشود که در اینصورت مقدار جریان عبوری از تنگنا قابل تنظیم خواهد بود.

تنگنا Orifice ــ تنگ شدن موضعی مسیر جریان روغن را تنگنا گویند. وجود تنگنا در یک مسیر در صورت جریان داشتن روغن باعث ایجاد اختلاف فشار در طرفین آن میشود. این اختلاف فشار بعلّت مقاومتی است که در مقابل عبور جریان ایجاد میشود.

بالا رفتن فشار در جلو تنگنا باعث میشود مقدار اضافی روغن (مقدار اضافی از مصرف سیستم اوّلیه) برای راه‌اندازی یک سیستم دیگر و یا بکار انداختن یک شیر مورد استفاده قرار میگیرد و یا به مخزن بازگشت مینماید.



(شکل ۲۱ــ۲) تنگنا و چگونگی ایجاد اختلاف فشار



(شکل ۲۲ ــ۲) شیر سوزنی

شیرهای سوزنی Needle Valves ــ این شیرها از نوع شیرهای خفه کننده بوده برای تغییر سرعت سیلندر و پیستونها و موتورهای هیدرولیکی از طریق تغییر دبی ورودی به آنها استفاده میشود.

بعلت کوچکی زاویه مخروط سرسافهٔ شیر و نشیمنگاه مربوطه هنگام باز و بست شیر شدت جریان روغن به آرامی تغییر نموده و ایجاد ضربه نمی‌نماید.

انواع شیرهای کنترل دبی عبارتند از:

۱ــ شیر تقسیم ارجح Priority Type ــ از شیرهای تقسیم ارجح در مواردی استفاده میشود که روغن هیدرولیک ارسالی از پمپ بیش از یک مدار را تغذیه نماید ولی تأمین جریان روغن مصرفی یکی از مدارها لازمتر باشد. در اینصورت ابتدا تمامی روغن ارسالی وارد مدار مذکور شده پس از تأمین روغن مصرفی آن مدار و در صورتیکه دبی پمپ اضافه بر آن باشد مقدار اضافی به مدارهای دیگر راهنمائی میشود.

مثلاً در یک جک هیدرولیک که مدار فرمان و کنترل آن هر دو توسط یک پمپ تغذیه شوند با توجه به ارجحیّت مدار فرمان بر مدار کنترل (انجام حرکت منوط به صدور فرمان است) روغن ارسالی از پمپ ابتدا کلاً برای راه‌اندازی مدار فرمان و مقدار اضافی آن به مدار حرکت پیستون جک فرستاده میشود.

شیرهای تقسیم ارجح به دو شکل میباشند:

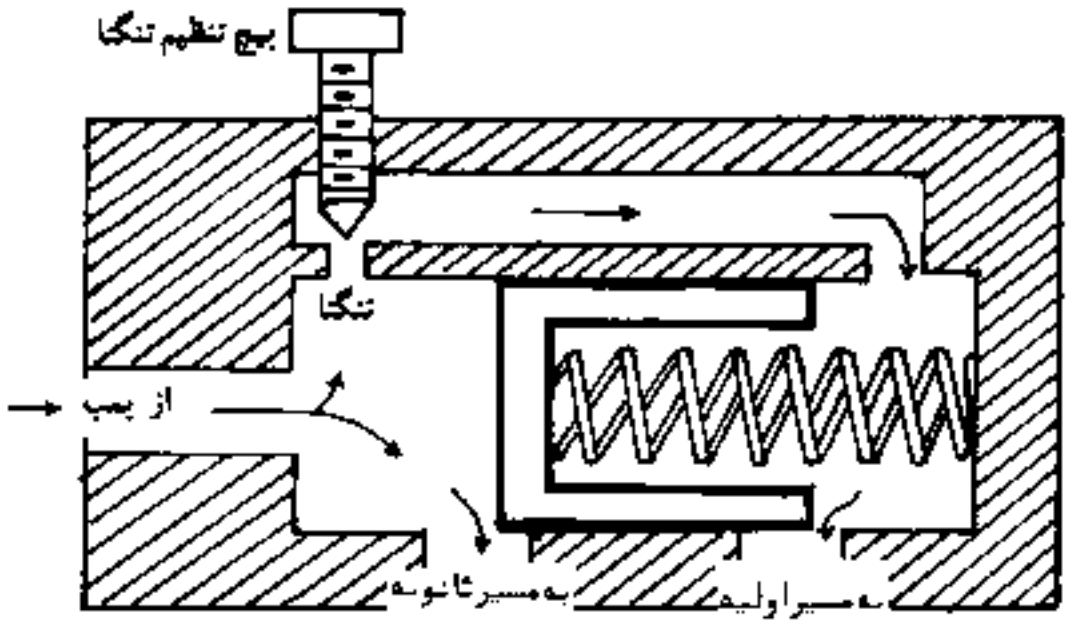
الف: شیرهای تقسیم ارجح قابل تنظیم.

ب: شیرهای تقسیم ارجح غیر قابل تنظیم.

شیرهای تقسیم ارجح قابل تنظیم، شیرهائی هستند که از ترکیب یک شیر راه دهنده (اسپول) با یک پیچ خفه کننده (شیر سوزنی) ساخته میشوند. ولی شیرهای تقسیم ارجح غیر قابل تنظیم از ترکیب یک شیر راه دهنده و یک تنگنا حاصل میشوند.

در شکل ۲۳ ــ ۲ یک شیر تقسیم ارجح قابل تنظیم نشان داده شده است (با حذف پیچ تنظیم از شکل، شیر تقسیم ارجح غیر قابل تنظیم بدست خواهد آمد).

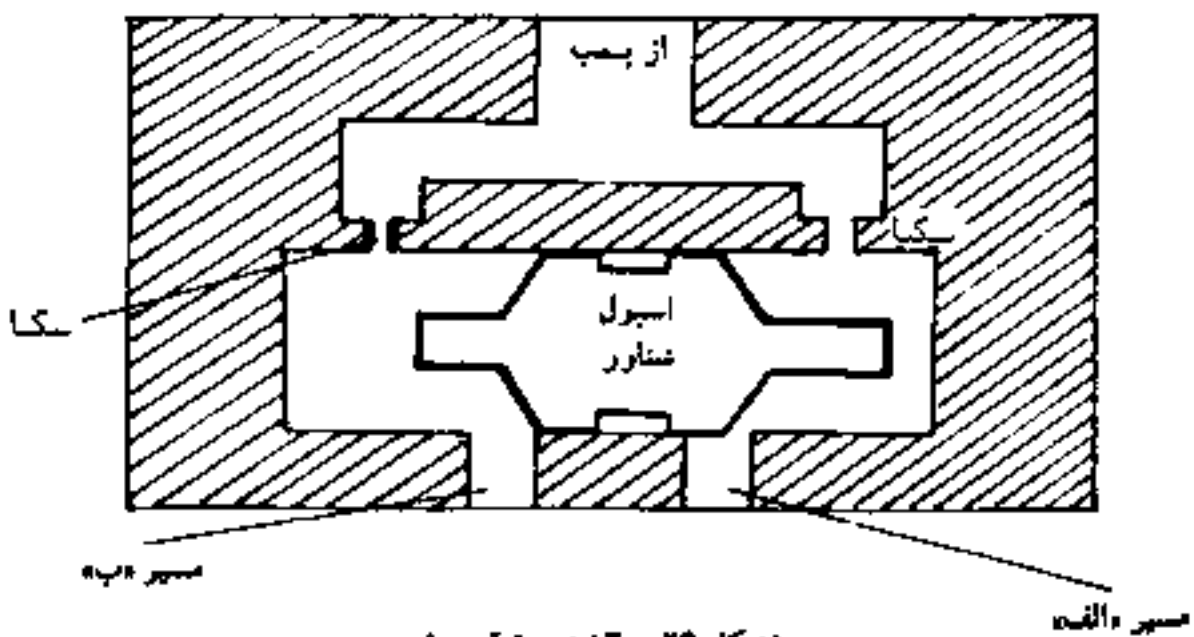
از مطالعهٔ شکل نتیجه میشود: موقعی که پمپ خاموش و جریان روغن از پمپ قطع است قطعهٔ راه دهنده بوسیلهٔ نیروی فنر به سمت چپ رانده شده و مسیر ثانویه را خواهد بست. با بکار افتادن پمپ و جریان یافتن روغن، کلیه روغن ارسالی پمپ از طریق تنگنا به مسیر اوّلیه (مسیر



شکل ۲۳ ــ ۲ شیر تقسیم ارجح قابل تنظیم

ارجح) وارد و چنانچه دبی پمپ از مصرف مسیر اوّلیه اضافی باشد باعث تراکم در ورودی تنگنا شده فشار در این قسمت فزونی یافته باعث جمع شدن فنر و در نتیجه باز شدن مسیر ثانویّه و جریان یافتن روغن اضافی در آن مسیر میگردد. چنانچه در حین کار دبی پمپ پائین بیاید فنر مجدداً باز شده قسمتی یا تمام مسیر ثانویّه را مسدود میکند بطوری که در هر حال جریان مسیر اوّلیه تأمین گردد.

۲ ــ شیرهای تقسیم نسبی جریان Ratio Type ــ چنانچه چند مدار هیدرولیکی توسط یک پمپ تغذیه و ارجحیّتی برای هیچیک از مدارها نباشد دبی ارسالی از پمپ بطور مداوم و با نسبت معیّن بین مدارها تقسیم میشود و کم و زیاد شدن دبی پمپ با همان نسبت مذکور روی جریان ورودی تمام مسیرها اثر خواهد گذاشت و دبی ورودی به آنها کم و زیاد میگردد.



(شکل ۲۴ ــ ۲) شیر تقسیم نسبی

نسبت تقسیم روغن بین مدارها از طریق بزرگ و کوچک اختیار کردن مقطع تنگناها و یا استفاده از شیرهای راه دهندهٔ فنردار تعیین میشود.

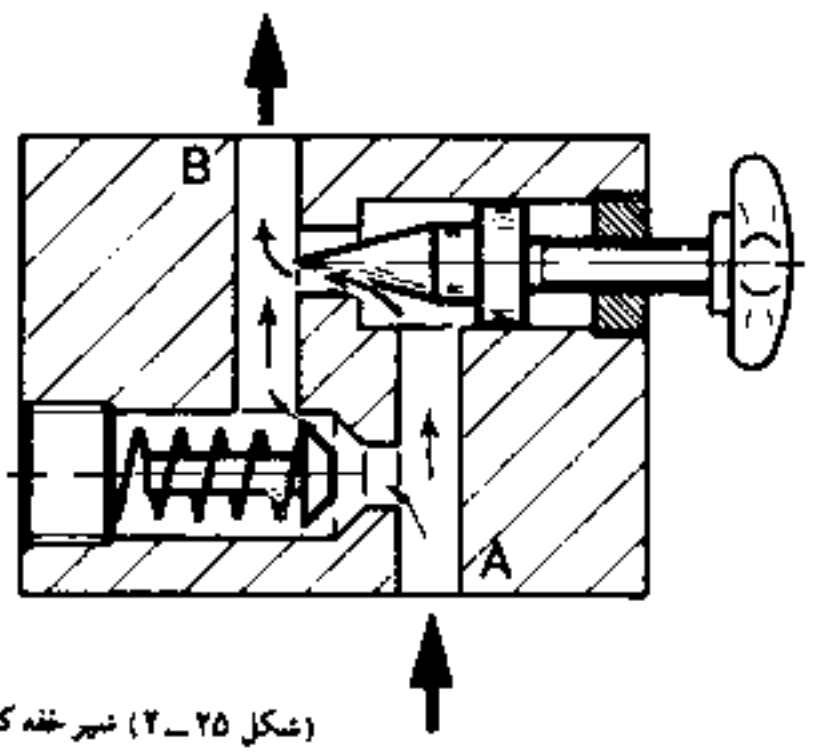
تقسیم جریان بین مسیرهای الف و ب به نسبت سطح مقطع تنگناهای مربوطه انجام میگیرد.

قطعهٔ شناور (اسپول) بین مجراهای الف و ب حرکت میکند. عامل این حرکت تغییر فشار موجود در طرفین آنست. بعبارت دیگر هر چه فشار در یک سمت بالا رود اسپول را به سمت دیگر میراند و مجراهای الف و ب را به نسبت دبی جریان یافته از آنها باز نگه می‌دارد.

بنابراین چنانچه یکی از مدارها در حالت خلاص باشد (راه‌اندازی نشده باشد) دبی در مسیر مربوط به آن مدار صفر خواهد بود و در نتیجهٔ عدم عبور جریان از این مسیر، فشار در سمت مسیر دیگر باعث مسدود نمودن مسیر توسط قطعه شناور شده و تمامی دبی در مسیر راه‌اندازی شده جریان خواهد یافت.

۳ ــ شیرهای یکطرفهٔ خفه کننده (محدود کننده‌ها) Restrictor Valves ــ شیرهای یکطرفهٔ خفه کننده مجموعه‌ای از یک شیر یکطرفه (چک والو) و یک تنگنایاشیرسوزنی (خفه‌کننده) میباشد. این شیر امکان حرکت آزاد روغن از یک جهت و حرکت کنترل شده آن را در جهت دیگر فراهم میسازد. مثلاً برای کنترل حرکات پیستون یک جک هیدرولیکی با استفاده از شیرهای مذکور جریان روغن در موقع بالا رفتن بار آزادانه انجام گرفته ولی در موقع بازگشت، جریان روغن کنترل میشود تا از پائین آمدن سریع بار پیشگیری گردد.

در شکل ۲۵ ــ ۲ یک شیر خفه کنندهٔ یکطرفه نشان داده شده. مایع از A به سمت B حرکت میکند. بعلت کوچکی سطح مقطع جریانی که از شیر خفه کننده میگذرد مقاومت زیادی در مسیر ایجاد شده، فشار حاصل باعث باز شدن شیر یکطرفه گردیده روغن براحتی از A به B جریان



(شکل ۲۵ ــ ۲) شیر خفه کنندهٔ یکطرفه

می‌یابد.

موقعی که جریان روغن در جهت عکس یعنی از B به A باشد نیروی فنر باعث بسته شدن شیر یکطرفه گردیده، جریان روغن فقط از طریق شیر خفه کننده یا تنگنا انجام شده که بعلت کوچکی سطح عبور، جریان روغن به آرامی صورت میگیرد. مقاومتی که در مقابل جریان قرار دارد باعث بالا رفتن فشار خواهد شد. نیروی حاصل از این فشار حرکتی آرام و یکنواخت را ایجاد می‌نماید.

شیرهای مجهز به شیر خفه کننده (به جای تنگنای ثابت) این مزیت را دارند که سطح جریان از تنگنا قابل تغییر است و در نتیجه فشار حاصل و سرعت حرکت مورد بحث قابل تنظیم خواهد بود.

ج ــ شیرهای کنترل فشار روغن Pressure Control Valves ــ شیرهای کنترل فشار برحسب محل قرار گرفتن آنها در مدار هیدرولیک به دو دسته تقسیم میشوند:

۱ ــ شیرهای فشار شکن Relief Valves

۲ ــ شیرهای تنظیم فشار Regulating Valves

هرگاه شیر کنترل فشار به گونه‌ای در مدار نصب شود که در صورت بالا رفتن فشار از حدّ مجاز شیر مذکور باز شده لوله‌های فشار را به مخزن مرتبط ساخته با تخلیه مقداری از روغن سیستم فشار اضافی را خنثی نماید، شیر کنترل حالت فشارشکن خواهد داشت.

بعبارت دیگر شیرهای فشار شکن، شیرهای کنترل فشاری هستند که در یک مسیر انشعابی از مدار به سمت مخزن نصب میشوند. با نصب این شیرها چنانچه فشار در سیستم بهر علّتی بالا رود مسیر بازگشت روغن به مخزن باز شده تا فشار متعادل گردد. بدینوسیله سیستم هیدرولیک در مقابل پی‌آمدهای ناشی از بالا رفتن فشار محافظت میگردد.

چنانچه شیر کنترل به گونه‌ای در مدار نصب شود که فشار معینی را در قسمتی از سیستم حفظ نماید شیر کنترل حالت تنظیم فشار را خواهد داشت.

برای منظور فوق شیر کنترل بایستی بین پمپ و شیر کنترل اصلی نصب گردد. قرار دادن این شیر در مدار هیدرولیک باعث میشود تا فشار به حدّ معیّنی نرسد، مسیر عبور روغن باز نشود. بنابراین یک حدّاقل فشار در سمت خروجی این شیر حفظ میگردد.

چنانچه شیر تنظیم فشار در فاصلهٔ پیستون هیدرولیک و شیر کنترل اصلی قرار گیرد، به شکل یک ضربه‌گیر عمل نموده از بازگشت سریع پیستون جلوگیری خواهد نمود.

تعدادی از شیرهای کنترل فشار روغن عبارتند از:

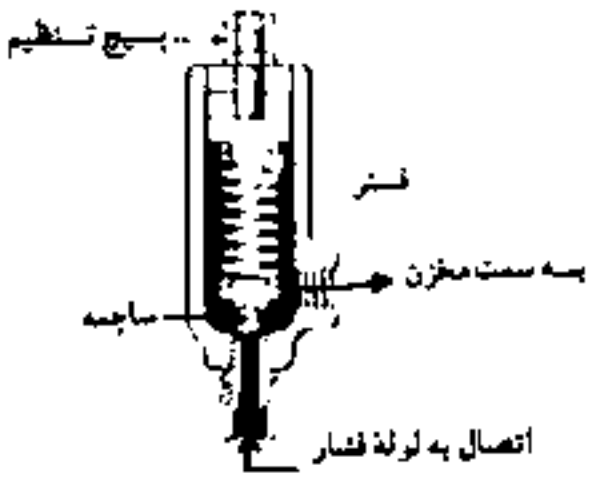
۱ ــ شیر فشار شکن ساچمه‌ای،

۲ ــ شیر فشارشکن با راه‌انداز.

۳ ــ شیر تنظیم فشار بار ـ انداز (حذف کنندهٔ بار).

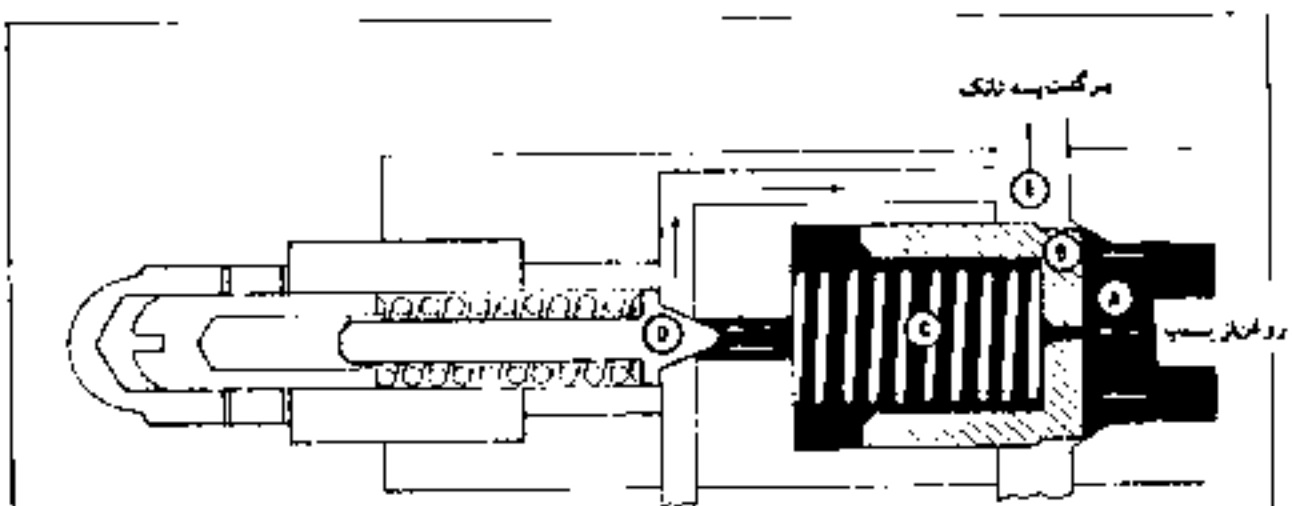
۴ ــ شیر کم کنندهٔ فشار.

۱ ــ شیر فشار شکن ساچمه‌ای Poppet Relief Valve ــ ایــن شیر همان شیر یکطرفــه ساچمه‌ای است که در مسیر انشعابی از لولهٔ فشار بـه سمت مـخزن نصب مـیشود. در فشار عادی سیستم، ساچمه در اثر فشار نیروی فنر مسیر را بسته نگهمیدارد. هرگاه به علّتی فشار افزایش یابد فنر جمع شده جریان روغن به سمت مخزن آزاد میشود. با تخلیهٔ مقداری از روغن به مـخزن فشار اضافی سیستم خنثیٰ و در نتیجه سیستم در مقابل فشارهای اضافی محافظت میشود. از معایب ایـن شیرها ایجاد لرزش در مدار و اتلاف انرژی بخصوص در دبی‌های بـالاست. بدینجهت از ایــن شیرها برای محافظت پمپهای با دبی پائین استفاده میشود.



(شکل ۳۶ ــ ۲) شیر فشارشکن ساچمه‌ای با پیچ تنظیم

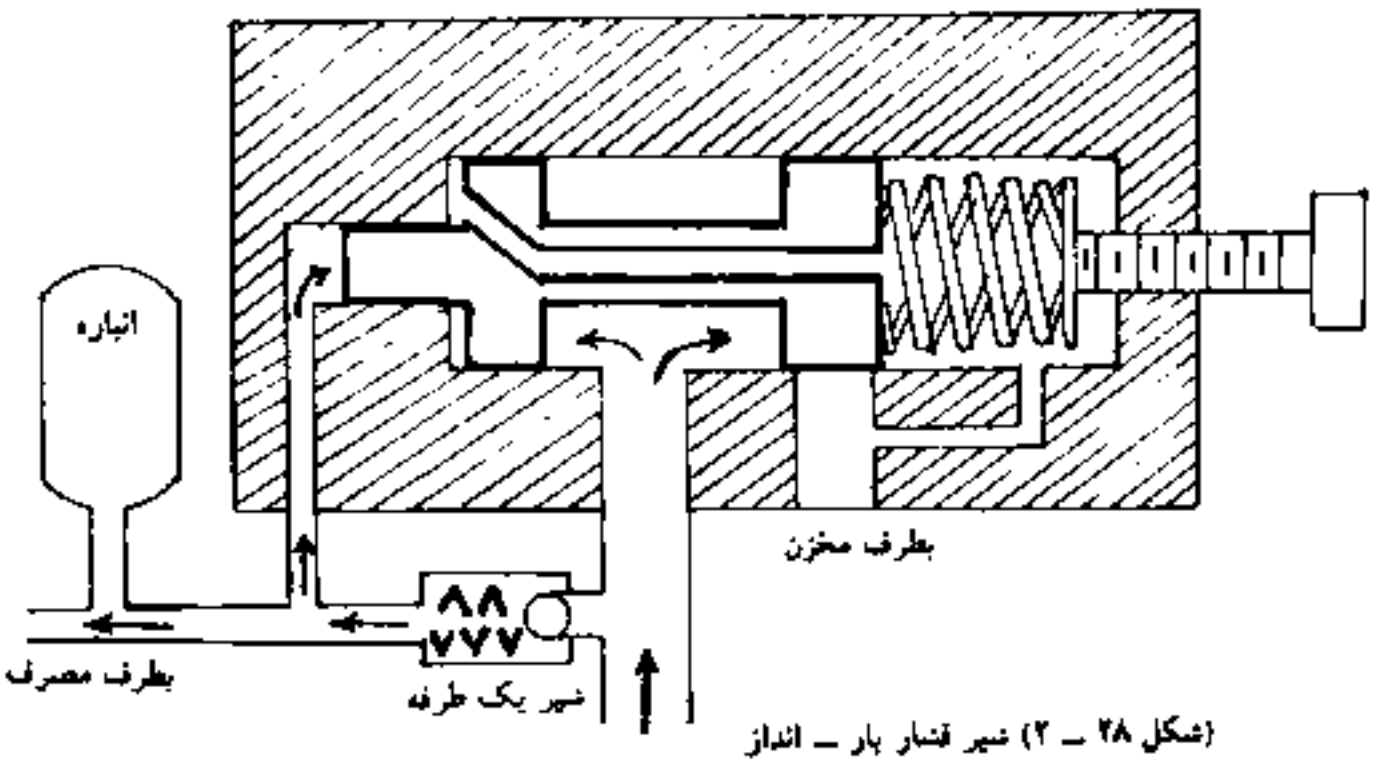
۲ ــ شیر فشار شکن با راه‌انـداز Pilot Poppet Relief Valve ــ شیرهای فشارشکن بـا راه‌انداز از مطلوبترین شیرهای تنظیم فشار و محافظ مدار مـیباشند. اغلب ایـن شیرها بـر اساس اختلاف فشار کار میکنند.



(شکل ۳۷ ــ ۲ شیر فشار شکن با راه‌انداز

روغن‌ازمجرای‌انشعابی‌لولهٔ فشاروارد محفظهٔ A درجلو پیستون واز طریق تنگنای موجود در پیستون B به محفظهٔ C (پشت پیستون) وارد میشود. چون مسیر بسته است فشار در طرفین پیستون یکسان خواهد بود (در بحث تنگنا گفته شد اختلاف فشار در طرفین تنگنا موقعی بوجود میآید که روغن از تنگنا جریان داشته باشد). بعلت بزرگتر بودن سطح پشت پیستون نسبت به سطح جلو آن تفاضل نیروی هیدرولیکی در طرفین پیستون همجهت با نیروی فنر پیستون B را در منتهی‌الیه سمت راست قرار داده مسیر خروجی E را می‌بندد. هر چه فشار سیستم بالا رود اختلاف نیروهای مذکور بزرگتر شده مسیر E همچنان بسته می‌ماند تا موقعی که فشار در محفظهٔ C بحدّی برسد که شیر یکطرفهٔ D باز شود. بمحض باز شدن شیر D روغن پشت پیستون به مسیر برگشت E جریان یافته در نتیجه فشار پشت پیستون کاهش می‌یابد در حالیکه فشار در جلو پیستون همچنان رو به فزونی است. موقعی که اختلاف فشار و نیروی حاصل از آن بر نیروی فنر نگهدارندهٔ پیستون غلبه کند فنر جمع شده پیستون به سمت چپ حرکت کرده مسیر E باز میشود و روغن اضافی مدار به مخزن تخلیه میگردد. تخلیه روغن اضافی به مخزن باعث پائین آمدن فشار در سیستم خواهد شد و تجهیزات مدار در مقابل فشارهای اضافی محافظت میگردد. چون باز شدن مسیر E منوط به تخلیه روغن پشت پیستون از طریق شیر یکطرفهٔ D است. بعبارت دیگر شیر یکطرفهٔ D است که تخلیه اصلی را راه‌اندازی میکند. شیر D را راه‌انداز پیستون B و کل مجموعه را شیر فشارشکن یا راه‌انداز نامند.

۳ ــ شیر تنظیم فشارِ بارــانداز (تخلیه بار) Unloading Valve ــ شیر تنظیم فشارِ بارــانداز از یک شیر راه دهنده، یک شیر یکطرفه و یک انباره (آکومولاتور) تشکیل گردیده و وظیفهٔ آن ثابت نگهداشتن دائمی فشار در اندازهٔ معین است.



(شکل ۲۸ ــ ۲) شیر فشار بار ــ انداز

در حالتی که پمپ کار میکند فشار ایجاد شده باعث باز شدن شیر یکطرفه گردیده روغن بطرف کنترل اصلی مصرف‌کننده جاری میشود. در اینحالت برآیند نیروی فنر و نیروهای هیدرولیکی که از طریق کانالهای قبل و بعد از شیر یکطرفه به پیستون وارد میشود جهتی از راست به چپ خواهد داشت که پیستون (قطعهٔ راه دهنده) را در منتهی‌الیه سمت چپ قرار خواهد داد و از تخلیهٔ روغن به مخزن جلوگیری میگردد.

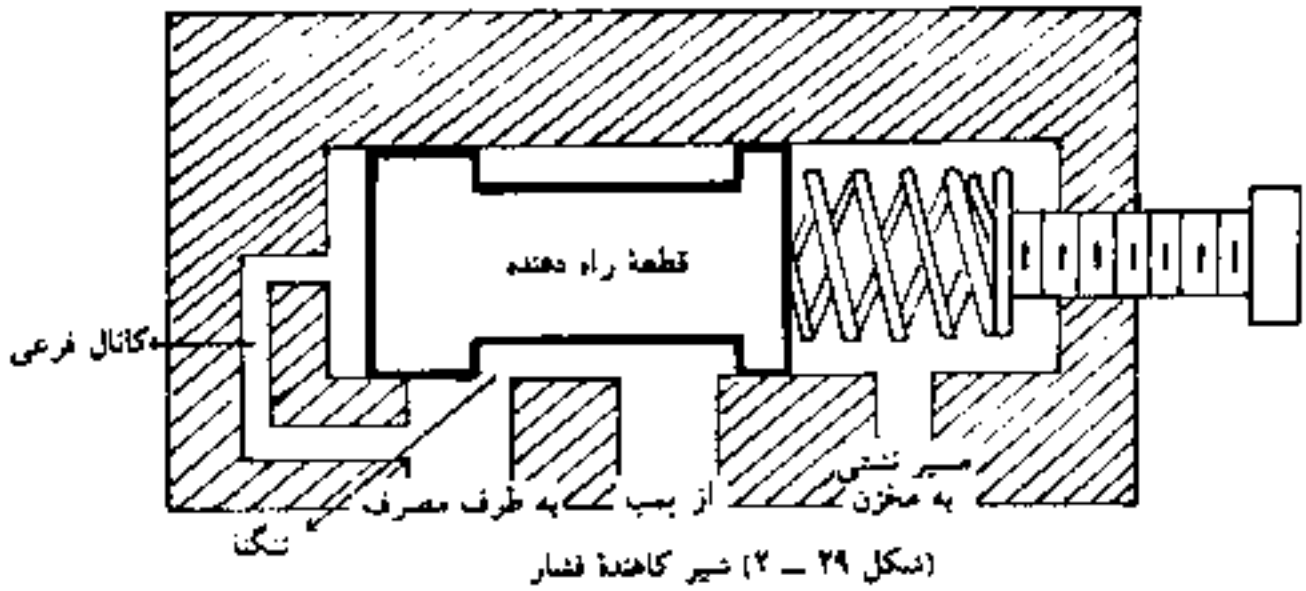
چنانچه در همین حال (حالت کارافتادهٔ پمپ) فشار در سیستم از حدّ معین (مجاز) افزایش یابد برآیند نیروهای یاد شده جهتی از چپ به راست خواهد داشت که باعث جمع شدن فنر و حرکت قطعهٔ راه دهنده از چپ به راست گردیده مسیر به سمت مخزن باز میشود. با باز شدن مسیر مقداری از روغن ارسالی از پمپ به مخزن تخلیه شده فشار در سیستم کاهش یافته به حدّ تعادل میرسد. در حالتی که پمپ روشن ولی مصرف کننده در حالت خلاص (کار نیفتاده) باشد چون عبور جریان از کنترل اصلی مصرف کننده صفر است فشار در سیستم افزایش می‌یابد تا موقعی که مسیر بازگشت روغن به مخزن باز شود. روغن ارسالی از پمپ کلاً به مخزن تخلیه شده فشار در سیستم پائین میآید.

آکومولاتور که بین کنترل اصلی و کانال مرتبط به جلو پیستون قرار دارد با فرستادن روغن ذخیره شدهٔ درون خود به مدار، فشار در محدودهٔ کنترل اصلی، شیر یکطرفه و کانال مرتبط به جلو قطعهٔ راه دهنده را ثابت نگهمیدارد. فشار در محدودهٔ ذکر شده باعث میشود، اولاً شیر یکطرفه بسته شده از خروج روغن جلوگیری کند. ثانیاً نیروی وارد به جلو قطعهٔ راه دهنده به حدّی برسد که برآیند نیروهائی که قبلاً نیز ذکر آنها گذشت جهتی از چپ به راست را حفظ نموده و قطعهٔ مذکور را در سمت راست نگهدارد تا مسیر بازگشت روغن از پمپ به مخزن باز بماند.

در حالت اخیر (حالتی که پمپ کار افتاده ولی مصرف کننده کار نیفتاده باشد) این شیر باعث خارج شدن پمپ از مدار مصرف کننده و در نتیجه برطرف شدن فشارهای وارده بر آن شده در حقیقت یک حالت استراحت برای پمپ ایجاد می‌نماید بدینجهت این شیر را شیر تنظیم فشار تخلیه بار (بارانداز) مینامند.

۴ ــ شیر کاهندهٔ فشار (پائین آورندهٔ فشار) Pressure Reducing Valve ــ گاهی در یک سیستم هیدرولیکی یکی از مدارها احتیاج به فشار کمتری نسبت به بقیّه سیستم دارد. در اینحال باید وسیله‌ای باشد که فشار عادّی سیستم را برای مدار مذکور کاهش دهد. شیر کاهندهٔ فشار در سیستمهای هیدرولیکی وظیفهٔ فوق را بعهده دارد.

در شکل۲۹ــ۲یک شیر کاهندهٔ فشار که در مدخل مدار مورد نظر نصب میشود نشان‌داده شده است.در حالت کار افتادهٔ پمپ، روغن از قسمت لاغر قطعهٔ راه دهنده (اسپول) گذشته بطرف مصرف کننده جریان می‌یابد. روغن در مسیر خود بطرف مصرف کننده از طریق یک کانال فرعی



(شکل ۲۹ ــ ۲) شیر کاهندهٔ فشار

به محفظهٔ جلو پیستون (قطعهٔ راه دهنده) مرتبط است. نیروی فنر چنان تنظیم میگردد که بسرآیند آن با نیروهای هیدرولیکی وارد به طرفین پیستون، آنرا در وضعیتی نگهمیدارند که تنگنای ایجاد شده در ورودی مدار مصرف کنندهٔ مورد نظر بتواند فشار تعیین شده برای مدار مذکور را ایجاد نماید.

چنانچه به علّتی فشار در مدار مورد بحث افزایش یابد، نیروی وارد به جلو پیستون افزایش یافته باعث جمع شدن فنر و حرکت قطعهٔ راه دهنده به سمت راست میگردد. در نتیجه تنگنای ورود روغن به مدار تنگتر شده، فشار در سمت مصرف کننده پائین میآید. کوچک شدن ورودی تنگنا و در نتیجه پائین آمدن فشار تا جائی ادامه می‌یابد که نیروهای وارده بـه قـطعهٔ راه دهنده مـجدداً بـه حالت تعادل در آیند. در اینحالت فشار در مدار مصرف کننده در حدّ تـعیین شده خـواهد بـود. بـه ترتیبی که ذکر شد شیر کاهندهٔ فشار قادر است فشاری کوچکتر از فشار مـعمولی سیستم را بـرای قسمتی ازسیستم تأمین نماید.

ترکیب شیرها Combination of Valves

در سیستم هیدرولیک ماشین‌آلات معمولاً چندین مدار از یک پمپ تغذیه میشوند. با تـوجه به مشخصّات هر مدار جریان روغن در آنها از نظر مقدار دبی، فشار، زمـانهای قـطع و وصل و.... دارای تنوّع بسیار خواهد بود. برای انجام این مهم مـجموعه‌ای از شیرهای کـنترل مسیر، کـنترل دبی و کنترل فشار بکار گرفته میشود و اپراتور (متصدّی) با استفاده از این شیرها و روابط آنها بـا یکدیگر میتواند بر حسب ضرورت روغن ارسالی از پمپ را با مشخصات لازم بین مدارها جـاری و کنترل نماید.

مدارهای هیدرولیکی

مدار هیدرولیکی عبارت است از خط ارتباطی بین اجزاء مختلف که مجموعاً بـرای ایـجاد

یک عمل بخصوص بکار گرفته میشوند. بعبارت دیگر مسیری که روغن جهت ایجاد یک حرکت کاری از مخزن طی نموده تا به مخزن برگردد را مدار هیدرولیکی نامند.

چنانچه قبلاً نیز گفته شد یک سیستم هیدرولیک ممکن است دارای چند مدار هیدرولیک باشد. یک مدار هیدرولیک برای انجام حرکتی با شکل و کیفیّت خاص احتیاج به تجهیزاتی نظیر: مخزن روغن، پمپ، انواع شیرها، انباره، فشارسنج، لوله‌ها و.... دارد که مجموعهٔ این قطعات را تجهیزات مدار هیدرولیکی گویند و شرح تعدادی از آنها در صفحات قبل آمده است.

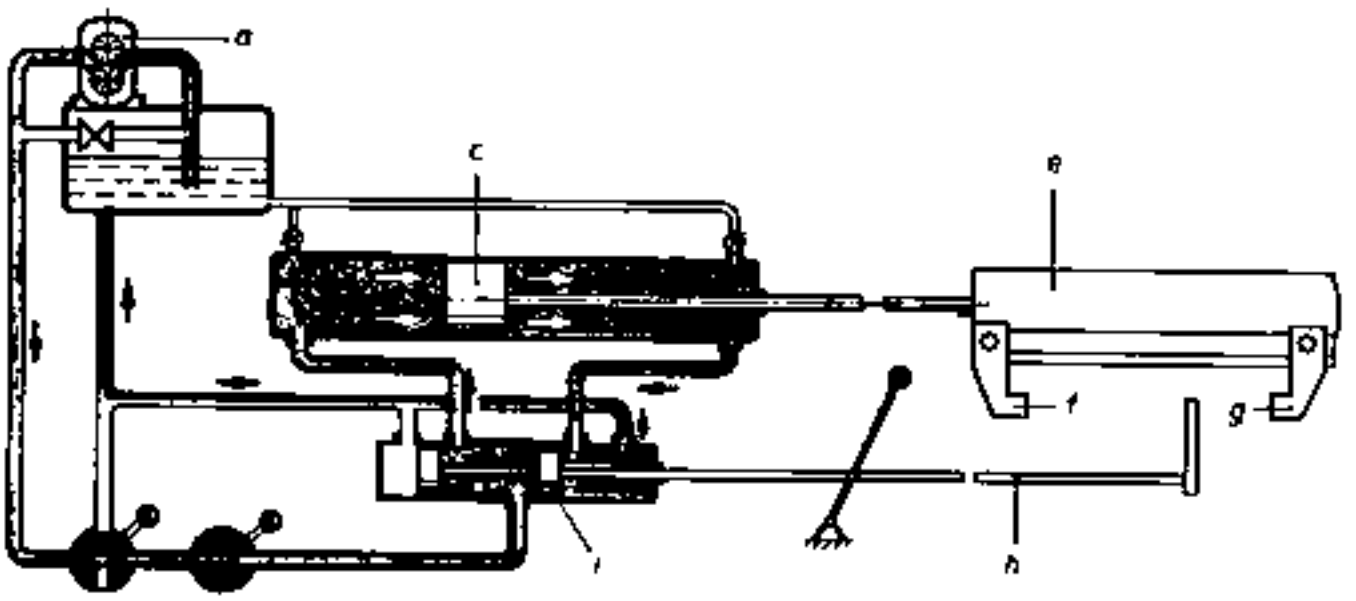
فرمانهای هیدرولیکی

محاسنی که سیستمهای هیدرولیکی بر سیستمهای مکانیکی دارند، موجب توجّه زیاد به سیستمهای هیدرولیکی در صنعت گردیده است. تنوع زیاد سیستمهای هیدرولیکی امکانِ ساخت ماشینهای تمام اتوماتیک با قدرت کاری بالا و موارد استفاده وسیع را بوجود آورده است.

بعضی از سیستمهای هیدرولیک که در ماشینهای ابزار مورد استفاده است عبارتند از:

الف ــ فرمان هیدرولیکی برای حرکات نوسانی ــ در ماشینهائی نظیر ماشینهای سنگ‌زنی، صفحه‌تراش دروازه‌ای، خان‌کشی و.... که میز یا کشوئی ابزار دارای حرکتی رفت و برگشتی هیدرولیکی است، برای ایجاد حرکت از یک سیلندر و پیستون استفاده میشود. در اینگونه ماشینها قسمت متحرک (میز یا کشوئی ابزار) به دنبالهٔ دسته پیستون هیدرولیک محکم شده و همراه با آن حرکت رفت و برگشتی را انجام میدهد.

سرعت متحرک در هر حال از طریق تغییر دبی ارسالی به طرفین پیستون بصورت غیر پله‌ای قابل تنظیم است.



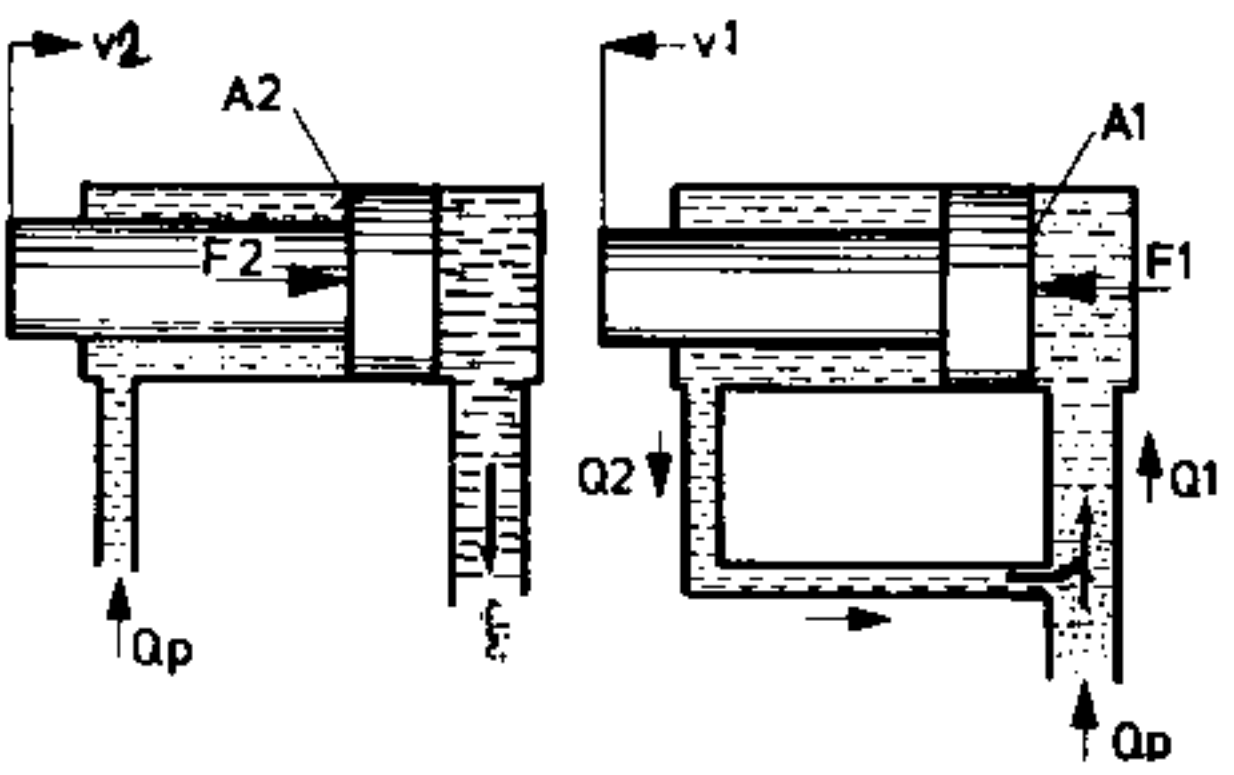
(شکل ۳۰ ــ ۲) میز ماشین سنگ با سیستم حرکت هیدرولیکی

پمپ a یک دبی ثابت را به مدار میفرستد که توسط شیر راه دهندهٔ l به جلو پیستون یا پشت آن هدایت میشود. بعلّت مساوی نبودن سطوح طرفین پیستون سرعت رفت و برگشت با هم مساوی نخواهد بود. نسبت سرعتهای مذکور به نسبت عکس سطوح طرفین پیستون میباشد.

چنانچه سطح جلو پیستون دو برابر سطح پشت پیستون باشد سرعت رفت $\frac{1}{2}$ سرعت بازگشت خواهد بود بادامکهای f و g که به میز محکم شده طول کورس میز e را کنترل میکنند.

وقتی پیستون در انتهای سمت چپ کورس خود قرار گیرد شیر سه حالتهٔ l (حرکت به راست ــ خلاص و حرکت به چپ) روغن را به جلو پیستون هدایت نموده پیستون و همراه با آن میز از چپ به راست حرکت میکند تا جائیکه بادامک f به دنبالهٔ h (دنبالهٔ شیر راه دهنده) برخورد نماید، بدینطریق بادامک f دنباله h و در نتیجه قطعهٔ راه دهندهٔ l را از چپ به راست حرکت خواهد داد و نتیجتاً جریان روغن از جلو پیستون قطع و به پشت پیستون جریان مییابد. با تغییر مسیر جریان روغن، حرکت میز نیز تغییر جهت میدهد و از راست به چپ حرکت خواهد کرد. این حرکت تا جائی ادامه مییابد که بادامک g با دنبالهٔ h برخورد نماید و مجدداً حرکت میز عوض میشود.

گاهی لازم است سرعت رفت و برگشت با هم مساوی باشند، در اینصورت از فرمان هیدرولیکی بامدار دیفرانسیل ویااز پیستونهائی که درطرفین دارای دسته‌پیستون‌هستنداستفاده میشود.



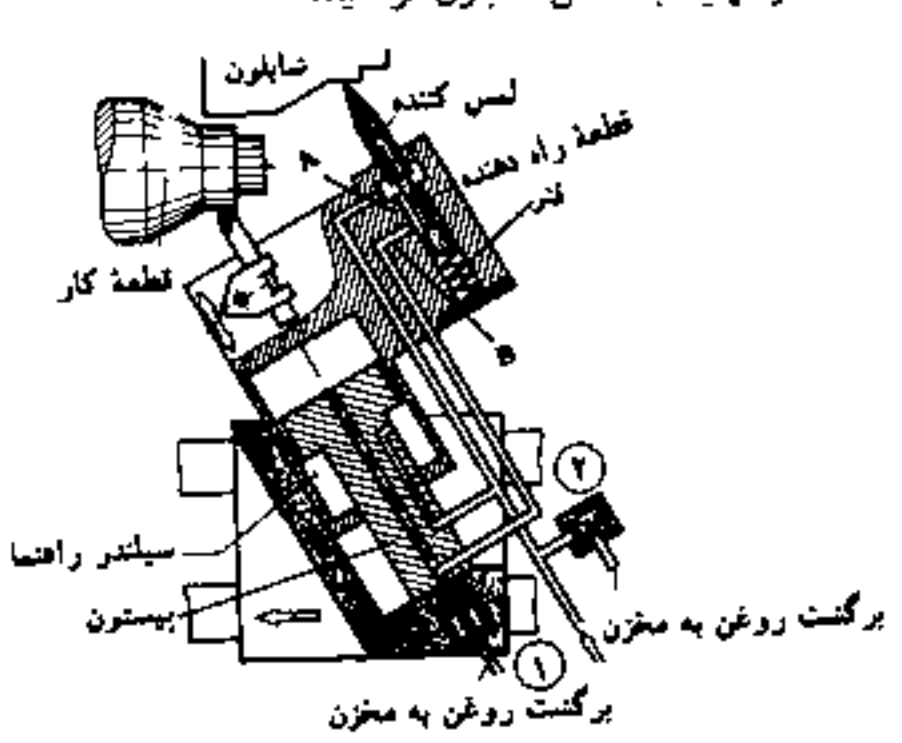
(شکل ۳۱ ــ ۲) مدار دیفرانسیل در هیدرولیک

A ورودی روغن به پشت پیستون　　D خروجی روغن از جلو پیستون
B ورودی روغن به جلو پیستون　　Q دبی ارسالی از پمپ یا کنترل اصلی
C خروجی روغن از پشت پیستون　　A_1 سطح پشت پیستون　　A_2 سطح جلو پیستون ($A_2 = 2A_1$)

طرز کارمدار دیفراتسیل ــ روغن از پمپ یا کنترل اصلی با دبی Q از طریق مجرای A به پشت پیستون میرسد و آنرا با سرعت V_1 به سمت راست میراند. روغن جلو پیستون از طریق D به مخزن برگشت میکند. در انتهای مسیر با تعویض مسیر روغن توسط شیر راه دهنده، روغن از طریق مجرای B به جلو پیستون راهنمائی میشود و پیستون را به سمت چپ میراند. روغن پشت پیستون از طریق C به مجرای B تخلیه و همراه جریان اصلی به جلو پیستون فرستاده میشود بنابراین دبی ورودی به جلو پیستون دو برابر دبی ورودی به پشت پیستون خواهد شد و مجموعاً باعث حرکت پیستون با سرعت V_2 میگردد. با در نظر گرفتن نسبت سطوح جلو و پشت پیستون V_2 مساوی V_1 خواهد شد.

پ ــ فرمان کپی هیدرولیکی در ماشینهای تراش ــ دستگاه کپی هیدرولیکی وسیله‌ایست که روی بعضی از ماشینهای تراش مونتاژ میشود و برای کپی کردن و تولید سری قطعات از روی شابلون یا مدل مورد استفاده قرار میگیرد.

میلهٔ لمس کننده که در تماس دائم با شابلون است هنگام حرکت طولی سوپرت حرکاتی را بنابرشکل شابلون دریافت و به شیر سه حالتهٔ هیدرولیکی منتقل مینماید. شیر تحت تأثیر حرکات لمس کننده در یکی از حالات سه گانه خود (حرکت به بالا، حرکت به پائین و خلاص) قرار گرفته باعث میشود قطعه کار نهایتاً به شکل شابلون تراشیده .



(شکل ۳۲ ــ ۲) کپی‌تراش هیدرولیکی

چنانچه لمس کننده مسیری موازی محور شابلون طی کند، بایستی ابزار نیز چنین مسیری را طی نماید. بعبارت دیگر نبایستی هیچگونه حرکت عرضی داشته باشد. در این حالت نیروهای محوری وارد بر قطعهٔ راه دهنده آنرا در حالتی نگهمیدارند که فشار ایجاد شده در طرفین تنگنای A نیروهای مساوی برای طرفین پیستون ایجاد نمایند. تعادل بین نیروها باعث ثابت ماندن سیلندر

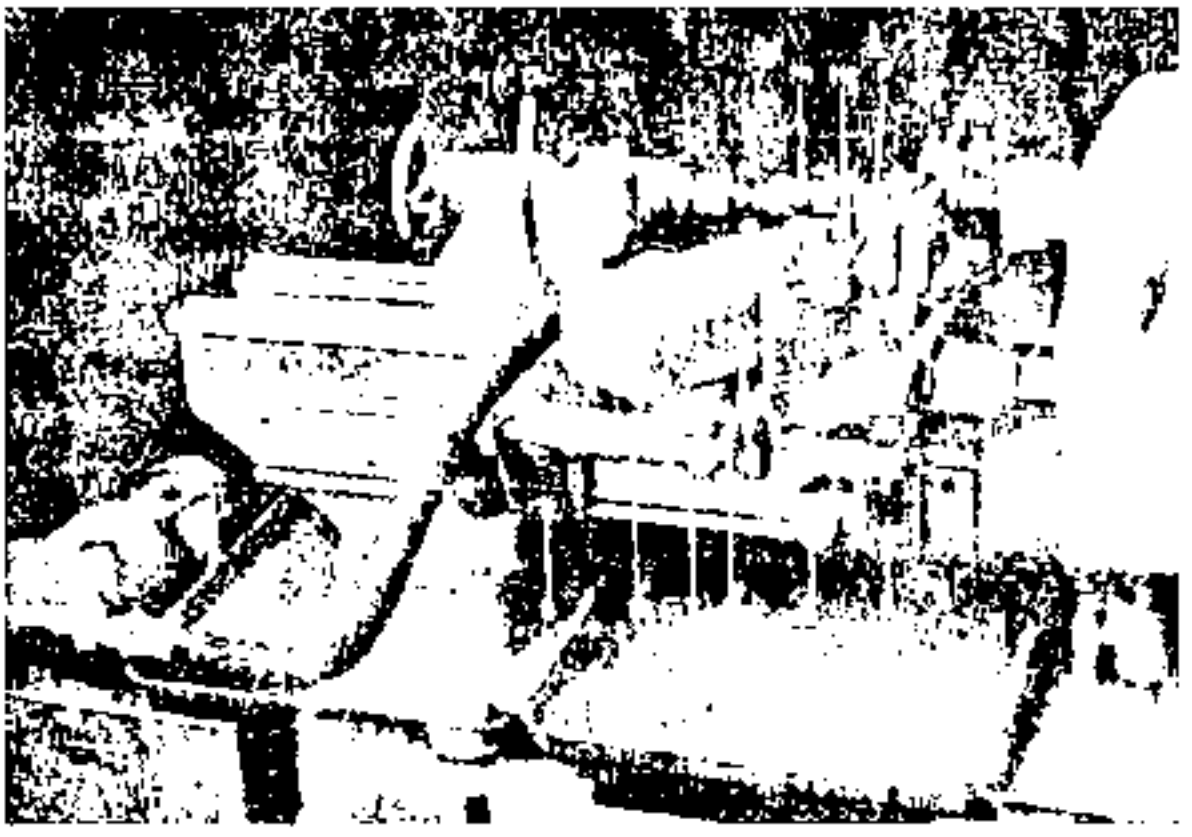
و ابزار که روی آن محکم شده است میگردد.

فرض کنیم ابزار و همراه با آن سیلندر راهنما بخواهد به سمت محور کار حرکت کند، در حالیکه لمس کننده نسبت به محور فاصلهٔ ثابتی دارد. میلهٔ لمس کننده به داخل پوسته فشرده شده، سطح تنگنای A کوچک شده، فشار در مجرای B پائین میآید و روغن به زیر پیستون جاری، سیلندر راهنما را به عقب می‌راند تا تنگنای A بزرگ شده تعادل نیروها در طرفین پیستون برقرار گردد.

همچنین اگر بنا بفرض ابزار بخواهد از محور کار دور شود، قطعهٔ راه دهنده با نیروی فنر به خارج رانده شده، تنگنای A بزرگتر شده، فشار در مجرای B بالا آمده، روغن به بالای پیستون جاری، سیلندر راهنما را به جلو میراند تا تنگنای A کوچک شده تعادل نیروها در طرفین پیستون برقرار گردد. بنابراین بدون حرکت عرضی لمس کننده امکان حرکت عرضی برای ابزار وجود ندارد.

برای ایجاد سطوح عمود بر محور لازم است ابزار یک حرکت سریع عرضی داشته باشد و اینکار مستلزم حرکت عرضی سریع میلهٔ لمس کننده است. لذا محور میلهٔ لمس کننده نباید عمود بر محور شابلون باشد تا نیروی حاصل از فشرده شدن میلهٔ لمس کننده به سطح شابلون مؤلفه‌ای در امتداد محور میلهٔ لمس کننده داشته حرکت لازم را در آن ایجاد نماید.

به دلیل فوق است که دستگاه کپی را نسبت به محور شابلون تحت زاویه نصب میکنند.



(شکل ۳۳ ــ ۲) ماشین تراش معمولی مجهز به کپی هیدرولیکی

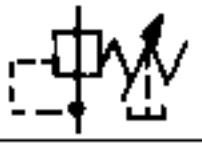
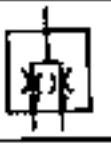
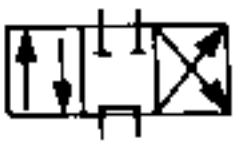
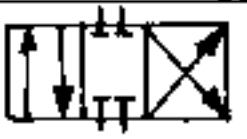
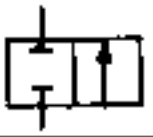
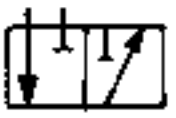
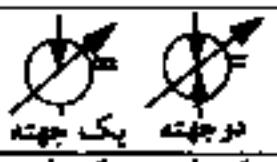
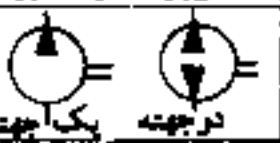
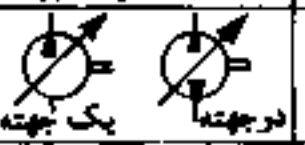
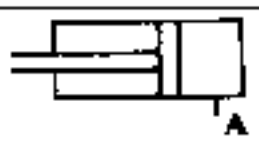
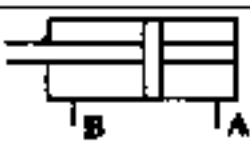
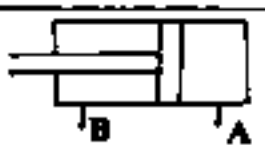
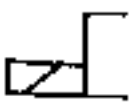
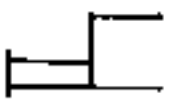
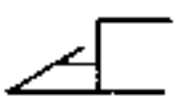
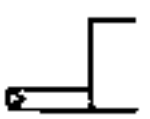
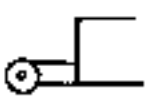
حرکات عرضی لمس کننده که در اثر شکل شابلون بوجود میآید نیز طبق شرحی که گذشت باعث تغییر تنگنای A و ایجاد حرکات لازم در سیلندر راهنما (همراه با ابزار) میگردد.

علائم اختصاری

برای ترسیم مدار هیدرولیک تجهیزات مدار با علائم مخصوص نشان داده میشوند. یادگیری علائم اختصاری کمک بسیاری در بررسی نقشه‌ها و عیب‌یابی سیستمهای هیدرولیک می‌نماید.

در جدول ذیل بعضی از علائم اختصاری هیدرولیک نشان داده شده است.

شرح	علامت	شرح	علامت
خط انتقال انرژی	———	دهانه‌های کار	A,B,C,...
خط برگشت	———	دهانهٔ فشار	P
خط فرمان	— — —	دهانه‌های برگشت	R,S,T,...
خط نشت روغن	- - - - -	حالات مختلف شیر	a,b,c,...
اتصال خطوط		مخزن روغن	
اتصال جدانشدنی خطوط		فیلتر	
شیر قطع و وصل جریان		شیر محدود کنندهٔ فشار	
شیر یکطرفهٔ ساده (۱)	۱	تنگنا: حساس نسبت به غلظت (۱)	۱
شیر یکطرفه محدود کننده (۲)	۲	غیر حساس نسبت به غلظت (۲) قابل تنظیم	۲ ۳

شیر فشار بار- انداز		شیر کاهندهٔ فشار	
شیر تقسیم نسبی		شیر اطمینان	
اسپول مرکز باز - سه وضعیتی چهار راهه		اسپول دو وضعیتی	
اسپول مرکز بسته - سه وضعیتی چهار راهه		اسپول دو وضعیتی دو راهه	
اسپول دو وضعیتی چهار راهه		اسپول دو وضعیتی سه راهه	
هیدروموتور دبی ثابت یکدور		هیدروموتور دبی متغیر یکدور	
پمپ هیدرولیکی دبی ثابت		پمپ هیدرولیکی دبی متغیر	
الکتروموتور		فشارسنج	
انباره		مشخص کنندهٔ محدودهٔ یک مجموعه	
سیلندر یک کاره با برگشت توسط نیروی فنر		سیلندر یک کاره با برگشت توسط نیروی خارجی	
سیلندر دو کاره با دسته پیستون دو طرفه		سیلندر دو کاره با دسته پیستون یکطرفه	
کاراندازهای شیرهای راه دهنده:			
با نیروی الکترو مغناطیسی		با نیروی فنر	
با نیروی هیدرولیک		با اهرم	
با نیروی پنوماتیک		با غلطک و بادامک	
		با فنر	
مخزن هوای فشرده		روغن پاش	

فصل سوّم

پنوماتیک Pneumatic

پنوماتیک بحثی است در مورد استفاده از انرژی هوای فشرده در صنعت. استفاده از نیروی باد سابقهٔ بسیار طولانی دارد، سابقه‌ای به قدمت استفاده از کشتیهای بادبانی و آسیابهای بادی. استفاده از پنوماتیک به شکل فعلی از حدود صد سال پیش در صنعت مطرح گردیده است. هوا که در این بحث مادهٔ انرژی‌زا میباشد مخلوطی است از حدود ۷۸٪ گاز ازت (N_2)، ۲۱٪ گاز اکسیژن (O_2) و ۱٪ گازهای دیگر نظیر آرگون، نئون، هلیوم و... هوا معمولاً با مقداری رطوبت (بخار آب) همراه است که مقدار آن بستگی به عواملی نظیر درجهٔ حرارت، وضع جغرافیائی و تغییرات جوّی دارد.

بعضی از موارد استفادهٔ پنومانیک عبارتند از:

گیره‌های پنوماتیک، میزهای پنوماتیک، ماشینهای ابزار، وسائل اندازه‌گیری دقیق، عملیات ساچمه زنی و شن پاشی در ریخته‌گری (تمیز کردن قطعات ریخته‌گری شده)، بالابرهای پنومانیکی و ....

محاسن استفاده از هوای فشرده در مقایسه با هیدرولیک

۱ ــ هوا فراوان و مجّانی در همه جا وجود دارد.

۲ ــ حجم زیادی از آنرا میتوان تحت فشار در مخزن کوچکی جمع‌آوری و بمرور مورد استفاده قرار داد.

۳ ــ برای استفاده از هوای فشرده همیشه احتیاج به کمپرسور نیست بلکه میتوان از هوای فشرده شده در مخازن کوچک و بزرگ استفاده نمود.

۴ ــ با استفاده از خطوط لوله میتوان هوای فشرده را به فواصل دور منتقل و مورد استفاده قرار داد.

۵ ــ در یک کارخانه احتیاج به کمپرسورهای متعدّد نیست بلکه میتوان با استفاده از شبکهٔ لوله‌کشی تمام کارخانه را بوسیلهٔ یک کمپرسور تغذیه نمود.

۶ ــ تغییرات معمولی درجه حرارت اثر زیادی بر هوای فشرده ندارد.

۷ ــ خطر آتش سوزی ندارد، بدینجهت نگهداری هوای فشرده احتیاج به مراقبتهای ویژه

(نظیر مراقبتهائی که برای نگهداری گازهای قابل اشتعال میشود) ندارد.

۸ ــ چون هوا قبل از ورود به کمپرسور از فیلترهای مخصوص عبور میکند، هوای فشرده تمیز و عاری از آلودگی است.

۹ ــ وسائل پنوماتیک دارای ساختمان ساده، کم حجم و ارزان هستند.

۱۰ ــ هوای فشرده را با سرعت نسبتاً زیاد میتوان مورد استفاده قرار داد.

۱۱ ــ سرعت ونیرو قابل تنظیم است.

معایب استفاده از هوای فشرده

۱ ــ احتیاج به جدا سازی کامل هوا از رطوبت و کثافات قبل از انبار نمودن دارد چون هوای مرطوب و کثیف باعث فرسودگی و خرابی قطعات میشود.

۲ ــ تهیه هوای فشرده و استفاده از نیروی آن کار پر خرجی است که میتوان آنرا با بکار بردن وسائل پنوماتیکی ارزان قیمت و مناسب جبران نمود.

۳ ــ هوای خروجی از سیستم پنوماتیک ایجاد صدای زیادی میکند که میتوان با استفاده از وسائل خفه کن تا حدودی آنرا خنثی نمود.

۴ ــ چون هوای فشرده قابلیّت انبساط زیادی دارد، ایجاد سرعت یکنواخت بوسیلهٔ آن مقدور نیست.

۵ ــ راندمان وسائل پنوماتیک نسبت به مشابه هیدرولیکی والکتریکی خود خیلی کمتر است.

تجهیزات پنوماتیک

تهیّه، ذخیره و استفاده از هوای فشرده احتیاج به وسائل و تجهیزاتی دارد که اهم آنها عبارتند از:

کمپرسورها ــ اخذ هوای آزاد و جمع آوری آن در مخازن تحت فشار توسط کمپرسورها انجام میگیرد. تراکم هوا برای ایجاد فشارهای کم بصورت یک مرحله‌ای و برای ایجاد فشارهای بالا بصورت چند مرحله‌ای انجام میشود (تراکم یک مرحله‌ای آنست که فشار نهائی در اوّلین تراکم حاصل شود و تراکم چند مرحله‌ای آنست که فشار نهائی پس از چند مرتبه تراکم پی‌در پی بدست آید).

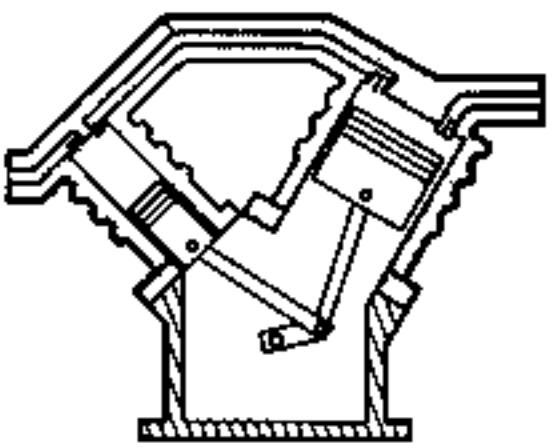
بعضی از انواع کمپرسورها عبارتند از:

الف ــ کمپرسورهای پیستونی.

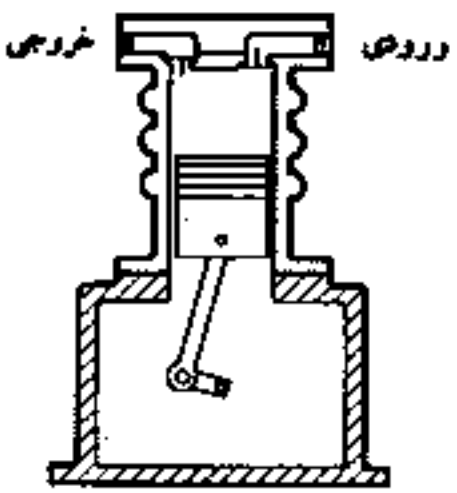
ب ــ کمپرسورهای پره‌ای.

ج ــ کمپرسورهای توربینی.

الف ــ کمپرسورهای پیستونی ــ از معمولترین کمپرسورها نوع پیستونی آنست که برای تهیه هوای فشرده به مقدار کم یا متوسط استفاده میشود. ساختمان این کمپرسورها شبیه پمپهای پیستونی میباشد. این کمپرسورها نسبت به دبی خروجی، بصورت یک، دو، سه و چهار سیلندر ساخته میشوند.



(شکل ۲ــ۳) کمپرسور پیستونی دو مرحله‌ای

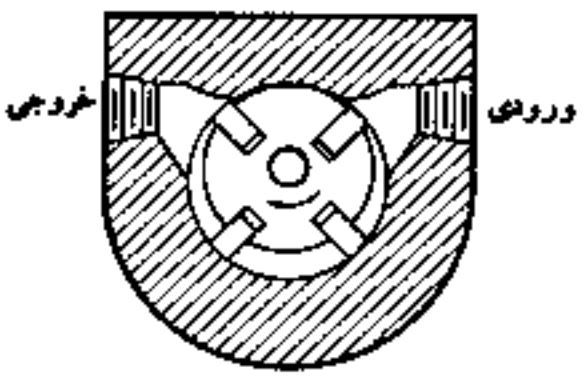


(شکل ۱ــ۳) کمپرسور پیستونی یک مرحله‌ای

قدرت تهیه هوای فشردهٔ این کمپرسورها نسبت به حجم کوچکی که دارند قابل توجّه است. با گردش لنگ توسط موتور محرک دسته پیستون که به آن ارتباط دارد حرکتی رفت و برگشتی انجام داده، پیستون را در داخل سیلندر به راست و چپ حرکت میدهد. وقتی پیستون از چپ به راست حرکت میکند سوپاپ ورود هوا باز شده، هوا به داخل سیلندر مکیده میشود. این عمل در نیمدور گردش لنگ انجام و در نیمدور بعدی پیستون حرکتی از راست به چپ خواهد داشت. با حرکت پیستون به سمت چپ هوای درون آن متراکم شده فشار حاصل پیستون ورودی را بسته و سوپاپ خروجی را باز و هوای فشرده شده به درون مخزن تخلیه میشود.

ب ــ کمپرسورهای پرّه‌ای ــ کمپرسورهای پره‌ای برای تهیه هوای زیاد به کار میروند.

ساختمان و طرز کار این کمپرسورها کاملاً شبیه پمپهای پره‌ای هیدرولیکی است. محرک این کمپرسورها موتورهای الکتریکی یا احتراقی است. نکته مهم در طراحی آنها تعداد دور زیاد محرّکهای مذکور است. طرّاحی این کمپرسورها بایستی طوری انجام گیرد که کوپله نمودن

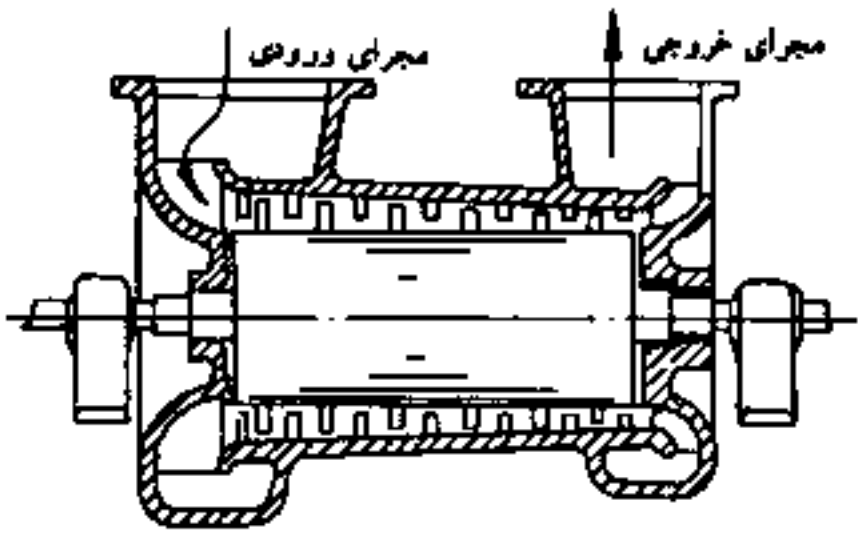


(شکل ۳ ــ۳) کمپرسور پرّه‌ای

آنها با چنین محرکهائی که حدود ۲۰۰۰ دور در دقیقه گردش میکنند امکان‌پذیر باشد.

ج ــ کمپرسورهای توربینی ــ کمپرسورهای توربینی برای تهیه هوای فشرده با دبی‌های بسیار زیاد بکار میروند. این توربینها تشکیل شده‌اند از پوسته‌ای مخروطی شکل که مقطع بزرگ آن به محفظه و مجرای مکش، و مقطع کوچک آن به محفظه و مجرای فشار (سمت مخزن ذخیرهٔ هوا) متصل است. پرّه‌های ثابت توربین در چند ردیف روی محیط داخل پوسته مستقر هستند.

در داخل پوسته روتور قرار دارد که توسط موتور محرک به گردش درمیآید. پره‌های متحرک توربین نیز در چند ردیف روی روتور محکم شده‌اند.

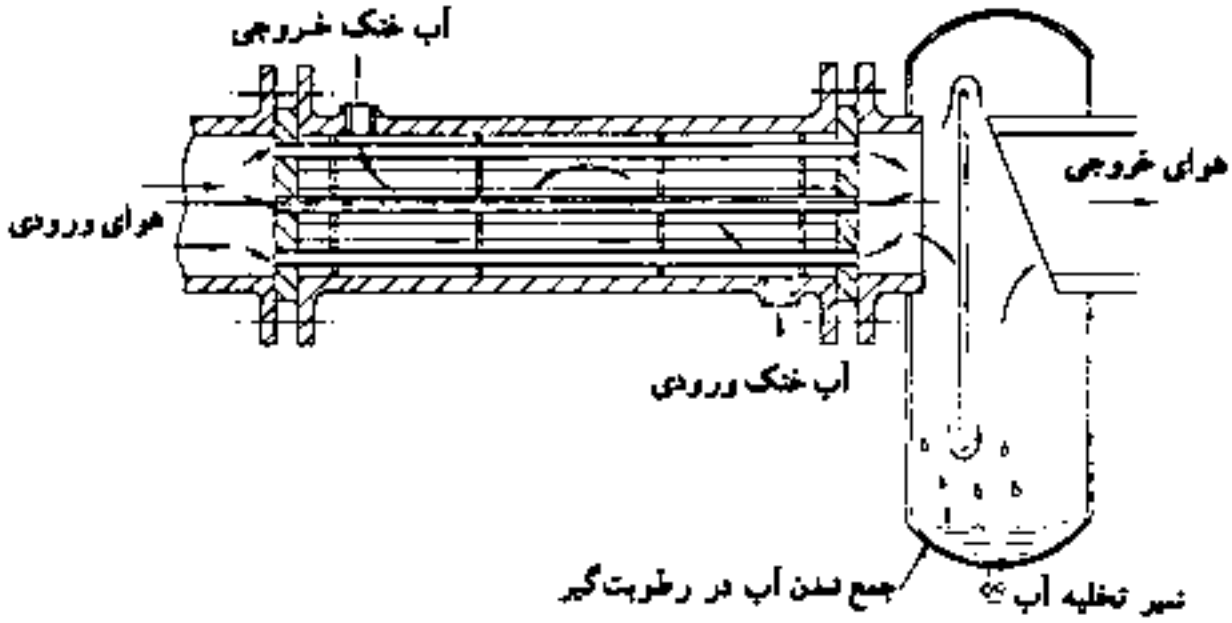


(شکل ۴ ــ ۳) کمپرسور توربینی

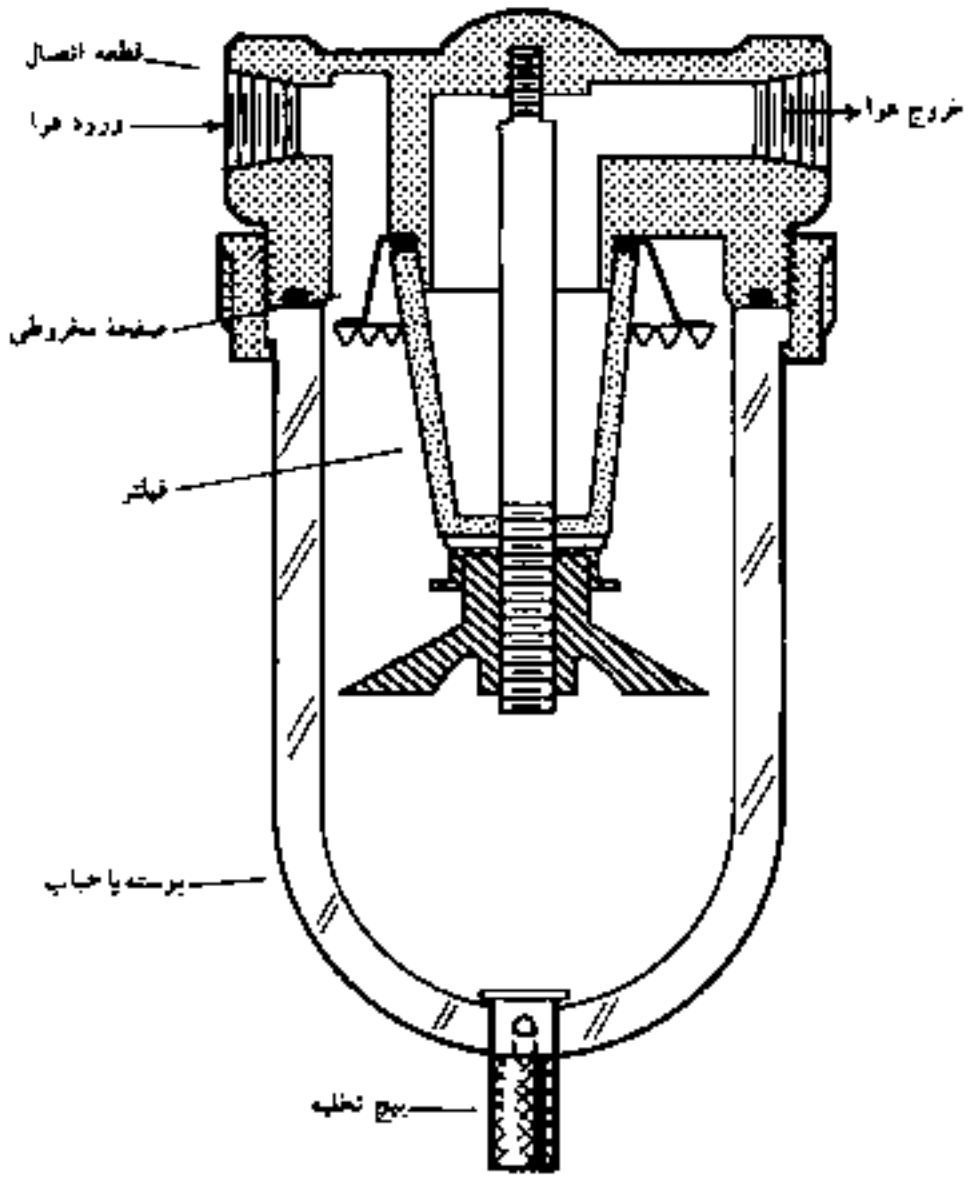
روتور توسط محرک الکتریکی یا احتراقی به گردش درمی‌آید. در موقع گردش روتور، هر گروه پرهٔ متحرک هوا را از سمت چپ خود گرفته با انرژی بیشتر به سمت راست خود میفرستد. بنابراین انرژی هوای ورودی تا رسیدن به مجرای خروجی در چند مرحله افزایش می‌یابد. حاصل این کار با توجّه به شکل مخروطی پوسته، تقلیل فشار در محفظهٔ مکش نسبت به فشار جو و افزایش فشار در محفظهٔ فشار (خروجی کمپرسور) میباشد. تقلیل فشار در محفظهٔ مکش باعث ورود هوای خارج به کمپرسور، و ازدیاد فشار در محفظهٔ فشار باعث جریان هوای متراکم به سمت مخزن ذخیرهٔ هوا میگردد.

آماده سازی هوای فشرده

وجود مواد زائد نظیر رطوبت، گرد و غبار و کثافات دیگر در هوا باعث ایجاد زنگ‌زدگی و فرسایش سریع قطعات پنوماتیکی میگردد. لذا حتی‌الامکان بایستی هوای فشرده عاری از چنین اضافاتی باشد. درجه اشباع هوا از رطوبت رابطهٔ مستقیم با درجهٔ حرارت آن دارد. بنابراین برای اینکه مقدار رطوبت هوای متراکم پائین بیاید باید آنرا خنک نمود. خنک نمودن هوای متراکم علاوه بر پائین آوردن درصد رطوبت آن قابلیت تراکم آنرا نیز بالا میبرد.



(شکل ۵ ــ ۳) کولر انتهائی و رطوبت‌گیر



(شکل ۶ ــ ۳) فیلتر هوا

برای این منظور از سردکن (کولر) و رطوبت‌گیری که در حدّ فاصل بین کمپرسور و مخزن ذخیرهٔ هوا نصب میشوند استفاده میشود.

این سرد کن که تقریباً در انتهای خط تهیه هوا قرار دارد بعنوان سردکن انتهائی خوانده میشود.

هوا از لوله‌هائی که بین محفظهٔ ورود و خروج هوا قرار گرفته عبور و توسط جریان آب سردی که از بین این لوله‌ها میگذرد سرد میشود.

به علت سرد شدن هوا درجهٔ اشباع آن پائین آمده مقداری از رطوبت آن به صورت ذرات آب ظاهر میگردد. ذرات آب در موقع عبور هوا از رطوبت گیر در پائین آن جمع شده توسّط شیری تخلیه میگردد.

در سیستمهائی که دارای کمپرسور چند مرحله‌ای بوده و ازدیاد درجهٔ حرارت در اثر تراکم چندان باشد که بیش از یک سردکن لازم باشد به شرط امکان از یک سردکن دیگر نیز استفاده میشود. سردکن مذکور بین سیستمهای تراکم قرار میگیرد. لذا بنام سردکن میانی خوانده میشود.

برای جدا نمودن گرد و غبار و ذرات معلّق در هوا و مقداری دیگر از رطوبت باقی مانده در آن از فیلتر استفاده میشود. فیلتر بین مخزن ذخیرهٔ هوای فشرده و مصرف کننده‌ها قرار میگیرد.

هوای فشرده از طریق سوراخهای مایل قطعهٔ اتصال وارد پوسته شده و در برخورد با صفحهٔ مخروطی هادی حول آن گردش میکند. در اثر نیروی گریز از مرکز ذرات بزرگتر آب و کثافات از هوا جدا شده در ته پوسته جمع میشوند. در موقع عبور هوا از فیلتر ذرات کوچکتر معلق در آن نیز جدا میشود. فیلتر به مرور کثیف میشود و بایستی سرویس گردد(شکل ۶ ــ ۳).

موتورهای پنوماتیک

موتورهای پنوماتیک وسائلی هستند برای تبدیل انرژی موجود در هوای فشرده به انرژی مکانیکی.

انواع موتورهای پنوماتیک عبارتند از: موتورهای پیستونی، پرّه‌ای و توربینی که شباهت کامل به کمپرسورهای پنوماتیک دارند.

محاسن موتورهای پنوماتیک عبارتند از:

۱ ــ جثّهٔ این موتورها نسبت به انواع دیگر کوچک است.

۲ ــ تغییر سرعت آنها با تغییر دبی به صورت غیر پلّه‌ای و به راحتی امکان‌پذیر است.

۳ ــ بدون نیاز به وسائل حفاظتی پیچیده میتوان بار اضافی به آنها وارد یا آنها را از حرکت بازداشت.

۴ ــ چون هوا غیر قابل اشتعال است، از این موتورها میتوان در محل‌های خیلی گرم

استفاده کرد.

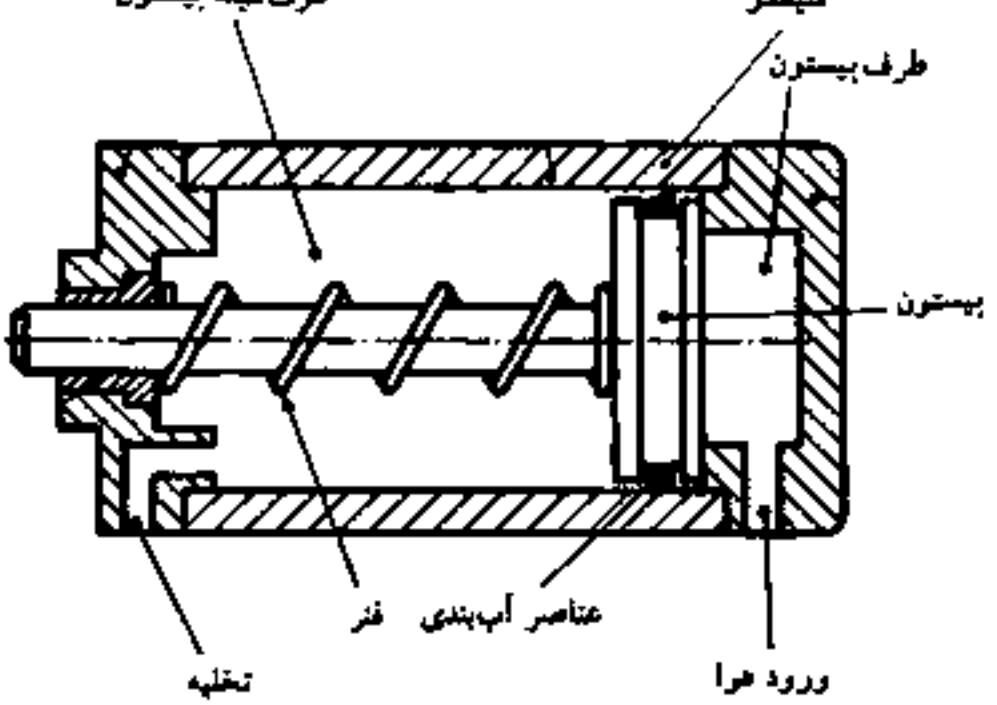
۵ ــ انواع پرّه‌ای و توربینی آن سرعت دورانی زیادی را ایجاد مینمایند.

سیلندر و پیستونهای پنوماتیک ــ سیلندر و پیستونهای پنوماتیک (موتورهای پیستونی) معمولاً برای تبدیل انرژی موجود در هوای فشرده به انرژی مکانیکی مستقیم‌الخط به کار میروند که بر دو نوعند:

الف ــ سیلندر و پیستون‌های یک طرفه Single - acting ــ سیلندر و پیستون‌های یک‌طرفه آنهائی هستند که از یک طرف به هوای فشرده و از طرف دیگر به هوای آزاد ارتباط دارند و خود بر دو دسته‌اند:

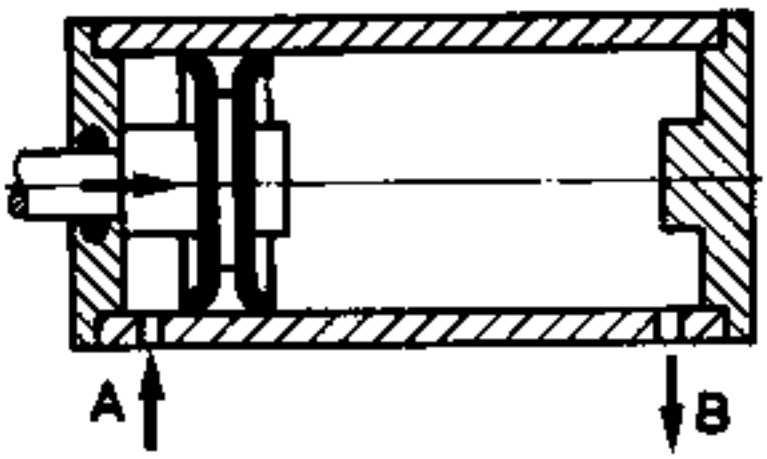
۱ ــ سیلندر و پیستون‌هائی که بازگشت پیستون آنها به کمک نیروی فنر انجام میشود. فنر بازگشت معمولاً فنر نسبتاً ضعیفی است که نیروی آن فقط برای بازگرداندن پیستون کافی است و بار دیگری را تحمّل نمی‌نماید.

۲ ــ سیلندر و پیستون‌هائی که بازگشت پیستون آنها تحت تأثیر یک نیروی خارجی انجام میگیرد. از این سیلندر و پیستون‌ها معمولاً در بالابرها استفاده میشود و بازگشت تحت تأثیر نیروی وزن بار انجام میشود.



(شکل ۷ ــ ۳) سیلندر و پیستون یک طرفه با فنر بازگشت

ب ــ سیلندرهای دوکاره (دو طرفه) Double - acting ــ سیلندرهای دوکاره از سیلندرهای بسیار متداول در سیستمهای پنوماتیک هستند که برای اعمال نیرو در هر دو کورس رفت و برگشت بکار میروند. در این سیلندرها هوای فشرده متناوباً به جلو و عقب پیستون هدایت میشود و آنرا به طرفین حرکت میدهد.



(شکل ۸ ــ۳) سیلندر و پیستون دو طرفه

شیرهای پنوماتیک

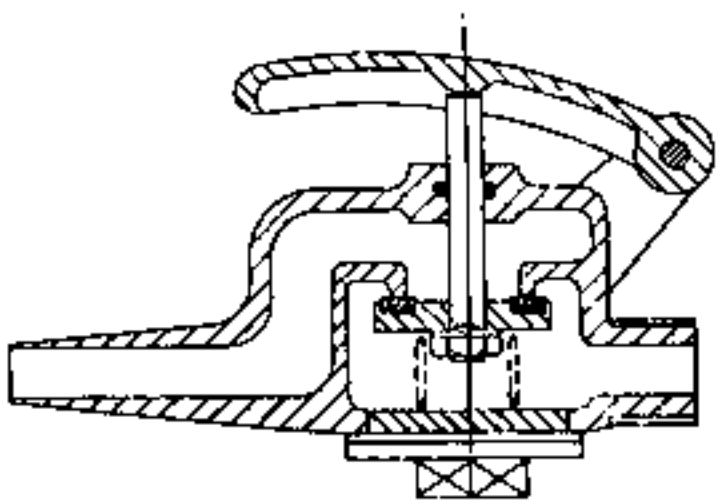
شیرهای پنوماتیک وسائلی هستند برای کنترل مسیر و مقدار هوای فشرده در مدار که جهت انجام اعمال پنوماتیک بکار میروند. بکارگیری این شیرها و ترکیب آنها با یکدیگر اعمال پیچیده و متنوّعی را در سیستمهای پنوماتیک مُیَسّر میسازد.

فرمان باز و بسته شدن و هر تغییر حالت دیگری در شیرهای پنوماتیک ممکن است بصورت دستی، الکتریکی، مکانیکی و یا ترکیبی از آنها انجام گیرد. انواع این شیرها بسیار است که بعضی از آنها به قرار ذیل میباشد:

۱ ــ شیرهای قطع و وصل ــ این شیرها قادرند مسیری را برای جریان هوا باز یا مسدود نمایند. مانند: انواع شیرهای سماوری، شیر فلکه‌ها، شیرهای سوپاپی.

شرح شیرهای سماوری و فلکه‌ای همان است که در بخش هیدرولیک توضیح داده شد.

ساقهٔ شیرهای سوپاپی توسط اهرمی میتواند حرکت محوری داشته و سوپاپ را به نشیمنگاه مربوطه فشرده یا از آن جدا نماید و به این وسیله مسیر جریان هوا را بسته یا باز نماید.



(شکل ۹ ــ۳) شیر دوحالتهٔ سوپاپی

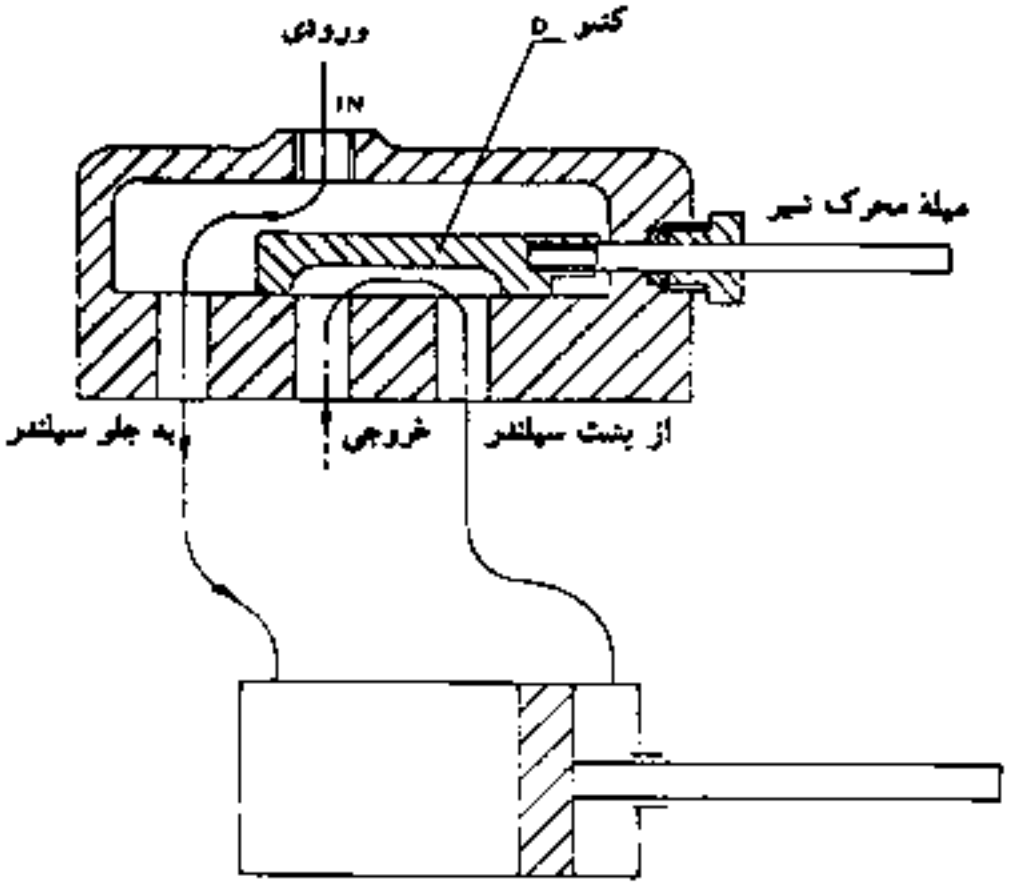
چنانچه قطر نشیمنگاه نسبت به قطر ورودی و خروجی شیر بزرگ انتخاب شود با مقدار کمی جا به جا نمودن سوپاپ عمل باز و بست شیر انجام میگیرد.

۲ ــ شیرهای کشوئی ــ شیرهای کشوئی از انواع قدیمی شیرهای کنترل مسیر میباشند که برای اولین بار در کنترل ماشینهای بخار بکار برده شده‌اند. از چنین شیرهائی در کنترل حرکات سیلندر و پیستون‌های دو طرفه میتوان استفاده نمود.

هنگامیکه ورودی شیر به جلو پیستون و خروجی آن به پشت پیستون مربوط است، دسته پیستون به خارج رانده میشود و هوای پشت پیستون تخلیه میگردد.

رابطهٔ مکانیکی بین دسته پیستون و میلهٔ محرک شیر به شکلی است که با رسیدن پیستون به انتهای کورس، کشوئی به سمت چپ رانده میشود. در نتیجه ورودی شیر به پشت پیستون و خروجی آن به جلو پیستون مرتبط میشود و پیستون شروع به بازگشت می‌نماید.

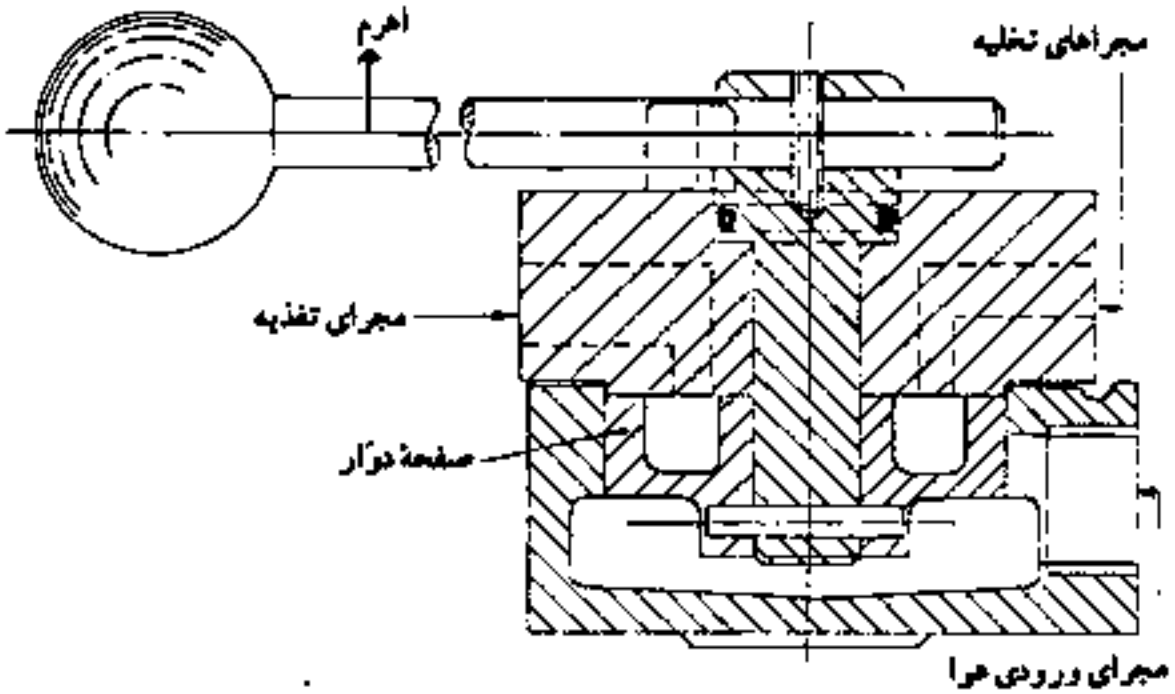
برای بدست آمدن راندمان خوب، سطوح تماس کشوئی و بدنهٔ شیر باید کاملاً پرداخت و نسبت به هم آب‌بندی باشند.



(شکل ۱۰ ــ ۳) شیر کشوئی

۳ ــ شیرهای گردان ــ این شیرها شبیه شیرهای کشوئی عمل میکنند. با این تفاوت که در شیرهای کشوئی، کشو یک حرکت رفت و برگشتی برای تغییر حالت شیر انجام میداد، ولی در این شیرها قطعهٔ راه‌دهنده یک حرکت نیمه دورانی انجام میدهد (نظیر شیرهای گردان هیدرولیکی).

در این شیرها صفحهٔ دوّار (قطعهٔ راه‌دهنده) با چرخشی که توسط اهرم در آن بوجود میآید



(شکل ۱۱ ــ ۳) شیر گردان

مسیر هوای فشرده را متناوباً به جلو و پشت پیستون دو طرفه مرتبط و هوای طرف مقابل را به خارج هدایت میکند.

۴ ــ شیرهای راه‌دهنده ــ شیرهای راه‌دهنده شیرهائی هستند که برای کنترل مداوم جریان هوای فشرده مناسبند.

شیرهای راه دهنده بر دو دسته‌اند:

۱ ــ شیرهای نشستی یا سوپاپی راه‌دهنده برای استفادهٔ دو حالتی.

۲ ــ شیرهای پیستونی یا راه‌دهندهٔ اسپولی برای استفاده دو یا چند حالتی.

این شیرها به علت سهولت کار و امکان استفادهٔ چند حالتی از آنها بسیار متداولند. مسئلهٔ مهم در این شیرها آب‌بندی آنهاست که به سه طریق انجام میشود.

الف ــ کارگذاری رینگهای آب‌بندی روی قطعهٔ راه‌دهندهٔ شیر.

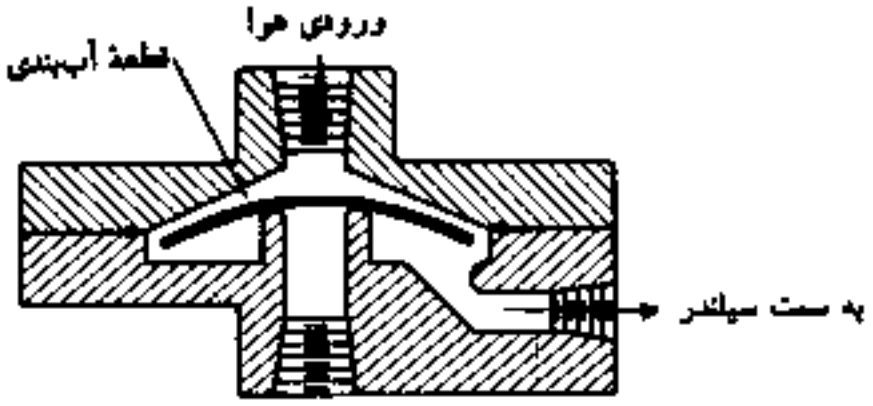
ب ــ کارگذاری رینگهای آب‌بندی در شیارهای جدار داخلی بدنهٔ شیر.

ج ــ ساخت قطعات شیر (قطعهٔ راه‌دهنده و بدنه) با دقت زیاد و تلرانس لغزشی مناسب نسبت به هم.

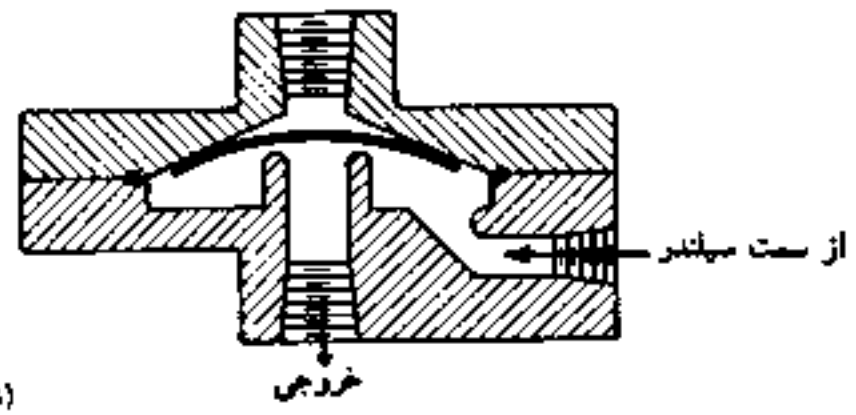
۵ ــ شیر تخلیه سریع ــ این شیر برای تخلیهٔ سریع سیلندر و مسیر مربوطه به کار میرود و امکان بازگشت سریع پیستون را فراهم می‌سازد.

شکل۱۲ ــ ۳حالت کار نیفتادهٔ شیر را نشان میدهد. در اینحال قطعهٔ آب‌بندی مجرای خروجی را بسته، هوای فشرده بطرف سیلندر هدایت میشود.

شکل۱۳ ــ ۳حالت کار افتادهٔ شیر را نشان میدهد. در اینحال هوای ورودی توسط شیر



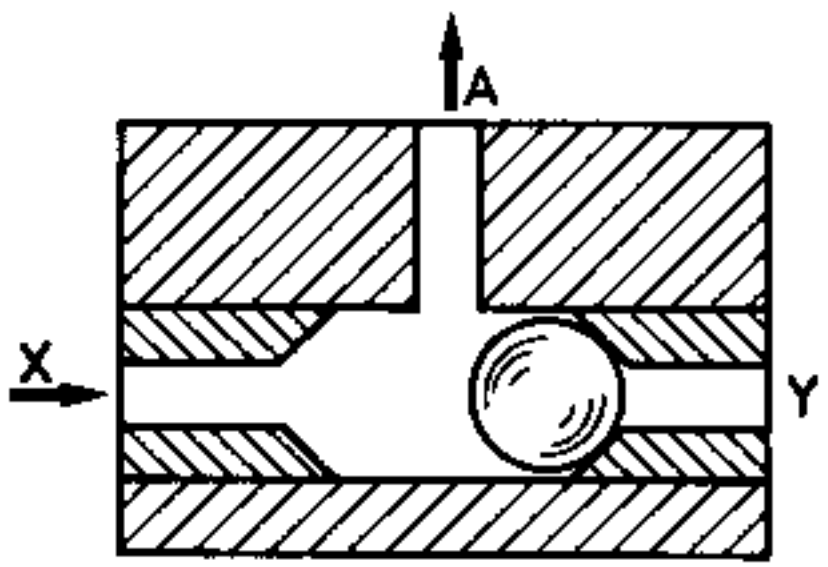
(شکل ۱۲ ــ ۳) شیر تخلیه سریع
در حالت کار نهفته



(شکل ۱۳ ــ ۳) شیر تخلیه سریع
در حالت کار افتاده

راه‌دهنده قطع گردیده پیستون حرکت بازگشت خود را انجام میدهد. فشار هوای برگشتی باعث میشود قطعهٔ آب‌بندی به سمت بالا حرکت کرده مسیر ورودی را مسدود و مسیر خروجی را باز نماید. به علت بزرگ بودن مقطع مجرای تخلیه، عمل تخلیه به راحتی و با سرعت انجام میگیرد.

۶ ــ شیرهای تعویض کننده (ماکویی) ــ شیر تعویض کننده در مواردی استفاده میشود که راه‌اندازی و کنترل یک سیستم از دو نقطه بطور دلخواه مورد نظر باشد.



(شکل ۱۴ ــ ۳) شیر ماکوئی (شیریا)

در حالتی که هوای فشرده از طریق X به شیر وارد شود ساچمه را به راست فرستاده مجرای Y را می‌بندد. در اینحال سیستم از طریق A—X تغذیه شده هوای خروجی نیز از طریق X—A هدایت میشود.

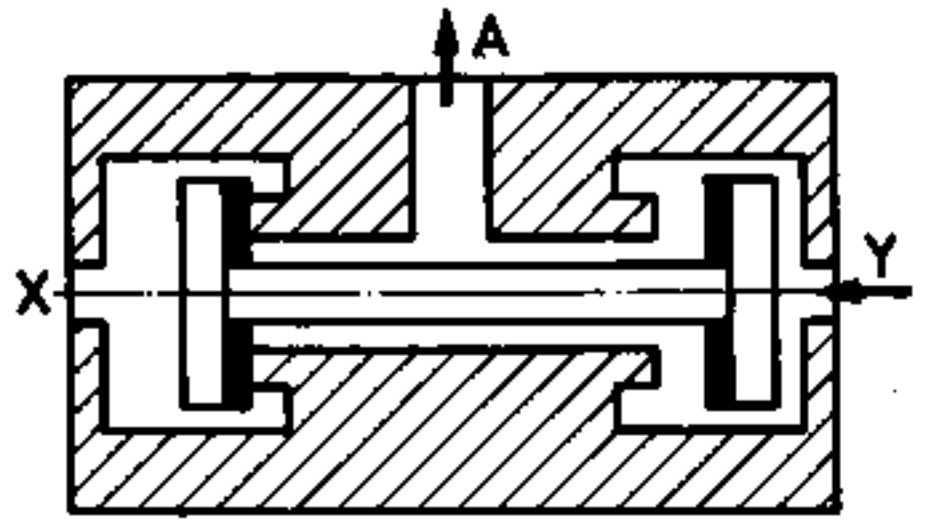
چنانچه هوای فشرده از طریق Y به شیر وارد شود ساچمه را به چپ فرستاده مجرای X را می‌بندد. در اینحال سیستم از طریق A—Y تغذیه شده هوای خروجی نیز از طریق Y—A هدایت میشود.

هرگاه کاراندازی یک شیر مشروط بر وجود فشار در دو مسیر جداگانه باشد از شیر دو فشاره استفاده میشود.

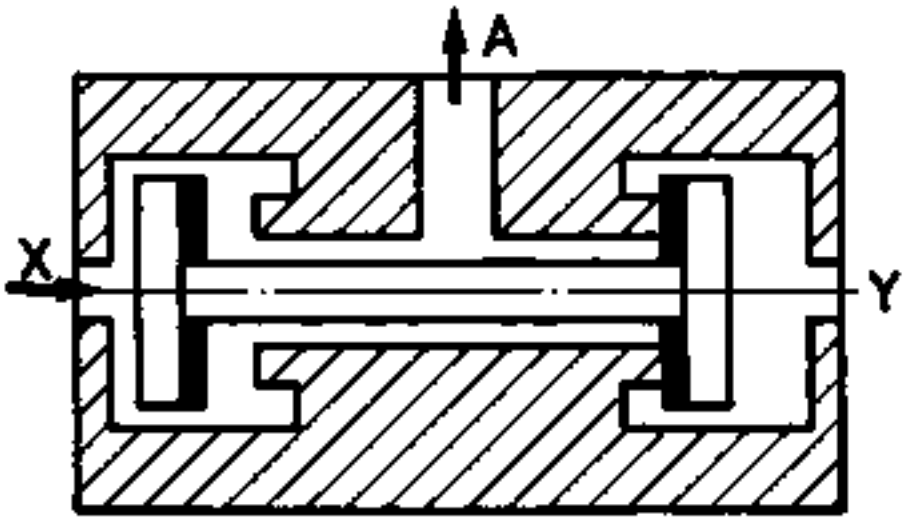
چنانچه فشار هوای ورودی از سمت چپ بیشتر از فشار هوای ورودی از سمت راست باشد پیستون دوبل را به راست رانده مسیر X بسته شده و شیر از طریق مجرای Y تغذیه میشود.

چنانچه فشار هوای ورودی از سمت راست بیشتر از فشار هوای ورودی از سمت چپ باشد، پیستون دوبل را به چپ رانده مسیر Y بسته شده و شیر از طریق مجرای X تغذیه میشود.

از شرح حالات فوق نتیجه میشود شیر از جهتی تغذیه میشود که فشار کمتری نسبت به



مسیر تغذیه A—X

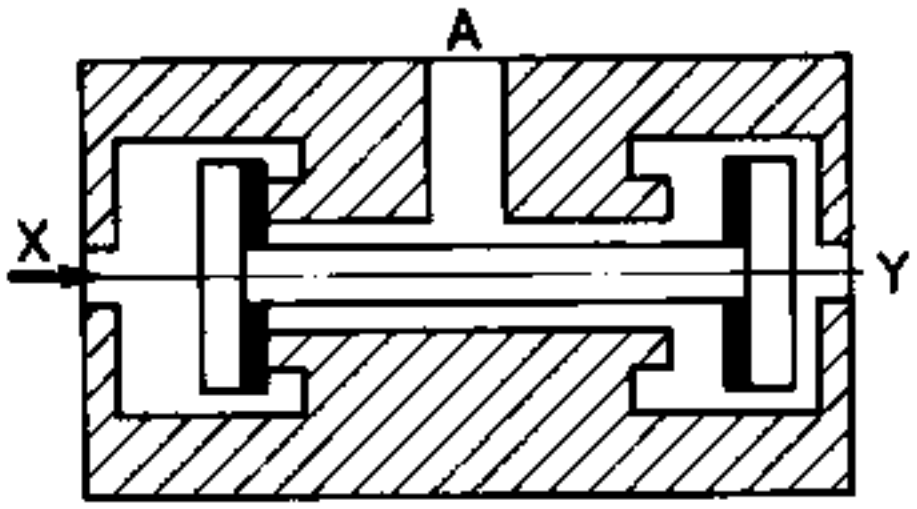


مسیر تغذیه A—Y

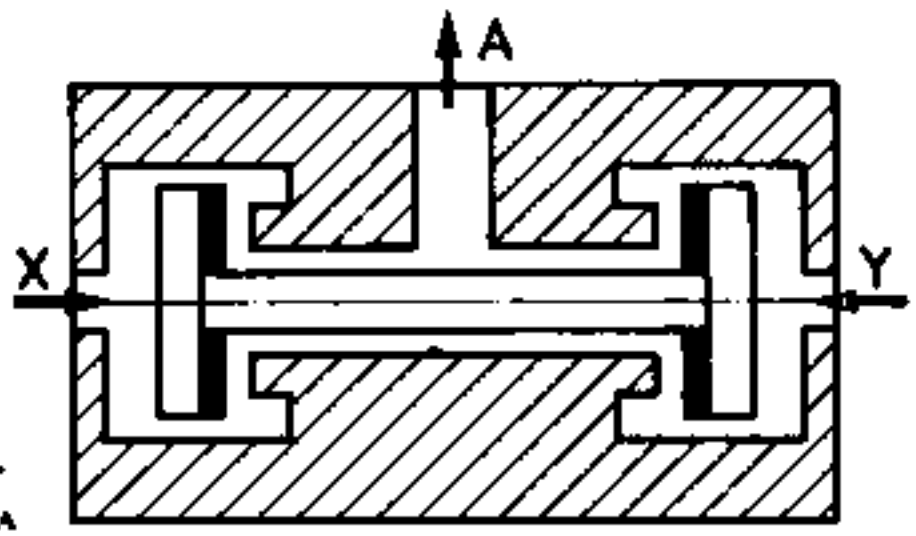
(شکل ۱۵ ـ ۳) شیر دو فشاره (شیر ژ) در حالت کار افتاده

جهت مقابل داشته باشد. حال اگر به علتی فشار از یک جهت قطع گردد، فشار تغذیه شیر برابر صفر خواهد شد. بعبارت دیگر هوائی از مجرای A نخواهد گذشت.

اگر در حالتی خاص فشار هوای ورودی از دو مجرای X و Y برابر باشد، شیر از دو جهت بطور همزمان تغذیه میشود. البته چنین حالتی ندرتاً اتفاق می‌افتد.



(شکل ۱۶ ــ ۳) شیر دو فشاره (شیر وَ) در حالت کار نیفتاده



(شکل ۱۷ ــ ۳) شیر دو فشاره (شیر وَ) در حالت کار افتاده

مدارهای پنوماتیک

یک مدار پنوماتیک عبارت است از خط ارتباطی بین اجزاء مختلف که مجموعاً برای انجام عمل پنوماتیکی بخصوص بکار گرفته میشوند. بعبارت دیگر مسیری را که هوای فشرده از مخزن طی میکند تا موقعی که عمل پنوماتیکی خاصّی را انجام و سپس در فضا رها شود مدار پنوماتیک گویند که معمولاً دارای طرّاحی بسیار ساده‌ای میباشد. یک سیستم پنوماتیک ممکن است از چندین مدار مرتبط بهم تشکیل شده باشد.

در طرّاحی مدارهای پنوماتیکی در نظر داشتن امکانات کاری قطعات و ارتباط بین آنها و

بکارگیری قطعات حفاظتی بسیار حائز اهمیت است.

یک مدار پنوماتیک هر چه طرّاحی ساده‌تر، کارآئی کافی و تعداد شیر کنترل کمتری داشته باشد بهتر است. چون کنترل، مراقبت و تعمیرات آن احتیاج به تخصص کمتری داشته و اقتصادی‌تر است.

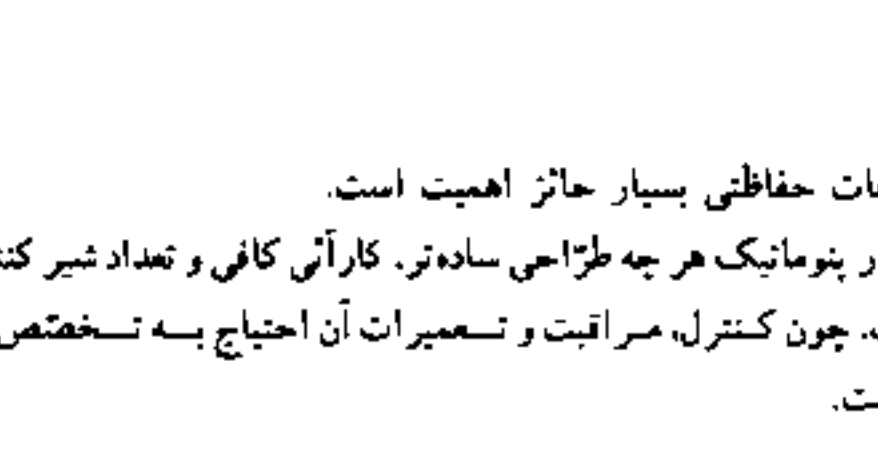
فرمان‌های پنوماتیک

با توجه به مزایای سیستمهای پنوماتیک، استفاده از آن موارد زیادی را شامل میشود. برای مثال سیستمهای کنترل حرکت سیلندر یکطرفه مورد بررسی قرار میگیرد.

الف ــ فرمان و کنترل سیلندر یکطرفه (یک کاره) بوسیله شیرهای نشستی ــ شیرهای تعیین مسیر بطور کلّی بر دو دسته‌اند: حالت کار نیفتاده باز و حالت کار نیفتاده بسته.

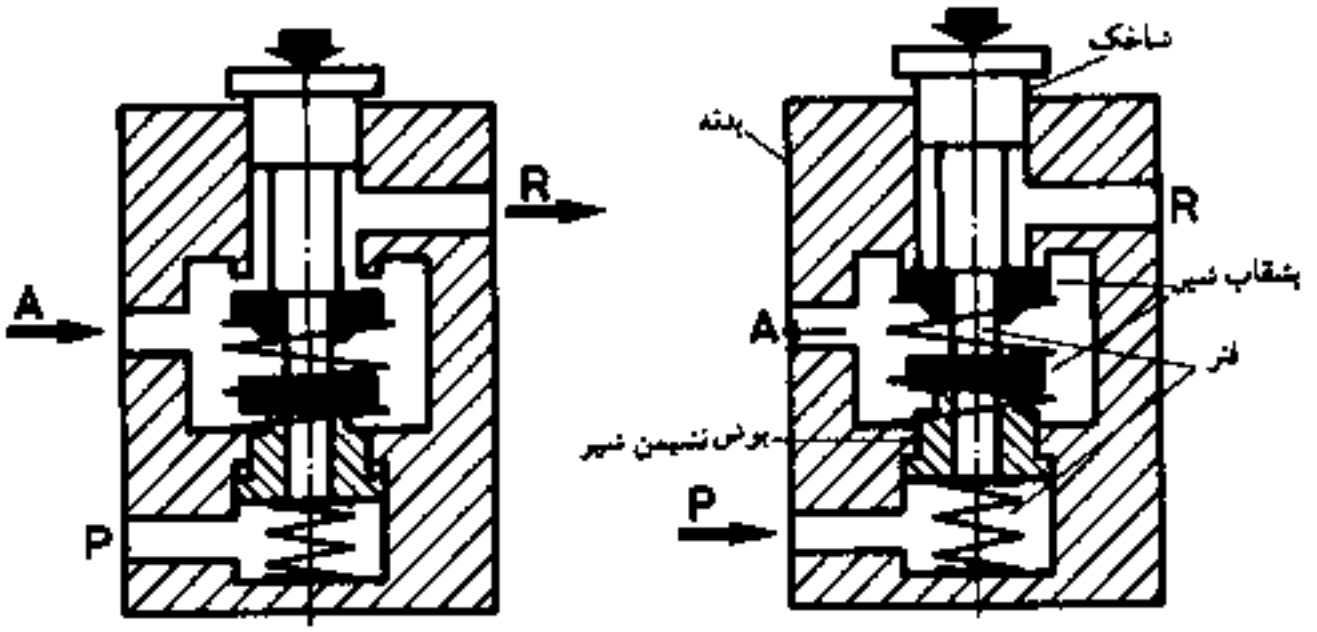
بنابراین، شیرهای نشستی نیز بر دو دسته‌اند: شیرهای نشستی با حالت کار نیفتادهٔ باز و شیرهای نشستی با حالت کار نیفتادهٔ بسته.

چنانچه سیلندر یک کاره در محلّی مورد استفاده قرار گیرد که حین کار لازم باشد دسته پیستون مدّت طولانی خارج مانده و زمان کوتاهی به داخل برگردد، مانند سیلندر کنترل گیرهٔ پنوماتیک، باید از شیرهای با حالت کار نیفتادهٔ باز استفاده شود.



(شکل ۱۸ ــ ۳) گیره پنوماتیک و سیلندر و پیستون مربوطه

در حالت کار نیفتادهٔ شیر، هوای فشرده از طریق P→A به جلو پیستون وارد، پیستون را به سمت راست رانده، دنبالهٔ پیستون کار را بین خود و فک دیگر گیره فشرده و نگهمیدارد. با فشار دادن شاخک به داخل بدنه، فنر فشاری که بشقابهای شیر را بالا نگهداشته، جمع شده ابتدا بشقاب پائینی مجرای بوش‌نشیمن که بین P و A قرار گرفته را مسدود و جریان هوا را از طریق P→A قطع مینماید و سپس بشقاب بالائی به سمت پائین آمده بین مجرای A و R ارتباط برقرار شده هوای جلو پیستون که فشار زیادی نسبت به آتمسفر دارد از طریق A→R به خارج از سیستم تخلیه میشود و پیستون در اثر نیروی فنر سمت دسته پیستون، به سمت چپ حرکت نموده کار را

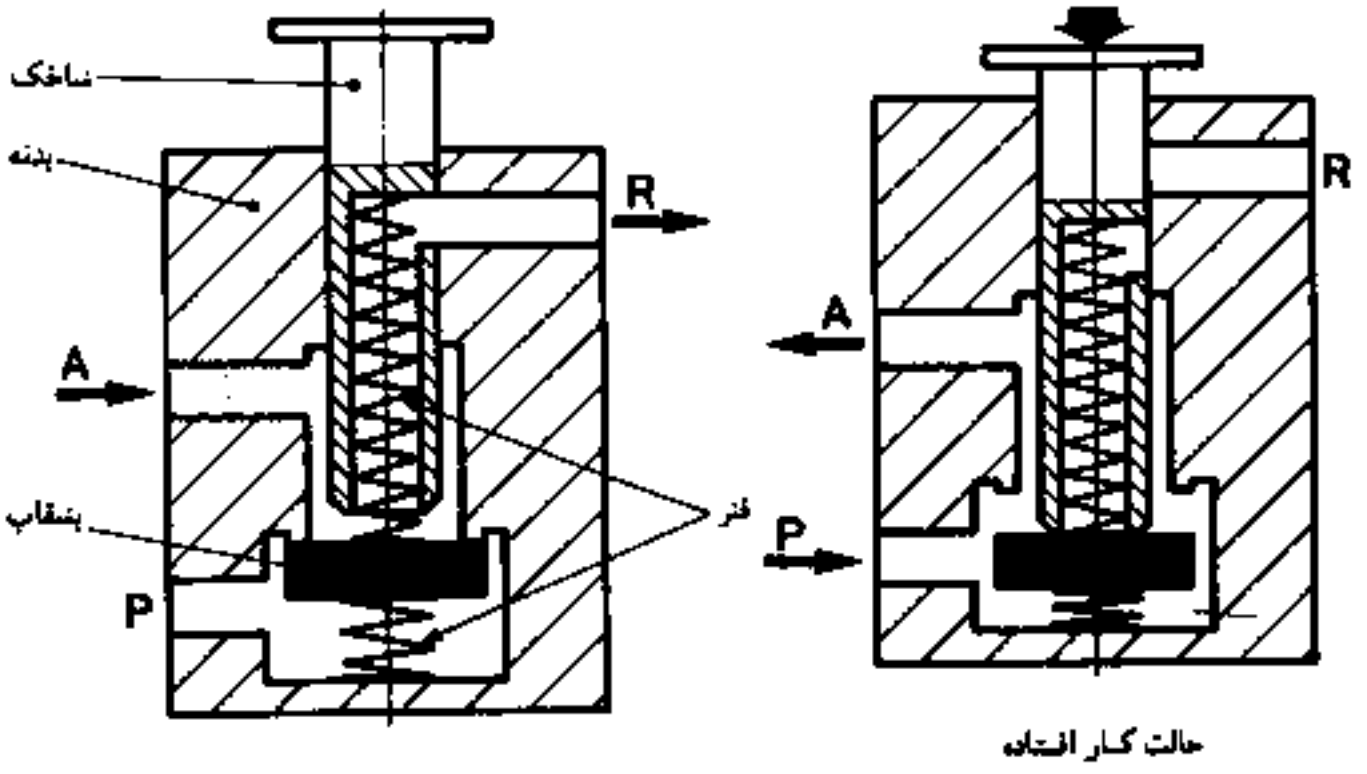


(شکل ۱۹ ـ ۳) شیر نشستی با حالت کار نیفتادهٔ باز

رها میـــازد.

شیرهای نشستی با حالت کار نیفتادهٔ بسته، موقعی مورد استفاده قرار میگیرند که مدت زمان بسته بودن شیر طولانی و زمان باز بودن آن کوتاه باشد. مـانند: بـیرون انـــدازهای پـــنوماتیکی در قالبهای سمبه و ماتریس.

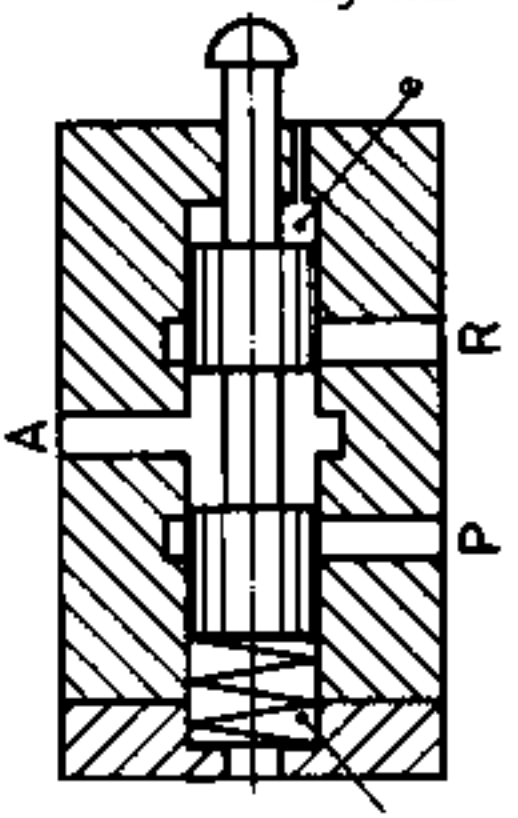
در حالت کار نیفتادهٔ شیر، بشقاب شیر در اثر فشار فنر زیر آن و فشار هوای فشردهٔ مـرتبط



(شکل ۲۰ ــ ۳) شیر نشستی با حالت کار نیفتادهٔ بسته

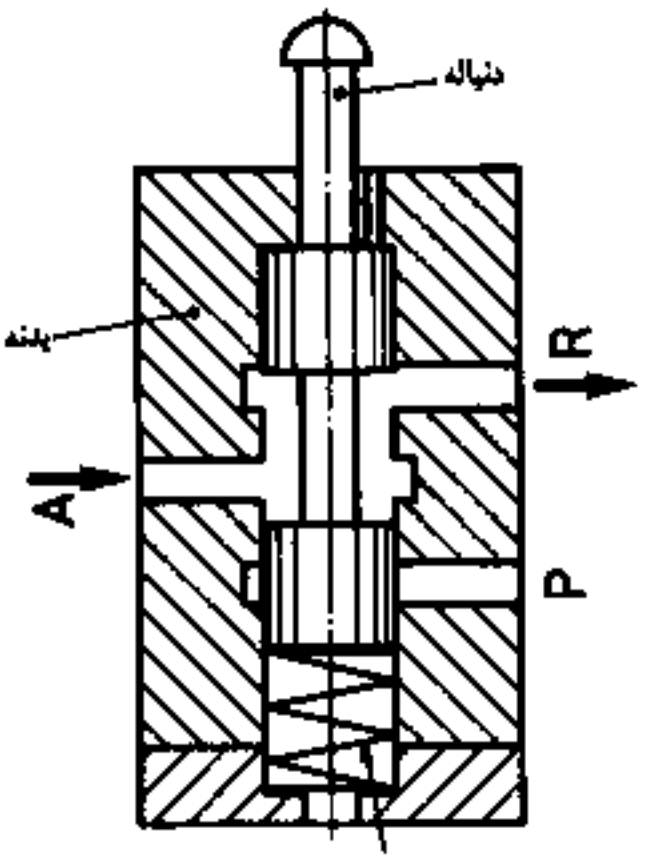
به مجرای P رابطهٔ بین P و A را قطع و مجرای A را که به جلو پیستون مربوط است به مجرای خروجی R مرتبط میسازد. در حالت کار افتادهٔ شیر یعنی موقعی که شاخک به پائین رانده شده، شاخک ابتدا مسیر خروجی R را بسته سپس بشقاب شیر را به پائین رانده مجرای A را به P مرتبط ساخته هوای فشرده از این طریق به جلو پیستون هدایت میشود. با ورود هوای فشرده به جلو پیستون دنبالهٔ پیستون از سیلندر به خارج رانده شده باعث انجام کار مورد نظر میشود.

ب ــ فرمان و کنترل سیلندر یکطرفه بوسیلهٔ شیرهای کنتوئی (راه دهنده) ــ در مدارهای فرمانی که شرح آنها گذشت به جای شیرهای نشستی از شیرهای راه‌دهنده نیز میتوان استفاده کرد.

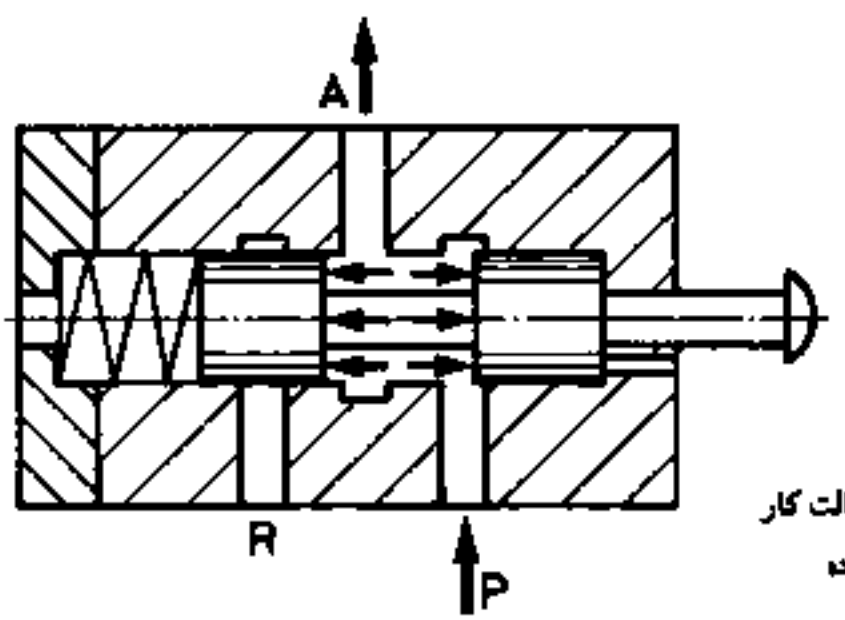


حالت کار افتاده

(شکل ۲۱ ــ ۳) شیر راه دهنده با حالت کار نیفتادهٔ بسته



حالت کار نیفتاده



(شکل ۲۲ ــ ۳) شیر راه‌دهنده با حالت کار نیفتادهٔ باز در حالت کار نیفتاده

در حالت کار نیفتادهٔ شیر، مسیر P به A بسته است. با فشار دادن دنبالهٔ قطعهٔ راه‌دهنده به داخل ابتدا مسیر خروجی R بسته شده، سپس مجرای P باز و به A مرتبط میگردد. با ارتباط مجرای P به A هوای فشرده از این طریق به جلو پیستون هدایت و آنرا کاراندازی میکند.

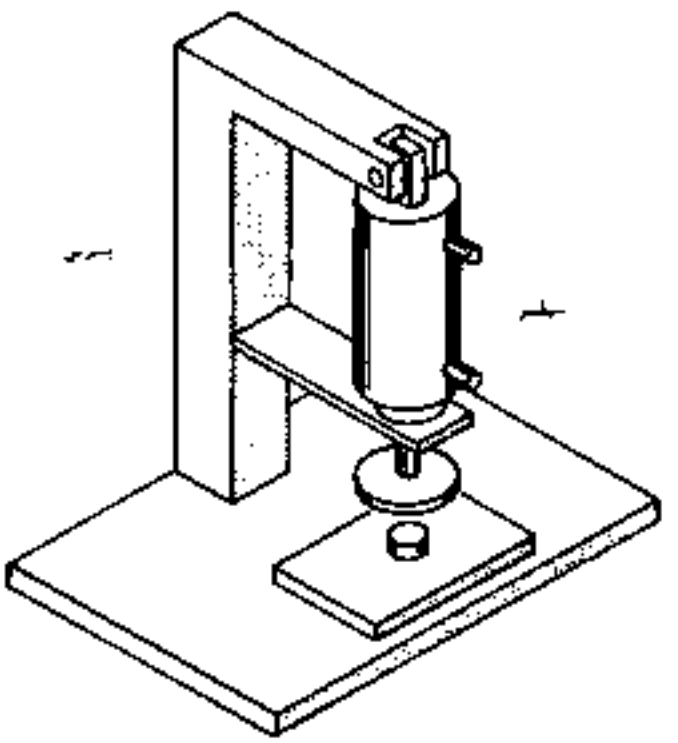
از شیر کشوئی با حالت کار نیفتاده بسته برای مداری که احتیاج به شیر کشوئی با حالت کار نیفتادهٔ باز دارد نیز میتوان استفاده کرد. برای اینکار باید لوله‌های مربوط به مجرای P و R را با هم تعویض کنیم. بعبارت دیگر خروجی و ورودی عکس شیر قبلی میشود.

علائم اختصاری در پنوماتیک

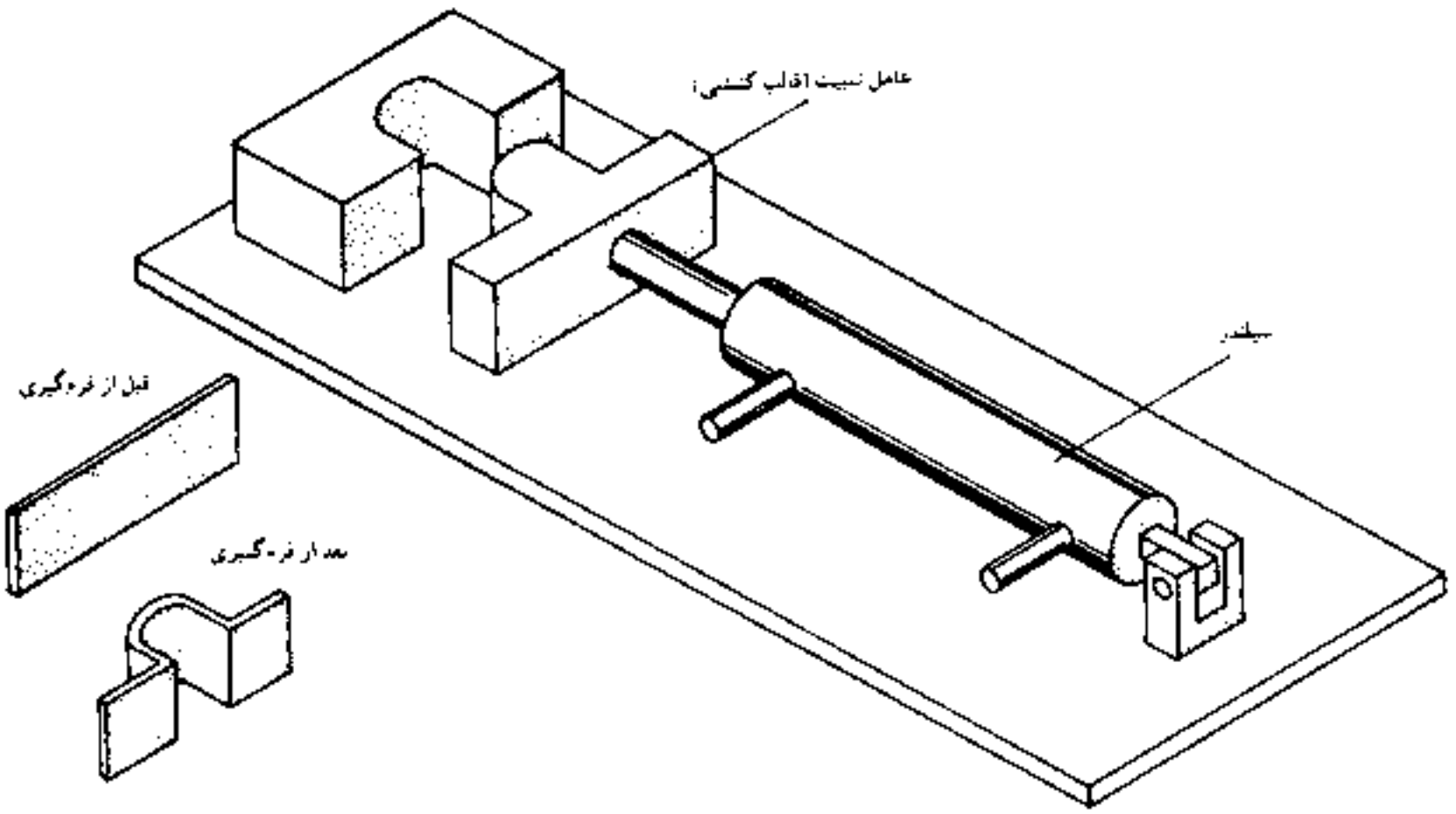
علائم اختصاری جهت ترسیم مدارهای پنوماتیک در اغلب موارد همان علائم گفته شده در بحث هیدرولیک است. در بعضی موارد نیز تفاوت جزئی دارند مانند مخزن تحت فشار که در هیدرولیک به شکل ⬯ و در پنوماتیک به شکل ⬭ نشان داده میشود و در تجهیزات هیدرولیکی که در علائم آنها از ▼ استفاده شده، در علامت پنوماتیکی از ▽ استفاده میشود.

مثل:

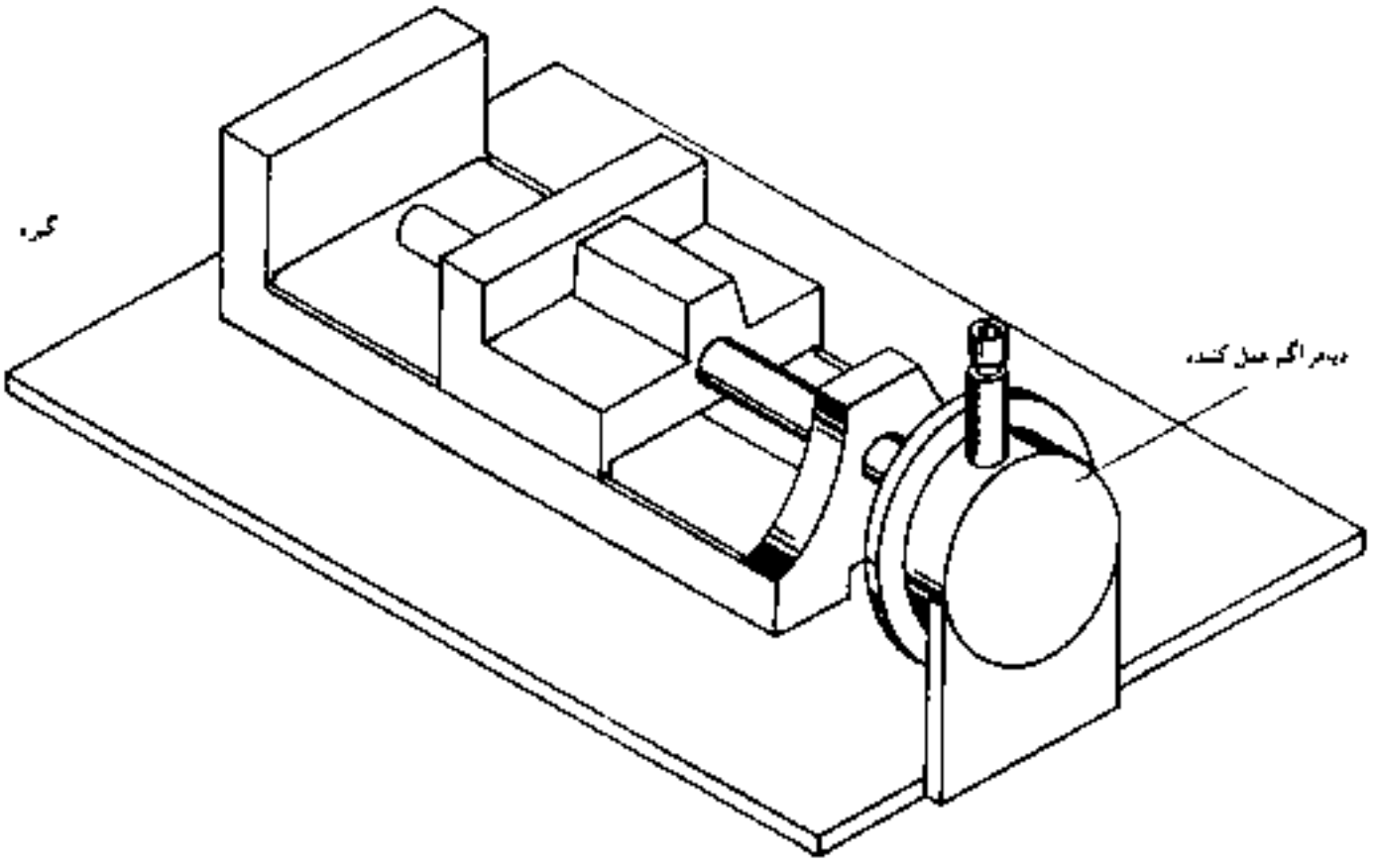
در اشکال بعد تعدادی از موارد استفادهٔ پنوماتیک نشان داده شده است:



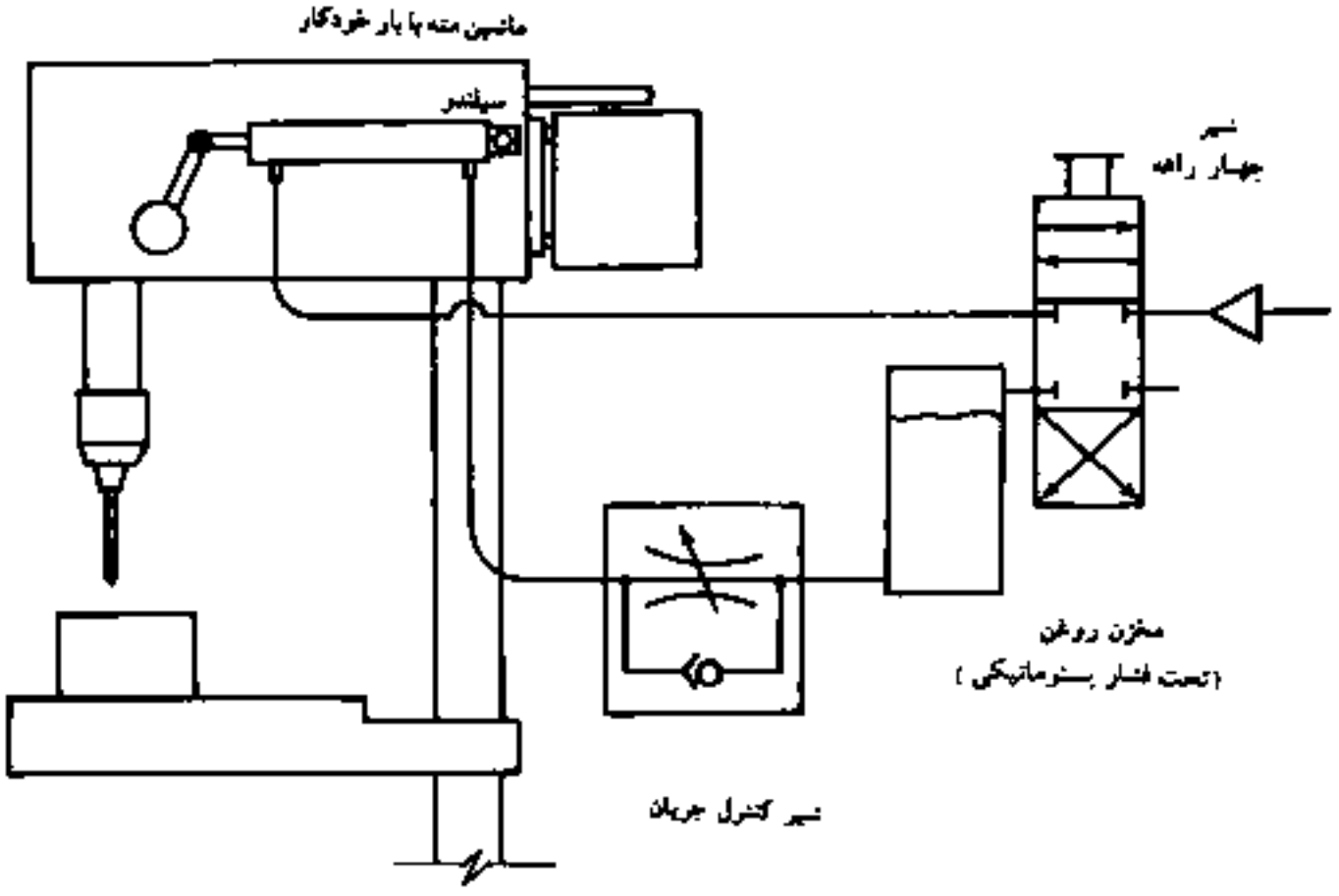
(شکل ۳۳ــ۳)



(شکل ۲۴ ــ ۳)



(شکل ۲۵ ــ ۳)


ماشین مته با بار خودکار
سیلندر
شیر
چهار راهه
مخزن روغن
(تحت فشار پنوماتیکی)
شیر کنترل جریان

(شکل ۲۶ ـ ۳)

فصل چهارم

الکتروتکنیک

ساختمان یک اتم تشکیل شده از تعدادی نوترون، پروتون و الکترون. نوترونها دارای بار خنثی، پروتونها دارای بار مثبت و الکترونها دارای بار منفی هستند. نوترونها و پروتونها بصورت توده‌ای متمرکز هستهٔ اتم را تشکیل میدهند و الکترونها در روی مدار یا مداراتی با سرعت بدور هسته گردش می‌نمایند.

الکترونهای در حال گردش تحت تأثیر نیروهای مختلفی هستند که اهمّ آن عبارتند از:

الف ــ نیروی دافعهٔ بین الکترون با الکترونهای دیگر (چون از نظر بار الکتریکی همنام هستند)، که به علت فاصلهٔ نسبتاً زیادی که الکترونها از یکدیگر دارند این نیرو مقدار ناچیزی خواهد بود.

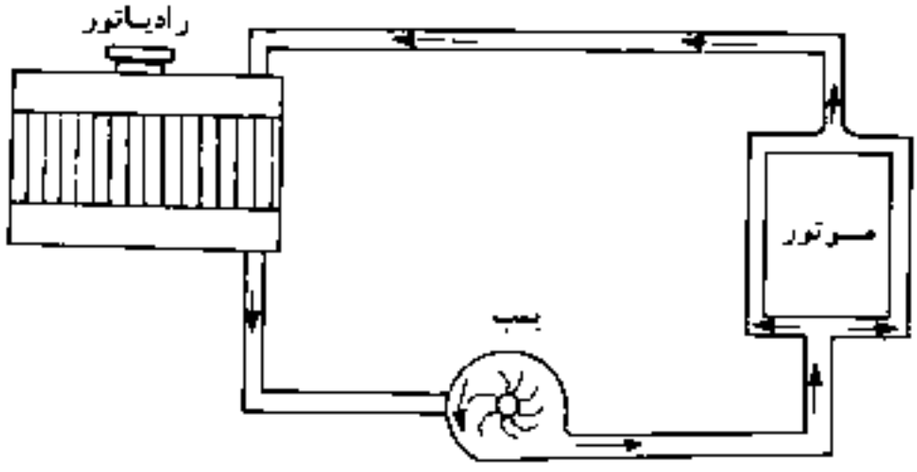
ب ــ نیروی جاذبهٔ بین الکترون و هسته (چون از نظر بار الکتریکی غیرهمنام هستند). این نیرو از نظر مقدار رابطهٔ عکس با فاصلهٔ الکترون تا هسته دارد. بنابراین بیشترین نیروی جاذبه بر روی الکترونهای مدار مجاور هسته و کمترین نیروی جاذبه بر الکترونهای مدار خارجی اتم (مدار والانس) وارد میآید.

پ ــ نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش الکترون به دور هسته. این نیرو رابطهٔ مستقیم با فاصلهٔ هر الکترون تا هسته دارد. بنابراین بیشترین نیروی گریز از مرکز به الکترونهای مدار خارجی و کمترین نیروی گریز از مرکز بر الکترونهای مدار مجاور هسته وارد میآید.

نیروهای وارد بر یک الکترون در حالت عادّی در حال تعادلند و الکترون در روی مدار خود با حرکت یکنواخت بدور هسته گردش میکند. چنانچه انرژی کافی به الکترونی داده شود مدار خود را ترک و به مدار بالاتر خواهد رفت. بنابراین در صورت رسیدن انرژی خارجی کافی الکترونهای مدار خارجی که مدار بالاتری ندارند آزاد خواهند شد. البته با اینکه یک اتم ممکن است از یک تا ۹۲ الکترون داشته باشد عملاً بیش از یک الکترون آزاد نمی‌نماید. الکتریسیته عبارت است از آزاد شدن الکترونهای یک جسم و حرکت آنها در جسم مذکور.

یک سیستم خنک‌کنندهٔ موتور اتومبیلی را در نظر بگیرید. آب در یک مسیر بسته حرکت نموده موتور را سرد مینماید. در حالت کار نیفتادهٔ پمپ حرکتی درون مسیر مشاهده نمی‌شود.

با کار اندازی پمپ آب درون آن به سمت موتور رانده شده و بالعکس از سمت رادیاتور به



(شکل ۱ ـ ۴ سیستم خنک کنندهٔ اتومبیل در حالت کار افتاده

درون پمپ مکیده میشود. این عمل باعث تراکم (فشار) در دهانهٔ خروجی پمپ و مکش (خلأ) در دهانهٔ ورودی پمپ میگردد. اختلاف فشار بین این دو نقطه باعث جریان آب از دهانهٔ مکش به سمت دهانهٔ فشار، و بعبارت دیگر باعث جریان آب در مدار خنک کننده میگردد. آزاد نمودن و به حرکت در آوردن الکترونها درون مدار الکتریکی نیز کاملاً شبیه حرکت مولکولهای آب در مدار خنک کننده است و احتیاج به عاملی خارجی دارد که مانند پمپ اختلاف فشاری در مدار الکتریکی ایجاد نماید تا الکترونها در مدار به حرکت در آمده و بعبارت دیگر جریان الکتریکی بوجود آید.

شدت جریان الکتریکی

مقدار الکتریسیتهٔ ایجاد شده در یک مدار رابطهٔ مستقیم با تعداد الکترونهای آزاد و حرکت آنها در مدار دارد. بنابراین شدت جریان الکتریکی متناسب است با تعداد الکترونهائی که در واحد زمان (ثانیه) از مدار عبور نماید.

مقدار الکتریسیته با واحدی بنام کولن سنجیده میشود. هر کولن الکتریسیته معادل $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون است. واحد شدت جریان آمپر و هر آمپر مساوی عبور یک کولن الکتریسیته از یک نقطهٔ مدار در مدت یک ثانیه میباشد. اجزاء این واحد، میکروآمپر (یک میلیونیم آمپر)، میلی آمپر (یکهزارم آمپر) و اضعاف آن، کیلو آمپر (هزار آمپر) و مگا آمپر (یک میلیون آمپر) میباشد. برای واحد شدت جریان (آمپر) تعاریف دیگری نیز شده است که منتجّه‌ای از آثار ظاهری الکتریسیته است ولی از نظر مقدار با تعریف قبلی برابر هستند. مثلاً:

هر گاه دو سیم با طول بی نهایت و با فاصلهٔ یکمتر در خلأ قرار گرفته باشند و جریانهای مساوی از آنها بگذرد و نیروئی معادل ۲×۱۰^{-۷} نیوتن بر هم وارد کنند شدت جریان عبوری از هر یک مساوی یک آمپر خواهد بود. که این تعریف با توجه به آثار مغناطیسی جریان بوده و تعریف

دیگر که با توجه به آثار شیمیائی جریان بیان شده عبارت است از:

شدت جریانی که در مدّت یک ثانیه بتواند ۱/۱۱۸ میلیگرم نقره را از محلول نیترات نقره جدا کند مساوی یک آمپر میباشد.

اختلاف سطح یا فشار الکتریکی

چنانکه گفته شد الکتریسیته عبارت است از جریان الکترونها در مدار و عامل این حرکت اختلاف سطح یا فشار الکتریکی میباشد. چون اختلاف سطح رابطهٔ مستقیم با توان مصرفی مدار دارد. میتوان واحد آنرا بر حسب واحد توان الکتریکی نیز تعریف کرد، بدینصورت که:

یک ولت (V) اختلاف سطحی (U) است که با شدت جریان (I) یک آمپر (A) بتواند توانی (P) برابر یک وات (W) تولید کند. رابطهٔ بین این سه عامل و واحدهای مربوطه بشکل ذیل است:

$$P = U \times I$$

$$1W = 1V \times 1A$$

مقاومتهای الکتریکی

اجسامی که در هنگام عبور جریان برق از آنها حرکت الکترونها را آرام نموده و در مقابل جریان مانع ایجاد نمایند مقاومت الکتریکی خوانده میشوند. از این اجسام برای تنظیم و کم کردن جریان و در وسائل حرارتی برای ایجاد حرارت استفاده میشود.

منبع آبی با فشار معیّن را در نظر بگیریم که دو قطعه لولهٔ هم قطر ولی با طولهای نامساوی به آن مرتبط باشد. با آزمایشی دقیق معلوم میشود در مدّت زمان معیّن مقدار آب عبوری از لولهٔ بلندتر کمتر از لولهٔ کوتاهتر است (علت این امر اصطکاک آب با جدارهٔ لوله در طول بیشتر است).

در آزمایشی دیگر طول لوله‌ها را مساوی ولی قطر آنها را نامساوی انتخاب میکنیم. مشاهده میشود مقدار آب عبوری از لولهٔ با قطر بزرگتر در زمان معین بیشتر از لولهٔ کم قطر است (علت این امر وسیع بودن مسیر و راحتی عبور آب است). نتیجه اینکه هر چه طول لوله بلندتر و قطر آن کمتر باشد مسیر آب را بیشتر سد مینماید. عبور الکتریسیته از مدار نیز همین حالت را دارد یعنی مقدار مقاومت یک سیم حامل جریان رابطهٔ مستقیم با طول سیم و رابطهٔ عکس با سطح مقطع آن دارد. چنانچه مقاومت را با R و طول سیم را با L و سطح مقطع آن را با A نمایش دهیم، داریم:

$$R \propto \frac{L}{A}$$

با در نظر گرفتن a بعنوان ضریب تناسب:

$$R = a \frac{L}{A}$$

چنانچه چند قطعه سیم با طول و مقطع مساوی ولی از جنسهای مختلف انتخاب و مقاومت آنها را اندازه بگیریم مشاهده میشود که دارای مقاومت یکسان نیستند. بعبارت دیگر مقاومت یک جسم علاوه بر طول و سطح مقطع به جنس آن نیز بستگی دارد. این عامل (جنس مقاومت) از طریق ضریب تناسب a در رابطهٔ R وارد میشود. مقاومت سیمی بطول یک متر و سطح مقطع یک میلیمتر مربع از هر جنس را مقاومت مخصوص آن جنس گویند و با ρ نمایش میدهند.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

در این رابطه ρ بر حسب $\frac{\Omega mm^2}{m}$ و L بر حسب m و A بر حسب mm^2 و نتیجتاً R بر حسب اُهم (Ω) خواهد بود.

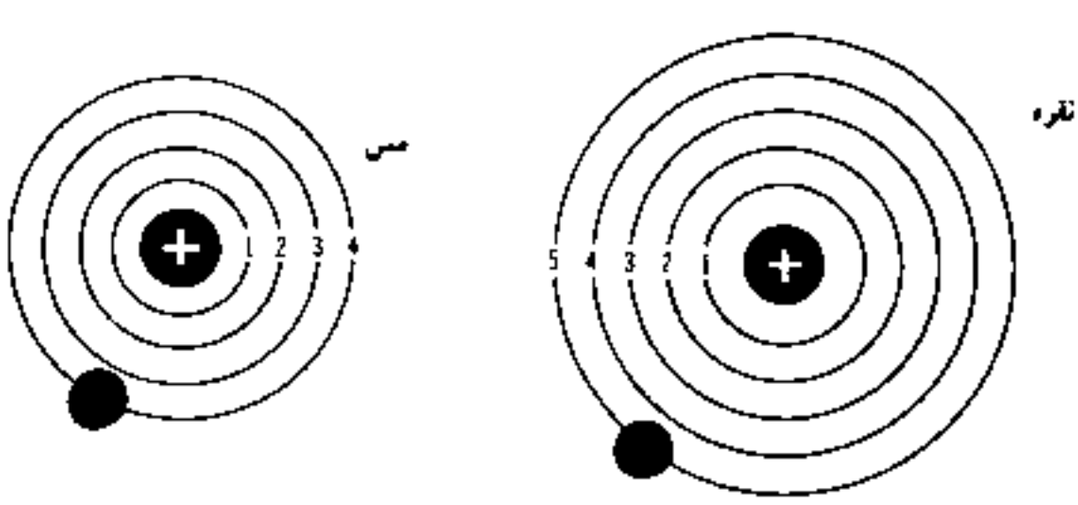
یک اهم مقاومت سیمی است که اگر به اختلاف سطح یک ولت متصل شود شدت جریان یک آمپر از آن عبور کند.

عامل دیگری که در مقدار مقاومت دخالت دارد، حرارت است. مقدار مقاومت رابطهٔ مستقیم با حرارت دارد. این عامل به صورت ضریب حرارتی مقاومت (α) در محاسبات دخالت میکند. در اثر گرم کردن مقاومتی یک اهمی باندازهٔ یکدرجهٔ سانتیگراد مقداری به مقاومت افزوده میشود. این مقدار ضریب حرارتی جنس آن مقاومت میباشد.

مقاومت مخصوص و ضریب حرارتی بعضی از اجسام

جنس	ρ	α	جنس	ρ	α
نقره	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۳۶	فولاد	۰/۱۳	۰/۰۰۴۵
مس	۰/۰۱۷۸۵	۰/۰۰۳۹	نیکل	۰/۴	۰/۰۰۵
آلومینیوم	۰/۰۲۸۵	۰/۰۰۳۸	کنستانتال	۰/۵	۰/۰۰۰۰۱۵
ولفرام	۰/۰۵	۰/۰۰۴	جیوه	۰/۹۴	۰/۰۰۰۹

هادی، نیمه هادی، عایق ــ میدانیم الکتریسیته عبارت است از جدا شدن الکترون از مدار خارجی (مدار والانس) اتمهای جسم و حرکت آنها در مدار. حداکثر تعداد الکترونهای مدار خارجی اتمها، هشت الکترون است که این تعداد در عناصر مختلف متفاوت است. انرژی رسیده به مدار خارجی برای جدا نمودن الکترون بین الکترونهای مدار خارجی تقسیم میشود. بنابر این هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی بیشتر باشد سهم انرژی هر الکترون کمتر و هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی کمتر باشد سهم انرژی هر الکترون بیشتر خواهد شد. به عبارت دیگر هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی اتمهای یک جسم بیشتر باشد جدا نمودن الکترون مشکلتر و امکان ایجاد جریان الکتریکی کمتر است و بالعکس هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی اتمهای یک جسم کمتر باشد جدانمودن الکترون راحتتر و امکان ایجاد جریان الکتریکی بیشتر



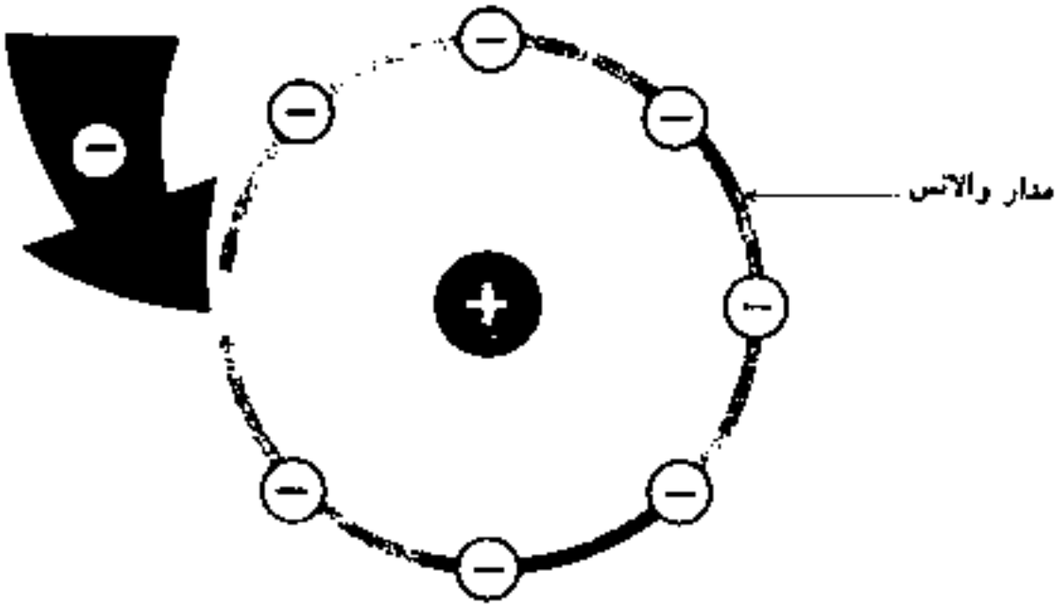
(شکل ۲ ــ ۴) اتمهائی که فقط یک الکترون در مدار خارجی دارند هادی‌های خوبی هستند

خواهد شد. ثانیاً از نظر شیمیائی هر اتم سعی مینماید از طریقه مبادلهٔ الکترون مدار خارجی خود را تکمیل کند بدینطریق که اتمهای با تعداد کمتر از چهار الکترون در مدار خارجی تمایل به از دست دادن الکترون و اتمهای با تعداد بیش از چهار الکترون در مدار خارجی تمایل به گرفتن الکترون دارند. نتیجه اینکه اجسامی که اتمهایشان کمتر از ۴ الکترون در مدار خارجی دارند براحتی الکترون آزاد نموده و جریان را از خود عبور میدهند. اینگونه اجسام را هادی الکتریسیته گویند و بهترین هادیها آنهائی هستند که اتمهایشان در مدار خارجی خود فقط یک الکترون داشته باشند. مانند: طلا، نقره و مس.

اجسامی که اتمهایشان بیش از ۴ الکترون در مدار خارجی خود دارند به سختی الکترون آزاد مینمایند. چنین اجسامی جریان الکتریسیته را به سختی از خود عبور میدهند بدینجهت آنها را عایق الکتریکی گویند. هر چه الکترونهای مدار خارجی اتمهای جسمی بیشتر باشد عایق بهتری خواهد بود. عناصری هستند که در مدار خارجی دارای ۸ الکترون هستند مانند هلیوم، نئون، آرگون..... ولی همهٔ آنها بصورت گاز هستند. بنابراین بهترین عایقها آنهائی هستند که ۷ الکترون در مدار خارجی خود دارند. از عایقهای خوب میتوان شیشه، لاستیک، لاک، سرامیک و میکا را نام برد.

اجسامی که اتمهایشان ۴ الکترون در مدار خارجی خود دارند از نظر هدایت الکتریکی بهتر از عایقها و پائینتر از هادیها قراردارند. چنین اجسامی دردرجه‌حرارت صفرمطلق (-۲۷۳°C) الکترونهای مدار خارجی خود را به اشتراک گذاشته، مدار خارجی خود را تکمیل و عایق بسیار خوبی هستند. هر چه حرارت از صفر مطلق بالاتر باشد انرژی حرارتی محیط باعث آزاد شدن تعدادی از الکترونهای آنها شده، خاصیت هدایت الکتریکی آنها افزایش یافته و بعنوان یک نیمه هادی عمل میکنند. وجود بعضی ناخالصیها در این اجسام در افزایش هدایت الکتریکی به آنها کمک میکند. بنابراین برای استفاده از این اجسام بعنوان نیمه هادی و یکسو کنندهٔ جریان، آنها را

اتمی که مدار آخرش دارای بیش از نصف ولی کمتر از ۸ الکترون است
تمایل دارد که الکترونهای مدار آخر خود را به ۸ برساند.

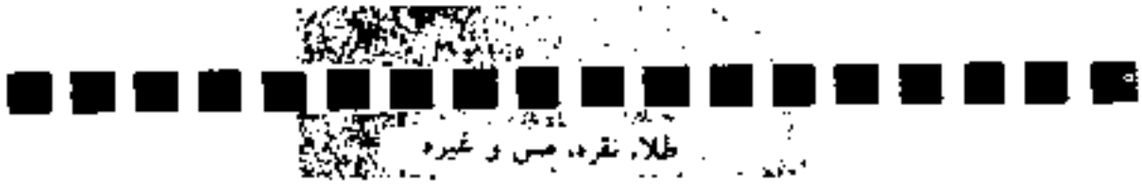


(شکل ۳ ــ ۴) این اتمها عایقهای خوبی هستند زیرا آزاد کردن الکترون از لایه والانس آنها بسیار مشکل است

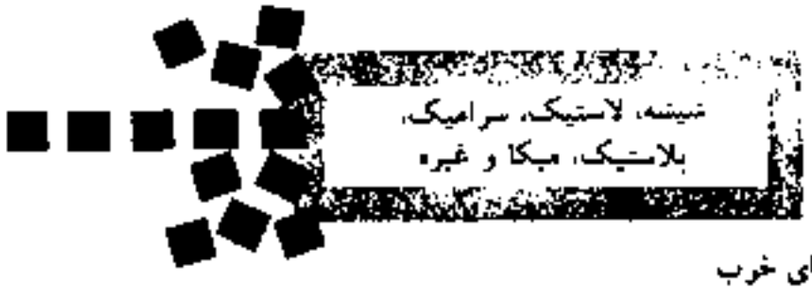
همراه با مقداری ناخالصی بکار میبرند. چنانچه استفاده از آنها بعنوان عایق مورد نظر باشد بایستی آنها را بصورت خالص و در مکانهائی که کمتر تحت اثر حرارت هستند بکار برد.

بعضی از نیمه هادیهای خوب عبارتند از سیلیکن، ژرمانیم، اکسید مس و....

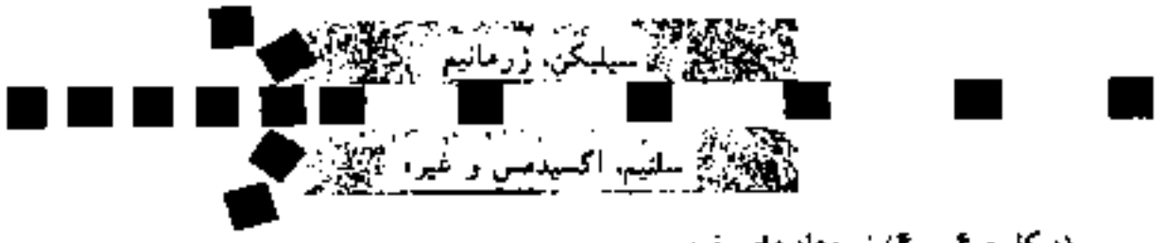
شکل a.b.c ۴ــ ۴ حالت عبور الکترونها را در اجسام هادی، عایق و نیمه هادی نشان میدهد.



(شکل a ۴ ــ ۴) هادی‌های خوب



(شکل b ۴ ــ ۴) عایقهای خوب



(شکل c ۴ ــ ۴) نیمه‌هادیهای خوب

نیروی نگهدارندهٔ الکترونها در مدار مربوطه بینهایت نیست. بنابراین چنانچه انرژی برای عبور جریان از عایق به حدّ کافی برسد الکترونها از مدار خارج شده جریان الکتریکی برقرار میشود. در اینصورت میگویند عایق از نظر الکتریکی شکسته است. نتیجهٔ کلی مطالب فوق چنین میشود که:

اجسامی را هادی گوئیم که جریان الکتریکی را براحتی از خود عبور دهند و مقاومت چندانی از خود نشان نمیدهند. از این اجسام برای مسیر جریان الکتریکی استفاده میشود.

اجسامی را عایق گوئیم که جریان الکتریکی را از خود عبور نمیدهند. از این اجسام برای محدود کردن مسیر جریان الکتریکی استفاده میشود.

اجسامی را نیمه هادی گوئیم که بین اجسام هادی و عایق قرار گرفته باشند. اینگونه اجسام گاهی بصورت هادی نسبی و گاهی بصورت عایق عمل مینمایند. اگر آنها را همراه با مقداری ناخالصی بکار بریم نقش یک نیمه هادی و یکسو کنندهٔ جریان را در مدار خواهند داشت و چنانچه از آنها بصورت خالص و در مکانهائی که زیاد تحت تأثیر حرارت نیستند استفاده شود بصورت عایق عمل مینمایند.

روشهای تولید الکتریسیته

گفته شد الکتریسیته عبارت است از حرکت الکترونهای آزاد در جسم بر اثر بالا رفتن انرژی الکترونهای مدار خارجی اتمهای آن.

بالا بردن سطح انرژی الکترونهای مذکور احتیاج به عاملی خارجی دارد. این عامل به یکی از روشهای ششگانهٔ ذیل ایجاد میشود:

تریبوالکتریک، پیزوالکتریک، الکترومغناطیسی، ترمو الکتریک، فتو الکتریک و الکترو ـ مغناطیس.

تولید الکتریسیته از طریق مالشی (تریبو الکتریک) ـ هر اتم در حالت طبیعی دارای الکترونها و پروتونهای مساویست. بنابراین بارهای منفی و مثبت یکدیگر را خنثی نموده، اتم از نظر الکتریکی خنثی خواهد بود. پروتونها در مرکز اتم قرار دارند و در شرایط عادی غیرقابل تجزیه هستند ولی تعداد الکترونها قابل تغییر بوده باعث ایجاد بار مثبت یا منفی در جسم میشوند. چنانچه جسمی الکترون از دست بدهد مقداری از بار منفی آن کاسته شده، دارای بار مثبت خواهد شد و بالعکس اگر جسمی الکترون دریافت نماید مقداری به بار منفی آن افزوده شده دارای بار منفی میگردد. یکی از روشهای انتقال الکترونها روش اصطکاک یا مالش است.

بعضی از اجسام در اثر حرارت حاصل از اصطکاک با اجسام دیگر یا تعدادی الکترون از دست میدهند و یا تعدادی الکترون دریافت میدارند. البته علت واقعی این امر و قانون حاکم بر آن

هنوز معلوم نگردیده ولی برخی از اجسام که چنین خاصیتی را دارند شناسائی شده‌اند. مثلاً:

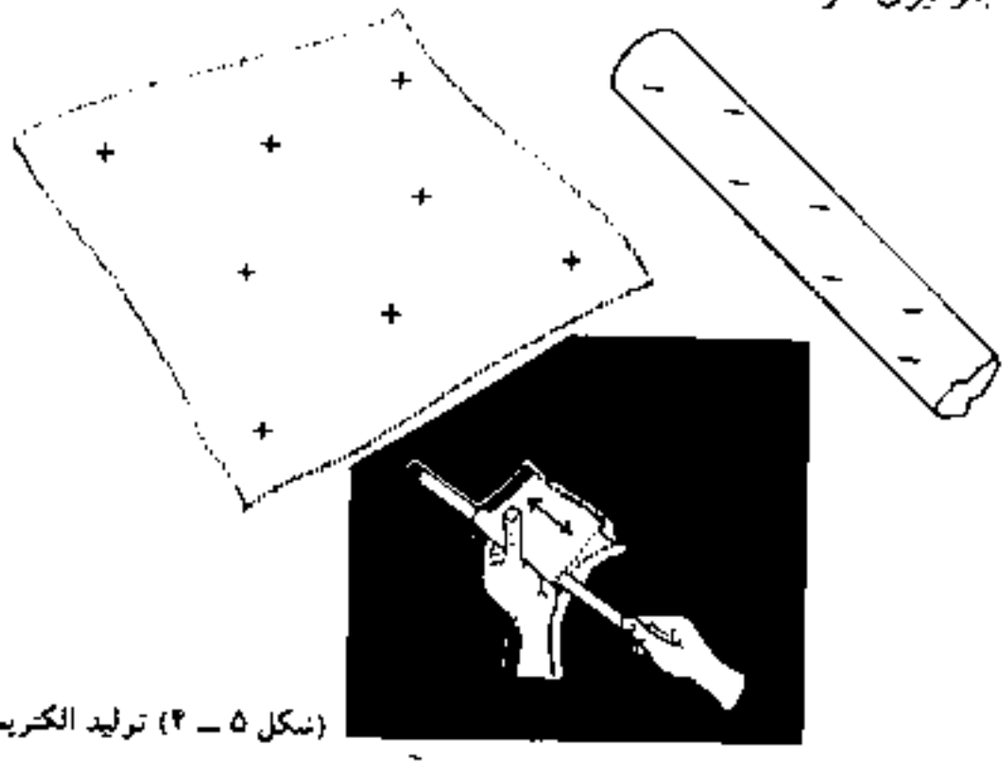
اگر میله‌ای شیشه‌ای را با یک تکه پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم میلهٔ شیشه‌ای تعدادی الکترون به پارچهٔ ابریشمی منتقل مینماید. بنابراین میلهٔ شیشه‌ای دارای بار مثبت و تکه پارچهٔ ابریشمی دارای بار منفی خواهد شد.

بالعکس اگر میله‌ای کائوچوئی را با تکه پارچهٔ پشمی مالش دهیم میلهٔ کائوچوئی تعداد الکترون از پارچهٔ پشمی دریافت خواهد نمود. بنابراین میلهٔ کائوچوئی دارای بار منفی و تکه پارچهٔ پشمی دارای بار مثبت خواهد شد.

قبل از کشف پیل ولتا (پیل تر) تولید الکتریسیته بطریقهٔ مالشی انجام میگرفت ولی اکنون استفاده از این روش چندان معمول نیست.

الکتریسیته حاصل از اصطکاک گاهی هنگام تخلیه (نزدیک شدن جسم باردار به جسم دیگری که بار غیر همنام با آن دارد موجب انتقال الکترون از جسم منفی به جسم مثبت میگردد که این عمل را تخلیه الکتریکی گویند)، ایجاد جرقه مینماید که اگر جسم قابل اشتعالی در مسیر جرقه باشد باعث آتش‌سوزی خواهد شد. لذا در کارخانجاتی که با مواد قابل اشتعال سروکار دارند (نظیر کارخانجات رنگسازی) ماشین آلات خود را به سیم زمین مجهز می‌نمایند تا الکتریسیتهٔ حاصل از اصطکاک قطعات متحرک از طریق زمین خنثی گردد.

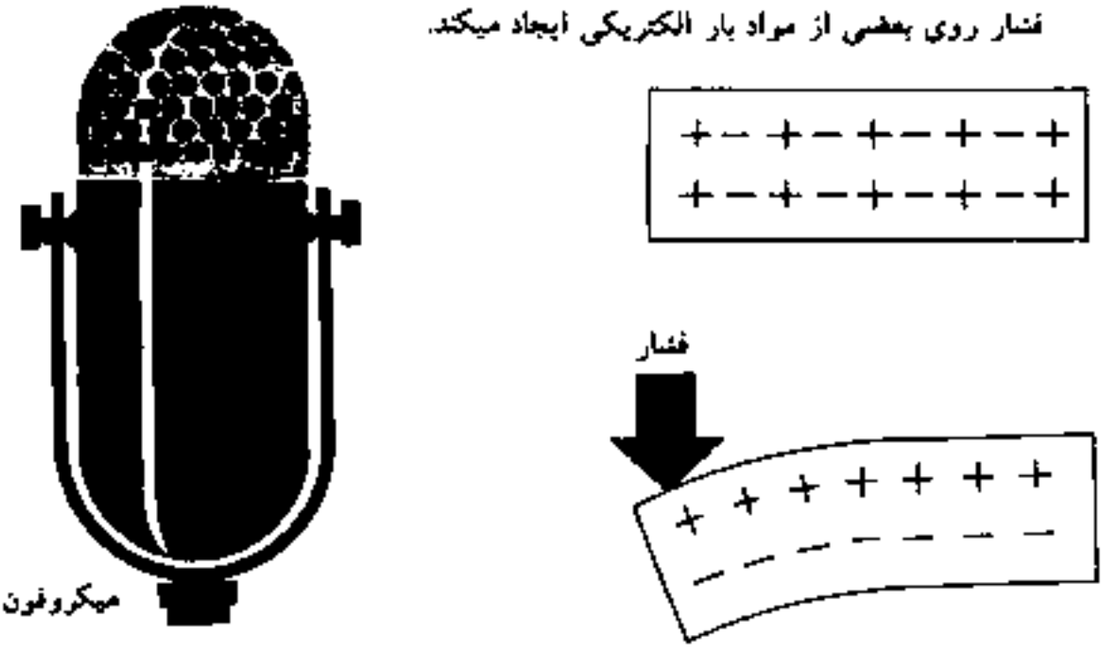
نمونهٔ دیگری از این پیشگیری را میتوان در ماشینهای حمل موادّ سوختی مشاهده نمود. در این ماشینها از قطعه‌ای زنجیر برای ارتباط بین مخزن مواد سوختی و زمین استفاده میشود تا الکتریسیتهٔ ساکن حاصل از حرکت مواد سوختی درون مخزن به زمین منتقل و از آتش‌سوزی احتمالی جلوگیری شود.



(شکل ۵ ــ ۴) تولید الکتریسیتهٔ مالشی

تولید الکتریسیته از طریق فشار (پیزو الکتریک) ــ وارد نمودن فشار خمشی بر بعضی از اجسام باعث میشود الکترونهایشان در جهت نیروی وارده به حرکت درآیند و جسم در محل اعمال نیرو دارای بار مثبت و در سمت مقابل دارای بار منفی گردد. و پس از برطرف شدن فشار الکترونها مجدداً به مدارات خود بازمیگردند. برای استفاده از الکتریسیتهٔ ایجاد شده شکل جسم را طوری میسازند که سطح باردار شده قابل کنترل باشد. بعضی از اجسام بجای فشار خمشی در مقابل کشتاورهای پیچشی عکس‌العمل نشان میدهند.

بدبدهٔ پیزو الکتریک بیشتر در کریستالهائی نظیر نمک روچل و بعضی سرامیکهای مخصوص نظیر تیتانت باریم قابل توجه است. از اینگونه کریستالها در ساختن بعضی میکروفونها و پیکابهای گرام استفاده میشود. نقش این مواد در وسائل مذکور تبدیل ارتعاشات حاصل از صوت یا پستی و بلندیهای صفحهٔ گرامافون به الکتریسیته است تا پس از طی مراحلی دیگر مثلاً ارتعاشات حاصل از پستی و بلندیهای روی صفحهٔ گرامافون تبدیل به صوت گردد.



(شکل ۶ ــ ۴)

تولید الکتریسیته از طریق فعل و انفعالات شیمیائی ــ بعضی از مواد شیمیائی وقتی با فلزات مخصوصی ترکیب میشوند فعل و انفعالاتی انجام میگردد که باعث انتقال الکترونها و ایجاد جریان الکتریکی میشوند. کشف این پدیده یکی از بزرگترین موفقیتهائی بود که انسان را در راه توسعهٔ دانش الکتریسیته یاری بسیار نموده است.

اگر دو صفحهٔ مس و روی را در محلول رقیق اسید سولفوریک داخل کرده و آنها را در خارج بوسیلهٔ سیم مسی بهم وصل کنیم و یک وسیلهٔ اندازه‌گیری دقیق (میلی‌آمپرمتر) در مدار قرار دهیم، وسیلهٔ مذکور عبور جریان الکتریکی ضعیفی را نشان میدهد.

صفحهٔ روی بتدریج سولفاته شده و گاز ئیدروژن از مجاورت صفحهٔ مسی متصاعد میشود.

موارد فوق اصول کار یک باتری تر را تشکیل میدهند. صفحات روی و مس را الکترودها و محلول اسیدسولفوریک را الکترولیت و مجموعهٔ آنها را پیل ولتا یا پیل اولیه (Primary Battery Cell) نامند. فعل و انفعالات شیمیائی در این پیل بدینقرار است:

وقتی اسید سولفوریک (SO_4H_2) در آب حل شود قسمتی از مولکولهای آن تجزیه شده به SO_4^{-2} و H^{+1} تبدیل می‌شوند. نمادهای مثبت و منفی نشانهٔ کمبود و یا اضافه داشتن الکترون است. بعبارت دیگر اجزاء مذکور دارای بار الکتریکی هستند ولی در مجموع بعلّت تساوی تعداد ذرّات مثبت و منفی محلول از نظر الکتریکی خنثیٰ میباشد. اجزاء باردار را یون گویند.

با وارد شدن صفحهٔ روی خالص در محلول الکترولیت، اتمهای روی بصورت یونهای Zn^{+2} از صفحه شروع به جدا شدن می‌نمایند. با جدا شدن هر یون Zn^{+2} از صفحهٔ دو الکترون آزاد در صفحه باقی می‌ماند. جدا شدن یونهای Zn^{+2} تا زمانی ادامه می‌یابد که تجمّع الکترونهای آزاد در صفحهٔ روی از جدا شدن آنها جلوگیری نمایند.

یونهای Zn^{+2} با یونهای SO_4^{-2} ترکیب شده بصورت رسوب در ظرف ته‌نشین میشوند.

$$SO_4^{-2} + Zn^{+2} \longrightarrow SO_4Zn\downarrow$$

با وارد نمودن صفحهٔ مسی در محلول الکترولیت هر یون H^{+1} یک الکترون کسری خود را از صفحهٔ مسی دریافت و به اتم معمولی ئیدروژن (H) تبدیل و هر دو اتم از این ئیدروژن با هم تشکیل یک مولکول ئیدروژن (H_2) را میدهند و به شکل حبابهای بسیار کوچکی از جدار صفحهٔ مسی متصاعد میشوند.

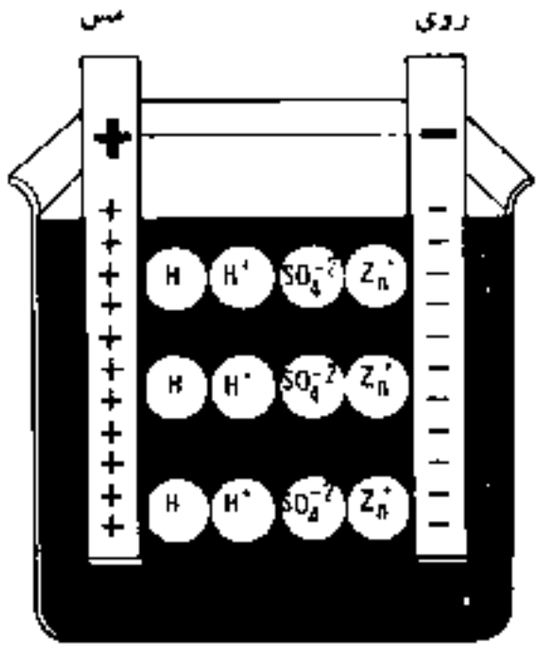
در این فعل و انفعالات مقداری از صفحهٔ روی با مقداری از اسید سولفوریک بصورت رسوب SO_4Zn و گاز H_2 از دایرهٔ فعل و انفعالات خارج شده، صفحهٔ روی تعدادی الکترون در خود نگهداشته بنابراین دارای بار منفی میباشد و صفحهٔ مسی که تعدادی الکترون (مساوی تعداد الکترونهای اضافی صفحهٔ روی) از دست داده بنابراین دارای بار مثبت شده است.

چنانچه صفحات مذکور را با سیم هادی بهم متّصل کنیم الکترونهای اضافی صفحهٔ روی از اینطریق بطرف صفحهٔ مسی که کسر الکترون دارد جاری میشود (تولید الکتریسیته) با این کار تعادل در صفحهٔ روی بهم خورده مجدداً اجازه میدهد یونهای Zn^{+2} از آن جدا شود (شکل ۷ ــ ۲) اساس ساختمان یک پیل ولتا را نشان میدهد.

با برقرار شدن رابطه بین دو صفحهٔ فعل و انفعالات تداوم یافته و یک جریان الکتریکی دائمی در سیم هادی مشاهده میشود. این جریان تا موقعی ادامه می‌یابد که صفحهٔ روی یا اسید سولفوریک موجود در الکترولیت کاملاً مصرف شده و امکان فعل و انفعال از بین برود.

در باتری‌های خشک بجای محلول الکترولیت از خمیر الکترولیت استفاده میشود.

تولید الکتریسیته بوسیلهٔ حرارت Thermo Electric ــ چنانچه در بحث الکترومغناطیس



(شکل ۷ ــ ۴) اساس پیل‌تر (پیل ولتا)

پیل تر

محلول که الکترولیت نامیده میشود یونهای مثبت را از میلهٔ روی آزاد نموده و از میلهٔ مسی الکترون آزاد میکند.

در باتری خشک چراغ قوه خمیرالکترولیت بجای محلول به کار میرود

مشاهده شد بعضی از عناصر نظیر مس الکترون دفع و بعضی از عناصر نظیر روی الکترون جذب می‌نمایند. چنین دو عنصری چنانچه در کنار هم قرار گرفته و عامل تسریع کننده‌ای نیز واسطه قرار گیرد الکترونهائی از قطعهٔ مسی خارج و به قطعهٔ روی وارد میشود. بنابراین قطعهٔ مسی دارای بار مثبت و قطعهٔ روی دارای بار منفی میگردد.

حرارت باعث دادن الکترون از مس به روی میشود

(شکل ۸ ــ ۴)

در درجهٔ حرارت معمولی انتقال الکترونها از صفحهٔ مسی به صفحهٔ روی چندان قابل توجه نیست چون انرژی کافی برای جدا شدن الکترونهای مس وجود ندارد. درجهٔ حرارت نیز مانند عامل شیمیائی قادر است این انتقال الکترونی را تسریع نماید. از این خاصیت برای ساختن پیلهای ترموالکتریک (پیلهای حرارتی) استفاده میشود. اساس کار این پیلها بدین شکل است:

دو قطعه فلز مانند روی و مس را از یکسر بهم جوش میدهند. حرارت دادن به این نقطهٔ اتصال انرژی لازم را در الکترونهای مس ایجاد نموده تعدادی از الکترونهای آن آزاد و به قطعهٔ روی وارد میشود. در نتیجه قطعهٔ مسی دارای بار مثبت و قطعهٔ روی دارای بار منفی میشود.

انتقال الکترونها تا موقعی ادامه می‌یابد که انرژی موجود برای جدا نمودن الکترون بیشتری از اتمهای مس کافی نباشد. در صورت قطع حرارت بتدریج که قطعات سرد میشوند الکترونها نیز از قطعهٔ روی به مدارات خود در قطعهٔ مسی برمیگردند.

در حالتیکه محل اتصال را حرارت میدهیم و قطعات باردار هستند چنانچه دو سر آزاد قطعات که سردتر هستند توسط یک سیم هادی بهم متصل شوند الکترونهای اضافی موجود در قطعهٔ روی از طریق این سیم بطرف قطعهٔ مسی حرکت می‌کنند (تولید الکتریسیتهٔ جاری). یک وسیلهٔ اندازه گیری دقیق عبور جریان را میتواند نشان دهد. شدت سرعت آزاد شدن الکترونهای مس و انتقال آنها به قطعهٔ روی (مقدار الکتریسیته) رابطهٔ مستقیم با مقدار حرارت دارد. بعبارت دیگر هر چه محل اتصال را بیشتر حرارت دهیم الکتریسیتهٔ بیشتری تولید خواهد شد.

تولید الکتریسیته بوسیلهٔ نور Photo Electric ــ نور یکی از منابع انرژی طبیعی است. بنابر نظریات برخی از دانشمندان، نور از ذرّات ریز انرژی بنام فوتون تشکیل میشود. فوتونها در بر خورد با اجسام انرژی خود را از دست میدهند.

اتمهای بعضی از عناصر در مقابل برخورد با اشعهٔ نورانی و دریافت انرژی از آن عکس‌العمل نشان‌داده الکترون آزاد مینمایند. تعدادی از این عناصر عبارتند از: پتاسیم، سدیم، سزیم، لیتیم، سلنیم، زرمانیم، کادمیم و مادهٔ مرکّب سولفات سرب.

عکس‌العمل این اجسام در مقابل نور را پدیدهٔ فتو الکتریک نامند و به سه طریق از آن بهره برداری میکنند.

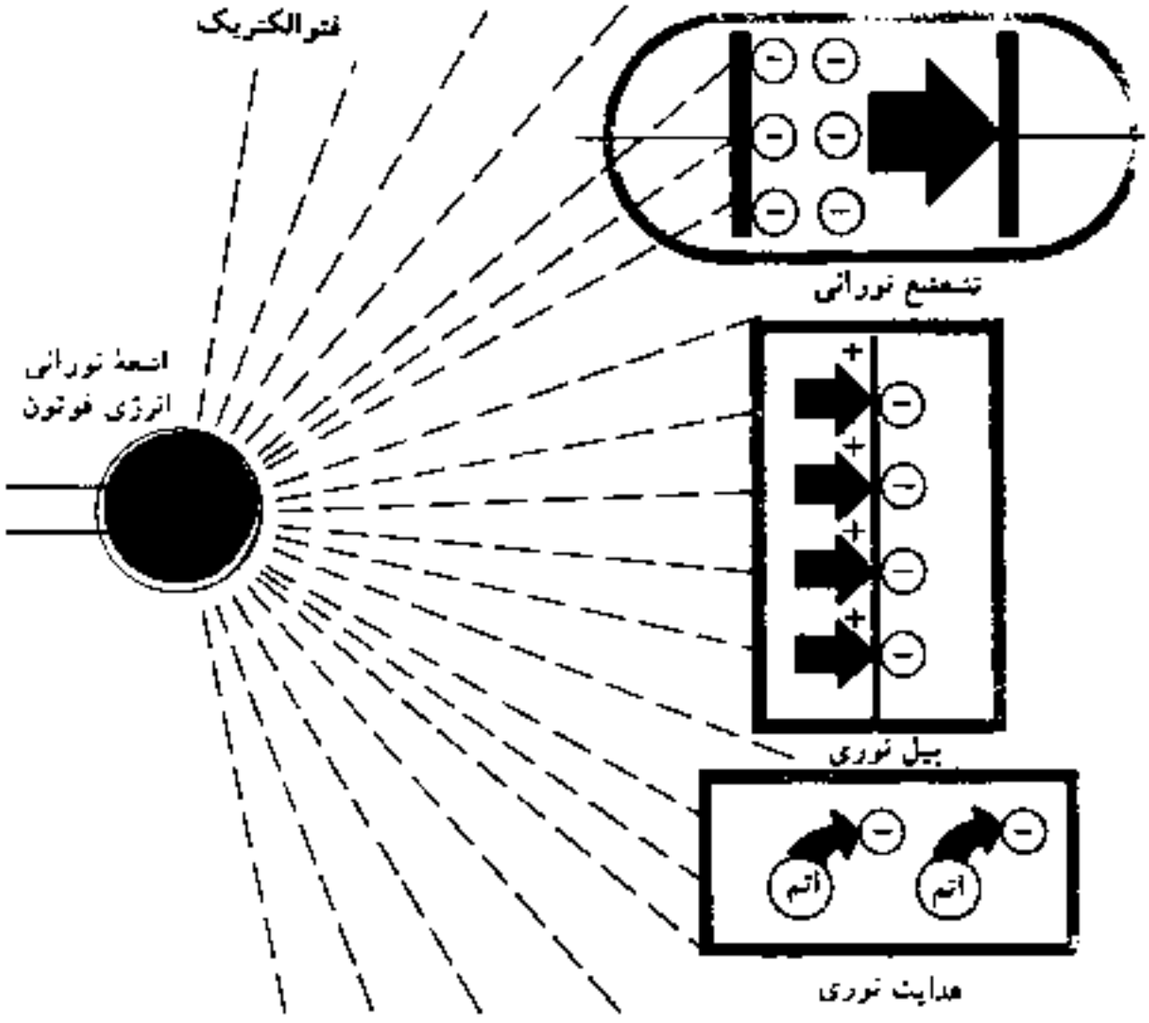
الف ــ فتو الکتریک از طریق تشعشع ــ در این روش دو صفحهٔ حساس از عناصر یاد شده درون محفظهٔ شیشه‌ای که از هوا خالی شده با قدری فاصله قرار داده شده‌اند. تابش نور به یکی از صفحات باعث آزاد شدن تعدادی الکترون و جذب آنها بوسیلهٔ صفحهٔ دیگر میشود.

چنانچه دو صفحهٔ مذکور بوسیلهٔ سیم هادی در خارج لامپ (محفظهٔ شیشه‌ای) بهم وصل شوند الکترونهای جذب شده توسط صفحهٔ دوّم از طریق این سیم به صفحهٔ اوّل باز میگردد (تولید الکتریسیته). این عمل تا موقعی که نور به صفحه می‌تابد ادامه خواهد یافت و بمحض قطع نور

جریان الکترونها (جریان فتوالکتریک) قطع میگردد.

ب ــ فتو الکتریک از طریق فتو ولتیک Photo Volta ــ در این طریق دو صفحهٔ مذکور در روش قبل که نسبت بهم با فاصله قرار گرفته بودند بصورت چسبیده بهم استفاده میکنند. در اثر تابش نور انرژی فوتونهای رسیده به صفحهٔ اوّل باعث تحریک اتمهای آن و آزاد شدن الکترون از آنها میگردد. الکترونهای آزاد شده به صفحهٔ دوّم منتقل میشود. بنابراین صفحهٔ اوّل دارای بار مثبت و صفحهٔ دوّم دارای بار منفی میشود. این دو صفحهٔ باردار میتوانند مانند دو قطب یک باتری عمل نمایند. بعبارت دیگر اگر این دو صفحه را در خارج از لامپ توسط سیم هادی بهم وصل کنیم الکترونها از این طریق به صفحهٔ اوّل باز میگردد (جریان الکتریکی). این عمل تا موقعی که نور به صفحه می‌تابد ادامه می‌یابد و بمحض قطع شدن، تابش جریان الکتریکی حاصل نیز قطع خواهد شد.

ج ــ فتو الکتریک از طریق هدایت نوری Photo Conduction ــ بعضی از اجسام که در حالت عادّی قابلیت هدایت الکتریکی خوبی ندارند در مقابل تابش نور عکس‌العمل نشان‌داده به قابلیّت هدایت‌شان افزوده میگردد. بعبارت دیگر تابش نور به چنین اجسامی باعث آزاد شدن



(شکل ۹ ــ ۴) حالات استفاده از پدیده فتو الکتریک

تعدادی الکترون گردیده، بالا رفتن تعداد الکترونهای آزاد در جسم قابلیّت هدایت الکتریکی آنرا بالا میبرد. بنابراین تابش نور به اجسام مذکور باعث ایجاد هدایت الکتریکی موقّت مینماید. اینحالت تا موقعی که نور به جسم می‌تابد ادامه دارد و بمحض قطع تابش از قابلیّت هدایت آن کاسته میشود. بالا رفتن هدایت الکتریکی این اجسام رابطه مستقیم با شدّت نور تابیده شده به آنها دارد.

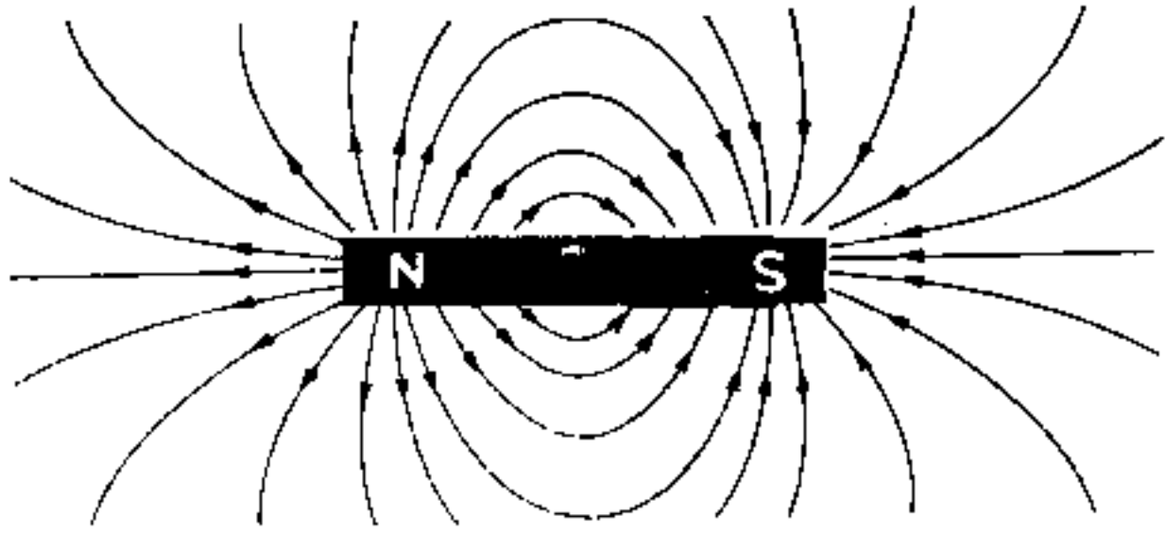
تولید الکتریسیته بوسیلهٔ مغناطیس Magneto Electricity

هر آهنربائی در فضای اطراف خود اثراتی دارد که فضای مذکور را میدان مغناطیسی آن آهنربا گویند.

میدان مغناطیسی هر آهنربا از نظر تئوری دارای وسعت بینهایت است ولی عملاً تا فاصلهٔ معیّنی محسوس است چون اثر مغناطیس با فاصله نسبت عکس دارد. بعبارت دیگر هر چه از آن دور شویم اثر آن کوچکتر خواهد شد تا جائیکه دیگر قابل تشخیص نخواهد بود. تشخیص و اندازه‌گیری اثر مغناطیس یک آهنربا بستگی به دقّت و حساسیّت وسیلهٔ اندازه‌گیری دارد.

اگر عقربه‌ای مغناطیسی در میدان اثر آهنربائی واقع شود امتداد عقربه طوری قرار خواهد گرفت که قطب شمال عقربه به سمت قطب جنوب آهنربا و قطب جنوب عقربه به سمت قطب شمال آهنربا متمایل باشد (اثر نیروی جاذبهٔ بین قطبهای غیر همنام). در اینحالت امتداد قطبین عقربه مماس بر منحنی رابط بین قطبین آهنربا میباشد. این خط منحنی و بینهایت خطوط مشابه دیگر میدان آهنربا را تشکیل میدهند و خطوط قوای مغناطیسی نامیده میشوند.

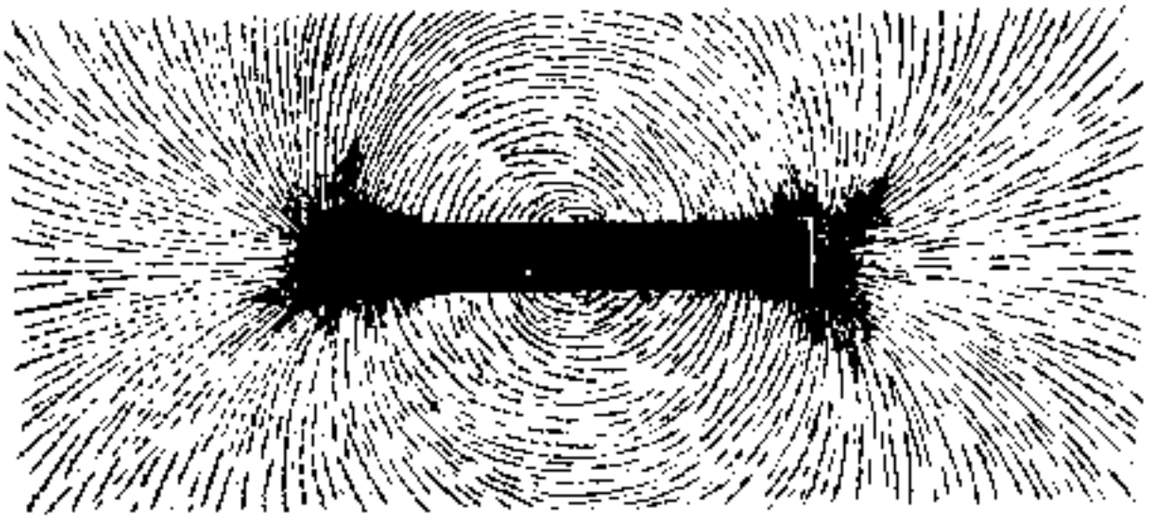
بنابر قرارداد جهت تأثیر قوای مغناطیسی از قطب شمال آهنربا (N) به سمت قطب جنوب آن (S) میباشد. بنابر این اگر عقربهٔ مغناطیسی را در میدان اثر آهنربائی قرار دهیم امتداد جنوب به



(شکل ۱۰ ــ ۴) دیاگرام خطوط قوای مغناطیسی

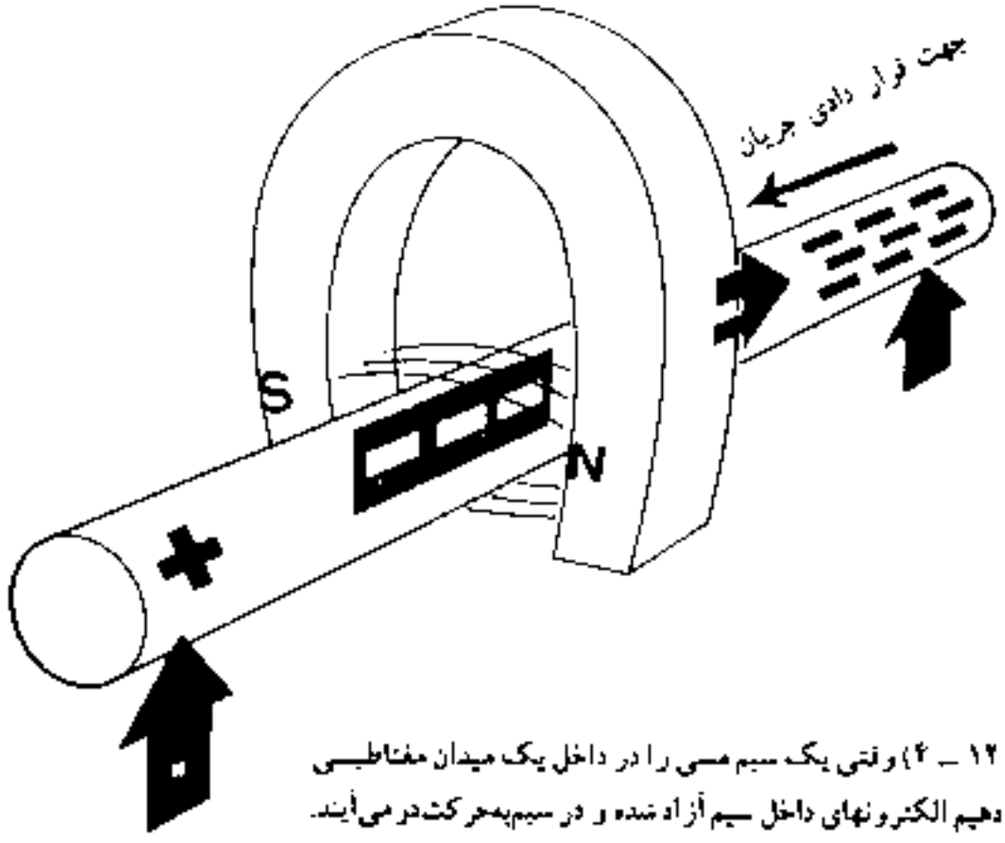
شمال عقربه، جهت خطوط قوای مغناطیسی آهنربا را نشان میدهد.

برای تعیین خطوط قوا و میدان مغناطیسی یک آهنربا از براده‌های آهن نیز میتوان استفاده کرد. بدینطریق که آهنربا را روی سطح صاف غیر مغناطیسی قرار داده براده‌های آهن روی صفحهٔ پاشیده میشود. این براده‌ها تحت تأثیر مغناطیس در امتداد خطوط قوای آهنربا قرار گرفته و میدان مغناطیسی آهنربا را مشخص میسازند.



(شکل ۱۱ ــ ۴) نمایش خطوط قوا و میدان مغناطیسی آهنربا بوسیله براده‌های آهن

از نیروی میدان مغناطیسی میتوان برای آزاد کردن و حرکت الکترونها (تولید الکتریسیته) استفاده نمود. چنانچه یک هادی خوب مانند سیمی مسی را در میدان مغناطیسی آهنربائی عمود بر خطوط قوا حرکت دهیم نیروی میدان بر اتمهای آن تأثیر نموده از مدار والانس خود الکترون آزاد



(شکل ۱۲ ــ ۴) وقتی یک سیم مسی را در داخل یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم الکترونهای داخل سیم آزاد شده و در سیم بحرکت در می‌آیند.

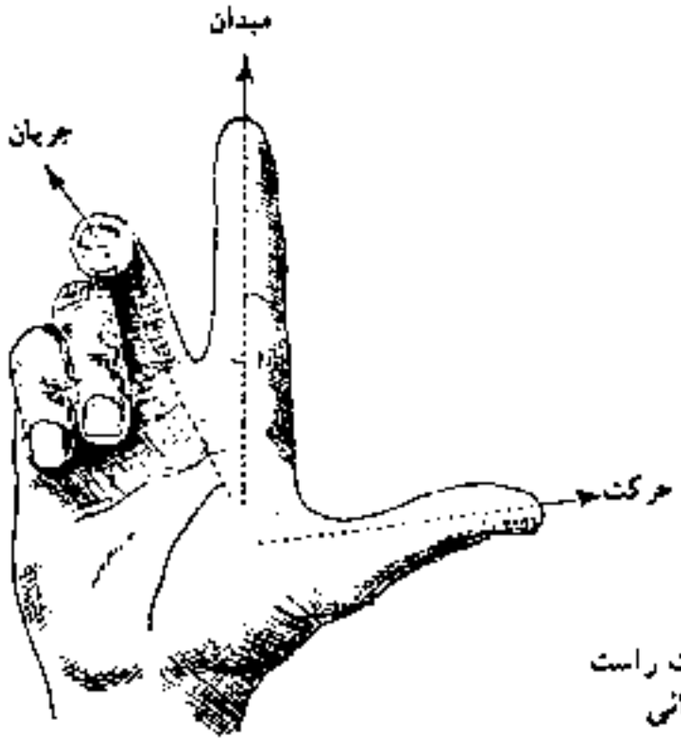
مینمایند و الکترونهای آزاد شده در جهت معینی حرکت مینمایند.

چنانچه گفته شد برای ایجاد نیروی محرّکه در سیم هادی (اثر نیروی مغناطیسی روی الکترونهای سیم هادی) سیم بایستی عمود بر خطوط قوا حرکت کند تا آنها را قطع نماید. در صورتیکه سیم بموازات خطوط قوا حرکت کند نیروی محرّکه‌ای در آن القاء نمیشود. بنابراین هرچه زاویه حرکت از حالت قائم بر خطوط قوا خارج شود از مقدار نیروی محرّکهٔ القائی نیز کسر می‌گردد تا موقعی که این زاویه صفر شود (حرکت بموازات خطوط قوا) که نیروی محرّکهٔ القائی نیز صفر خواهد شد.

بطور خلاصه مقدار نیروی محرّکهٔ القائی در سیم هادی متناسب با تعداد خطوط قوای قطع شده و زاویه امتداد حرکت سیم با خطوط قوا میباشد. البتّه منظور از قطع خطوط قوا تنها حرکت سیم هادی در میدان مغناطیسی نیست، منظور حرکت نسبی سیم هادی و میدان مغناطیسی است. بنابراین چنانچه سیم هادی ثابت و آهنربا حرکت داده شود باز همین پدیدهٔ القاء نیروی محرّکه در سیم بوجود میآید.

دانستیم که حرکت سیم هادی در میدان مغناطیسی، قطع خطوط قوا و القاء نیروی محرّکه در سیم هادی باعث حرکت الکترونها از یک سمت سیم به سمت دیگر شده و با تغییر جهت حرکت، جهت حرکت الکترونها نیز عوض میشود. مثلاً وقتی سیم مسی را به دهانهٔ آهنربای نعلی شکل وارد میکنیم جریان الکترونها در جهت معینی میباشد و وقتی که آنرا از دهانه خارج میکنیم جهت حرکت الکترونها نیز عکس جهت قبلی خواهد بود.

اتّصال دو سر سیم هادی به یکدیگر باعث میشود الکترونهای تحریک شده در سیم به



(شکل ۱۳ ــ ۴) نمایش قاعدهٔ دست راست
برای تعیین جهت جریان القائی

حرکت در آمده جریان الکتریسیته بوجود آید. جهت نیروی محرکهٔ القائی و جریان الکتریکی حاصل (که طبق قرارداد عکس جهت حرکت الکترونها میباشد) را میتوان از طریق قاعدهٔ دست راست تعیین نمود بدینطریق که:

اگر سه انگشت شست، سبّابه و وسطی دست راست را بشکل محورهای مختصات نسبت بهم عمود نگهداشته، انگشت شست را در جهت حرکت سیم هادی و انگشت سبّابه را در امتداد خطوط قوای مغناطیسی قرار دهیم انگشت وسطی جهت نیروی محرّکهٔ القائی و جهت جریان الکتریکی در مدار بسته را نشان میدهد. این روش تولید الکتریسیته اساس کار ترانسفورماتورها را تشکیل میدهد.

آثار جریان الکتریسیته

انرژی موجود در جریان الکتریکی را میتوان برای تولید حرارت، نور، فشار (نیرو)، مغناطیس و ایجاد فعل و انفعالات خاصّ شیمیائی بکار برد. این آثار الکتریسیته خود همان عوامل تولید الکتریسیته میباشند که قبلاً شرح آن گذشت.

تولید حرارت بوسیلهٔ الکتریسیته ــ عبور جریان الکتریسیته از یک هادی ایجاد حرارت مینماید. مقدار حرارت ایجاد شده رابطهٔ مستقیم با مقاومت الکتریکی هادی دارد. بنابراین هر چه قابلیّت هدایت الکتریکی بالا باشد (مقاومت کمتر) حرارت کمتری ایجاد میشود و هر چه قابلیّت هدایت الکتریکی پائین باشد (مقاومت بیشتر) حرارت بیشتری ایجاد میشود. چون هر هادی بسیار خوب هم بدون مقاومت نیست، هیچ هادی وجود ندارد که عبور جریان از آن حرارت، (اگر چه ناچیز باشد) ایجاد ننماید.

مقدار حرارت با مجذور شدّت جریان عبوری و زمان عبور جریان نیز متناسب است. واحد سنجش حرارت ژول (J) است. یک ژول مقدار حرارتی است که در سیمی به مقاومت یک اُهم در اثر عبور شدن جریانی برابر با یک آمپر در مدّت زمان یک ثانیه ایجاد شود.

$$Q = RI^2t \qquad \text{حرارت به ژول (J)}$$

واحد دیگر سنجش حرارت کالری (Cal) است. هر ژول معادل ۰/۲۴ کالری است.

$$Q = 0/24\,RI^2t \qquad \text{حرارت به کالری (Cal)}$$

حرارت ایجاد شده در بعضی از وسائل نظیر بخاری، اجاق و اطو برقی مفید است و سعی بر این میباشد که حداکثر حرارت تولید شود. برای اینمنظور از سیمهای مخصوص با مقاومت الکتریکی زیاد استفاده می‌شود.

در بعضی از وسائل حرارت ایجاد شده زیانبار است مانند ترانسفورماتورها و موتورهای برقی. چون علاوه بر مصرف بیهودهٔ مقداری انرژی، چنانچه حرارت ایجاد شده از حدّ معیّنی

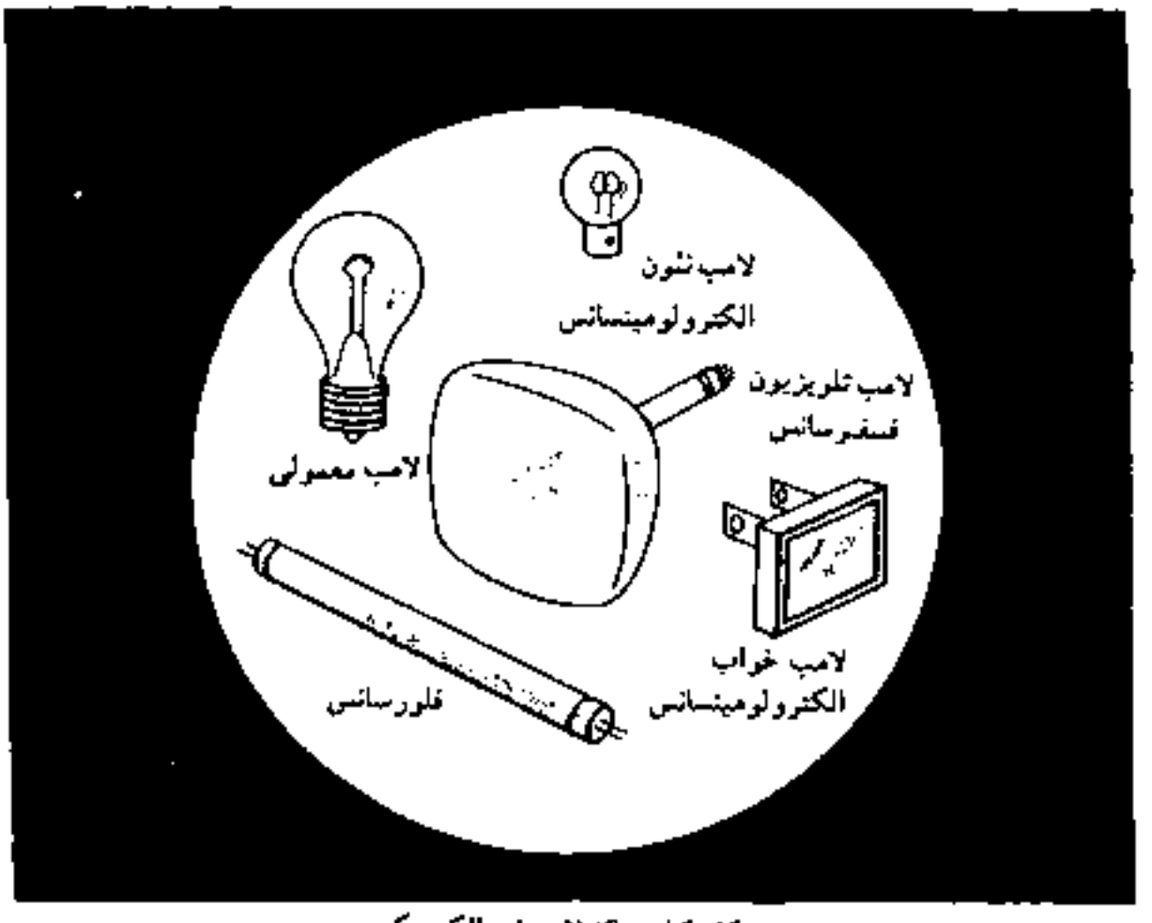
بگذرد باعث سوختن عایق سیم پیچهای موتور میشود که نتیجه‌اش سوختن موتور الکتریکی است.

در لامپهای روشنائی معمولی حرارت ایجاد شده مفید نیست ولی **الزامی** است. چون تا رشتهٔ مقاومت داخل لامپ حرارت نبیند و سرخ نشود تشعشع نمینماید.

تولید نور بوسیلهٔ الکتریسیته ــ خیلی از هادیهای ضعیف (مقاومتهای قوی) در هنگام عبور جریان در اثر حرارت زیادی که در آنها ایجاد میشود افروخته شده نور قرمز یا سفید از خود ظاهر میسازند. این پدیده اساس ساخت لامپهای معمولی را تشکیل میدهد.

ایجاد نور بکمک الکتریسیته بدون اینکه حرارت زیادی تولید گردد امکان پذیر میباشد. این عمل به سه طریق انجام میشود که عبارتند از: فسفرسانس، الکترولومینسانس و فلورسانس (فلوئورسنت) هنگام برخورد الکترونها با بعضی از فسفرها و مواد دیگر پدیدهٔ فسفرسانس بوجود میآید که لامپ تصویر تلویزیون نمونه‌ای از آنست.

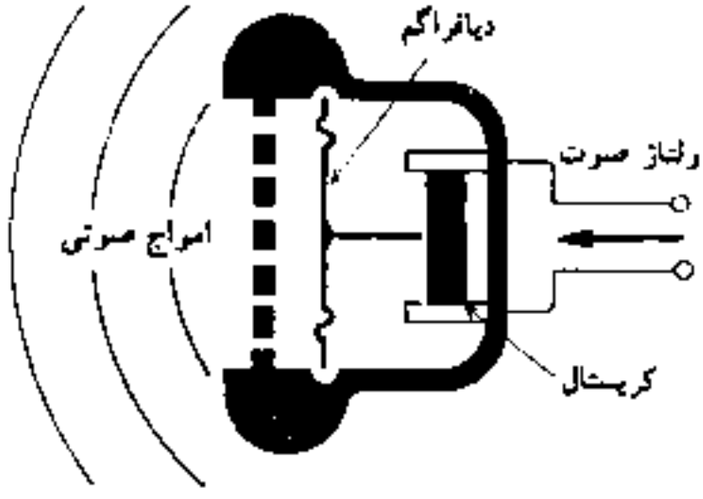
بعضی از اجسام جامد بهنگام عبور جریان الکتریکی از آنها مقدار کمی نور تولید میکنند. عده‌ای از گازها نظیر نئون، آرگون، و بخار جیوه نیز هنگام عبور جریان الکتریکی از آنها یونیزه شده و تشعشعات نوری تولید میکنند. این پدیده را الکترولومینسانس گویند که از آن در ساخت چراغها و تابلوهای تبلیغاتی فروشگاهها استفاده میشود.



(شکل ۱۴ ــ ۴) لامپهای الکتریکی

ترکیبی از فسفرسانس و الکترولومینسانس را فلورسانس گویند. مثلاً گازی مانند بخار جیوه هنگام عبور جریان الکتریکی یونیزه شده اشعهٔ ماوراء بنفش از خود متصاعد میکند، برخورد این تشعشعات با لایهٔ فسفرسانس باعث ایجاد نور سفیدی میشود.

تولید فشار بوسیله الکتریسیته ــ همانطور که وارد نمودن نیرو یا فشار خمشی یا پیچشی به کریستالهای تیرو موجب تولید بار الکتریکی میشود عکس آن نیز صادق است یعنی یک ولتاژ الکتریکی میتواند باعث خمش یا پیچش در کریستالهای پیزو گردد. بعبارت دیگر اتصال دو سر یک کریستال پیزو به یک منبع ولتاژ الکتریکی، یک فشار پیزو الکتریکی در کریستال ایجاد نموده و شکل آنرا تغییر میدهد. این پدیده اساس کار گوشی‌های کریستالی و وسیله‌ایست برای خط انداختن صفحات گرامافون بهنگام ضبط صدا بر روی آنها.



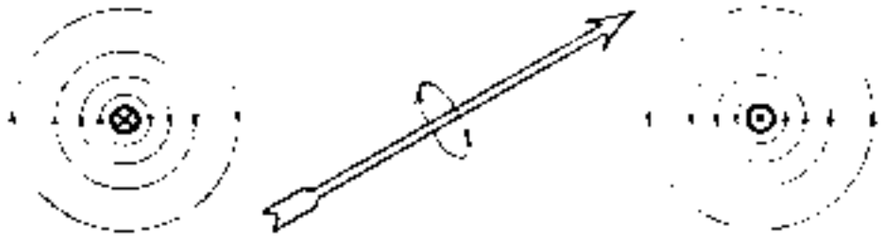
وقتی ولتاژهای صوتی به کریستالهای گوشی داده میشوند کریستالها ارتعاش کرده باعث لرزش دیافراگم می‌شود که این باعث تنیده شدن صدا بوسیلهٔ گوشی میگردد.

(شکل ۱۵ ــ ۴) گوشی کریستالی

تولید مغناطیس توسط الکتریسیته ــ در اطراف هر سیم حامل جریان یک میدان مغناطیسی بوجود میآید که خطوط قوای آن بشکل دوائری که مرکز مشترک آنها مرکز سیم است، سیم را احاطه مینماید.

اگر به مقطع سیم حامل جریان نگاه کنیم و جریان الکتریکی از طرف چشم ما به سمت مقطع سیم باشد این جریان دور شونده را با علامت ⊕ نشان میدهند. در اینصورت جهت خطوط قوای مغناطیسی موافق جهت حرکت عقربه‌های ساعت خواهد بود.

چنانچه جهت جریان از سمت مقطع سیم به طرف چشم ما باشد این جریان نزدیک شونده

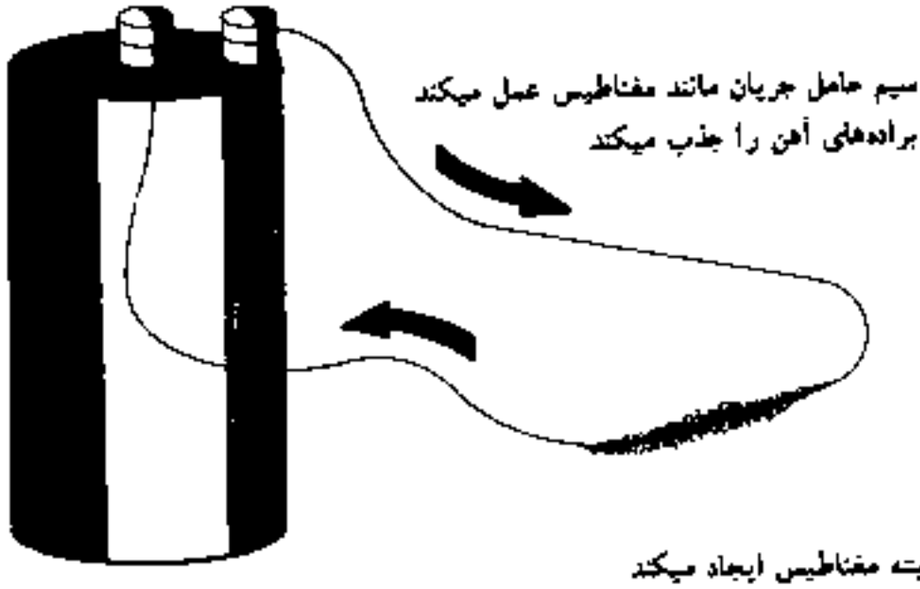


(شکل ۱۶ ــ ۴) جهت خطوط قوای مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

را با علامت ⊙ نشان میدهند. در اینصورت جهت خطوط قوای مغناطیسی مخالف جهت حرکت عقربه‌های ساعت خواهد بود.

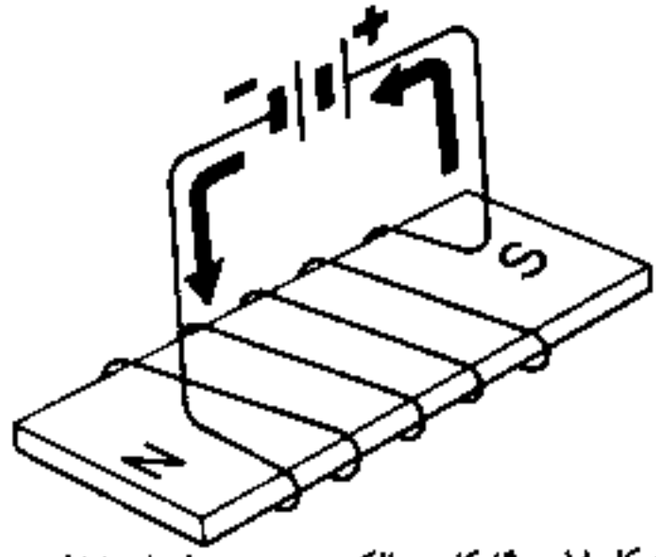
میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف سیم حامل جریان مانند یک مغناطیس میتواند عمل نماید یعنی براده‌های آهن را جذب و عقربهٔ مغناطیسی را منحرف سازد.

میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریسیته را میتوان برای تهیه مغناطیس بکار برد.



(شکل ۱۷ ــ ۴) الکتریسیته مغناطیس ایجاد میکند

چنانچه سیمی را بدور قطعهٔ آهنی پیچیده جریان الکتریسیته را از آن عبور دهیم میدان مغناطیسی حاصل از جریان باعث مغناطیس شدن قطعهٔ آهن میشود.



(شکل ۱۸ ــ ۴) کاربرد الکتریسیته جهت ایجاد مغناطیس SN

چنانچه پس از قطع جریان خاصیّت مغناطیسی قطعه به سرعت از بین برود، مغناطیس را موقّت گویند. برای تهیه مغناطیس موقت از آلیاژ آهن خالص با سیلیس استفاده میشود. در صورتیکه پس از قطع جریان خاصیّت مغناطیسی قطعه برای مدتی طولانی باقی بماند، مغناطیس را دائمی نامند. برای تهیه مغناطیس دائمی از آلیاژهای فولاد و کبالت که آهن سخت نامیده میشود

استفاده میکنند.

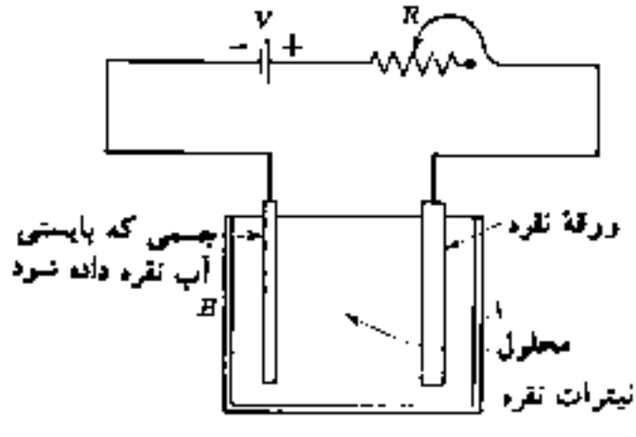
تأثیر شیمیائی جریان الکتریسیته ــ محلولها و مایعاتی که هادی جریان الکتریسیته هستند (الکترولیتها) در نتیجهٔ عبور جریان الکتریسیته از آنها تجزیه میشوند. این عمل را الکترولیز یا تجزیه الکتریکی نامند.

از الکترولیز برای تجزیهٔ آب و تصفیهٔ الکتریکی فلزات و آبکاری استفاده میشود. (آبکاری عملی است برای روکش دادن فلزات بکمک الکتریسیته Electro plating).

مثلاً در آب نقره کاری در محلول نیترات نقره NO_3Ag به یونهای NO_3^- و Ag^+ تجزیه میشود. یک ورقهٔ نقره‌ای (A) و جسمی که بایستی روکش شود (B) داخل محلول قرار داده میشود. ورقهٔ نقره به قطب مثبت پیل و جسم روکش شونده به قطب منفی آن وصل میشود. در نتیجه صفحهٔ A دارای بار مثبت و B دارای بار منفی خواهد شد. با توجه به اینکه بارهای غیر همنام یکدیگر را جذب و بارهای همنام یکدیگر را دفع میکنند یونهای مثبت Ag^+ جذب صفحه منفی B شده روی آن می‌چسبد و به ضخامت آن میافزاید. یونهای منفی NO_3^- باعث جدا شدن نقره بصورت Ag^+ از صفحهٔ نقره و وارد شدن آنها در محلول میگردد باین ترتیب از غلظت محلول کاسته نشده و فعل و انفعالات قبل تداوم می‌یابد. بنابراین نتیجهٔ فعل و انفعالات فوق جدا شدن ذرات نقره از صفحهٔ A و چسبیدن آنها به جسم B است.

در این عملیات هر یون نقره که روی B می‌نشیند یک الکترون از صفحهٔ B دریافت میکند و هر اتم نقره که از صفحهٔ A جدا میشود یک الکترون در آن باقی میگذارد. بنابراین تعداد اتمهای کسر شده از صفحهٔ A مساوی تعداد اتمهای نقره‌ایست که روی صفحهٔ B می‌نشیند.

عبور جریان الکتریسیته در یک جهت معین (جریان مستقیم) عامل نقل و انتقال ذرات نقره از صفحهٔ A به B است. بطور کلی در عمل الکترولیز هیدروژن و فلزات در جهت جریان حرکت میکنند و جذب قطب منفی میشوند. مقدار تجزیه در یک عمل الکترولیز رابطهٔ مستقیم با تعداد الکترونهای جریان یافته در مدار دارد. بنابراین با تغییر شدت جریان میتوان سرعت تجزیه را تغییر داد که این عمل بکمک یک رئوستا (R) انجام میشود.



(شکل ۱۹ ــ ۴) آبکاری از طریق الکترولیز

انواع جریان الکتریسیته

هرگاه جهت جریان در یک سیم حامل جریان الکتریکی تغییر ننماید و در تمام مدت عبور جریان جهت ثابتی داشته باشد، جریان مستقیم خوانده میشود که آنرا جریان DC نیز گویند.

چنانچه جهت جریان در یک سیم حامل جریان الکتریکی متناوباً عوض شود، جریان متناوب خوانده شده که آنرا جریان AC نیز گویند.

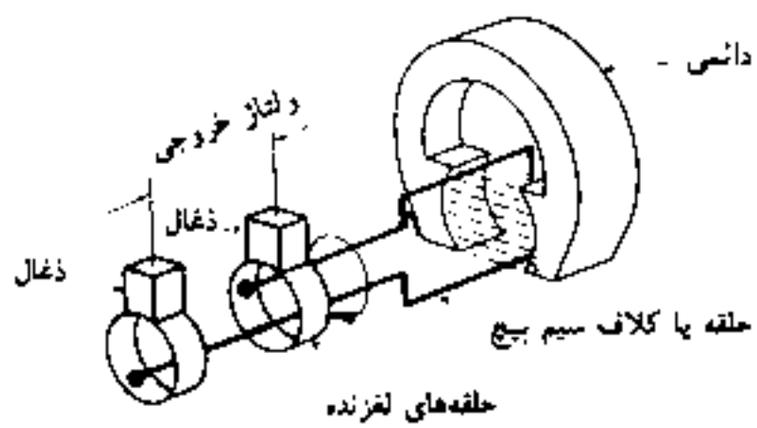
بنابراین جریان مستقیم (DC) نسبت به زمان ثابت و جریان متناوب دارای یک منحنی سینوسی است.

جریان متناوب یکفاز ــ از گردش یک حلقه سیم هادی بین قطبین N و S یک آهنربای نعلی شکل، نیروی میدان مغناطیسی آهنربا بر الکترونهای سیم هادی تأثیر نموده نیروی محرکهٔ متناوبی بین دو سر آن ظاهر میشود.

هرچه تعداد حلقه‌های سیم هادی را زیادتر و سرعت گردش بیشتر باشد نیروی محرکهٔ بالاتری ایجاد خواهد شد. بدینجهت بجای یک حلقهٔ سیمی از کلافی با چندین حلقه که دور هسته‌ای آهنی پیچیده شده‌اند استفاده میشود (بکار بردن هستهٔ آهنی برای آنست که خطوط قوای مغناطیسی فاصلهٔ هوائی کوتاهتری را طی کرده مقاومت مدار مغناطیسی حتی الامکان کاهش یابد).

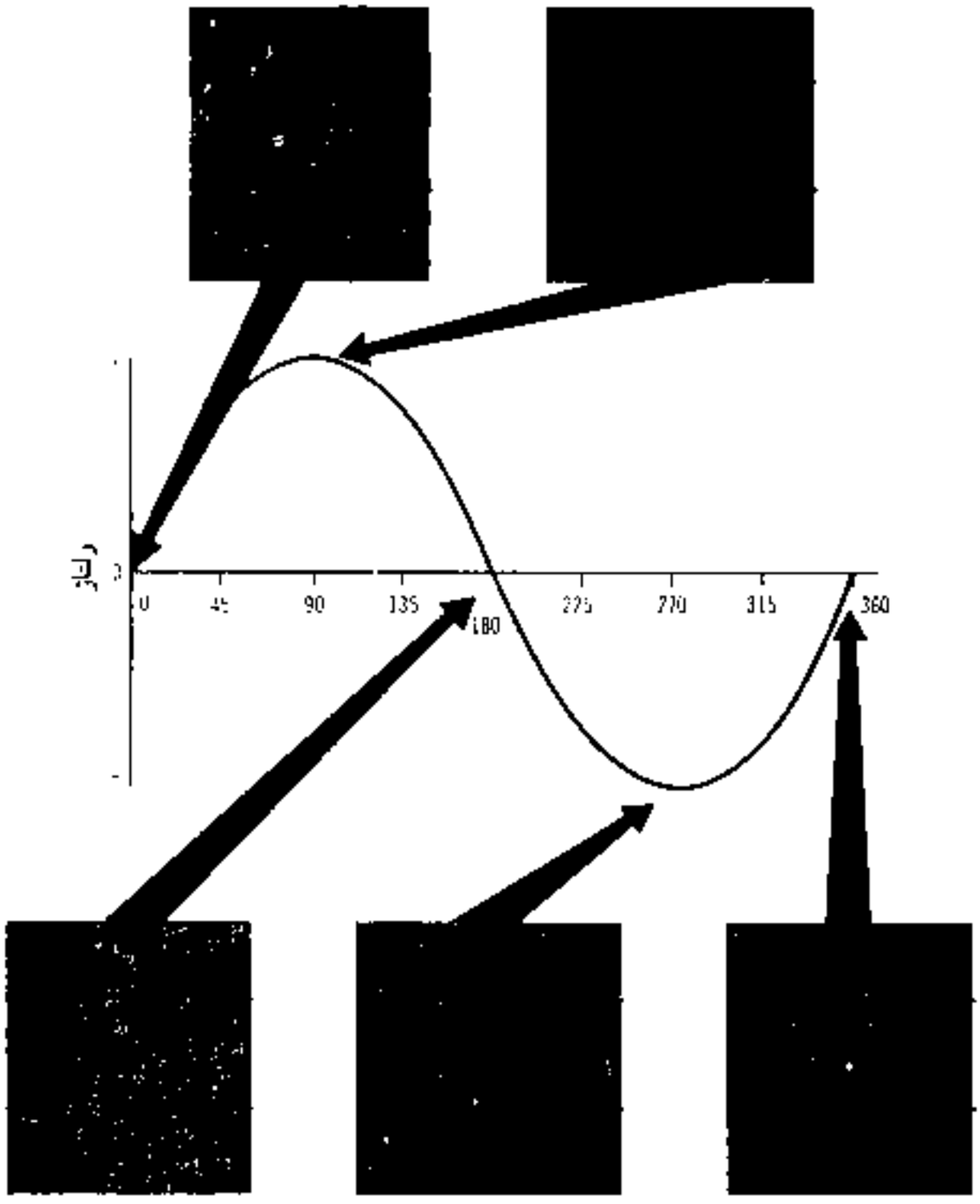
برای انتقال ولتاژ حاصله از حلقه‌های لغزندهٔ فلزی (Slipring) و جاروبکها یا ذغالها (Brushes) استفاده میشود. حلقه‌های لغزنده دارای سطحی صاف بوده و از هادیهای خوب ساخته میشوند. به هر سر کلاف سیم پیچ یکی از این حلقه‌ها متصل شده و همراه با آن گردش می‌نماید. بنابراین ولتاژ القائی در سیم پیچ بین این دو حلقه واقع خواهد شد. جاروبکها (ذغالها) روی این حلقه‌ها قرار گرفته ولی در جای خود ثابت هستند. تماس دائمی ذغالها با حلقه‌های لغزنده امکان انتقال ولتاژ تولیدی را به مصرف کننده‌های خارجی بوجود میآورد.

مطالب فوق اساس تولید جریان الکتریکی متناوب را تشکیل میدهد. بطور خلاصه میتوان گفت: جریان یکفاز متناوب از چرخش یک کلاف سیم پیچ با هستهٔ آهنی در میدان مغناطیسی یک آهنربا بوجود میآید.



(شکل ۲۰ ــ ۴)

قطعهٔ ab از کلاف سیم پیچ را در نظر بگیرید. موقع چرخش کلاف سیم هیچ یک هستهٔ آهنی (آرمیچر) در حالتیکه خطوط قوا عمود بر سطح کلاف هستند حرکت در امتداد خطوط قوا است و هیچ کدام از خطوط قطع نمیشوند بنابراین ولتاژ صفر است. ادامهٔ چرخش باعث میشود هر لحظه خطوط بیشتری نسبت به لحظهٔ قبل توسط کلاف قطع شود. ولتاژ رفته رفته بالا رفته تا موقعی که امتداد حرکت بر خطوط قوا عمود گردد (خطوط قوا موازی سطح کلاف شود). در اینحالت ولتاژ به حداکثر خود میرسد. از این نقطه به بعد ولتاژ شروع به کم شدن میکند تا به صفر برسد (امتداد حرکت موازی خطوط قوا). با ادامهٔ حرکت ولتاژ شروع به زیاد شدن میکند ولی در جهتی خلاف



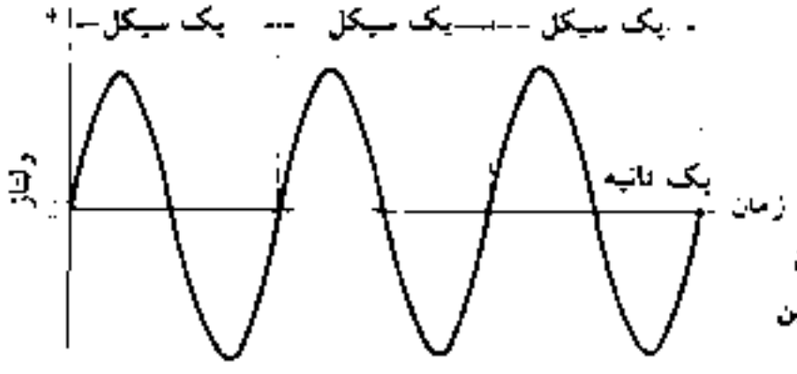
(شکل ۲۱ ــ ۴) مادام که آرمیچر ژنراتور دوران میکند اندازه و جهت ولتاژ تولید شده از یک منحنی سینوسی پیروی میکند

جهت قبل تا وقتی که به حداکثر خود در جهت مخالف برسد، مجدداً به تدریج از ولتاژ کاسته شده تا به صفر برسد. در این حالت قطعهٔ ab از کلاف سیم‌پیچ پس از یکدور کامل به نقطه شروع رسیده است. به عبارت دیگر در یکدور کامل آرمیچر ولتاژ از صفر به ماکزیمم رسیده مجدداً صفر شده و بعد به ماکزیمم در جهت مخالف جهت قبلی رسیده مجدداً صفر می‌شود.

از رسم تغییرات ولتاژ در یکدور چرخش آرمیچر منحنی تغییرات ولتاژ بدست میآید. متداولترین مولدها آنهایی هستند که منحنی تغییرات ولتاژشان یک منحنی سینوسی است. در این مولدهای جریان متناوب (ژنراتورها) در هر لحظه ولتاژ متناسب با سینوس زاویه بین میدان مغناطیسی (خطوط فوا) و بردار جهت حرکت آرمیچر است. چنانچه زاویه مذکور را با θ نشان دهیم خواهیم داشت:

$$e = E_{max} \times \sin\theta$$

تغییرات ولتاژ و شدت جریان از صفر تا ماکزیمم و برگشت صفر و رسیدن به ماکزیمم در جهت مخالف و برگشت مجدّد به صفر را یک سیکل کامل گویند. فرکانس عبارت است از تعداد سیکلهایی که در مدت یک ثانیه انجام میگیرد. واحد فرکانس سیکل بر ثانیه (CPS) است. بنابراین هرچه آرمیچر تندتر بچرخد فرکانس بیشتری ایجاد میشود.



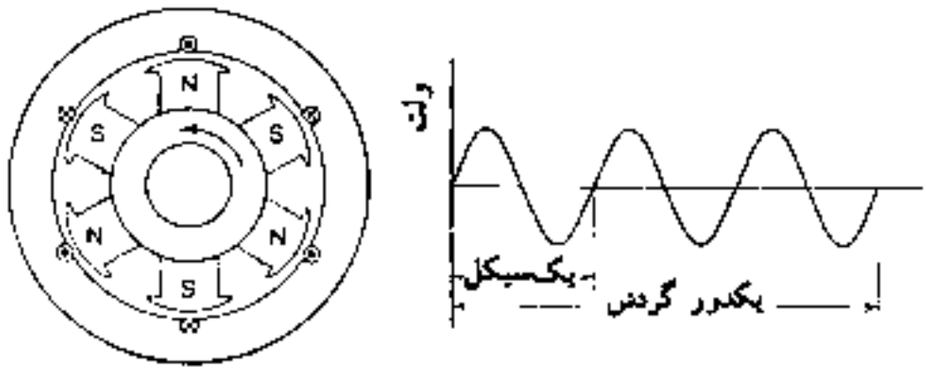
(شکل ۲۲ ـ ۴) فرکانس ولتاژ یا جریان تعداد سیکل‌ها در ثانیه است. فرکانس این ولتاژ ۳CPS است.

فرکانس برق در ایران برابر ۵۰CPS میباشد که بر روی اغلب دستگاههای برقی ذکر شده است. دستگاهی که برای فرکانس معینی ساخته شده چنانچه به فرکانس دیگری متصل شود یا اصلاً کار نمیکند و یا کار نامرتبی خواهند داشت. برای بالا بردن فرکانس بدون احتیاج به افزایش تعداد دور آرمیچر از چند کلاف سری شده که با زاویه مساوی روی یک آرمیچر قرار دارند استفاده میشود. مثلاً اگر از سه کلاف استفاده شود در هر دور چرخش آرمیچر سه سیکل کامل خواهیم داشت.

در مولّدهای کوچک معمولاً قطبهای مغناطیسی ثابت و سیم پیچ گردان میباشد مانند شرحی که برای جریان یکفاز گذشت. ولی در مولّدهای بزرگ سیم‌پیچ ثابت و قطبهای مغناطیس عمل چرخش را انجام میدهند. شکل ۲۳ ـ ۴ یک مولّد ۶ قطبی جریان متناوب با مغناطیس گردان را نشان میدهد.

جریان و ولتاژ حاصل از کار مولدهائی که شرح آنها بیان شد، جریان و ولتاژ متناوب یکفاز نامیده میشوند. مولدهای مذکور دارای یک کلاف یا چند کلاف سیم پیچی سری شده هستند و در

نهایت دو سر سیم خروجی دارند.



(شکل ۲۳ ـ ۴) یک مولد ۶ قطبی جریان متناوب

جریان متناوب سه فاز

چنانچه در مولّدی مانند آنچه برای جریان متناوب یکفاز شرح داده شد بجای یک کلاف سیم پیچ دارای سه کلاف مجزا بوده و هریک با دیگری ۱۲۰° اختلاف روی آرمیچر قرار گیرد. در نهایت ۶ سرسیم خروجی خواهیم داشت و هر دو سر که مربوط به یک کلاف است مانند یک مولد یکفاز متناوب عمل مینماید. بنابراین مولّد مذکور در مجموع مانند سه مولّد یکفاز جداگانه است و آنرا مولّد سه فاز متناوب نامند. جریان و ولتاژ حاصله نیز بنام جریان و ولتاژ سه فاز متناوب خوانده میشود.

از ولتاژ و جریان هر فاز میتوان جداجدا برای وسائل و ماشین آلات یکفاز متناوب و بصورت گروهی برای مصرف کننده‌های سه فاز متناوب استفاده نمود.

کابلهای انتقال انرژی الکتریکی

در انتقال انرژی الکتریکی با قدرت زیاد برای جلوگیری از افت حرارتی زیاد در سیمها بوسیلهٔ ترانسفورماتور ولتاژ خط را بالا میبرند که با توجّه به رابطهٔ توان الکتریکی ($P = U \times I$) اگر قدرت را مقدار ثابتی فرض کنیم شدت جریان کوچک خواهد شد. همانطور که برای انتقال آب با فشار زیاد از یک مقطع کوچک باید لوله را با جدارهٔ ضخیم انتخاب کرد تا در اثر فشار زیاد پاره نشود، برای انتقال جریان الکتریکی با ولتاژ زیاد بایستی سیمهای انتقال را با روپوش و عایقی ضخیم و مناسب انتخاب شود تا جریان به خارج آن نفوذ نکند. ضمناً عایق مذکور باید حفاظت کابل در مقابل عوامل مختلف طبیعی و مصنوعی را نیز انجام دهد. بطور خلاصه میتوان گفت:

هر نوع هادی الکتریسیته که توسط ماده‌ای از محیط اطراف خود عایق شده باشد بطوریکه فشار الکتریکی بین سطح خارجی عایق نسبت به زمین برابر صفر باشند کابل نامیده میشود.

عایق نمودن کابل برای جلوگیری از اتصال هادی به زمین در موقع نصب آن در زمین میباشد. روی کابلها علاوه بر مشخصات فنی آنها که شامل سطح مقطع، نوع عایق، جنس عایق از نظر مقاومتهای مکانیکی است باید ولتاژ مجاز و یک یا چند رشته‌ای بودن آن ذکر گردد.

کابلها بطور کلی از سه قسمت تشکیل شده‌اند:

۱ ــ عایق کابل

۲ ــ قسمت هادی کابل

۳ ــ غلاف کابل

بعضی از کابلها ممکن است فاقد غلاف باشند ولی کلیه کابلها قسمت هادی و عایق را دارا میباشند. در کابلهای مرکب تعداد لایه‌های عایق، روپوش، غلاف و تعداد رشته‌های هادی کابل متفاوت است.

۱ ــ عایق کابل ــ عایق کابل متناسب با نوع مصرف از مواد مختلف ساخته میشود که مهمترین آنها عبارتند از:

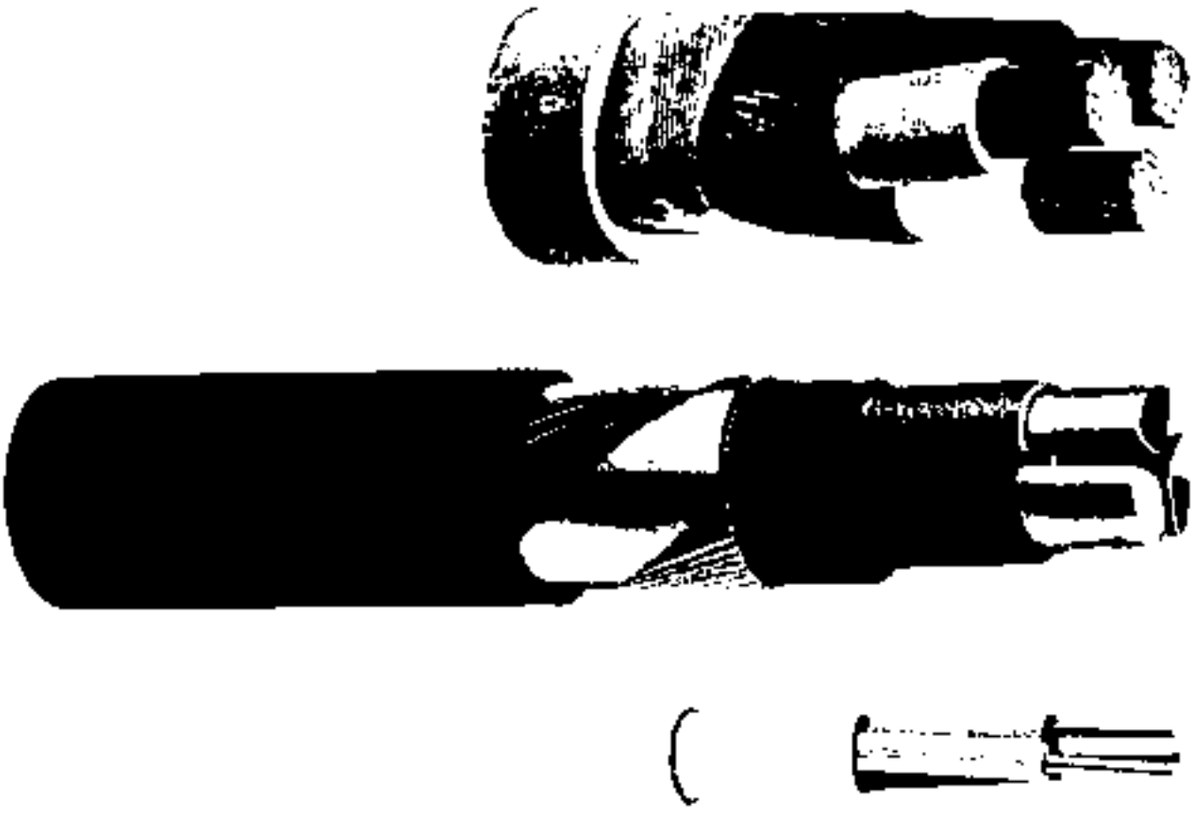
کاغذهای آغشته به روغن، مواد لاستیکی و P.V.C (پلی‌وینیل کلراید) که بهترین و متداولترین آنها عایق P.V.C است که پروتودور نیز نامیده میشود. مواد اولیه P.V.C از ذغال، اسید کلریدریک، آهک، کاربیدو استیلن تشکیل شده است. از ترکیب این مواد P.V.C بصورت پودر حاصل میشود که در ساختن عایق کابلها به مصرف میرسد. این عایقها (P.V.C) نسوز بوده و در مقابل رطوبت و عوامل جوّی مقاوم هستند.

۲ ــ هادی کابل ــ هادی کابل قسمت اصلی آنست که جریان الکتریکی را هدایت میکند. جنس هادی کابل معمولاً از مس یا آلومینیوم است. برای تشخیص جنس این قسمت کافیست به رنگ هادی توجه شود. از نظر شکل مقطع هادی ممکن است دایره‌ای یا مثلثی (سکتور Sector) تهیه شود.

۳ ــ غلاف کابل ــ برای محافظت کابل در مقابل رطوبت روی عایق کابل را با روکشی از جنس سرب می‌پوشانند. در کابلهائی که تحت فشار و ضربه قرار میگیرند برای محافظت از نوارهای فولادی استفاده میشود و برای حفاظت از نوارهای فولادی مذکور لایه‌های قیرگونی بکار میرود.

کابلهائی که علاوه بر عایق شدن برای محافظت دارای غلاف سربی و نوارهای فولادی باشند بنام کابل مسلّح و کابلهائی که فقط از نظر الکتریکی عایق شده‌اند کابل معمولی یا کابل غیر مسلّح نامیده میشوند.

مشخصات کابل روی قرقرهٔ مربوطه و در بعضی موارد روی بدنهٔ کابل با حروف مشخّصه‌ای نوشته میشود که بعضی از این حروف برحسب استانداردهای V.D.E آلمان بقرار



(شکل ۲۲ ــ ۴)

ذیل است:

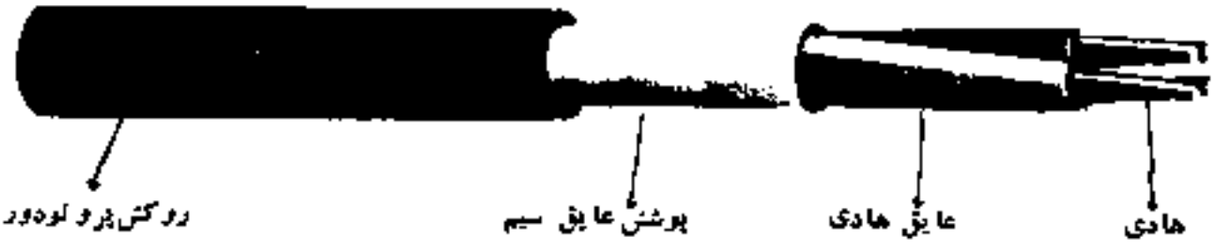
کابل با سیم مسی (کابل نرمال).	N
کابل با سیم‌آلومینیومی.	NA
عایق پروتودور (اوّلین Y در ردیف حروف).	Y
روپوش پروتودور (دوّمین Y در ردیف حروف).	Y
سیم با مقطع گرد یک لا (تک رشته‌ای).	re
سیم با مقطع گرد چند لا (چند رشته‌ای).	rm
سیم با مقطع مثلثی یک لا (سکتور تک رشته‌ای).	se
سیم با مقطع مثلثی چند لا (سکتور چند رشته‌ای).	sm
کابل مسلح با سیم تخت.	F
کابل مسلح با سیم گرد.	R
کابل مسلح با نوار فلزی (بانداژ فولادی).	B
کابل مسلح با سیم پروفیلی.	Z
حفاظت با نوار فولادی.	Gb
سیم حفاظت یا سیم صفر (سیم نول MP).	C
غلاف سربی.	K

A غلاف خارجی دوبل.

T کابل تحمّل کننده برای کابل کشی هوائی.

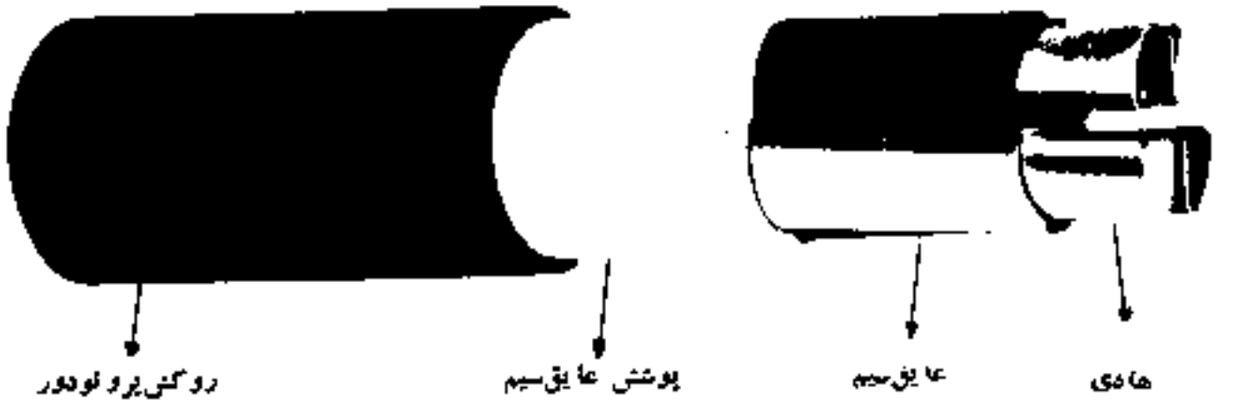
H هر رشته با کاغذ آغشته به گرافیت یا با ورقهٔ متالیزه روکش شده است.

مثال ۱ ــ کابل Nyy4 × re0.6/1KV ــ یعنی کابل نرمال با عایق و روکش پروتودور، غیر قابل اشتعال و پایدار در مقابل رطوبت و عوامل جوّی، چهار سیمه با مقطع چهار میلیمتر مربع، مقطع مفتولها دایره‌ای تک رشته‌ای، کابل برای فشار ۰/۶ کیلو ولت بین هر فاز و زمین و یک کیلو ولت بین هر دو فاز آن.



شکل ۲۵ ــ ۴ کابل NYY

مثال ۲ ــ کابل NAYY4 × 50Se0.6/1KV ــ یعنی کابل نرمال با جنس هادی از آلومینیوم، عایق و روپوش پروتودور، غیر قابل اشتعال و مقاوم در مقابل رطوبت و عوامل جوی، چهار سیمه، هر سیم به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع، با شکل مقطع سکتورتک رشته‌ای (مثلثی یک لا) کابل برای ۰/۶ کیلو ولت فشار بین هر فاز و زمین و یک کیلو ولت بین هر دو فاز آن.

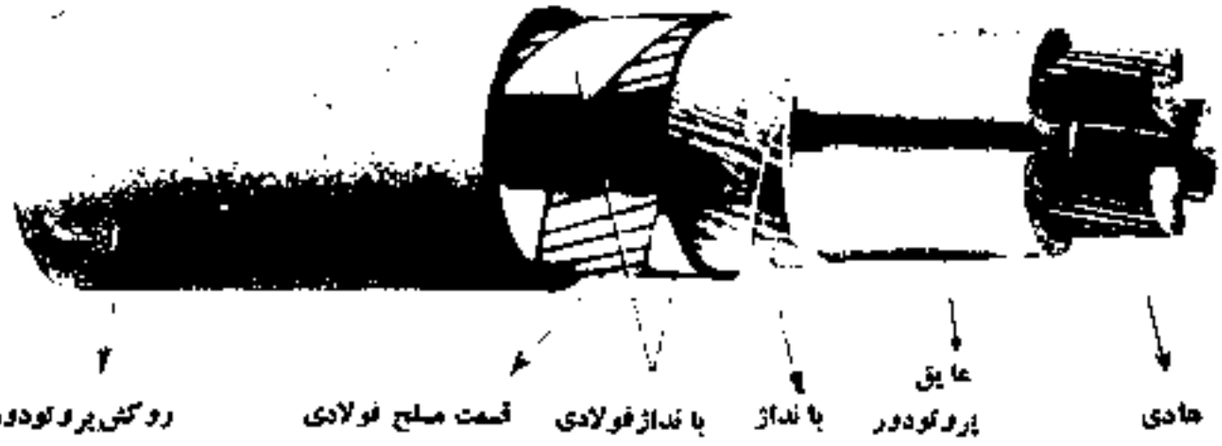


(شکل ۲۶ ــ ۴) کابل NAYY

مثال ۳ ــ کابل NYFGBY3 × 50Sm3.6/6KV ــ یعنی کابل نرمال با عایق پروتودور، غیرقابل اشتعال و پایدار در مقابل رطوبت و عوامل جوّی، مسلّح شده با سیمهای فولادی تخت و حفاظت با نوار فولادی، روکش پروتودور، سه سیمه هر سیم کلاً به سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع،

سیمهای سکتور چند رشته‌ای (مثلثی چند لا). کابل برای ۳/۶ کیلو ولت فشار بین هر فاز و زمین و ۶ کیلو ولت بین هر دو فاز آن ساخته شده.

(کابل مسلح نشده یعنی میتواند در مقابل فشار و ضربات احتمالی مقاومت نماید).



شکل ۲۷ ــ ۴ کابل NYFGbY

سیمهای انتقال انرژی الکتریکی

سیمها هادیهائی را گویند که بدون روپوش و عایق و... و یا فقط با یک روپوش برای انتقال انرژی الکتریکی بکار میروند.

در مواردی که تعداد زیادی مصرف‌کننده بایستی از یک خط تغذیه شوند باید دقت زیادی بشود. چنانچه میدانیم مقاومت یک هادی رابطهٔ عکس با سطح مقطع آن دارد. بعبارت دیگر هرچه مقطع آن بزرگتر باشد دارای مقاومت کمتر نسبت به هادی همجنس خودش میباشد (با طول مساوی) و افت کمتری در طول خط ایجاد نموده و حرارت کمتری بوجود خواهد آمد. بنابراین انتخاب صحیح هادی باعث جلوگیری از افت ولتاژ و ایجاد حرارت زیاد در خط که ممکن است باعث آتش‌سوزی گردد خواهد شد.

برای سیم‌کشی روکار از سیمهای افشان (چند لا) و برای سیم‌کشی توکار از سیمهای افشان یا تک‌رشته‌ای استفاده میشود.

برای نقاطی که از لولهٔ توکار نمیتوان استفاده کرد سیمهای مخصوص زیرگچی که دارای عایق چند لایه بوده و به شکل تسمه‌ای ساخته میشوند استفاده میشود.

برای سیمها، کابلهای روکار و سیمهای زیرگچی جداول استانداردی تهیه شده است که به کمک آنها میتوان سیم مناسبی را برای سیم‌کشی انتخاب کرد. قسمتی از این جداول درصفحهٔ بعد نشان داده شده است.

قسمتی از جدول حداکثر جریان مجاز سیم‌های استاندارد شدهٔ مسی

مقطع سیم به mm^2	شدت جریان مجاز سیم برحسب آمپر برای سیمهای مسی					
	سیم‌های با عایق تا حداکثر ۳ سیم در هر لوله		کابل‌های روکار و سیم‌های زیر گچی		سیم‌های هوائی	
۰/۷۵	۴	آمپر	۶	آمپر	۱۰	آمپر
۱	۶	آمپر	۱۰	آمپر	۱۵	آمپر
۱/۵	۱۰	آمپر	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر
۲/۵	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر	۲۵	آمپر
۴	۲۰	امپر	۲۵	آمپر	۳۵	آمپر

مقطع سیم به mm^2	شدت جریان مجاز سیم برحسب آمپر برای سیمهای آلومینیومی					
	سیمهای عایق‌دار تا حداکثر ۳ سیم در هر لوله		کابلهای روکار و سیمهای زیر گچی		سیمهای هوائی	
۲/۵	۱۰	آمپر	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر
۴	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر	۲۵	آمپر
۶	۲۰	آمپر	۲۵	آمپر	۳۵	آمپر
۱۰	۲۵	آمپر	۳۵	آمپر	۵۰	آمپر

فیوزها

چنانچه در بخش اوّل کتاب نیز آمده است، فیوزها از تجهیزات ایمنی و حفاظتی مدارهای الکتریکی هستند. فیوز عبارت است از قطعه‌ای فلزی که در مسیر جریان قرار میگیرد تا چنانچه جریان بعلّتی از حدّ مجاز تجاوز نماید فلز مذکور که ضعیفتر از قسمتهای دیگر مدار انتخاب شده، ذوب گردیده، جریان از بقیه مدار قطع و از وارد شدن خسارت به آنها جلوگیری نماید.

ذوب فلز و قطع شدن جریان در فیوز همراه با جرقّه و قوس الکتریکی است. بنابراین باید آنرا در محفظه‌ای نسوز از جنس فیبر استخوانی یا چینی قرار داد. گاهی این محفظه را که معمولاً به شکل استوانه است با پودرهای نسوز یا روغن پر میکنند تا در موقع ذوب فلز فیوز، قوس الکتریکی ایجاد شده بلافاصله خاموش شود.

هر فیوز دارای دوام حرارتی خاص میباشد بدینجهت کار کنتاکتور مغناطیسی و رلهٔ حرارتی را به تنهائی انجام میدهد. فیوزها ازنظر سرعت قطع کردن مدار به دو دسته تقسیم میشوند:

تند کار و کند کار.

از فیوز تندکار در مواردی استفاده میشود که عبور جریان زیاد به مدّت طولانی برای تجهیزات مدار مضر باشد و بالعکس از فیوزهای کندکار در مواردی استفاده میشود که باید فیوز جریان زیادی را برای مدّت کمی تحمّل نماید. مثلاً فیوزهائی که در مدار موتورهای الکتریکی بکار میروند باید جریان زیادی را که در لحظهٔ راه‌اندازی از مدار میگذرد تحمّل نمایند.

در موقع انتخاب فیوز برای مصارف روشنائی یا موتورهای الکتریکی و غیره بایستی دقت کرد فیوزهای تندکار یا کندکار مناسب وضعیّت آنها درنظر گرفته شود.

معمولترین فیوزها فیوز فشنگی است که در صنعت بسیار متداول است. قسمتهای مهم این فیوز عبارتند از: فشنگی، پایه و کلاهک.

فشنگی همان استوانه‌ایست که سیم ذوب شونده در داخل آن قرار گرفته است. در مجاورت این سیم یک سیم دیگر نیز قرار گرفته که یک پولک رنگی را نگهداری میکند. هرگاه سیم فیوز بعلّت جریان اضافی ذوب شود سیم نگهدارندهٔ پولک نیز ذوب شده آنرا رها مینماید و این نشانه‌ایست برای تشخیص سالم یا سوخته بودن فیوز. مقرّرات ایمنی بین‌المللی ترمیم کردن فیوز فشنگی را منع کرده است و باید فشنگی جدیدی بجای فشنگی سوخته قرار داد. رنگ پولک فیوزها نشان‌دهندهٔ جریان اسمی فیوز است. مثلاً: پولک قرمز برای فیوز ۱۰ آمپر، پولک صورتی برای فیوز ۲ آمپر، پولک سفید برای فیوز ۵۰ آمپر و... پایه یا بدنهٔ فیوز که جریان از شبکه به پیچ محل اتصال ته فشنگی وارد و از پیچ مربوط به محلّ اتّصال سر فشنگی که محلّ بستن کلاهک است بطرف مصرف‌کننده هدایت میشود.

کلاهک فیوز به پایه پیچ شده و فشنگی را در محلّ خود نگهداری میکند و در پیشانی آن شیشه‌ای نصب شده که ازطریق آن رنگ پولک فیوز قابل تشخیص است.

موتورهای جریان مستقیم

طریقهٔ تولید الکتریسیتهٔ متناوب را قبلاً مطالعه کردیم که بطور خلاصه چنین است:

کلافی سیم‌پیچ در میدان مغناطیسی آهنربائی حرکت نموده نیروی محرکهٔ القائی فشاری بین دو سر سیم پیچ ایجاد مینماید که جهت جریان بین دو نقطهٔ مذکور دائماً در تغییر است. برای انتقال جریان و ولتاژ متناوب حاصله به خارج از مولّد از حلقه‌های لغزنده و جاروبکها (زغالها) استفاده میشود.

درصورتیکه بجای دو حلقهٔ لغزنده از دو نیم حلقه که هریک به یکسر کلاف وصل شده و همراه با آن گردش میکند استفاده کنیم، ذغالها که عامل انتقال جریان و ولتاژ به خارج از مولّد هستند بر آنها تکیه داشته ولی با آنها چرخش نمی‌نمایند. بنابراین همزمان با تغییر جهت جریان

بین دو سر کلاف، نیم حلقه‌های مماس بر جاروبکها نیز محلّشان عوض میشود. درنتیجه جریان در مدار خارجی (مدار مصرف) همیشه در یک جهت خواهد بود (جریان و ولتاژ مستقیم). این ماشین انرژی مکانیکی را به الکتریکی تبدیل میکند و ژنراتور جریان مستقیم یا دینامو (Dynamo) نامیده میشود.

چنانچه از سیم پیچ این ماشین جریان مستقیم (جریان DC) عبور داده شود قادر است انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل، و آرمیچر را به گردش درآورد. در اینحالت ماشین را موتور جریان مستقیم (Direct Current Generator) نامند.

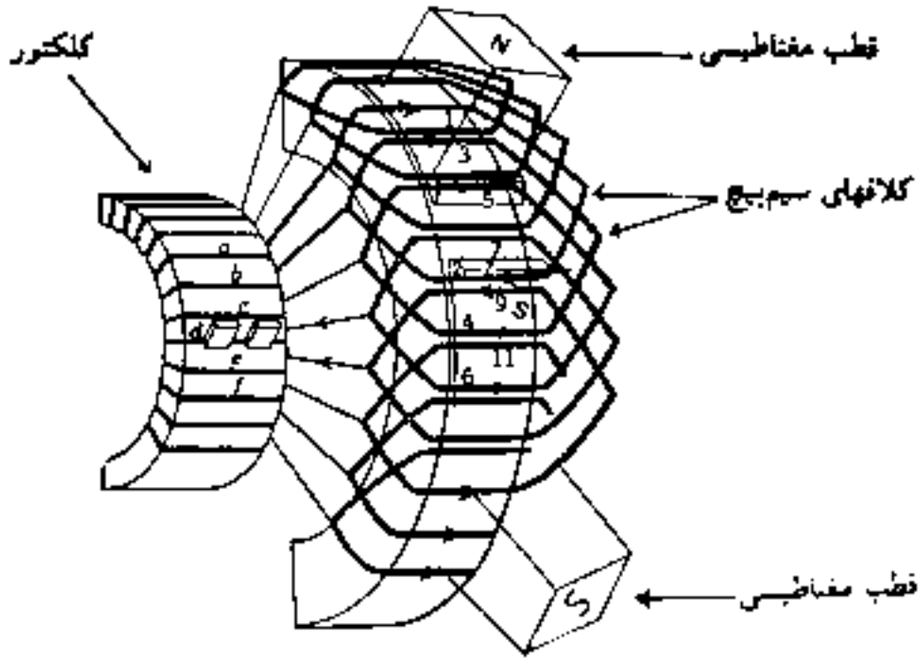
برای بالا بردن تعداد دور موتور بجای یک جفت قطب از چند جفت قطب و بجای یک کلاف از چندین کلاف سیم‌پیچ که روی یک هستهٔ آهنی قرار دارند (آرمیچر یا روتور Rotor) استفاده میشود. هریک از سرهای خروجی کلافها به تیغه‌ای مسی متّصل است که مجموعهٔ این تیغه‌ها پهلوی یکدیگر با عایق‌بندی بین آنها استوانه‌ای را تشکیل میدهند که کلکتور یا کموتاتور (Commutator) نامیده میشود و زغالها برای رساندن انرژی الکتریکی به سیم‌پیچها روی آن تکیه دارند.

در موتورهای کوچک برای قطبها از مغناطیس دائمی و در موتورهای بزرگتر از قطبهای الکترومغناطیسی استفاده میشود. برحسب نوع قطبهای مغناطیسی و شکل تأمین جریان تحریک آنها موتورهای جریان مستقیم به شکل ذیل تقسیم میشوند:

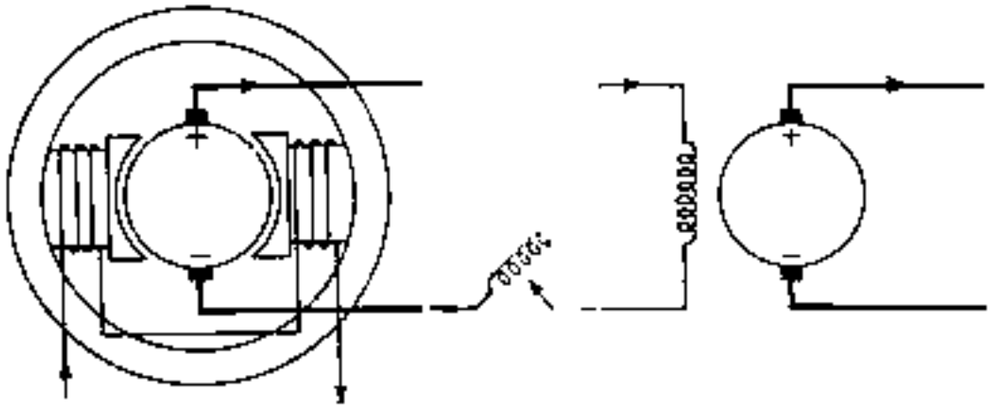
موتورهای جریان مستقیم
- ۱ ــ قطبها از مغناطیس دائمی
- ۲ ــ قطبها از مغناطیس الکتریکی
  - ۱ ــ موتورهای با تحریک جداگانه یا مستقل
  - ۲ ــ موتورهای با تحریک شنت یا موازی
  - ۳ ــ موتورهای با تحریک سری
  - ۴ ــ موتورهای با تحریک کمپوند یا مختلط

۱ ــ موتورهای جریان مستقیم با تحریک جداگانه یا مستقل ــ در این موتورها تحریک قطبها توسط یک منبع مستقل خارجی تأمین میشود که جدا از منبع تغذیه سیم‌پیچهای روتور میباشد. سیم‌پیچ روتور این موتور با یک مقاومت متغیّر بعنوان مقاومت راه‌اندازی سری شده که پس از راه‌اندازی موتور مقاومت مذکور بتدریج از مدار خارج میشود.

۲ ــ موتورهای با تحریک شنت (موازی) ــ در موتورهای شنت سیم‌پیچ قطبها بطور موازی با سیم‌پیچ رونور اتّصال می‌یابد. بنابراین قسمتی از جریان راه‌اندازی از سیم‌پیچ‌القاء ــ

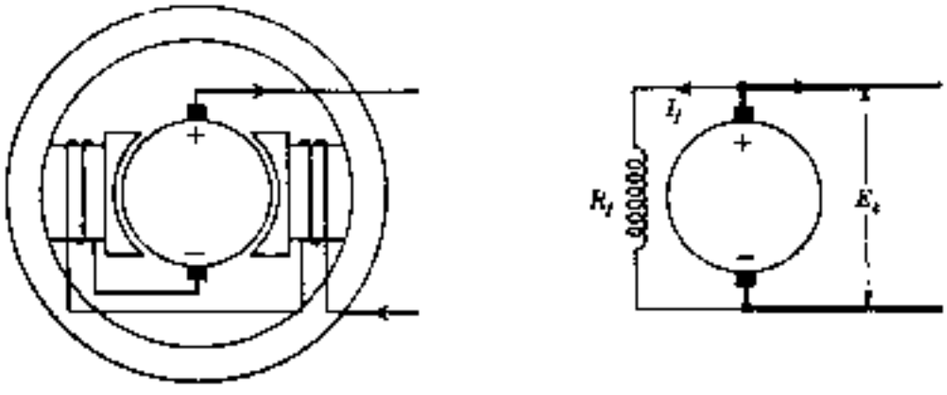


(شکل ۲۸ ــ ۴) قسمتی از یک روتور



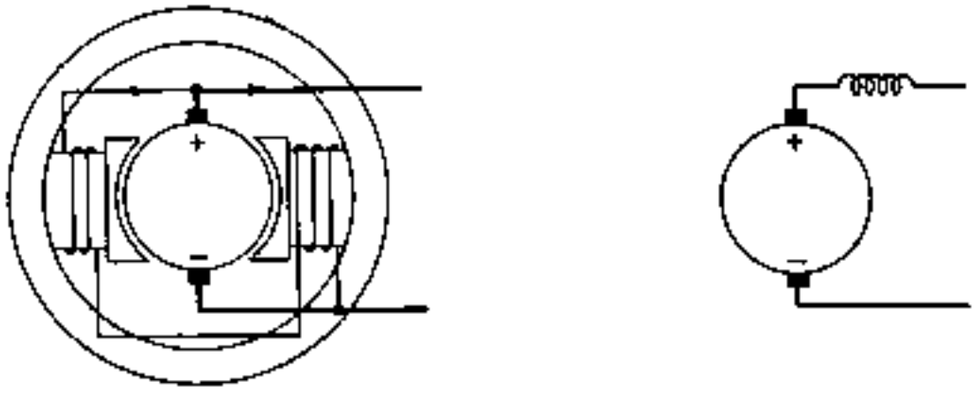
(شکل ۲۹ ــ ۴) موتور با تحریک مستقل

کننده خواهد گذشت. این سیم‌پیچ را از سیم نازک و با تعداد دور زیاد انتخاب میکنند تا مقاومت آن بالا رفته بخش کمی از جریان ورودی به موتور وارد این سیم‌پیچ گردد.



(شکل ۳۰ ــ ۴) موتور با تحریک موازی

۳ ــ موتورهای با تحریک سری ــ در این موتورها سیم‌پیچ قطبها با سیم‌پیچ روتور (آرمیچر) بطور سری متصل میشود، بنابراین تمام جریان ورودی به موتور از این سیم‌پیچ نیز میگذرد. چون جریان زیادی از این سیم‌پیچ خواهد گذشت آنرا از سیمهای با مقطع بزرگ و با دور کم انتخاب میکنند تا مقاومت آن کم شده جریان براحتی از آن عبور کرده مقدار تلفات نیز کم باشد.

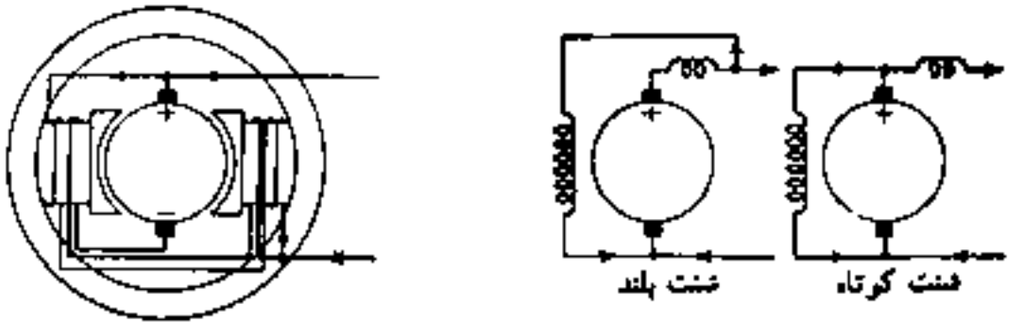


(شکل ۳۱ ــ ۴) موتور با تحریک سری

۴ ــ موتور با تحریک کمپوند (مختلط) ــ در این موتورها روی قطبها دو نوع سیم‌پیچ یکی ضخیم با تعداد دور کم و دیگری نازک با تعداد دور زیاد انجام میشود.

سیم‌پیچ ضخیم بطریقهٔ سری و سیم‌پیچ نازک بطریقهٔ موازی با سیم‌پیچ روتور اتصال می‌یابند.

اگر سیم‌پیچ موازی با ابتدای سیم‌پیچ سری و انتهای سیم‌پیچ آرمیچر (روتور) موازی بسته شوند آنرا شنت بلند و اگر فقط با سیم‌پیچ آرمیچر موازی باشد آنرا شنت کوتاه نامند. این دو طرز اتصال سیم‌پیچ موازی تأثیر مهمّی در طرزکار و مشخّصات ماشین ندارد. انتخاب هریک از این دو طریقه بستگی به ملاحظات مکانیکی و موتور و کلیدهای معکوس‌کنندهٔ جریان دارد.



(شکل ۳۲ ــ ۴) موتور با تحریک مختلط

موتورهای جریان متناوب (یکفاز و سه فاز)

موتورهای جریان متناوب که عامل تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی میباشند به دو دستهٔ

اصلی تقسیم میشوند:

۱ ــ موتورهای سنکرون. ۲ ــ موتورهای آسنکرون.

موتورهای سنکرون Synchronous Motors ــ ساختمان موتورهای سنکرون شبیه ساختمان آلترناتورها (مولّدهای جریان متناوب) است. درنتیجه میتوان از یک آلترناتور بجای موتور سنکرون استفاده نمود. در آلترناتورها جریان متناوب از استاتور گرفته میشود (در مولّدهای با مغناطیس گردان). برای تبدیل آنها به موتور سنکرون باید از یک منبع ولتاژ متناوب خارجی جریان لازم به کلافهای استاتور آن داده شود. بنابراین استاتور این موتورها کاملاً شبیه استاتور آلترناتورها ساخته میشود.

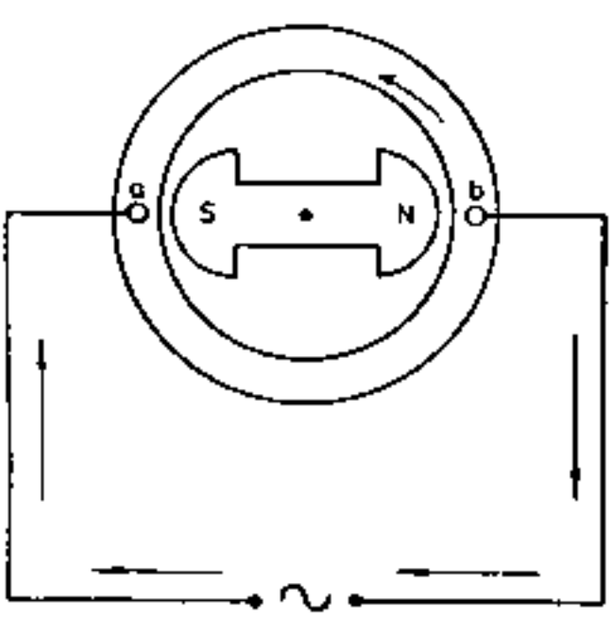
در شکل ۳۳ ــ ۴ و ۳۴ ــ ۴ حروف a و b دو سر کلاف استاتور موتور جریان متناوب یکفازی را نشان میدهد. قطب N روتور مقابل b و قطب S مقابل a است. عبور جریان از کلاف ab مطابق شکل ۳۳ ــ ۴ یک میدان مغناطیسی در استاتور بوجود میآورد. تأثیر میدان مغناطیسی روتور و استاتور بر یکدیگر باعث میشود قطبهای N و S طبق قانون سه انگشت دست راست بحرکت‌درمی‌آیند (قطب شمال North بطرف چپ و قطب جنوب South بطرف راست). بطوریکه روتور گردشی درجهت خلاف عقربه‌های ساعت دارد. با تعویض جهت جریان (شکل ۳۴ ــ ۴) جهت میدان مغناطیسی استاتور عوض شده باعث تعویض جهت حرکت قطبهای N و S میشود یعنی حرکت روتور عکس میشود.

اگر فرکانس جریان متناوب را مثلاً ۵۰ درنظر بگیریم (فرکانس برق در ایران) ملاحظه میشود که جهت جریان و درنتیجه جهت میدان مغناطیسی استاتور ۵۰ مرتبه در ثانیه عوض میشود و مجدداً به جهت اوّلیه خود بازمیگردد. بعبارت دیگر در یک سر کلاف ۵۰ مرتبه جریان مثبت و ۵۰ مرتبه منفی ایجاد میگردد. بنابراین در مدّت یک ثانیه روتور بایستی ۵۰ مرتبه به چپ و ۵۰ مرتبه به راست حرکت نماید که عملاً غیرممکن است لذا موتور چرخشی نداشته و یک لرزش خفیف در آن مشاهده میشود.

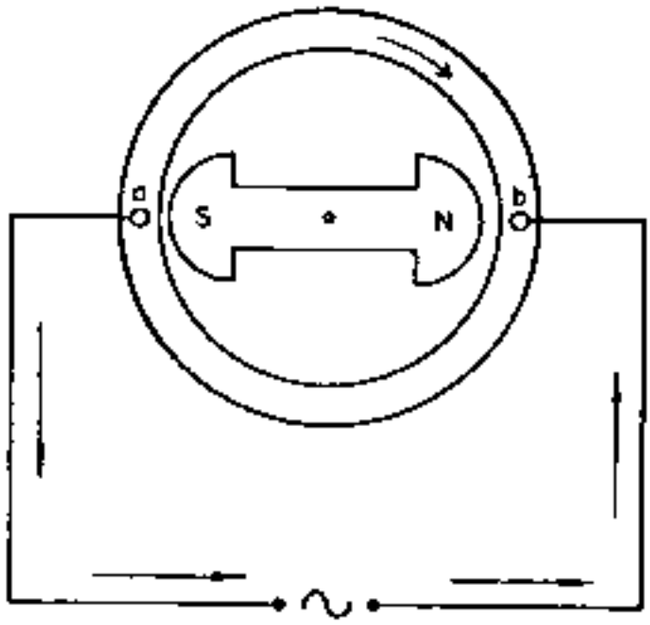
حال چنانچه با یک وسیلهٔ خارجی روتور را قدری دوران دهیم بطوریکه در مدت لازم برای تعویض جهت جریان ($\frac{۱}{۱۰۰}$ ثانیه) روتور نیز نیمدور گردش کرده جای قطبین N و S نسبت به b و a عوض شود مولفهٔ تأثیر میدان مغناطیسی استاتور و روتور بر یکدیگر همیشه در یک جهت باقی خواهد ماند. بنابراین روتور درجهت چرخش ایجاد شده به حرکت خود ادامه خواهد داد.

نتیجه اینکه با چرخش اوّلیه‌ای که در روتور ایجاد میشود (راه‌اندازی بوسیلهٔ موتور خارجی) چرخشی در همان جهت و با تعداد دور ثابت که متناسب با فرکانس منبع تغذیهٔ آن است در موتور ایجاد میشود.

چنانکه گفته شد موتورهای سنکرون بدون راه‌اندازی اوّلیه قادر به حرکت نیستند. بنابراین



(شکل ۴-۳۳)



(شکل ۴-۳۴)

باید از یک وسیلهٔ راه انداز خارجی که ممکن است یک موتور یا یک سیم پیچ فرعی بر روی روتور باشد استفاده نمود.

درموتورهای نوع اخیر روتور از جهتی شبیه روتور آلترناتور و از جهتی شبیه روتور موتور آسنکرون که شرح آن بعداً خواهد آمد میباشد بدین شکل که:

از این جهت شبیه آلترناتورهاست که قطبهای آن دارای سیم‌پیچ القاء کننده است و با جریان مستقیم تحریک میشود و از این جهت شبیه موتورهای آسنکرون است که روتور آن دارای شیارهائی در محیط خود بوده که قفسی از سیمهای هادی که بصورت اتصال کوتاه در داخل آنها قرار داده شده (در هر سمت روتور کلیه سیمها بهم اتصال داده شده‌اند).

در شرحی که گذشت راجع به طرز کار موتور سنکرون بکمک یک محرک خارجی نظیر یک موتور راه‌انداز بحث شد. حال با طرز کار موتور سنکرون با سیم‌پیچ فرعی آشنا میشویم.

طرز کار موتور سنکرون با سیم‌پیچ فرعی ــ قبلاً گفتیم قطبهای روتور این موتور از طریق سیم‌پیچ القاء کننده‌ای با جریان مستقیم تحریک میشوند و در شیارهای محیطی روتور قفسه‌ای از سیمهای هادی بصورت اتصال کوتاه وجود دارد (سیم‌پیچ فرعی).

در موقع راه‌اندازی این موتور (موتور سنکرون با سیم‌پیچ فرعی) ابتدا جریان مستقیم (جریان تحریک روتور) را قطع و فقط سیم‌پیچ استاتور را به شبکهٔ متناوب متصل میکنند. حوزهٔ دوّار میدان مغناطیسی استاتور سیم پیچ فرعی را قطع کرده در آن نیروی محرکه‌ای القاء میکند. چون سیمهای سیم‌پیچ فرعی اتصال کوتاه هستند جریانی در آنها بوجود میآید. تأثیر میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ فرعی حاصل از جریان القائی با میدان مغناطیسی استاتور نیروئی را به سیم پیچ وارد که گشتاور حاصل از آن روتور را به حرکت درمی‌آورد. با شروع حرکت جریان

مستقیم تحریک قطبها را وصل کرده با تغییر مقاومت راه‌انداز جریان تحریک را افزایش داده، شدت میدان مغناطیسی قطبها افزایش یافته، نیروی وارد بر سیم‌پیچ فرعی افزایش یافته، سرعت چرخش روتور زیاد میشود تا به سرعت سنکرون برسد. در اینحالت تعداد دور روتور و میدان مغناطیسی دوّار استاتور همزمان شده، نیروی محرکه‌ای در سیم‌پیچ فرعی القاء نمیشود.

بنابراین جریان در سیم‌پیچ به صفر میرسد و گشتاور حاصل از آن حذف میگردد و موتور با سرعت سنکرون به حرکت خود ادامه میدهد.

پس وقتی که موتور با سرعت سنکرون گردش میکند سیم پیچ قفسه‌ای فرعی نقشی در کار موتور ندارد. ولی چنانچه براثر تغییر بار سرعت موتور کم شود، به نسبت تغییر سرعت مجدداً جریانی در سیم‌پیچ مذکور القاء و گشتاور محرک حاصل در جهت حرکت به روتور وارد و از تغییر دور ناگهانی روتور جلوگیری میشود. بنابراین سیم پیچ فرعی نقش راه‌انداز و ایجاد تعادل در دور موتور را دارد.

از موتورهای سنکرون در وسائل دقیق که احتیاج به دور معینی دارند و همچنین برای اصلاح ضریب قدرت مدار استفاده میشود.

موتورهای آسنکرون ــ این موتورها مانند موتورهای دیگر از دو قسمت تشکیل شده‌اند:

الف ــ استاتور (قسمت ثابت).

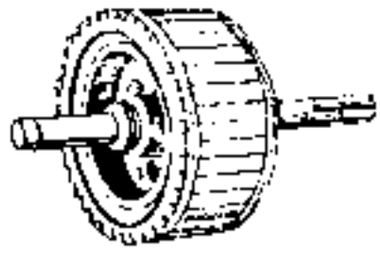
ب ــ روتور یا آرمیچر (قسمت متحرک).

استاتور Stator ــ این قسمت استوانه‌ایست توخالی که از ورقه‌های نازک فولاد سیلیسیم‌دار به ضخامت ۰/۵ میلیمتر ساخته شده‌اند و در داخل یک پوسته چدنی محکم شده است. جدار داخلی استوانه شیارهائی در امتداد محور خود دارد. در داخل این شیارها کلافهائی از سیمهای عایق‌دار قرار داده شده که نسبت به بدنه استاتور نیز عایق میباشند.

(شکل ۳۵-۴) یک استاتور در حال جاگذاری کلافهای سیم

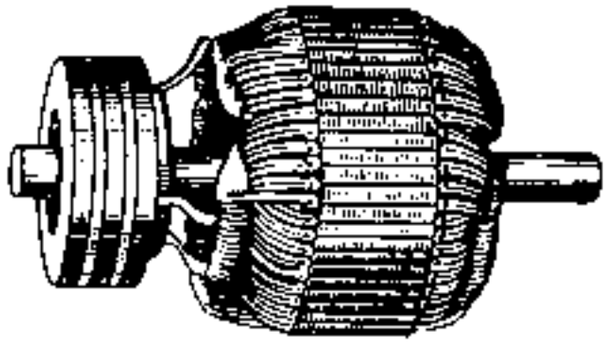
روتور Rotor ــ این قسمت نیز بشکل استوانه‌ایست که از ورقه‌های فولادی مخصوص و عایق نسبت به یکدیگر ساخته شده که روی محوری مستقر شده. در محیط آن سوراخها یا

شیارهائی به موازات محور تعبیه شده است. کلافهای سیم‌پیچ در داخل این شیارها و یا سوراخها قرار میگیرند. روتورها برحسب نوع سیم‌پیچی بنام روتور با سیم‌پیچ قفسه‌ای یا روتور سیم‌پیچی شده خوانده میشوند.



(شکل ۳۶-۴) روتور با سیم پیچ قفسه‌ای

(شکل ۳۷-۴) قفسه جدا شده از هستهٔ روتور



(شکل ۳۸-۴) روتور سیم‌پیچی شده

طرز کار موتور آسنکرون با روتور قفسه‌ای ــ وقتی سیم‌پیچ استاتور به منبع جریان متناوب خارجی وصل شود یک میدان دوّار مغناطیسی با سرعت حرکت معینی در هستهٔ استاتور بوجود میآید. خطوط قوای این میدان که با سرعت سنکرون می‌چرخد میله‌های قفسه‌ای روتور را قطع کرده در آنها نیروی محرکه‌ای القاء و جریانی برقرار میشود.

تأثیر میدان مغناطیسی حاصل از جریان القاء شده بر میدان مغناطیسی استاتور نیرویی را بر سیمهای قفسه وارد می‌سازد که گشتاور حاصل از آن باعث چرخش روتور میگردد.

وقتی سرعت چرخش مساوی سرعت میدان مغناطیسی استاتور باشد میله‌های روتور خطوط قوا را قطع ننموده جریانی در آنها بوجود نمی‌آید و نیروئی از این بابت به میله‌های قفسه وارد نخواهد شد، در اینصورت موتور میل به ایستادن نموده از سرعت آن کاسته میشود. بنابراین سرعت چرخش روتور از سرعت میدان مغناطیسی استاتور عقب مانده سیمهای قفسه خطوط قوا را قطع، جریانی در آنها القاء و مجدداً نیروئی در جهت گردش به میله‌های قفسه وارد میشود. گشتاور حاصل از این نیرو سعی میکند سرعت روتور را به سرعت حرکت میدان دوّار استاتور (سرعت سنکرون) برساند. بنابراین سرعت روتور همیشه کمی عقب‌تر از سرعت میدان دوّار

استاتور است، بهمین جهت این نوع موتور را آسنکرون یا غیر همزمان گویند.

مزایای موتور آسنکرون با روتور قفسه‌ای

۱ ــ راه‌اندازی آن نسبت به موتور سنکرون ساده است و احتیاج به عامل خارجی ندارد.
۲ ــ ساختمان آن ساده است.
۳ ــ بار زیادتر از حدّ مجاز را تحمّل مینماید.
۴ ــ تغییرات سرعت آن در اثر تغییرات بار ناچیز است.
۵ ــ راندمان بهتری نسبت به موتورهای آسنکرون با رونور سیم‌پیچی شده دارد.

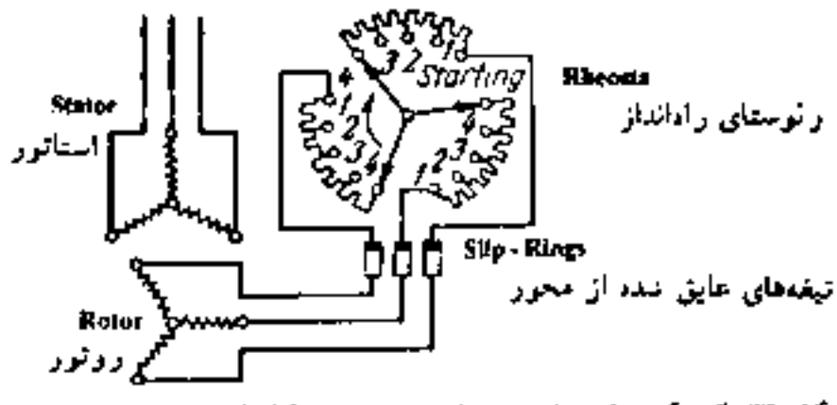
معایب موتورهای آسنکرون با روتور قفسه‌ای

۱ ــ در موقع شروع بکار جریان زیادی را از شبکه میگیرد.
۲ ــ گشتاور شروع بکار آن کم است.
۳ ــ در موقعی که بار آن به حدّ کافی نیست راندمان (ضریب قدرت) کمی دارد.
۴ ــ در مقابل تغییرات فشار الکتریکی حساسیّت دارد.
۵ ــ تنظیم تعداد دور آن مشکل است.

طرز کار موتور آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده

برای رفع نسبی معایب موتور آسنکرون با روتور قفسه‌ای از رونور سیم‌پیچی شده استفاده میشود. در این موتورها یک رئوستا در سر راه سیم‌پیچی روتور قرار داده میشود. در هنگام راه‌اندازی تمام مقاومت رئوستا در مدار قرار دارد و مقاومت سیم‌پیچ روتور را افزایش میدهد.

با اتصال سیم‌پیچ استاتور به منبع خارجی و شروع گردش روتور دستهٔ رئوستا را به آرامی در جهت عقربه‌های ساعت گردانده و بتدریج مقاومت رئوستا را از مدار سیم‌پیچ روتور خارج مینمایند تا دور موتور به حدّ نرمال رسیده مانند موتورهای روتور قفسه‌ای بکار خود ادامه دهد.



(شکل ۳۹-۴) یک رئوستای سه فاز در شروع راه‌اندازی موتور سیم‌پیچی‌شدهٔ سه فاز

مزایای موتورهای آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده

۱ ــ گشتاور قوی در موقع شروع به کار.
۲ ــ در ابتدای شروع بکار جریان زیادی از شبکه نمی‌گیرد.
۳ ــ تغییرات بار اثر شدید بر تعداد دور آن ندارد.
۴ ــ تعداد دور آن بوسیلهٔ رئوستای سری شده با مدار تحریک روتور قابل تنظیم است.
۵ ــ تحمّل بار اضافی را دارد.

معایب موتورهای آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده.

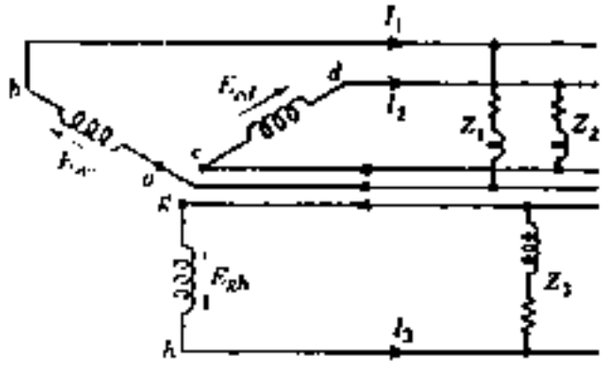
۱ ــ در مقابل تغییرات ولتاژ حساسیّت دارد.
۲ ــ ضریب قدرت آن دربارهای کم پائین است.
۳ ــ نسبت به موتور آسنکرون با موتور قفسه‌ای راندمان (ضریب قدرت) کمتری دارد.

موتورهای سه فاز

همانطور که در بحث مولدهای متناوب نیز گفته شد چنانچه بجای یک گروه سیم‌پیچ در استاتور، سه گروه با فاصلهٔ ۱۲۰° از هم داشته باشیم، موتور را سه فاز متناوب نامند. چنین موتورهائی بایستی توسط شبکهٔ سه فاز نیز تغذیه شوند. چون هر گروه از سیم‌پیچها دو سر آزاد دارند پس تعداد سرسیمهای خروجی از موتور ۶ عدد خواهد بود.

اتصال ستاره و اتصال مثلث در ماشینهای سه فاز

جریان سه فاز، جریانی است که از ترکیب سه جریان یکفاز با اختلاف فاز ۱۲۰° نسبت بهم حاصل میشود. چنانچه در بحث مولّدها و موتورهای سه فاز گفته شد هر گروه سیم‌پیچ دارای دو سر آزاد بوده، بنابراین یک ماشین سه فاز (مولّد یا موتور) جمعاً دارای شش سر خروجی خواهد بود.



(شکل ۴۰-۴) یک مولّد سه فاز ۶ سیمه

در مولدهای سه فاز ممکن است هر یک از فازها یکی از مصرف کننده‌های Z_1 یا Z_2 یا Z_3 را تغذیه نمایند.

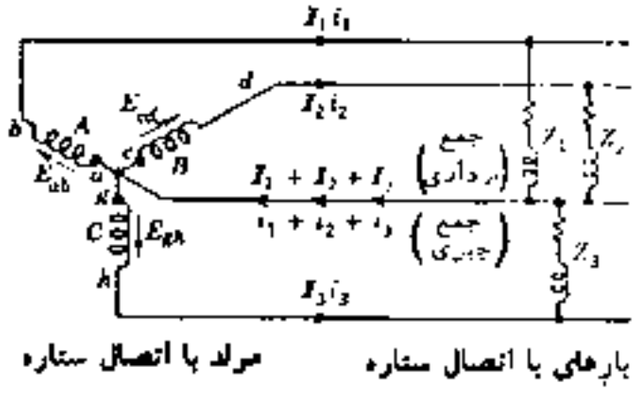
برای اینکه از تعداد سیمهای شبکهٔ انتقال انرژی کاسته شود سه رشته سیمی که مربوط به برگشت جریان هستند را میتوان معمولاً به یک رشته کرد. در اینصورت جریان برگشت هر سه فاز از این سیم خواهد گذشت. این سیم را سیم صفر یا خنثی گویند و با MP نشان میدهند.

عموماً در یک سیستم توزیع انرژی سیم خنثیٰ در یک یا چند نقطه به زمین متصل میشود. بنابراین فشار الکتریکی بین این سیم و زمین صفر خواهد بود. سه سیم باقیمانده هرکدام متعلق به یکی از فازهاست و سیم فاز نامیده میشوند. این سیمها را با R و S و T نمایش میدهند.

جریان عبوری از سیم خنثیٰ در هر لحظه مساوی جمع برداری جریانهای عبوری از سه فاز میباشد. در صورتیکه جریانهای مذکور مساوی باشند با توجّه به جهت جریانها و اختلاف ۱۲۰ درجه‌ای آنها، جریان عبوری از سیم خنثیٰ مساوی صفر خواهد بود. بعبارت دیگر در صورت متعادل بودن جریان هر سه فاز احتیاجی به سیم خنثیٰ یا سیم صفر نخواهد بود. بنابراین اتصال ستاره به دو شکل است:

۱ ــ اتصال ستارهٔ سه سیمه

۲ ــ اتصال ستارهٔ چهار سیمه



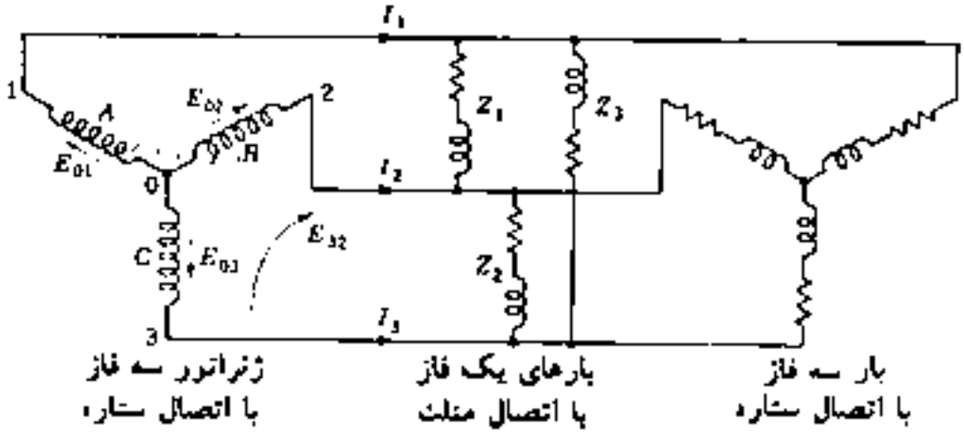
(شکل ۴۱-۴) اتصال ستاره چهار سیمه

هر دو نوع اتصال ستارهٔ سه سیمه و چهار سیمه مورد استعمال زیادی دارند. اتصال چهار سیمهٔ مولّدها برای توزیع انرژی بین مصرف کننده‌های یکفاز مانند وسائل الکتریکی و روشنائی منازل و موتورهای یکفاز و غیره بکار میرود. هرگاه اغلب مصرف کننده‌ها سه فاز بوده و یا بار هر سه فاز غالباً متعادل باشند از اتصال ستارهٔ سه سیمه استفاده میشود ولی در هر صورت برای حفظ ایمنی نقطهٔ صفر را در ابتدا و انتهای شبکه (محل مولّد و مصرف کننده) به زمین متّصل میکنند. در اینصورت زمین بجای سیم صفر عمل مینماید. بهمین جهت سیم صفر را سیم زمین نیز نامند. البتّه از زمین در موقعی بجای سیم صفر استفاده میشود که جریان سه فاز در حال تعادل نسبی باشند.

بعبارت دیگر چنانچه عدم تعادل زیادی بین فازها باشد نمیتوان از زمین بعنوان سیم صفر استفاده نمود.

مصرف کننده‌های سه فاز را می‌توان به شکل دیگری غیر از اتصال ستاره به شبکهٔ سه فاز متصل نمود، به این شکل که ابتدای هر سیم‌پیچ را به یکی از فازها متصل و سر دیگر آنرا به فاز مجاور، فاز قبلی متصل میسازند. بعبارت دیگر به هر فاز سر یک سیم پیچ و بازگشت سیم پیچ دیگر متصل میگردد. این شکل اتصال را اتصال مثلث (Δ) گویند.

با توجه به مطالب فوق نتیجه میشود که در سیستم توزیع سه فاز چهار سیمه مصرف کننده‌های سه فاز میتوانند بصورت Y یا Δ به شبکه متصل کرد ولی در سیستم سه فازهٔ سه سیمه فقط اتصال Δ میسّر است و اتصال نقطهٔ صفر مصرف کننده به زمین نیز به آسانی میسّر نیست.



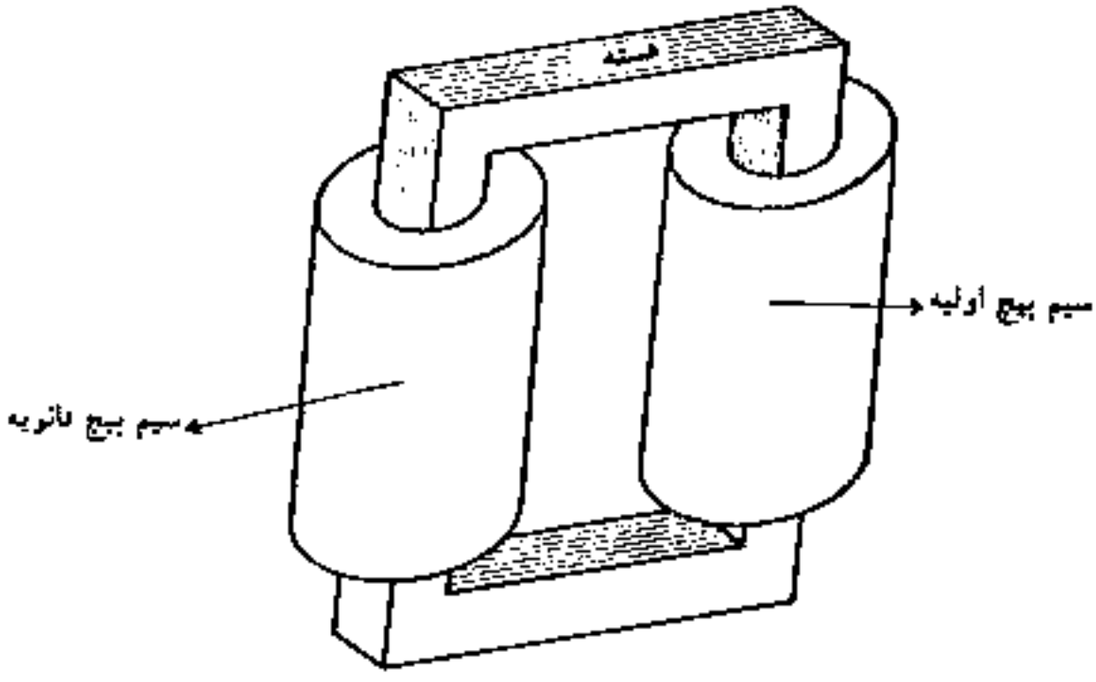
(شکل ۴۲-۴) سیستم سه فازهٔ سه سیمه، اتصال مولّد ستاره و دو مصرف کننده بصورت ستاره (Y) و مثلث (Δ)

ترانسفورماتورها (Transformers)

برای اینکه انتقال انرژی الکتریکی بفواصل دور ممکن و با صرفه باشد باید از شدّت جریان کاسته شده و فشار الکتریکی افزایش داده شود. با اینکار مخارج خرید و نصب کابلهای انتقال بسیار کاهش می‌یابد و در محلّ مصرف به لحاظ ایمنی و برای امکان استفاده از وسائل الکتریکی، توزیع جریان بایستی با فشار الکتریکی پائین انجام گیرد. بعبارت دیگر انتقال انرژی الکتریکی بایستی با فشار قوی و مصرف آن با فشار ضعیف انجام گیرد. ترانسفورماتور دستگاهی است که انرژی الکتریکی را از یک سمت دریافت و از سمت دیگر این انرژی را با فشار کمتر یا بیشتر تحویل میدهد. همانطور که در انتقال انرژی مکانیکی برای تغییر سرعت و نیروی مکانیکی مثلاً از دو چرخدنده استفاده میشود تا نیرو و سرعت معینی را به نیرو و سرعت معیّن دیگری تبدیل کند. در انتقال انرژی الکتریکی نیز از ترانسفورماتورها برای تبدیل اختلاف سطح و شدت جریان استفاده میشود.

ساختمان یک ترانسفورماتور بطور کلی از دو سیم پیچ که روی یک هستهٔ آهنی پیچیده شده‌اند تشکیل میشود، یکی از آنها که انرژی را دریافت میکند سیم پیچ اولیّه ـ (Transformer Primery) و دیگری که انرژی تبدیل شده را تحویل میدهد سیم پیچ ثانویه ـ (Transformer Secondery) نامند.

هستهٔ ترانسفورماتور از ورقه‌های نازک به ضخامت ۰/۳۵ تا ۰/۵ میلیمتر از جنس فولاد سیلیسیم‌دار که آلیاژی است از آهن و ۴ تا ۵ درصد سیلیسیم ساخته شده میشود. برای جلوگیری از تلفات زیاد ورقه‌های مذکور بایستی نسبت بهم عایق گردند.



(شکل ۴۳-۴) شکل ساده ترانسفورماتور

سیم‌پیچهای اولیّه و ثانویّه که روی دو بازوی هسته پیچیده میشوند دارای قطر و تعداد حلقه‌های مختلف میباشند. بنابراین در انتقال انرژی الکتریکی، با استفاده از یک ترانسفور ماتور افزاینده فشار الکتریکی را بالا برده شدت جریان را کاهش میدهند و پس از انتقال در محلّ مصرف مجدداً توسط یک ترانسفور ماتور کاهنده فشار الکتریکی را تا حدّ قابل مصرف پائین آورده شدت جریان را افزایش میدهند.

ترانسفورماتورها معمولاً دارای راندمان خوبی هستند و انرژی الکتریکی در داخل آنها افت چندانی ندارد. بنابراین قدرتی که به ترانس داده میشود تقریباً با قدرت دریافتی از آن برابر است. پس:

$$P_1 = P_2$$

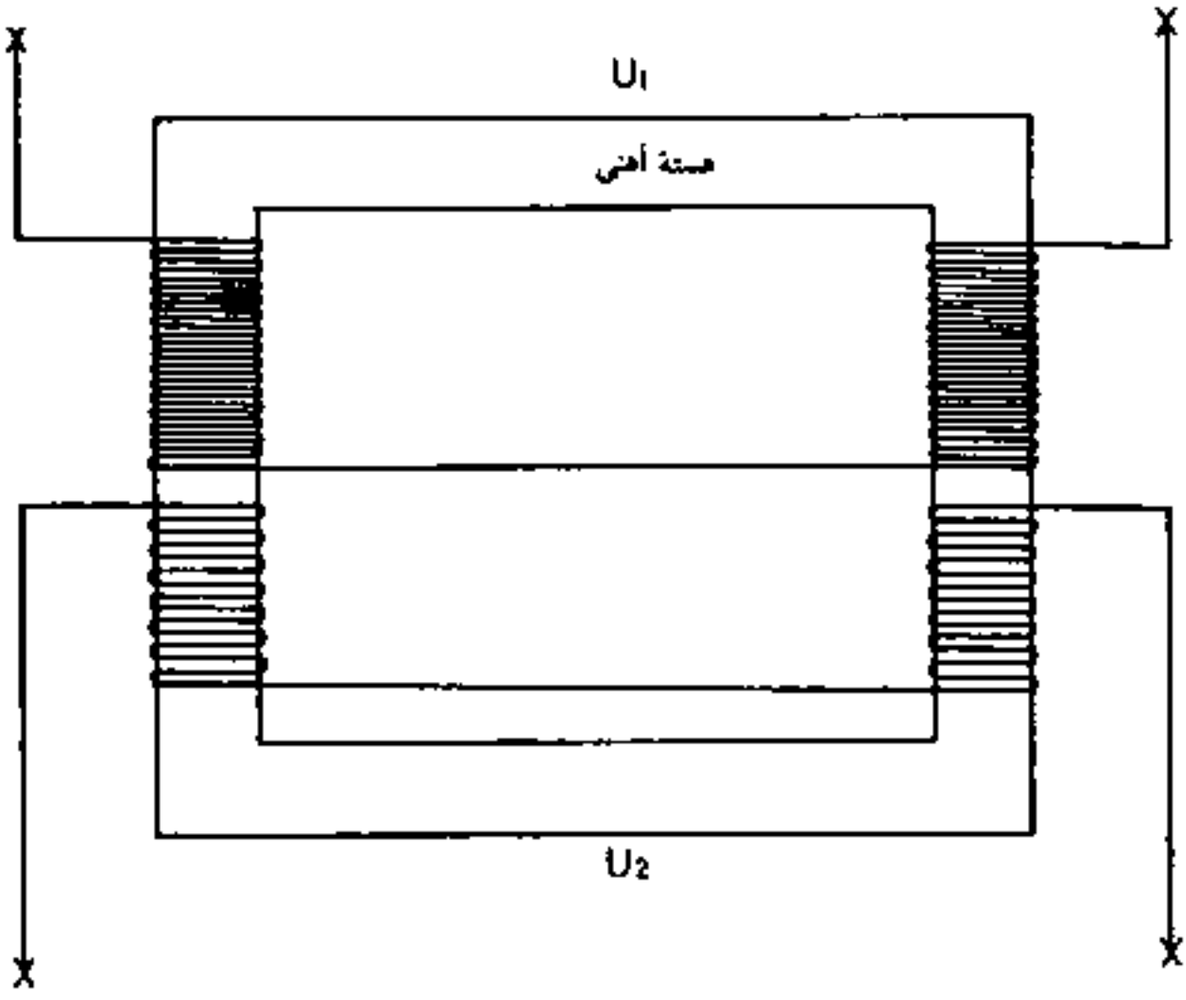
$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2 \longrightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad (1)$$

چون نسبت اختلاف سطح‌های سیم پیچ اوّلیه به ثانویه مساوی نسبت تعداد حلقه‌های این دو سیم پیچ است. بنابراین با توجّه به رابطهٔ (۱) داریم:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

ترانسفورماتورهای هسته‌ای و جداری ــ (شکل ۴۴-۴) یک ترانسفورماتور هسته‌ای (Core-type) و (شکل ۴۵ ــ ۴) یک ترانسفورماتور جداری (Shell-type) را نشان میدهد.

در ترانسفورماتور هسته‌ای نیمی از سیم پیچ اولیّه و نیمی از سیم پیچ ثانویّه روی یکی از بازوهای هسته و دو نیمهٔ دیگر سیم پیچها روی بازوی دیگر هستهٔ ترانسفورماتور قرار میگیرند. خطوط قوا در داخل هسته یک مسیر بسته را تشکیل میدهند. بعبارت دیگر در این ترانسفورماتور یک مسیر بسته برای خطوط قوا وجود دارد.

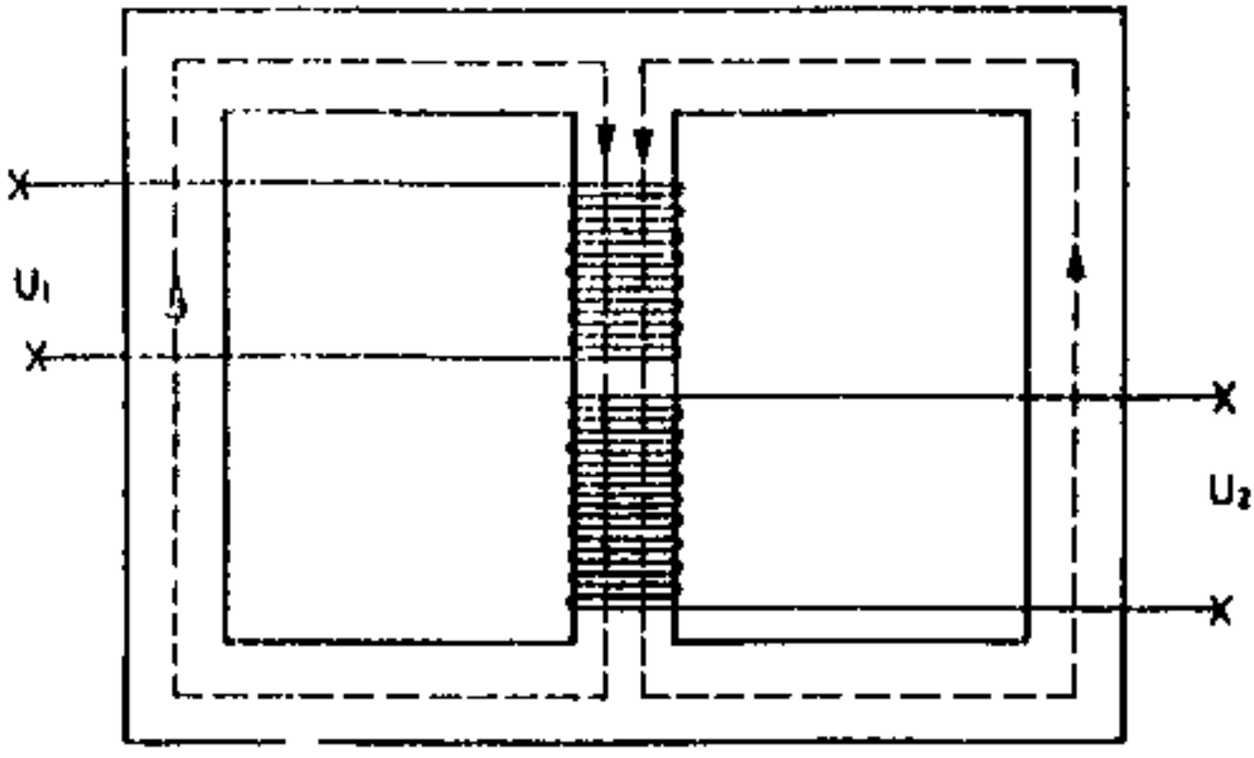


(شکل ۴۴ ــ ۴) ترانسفورماتور هسته‌ای

در ترانسفورماتور جداری، هسته دارای سه بازو بوده و سیم پیچ‌های اوّلیه و ثانویه کلاً روی بازوی وسط قرار میگیرند. خطوط قوای مغناطیسی عده‌ای از بازوی سمت راست و عده‌ای

از بازوی سمت چپ می‌گذرند. بنابراین در ترانسفورماتور جداری در مسیر بسته برای خطوط قوای مغناطیسی تشکیل میشود.

معمولاً از ترانسفورماتورهای جداری برای فشار ضعیف و نوع هسته‌ای آن در فشار قوی مورد استفاده قرار میگیرند.

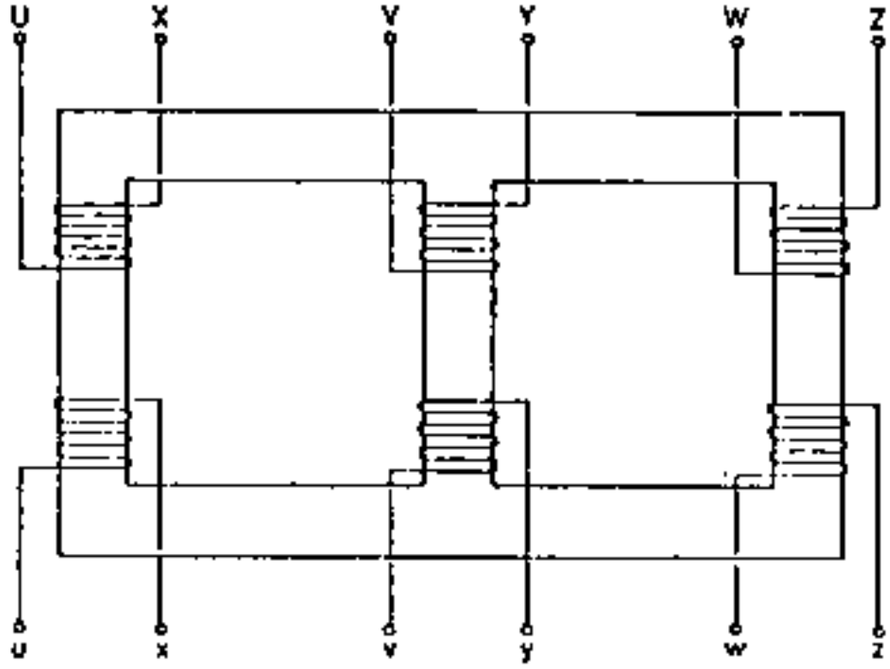


شکل ۴۵ ــ ۴) ترانسفورماتور جداری

ترانسفورماتورهای سه فاز ــ ترانسفورماتور سه فاز اصولاً شامل سه ترانسفورماتور یکفاز است که دارای هستهٔ آهنی مشترک میباشند. در مدارهای سه فاز استفاده از یک ترانسفورماتور سه فاز بجای سه ترانسفورماتور تکفاز نیز معمول است که هم از لحاظ قیمت و هم از حیث اشغال محلّ نصب با صرفه‌تر است. مهمترین عیب این ترانسفورماتورها آنست که اگر سیم‌پیچ یکی از فازها معیوب شود، برای تعمیر بایستی تمام ترانسفورماتور را از خط خارج نمود و مخارج تعمیر آن نیز گرانتر است.

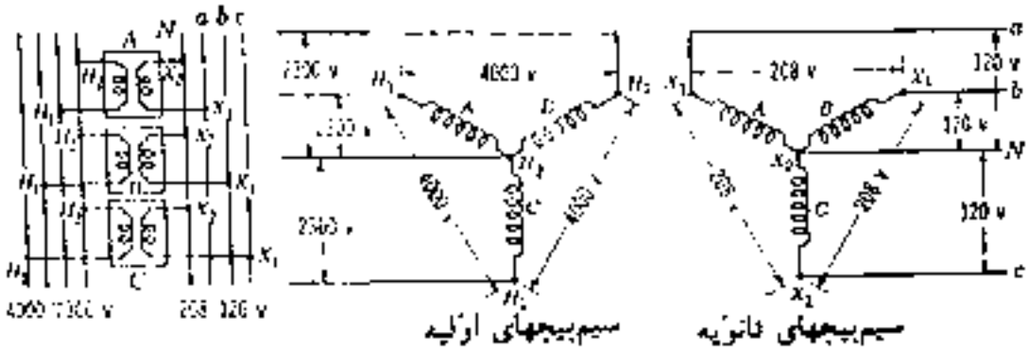
در تأسیسات بزرگ غالباً ترجیح میدهند از چهار ترانسفورماتور یکفاز استفاده شود که سه تای آن در مدار سه فاز بکار رفته و چهارمی بعنوان یدکی برای مواقعی که ترانسفورماتور یکی از فازها احتیاج به تعمیر داشته باشد آماده نگهداشته میشود.

در شکل ۴۶ ــ ۴ یک ترانسفورماتور سه فاز با هستهٔ مشترک نشان داده شده. در روی هر بازوی هسته دوبوبین پیچیده شده که یکی مربوط به مدار اوّلیه و دیگری مربوط به مدار ثانویه هر فاز است. ترانسفورماتور مذکور برای انتقال جریان شش سیمه بکار رفته است (ورودی و خروجی ترانسفورماتور هر کدام سه فاز مستقل از هم را تشکیل میدهند).

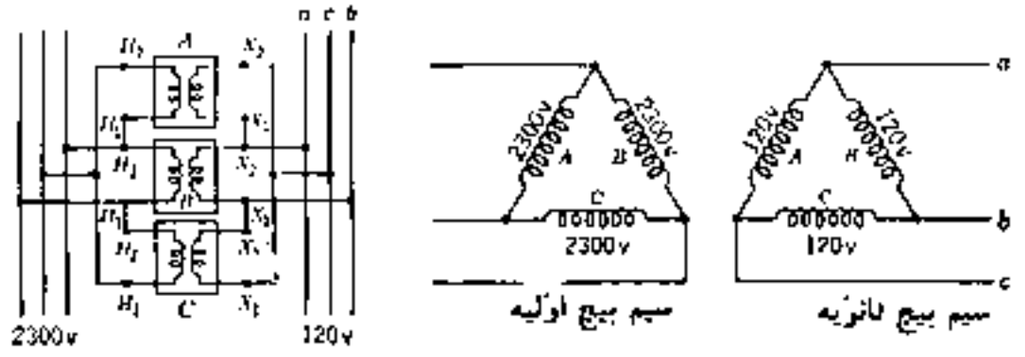


(شکل ۴۶ ــ ۴) ترانسفورماتور سه‌فاز شش سیمه

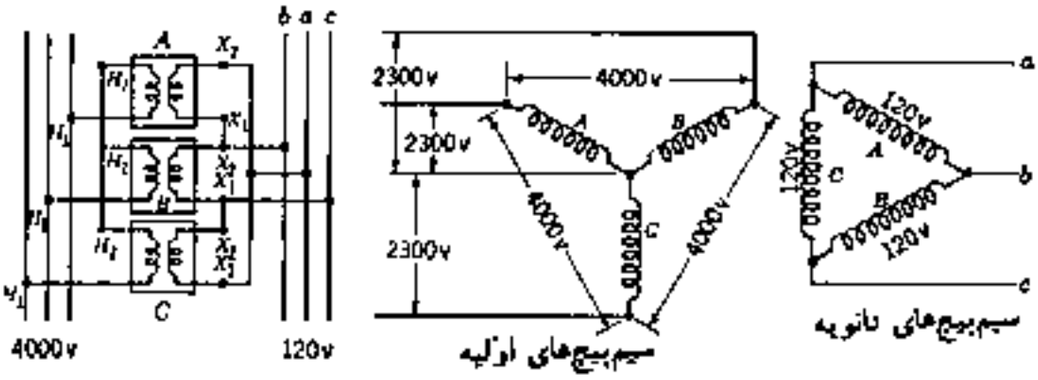
همانطور که در مولّدها و موتورهای سه فاز، سه فاز را میتوان بصورت Δ یا Y بهم اتصال داد. در ترانسفورماتورها نیز سه‌فاز ورودی و خروجی را میتوان به یکی از اشکال Δ یا Y بهم اتصال داد و در نتیجه حالات مختلفی بوجود خواهد آمد که اَهمّ آن در اشکال ذیل نشان داده شده است.



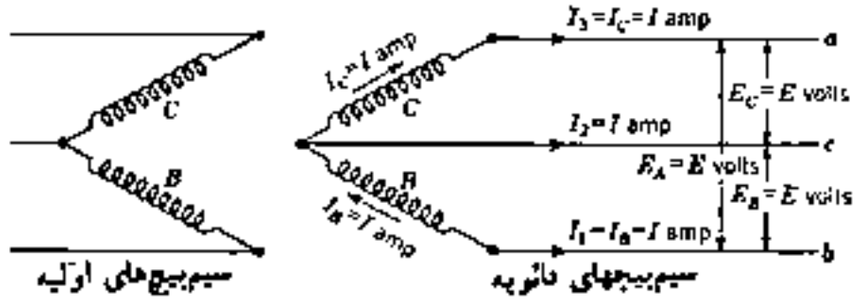
(شکل ۴۷ ــ ۴) اتصال Y-Y ترانسفور ماتور سه فازه به مدار چهار سیمه.



(شکل ۴۸ ــ ۴) اتصال Δ ــ Δ ترانسفورماتور سه فازه به مدار سه سیمه



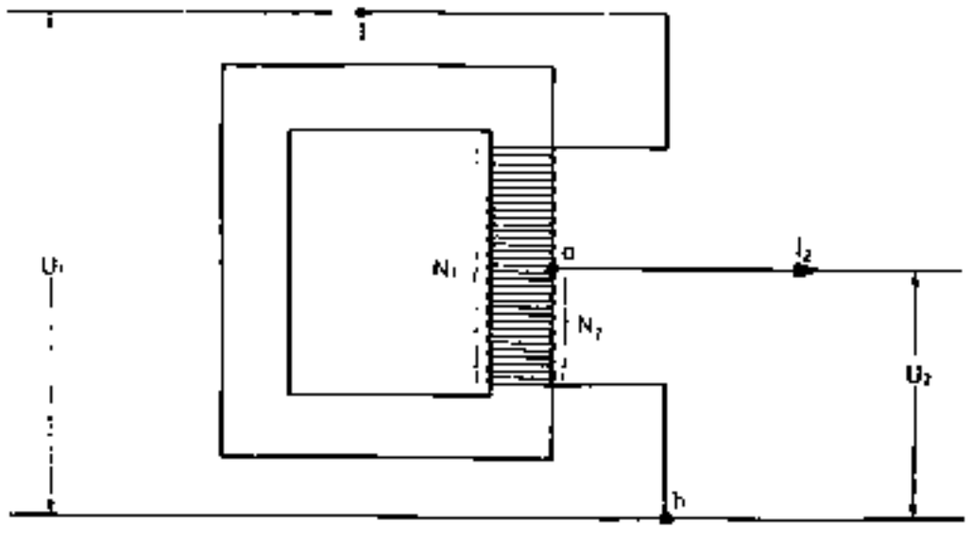
(شکل ۴۹ ــ ۴) اتصال Δ - Y ترانسفورماتور سه‌فازه



(شکل ۵۰ ــ ۴) اتصال مثلث باز یا اتصال V در ترانسفورماتور سه‌فاز

اتو ترانسفورماتور **Autotransformer** ــ در مواقعی که فشار الکتریکی متغیّر است و به‌یک فشار الکتریکی ثابت احتیاج میباشد و یا فشار الکتریکی نسبتاً ثابت است ولی به فشار متغیر یا فشارهای متفاوت نیاز است و به شرط آنکه نسبت تبدیل کوچک باشد از اتوترانسفورماتور استفاده میشود.

اتو ترانسفورماتورها نیز مانند ترانسفورماتورهای معمولی یا افزاینده هستند یا کاهنده، یکفاز هستند یا سه‌فاز. در شکل ۵۱ ــ ۴ ترانسفور ماتور یکفاز کاهنده نشان‌داده شده است.

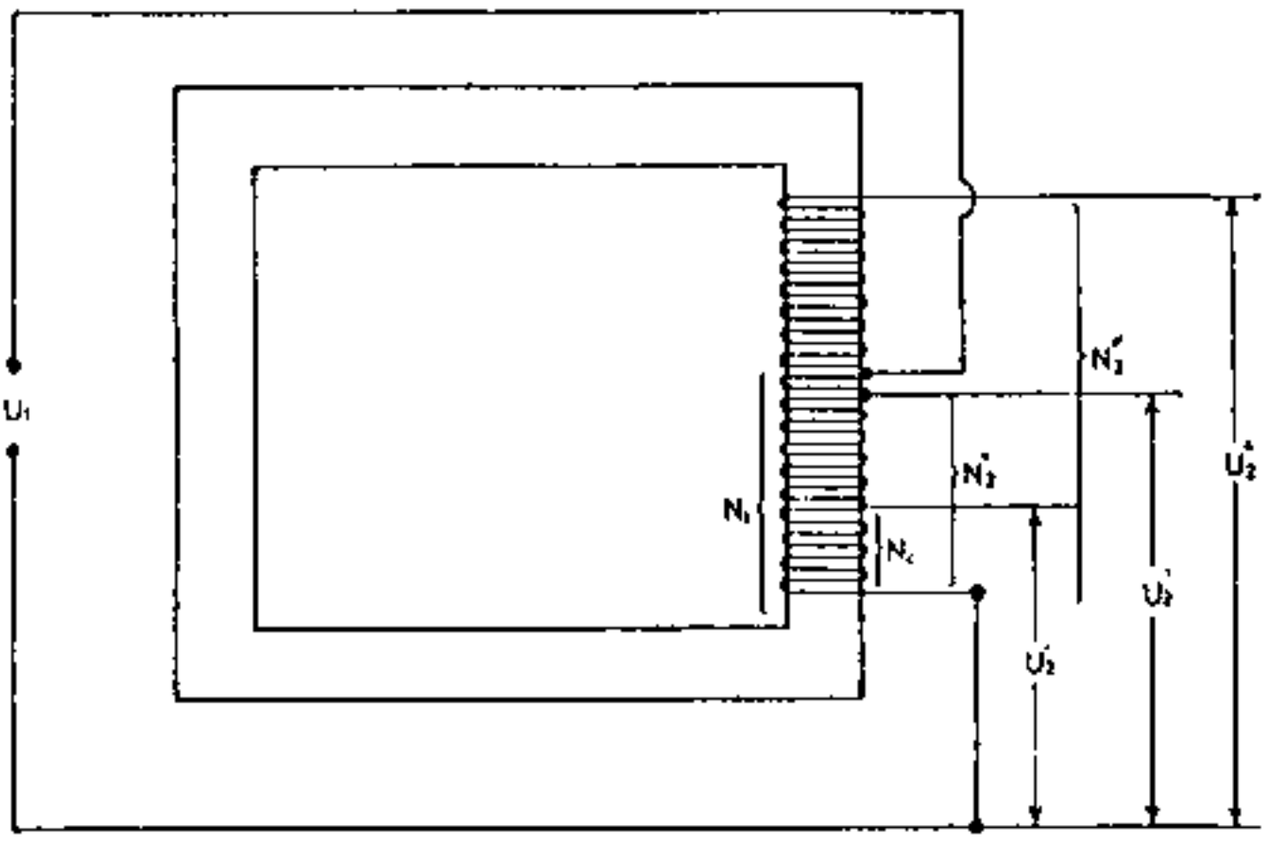


(شکل ۵۱ ــ ۴) اتو ترانسفورماتور یکفاز کاهنده

چنانچه در شکل مشاهده میشود سیم پیچی با تعداد حلقهٔ N_1 بر روی یک بازوی هستهٔ آهنی پیچیده شده که سیم پیچ اوّلیه را تشکیل میدهد و ولتاژ ورودی به دو سر آن متصل میشود. این ولتاژ بین حلقه‌های سیم پیچ مذکور تقسیم میشود. اگر از تعدادی از حلقه‌های همین سیم پیچ بجای سیم پیچ ثانویه استفاده شود ولتاری کوچکتر از ولتاژ ورودی خواهیم داشت. ولتاژ مورد نظر را بین نقطهٔ ثابت a و نقطهٔ متحرک a میتوان دریافت نمود. چون همیشه تعداد حلقه‌های N_2 جزئی از N_1 است، پس همیشه $U_2 < U_1$ خواهد بود.

در اتوترانسفورماتورهای افزاینده برخلاف اتوترانسفورماتورهای کاهنده تعداد حلقه‌های سیم پیچ اوّلیه (N_1) همیشه جزئی از تعداد حلقه‌های سیم پیچ ثانویه (N_2) است. و همیشه $U_2 > U_1$ خواهد بود.

بنابراین، ترانسفورماتور افزاینده همان ترانسفورماتور کاهنده است که محل ورودی و خروجی آن عوض شده باشد. در بعضی از اتوترانسفورماتورها حالات کاهنده و افزاینده توأم شده است بدینطریق که: یک ردیف سیم پیچ روی یک بازوی هستهٔ آهنی ترانس انجام شده، قسمتی از این سیم پیچ بطور ثابت سیم پیچ اوّلیه ترانس را تشکیل میدهد (N_1) ولی N_2 بین دو سر سیم‌پیچ میتواند اختیار شود. بعبارت دیگر ممکن است با تعداد حلقه‌ای کوچکتر یا بزرگتر از N_1 باشد بنابراین اختلاف سطحی کوچکتر یا بزرگتر از اختلاف سطح ورودی دریافت میشود.



(شکل ۵۲ ــ ۴) اتوترانسفورماتور مرکب

$N_2 > N \longrightarrow U_2 > U_1$

$N_2 = N \longrightarrow U_2 = U_1$

$N_2 < N \longrightarrow U_2 < U_1$

خنک کردن ترانسفورماتورها

ترانسفورماتورها دارای راندمان بالائی هستند ولی در هر صورت مقداری از انرژی الکتریکی در آنها تلف شده و به حرارت تبدیل میشود و باعث گرم شدن ترانسفورماتور میگردد.

بالا رفتن حرارت باعث ازدیاد افت قدرت گردیده و در صورتیکه از حدّ معینی بگذرد عایق سیم پیچها را خراب نموده و باصطلاح باعث سوختن ترانس میشود. لذا بایستی ترانسفورماتور خنک گردد.

در ترانسفورماتورهای کوچک عمل خنک کاری توسط جریان هوای محیط انجام میگیرد ولی ترانسفورماتورهای بزرگ توسط روغن خنک میشوند.

جعبهٔ این ترانسفورماتورها بصورت یک مخزن فولادی ساخته شده آنرا از روغن عایق پر میکنند. برای احتراز از آتش‌سوزی بخصوص اگر پیش‌بینی وسائل حفاظت روغن در مقابل آتش‌سوزی مشکل یا غیر ممکن باشد از روغنهای غیر قابل اشتعال مانند پیرالن یا پیرانول (Pyranol یا Pyralene) استفاده میشود که از روغنهای معمولی گرانتر است ولی عملاً خطر آتش‌سوزی از بین میرود.

روغن ترانسفورماتور عایق سیمها و هستهٔ آهنی را در مقابل گرما محافظت کرده و در اثر جریان مداومی که توسط پمپ دارد گرمای سیم پیچها و هستهٔ آهنی را به خارج هدایت میکند.

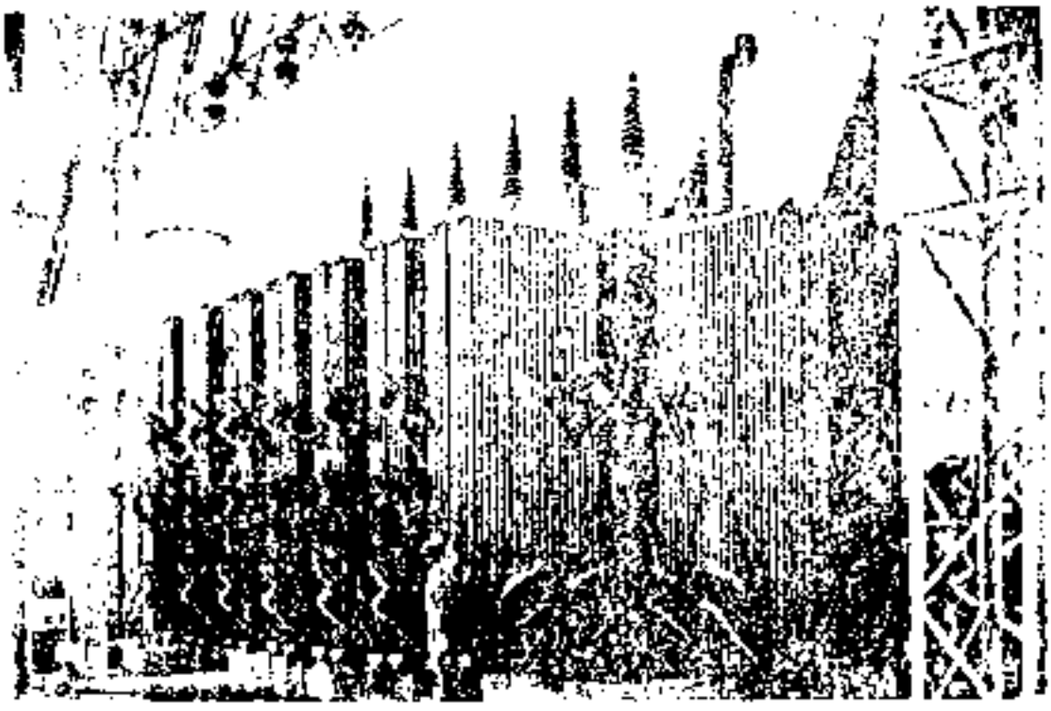
در ترانسفورماتورهائی که توان آنها تا ۵۰۰KW است دیوار جعبهٔ آنرا موجی شکل یا پره‌دار میسازند تا سطح تماس آن با هوا زیادتر شده روغن زودتر خنک شود. برای ترانسفورماتورهای با قدرت بیش از ۵۰۰KW به سه طریق عمل خنک کاری انجام میشود:

۱ ــ مخزن روغن را به رادیاتورهای خارجی مجهز نموده و با دمیدن هوا توسّط بادبزن عمل خنک‌کاری انجام میشود.

۲ ــ در مخزن روغنی که بالای ترانسفورماتور قرار گرفته است لوله‌های مارپیچ مسی تعبیه شده، روغن بوسیلهٔ پمپ از درون این مخزن عبور داده میشود و در همین حال آب سرد را از درون لوله‌های مسی عبور داده باعث خنک شدن سریع روغن میشود.

۳ ــ روغن را بوسیلهٔ پمپ از یک رادیاتور که در معرض هوای سرد قرار دارد عبور داده پس از سرد شدن به مخزن باز میگردانند (نظیر سیستم خنک کنندهٔ اتومبیل).

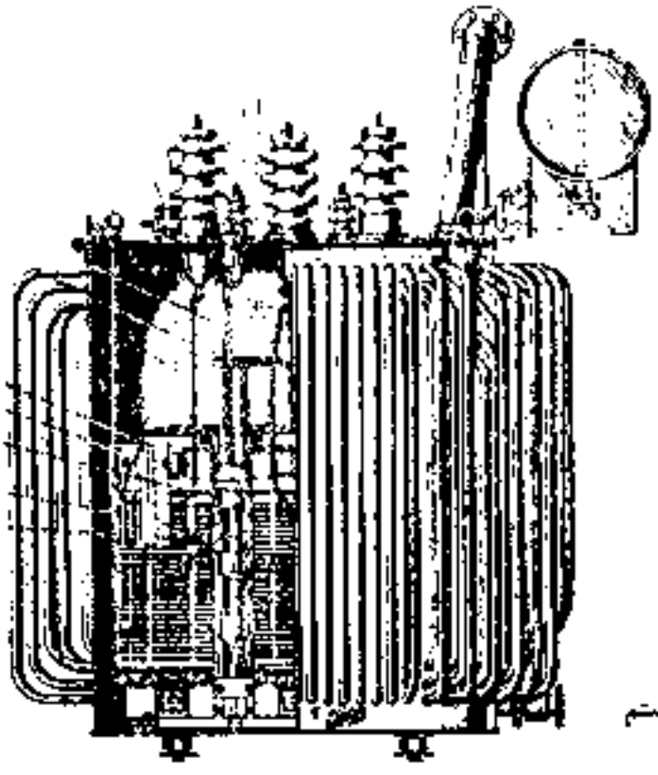
ترانسفورماتورهای نوع دوّم در صورت وجود آب کافی و مناسب در قدرتهای زیاد بسیار



(شکل ۵۳ ــ ۴) یک ترانسفورماتور سه فاز با توان ۶۶۰۰۰ KVa
۲۱۵۰۰۰/۶۰۰۰۰/۱۲۰۰۰ ولت که بادمیدن هوا خنک میشود.

مورد استفاده است. ولی ترانسفورماتورهای نوع اوّل بیشتر متداول است.

ترانسفورماتورهای خشک (بدون روغن) که با دمیدن هوا خنک میشوند از نظر کمتر بودن خطر آتش سوزی در آنها و صرفه‌جوئی از نظر وزن و قیمت روغن و مخزن مربوطه مورد استعمال زیادی دارند ولی این ترانسفورماتورها در موارد خاص برای ولتاژهای کمتر از ۱۱۰۰۰ ولت بکار میروند.

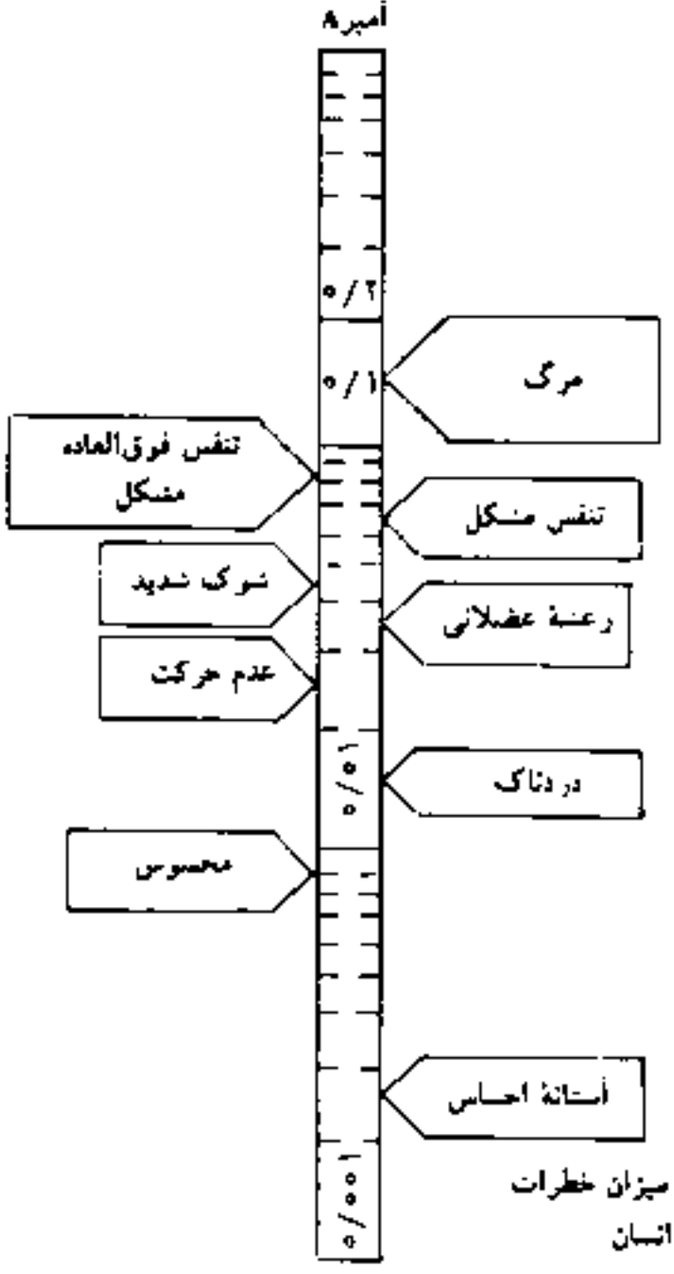


(شکل ۵۴ ــ ۴) ترانس روغنی با سیستم
رادیاتور خنک کننده

نکات ایمنی و حفاظتی دستگاههای برقی

نظر به توسعه و پیشرفت فنّ الکتریسیته و نفوذ ادوات الکتریکی در صنعت و احتیاجی که امروزه مردم به دستگاههای الکتریکی چه در منازل و چه در کارخانجات و آزمایشگاهها و... پیدا میکنند لازم است اطلاعات مختصری دربارهٔ خطرات احتمالی و طرق جلوگیری از پیش آمدهای ناگهانی در دسترس عموم و بخصوص کارگران فنی و هنرجویان قرار گیرد تا رعایت موارد ایمنی و انجام مراقبتهای لازم در موقع کار با هریک از دستگاههای الکتریکی، خود را از خطرات احتمالی برهانند.

نیروی برق که قادر به گرداندن بزرگترین و عظیم‌ترین ماشینها و موتورهاست به آسانی میتواند انسان را از پای درآورد. عبور جریان بیش از ۲۵ A/. از بدن انسان بخصوص اگر از نزدیکی قلب بگذرد خطرناک است و چنانچه این جریان به ۱ A/. برسد مرگ انسان تقریباً حتمی است.درنمودار ذیل میزان خطرات برق برای انسان باتوجه‌به‌مقدارجریان‌عبوری از بدن نشان داده‌شده است:



(شکل ۵۵ ــ ۴) دیاگرام میزان خطرات جریان برق برای انسان

قدرت یا توان الکتریکی عبارت است از: P=U×I

که عاملی است برای انجام کارهای بسیار مفید، همین قدرت چنانچه کنترل نشود و یا با بی‌احتیاطی با آن برخورد گردد قادر است خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را بوجود آورد.

در موقع کار با وسائل و دستگاههای برقی به نکات ذیل دقت نمائید:

۱ ــ با وسائل الکتریکی که آشنا نیستید کار نکنید و حتی‌الامکان از دست زدن به آنها بپرهیزید.

۲ ــ با دست تر یا نمناک با کلیدها و پریزها و دیگر لوازم برقی کار نکنید.

۳ ــ به قسمتهای فلزی و نقاطی که امکان وجود جریان برق در آنها میرود (مانند کلید و پریزهای شکسته و قسمت فلزی لامپ و....) دست نزنید.

۴ ــ سیمهای حامل جریان برق را در مسیر عبور و روی زمین رها نسازید.

۵ ــ سیمهای حامل جریان برق را که احتمال زدگی و فرسودگی در آنها میرود، دائماً مورد بازرسی قرار دهید و در صورت هرگونه عیبی بلافاصله نسبت به تعویض آنها اقدام کنید.

۶ ــ در موقع نصب ماشین آلات از اتصال صحیح سیم زمین اطمینان حاصل کنید.

۷ ــ در موقع هر نوع تعمیر یا تعویض قطعات برقی حتماً جریان برق را قطع کنید.

۸ ــ در موقع تعمیر دستگاهها و وسائلی که سیم‌کشی ثابت داشته و بوسیلهٔ فیوز از مدار خارج میشوند، حتماً فیوزهای مربوطه را باز کرده در جیب خود بگذارید تا مطمئن باشید جریان برق در وسیلهٔ مورد تعمیر قطع گردیده و تا پایان کار وصل نخواهد شد.

۹ ــ وقتی به هر علتی برق دستگاه یا قسمتی از کارگاه را قطع نموده‌اید، برای وصل مجدّد جریان باید اطمینان حاصل کنید که کسی مشغول کار با دستگاههای مربوط به جریان مذکور نیست.

۱۰ ــ در موقع کار با وسائل الکتریکی معیوب احتیاط بیشتری بنمائید.

۱۱ ــ در موقع خاموشی‌ها از خاموش بودن دستگاهها و کار نیفتادن آنها با رسیدن جریان مجدد مطمئن باشید.

۱۲ ــ در موقع کار با وسائل برقی از کفشهائی که کف عایق دارند استفاده کنید.

۱۳ ــ به تصوّر اینکه فشار ضعیف خطرناک نیست، نباید در قسمتهائی که تحت این فشار کار میکند بدون قطع جریان اقدام به تعمیر یا تعویض قطعات الکتریکی نمود زیرا چنانچه بدن انسان مرطوب باشد باعث عبور جریان الکتریکی خطرناکی میشود.

۱۴ ــ در موقع بازدید از کارخانجات و قسمتهای فشار قوی از کلاه ایمنی و کفشهای کف‌لاستیکی استفاده نموده، دستهای خود را نیز در جیبهایتان قرار دهید. زیرا با نزدیک شدن دست به خطهای فشار قوی جریان برق از راه یونیزاسیون هوا ممکن است وارد بدن انسان شود.

۱۵ ــ هرگاه روی تابلو علامت مشاهده کردید از دست زدن به قطعات و کلیدهای آن خودداری کنید.

۱۶ ــ هنگام برق گرفتگی فرد، قبل از هر عمل بایستی جریان برق را قطع کنید و شخص برق گرفته را بوسیله قطعه‌ای چوب یا میله‌ای عایق از محل اتصال برق جدا کنید.

۱۷ ــ ضمن انجام کمکهای اولیه ــ سعی به شخص آسیب دیده پزشک را مطّلع سازید.

فصل پنجم

فرمانهای الکتریکی

اجزاء فرمانهای الکتریکی

انتقال انرژی الکتریکی از مولّد تا مصرف کننده، فرمان و کنترل انرژی در مدار و محافظت مدار در مقابل جریانهای اضافی احتیاج به وسائلی دارد که اهمّ آنها عبارتند از:

کلیدها ــ کلیدها وسائلی هستند برای قطع و وصل جریان و با تغییر حالت درمدارهای الکتریکی. کلیدها بصورت یک قطبی، دو قطبی، سه قطبی،... ساخته میشوند. در کلیدهای چند قطبی کنتاکتها با هم عمل می‌نمایند. بعبارت دیگر تمام کنتاکتها با هم باز یا بسته میشوند. عواملی نظیر رطوبت، گرما، ضربه،... باعث خرابی و فرسودگی کلید میشود. در موقع انتخاب کلید بایستی در نظر داشت ساختمان کلید متناسب با شرایط محل مصرف باشد. بطوریکه در مقابل چنین عواملی بتواند مقاومت نماید. شدت جریان عبوری نیز از عوامل مهمّی است که در انتخاب کلید نقش عمده‌ای دارد.

کلیدها از نظر کلّی بردو دسته‌اند:

الف ــ کلیدهای قدرت یا قطع جریان زیاد (کلیدهای دیژنکتور Disjoncteur) ــ این کلیدها برای قطع و وصل جریان مدارها در زیر بار بکار میروند و برای جلوگیری از ایجاد جرقه و قوس الکتریکی بین کنتاکتها در موقع تغییر وضعیّت، به سیستم جرقه‌گیر مجهز میباشند.

ب ــ کلیدهای جداکننده (سکسیونر Sectionner) ــ این کلیدها برای جدا کردن مدارهای با قدرت زیاد از شبکه، در حالیکه جریان مدار قطع باشد بکار میروند. بنابراین احتیاج به سیستم جرقه‌گیر ندارند. این کلیدها در مدار قبل از کلیدهای دیژنکتور قرار میگیرند. برای خارج کردن مداری از شبکه ابتدا جریان را توسط کلید دیژنکتور قطع، سپس با کلید سکسیونر مدار از شبکه جدا میشود. برای اتصال مدار به شبکه نیز ابتدا کلید دیژنکتور مربوطه را قطع، کلید سکسیونر را وصل و سپس کلید دیژنکتور را وصل میکنند.

کلیدها از نظر عملکرد بر دو دسته‌اند: کلیدهای ساده ــ کلیدهای مرکب.

کلیدهای ساده برای عمل کردن فقط احتیاج به نیروی مکانیکی دارند. ولی کلیدهای مرکب علاوه بر نیروی مکانیکی به عامل دیگری نظیر الکتریسیته نیز احتیاج دارند. مانند کلیدهای مغناطیسی که کنتاکتورها از آن جمله هستند.

کلیدهای ساده بر دو دسته‌اند:

۱ ــ کلیدهای سادهٔ لحظه‌ای که برای عمل نمودن احتیاج به نیروی دائمی دارند. بعبارت دیگر تا موقعی جریان برقرار است که نیروی مکانیکی موجود باشد. مانند شستی‌های استارت و استپ و میکروسوئیچها.

۲ ــ کلیدهای سادهٔ دائمی که برای تغییر حالت فقط احتیاج به نیروی لحظه‌ای دارند. بعبارت دیگر با اعمال یک نیروی لحظه‌ای جریان را بطور دائمی قطع یا وصل میکنند. مانند کلیدهای اهرمی، غلطکی، زبانه‌ای و ....

شستی‌ها ــ شستی‌ها کلیدهائی هستند که با فشار انگشت به کار افتاده و بمحض برطرف شدن فشار از روی شستی، به حالت اوّلیه باز میگردند. از این وسیله برای فرمان دادن به کنتاکتورها استفاده میشود. شستی‌های بکار رفته در مدار فرمان کنتاکتور (که بعداً شرح آن خواهد آمد) بر دو نوعند:

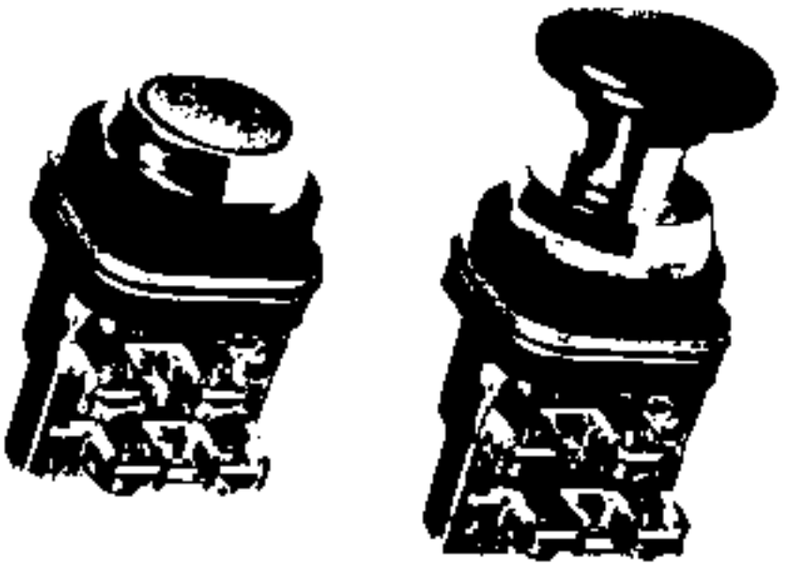
الف ــ شستی استارت

ب ــ شستی استپ

پ ــ شستی‌های مرکّب یا چند قطبی

الف ــ شستی استارت Start ــ برای فرمان وصل مدار به کنتاکتور از شستی استارت استفاده میشود. چنانچه گفته شد با برداشتن انگشت از روی شستی به حالت اوّلیه (کار نیفتاده) باز گشته مدار را قطع میکند. البته چنانچه بعداً شرح آن خواهد آمد، مدار فرمان کنتاکتور توسط یک کنتاکت کمکی بسته خواهد ماند تا زمانی که توسط شستی استپ قطع گردد. علامت اختصاری شستی استارت b_1 میباشد.

ب ــ شستی استپ Stop ــ شستی استپ برای قطع مدار بوبین کنتاکتور مورد استفاده

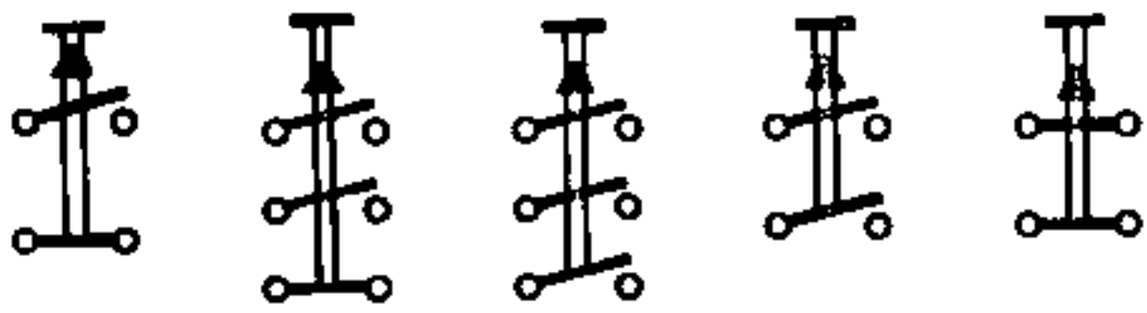


(شکل ۱ ــ۵) شکل ظاهری استارت و استپ

قرار میگیرد. این شستی برعکس شستی استارت در حالت کار نیفتاده، بسته میباشد و زمانیکه به آن فشار آوریم مدار را قطع کرده، با بر طرف شدن فشار به حالت اوّلیه برمیگردد. برگشت به حالت اوّلیه موجب وصل مدار نمیگردد بلکه برای اینکار بایستی شستی استارت را مجدداً فشار داد.

این حالت را روی ماشینهای مجهز به کنتاکتور، در موقع قطع جریان برق شبکه میتوان مشاهده نمود که با برقرار شدن مجدّد جریان دستگاه روشن نمیشود و احتیاج بـه فشار شستی استارت دارد. علامت اختصاری شستی استپ h_1 میباشد.

ب ــ شستی مرکّب یا چند قطبی ــ در صنعت، شستی‌هائی ساخته میشوند که ممکن است دو، سه یا بیشتر قطب روی یک محور قرار گیرند و با یک فشار انگشت همزمان به چند کنتاکتور فرمان دهند. مثلاً یک شستی دوبل استارت و استپ، در حالیکه مدار یک کنتاکتور را وصل میکند مدار کنتاکتور دیگری را قطع خواهد کرد و بالعکس.



(شکل ۲ ــ ۵) علامت اختصاری چند شستی مرکّب

میکروسوئیچ‌ها ــ میکروسوئیچ‌ها شباهت زیادی بـه شستی‌های استارت واستپ دارنـد. فرق آنها با استارت و استپهای معمولی در طریقهٔ فرمان دادن به آنهاست. معمولاً شستی‌ها بوسیلهٔ فشار انگشت فرمان میگیرند امّا میکروسوئیچها تحت تأثیر اعمال مکانیکی قرار گرفته به کنتاکتور فرمان میدهند.

برای مثال، روشن و خاموش کردن دستگاه تراش بـا فشار دادن شستی‌های استارت و استپ انجام میشود. ولی زمانی که درب جعبه برق ماشین باز است، روشن نمودن مـاشین بـا استارت امکان ندارد و بمحض بستن درب مذکور، ماشین را میتوان روشن نمود. علت ایـن کـار وجود وسیله‌ایست شبیه شستی استارت بین بدنهٔ ماشین و درب جعبه که در موقع برداشتن، درب مدار را قطع و در موقع بستن آن، مدار را وصل میکند.

بطور کلّی میتوان گفت میکروسوئیچ‌ها کلیدهای استارت و استپی هستند که بدون دخالت مستقیم دست عمل نموده و برای کنترل دامنهٔ حرکات و موارد ایمنی به کار گرفته میشوند.

کلیدهای اهرمی (تیغه‌ای) ــ کلیدهای تیغه‌ای از ساده‌ترین انـواع کـلیدها مـیباشند.

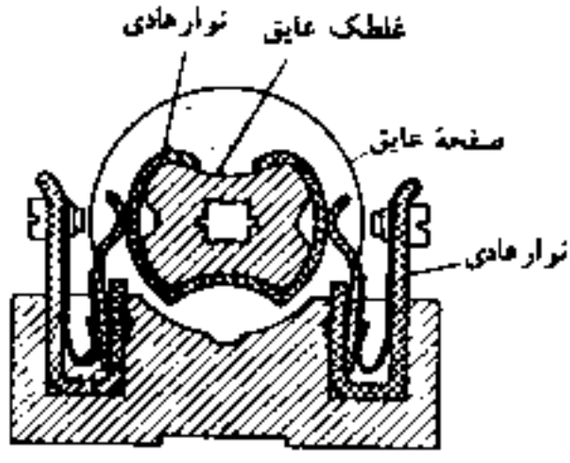
ساختمان و طرز کار آنها بدین شکل است که تیغه‌های کاردی شکل بر روی محور گردانی سوار شده. گردش محور توسط اهرم باعث اتصال تیغه‌ها به کنتاکتها و ارتباط بین آنها میگردد.

از این کلیدها برای قطع و وصل مدارها در حالت بدون بار و یا موقعی که جریان کمی از آنها عبور میکند استفاده میشود. علامت اختصاری این کلیدها میباشد. البته تعداد تیغه‌ها نسبت به مورد، تغییر میکند.

(شکل ۳ ــ ۵) یکنوع کلید اهرمی

کلیدهای گردان (غلطکی) ــ این کلید از یک یا چند غلطک عایق که توسط یک اهرم حول محوری می‌چرخند تشکیل شده است. در روی غلطک نوارهای هادی در محلهای مناسب تعبیه شده‌اند. فرم غلطک و طریقه قرار گرفتن نوارهای هادی در روی آن طوری است که با حرکت غلطک و قرار گرفتن در وضعیّتی خاص، کنتاکتهای ثابت به شکل مورد نظر به هم متصل یا از هم جدا میشوند

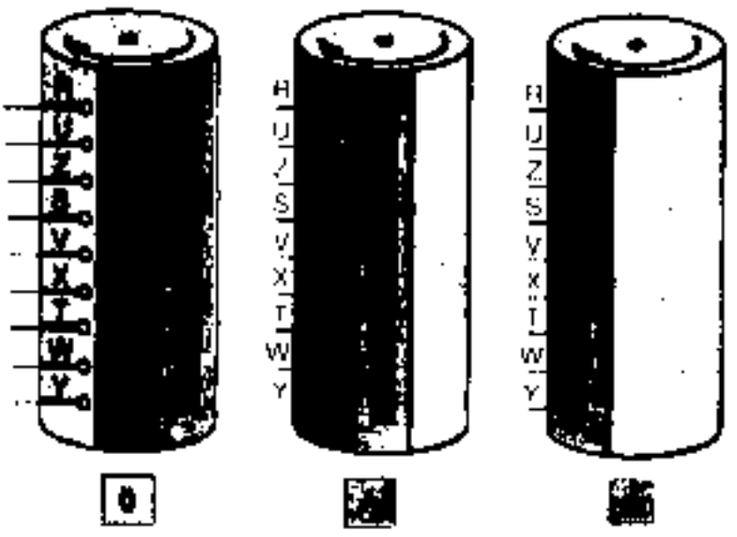
چنانچه در شکل مشاهده میشود، اگر قسمت فرورفته غلطک در برابر کنتاکتها قرار گیرد



(شکل ۴ ــ ۵) مقطع یک کلید گردان

دو کنتاکت از یکدیگر قطع، و اگر قسمت برجستهٔ غلطک در برابر کنتاکتها قرار گیرد بعلت وجود نوارهادی بین دو کنتاکت، آنها بهم اتصال خواهند یافت (حالت‌نشان‌داده‌شده در شکل۴ــ۵)

با انتخاب فرم لازم برای نوارهای هادی روی غلطکها میتوان حالتهای مختلفی را از نظر قطع و وصل مدار ایجاد نمود. شکل ۵ ــ ۵ نحوهٔ عمل یک کلید غلطکی ستاره، مثلث را نشان میدهد.



(شکل ۵ ــ۵) نحوهٔ عمل یک کلید غلطکی

خطوط پهن سیاهرنگ روی بدنهٔ غلطک نوارهای هادی و شکل سادهٔ ارتباط بین آنها را نشان میدهد.

در شکل فوق کنتاکتهای R.S.T مربوط به ورود جریان سه فاز از شبکه و کنتاکتهای U.V.W ابتدای کلافهای سیم پیچ موتور و کنتاکتهای X.Y.Z انتهای کلافهای سیم‌پیچ موتور را مشخص میسازند.

حالتهای مختلف کلید عبارتند از:

الف ــ حالت خلاص O : کنتاکتها، هیچ رابطه‌ای با هم ندارند چون نوارهای هادی با کنتاکتها اتّصالی ندارند، بنابراین موتور در حالت خلاص میباشد.

ب ــ حالت ستاره Y: دراینحالت نوارهای هادی قسمت سبز رنگ مقابل کنتاکتهای ثابت قرار گرفته‌اند. هر فاز ورودی به ابتدای یک کلاف متصل شده (R ← U و S ← V و T ← W) و انتهای تمام کلافها بهم وصل شده‌اند(X و Y و Z) و نقطهٔ اتصال آنها به سیم برگشت سیم صفر (MP) مربوط میشود. چنین حالت اتصالی را، اتصال ستاره نامند.

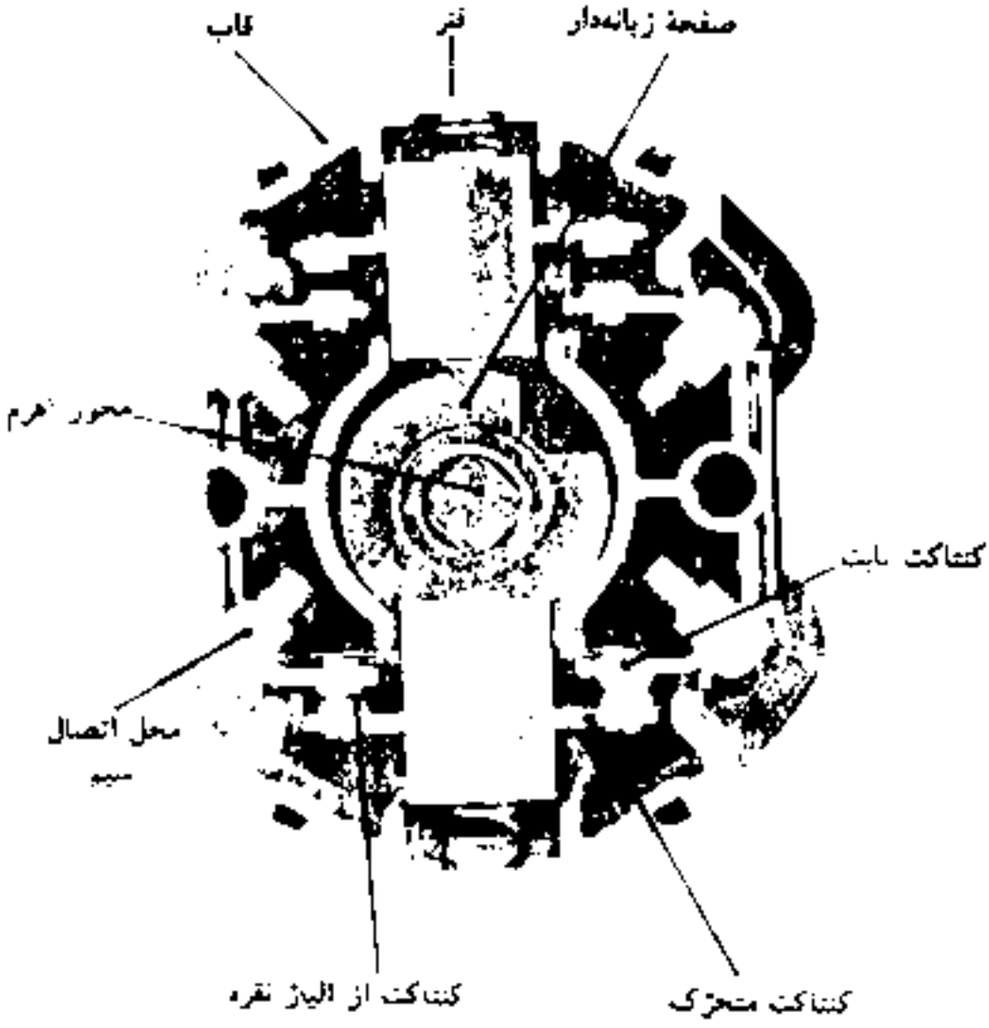
ج ــ حالت مثلث Δ: در اینحالت نوارهای هادی قسمت نارنجی رنگ مقابل کنتاکتهای ثابت قرار گرفته‌اند. هر فاز ورودی به ابتدای یک کلاف و انتهای کلاف مجاورش متّصل میشود.

بنابراین:

$Z \rightarrow U \rightarrow R$ و $X \rightarrow V \rightarrow S$ و $Y \rightarrow W \rightarrow T$ و جنین اتصالی را اتصال مثلث گویند. چنانکه مشاهده میشود در این طریقه اتصال سیم برگشت یا منفی (MP) وجود ندارد. از معایب کلیدهای غلطکی آنست که در موقع تعویض حالت کنتاکتهای روی نوارهای هادی کشیده شده بتدریج آنها را سائیده و فرسوده ساخته، از طول عمر کلید کاسته میشود.

کلید زبانه‌ای ــ بخاطر مزایائی که کلیدهای زبانه‌ای دارند، از آنها در صنعت استفادهٔ زیادی میشوند. از جمله مزایای این کلیدها آنست که اتصال بین کنتاکتها لحظه‌ای بوده و رویهم کشیده نمیشوند، بدینجهت سائیدگی در اثر اصطکاک نداشته عمر طولانی‌تری خواهند داشت.

شکل ۶ ــ ۵ مقطع یک کلید زبانه‌ای را نشان میدهد.



(شکل ۶ ــ ۵) مقطع کلید زبانه‌ای

کلید زبانه‌ای از اجزاء ذیل تشکیل شده است:

۱ ــ اهرم که حرکت چرخشی مکانیکی را به کلید منتقل مینماید.

۲ ــ صفحهٔ زبانه‌دار که روی محور اهرم محکم شده توسط آن به چپ و راست گردش

میکند.

۳ ــ کنتاکتهای متحرّک که دارای پلاتینهائی از جنس نقره بوده، بر تکیه گاهی سوار شده‌اند و با حرکت شعاعی تکیه‌گاه که توسط صفحهٔ زبانه‌دار ایجاد میشود، باعث قطع و وصل مدار میشوند.

۴ ــ کنتاکتهای ثابت که دارای پلاتینهائی از جنس نقره بوده، بر روی بدنهٔ عایق کلید، ثابت شده‌اند. هر یک از این کنتاکتها دارای پیچی برای اتصال سیمهای جریان، پیش‌بینی شده.

۵ ــ فنر که بین تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرّک و بدنهٔ کلید قرار گرفته، نیروی آن همواره تکیه‌گاه مذکور را به صفحهٔ زبانه‌دار میفشارد.

۶ ــ بدنهٔ کلید (قاب) که بسته به نوع آن و تعداد مدارهائی که بایستی کنترل نماید، دارای تعداد طبقات مختلفی است که همه روی یک محور قرار گرفته و دارای اهرم مشترکی هستند.

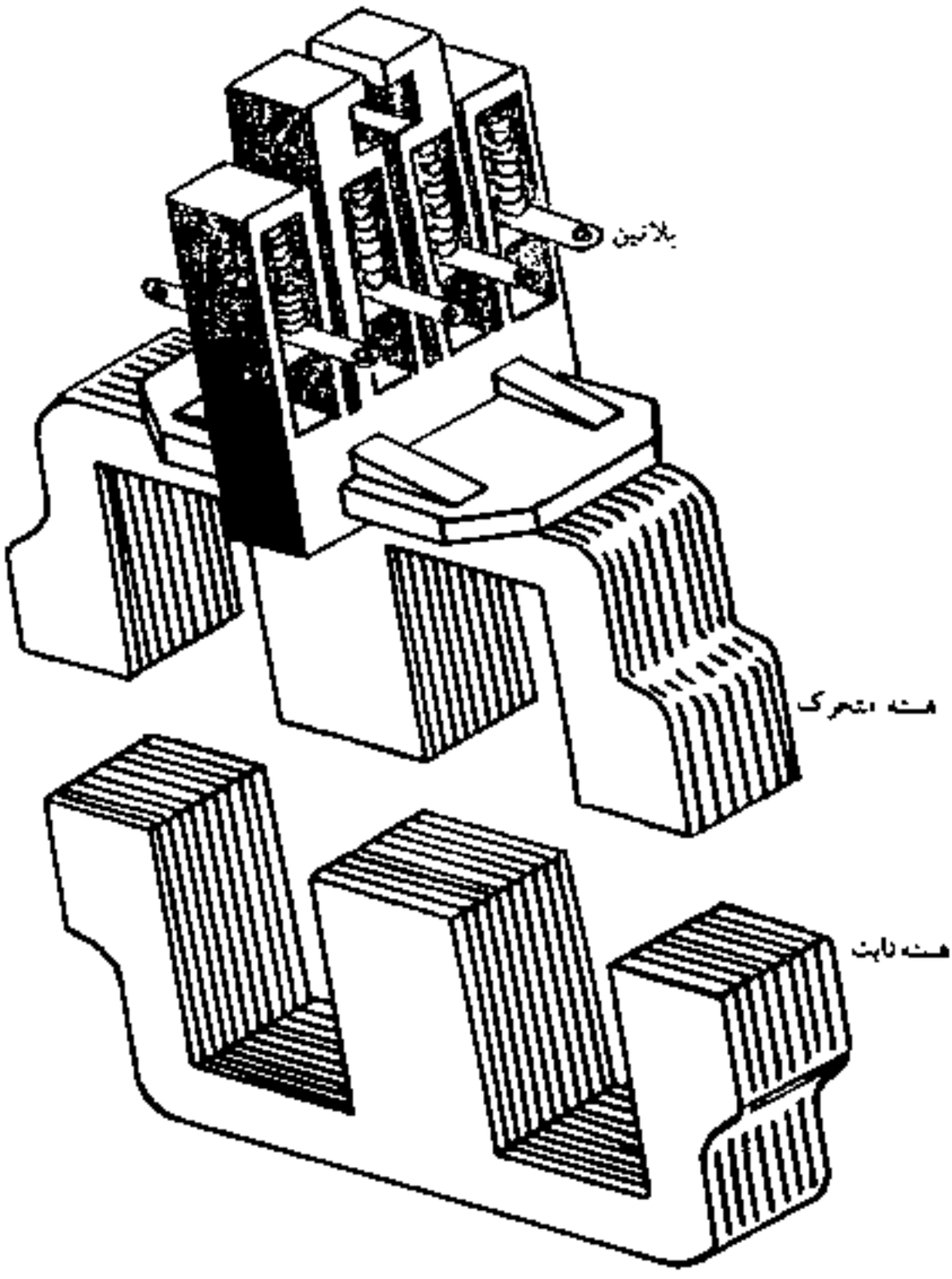
طرز کار کلید بدینطریق است که:

با چرخاندن اهرم صفحهٔ زبانه‌دار که روی آن محکم شده حول محور خود خواهد چرخید. موقعی که شیاری از صفحهٔ زبانه‌دار مقابل تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرک قرار گیرد، فشار فنر تکیه‌گاه را حرکت داده در شیار مستقر میسازد و باعث اتصال بین کنتاکتهای ثابت و متحرک شده جریان را در مدار مربوطه برقرار میسازد. با چرخش مجدّد اهرم و صفحهٔ زبانه‌دار، زبانه تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرّک را حرکت داده کنتاکتهای ثابت و متحرّک از هم جدا شده مدار مربوطه قطع میگردد. با تغییر تعداد و مکان زبانه‌ها در روی صفحهٔ زبانه‌دار و استفاده از کلید بصورت چند طبقه میتوان از این کلید به منظورهای مختلف و از جمله بجای کلیدهای غلطکی استفاده کرد.

کنتاکتور

کنتاکتور، کلید مغناطیسی است که با استفاده از یک بوبین با هستهٔ آهنی مدار را قطع و وصل میکند. معمولاً تحریک بوبین کنتاکتور با جریان یکفاز و ولتاژ کم انجام میگیرد. هستهٔ آهنی بوبین از دو قسمت ثابت و متحرّک تشکیل شده که با نیروی دو فنر از هم جدا نگهداشته میشوند.

با تحریک بوبین (عبور جریان از بوبین) هستهٔ آهنی آهنربا شده قسمت ثابت، قسمت متحرک را بطرف خود جذب مینماید و با قطع جریان حالت مغناطیسی هسته خنثی شده نیروی فنرها دو قسمت هسته را از یکدیگر جدا میکنند. روی قسمت متحرّک تعدادی کنتاکت قرار دارد که تعدادی از آنها باز و تعدادی بسته هستند. با جذب قسمت متحرک توسط قسمت ثابت، کنتاکتهای باز، بسته شده و کنتاکتهای بسته، باز میشوند. یک کنتاکتور ساده حداقل دارای چهار کنتاکت (تیغه) باز است که سه کنتاکت آن اصلی و برای قطع و وصل جریان سه فاز بین شبکه و مصرف کننده، و یک کنتاکت فرعی یا کمکی برای نگهداری کنتاکتور در حالت کار افتاده که بنام

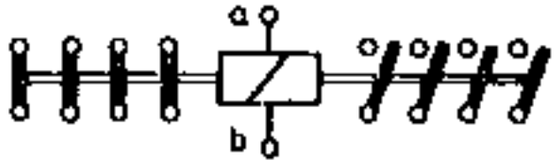


(شکل ۷ ــ ۵) هستهٔ آهنی کنتاکتور

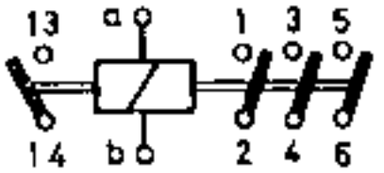
کنتاکت نگهدارنده نیز خوانده میشود.

علامت اختصاری کنتاکتور شبیه کلیدهای اهرمی است، با این تفاوت که تعدادی کنتاکت باز و بستهٔ کمکی و یک بوبین به آن اضافه شده است. شکلهای ۸ ــ ۵ تا ۱۱ ــ ۵ علامت اختصاری چند نوع کنتاکتور را نشان میدهند. (علامت اختصاری بوبین هسته).

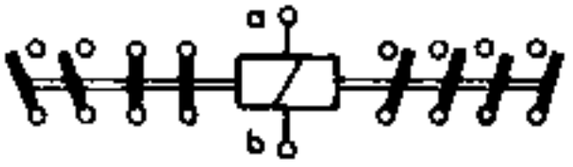
مهمترین دلایل استفادهٔ بیشتر از کنتاکتور نسبت به کلیدهای دیگر، جدا بودن مدار قدرت از مدار فرمان و امکان فرمان از راه دور و فرمان از چند نقطه میباشد.



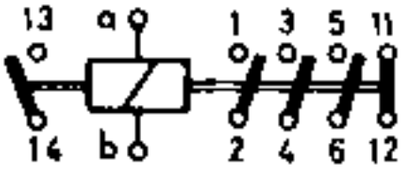
(شکل ۸ ــ ۵) کنتاکتور با ۴ کنتاکت باز و ۴ کنتاکت بسته



(شکل ۹ ــ ۵) کنتاکتور با ۴ کنتاکت باز



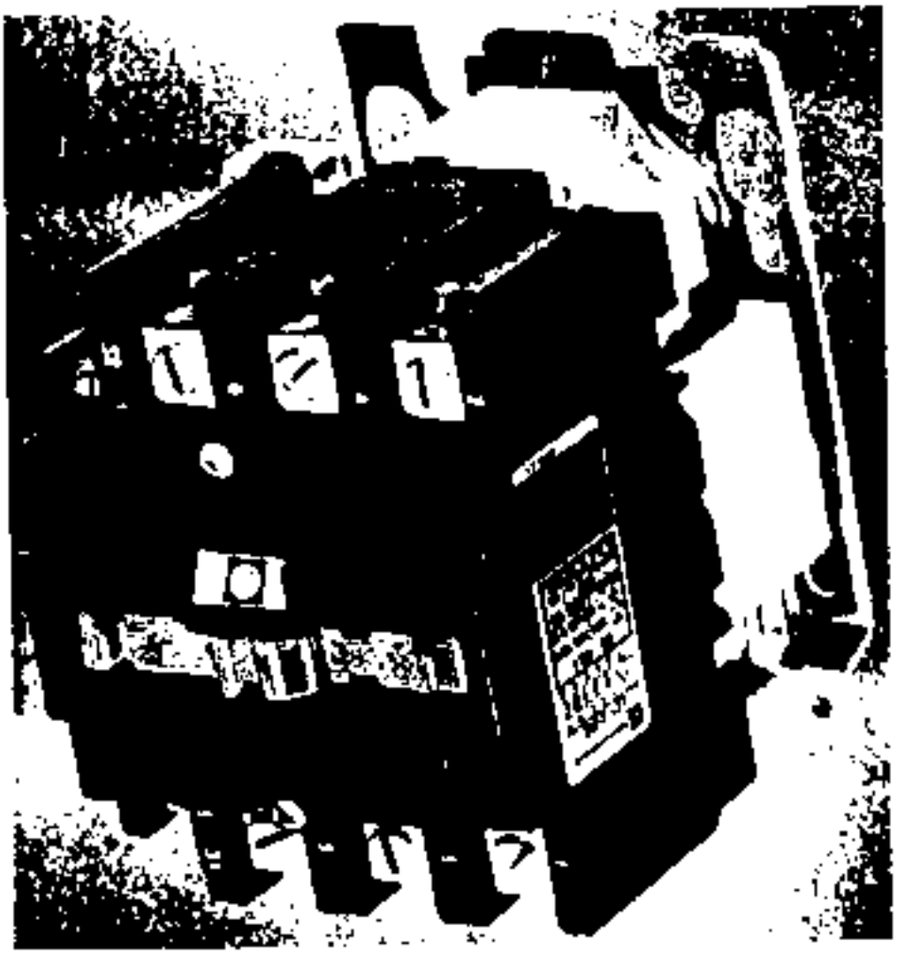
(شکل ۱۰ ــ ۵) کنتاکتور با ۶ کنتاکت باز و ۲ کنتاکت بسته



(شکل ۱۱ ــ ۵) کنتاکتور با ۴ کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته

مدار قدرت کنتاکتور ــ مدار قدرت کنتاکتور مانند هر کلید ــ سه فاز دیگری جریان را به مصرف کننده میرساند. کنتاکتها و پلاتینهای مربوطه باید تحمّل عبور جریان راه اندازی را که چند برابر جریان عادّی مصرف‌کننده است داشته باشند.

مدار فرمان کنتاکتور ــ این مدار، هیچ رابطه‌ای با مدار قدرت کنتاکتور ندانسته، توسط آن جریان تحریک به بوبین کنتاکتور میرسد. جریان تحریک ممکن است مستقیم یا متناوب و یا



(شکل ۱۲ ــ ۵) شکل ظاهری کنتاکتور

ولتاژ ....., ۳۶، ۲۴، ۱۲ و با شدت جریان کم انجام گیرد.

چون بوبین با جریان کمی تحریک میشود کنتاکتها و پلاتینهای مربوطه متناسب با جریان تحریک ساخته میشوند و سیمهای رابط در مدار فرمان با مقطع کوچک انتخاب میشوند.

رله‌ها (e)

رله‌ها، وسائلی هستند برای قطع و وصل مدارهای الکتریکی که به دو دستهٔ کلّی تقسیم میشوند:

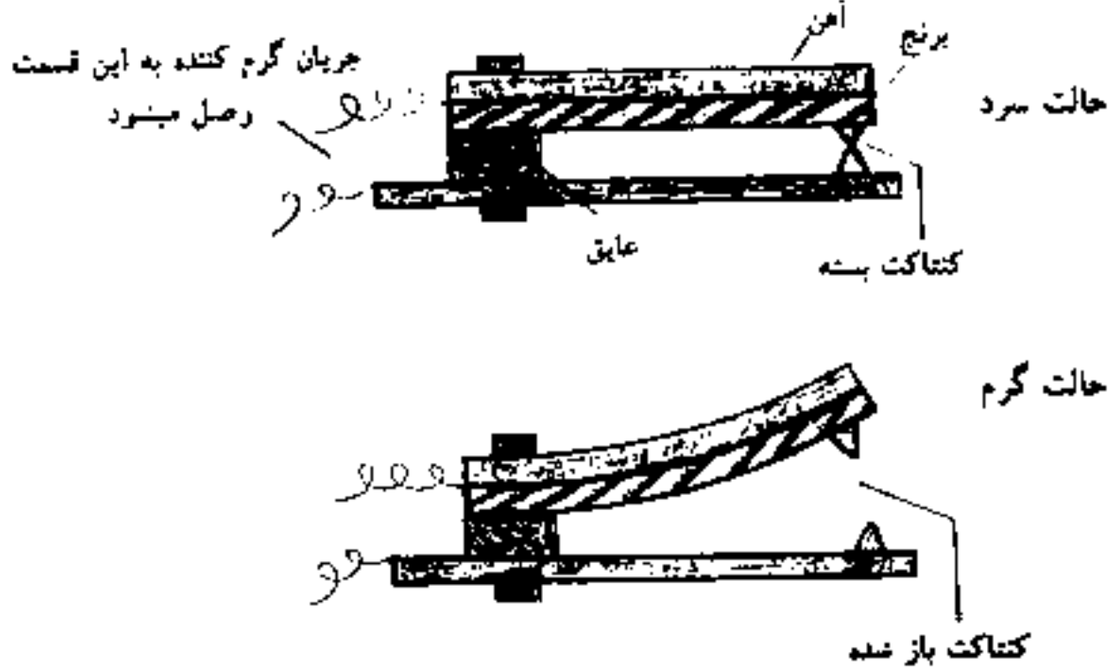
۱ ــ رله‌های ساده که بجای کلیدها بکار میروند و کنتاکتور یکی از انواع آنست.

۲ ــ رله‌های زمانی که برای قطع و وصل مدارهای الکتریکی بصورت تأخیری بکار میروند. بعبارت دیگر عملکرد این رله‌ها احتیاج به گذشت زمان دارد (تایمرها یا رله‌های زمانی). مانند رله‌هائی که در کنترل چراغهای راهنمائی بکار گرفته میشوند.

از جملهٔ رله‌های زمانی میتوان رله‌های اضافه باری و مغناطیسی را نام برد. این رله‌ها مدار را در مقابل جریانهای اضافی و اتصال کوتاه حفاظت می‌نمایند.

الف ــ رله‌های اضافه باری (رلهٔ بی متالی) (e) ــ رلهٔ بی‌متالی از انواع بسیار متداول در صنعت است و اساس کار آن برانبساط فلزّات در اثر بالا رفتن حرارت و اختلاف مقدار انبساط در فلزّات مختلف میباشد.

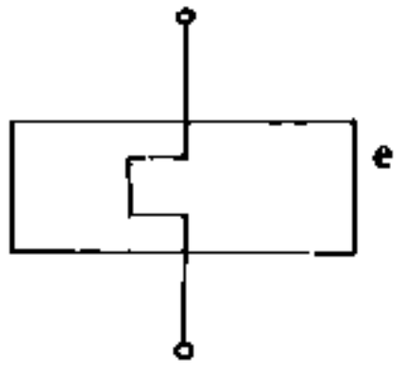
این رله‌ها پس از کنتاکتور قرار گرفته و هر فاز خروجی از کنتاکتور به یکی از این رله‌ها مجهّز میشود و در صورت عبور جریان اضافی از آن فاز باعث قطع آن خواهد شد.



(شکل ۱۳ ــ ۵) نحوهٔ کار بی‌متال

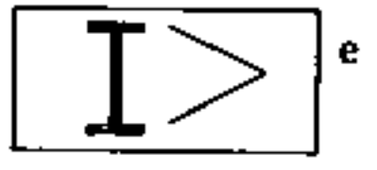
طرز عمل بدینطریق است که جریان در موقع عبور از بی‌متال باعث گرم شدن آن میشود، بی‌متال که از دو قطعه آهن و برنج بهم جوش خورده ساخته شده طوری است که تا درجه حرارت معیّنی مدار را بسته نگهمیدارد. چنانچه به علّتی شدت جریان مدار از حدّ قابل قبول بالاتر رود حرارت ایجاد شده باعث خم شدن بی‌متال به سمت بالا و در نتیجه قطع شدن مدار میگردد.

به کار بردن رلهٔ حرارتی (بی‌متال) این حسن را دارد که قطع مدار احتیاج به گذشت زمان دارد. بنابراین جریان زیادی را که در ابتدای راه اندازی مصرف کننده از مدار میگذرد تحمّل نموده مدار را قطع نمیکند و در صورتیکه مدت زیادی جریان اضافی موجود باشد (به اندازه‌ای که در آن مدّت بی‌متال گرم شود) مدار را قطع خواهد کرد.



(شکل ۱۴ ــ ۵) علامت اختصاری رلهٔ حرارتی

ب ــ رلهٔ مغناطیسی (e) ــ رلهٔ مغناطیسی نیز برای کنترل جریان و حفاظت مدار در مقابل آن ساخته شده. تفاوت این رله با رلهٔ حرارتی در آنست که در مقابل جریان اضافی بصورت لحظه‌ای عمل نموده و احتیاج به گذشت زمان ندارد. این رله که براساس پدیدهٔ الکترو مغناطیس کار میکند برای قطع جریان در حالت اتصال کوتاه بکار میرود. این رله از یک هستهٔ آهنی که دور آن سیم‌پیچ قرار گرفته تشکیل میشود. جریان عادّی مصرف کننده و حتّی جریان راه اندازی آن که خیلی بیشتر از جریان عادّی است قادر به کار اندازی این رله نمیباشند و فقط در صورت اتصال کوتاه و عبور جریان خیلی زیاد نیروی مغناطیسی هسته بقدری خواهد رسید که اهرم قطع کنتاکتور را به‌خودجذب‌نماید.از رله‌های مغناطیسی بندرت بطور مجزّا در مدار استفاده میشود بلکه از آنها بهمراه رله‌های حرارتی بهره‌گیری میشود.

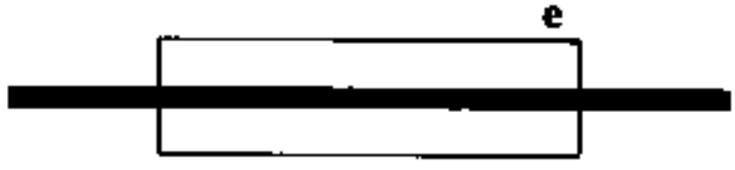


(شکل ۱۵ ــ ۵) علامت اختصاری رلهٔ مغناطیسی

فیوزها

جهت حفاظت موتورهای کوچک که با اختلاف سطح کم کار میکنند بجای رلهٔ حرارتی خودکار یا رلهٔ مغناطیسی از فیوز استفاده میشود.

فیوز، سیم نازک فلزی است که در مسیر جریان از شبکه به کنتاکتور قرار میگیرد و چنانچه شدت جریان بعلّت اتصال کوتاه و یا عمل ننمودن رلهٔ حرارتی از حدّ مجاز بگذرد، فلز فیوز ذوب شده، مدار را قطع میکند و از رسیدن جریان زیاد به مصرف‌کننده جلوگیری مینماید. ذوب شدن و قطع فلز فیوز همراه با جرقّه و قوس الکتریکی میباشد بدینجهت آنرا در داخل استوانه‌ای عایق و نسوز قرار میدهند. گاهی داخل این استوانه را از پودرهای نسوز یا روغن پر میکنند تا قوس الکتریکی ایجاد شده را سریعاً خاموش کند. چون هر فیوز دارای یک ظرفیّت حرارتی بخصوصی است، حرارت حاصل از جریان بایستی به حدّ معیّنی برسد تا فلز فیوز ذوب و مدار را قطع کند بنابراین در بعضی از مدارهای ساده جهت حفاظت، فیوز کافی است و احتیاج به رلهٔ حرارتی و کنتاکتور نمیباشد.

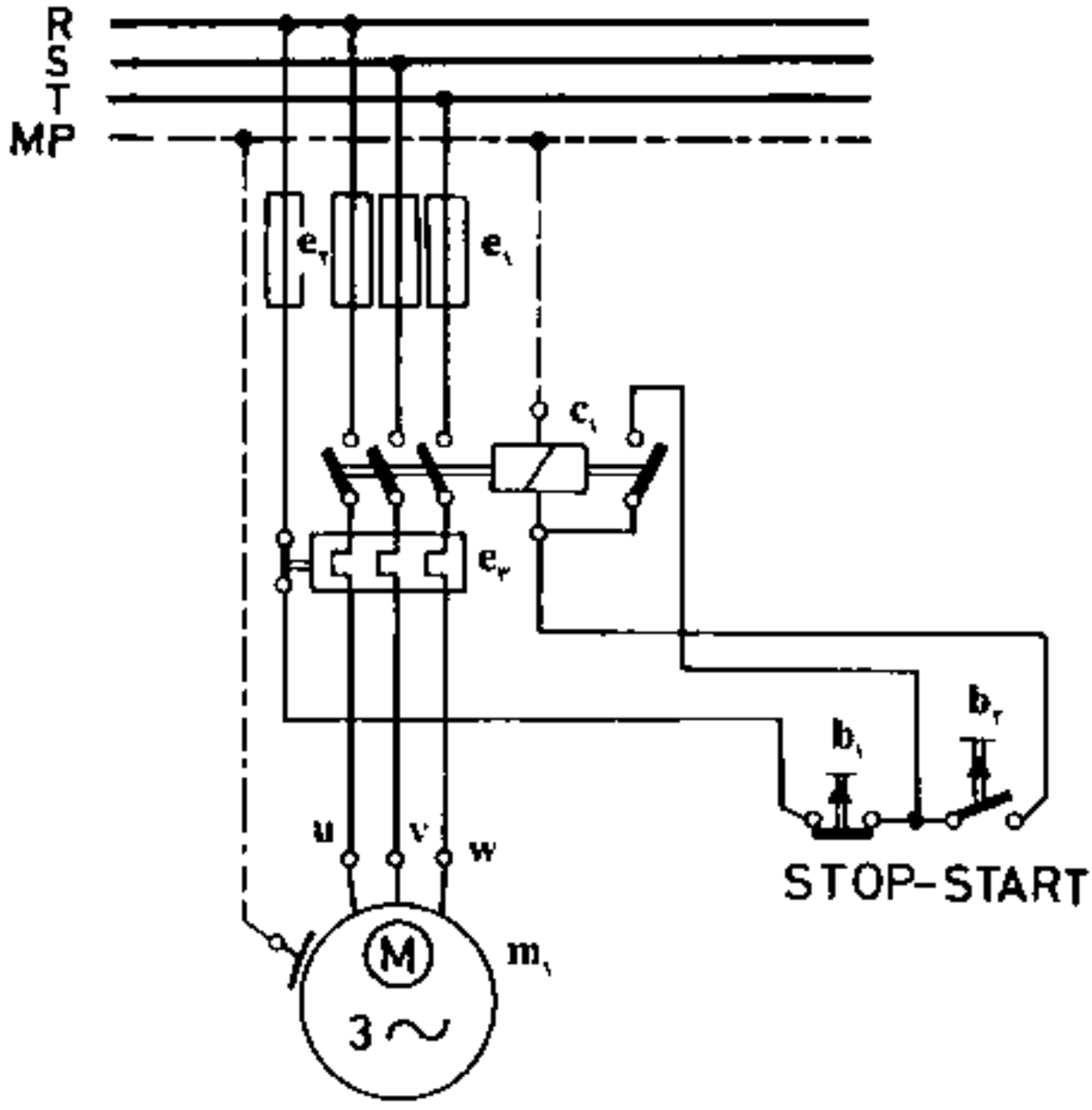


(شکل ۱۶ ــ ۵) علامت اختصاری فیوز

فرمان الکتریکی موتور سه فاز یکجهته

از ساده‌ترین فرمانهای الکتریکی کنترل حرکت موتوری الکتریکی با حرکت یکجهته میباشد. این نوع فرمان در بسیاری از ماشینهای ابزار نظیر ماشینهای تراش، مته، صفحه تراش و..... بکار میرود. در اینگونه ماشینها تغییر جهت بکمک جعبه دنده انجام میگیرد. شکل ۱۷ ــ ۵ شمای حقیقی مدار کنترل حرکت یک موتور سه فاز با شستی معمولی را در حالت کار نیفتاده نشان میدهد.

با فشار به شستی استارت b_2 جریان از طریق فاز R، فیوز e_2، رلهٔ حرارتی e_4، شستی استپ b_1 و شستی استارت b_2 به بوبین کنتاکتور c_1 رسیده، آنرا تحریک و کنتاکتور عمل می‌نماید. این کنتاکتور که دارای چهار کنتاکت باز است در حالت کار افتاده کنتاکتهای چهارگانه بسته میشوند. جریان از فازهای R.S.T از طریق فیوزهای سه گانهٔ e_1، کنتاکتور c_1 و رلهٔ e_3 به کنتاکتهای U.V.W رسیده موتور m_1 به حرکت درمیآید. کنتاکت بستهٔ چهارم نیز باعث میشود که پس از برداشتن دست از روی شستی استارت و قطع مدار بوبین از این محل، جریان تحریک بوبین از طریق فاز R، فیوز e_2 شستی استپ b_1 و کنتاکت مذکور به بوبین کنتاکتور برسد و آنرا در



(شکل ۱۷ ــ ۵) شمای حقیقی راه‌اندازی موتور سه فاز یکجهته

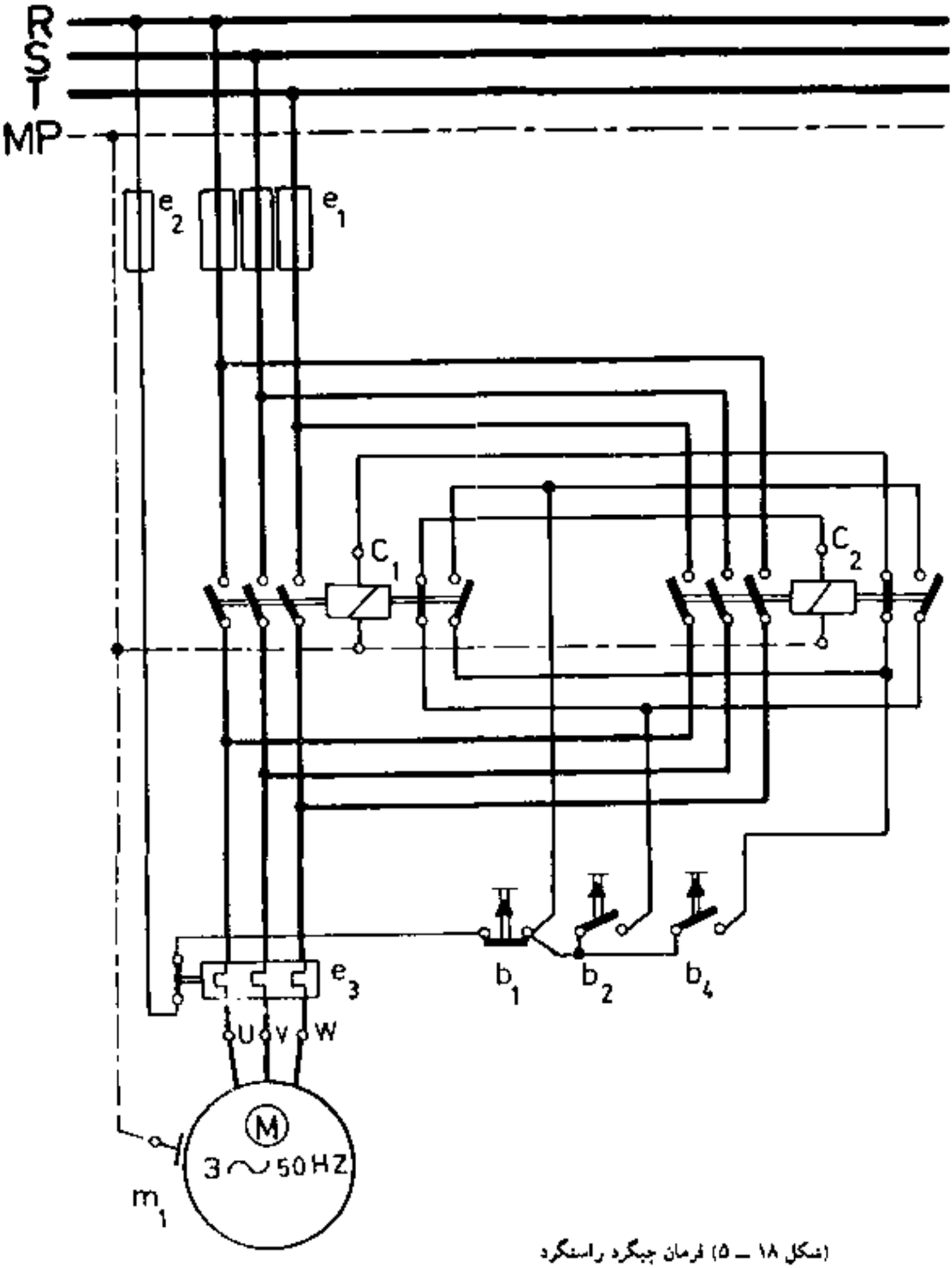
حالت کار افتاده نگهدارد. بدینجهت این کنتاکت را کنتاکت یا تیغهٔ نگهدارنده نیز نامند.

برای قطع حرکت کافیست شستی استپ b_1 را فشار دهیم. در اینصورت مدار نگهدارنده از این محل قطع و کنتاکتور به حالت کار نیفتادهٔ اوّلیه برگشته و موتور از کار می‌ایستد.

فرمان الکتریکی موتور سه فاز چپ‌گرد و راست‌گرد

در بعضی از ماشینهای ابزار نظیر ماشین مته‌های ستونی و ماشین فرز برای تغییر جهت دوران محور اصلی (محور مته و محور تیغ فرز) از فرمان چپگرد و راستگرد موتور سه فاز بهره‌گیری میشود.

در اساس برای تغییر جهت دوران موتور باید جای دو فاز آن با هم عوض شود. شکل ۱۸ ــ ۵ شمای حقیقی فرمان چپگرد راستگرد را در حالت کار نیفتاده نشان میدهد.



(شکل ۱۸ ــ ۵) فرمان چپگرد راستگرد

بعبارت دیگر مدار قدرت از طریق هر دو کنتاکتور c_1 و c_2 باز است و جریانی به موتور نمی‌رسد. شستی استارت b_2 را فشار میدهیم، جریان از طریق فاز R، فیوز e_2، رلهٔ حرارتی e_2، شستی استپ b_1، شستی استارت b_2 و کنتاکت بستهٔ c_2 به بوبین c_1 رسیده کنتاکتور c_1 عمل مینماید یعنی کنتاکتهای باز آن بسته و کنتاکت بستهٔ آن باز میشود. در نتیجه جریان از سه فاز R,S,T از طریق فیوزهای سه گانهٔ e_1، کنتاکتور c_1 و رلهٔ e_2 به کنتاکتهای U,V,W رسیده موتور m_1 فرضاً بصورت راستگرد به حرکت درمیآید. در این حال کنتاکت بستهٔ کنتاکتور c_1 که در مدار تحریک (مدار فرمان) کنتاکتور c_2 قرار دارد باز شده و امکان راه‌اندازی چپگرد، در حالیکه موتور راستگرد کار میکند را از بین میبرد. کنتاکت باز چهارم که پس از راه‌اندازی بسته شده باعث میشود جریان از طریق شستی استپ b_1 و کنتاکت بستهٔ c_2 بوبین c_1 را تغذیه و کنتاکتور c_1 را در حالت کار افتاده نگهدارد. بدینجهت کنتاکت مذکور را کنتاکت یا تیغهٔ نگهدارندهٔ کنتاکتور c_1 گویند. برای تغییر جهت دوران موتور ابتدا با فشار به شستی استپ b_1 مدار نگهدارندهٔ c_1 را قطع و کنتاکتور c_1 را به حالت اوّلیه (کار نیفتاده) برمیگردانیم تا موتور از گردش باز ایستد. سپس شستی استارت b_2 را فشار داده جریان از طریق فاز R، فیوز e_2، رلهٔ e_2 شستی استپ b_1، شستی استارت b_2 و کنتاکت بستهٔ c_1 بوبین کنتاکتور c_2 را تغذیه نموده کنتاکتور c_2 عمل مینماید. کنتاکتهای باز این کنتاکتور بسته شده و کنتاکت بستهٔ آن باز میشود. در اینحال جریان از سه فاز R,S,T از طریق فیوزهای سه گانهٔ e_1، کنتاکتور c_2، شستی استارت b_2، شستی استپ b_1 و رلهٔ e_2 به کنتاکتهای U,V,W رسیده، موتور m_1 بحالت چپگرد به دوران میآید.

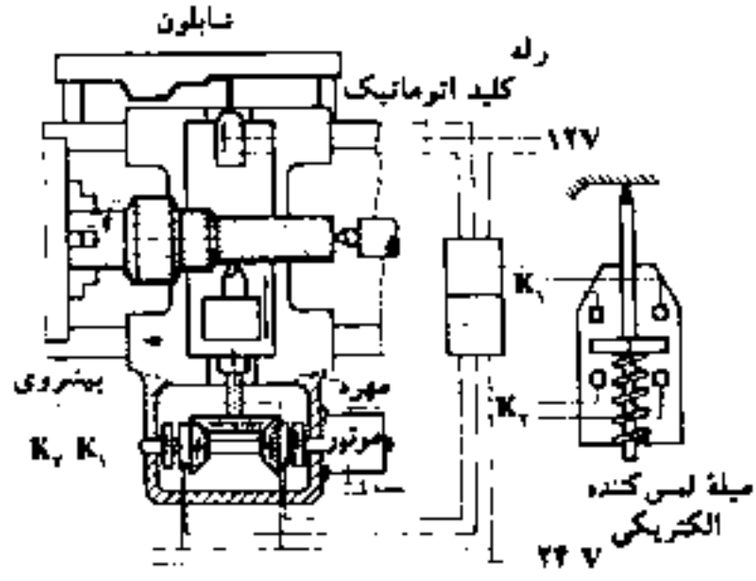
تفاوت این حالت با حالت قبل در اینست که در حالت قبل (حالت راستگرد) R→U و S→V و T→W ارتباط می‌یابد، ولی در حالت دوّم (حالت چپگرد) R→W و S→V و T→U بعبارت دیگر محل اتصال دو فاز R و T با هم عوض شده که همین عمل باعث تغییر جهت گردش موتور میشود.

فرمان الکتریکی در کپی‌تراشی

یکی دیگر از فرمانهای الکتریکی، فرمان الکتریکی در کپی‌تراشی است. از این فرمان برای انتقال حرکت از یک موتور الکتریکی به محور عرضی سوپرت ماشین‌تراش برای تراش قطعه کار بر طبق نمونه استفاده میشود.

در اینطریقهٔ کپی نیز مانند کپی مکانیکی سوپرت در حالیکه حرکت طولی اتومات دارد، حرکات عرضی آن تابع گردش محور حرکت عرضی سوپرت است (مانند بار دستی یا اتومات) گردش محور مذکور توسط یک موتور الکتریکی و متناسب با شکل شابلون انجام میگیرد.

چرخدندهٔ مخروطی روی محور عرضی سوپرت با دو چرخ دندهٔ مخروطی هرزگرد روی



(شکل ۱۹ ــ ۵) کپی تراش الکتریکی

محور موتور درگیر است. در مجاورت هر یک از این چرخدنده‌ها یک کلاچ الکترو مغناطیسی قرار دارد (K_1 و K_2) هر کلاچ میتواند چرخدندهٔ مربوطه را با محور موتور درگیر و از آن طریق حرکت عرضی سوپرت را تأمین نماید.

طریقهٔ عمل بدینطریق است که:

میلهٔ لمس‌کننده، فنر و کنتاکتها طوری تنظیم شده‌اند که وقتی مسیر موازی محور است هر دو کنتاکت باز است و سوپرت عرضی حرکتی ندارد. چنانچه برحسب شکل شابلون لمس‌کننده از محور آن دور شود فشار بین شابلون و لمس‌کننده باعث جمع شدن فنر و بسته شدن کنتاکت K_2 گردیده کلاچ الکترو مغناطیسی K_2 چرخدندهٔ مخروطی سمت راست و محور موتور را با هم درگیر کرده حرکت موافق عقربه‌های ساعت در موتور باعث دوران محور عرضی سوپرت در جهت عکس عقربه‌های ساعت خواهد شد که در نتیجه رنده همراه با سوپرت به عقب کشیده شده از محور کار دور میشود. این حالت (دور شدن قلم از محور کار) تا موقعی ادامه می‌یابد که سوپرت باندازهٔ کافی حرکت کرده، تعادل قبلی برقرار و کنتاکت K_2 باز شود.

چنانچه برحسب شکل شابلون و فشار فنر لمس‌کننده به محور شابلون نزدیک شود (وجود فرورفتگی و شیار در شابلون) اتصال کنتاکت K_1 را باعث شده کلاچ K_1 چرخدنده سمت چپ را با محور موتور درگیر نموده حرکت موافق عقربه‌های ساعت در موتور باعث دوران محور عرضی سوپرت در همان جهت موافق عقربه‌های ساعت خواهد شد که در نتیجه رنده همراه با سوپرت به جلو رانده شده به محور کار نزدیک میشود. این حالت (نزدیک شدن قلم به محور کار) تا موقعی ادامه می‌یابد که سوپرت باندازهٔ کافی حرکت کرده تعادل قبلی برقرار و کنتاکت K_1 باز شود.

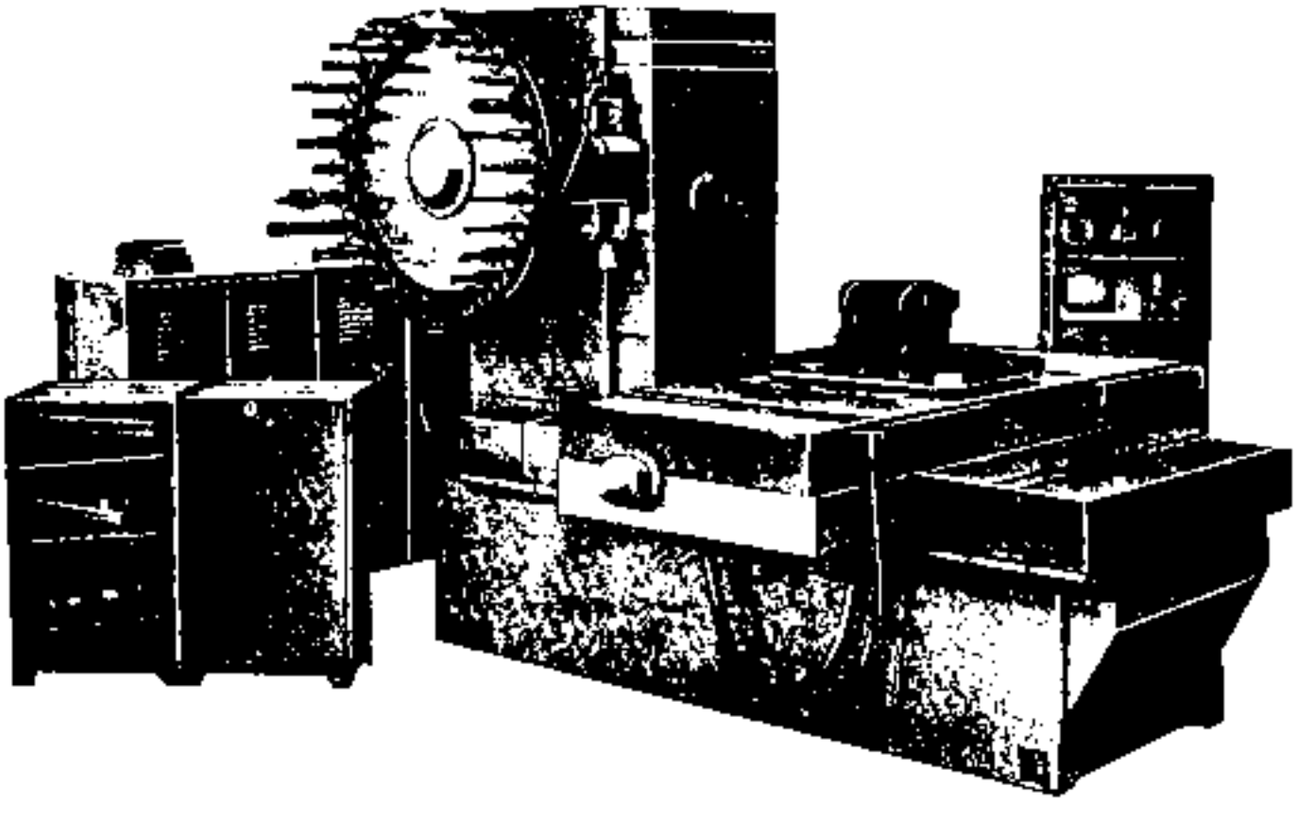
فرمان عددی Numerical Control (N.C)

کنترل عددی ماشینهای ابزار عبارت است از:

کنترل اعمال ماشینکاری بوسیلهٔ اعدادی که بجای نقشه و شابلون در اختیار ماشین قرار داده میشود. بعبارت دیگر کنترل عددی عبارت است از انجام و تکمیل مراحل مختلف کار به کمک معلومات ذخیره شده به شکل برنامه‌های رمزی و بدون دخالت ماشینکار.

علت وجودی ماشینهای N.C (ماشینهای ابزار با کنترل عددی) احتیاج به ساخت قطعات با تعداد زیاد، کیفیّت بالا و قیمت اقتصادی بوده است. وظیفهٔ چنین ماشینهائی آماده کردن قطعه کار و کنترل تمام مراحل ساخت از نظر کمّی و کیفی تا پایان عملیّات ماشینکاری است.

امروزه کنترل عددی در ماشینهای N.C و C.N.C بقدری پیشرفت نموده که یک ماشین قادر است کلیه مراحل ساخت یک قطعه اعمّ از تنظیم، سراده‌برداری، تعویض ابزار و غیره را بطور اتومات و بدون دخالت فرد انجام دهد.

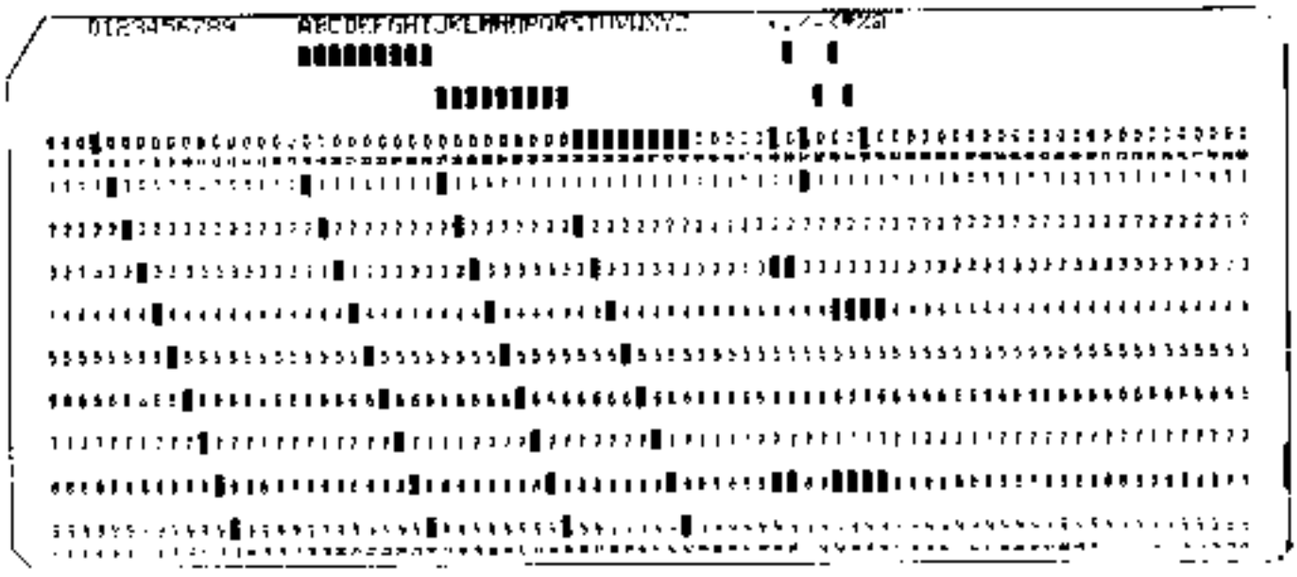


(شکل ۲۰ ــ ۵) ماشین تمام اتوماتیک با کنترل N.C

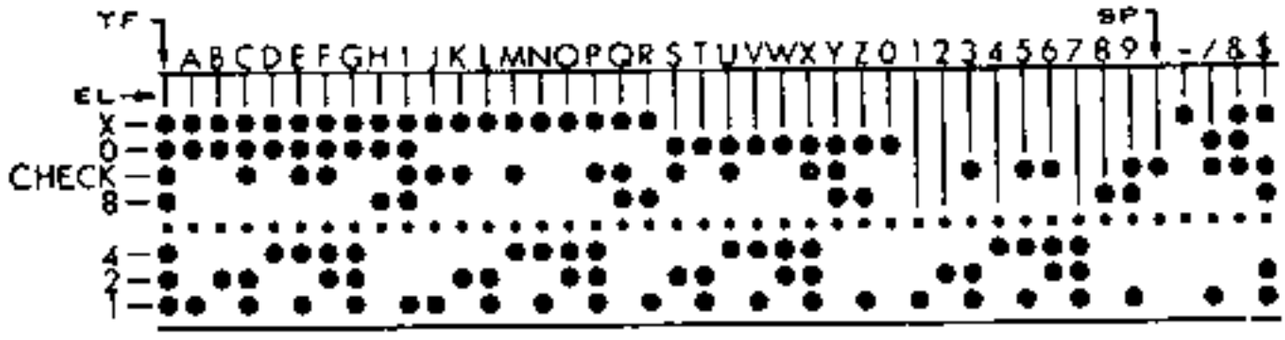
ماشین N.C برای ساخت یک قطعه احتیاج به برنامهٔ کار و ابزارهای مورد لزوم دارد. برای اینکار ابتدا قطعهٔ مورد نظر طرح و نقشهٔ فنی آن رسم، تمام مشخصات کمّی و کیفی نظیر ابعاد و تلرانس قسمتهای مختلف در اختیار برنامه‌نویس قرار داده میشود. همزمان با اینکار متصدّی تهیّه ابزار نیز ابزارهای لازم را تهیّه، فرمی از مشخصات ابزار و امکانات کاری آنها نظیر سرعت

برش و مقدار بار مجاز را به برنامه‌نویس تحویل مینماید.

برنامه‌نویس با توجه به اطلاعاتی که از طرّاح و ابزارمند اخذ نموده و با در نظر گرفتن مشخصات و توانائیهای کاری ماشین مورد نظر مراحل انجام کار را روی فرمهای مخصوص برنامه‌نویسی بصورت شماره‌ها و کُدهای رمزی ثبت می‌نماید. این برنامه توسط کارتهای سوراخدار، نوار مغناطیسی یا دیسک مغناطیسی یا نوار سوراخدار که قابل درک برای ماشین است تهیه میشود. بعبارت دیگر برنامه را به زبان ماشین ترجمه میکنند. در بین حاملهای اطلاعات که نام برده شد نوار سوراخدار بهتر و عملی‌تر است.



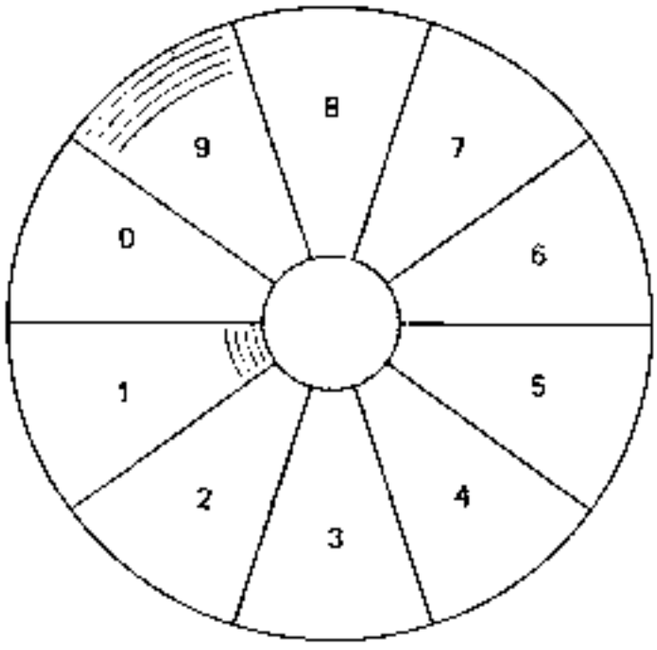
(شکل ۲۱ ــ ۵) کارت سوراخدار



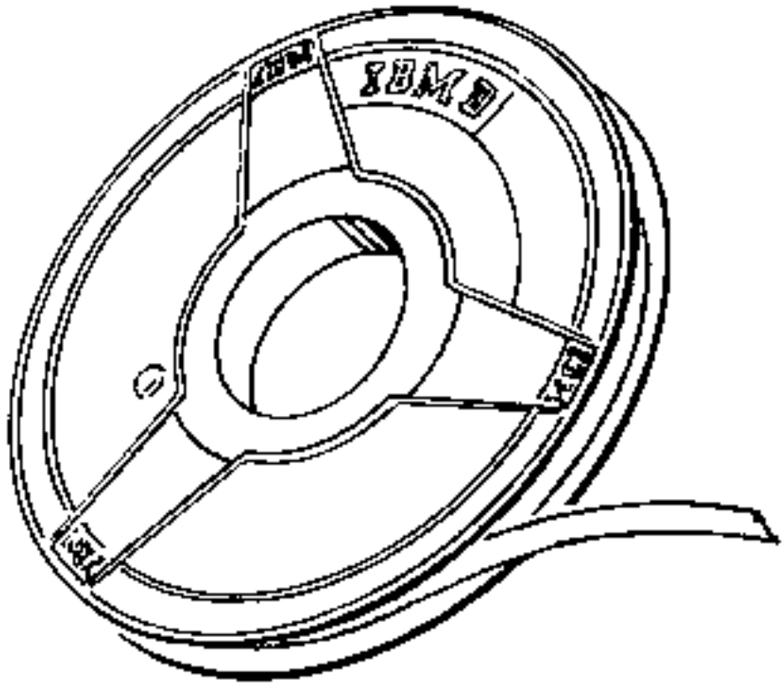
(شکل ۲۲ ــ ۵) یک قطعه از نوار سوراخدار

ثبت برنامه بر روی نوار و کارت را پانچ گویند. برای کنترل، برنامهٔ پانچ شده به کامپیوتر داده میشود. پس از چند دقیقه کامپیوتر صحیح یا غلط بودن برنامه را مشخّص میسازد.

در صورت تأیید برنامه در این مرحله برای اطمینان کامل برنامه را به ماشین نقشه‌کشی کامپیوتری میدهند. این ماشین طبق برنامهٔ داده شده نقشهٔ فنی آنرا رسم می‌نماید. چنانچه نقشهٔ



(شکل ۲۳ ــ ۵) دیسک مغناطیسی



(شکل ۲۴ ــ ۵) نوار مغناطیسی

رسم شده توسط ماشین با نقشهٔ اوّلیه مطابقت داشته باشد برنامه مورد قبول و چنانچه با هم اختلاف داشته باشند برنامه غلط خواهد بود که مجدداً بررسی و موارد اشکال آن رفع خواهد شد.

پس از تأیید نهائی میتوان نوار را در دستگاه نوارخوان کامپیوتری ماشین قرار داده قطعهٔ مورد نظر را بدون دخالت فرد ماشینکار براده‌برداری نمود. در بعضی از ماشینهای N.C تعویض ابزار توسط فرد ماشینکار انجام میشود ولی چنانچه قبلاً نیز گفته شد در ماشینهای پیشرفتهٔ فعلی

این امکان وجود دارد که تعویض ابزار نیز توسط خود ماشین و بطور خودکار انجام گیرد.

انواع فرمانهای عددی در ماشینهای ابزار N.C

از فرمان عددی در کنترل ماشینهای ابزار نظیر ماشینهای تراش، فرز، بورینگ، مته و.... استفادهٔ زیادی میشود. صرفنظر از نوع کار، فقط از نظر شکل حرکت پیشروی ابزار در موقع براده‌برداری میتوان آنها را به سه دسته تقسیم کرد:

الف ــ فرمان نقطه‌ای (محلّی).

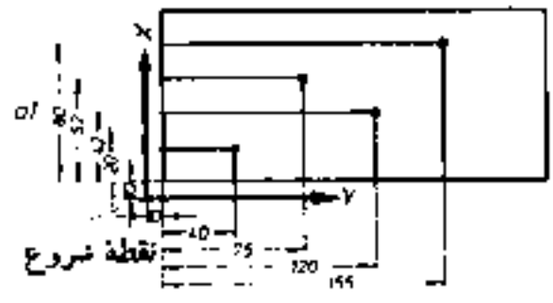
ب ــ فرمان خطّی (مستقیم).

پ ــ فرمان سه بُعدی (ادامه‌ای).

فرمان نقطه‌ای (محلّی) Positioning System یا Point to Point ــ سیستم فرمان نقطه‌ای ساده‌ترین نوع کنترل میباشد. ابزار در صفحهٔ XY یا صفحات دیگر بطور سریع از یک نقطه به نقطهٔ دیگر حرکت نموده و در آن نقطه با تعویض ابزارها عملیات لازم نظیر مته‌کاری، تراش، برفوزنی و.... را بصورت موضعی (نقطه‌ای) انجام میدهند. بنابراین در فرمان نقطه‌ای ابزار هنگام براده‌برداری فقط حرکتی در امتداد محور خود دارد.

حرکت سریع را طوری میتوان انتخاب کرد که ابزار برای رسیدن به نقطهٔ مورد نظر دو محور مربوط به صفحه را همزمان یا جدا جدا طی نماید. انتخاب حرکت همزمان با صرفه‌تر است ولی برنامه‌ریزی آن مشکلتر میباشد. در حرکت همزمان، مسیر حرکت سریع، وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ایست که دو ضلع قائمهٔ آن محورهای X و Y یا X و Z یا Y و Z خواهد بود.

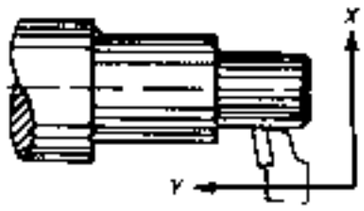
در حرکت جدا جدا مسیر حرکت سریع بجای وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ای که شرح آن گذشت دو ضلع قائمهٔ آن خواهد بود.



(شکل ۲۵ ــ ۵) فرمان نقطه‌ای

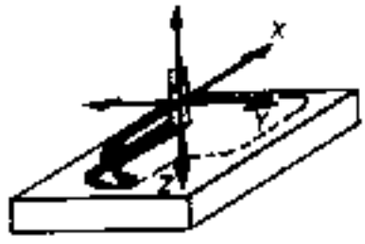
فرمان خطّی (مستقیم) Straight Cut System ــ در این سیستم، براده‌برداری در یک خط مستقیم منطبق بر سطوح محصور بین محورهای مختصات انجام میشود. بنابراین مسیر براده‌برداری موازی یکی از محورهای X یا Y یا Z و با بصورت خطّی در یکی از صفحات XY، یا

XZ یا YZ خواهد بود. از این فرمان در تراش اشکالی که منحنی نداشته باشند نظیر مربع، مستطیل، مثلث و..... بوسیلهٔ فرزکاری و تراش قطعات روی ماشین تراش استفاده میشود.



(شکل ۲۶ ــ ۵) فرمان خطی یا مستقیم

فرمان سه بُعدی (ادامه‌ای) Contouring System ــ مهمترین سیستم فرمان، فرمان سه بعدی است. در این سیستم اجرای فرامین قبلی نیز امکان‌پذیر است. بنابراین ماشینی که به سیستم فرمان عددی سه بعدی مجهّز است علاوه بر اینکه قادر است کار ماشینهای قبلی را انجام دهد، خواهد توانست هرگونه منحنی دو و سه بعدی را بتراشد. به شرط آنکه مسیر ابزار را بتوان با رابطهٔ ریاضی مشخّص نمود. مثل: دایره، بیضی، مخروط..... و ترکیبی از چنین اشکال.



(شکل ۲۷ ــ ۵) فرمان سه بعدی

فصل ششم

ماشین‌های تراش اختصاصی
Special purpose Lathes

در صنایع ماشین‌سازی بر حسب نیاز، تدریجاً انواع مختلفی از ماشین‌های تراش که مختصّ انجام دادن کارهای فلزتراشی ویژه‌ای میباشند ساخته شده‌اند و مجموعاً ماشین‌های تراش اختصاصی نامیده میشوند که در سطور زیر چند نمونه از آن‌ها را از نقطه‌نظر ساختمانی و کاربردشان مورد بررسی قرار میدهیم:

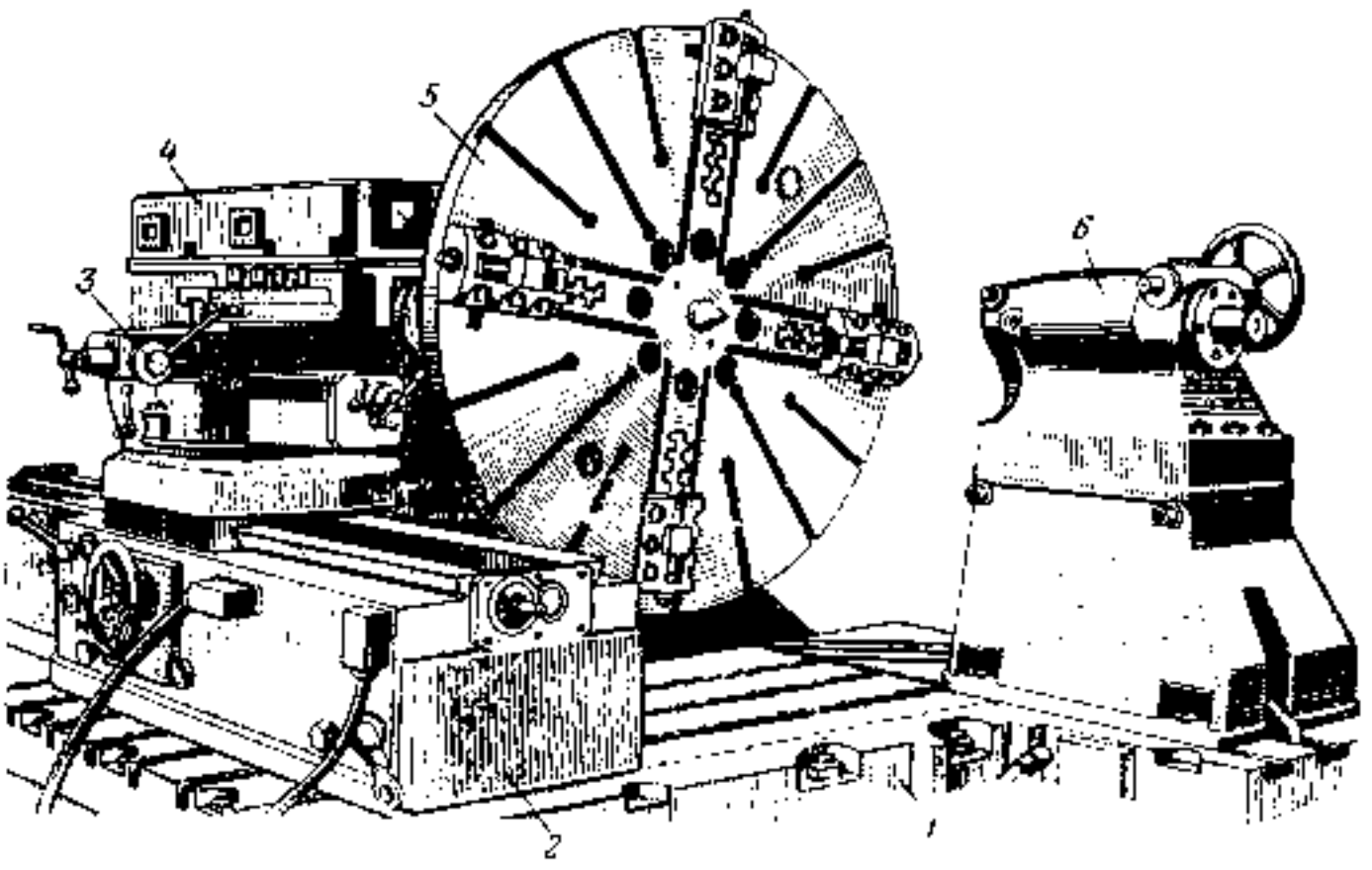
الف ــ ماشین‌های تراش پیشانی «Facing Lathes»

ماشین‌های تراش پیشانی یا کف‌تراشی، ماشین‌های تراش ساده‌ای هستند که برای ماشین‌کاری قطعاتی که دارای قطر زیاد ولی طول کم باشند بکار برده میشوند. آنها عملیاتی نظیر تراش استوانه‌های خارجی، سطوح مخروطی شکل، کف‌تراشی، بریدن و در آوردنِ شیار و داخل تراشی را روی قطعاتی نظیر: فلایویل‌ها یا چرخ طیّارها (چرخ لنگرها)، پولی‌ها، چرخ دنده‌های با قطر خارجی خیلی بزرگ و غیره انجام میدهند، بطوری که کارهائی تا قطر بیشتر از ۶ متر بر روی آن‌ها قابلِ تراش میباشند.

شکل‌صفحهٔ‌بعد نمونه‌ای‌ازماشین‌های‌تراش پیشانی را نشان میدهد که قادر است تا حدود ۳۲۰۰ میلیمتر قطر، کارگیری داشته باشد و یا بعبارت دیگر چهار نظام انیورسال نصب شده بر روی محور اصلی آن میتواند قطعات با قطری تا حدّ فوق را محکم دربرگرفته و آماده تراشکاری سازد.

توان مصرفی الکترو موتور ماشین تراش پیشانی مزبور در حدود ۳۰ KW کیلووات بوده ولی بعلت آنکه کاربرد عمده‌اش جهت اجرای عملیات تراشکاری روی کارهای قطور است ردیف تغییرات تعداد دوران بر هر دقیقه محور اصلیش فقط .R.P.M ۶۳ تا ۰/۸ در جدولِ مشخصات فنی آن ذکر گردیده است.

قطعهٔ کار موردنظر برای تراش، بر روی صفحهٔ نظام (با توجه به شکل ۱ ــ ۶) بکمک روبنده‌های تسمه‌ای با پیچهای متناسب بسته می‌شود و در صورتی که کار دارای قطر کمتر از یک متر باشد ممکن است این عمل را با استفاده از پارچه‌های نظام (سه نظام و یا چهار نظام) انجام

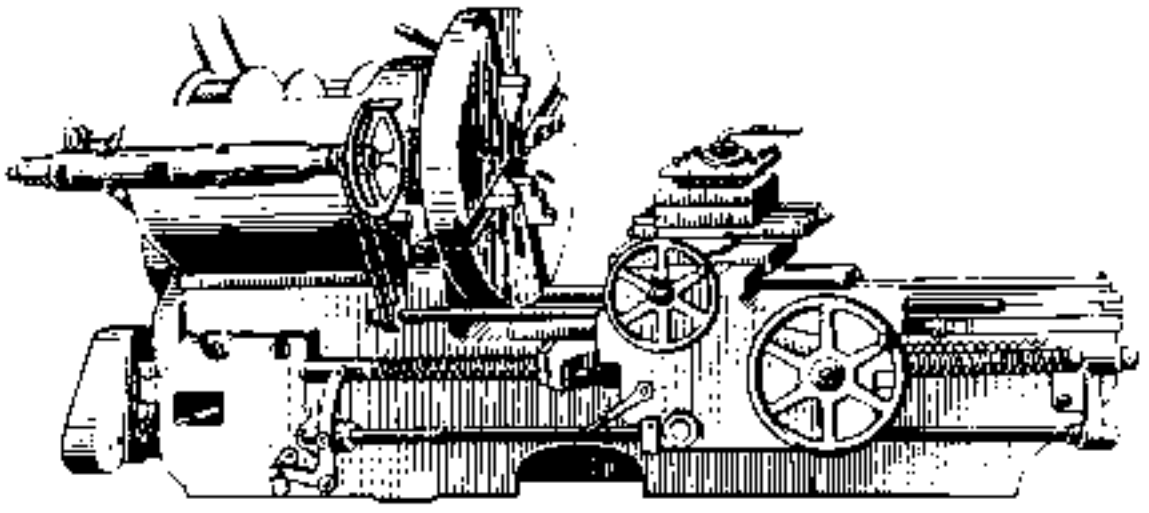


(شکل ۱ ــ ۶) نمای یک ماشین تراش پیشانی (از نوع دارای دستگاه مرغک)

دهند.

ماشین‌های تراش پیشانی شبیه ماشین‌های تراش معمولی هستند که از نظر طول معمولاً کوتاه‌تر بوده ولی در عوض دارای صفحهٔ نظام با قطر کارگیری خیلی بزرگند که باعث میشود، بتوان با آن‌ها کارهای غیرقابل تراش با ماشین‌های معمولی را تراشید. ماشین پیشانی تراش نشان داده شده در (شکل ۱ ــ ۶) شامل دستگاه مرغک بوده امّا باید دانست که مدل‌هائی از این ماشین که فاقد قسمت فوق‌الذکر نیز می‌باشد در صنایع ساختِ ماشین‌های ابزار دیده شده است. شکل شماتیکی‌صفحهٔ بعد نشانگر اساس ساختمان ماشین‌های تراش پیشانی ویژه‌ایست که قسمت‌مورد بحث در آن حذف گردیده است.

با توجه به شکل قبلی (شکل ۱ ــ ۶)، قسمت‌های اصلی ماشین‌تراش پیشانی عبارتند از: صفحه پایه۱، پیش دستگاه۴ با صفحهٔ مرغک ۵ قوطی ۲، سوپرت فوقانی ۳ و دستگاه مرغک ۶ که روی پایه بلندی نصب شده است. پیش دستگاه ماشین که در داخل آن جعبه دنده سرعت قرار گرفته دقیقاً به صفحه پایه محکم گردیده است. پایه ۲ با راههای روی میز طولیش و نیز دستگاه مرغک میتوانند در محل موردنظر و بر روی صفحه پایه بوسیله پیچهائی که از شیارهای T شکل عبور کرده‌اند محکم گردند. همانطور که ذکر شد چون هدف از کاربرد این ماشین، تراشیدن کارهای با قطر زیاد است، لذا ناحیه‌ای از میز که در بالای آن میخواهند صفحه نظام را بگردش



(شکل ۲ ــ ۶) نمای یک ماشین تراش بیشانی (نوع بدون دستگاه مرغک)

درآورند را طوری طرّاحی کرده و میسازند که فرورفته باشد تا امکان ماشین کاری قطعات قطور فراهم گردد.

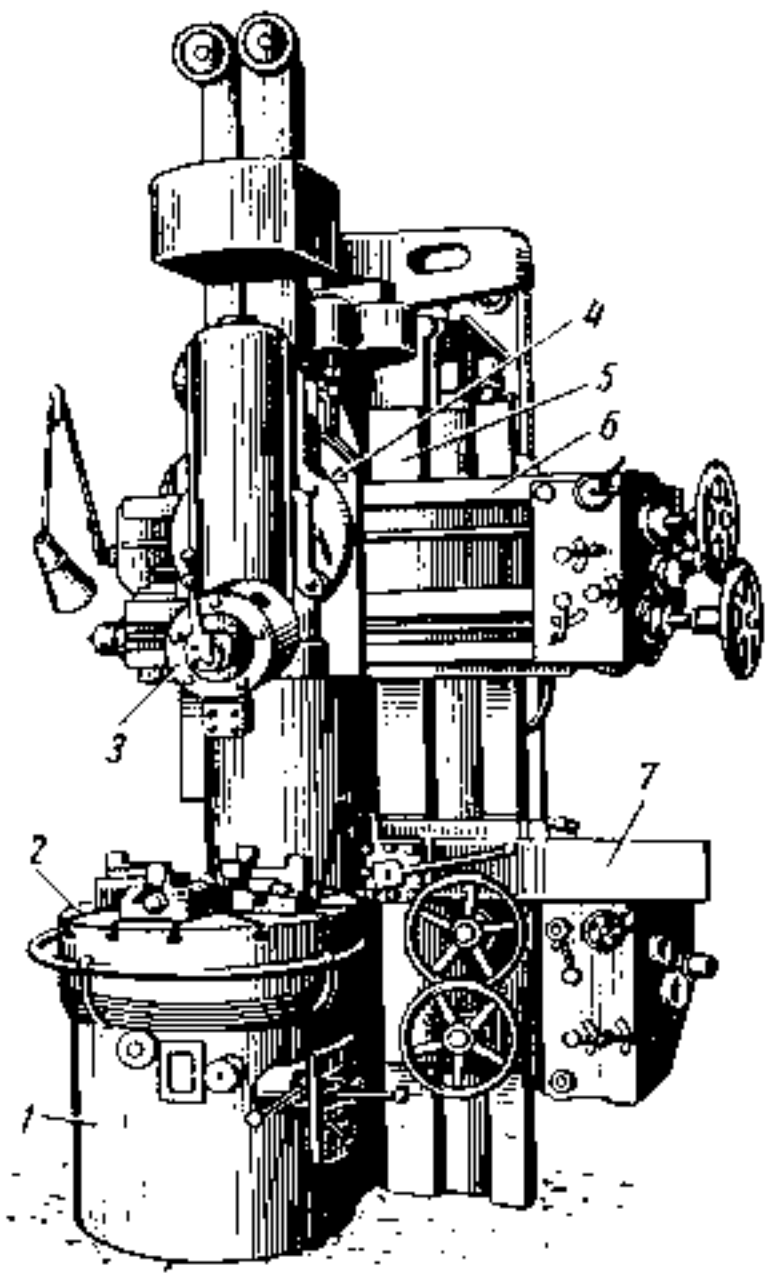
قسمت رنده‌بند از موتور جداگانه‌ای کسب قدرت می‌کند و برای آن بارهای خودکار طولی و عرضی متناسب را در مکانیزم باردهی پیش‌بینی می‌کنند. بعبارت دیگر همانطور که از شکل شماتیکی ماشین تراش بیشانی تراش (شکل ۱ ــ ۶) پیداست، جعبه دنده بار آن مانند ماشین‌های تراش معمولی، در داخل دستگاه فلزتراشی تعبیه نشده است. هنگامیکه کارهای خیلی بزرگ و سنگین بر روی صفحه نظام این نوع ماشین‌ها بسته میشوند، تا حدّ زیادی، وزین بودنِ آن‌ها خرابی زودرسی را برای یاتاقان‌های محور اصلی ماشین بوجود می‌آورد و گذشته از آن، دشواری‌های سوار و پیاده کردنِ قطعاتِ کار بزرگ، کاربردشان را محدود ساخته و تدریجاً ماشین‌های تراش قائم یا کاروسل که ذیلاً به شرح آن‌ها خواهیم پرداخت، جایگزین ماشین‌های تراش بیشانی شده‌اند. ولی باید دانست که سادگی ساختمان آن‌ها و نیز قیمت ارزانشان مهم‌ترین عواملی هستند که هنوز هم بتوان در صنایع تک‌سازی و همچنین کارهای تعمیراتی از ماشین‌های تراش بیشانی بهره‌گیری کرد.

ب ــ ماشین‌های تراش قائم با برجک گردان یا ماشین‌های تراش کاروسل ـ Vertical Lathes

ماشین‌های تراش قائم با برجک‌های گردنده، از انواع با اندازه‌های کوچک تا مدل‌های بزرگی از آن‌ها که بتوانند کارهائی با قطر ۲۵ متر را هم تراشکاری کنند در ماشین‌سازی طرّاحی و ساخته شده‌اند. این ماشین‌ها تقریباً بطور کامل جانشین ماشین‌های تراش بیشانی خواهند شد و دلایل آن هم سهولتِ سوار شدن قطعه کار روی آن‌ها و کاهشِ مخاطره کُندهٔ شدنشان از محور

اصلی ماشین فلزتراشی است، زیرا در این نوع ماشین‌های ابزار، صفحه نظام که به موازاتِ کفِ کارگاه حرکت چرخشی دارد، با کیفیّت بهتری بمدد یاتاقان‌های کَف گردَش قادر به تحمّل نیروی وزنِ زیادِ قطعات سنگین خواهد بود. ماشین‌های تراش کاروسل را میتوان در مواردی که کار دارای ابعادی بزرگ و وزنی زیاد و تلرانس تراشکاری کمی باشد، مانند ساختن اجسزاء توربین‌های بخار و توربین‌ها یا چرخهای آبی عظیم مورد بهره‌برداری قرار داد و چسون دارای ابزارگیرهای نصب شده در برجک‌های گردان میباشند، به سهولت امکان قرار دادنِ ابزار جدیدی در خطّ براده‌برداری فراهم میگردد. ماشین‌های تراش قائم با برجک گردان را میتوان به دو دسته تقسیم‌بندی کرد:

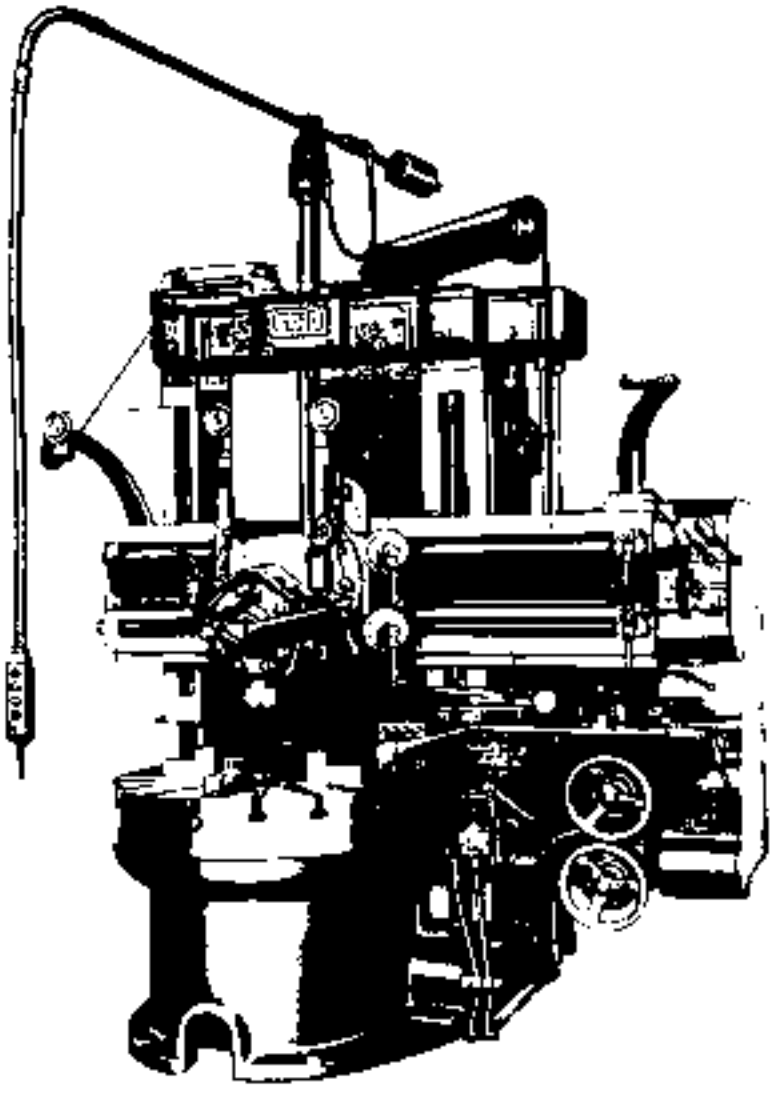
۱ ــ ماشین‌های تراش قائم یک خانه‌ای «Single-Housing Vertical Lathes» ــ نمونه‌ای از ماشین‌های تراش قائم یک خانه‌ای در (شکل ۳ ــ ۶) نشان داده شده است که قادر است کارهائی تا قطر ۱۵۰۰ میلیمتر را تراش دهد. پایه ۱ در خود محور اصلی ماشین‌تراش قائم را جای داده



[شکل ۳ ــ ۶] قسمت‌های اصلی یک ماشین تراش قائم یا کاروسل بطور شماتیکی

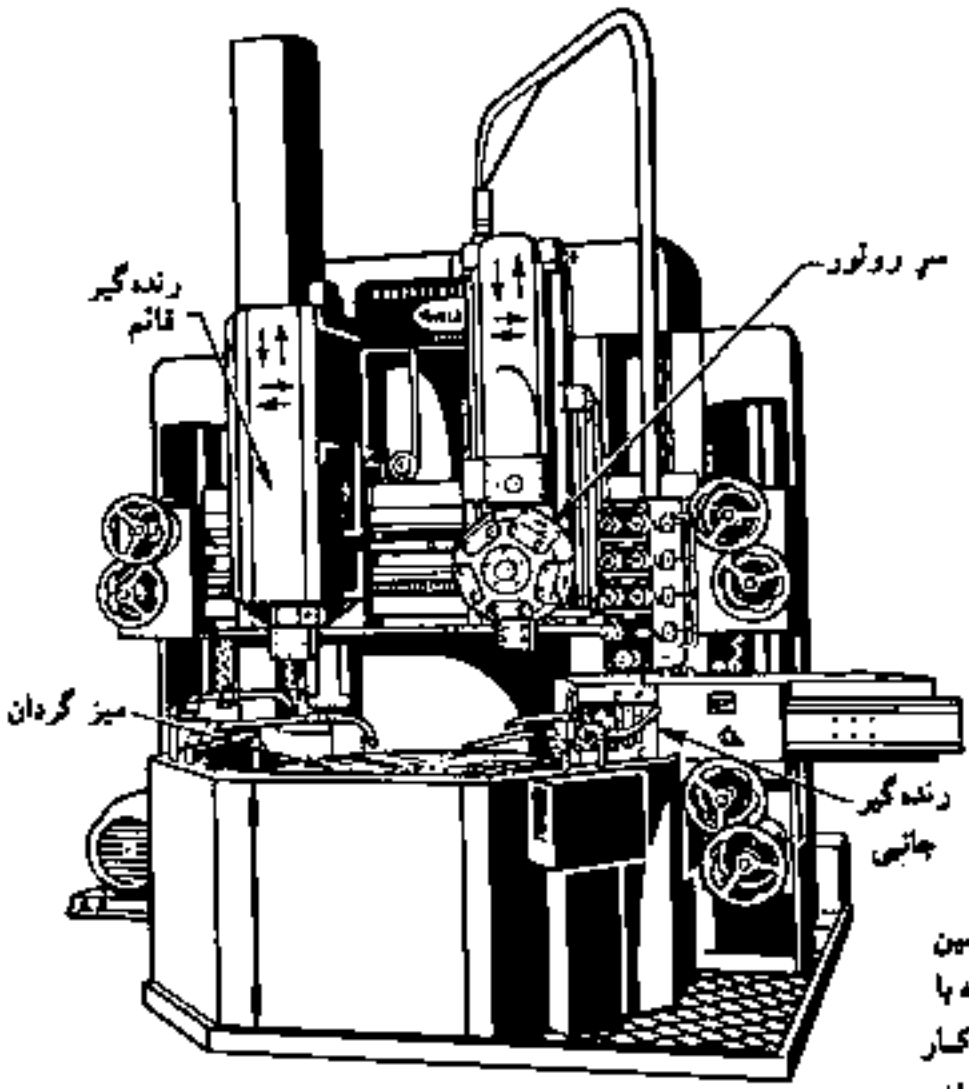
۱ ــ پایه ماشین
۲ ــ صفحه چهار نظام
۳ ــ رنده یا ابزار متصل به برجک گردان یا سر رولور
۴ ــ نگهدارندهٔ برجک گردان
۵ ــ راههای طولی قائم
۶ ــ راه عرضی افقی بالا
۷ ــ راه عرضی افقی پائین

است و بر روی آن چهار نظام ۲ در سطحی بموازات کف کارگاه چرخش می‌کند. برجک گردان ۳ که در واقع ابزارگیر محسوب می‌شود به قسمت ۴ متصل بوده و مجموعاً می‌توانند در امتداد راه‌های ستون قائم ۵ ببالا و پائین حرکت داده شوند تا در وضعیت متناسبی نسبت به سطح کار برای اجرای عملیات تراشکاری موردنظر قرار گیرند. رنده‌گیر جانبی ۷ که بنوبهٔ خود دارای چهار ابزار چرخان است میتواند از طرف راست ماشین به سمت کار هدایت شود و پاره‌ای از عملیات فلزتراشی را اجرا کند. با بکاربردن برجک‌های گردان در این نوع ماشین‌های فلزتراشی میتوان تمامی ابزارهای لازمه برای ماشینکاریهای دلخواه در محل براده‌برداری قرار داد. بعنوان مثال: (شکل ۸ ــ ۶) چند نوع ابزار نصب شده در برجک گردان را برای تراشیدن یک بوش نشان میدهد و همانطور که از شکل مزبور پیداست علاوه بر ابزارهائی که از قسمت بالا میتوانند بنوبت بطرف کار روانه شده و فلزتراشی‌های پیش‌بینی شده را انجام دهند، ابزارهای سر جانبی راست دستگاه تراشکاری نیز همزمان میتوانند پاره‌ای از براده‌برداریهای مورد لزوم را انجام دهند که مسلماً در تقلیل زمان کلّی انجام کار مؤثر خواهد بود. چنانچه قطر کارهای ارجاع شده برای ماشینکاری بیشتر از ۱/۵ متر باشد میتوانند از ماشین‌های تراش قائمی که دو ستون یا دوخانه دارند و در مواردی دو برجک‌گردان هم میتوانند داشته باشند بهره‌گیری کنند.



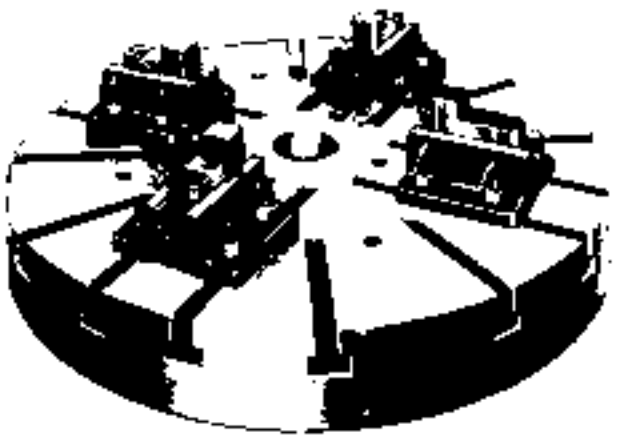
(شکل ۴ ــ ۶) نمای حقیقی یک ماشین تراش قائم با کاروسل مدرن مجهز به برجک گردان برای نگهداری ابزارهای براده‌برداری.

۲ ــ ماشین‌های تراش قائم دوخانه‌ای با برجک گردان-Double-housing Vertical Turret-Lathes ــ این نوع ماشین‌های تراش مخصوص، اساس ساختمانشان مشابه نوع قبلی است با این تفاوت که چون برای کارهای با قطر بیشتر از ۱۵۰۰ میلیمتر طرّاحی و ساخته میشوند، لذا برای داشتن استحکام مکانیکی کافی لازمست دارای دوخانه یا دو ستون در طرفین ماشین باشند. نمونه‌ای از این نوع ماشین فلزتراشی در شکل زیر نشان داده شده است و همانطور که ملاحظه میشود، کارآئی آن نسبت به نوع یک ستونه‌اش افزایش پیدا کرده است.

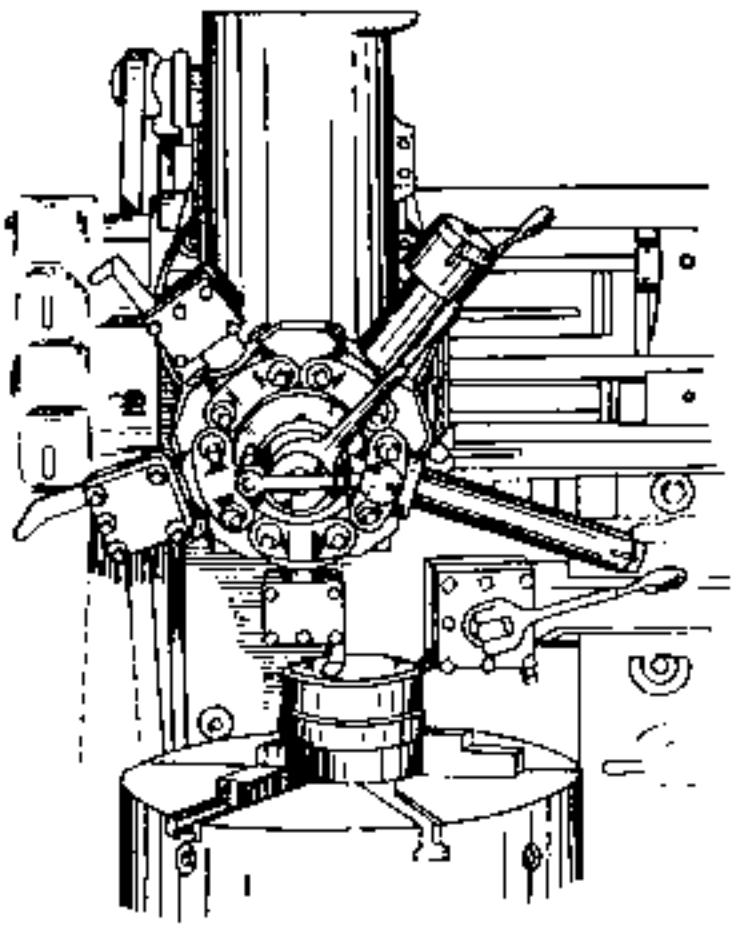


(شکل ۵ ــ ۶) نمای شماتیکی ماشین تراش قائم دو خانه‌ای یا دو ستونه با برجک گردان و میز کاری با قطر کار گیری ۱۲۰ سانتیمتری که میتوان مطابق جهت‌های مشخص شده روی شکل، به رنده‌گیرهای مختلفش فرمان بار داد.

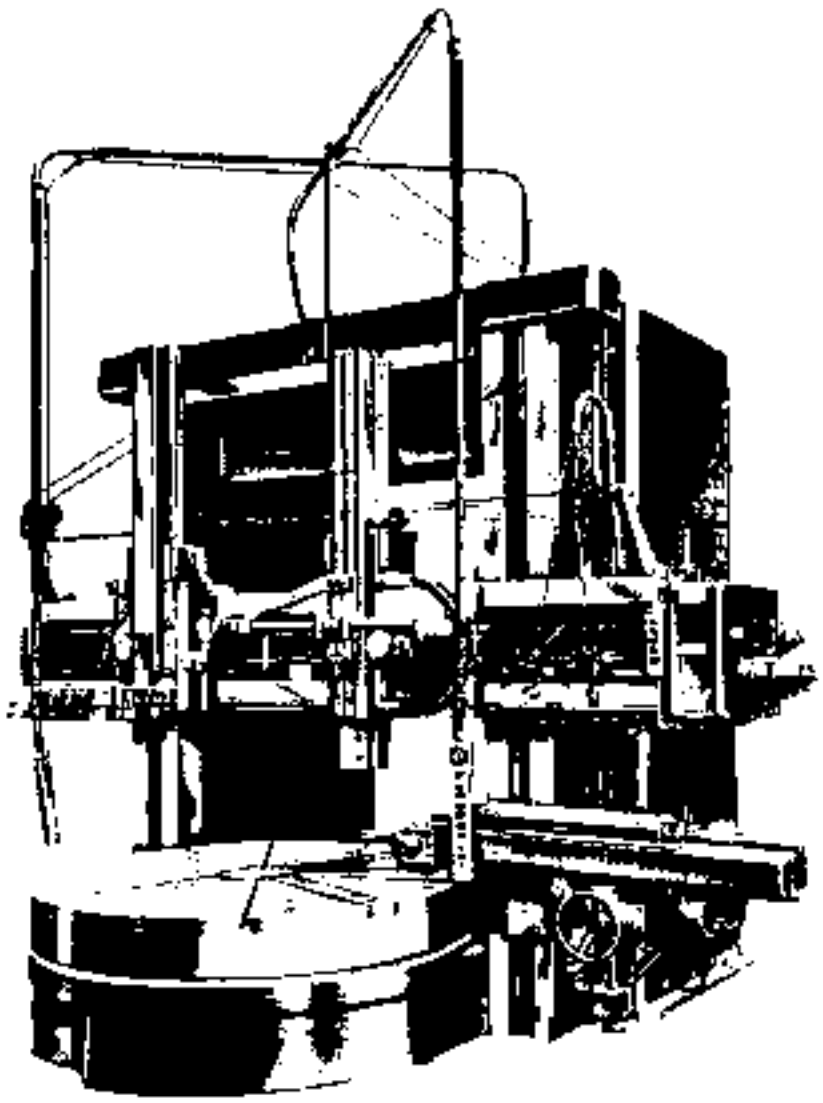
(شکل ۶ ــ ۶) سه نظام مخصوص ماشین‌های تراش قائم که در آن شیارهای T شکل هم پیش‌بینی شده



(شکل ۷ ــ ۶) چهار نظام مخصوص ماشین‌های تراش قائم
که میتواند صفحه نظام هم به تنهائی محسوب شود.



(شکل ۸ ــ ۶) شکل شماتیکی، نحوهٔ ماشینکاری یک بوش
بکمک ابزارهای عمودی و جانبی ماشین تراش قائم که
بطور همزمان بر روی قطعه کار عملیات تراشکاری را
انجام میدهند.



(شکل ۹ ــ ۶) شکل حقیقی یا فتوگرافی (عکاسی شده) یک ماشین‌تراش قائم یا کاروسل با کنترل‌های الکتریکی که جهت ماشینکاری قطعات کار خیلی قطور کاربرد دارد.

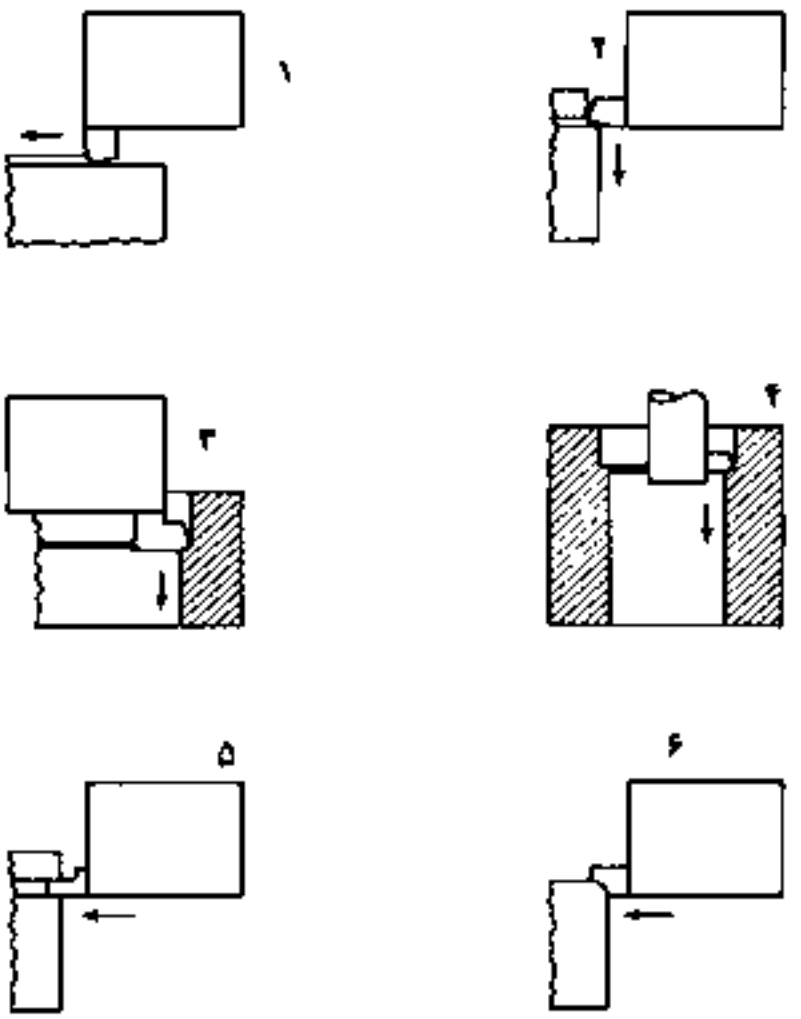
عملیات ماشین‌های تراش قائم Vertical Boring machine Operations

با توجه به شکل‌های شماتیکی (شکل ۱۰ ــ ۶) مهم‌ترین عملیات فلزتراشی قابل اجراء بوسیله انواع ماشین‌های تراش قائم یا کاروسل با برجک گردان و رنده‌گیرهای قائم و جانبی مربوطه به آن عبارتند از:

(۱) ــ کف‌تراشی یا پیشانی‌تراشی. (۲) ــ راست تراشی یا استوانه‌تراشی.
(۳) ــ داخل تراشی قطرهای درونی بزرگ. (۴) ــ داخل تراشی قطرهای درونی کوچک.
(۵) ــ برشکاری، گاه‌گیری و غیره. (۶) ــ فرم‌تراشی.
(۷) ــ مخروط‌تراشی خارجی. (۸) ــ مخروط‌تراشی داخلی.

لازم بتوضیح است که عملیات فوق‌الذکر، کارهای اصلی فلزتراشی آن‌ها محسوب میگردد ومیتوانند در صورت نیاز بعنوان کارهای فرعی، عملیاتی نظیر: مته‌کاری، خزینه‌کاری،

برقوکاری، قلاویزکاری و غیره را نیز انجام دهند.



(شکل ۱۰ ــ ۶) شکل‌های شماتیکی نشان‌دهنده عملیات اصلی فلزتراشی گوناگونی که ماشین‌های تراش قائم یا کاروسل یا برجک گردان میتوانند انجام دهند و ابزارهای لازمه در خطّ فلزتراشی قرار گرفته باشند.

ج ــ ماشین‌های تراش کپی یا الگوتراش(تراشکاری از روی شابلن) ــ Copying Lathes

بوسیله عمل کپی کردن روی ماشین‌های الگوتراشی مخصوص میتوان کارهای یکنواخت را در اسرع وقت و با دقّت کافی انجام داد. تا حدّ زیادی ساختمان ماشین‌های تراش کپی مشابه با ماشینهای تراش معمولیست، یعنی از نقطه‌نظر قسمت‌هائی مانند: پیش دستگاه (شامل جعبه‌

دنده‌های سرعت و بار و پیچ‌بری) و دستگاه مرغک، بهم شباهت دارنـد و فـقط در ایـن نـوع ماشین‌ها میبایست تمام حرکاتی را که لمس کنندهٔ شابلن یا الگو انجام میدهد، رنـده فـلزتراشی نیز عیناً تقلید کـند و بـرای ایـن مـنظور از فـرامین: مکانـیکی ــ هیدرولیکی ــ الکتریکی و الکتروهیدرولیکی بهره‌گیری می‌کنند. بدیهیست که در این طریقه ترانسکاری، تـنظیم رنـده بـرای تراشیدنِ قطرهای مختلف دیگر مفهوم و موردی ندارد. یکی از متداول‌ترین روش‌های کپی کـردن، بکار بردن مکانیزمی شبیه دستگاه کپیه مخروط تراشی است، با این تفاوت که در این حالت بجای صفحهٔ راهنما که مستقیم و مسطح بوده از سطحی منحنی با انحنائی مطابق نقشه‌کار که روی ماشین سوار شده است استفاده می‌کنند و برای نیل بـدین مـنظور مـیبایست، اتّصال کشوی عرضی را از پیچ بار عرضی خلاص سازند و ماشین را در وضعیت بـار خـودکار طـولی قـرار دهند و در چنین شرایطی بعلت آنکه کشوی عرضی حرکاتش تحت‌تأثیر انحناءِ صفحه شـابلن خواهد بـود مـجموعاً سبب میشود که بار عمقی متغیّری به رنده داده شود و نتیجهٔ آن عابد شدنِ سطحـی مـنحنی و کپیه شده از روی شابلون یا الگو میباشد. (شکل ۱۱ ــ ۶) نشان‌دهنده نکات فـوق‌الذکـر بـوده و نـام قطعات باتوجه به شماره‌های آن‌ها عبارتند از:

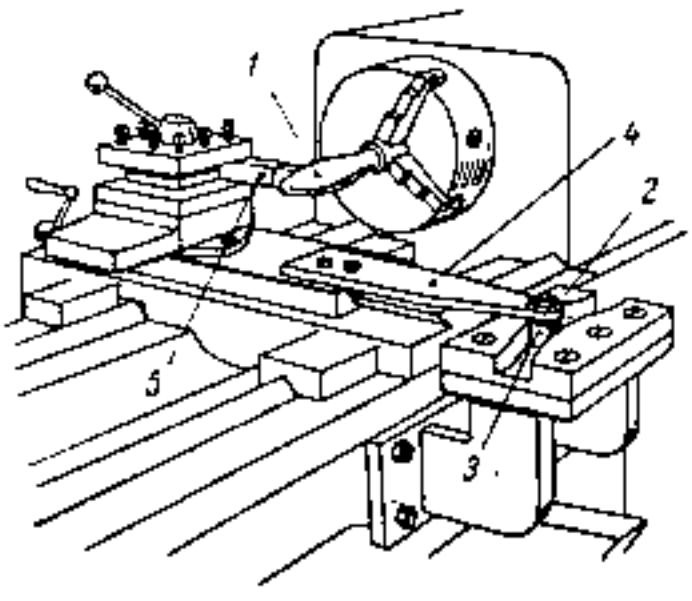
۱ ــ قطعه‌کاری که هدف الگوتراشی یا تراش دادن آن با کپی کردن است.

۲ ــ الگو یا شابلن بفرم منحنی دلخواه که به بدنهٔ‌ماشین فلزتراشی محکم شده است.

۳ ــ غلطکی که در شیار منحنی قرار گرفته و از انحنای آن پیروی می‌کند.

۴ ــ صفحهٔ‌شیب‌دار رابطِ تقلیدکنندهٔ‌شابلن به قلم‌بند ماشین.

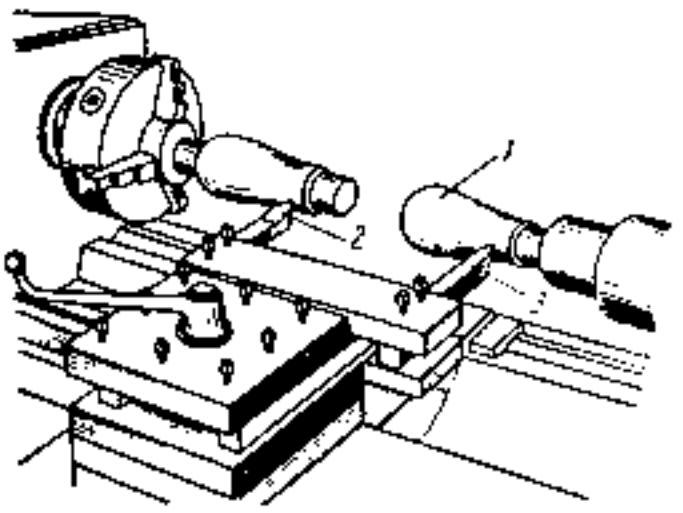
۵ ــ رنده فلزتراشی، که مسلماً برای آنکه بتواند عملیات تراش را خـوب انـجام دهد بـاید بوضع متناسبی تیز شده باشد تا سطحی را که ایجاد می‌کند خیلی ناهموار نباشد.



(شکل ۱۱ ــ ۶) اصول فرم‌تراشی بکمک شابلن یا کپی‌تراشی

تراش‌کپی با بکار بردن دستگاه مرغک ماشین‌تراش: یکی دیگر از طرقی که امکان تراش‌کپی با سیستم مکانیکی را بوجود می‌آورد آنست که قطعه‌ای با انحناء و فرم دلخواه، که قبلاً بطور دقیق با ماشین‌تراش توسط کارگری ماهر تراشیده شده است را به دستگاه مرغک ماشین‌تراش،در جائی که مرغک سوار می‌شده است قرار میدهند، پیچ حرکت عرضی سوپرت یا کشوی جانبی را همانند روش استفاده از صفحهٔ راهنمای منحنی، خلاص ساخته و قلم لمس‌کنندهٔ شابلن را در حالی که به رنده‌بند ماشین محکم شده است بدان متّکی میسازند و در نتیجهٔ حرکاتِ اجباری این قلم، ابزار فلزتراشی نیز همان حرکات را عیناً تکرار می‌کند و متعاقب آن، کار با روش‌کپی ساخته می‌شود.

مسلماً در چنین شرایطی باید قبل از شروع تراشکاری نوک قلم پیروی کننده از انحناء شابلن و ابزار فلزتراشی با مرغک بطور دقیق هم‌مرکز شده باشند

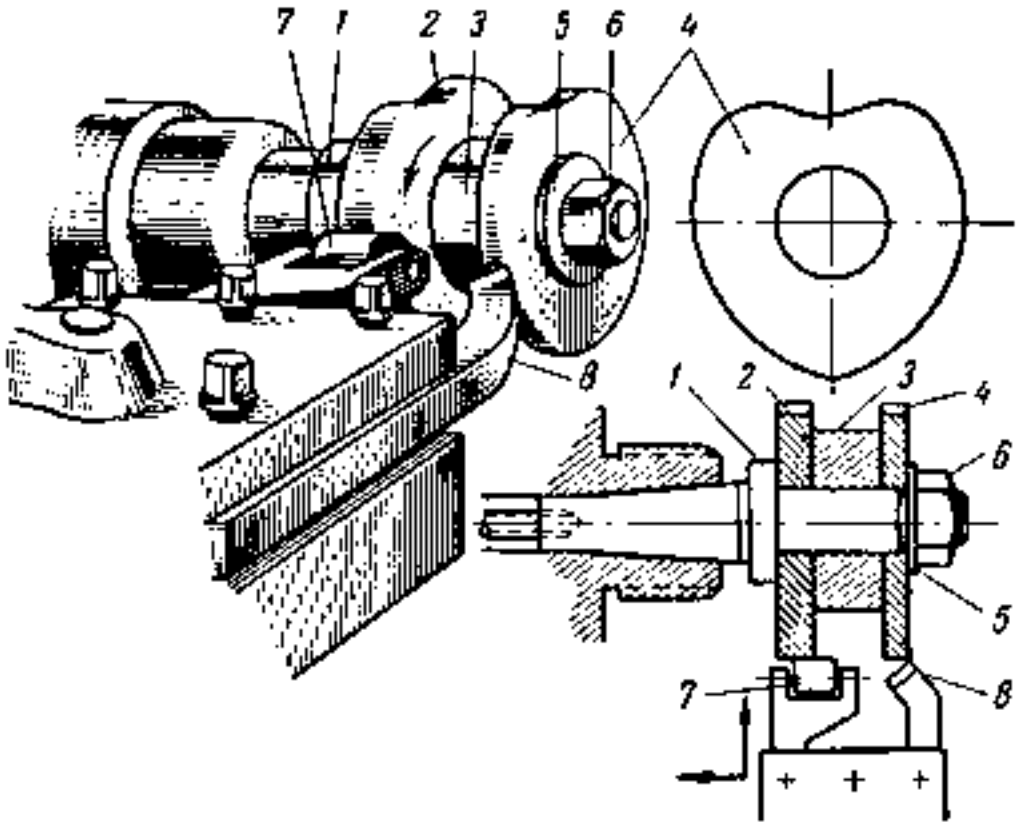


(شکل ۱۲ ــ ۶) تراش قطعه‌کار، با شابلنی که روی محورِ دستگاه مرغک سوار شده است.
۱ ــ شابلن یا الگو ۲ ــ ابزار فلزتراشی ۳ ــ لمس کننده شابلن

کپی‌تراشی بادامک‌های صفحه‌ای «Copying disk Cams»

چنانچه قرار باشد بادامک‌های صفحه‌ای را بکمک ماشین‌های تراش، فرم دهند اصولِ اجرای آن بدین‌ترتیب خواهد بود که نمونه‌ای از آن را که قبلاً بشکل دلخواه تهیه شده بر روی محوری که انتهای آن مخروطی است و در گلوئی پیش دستگاه جازده شده و کاملاً از طرف دیگر بوسیله پیچی بلند که از میان محور توخالی یا محور اصلی گذشته است محکم میگردد، سوار می‌گردد و پس از قراردادن بوشی حدّفاصل شابلن و قطعه کار، مجموعه را با سهره و واشر در جای خود ثابت می‌کنند. حرکاتی که توسط غلطک لمس کنندهٔ الگو به قلم‌بند متصل به آن رسانیده می‌شود، به ابزار براده‌برداری انتقال پیدا کرده و پروفیل‌تراشی صورت می‌گیرد.

بدیهیست که پیچ سوپرت عرضی میبایستی درگیر نباشد تا رنده بتواند روی برآیند دو حرکت طولی خودکار و حرکت عرضی تابع غلطک متکی به شابلن به تراشکاری ادامه دهد.



(شکل ۱۳ ــ ۶) شکل‌های شماتیکی نشان‌دهنده اساس «تراش کپی» بادامک‌های صفحه‌ای

۱ ــ میل محوری که: شابلن، بوش، قطعه کار، راشر و مهره محکم‌کننده روی آن سوار می‌شوند و دنبالهٔ سخروطیش در گلوئی ماشین‌جازده شده و با پیچ از سوی دیگر تثبیت گردیده است.

۲ ــ شابلن یا الگوی پروفیل بادامک. ۳ ــ بوش ایجاد کننده فاصله بین شابلن و کار.

۴ ــ قطعه کار (که تقریباً بادامکی بشکل قلب میباشد). ۵ ــ راشری متناسب برای پشت کار.

۶ ــ مهره محکم‌کننده قطعات به میل محور. ۷ ــ غلطک مماس شده به سطح منحنی شابلن.

۸ ــ قلم فلزتراشی با نوکی مسلّط برای تراشکاری (توجه: بعضی از قطعات، در شکل‌های فوق در دو قسمت نشان داده شده‌اند و در واقع از مجموعه قطعات نمائی برشی تجسّم شده است).

د ــ ماشین‌های تراش رِوُلوِرْ "Revolver" or Turret – type Lathes

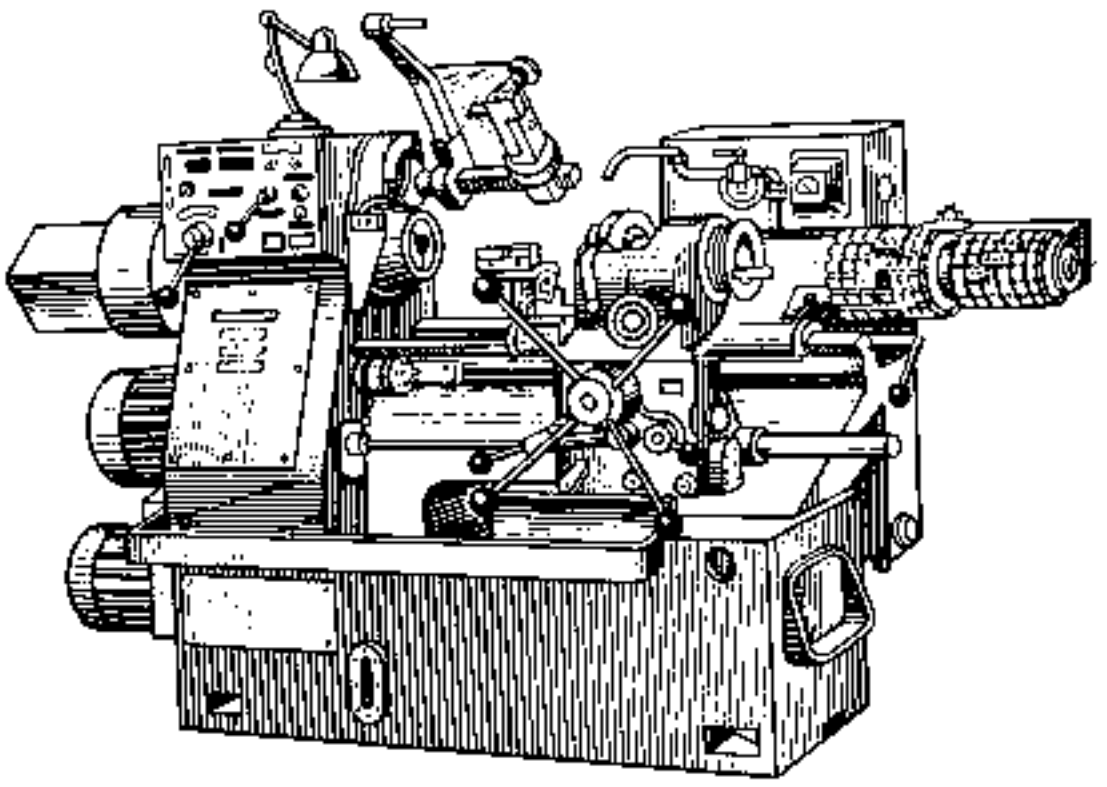
این نوع ماشین‌های تراش اختصاصی که شکل تغییر فرم یافته‌ای از دستگاههای تراش معمولی هستند، مهم‌ترین کاربردشان در سری‌سازی یا تولید انبوه "Mass Production" است و بکمک آن‌ها امکان ساختن قطعات استوانه‌ای با اشکال مختلف و پیچیده وجود دارد.

مهم‌ترین امتیاز این ماشین‌ها نسبت به سایر انواع تراش‌های عادی اینست که میتوان عملیاتی مانند: سوراخکاری، کف تراشی، روتراشی، برقو زدن، پیچ‌بری، فرم تراشی، داخل‌تراشی، حدیده‌کاری، قلاویز کاری و بسیاری از ماشینکاریهای متنوع دیگر را بدون متوقف

ساختن ماشین و باز و بسته کردن کار، انجام داد. و این اعمال بخاطر تعبیهٔ «سر رولور یا چرخان» "Revolver or Turret head" ماشین میتواند امکان‌پذیر باشد. قسمت رولور یا چرخان یا گردنده را میتوان بشکلی که دارای ۶ و گاهی اوقات ۸ وضعیت متمایز باشد درنظر گرفت که برحسب نیازهای کارخانجات تولیدی، واحدهای سازنده ماشین‌های ابزار اقدام به طراحی و ساخت آن می‌کنند ولی اغلب ماشین‌تراش‌های رولور تجارتی، برجک ابزارگیر گردنده‌شان ۶ حالتی است و در ضمن با نصب کشوی جنبی امکانات دیگری نظیر گاه‌گیری (یا درآوردن شیار در محیط کار) و برشکاری را نیز به مجموعهٔ عملیات فلزتراشی قابل اجرا بر روی ماشین تراش رولور می‌افزایند. لازم به توضیح است که در بعضی از ماشین‌های تراش رولور چون رنده‌بند ۴ وضعیتی متداول در ماشین‌های تراش عادی را نیز بهمراه دارند مسلماً به میزان تنوّع کارهای تراشکاری آن‌ها خواهد افزود.

(شکل ۱۴ ــ ۶) نشان دهنده اساس ساختمان ماشین‌های مزبور میباشد.

ابزارها و ابزارگیرهای اتیورسال مخصوص ماشین‌های تراش رولور و چگونگی تعویض آن‌ها: با درنظر گرفتن اهمیّت کم کردن زمان کلّی انجام کار و مخصوصاً زمان‌های فرعی وابسته به آن، که مستقیماً در تنزّل قیمت ساخت محصول اثر می‌گذارد، بمرور زمان ابزارهای متنوعی برای ماشین‌های تراش رولور بوجود آمده است و اصولاً دستگاه رنده‌گیر ماشین‌های مزبور را طوری ساخته و بهنگام استفاده از آنها به نحوی تنظیم میگردد که در اثر عقب کشیدن



(شکل ۱۴ ــ ۶) نمای ظاهری یک نوع ماشین تراش رولور

سوپرتی که ابزار متّصل به آن در حال برش بوده است و قرار است چند لحظه بعد کار تمام شود و از ماشین جدا گردد. در همان اثناء، عملیات زیر بطور خـودکار (در انـواع اتـوماتیک و نیمه‌ـ اتوماتیک این ماشین‌ها) یکی پس از دیگری صورت گیرد:

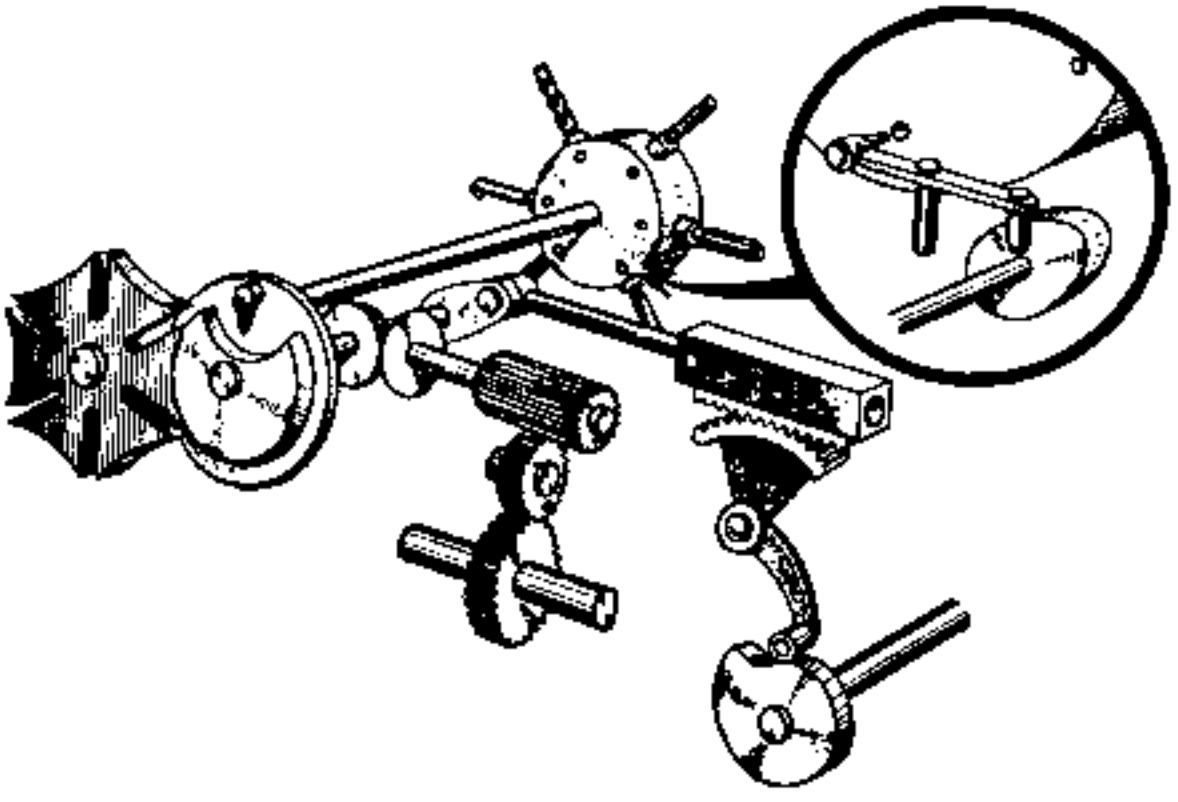
۱ ــ چفت و بستی که دستگاه افزارگیر را در وضعیت خاصی نگهمیدارد، آزاد می‌شود.

۲ ــ دستگاه بقدری گردش میکند که افزاری جدید، کاملاً برای انجام کـار بـعدی در مـحل ویژه‌اش آماده بکار گردد.

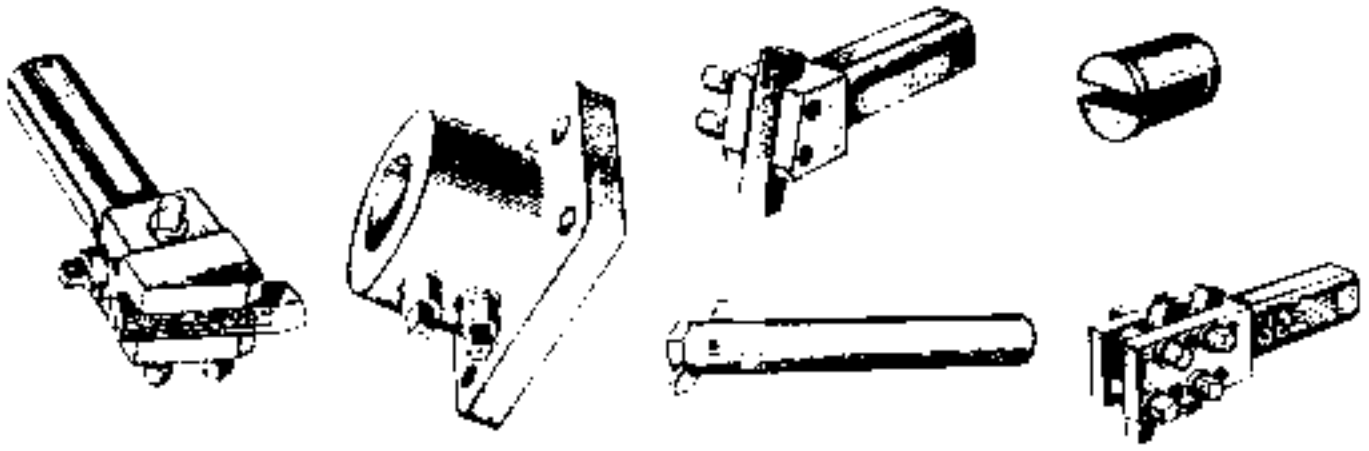
۳ ــ چفت وبست دستگاه از نو قفل میشود.

بطوریکه ملاحظه میشود، در انواع مدرن این ماشین‌ها، در خـطّ تـراشکاری قـرار گـرفتن هرکدام از ابزارها میتواند خودکار باشد و عمل تغذیه با بار دادن مادهٔ خام بـدرون گـلوئی مـاشین ممکن است با دست و یا میلهٔ کشـنی ماشین تحقق یافته و پس از اتـمام هر مـرحله، کـار در اثـر برخورد با مانع، به شکلی اتومات قطع شود.

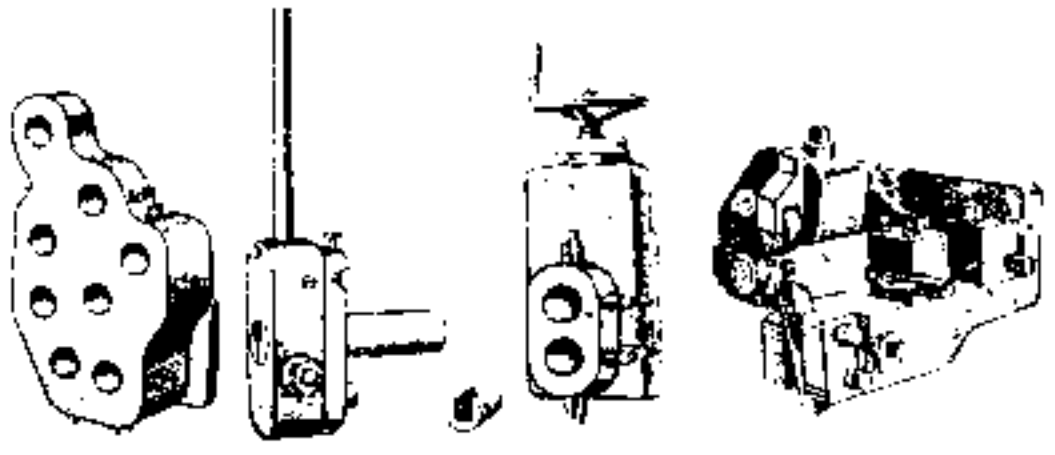
(شکل ۱۵ ــ ۶) نمائی است شماتیکی، برای نمایش چگونگی اجـرای خـواسته‌های فوق‌ـ الذکر برای ماشین‌های تراش رولور اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک شده.



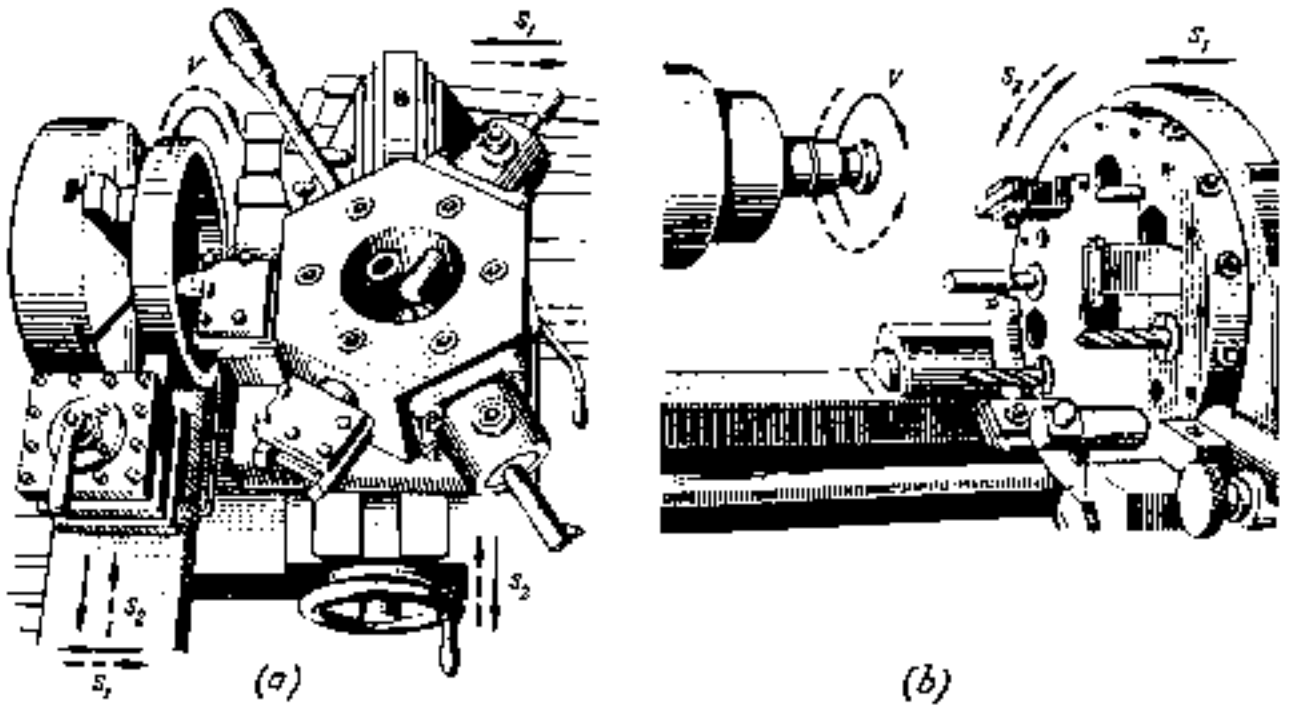
(شکل ۱۵ ــ ۶) مکانیزم تعویض ابزار به شکل اتوماتیک در ماشین‌های تراش رولور خودکار شده که با استفـاده از صفحات منحنی و بادامک‌ها این فرامین برای کشوی ابزار داده میشوند.



(شکل ۱۶ ــ ۶) نگهدارنده‌های استاندارد و ضمائم آن‌ها برای ماشین‌های تراش رولور



(شکل ۱۷ ــ ۶) ضمائم ویژه ابزارگیری برای ماشین‌های تراش رولور



(شکل ۱۸ ــ ۶) حرکات کاری (حرکت اصلی و حرکت یار) در ماشین‌های تراش رولور افقی

(a) ــ ماشین رولور نوع «ستاره‌ای»

(b) ــ ماشین رولور نوع «طبلکی»

دلایل برتری ماشین‌های تراش رولور نسبت به ماشینهای تراش معمولی در سری‌سازی و فصل مشترک‌ها و اختلافات ساختمانی آن‌ها: با وجود آنکه ماشین‌های تراش معمولی و مدرن را انعطاف‌پذیر می‌سازند و در حال حاضر ضروری‌ترین ماشین فلزتراشی دوّار محسوب می‌شود، مع الوصف در سری‌سازی یا تولید انبوه نمی‌توانند از نظر اقتصادی تولیداتشان مقرون به صرفه باشد. زیرا زمان‌های فرعی انجام کار مانند: زمان باز وبسته کردن ابزارها و تنظیم آن‌ها. زمان اندازه‌گیری‌های متوالی در خلال ساخت و تراشیدن کار. زمان این سرو آن سر کردن قطعه کار و غیره میتواند از زمان اصلی انجام کار که واقعاً مصروف براده‌برداری شده بمراتب بیشتر باشد و حال آنکه در ماشین‌های تراش رولور، زمان‌های فرعی فوق الذکر، بسیار تنزّل پیدا کرده‌اند ولی باید دانست که کاربرد ماشینهای رولور هنگامی با صرفه‌جوئی توأم است که هدف سری‌سازی باشد. زیرا تنظیم و راه‌اندازی اولیه آن‌ها کار چندان آسانی نیست.

هنگامیکه بخواهند از میله‌های بلند بکمک ماشینهای تراش رولور قطعاتی مشابه هم تولید کنند. پس از اتمام عملیات تراشکاری یک قطعه و بریده شدن آن توسط ابزار برش جانبی، میله ماده خام بجلو رانده شده و پس از برخورد با ضامن دو مرتبه در آن نقطه محکم و آماده ساخته شدن قطعه بعدی میگردد و همگی این عملیات سریع با چرخانیدن ابزارگیر رولور قابل اجراست و درضمن از دقّت بالا و یکنواختی کیفیّت محصول نیز برخوردار میباشد. بنابراین با توجه به نکات بالا، میتوانیم فصل مشترک‌ها و اختلافات ساختمانی ماشین‌های تراش معمولی و ماشین‌های تراش رولور تشریح شده در سطور بالا را در سه گروه زیر بدانیم:

(۱) واحدهائی که از نظر اصول ساختمان فنی همانند ماشین‌های تراش معمولی هستند مانند: پایه‌ها، گیربکس‌ها یا جعبه دنده‌های سرعت و بار و پیچ‌بری و محور اصلی میان تهی که از وسط آن کار بلند عبور می‌کند، تغییر پیدا نکرده‌اند.

(۲) واحدهای تغییر شکل یافته در ماشین‌های رولور نسبت به ماشین‌های تراش معمولی عبارتند از: سوپرت کشوی عرضی، مکانیزم درگیر شونده برای باردهی‌های اتوماتیک.

(۳) واحدهائی که منحصراً مختصّ ماشین‌های تراش رولور بشمار میروند و مهم‌ترین وجوه تمایز این دو گروه از ماشین‌های فلزتراشی را تشکیل میدهند، نظیر: کشو طولی، مکانیزم بستن و بار دادن به قطعه کار که بنا بضرورت امکان دارد، رولوری با دو سوپرت ساخته شود، طوریکه بتوانند مکانیزم‌های آنها بطور جداگانه و یا مستقل از هم در جهت طولی و یا عرضی باردهی خودکار را دارا باشند.

حرکت بار طولی از طریق محور اصلی، به چرخ دنده‌های متحرّک، میله‌بار، جعبه دنده، پیش‌بند یا قوطی ماشین و در آخر به دنده‌ای که با چرخدنده شانه‌ای نصب شده در امتداد طولی و تقریباً زیر میز ماشین تراش میباشد رسانیده میشود و حرکت بار عرضی هم بوسیله پیچ هدایت

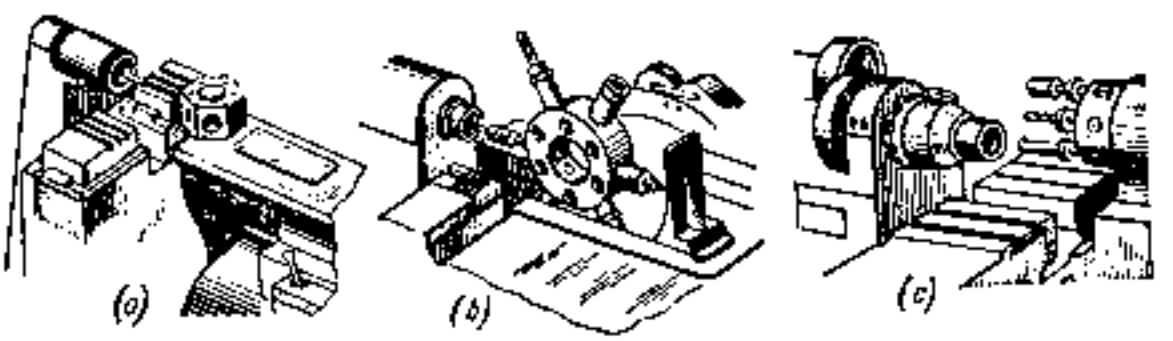
عرضی تأمین میگردد.

با استفاده از این خصوصیات ماشین‌های تراش رولور است که میتوان ابزارهای لازمه را بر روی قسمت جرخان ابزارگاه، نصب و برای وضعیت دلخواه تنظیم کرد و سپس با تعویض بموقع در حین عملیات فلزتراشی، زمان‌های فرعی را تا حدّ ممکنه تنزّل داد. اگرچه برای راه‌اندازی اولیه ماشین‌های تراش اختصاصی رولور به صورتی که عملکردی دقیق را دارا باشند، به کارگری ورزیده نیازمندند، ولی پس از اجرای آن، کارگر فلزتراشی با درجه مهارت معمولی میتواند با سرعت و دقّتی در حدود تراشکار ماهر به تولید قطعات مشابه در سری‌سازی مبادرت ورزد.

رده‌بندی ماشین‌های تراش رولور "Classification of Turret Lathes"

ماشین‌های تراش رولور هم با توجه به نیازهای صنعتی، بویژه در تولید انبوه، به نوبه‌خود به انواع متنوعی تقسیم‌بندی می‌شوند، که مهم‌ترین آن‌ها را میتوان شامل سه نوع عمده زیر دانست:

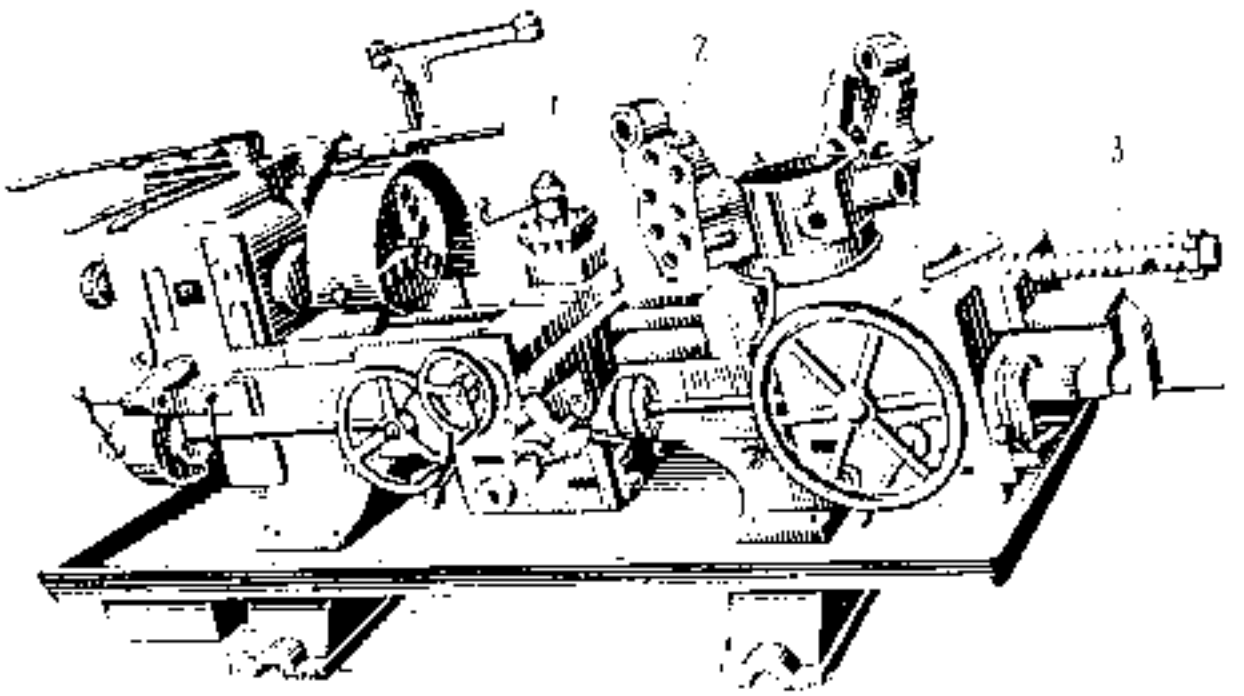
۱ ــ ماشین‌های تراش رولور ستاره‌ای (یا زینی) Saddle-type Turret Lathes ــ در این ماشین‌محوری که برجک گردان یا سر رولور، حول آن میتواند درو‌ضعیت‌های مختلفی بچرخد، بر سطح میز از نظر هندسی، عمود بوده و ابزارهای مورد نظر درمحیط آن، مثلاً در۶ حالت قرار گرفته‌اند و بنابراین باتوجه به ساختمان این محور، بایستی کوتاه یاناقان بندی شوند و برای از بین بردن چنین نقیصه‌ای میبایست سطح اتکاء یا نشست آن رابزرگتر و فک‌های قسمت گیرکننده‌اش به لبه‌های میز ماشین را وسیع‌تر و با پنیه‌ای قوی‌تر طرّاحی کرده و بسازند. کاربرد عمومی این نمونه ماشینهای رولور اغلب برای ماشینکاری خشن میباشد ودر عین حال میتوان بطور همزمان چند عمل فلزتراشی را بر روی قطعه‌کار اجرا کرد. میله کمکی محکمی‌که از بالای جعبه دنده سرعت پیش دستگاه متوجه سمت راست ماشین میشود (با درنظر گرفتن شکل‌هائی که برای این منظور در کتاب آمده است) با عبورکردن از یکی از سوراخهای موجود در



(شکل ۱۹ ــ ۶) شکل‌های شماتیکی اساس کار انواع ماشینهای تراش رولور ر عمده

(a)ــ رولور ستاره‌ای (b)ــ رولور صفحه‌ای (c) ــ رولور طبلکی

«ابزارگاه» که نقش تکیه‌گـاه را برای دنباله آن ایفاء می‌کند، ثبات قسمت رولور بیشتر شده و در نتیجه ارتعاشات احتمالی تنزّل پیدا می‌کند. کار در سه نظام بسته میشود و ابزارگاه چرخان و در نتیجه ابزار مورد نظر بسمت کار هدایت میگردد.



(شکل ۲۰ ــ ۶) شکل شماتیکی ماشین تراش رولور نوع «ستاره‌ای» یا زینی.

۱ ــ رنده‌بندی (همانند ماشین‌های تراش معمولی) چهار حالته که میتواند ابزاری مانند رنده بمرش و قطع‌کن روی آن سوار شود.

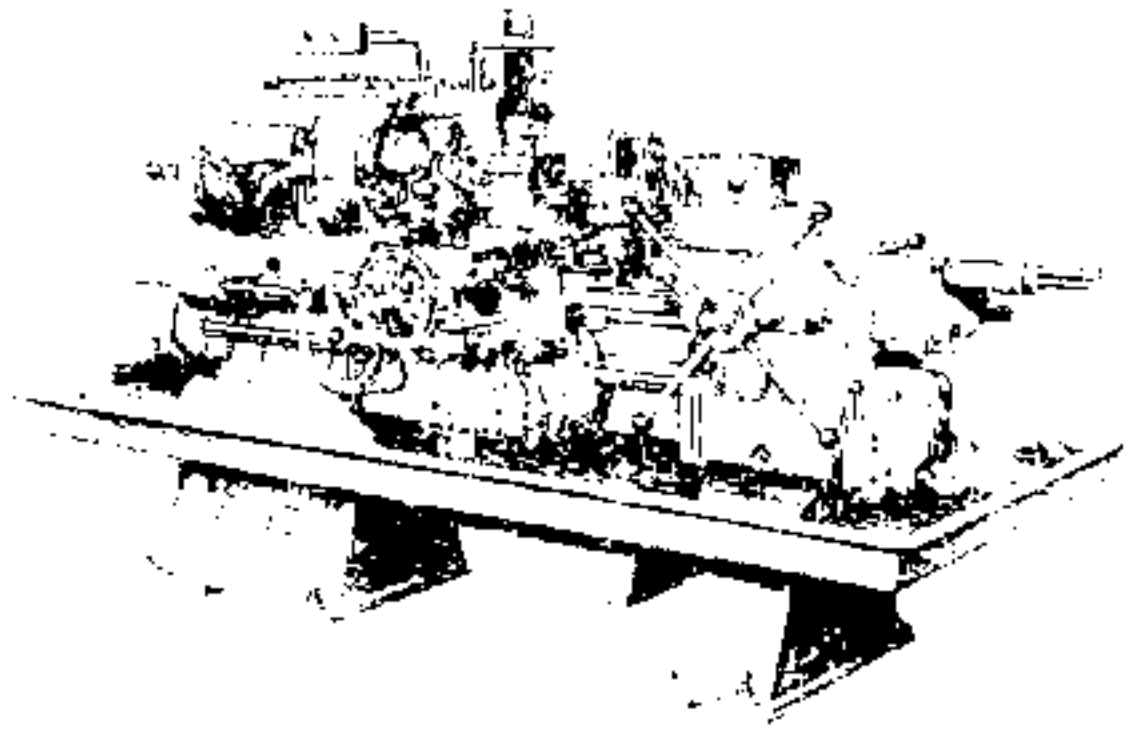
۲ ــ برجک گردان یا قسمت رولور (ابزارگاه چرخان) و نیز سوراخ بالائی آن که هم‌مرکز با محور یا میله خروجی قسمت فوقانی پیش دستگاه بوده و کاربردش تقلیل دادن ارتعاش میباشد.

۳ ــ میله دندانه‌دار متوقف کننده حرکت در امتداد طولی (برای قسمت رولور ماشین).

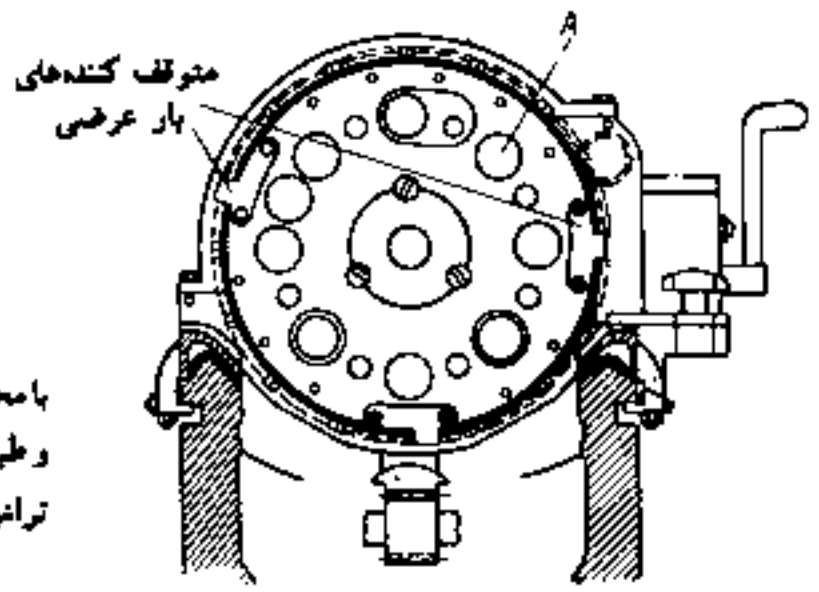
۲ ــ ماشینهای تراش رولور طبلکی (یا پـایه‌ای) "Ram-type Turret Lathes" ــ در ایـن نوع ماشین‌های تراش اختصاصی، رولور یا ابزارگاه چرخان را طوری در ماشین تعبیه می‌کنند که بتواند حول محوری بموازات افق یا موازی محور اصلی دستگاه کـه کـار بـه آن بسته شده است بچرخد و تقریباً تجسّم ساده‌ای را که میتوان برای درک اصول ساختمانی ناحیه رولورش قائل شد آنست که ابزاری مانند مته چنانچه بر روی طبلکش نصب شده باشد، قادر است همانند مـته‌ای کـه از ناحیه دستگاه مرغک ماشین تراش معمولی بطرف کار حرکت داده میشود، بسوی کـار هدایـت گردد. در قسمت پیشانی طبلک، ابزارهائی را که هدف کاربرد آن‌هاست قرار داده و تنظیم می‌کـنند و با بزرگتر انتخاب کردن قطر آن امکان افزودن به تعداد ابزارهای قرار گیرنده در خطّ فلزتراشی را فراهم میسازند وحتی‌درمواردی‌ممکنست تا ۱۶سوراخ‌استقرارابـزاردرطبلک‌پیش‌بـینی کنند.

رولور را در امتداد طولی می‌لغزانند تا در فاصله متناسبی نسبت به کار قرار گیرد و آنگاه آنرا در همان وضعیت به میز ماشین قفل می‌کنند.

حرکت دادن سر رولور در امتداد قائم دستی بوده و در حالت مطلوب تنظیم میگردد، ولی تغذیه یا باردهی میتواند بصورت خودکار انجام شود. دراین روش استفاده از رولور بسر روی ماشینهای تراش استحکام ابزار به اندازه نوع زینی یا ستاره‌ای که آن را قبلاً تشریح کردیم، نیست و روی همین اصل است که کاربردش اغلب برای مواردیست که ماشین رولور کوچکتری در مدّ نظر باشد. در مجموع با تدابیری که در طرحهای تکامل یافته ماشینهای تراش رولور طبلکی اندیشیده‌اند، امکان خنثی کردن اثرات زیان‌بخش نیروهای برشی را فراهم ساخته‌اند. شکل زیر نمایشگر نمائی حقیقی از یک نمونه تراش رولور طبلکی میباشد.

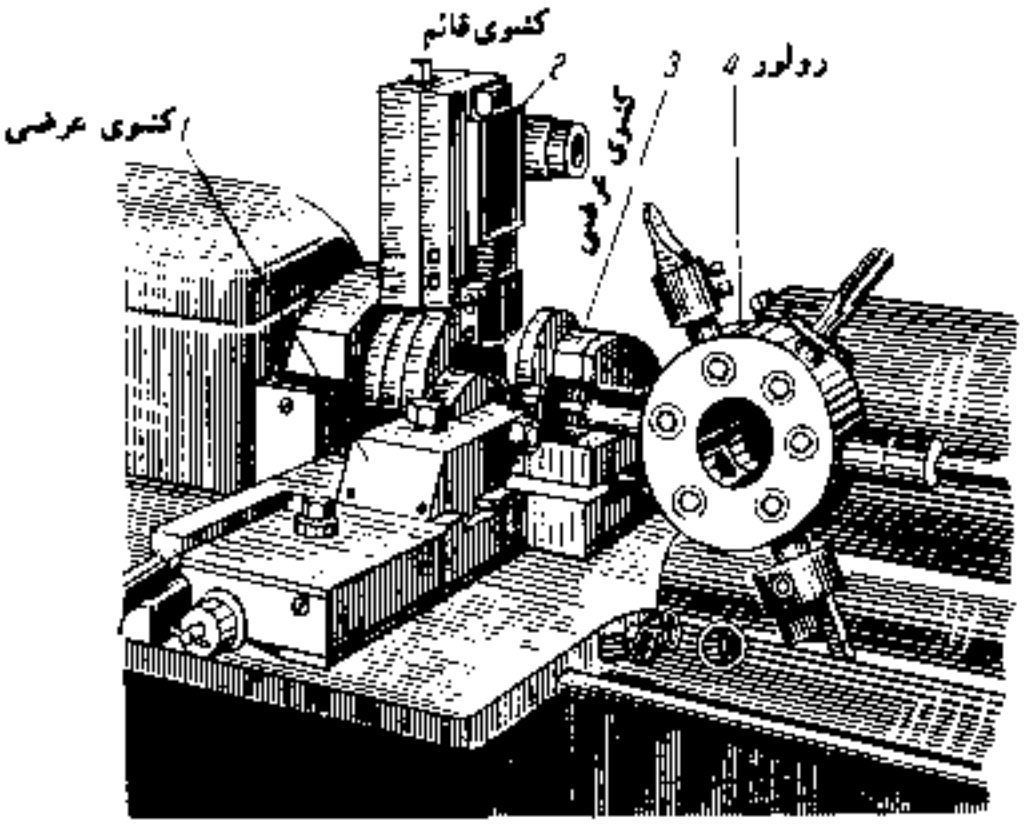


(شکل ۲۱ ــ ۶) شکل واقعی ماشین تراش رولور نوع بایه‌ای یا «طبلکی»



(شکل ۲۲ ــ ۶) نمای شماتیکی رولور با محور تقسیم افقی که در اصطلاح شناسائی و طبقه بندی ماشین‌های تراش اختصاصی، تراش رولور طبلکی نامیده میشوند.

۳ ــ ماشین‌های تراش رولور صفحه‌ای "Plate-type Turret Lather" ــ این نوع ماشین‌های تراش رولور که میتواند برای ساختن قطعات کوچکتر کاربرد داشته باشد، محور رولورش بموازات صفحهٔ افق، منتهای مراتب در جهت عرض میز ماشین تراشی خواهد بود که بر روی آن نصب گردیده است و در پیرامون رولور، ابزارهای لازمه را مستقر میسازند. سایر قسمت‌های آن نظیر نمونه‌های دیگر تراشهای رولور است. چنانچه بخواهند تعداد زیادی قطعات کار مشابه را تولید کنند، سوپرتها حرکات خودکارشان را از سیستم بادامکهای اتوماتیک کننده دریافت میدارند.



(شکل ۲۳ ــ ۶) منطقه کار یک ماشین تراش رولور صفحه‌ای خودکار برای تولید مهره جهت بیچ‌ها

ه ــ ماشین‌های تراش اتوماتیک "Automatic Lathes"

ماشینهای تراش اتوماتیک دستگاههائی هستند که در آن‌ها تمامی حرکاتِ لازم برای اجرای عملیاتِ ماشینکاری به شکلی خودکار انجام می‌گیرد، یعنی پس از آنکه ماشین تراش تنظیم و راه اندازی شد، بدونِ دخالت مستقیم کارگر مسئول آن، اعمالی مانند تغذیه ماده خام به درون گیره‌های نگهدارنده، جلو و عقب کشیدنِ سوپرتهای انتقال دهندهٔ افزارها، فلز تراشی‌های گوناگون، بریدن و قطع کردن کار تمام شده و حتی بیرون دادنِ آن از منطقه برادهٔ برداری، بطور تمام خودکار "Full Automatic" صورت می‌گیرد و لذا متصدّی ماشینهای تراشِ تمام اتوماتیک چنانچه لازم باشد، فقط ماشین را از بار تخلیه می‌کند، گاه به گاه کار پایان یافته را از نقطه

نظرهائی مانند: کیفیت صافی سطوح و حدود اندازه‌های ابعاد کنترل کرده و مراقبت‌های لازمه را بعمل می‌آورد.

ماشین‌های تراش نیمه خودکار "Semi-AutomaticLathes" از بعضی جنبه‌ها با نوع تمام خودکار، متفاوت است و بعنوان مثال در آنها، گذاشتن و بستن قطعه کار در ماشین و برداشتن کار خاتمه یافته از لحاظ ماشینکاری را متصدی دستگاه شخصاً اجرا می‌کند و بقیه اعمال همانند انواع تمام اتوماتیک انجام خواهد گرفت. اساس خودکار شدن ماشین‌های فلزتراشی فوق‌الذکر را میتوان بر مبنای بکارگیری انواع بادامک‌ها و سایر مکانیزم هائی دانست که بر حسب نیاز هر کار طراحی، محاسبه و ساخته میشود و مسلماً مخارج زیادی را برای این منظور صرف می‌کنند ولی با توجه به این اصل که در تولید انبوه یا سری سازی خودکار، چون زمان‌های فرعی به حداقل تقلیل پیدا می‌کنند بدون آنکه به کار، ابزار و ماشین صدمه‌ای برسانند و حتی در اغلب موارد، بسیاری از زمانهای تلف شده کاملاً از بین میروند. لذا میتوانند در اینگونه موارد خیلی سودبخش باشند و در عین حال قطعات کار بسیار مشابه یکدیگر تولید شده و از کیفیت خوبی هم برخوردار میشوند.

ماده خام داده شده به ماشینهای تمام اتوماتیک و نیمه اتوماتیک برای تراشکاری اکثراً بفرم میله و یا میله‌های توخالی معینی با مقطع حلقه‌ای و در بعضی اوقات شش گوش و غیره میباشند و تلفات مواد در آن‌ها می‌نیمم مقدار را تشکیل میدهد.

تقسیم بندی‌های ماشین‌های تراش اتوماتیک: بسیاری از عوامل ماشین سازی موجب شده‌اند که گونه‌های متنوعی از ماشین‌های تراش اتوماتیک و نیمه اتوماتیک در صنایع ظهور کنند و برای آن‌ها رده‌بندی‌های مختلفی را قائل شوند. مثلاً می‌توان یک نوع تقسیم بندی را به شکل زیر دانست:

۱ ــ **ماشین‌های تراش اتوماتیک با کار دوّار:** که در آن‌ها حرکت چرخشی اصلی را قطعه کار در حالی که با دور متناسبی دوران می‌کند دارا میباشد.

۲ ــ **ماشین‌های تراش اتوماتیک با ابزار دوّار:** که در آن‌ها، ابزار یا ابزارهای‌پراده‌برداری، عهده دار اجرای حرکت دورانی اصلی خواهند بود ولی در مجموع ماشینهای تراش اتوماتیکی که در رده (۱) قرار می‌گیرند اکثریت را تشکیل میدهند و بنابراین بطور اختصار چند نمونه از آن‌ها را از لحاظ اصولِ ساختمان و کاربردشان مورد بررسی قرار میدهیم.

انواع ماشین‌های تراش اتوماتیک با کار دوّار

تعداد محور اصلی که کار به آن بسته میشود و در نتیجه میتواند معیّن کند که در آنِ واحد چند قطعه کار قابل تراش بر روی ماشین میباشد. مهم‌ترین عاملی است که به نوبهٔ خود تقسیم بندی

جدیدی را برای این گروه از ماشینهای تراش اختصاصی بوجود می‌آورد. بنابراین چنانچه از ماشینهائی با شمار معینی از محورها صحبت بمیان آید، منظور همان ماشین‌های تراش اتوماتیکی است که حرکت دورانی به عهده محور کار محوّل شده است و بدین ترتیب انواع آنها عبارت خواهند بود از:

۱ ــ ماشین‌های تراش اتوماتیک یک محوره میله تراش ــ "Single - Spindle Automatic Bar Lathes"

ماشینهائی که در این گروه قرار گیرند فقط یک محور را دارا هستند که کار بدان متصل شده و چرخش می‌کند، امّا در انتهای عملیات میتواند چند قطعه فرعی بجز نمونه اصلی کاری که قرار بوده است تولید کند، هم بوجود آورد که ممکن است اجسامی شبیه واشرها یا پولک‌ها و غیره باشند و محصولات بدست آمده از طریق برشکاری و قطع کردن کار مجزّائی محسوب گردند. در ضمن امکان دارد بر روی این ماشین‌ها ماشینکاریهائی مانند: فرزکاری، سوراخکاری، برقوکاری، پیچ بری‌های خارجی و داخلی و غیره که در زمره کارهای جنبی بشمار میروند نیز قابل اجراء باشد.

ماشین‌های تراش اتوماتیک یک محوره هم میبایست برای شناسائی و بررسی بیشتر در مورد ساختمان و طرز کارشان به شکل زیر تقسیم بندی شوند:

الف ــ ماشین‌های تراش اتوماتیک پیچ ساز «طرح سویسی» یا ماشین تراش اتوماتیک کوتاه "Swiss - Type Automatic Screw machines" در شکل (۲۴ــ۶) نمونه‌ای از این نوع ماشین‌های تراش اختصاصی نشان داده شده است که برای تولید قطعات کوچک و دقیقی نظیر: اجزاء ساعتهای دیواری، ساعت‌های کوچک‌تر و ظریف‌تری مانند انواع مچی آن، ابزارهای مینیاتور و نظایرشان کاربرد دارد. حرکات بکار اندازنده ابزارها، توسط تعدادی بادامک کنترل میشود که برای اعمال ویژه‌ای طرّاحی شده‌اند و بر روی میل بادامک قرار گرفته در قسمت عقبی بستر ماشین سوار شده‌اند.

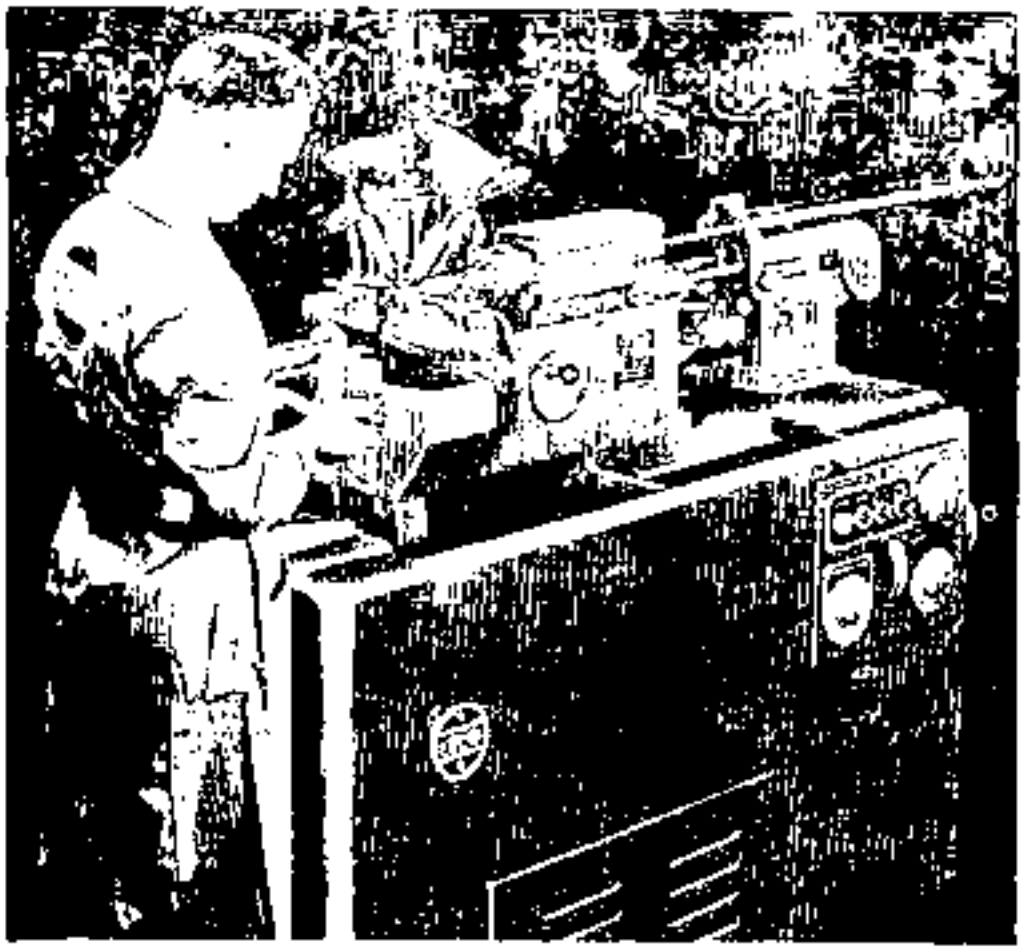
تراشکاریها و فرم تراشی‌ها و سایر ماشینکاریهای مربوطه بوسیله «پنج رنده ساده» و یک سری اجراء می‌شوند که بوسیله ابزار گیر نصب شده روی «قاب ابزار» در ناحیه جلو پیش دستگاه حمل می‌گردند (چون خود پیش دستگاه این نوع ماشینهای تراش اتوماتیک یک محوره میتواند در امتداد طولی بستر یا میزش در حالی که کار دوّار به آن بسته است، دارای حرکت لغزشی محوری باشد).

دو رنده زیرین از مجموعهٔ پنج افزار مزبور را «ابزارهای بازوی جُنبنده» (Rocker - arm tools) می‌نامند و بوسیله ضربات سختی که به هنگام لزوم توسط بادامک‌های در ارتباط با آن، به دنباله‌اش وارد می‌شود، عمل تراشکاری مربوطه‌شان را انجام خواهند داد و سه

رنده دیگر که میشود نامی مانند: «ابزارهای بالا سری» (Over head tools) را برایشان در نظر گرفت و در رنده‌گیر نصب شده روی لغزنده‌های دم چلچله‌ای مستقلی که آنها را برای اجرای ماشینکاریهای لازمه بحرکت در می‌آورند قرار خواهند گرفت.

تراشکاریها و عملیات فرم دهی دقیق میتوانند بوسیله بازوی جُنبنده ماشین‌های تراش اتوماتیک پیچ ساز «طرح سویسی» بدست آیند و مرهون سوپرتهای سخت و محکمی میباشند که در ساختمانشان پیش‌بینی شده است.

حرکت باردهی طولی برای تراشکاری استوانه‌ها و سایر عملیاتی که مستلزم تأمین چنین حرکتی هستند را پیش دستگاه همانند سوپرت طولی بوجود می‌آورد و در ضمن میز این نوع ماشین‌ها را هم فوق‌العاده سخت شده بوجود می‌آورند.

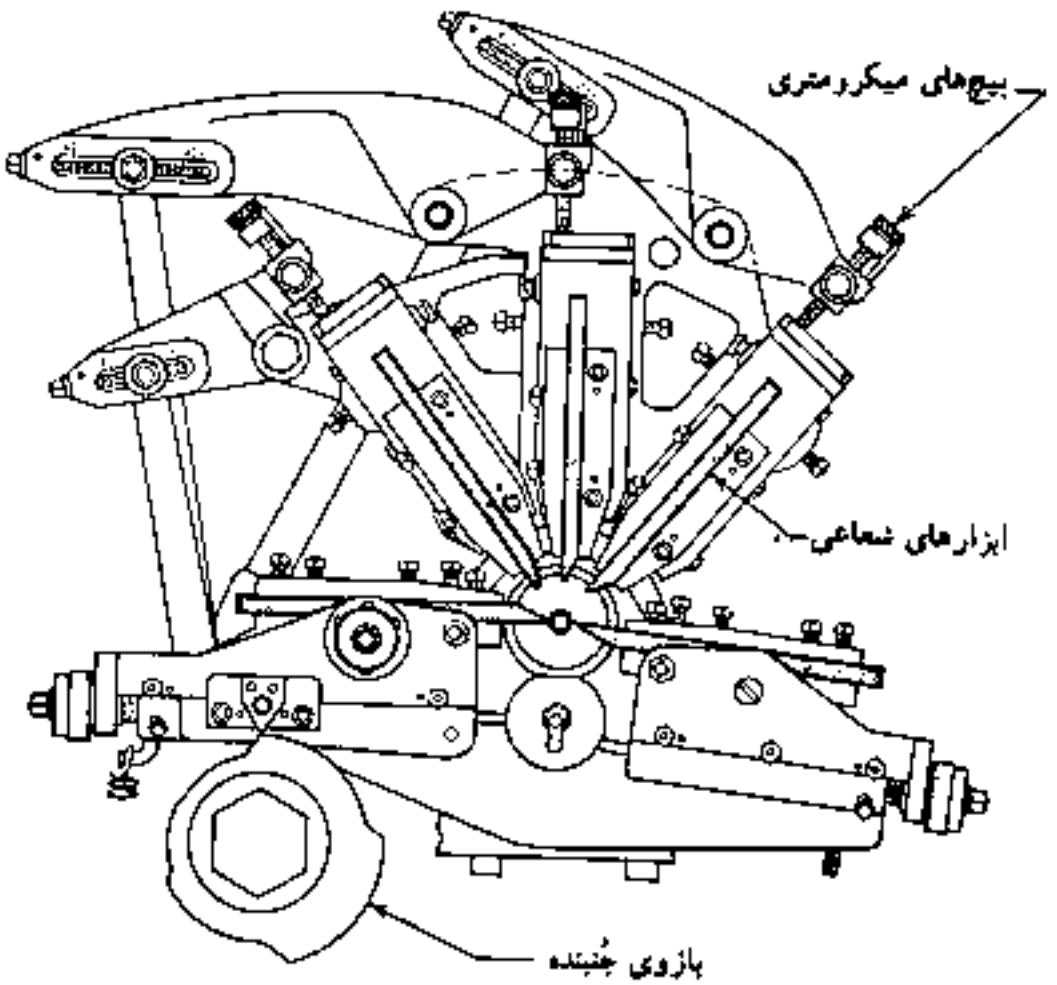


(شکل ۲۴ ـ ۶) شکل حقیقی یک مدل از ماشین‌های تراش اتوماتیک پیچ ساز «طرح سویسی»

پَخ زدن، گاه گیری، ساختن پیچ با روش غلطک زدن، آج زنی، قطع کردن و یا بریدن و سایر عملیاتی که نیازمند باردهی اُریب یا متقاطع باشند توسط ابزارهای «بالا سری کار» قابل اجرا خواهند بود.

ابزارهای انتهائی نظیر مته‌ها، برقوها، حدیده و قلاویزها، ابزارهای کف تراشی‌یا پیشانی‌ـ

تراشی در قطعه‌ای مجزّا از ماشین که قابل سوار شدن بر روی میزش بوده و پس از نصب شدن نقش دستگاه مرغک را برایش ایفاء خواهد کرد، مستقر خواهند شد و این قطعه به بستر ماشین محکم می‌گردد و بکمک الکتروموتوروسیستم تغییردهنده‌دور (معمولاً کاهنده دور) به ابزارهای فوق‌الذکر حرکت چرخشی میدهد و ضمناً طوری دور اینگونه ابزارها و دور کار در حال دوران بر روی محور اصلی پیش دستگاه را تنظیم می‌کنند که سرعت نسبی متناسب بین کار و ابزار که هر دو در این صورت دوّار خواهند بود بوجود آید. میدان کار یا قطر کارگیری نوعی از ماشین‌های اتوماتیک کوتاه طرح سویسی $\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{32}$ اینچ (معادل تقریباً ۲/۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر) بوده است و معمولاً برای مرکز نگهداشتن چنین کارهای ظریفی میبایست از گیره‌های فشنگی استفاده کنند.



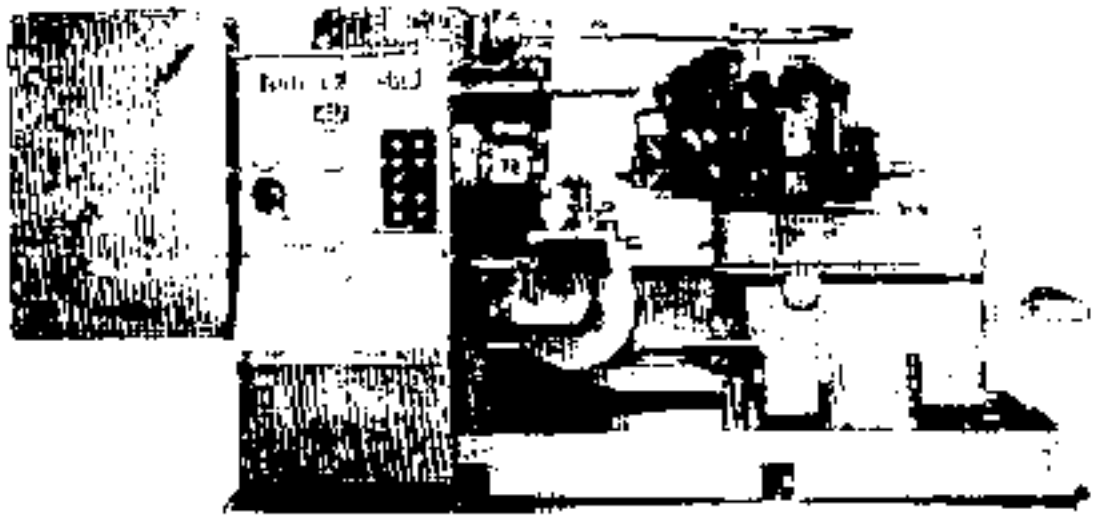
(شکل ۲۵ ــ ۶) شکل شماتیکی، منظره انتهائی نمونه‌ای از ماشین‌های تراش اتوماتیک پیچ ساز «طرح سویسی» برای نشان دادن یادامک بحرکت در آورنده «بازوی جُنبنده و دو ابزار آن» و مکانیزم کنترل کننده ابزارهای آن (منظور سه ابزار بالای کار).

ب ــ ماشینهای تراش رولور اتوماتیک "Automatic Turret Lathes" ماشین تراش خودکار نشان داده شده در (شکل ۲۶ ــ ۶) ماشینی است یک محوره و اتوماتیک از نظر باز و بسته شدن قطعه کار و نیز حرکاتی که ابزارگاه چرخان یا رولور آن میخواهد دارا باشد. گیره‌های

سوار شونده روی طبلکی استوانه‌ای که زیر پیش دستگاه آن و روی بستر سوار شده است، ممکن است عملیات لغزشی رولور را نسبت به سرعت محور اصلی ماشین تنظیم کند. هر کدام از چهار نوع سرعتی که برای محور اصلی این مدل ماشین می‌تواند بوجود آید به نوبه خود باز هم میتواند توسط چرخدنده‌های قابل تنظیم، میدان وسیع‌تری از سرعتهای متغیّر را ایجاد نماید و ضمناً در این مدل ماشین، سه سرعت بار دهی عرضی برای حرکت جنبی رولور در طراحیش پیش‌بینی شده است.

بادامک‌های استوانه‌ای، قادرند سُر خوردن یا لغزیدن رولور را در امتداد طولی ماشین بوجود آورند و آن‌ها را در بستر ماشین و زیر رولور تعبیه کرده‌اند.

برای نگهداری قطعه کار هم از گیره‌های مرتبط با سیستم پنوماتیک یعنی با استفاده از هوای فشرده که خیلی سریع باز و بسته کردن فک‌های گیره‌های محکم کننده کار را وادار به حرکت می‌کند بهره‌گیری می‌نمایند.



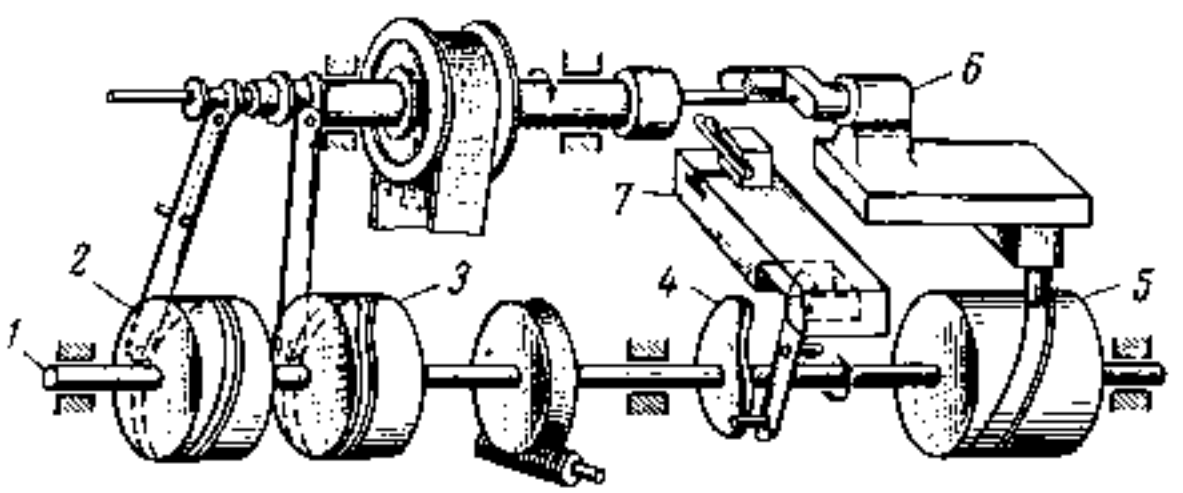
(شکل ۲۶ ــ ۶) شکل یک نوع ماشین تراش رولور اتوماتیک

ج ــ ماشین‌های تراش اتوماتیک برشکاری Automatic Cutting-off Machines ــ

ماشین تراش اتوماتیک برشکاری و یک محوره در شکل بعدی بصورت نمائی شماتیکی از لحاظ طرز عملکردش نشان داده شده است و می‌تواند کاربردهائی مانند: تراشیدن قطعات کوتاه قد و فرم دار و نیز سوراخ کاری مرکزی و پیچ بری خارجی داشته باشد.

سطوح، فرم تراشی میشوند و قطعه کار که در ابتدا به شکل مفتول یا میله‌ای از طریق گلوئی محور اصلی به ماشین تغذیه و در گیره‌های نگهدارنده محکم شده بود، در خاتمه عملیات ماشینکاری بوسیله ابزار برش نصب شده در سوپرت عرضی بریده می‌شود و تنها سوپرت‌های عرضی که ممکن است تعداد آن‌ها بین ۲ تا ۵ تا باشد برای انواع مختلف‌این رده‌از ماشین‌های ــ

تراش خودکار میتواند پیش بینی شود و چون فاقد سوپرت بـا کشوی حـرکت طـولی شبیه بـه ماشین‌های تراش معمولی هستند برای تأمین چنین حرکتی لازمست مکانیزم تعبیه شده بر روی محور میل بادامک آن یعنی قسمتی که با توجه به‌شکل مربوطه استوانـه ایست بـا شیار مـارپیچ مخصوص، به هنگامیکه زائده دنباله «دستگاه مرغک ظاهری» در آن جـا افـتاده است در حین چرخش خود، عاملی باشد برای لغزاندن طولی ابزاری مانند منه که در مثال عملی نمایش داده شده در شکل شماتیکی، و البته همانطور که از این نمای تجسّمی پیداست ماشین مزبور مختصّ یک نوع کار ویژه طرّاحی گردیده و سپس اقدام به ساختن آن کرده‌اند و برای هر کـار دیگر لازم است بادامک‌ها، طبلک‌های استوانه و سایر مکانیزم‌ها بفرم مطلوب ساخته شوند.



(شکل ۳۷ ــ ۶) شکل شماتیکی دیاگرام عمل یک مـاشین تـراش اتـوماتیک «بـرشکاری» اعداد مشخص شده روی شکل، نشان دهنده قطعات زیر میباشند:

۱ ــ میل بادامک (که در این نما، سه طبلک، یک چرخ حلزون و یک بادامک را میچرخاند)
۲ ــ طبلک بادامکی کنترل کننده بار میله‌ای که قطعه کار از آن تراشیده خواهد شد.
۳ ــ طبلک کنترل کننده باز و بسته شدن میلهٔ کار.
۴ ــ بادامک بوجود آورنده حرکت عرضی یا کشوی برای قلم برشکاری روی سوپرت.
۵ ــ طبلک بادامکی شیارداری که زائده در آن جا افتاده است و بار لغزشی طولی ایجاد می‌کند.
۶ ــ «دستگاه مرغک ظاهری» که راننده‌ی از راست به چپ برایش با مکانیزم بالا بوجود آمده.
۷ ــ سرسره یا سوپرت عرضی یا کشوی که بر روی آن رنده‌بند و ابزار برشکاری نصب شده‌اند.

با توجه به مکانیزم بکار گرفته شده در ساختمان ماشین‌های تراش اتـوماتیک «بـرشکاری» ملاحظه میگردد که کافیست «میل بادامک» فقط یکدور کامل دوران کند تا یک قطعه کـار عملیات فلز تراشی لازمه برایش اجرا شود و پس از قطع شدن و خـارج گـردیدن از مـنطقه مـاشینکاری سیکل انجام کار تکرار گردد.

۲ ــ ماشین‌های تراش اتوماتیک افقی، چند محوره «میله‌تراش» و «قطعه تراش»

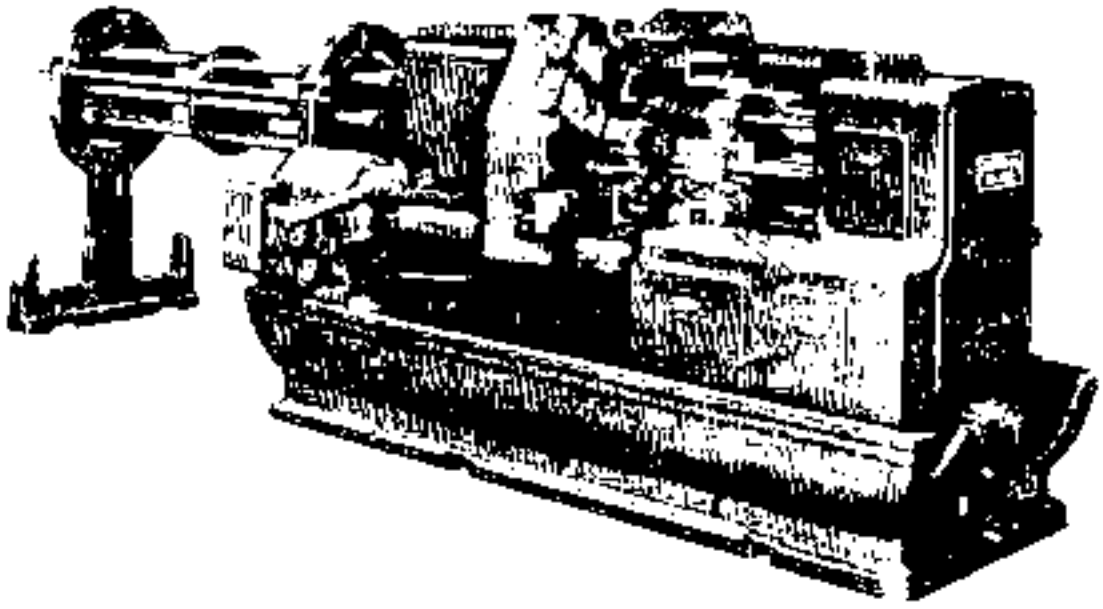
Multi – Spindle Horizontal Automatic Bar and Chucking Machines

شرح مشخصات کلی: ماشینهای تراش اتوماتیک چند محوره برای تولیدات انبوه یا سری‌سازی طرّاحی و ساخته می‌شوند، طوریکه بتوانند از میله‌ها و یا قطعات داده شده به آن‌ها برای نیل به منظور فوق استفاده کنند. از مشخصات روشن و بارز این گروه از ماشین‌های تراش اختصاصی اینست که در آن واحد، چندین کار بطور همزمان از تعدادی میله که به دستگاه تغذیه شده، میتوانند در حال ماشینکاری باشند و یا آنکه بجای میله، از قطعات مشابهی که قبلاً آنها را با روشی مناسب فرم داده‌اند، جهت اتمام عملیات به ماشین‌های اتوماتیک چند محوره «قطعه تراش» بدهند و درنتیجه تولیدی انبوه با صرف حدّاقل زمان برای ساخت، عایدشان شود.

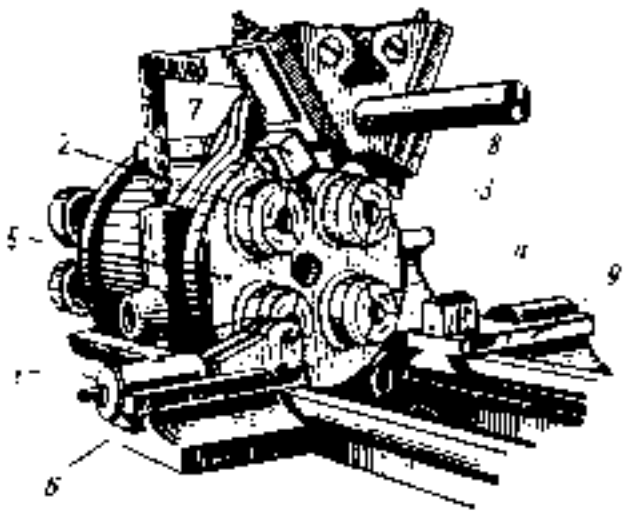
ماشینهائی که کلاً در این طبقه از ماشین‌های افزار قرار می‌گیرند، سرعت تولیدشان در بالاترین رده‌ها قرار دارد و مدلهای دو، چهار، پنج، شش، هشت محوره و درصورت لزوم، حتی بیشتر از آن هم در صنایع ساخت ماشینهای افزار اختصاصی بوجود آمده‌اند. درمقابل هر کدام از محورها، ابزارهای لازمهٔ اجرای عملیات پیش‌بینی شده قرار می‌گیرند و اغلب افزارها هم میتوانند در «ابزارگیر لغزنده انتهائی» مستقر شوند و بطور هم مرکز با محوری که برای هرکدامشان مرجع محسوب میشود بکار برده شوند.

این ابزارگیرهای لغزنده انتهای کار، همراه با محور اصلی تقسیم نمی‌شوند و نمی‌چرخند ولی در جهت طولی میز ماشین به سوی جلو و عقب قادر به لغزش هستند تا بتوانند ابزارهای مرتبط با خود را برای تماس با کار چرخان به منطقه عملیات ماشینکاری برسانند. ولی باید دانست که در بالا و پائین حماله هر کدام از محورهای اصلی ماشین و ابزارگیر لغزان انتهای قطعه کار، یک کشوی عرضی وجود دارد که از دو طرفه، دو ابزار برش را متوجه کار می‌سازند، تا در مرحله پایانی موجب بریدن و قطع کردن آن شده و بدین ترتیب یک دوره با سیکل یا پریود تولید قطعات مشابه خاتمه پیدا کرده باشد.

در ماشین‌های اتوماتیک چند محوره، چنانچه از نوع شش و یا هشت تائی باشند، دو لغزنده جنبی اضافی هم به مجموعه فوق الذکر میبایست افزوده شود که آنها را میتوان «لغزنده‌های واسطه» هم نامید. تمامی افزارگیرهای لغزنده بصورتی مستقل از هم عمل کرده و مجموعه‌شان با ابزارهای انتهائی، برای عملیاتی مانند: تراشکاری، آج‌زنی، ساختن پیچ با روش غلطک‌زنی، شیار تراشی، برشکاری و غیره بکار گرفته میشوند در شکل ۲۸ ــ ۶، نمائی حقیقی از ماشین‌های تراش اختصاصی فوق نشان داده شده است.



(شکل ۲۸ ــ ۶) شکل یک مدل از ماشین‌های تراش اتوماتیک ۶ محوره، افقی «میله تراش»

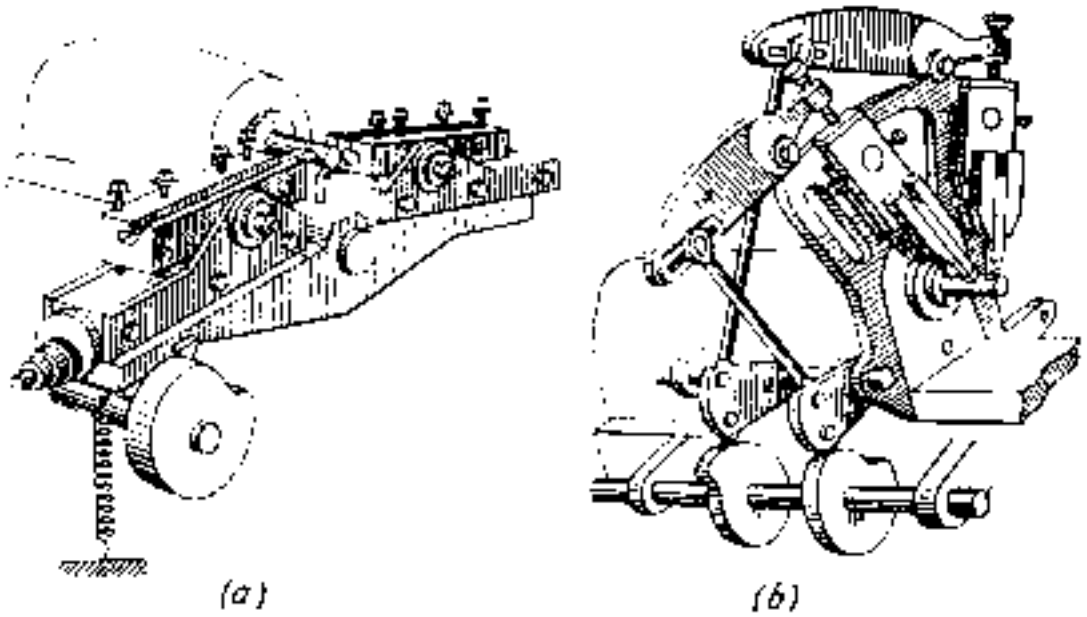


(شکل ۲۹ ــ ۶) نمای قسمت جلو پیش دستگاه یک ماشین‌تراش اتوماتیک ۴ محوره افقی «میله تراش»

۱ ــ ۲ ــ ۳ ــ ۴ ــ محورهای کارگیر

۵ ــ صفحه محور ماشین

۶ ــ ۷ ــ ۸ ــ ۹ ــ ابزار بند یا رنده‌گیرهای لغزنده



(شکل ۳۰ ــ ۶) ترتیب قرارگیری «ابزاربندهای لغزنده» و «ابزاربندهای متصل به بازوی متحرک یا جُنبنده» متعلق به ماشین‌های تراش اتوماتیک با «یک بادامک» عمل می‌کنند.

شکل (ا) کنسولی حامل دو رنده فلزتراشی از طرفین کار که در جهت عرضی

شکل (ب) رنده‌بندهائی که در جهت عمودی یا قائم با «دو بادامک» عمل می‌کنند.

فصل هفتم

«ماشین‌های فرز اختصاصی» «Special Purpose Milling Machines»

مقدمه:

در صنایع تولیدی هنگامیکه هدف برادهبرداری بوسیله ابزارهای فلزتراش «چندسر» یا تیغه فرزها باشد، امکان دارد ماشین‌های فرز معمولی مانند: انواع افقی ــ عمودی و انیورسال برای این منظور راندمان یا بازده خوبی نداشته باشند و زمان ساخته شدن قطعات کار نسبتاً بالا باشد و یا آنکه ابعاد و شکل کار ایجاب کند که برای ماشینکاریش، ماشین فرز بخصوصی مورد لزوم است. لذا در این مبحث همانطور که از سرفصل آن پیداست، تعدادی از ماشین‌های فرز اختصاصی از نقطه نظر اصول ساختمان و کاربردهایشان تحت بررسی قرار خواهند گرفت و اهمّ آن‌ها را میتوان شامل گروه ماشین‌های فرز زیر دانست، که مسلماً هر کدامشان دارای انواع تغییر شکل یافته دیگری نیز خواهند بود و عبارتند از:

الف ــ فرزهای کپی. ب ــ فرزهای اتوماتیک. ج ــ فرزهای پانتوگراف. د ــ فرزهای دروازه‌ای.

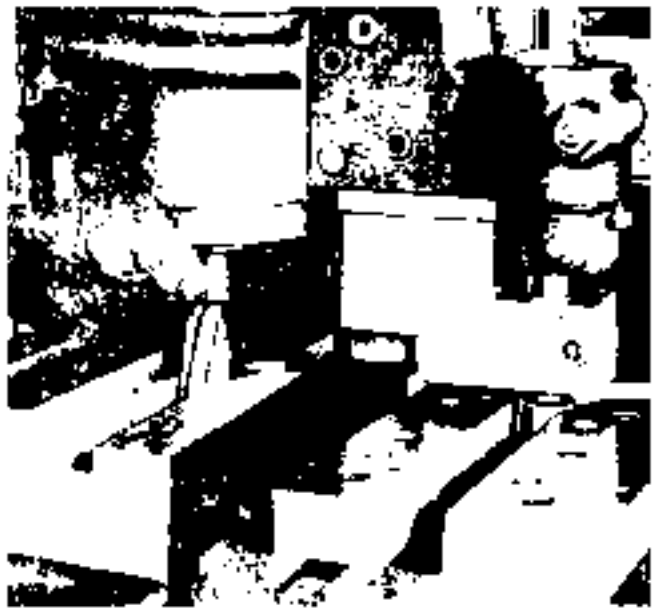
الف ــ ماشین‌های فرز کپی «دوبعدی» و «سه بعدی»ــ« Two and three Dimentional Copying Milling Machines »

ماشین‌های فرز اختصاصی مزبور که میتوان آن‌ها را فرزهای الگوتراش یا شابلن تراش (در مورد انواع دوبعدی) هم نامید، دسته‌ای پرمصرف از ماشین‌های فرز اختصاصی بویژه برای کاربردهای قالب‌سازی را تشکیل میدهند و اصولاً بسته به اینکه کپی‌سازی در صفحه (یا دو بعدی) و یا در فضا (سه بعدی) از نظر تجسمات هندسی بخواهد صورت گیرد، برایشان میشود تقسیم‌بندی بوجود آورد و فرزهای ساخته شده هم، بهمان اسم نامیده میشوند. البته با این ماشین‌ها امکان کپی کردن مقاطع دوبعدی و سه بعدی داخلی و خارجی نیز فراهم میباشد.

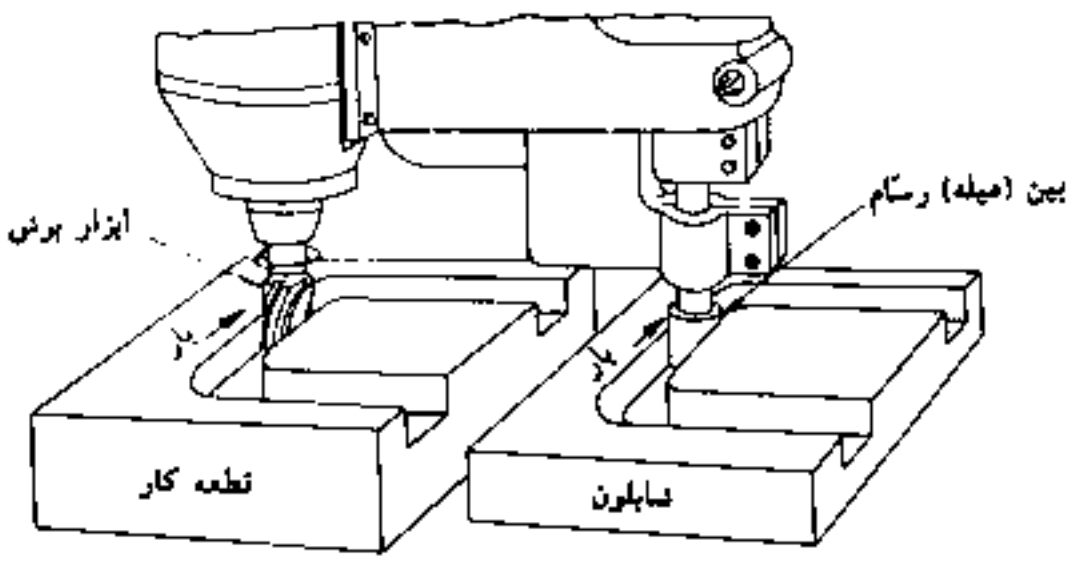
کپی کردن‌ها بر اساس مکانیزم‌های: هیدرولیکی ــ مکانیکی ــ الکتریکی و الکترونیکی و یا ترکیبی از آن‌ها صورت می‌گیرند و ماشین‌های فرز کپی قائم به نوبه خود شامل انواع یک ــ محوره و چند محوره نیز خواهد بود. در ماشین‌های فرز کپی نمونه کار اصلی که قبلاً بطور دقیق و مسلماً باصرف وقت و هزینه زیاد ساخته شده است به میز ماشین بسته می‌شود و در طرف دیگر میز

ماده خامی که هدف بوجود آوردن کاری مشابه نمونه اصلی است به ماشین محکم می‌گردد و تمامی حرکاتی را که «میله جستجوگر یا کاوشکر» که در زبان انگلیسی (Stylus) نامیده می‌شود و گاهی اوقات می‌توانیم آنرا «میله رسّام یا رسم کننده Tracerbar» هم بنامیم. انجام میدهد. عیناً به ابزار برادهبرداری که اغلب بفرم فرزهای انگشتی یا «دنباله‌دار» است با روش‌های هیدرولیکی و مکانیکی و غیره منتقل میسازند.

نسبت تشابه ابعاد کار در حال ساخت و نمونه اصلی ساخته شده قبلی اغلب ۱:۱ میباشد و در مواردی هم امکان بوجود آوردن نسبت‌های تشابه دیگر فراهم میباشد وبعنوان مثال با دستگاههای مشابه نگار مکانیکی که «پانتوگراف» هم نامیده می‌شوند که بعداً به شرح آن‌ها خواهیم



(شکل ۱ ــ ۷) نمای حقیقی ناحیه بروفیل تراشی با یک نوع ماشین «فرز کپی». که در سمت راست شکل، قسمت «جستجوگر» در تماس دائم با شابلن است و در سمت چپ شکل هم یک فرز انگشتی مقطعی بهمان فرم را ماشینکاری می‌کند. (کپی با روش مکانیکی).



(شکل ۲ ــ ۷) اساس فرزهای کپی، یا بروفیل تراشی که بر مبنای کپی مکانیکی کار می‌کنند.

پرداخت میتوانند بمنظور فوق برسند. گاهی اوقات ماشین‌های فرز کپی را با نام «فرزهای پروفیل‌تراش» هم شناسائی می‌کنند.

«روش‌های متداول برای کپی کردن سه بعدی» Contouring methods ــ اصولاً اشکال سه بعدی برهمان اساس روش کپیه دو بعدی، مشابه سازی می‌شوند، با این تفاوت که در روش دوبعدی از شابلن‌های تخت با مسطح بهره‌گیری می‌کنند و حال آنکه در این حالت، مدل سه بعدی اصلی جهت کپی کردن در ماشین قرار می‌گیرد. ماشین‌های کپی سه بعدی اغلب با روش «هیدرومکانیکی» و یا «الکترومکانیکی» عمل می‌کنند و میبایست باردهی برای ابزارهای براده‌برداریشان در امتداد سه محور متعامد یا عمود برهم انجام گیرد و برای این منظور سیستم‌های زیر در کپی‌سازی‌های سه بعدی بکار گرفته می‌شوند:

(۱) ــ روشی که مدل و کار هر دو در امتداد خطوط راست حرکت می‌کنند.

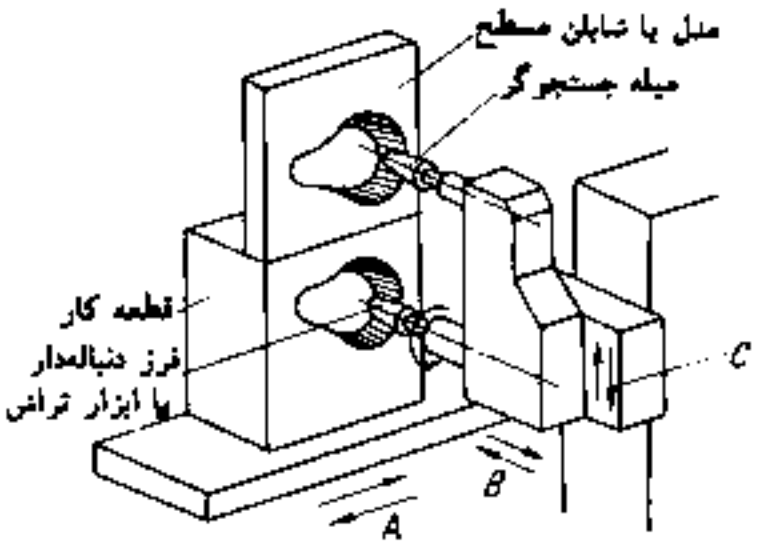
(۲) ــ روشی که مدل و کار هر دو می‌چرخند.

(۳) ــ روشی‌که مدل می‌چرخد و قطعه کار در امتداد خطوط راست حرکت می‌کند.

(۴) ــ روشی که مدل در امتداد خطوط راست حرکت می‌کند و کار می‌چرخد.

(شکل ۳ ــ ۷) نشان دهنده کپی‌سازی سه بعدی با روش (۱) میباشد.

مدل، بالای قطعه کار قرار گرفته و در تماس با میله پی‌گیر یا «جستجوگر» میباشد و در کپی سه بُعدی میز ماشین در جهت فلش‌های A به حرکت درمی‌آید و با حرکات همزمان محور اصلی منتهی به فرز انگشتی و میله متکی به مدل «بعد طولی» و در جهت فلش‌های B «بُعد عرضی» یا عمق براده و بالاخره در جهت فلش‌های C «بعد ارتفاعی» طی می‌شوند و با چندین مرتبه به

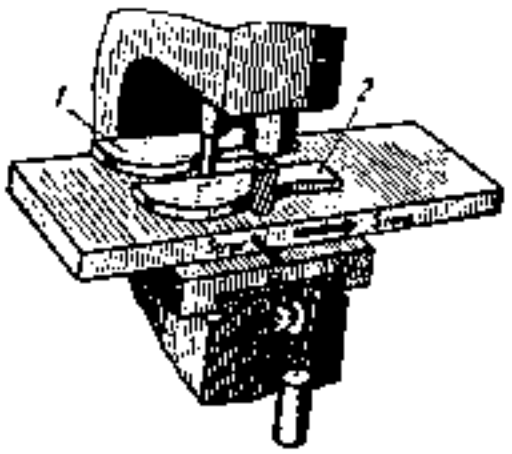


(شکل ۳ ــ ۷) اساس کپی‌تراشی سه بعدی با ماشینهای فرز برمبنای روشی‌که مدل و قطعه کار توسط سه سوپورت باردهی متعامد در امتداد خطوط راست رادار به حرکت شوند.

حرکت درآوردن سه سوپرت باردهی ماشین، قطعه کاری با مقیاس ۱:۱ از مدل مفروض ساخته و یا کپی می‌گردد.

تقسیم‌بندی فرز کردن کپی برمبنای «اساس انتقال حرکات» ــ فرزکاریهای کپی سازی، از لحاظ نحوه رسانیدن حرکات لازمه به محور ابزار برادهبرداریشان نیز می‌توانند رده‌بندی شوند و معمولاً آن‌ها را در دو گروه متمایز زیر مورد بررسی قرارمیدهند:

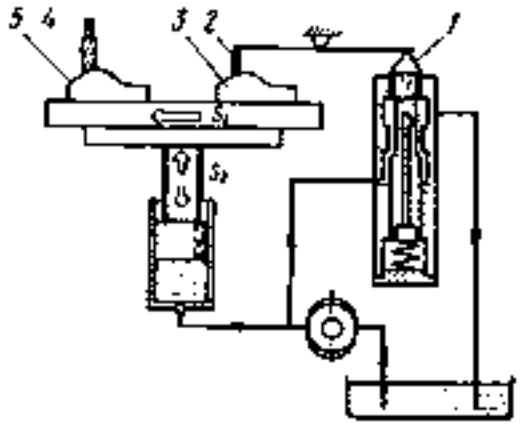
۱ ــ فرزکاری کپی مستقیم (بی‌واسطه): که در ماشین‌های فرز کپی مجهز شده باین طریق، عمل کپی سازی مستقیماً صورت می‌گیرد و برای این منظور از روش مکانیکی (مانند شکل ۴ ــ ۷) با استفاده از میله یا غلطک در تماس دائم با شابلُن، بهره‌گیری کرده و در ارتباط مستقیم با آن، فرز انگشتی یا ابزاری مشابه آن، حرکاتی نظیر به نظیر انجام میدهد. در روش مستقیم تماس بین پین فرمان و شابلُن به وسیله نیروی وزن یک وزنه یا فنر و یا فشاری که با روشی متناسب بوجود می‌آید امکان‌پذیر است. (شکل ۴ ــ ۷) نشان دهنده فرزکاری کپی مستقیم میباشد.



(شکل ۴ ــ ۷) ــ فرزکاری کپی مستقیم یا بیواسطه با روشی مکانیکی جهت فرزکاری دوبعدی بکمک وزنه ایجاد کننده تماس دائم برای جستجوگر (۱) شابلن (۲) قطعه کار

۲ ــ فرزکاری کپی غیرمستقیم (باواسطه): در شرایطی که ماشین فرزکپی اساس انتقال حرکات جستجوگرش به ابزار برادهبرداری با روش غیر مستقیم یا با واسطه مبتنی باشد، قسمت «احساس کننده Feeler» که درواقع همان جستجوگر میباشد، بازهم بفرم میله‌ای شکل یا شبیه به غلطک خواهد بود که با مدل یا شابلن تماس پیدا کرده و یا در اصطلاح کپی‌کاری، آنرا «حسّ می‌کند» و موجب رسانیدن حرکت از طریق یک سیستم کنترل تقویت شونده به ابزار فرزکاری میگردد. بنابراین عضو حسّاس سیستم کپی فقط کاربردش برای صدور فرامین به عضو محرک ماشین ابزار خواهد بود که سبب تحرک: میز، لغزنده‌ها و سایر واحدهای ماشینی که بر روی آن نصب گردیده است، بشود. (شکل ۵ ــ ۷) نشان دهنده «سیستم کنترل کپی هیدرولیکی» یک ماشین فرز بصورت شماتیکی می‌باشد؛ که اصول عملکرد آن در مبحث فرامین هیدرولیکی مورد

بحث قرار گرفته است و دراینجا از توضیح بیشتر خودداری میشود.



(شکل ۵ ــ ۷) نمائی شماتیکی برای توضیح دادن «اساس انتقال حرکات» در عمل «کپی کردن غیر مستقیم یا باواسطه» برمبنای روش هیدرولیکی که کپیه کاری سه بعدی محسوب میشود.

اجزاء روی شکل عبارتنداز:

۱ ــ سوپاپ یا شیر کنترل

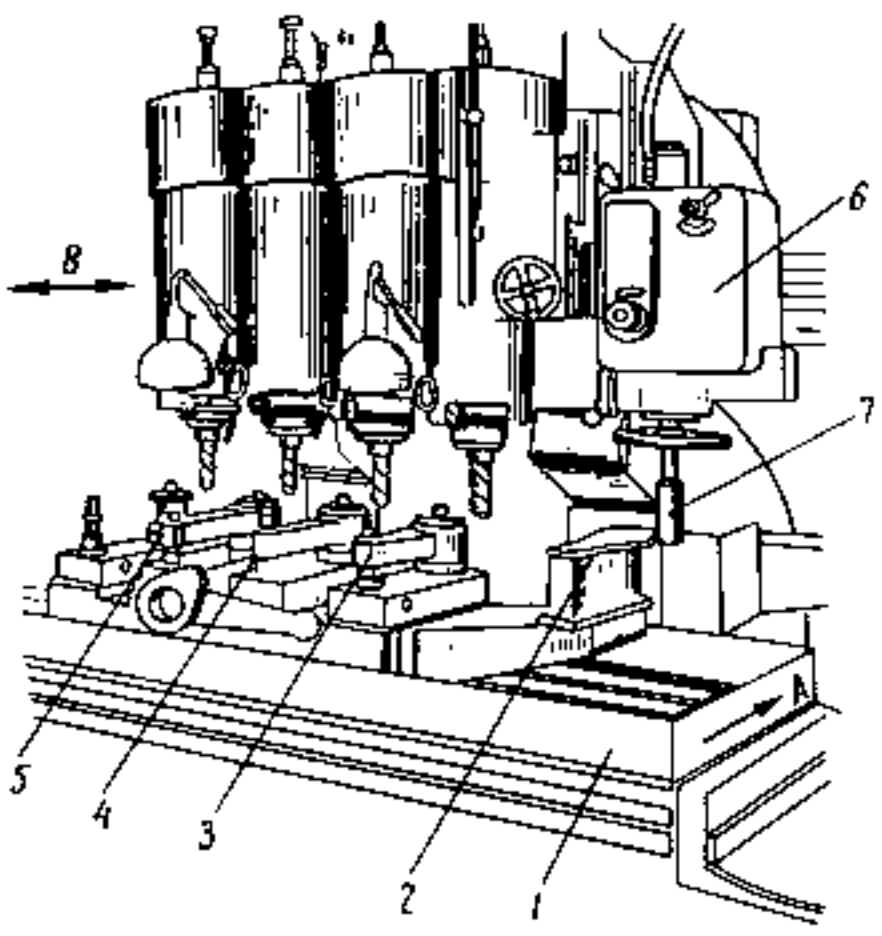
۲ ــ میله جستجوگر

۳ ــ شابلن یا مدل

۴ ــ فرز انگشتی یا ابزار ماشین فرز

۵ ــ قطعه کار S_1 = سرعت بار کپیه کاری (Tracing feed) S_2 = سرعت بار ورودی (Input feed)

«موارد استعمال ماشین‌های فرز کپی» ــ با توجه به آنچه که در این مبحث بیان شد، ماشین‌های فرز کپی به صورت‌های: یک محوره و چند محوره و انواع افقی و عمودی از نظر انحراف محورشان ساخته می‌شوند، می‌توانند کارهای متنوعی را در امتدادهای دو بعدی و سه ــ



۱ ــ میز

۲ ــ شابلن تخت

۳ و ۴ و ۵ ــ کارها

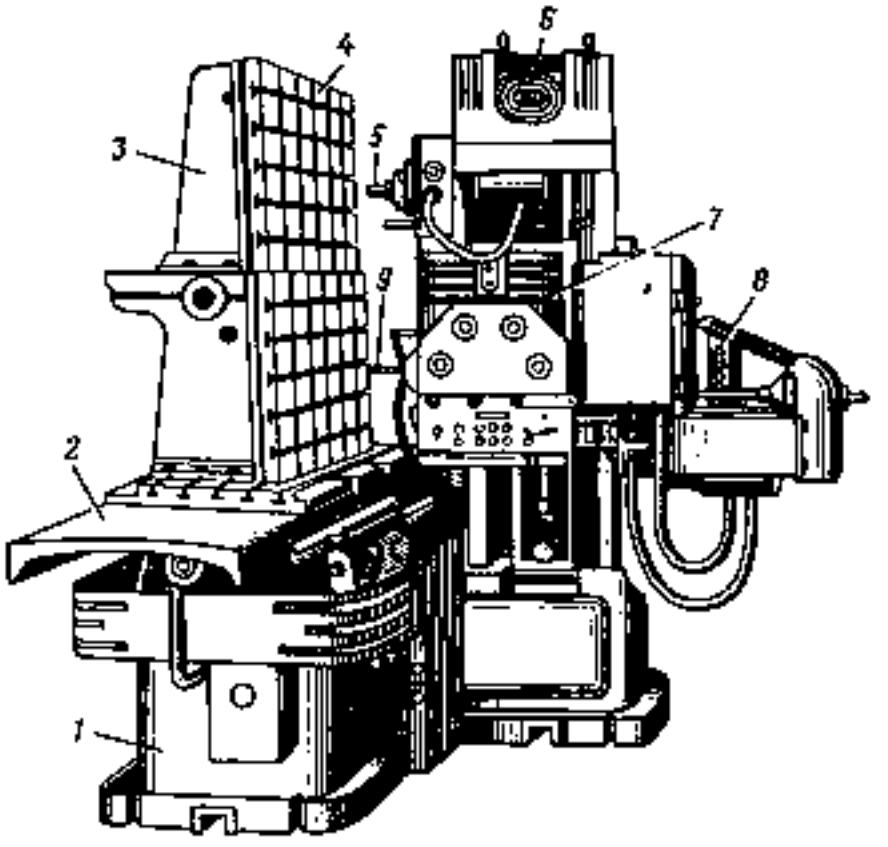
۶ ــ واحد هیدرولیکی

۷ ــ میله رسام یا میله کپی

A ــ جهت حرکت میز

B ــ جهت حرکت افقی محورها

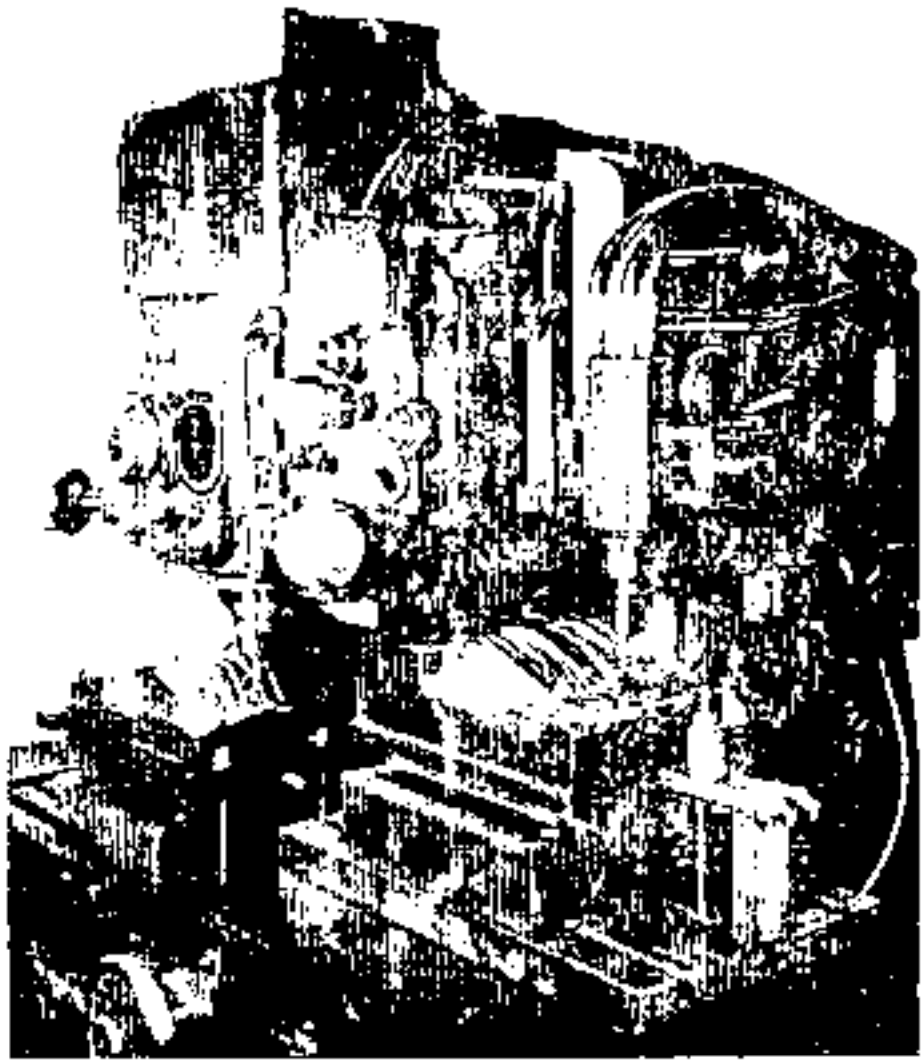
(شکل ۶ ــ ۷) شکل شماتیکی یک ماشین فرز کپی ۴ محوره مجهز به سیستم کپی هیدرولیکی جهت ساختن دسته بیستون (شاتون) برای موتورهای هواپیما (زیر یک محور کار بسته نشده است و همتاً قطر رسام و فرز انگشتی با هم برابر خواهند بود).



۱ ــ بستر
۲ ــ میز
۳ ــ صفحهٔ قائم روی میز
۴ ــ صفحه با شیارهای T
۵ ــ دستگاه کپی الکتریکی
۶ ــ ستون قائم ثابت
۷ ــ پیش دستگاه ماشین
۸ ــ زین
۹ ــ محور اصلی و ابزار

(شکل ۷ ــ ۷) نمای ظاهری یک نوع ماشین فرز کپی انیورسال مجهز به ادوات کپی‌سازی با روش غیر مستقیم یا با واسطه (مدل در بالا و قطعه کار در پائین قرار دارد).

بعدی مشابه‌سازی کنند. قطعاتی که دارای شکل پیچیده‌ای هستند، همانند: بادامک‌ها، مدل‌ها یا شابلن‌ها، قالب‌های آهنگری، قالب‌های سنبه و ماتریس‌ها، تیغه‌های نصب شونده به شکل ثابت و متحرک در توربین‌های بخار و غیره، نمونه‌هائی از عملیات ماشینکاری قابل اجراء با آن‌ها محسوب میشوند و بعضی از ماشین‌های فرزکپی میتوانند مانند آینه‌های تخت از لحاظ ایجاد تصویر «متقارن» عمل کنند و قطعه کار در حال ساخت، «قرینه مدل» بسته شده به ماشین باشد. ساختن قالب کفش پای چپ از روی قالب کفش پای راست، مثال روشنی برای درک نکته بالا بشمار میرود.



(شکل ۸ ــ ۷) ماشین فرز کپی قائم، مجهز شده به دستگاه کپیه با سیستم هیدرولیکی (کپی غیرمستقیم یا با واسطه) جهت ساختن قالب از روی مدل.

ب ــ ماشین‌های فرز اتوماتیک «Automatic Milling Machines»

مشخصات دستگاههای تولیدی خودکار: واژه خودکار یا اتوماتیک شدن به مفهوم «خود عمل کردن» و یا «خود تنظیم شدن» میتواند تعبیر و تفسیر و معنی شود و در حال حاضر به ماشین‌ها یا تجهیزات تولیدی و یا سیستمی اتوماتیک گفته می‌شود که بدون کنترل شدن و یا تنظیم گردیدن توسط متصدیان آن عمل کنند و عموماً مشخصات زیر را خواهند داشت:

۱ ــ آنها با کمک مختصری که انسان در مورد کارشان اعمال می‌نماید و یا بدون آن انجام وظیفه می‌کنند.

۲ ــ آنها تنظیمات اصلاح کننده ضروری را «حس کرده» و «نمایان» میسازند.

۳ ــ آنها تنظیمات اصلاحی یا تصحیح کننده را بکمک انسان و یا بدون نیاز به چنین مساعدتی بجا می‌آورند.

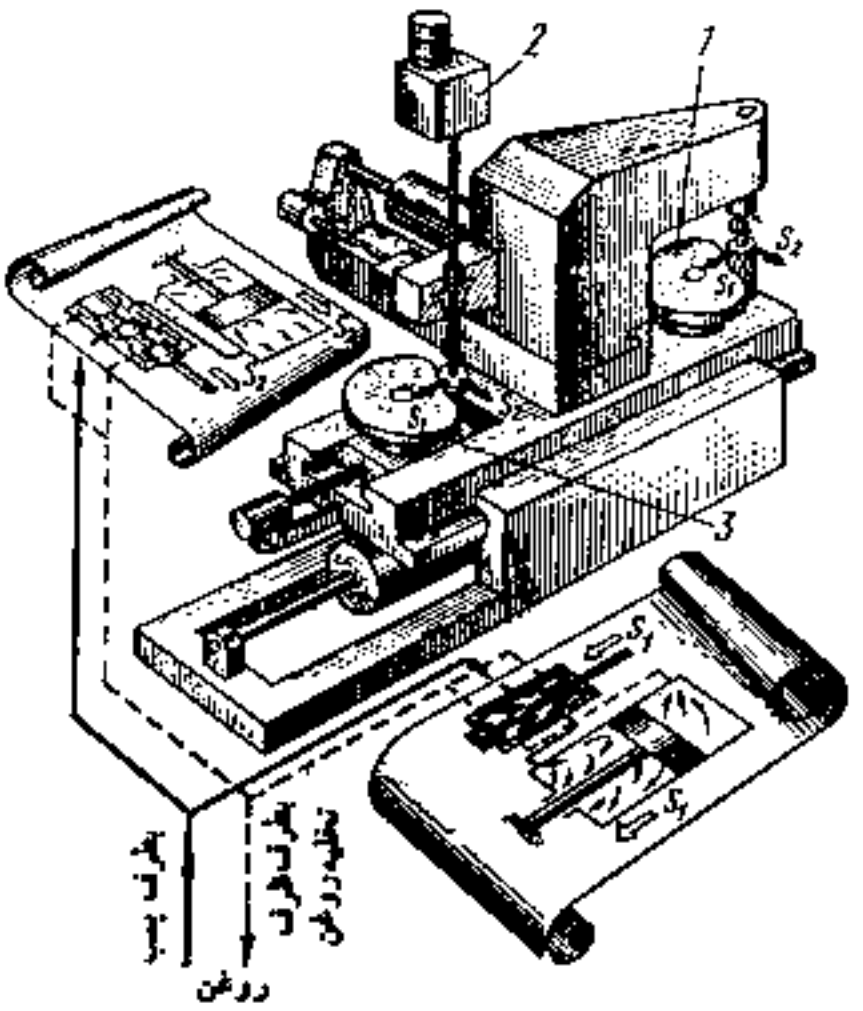
تصوّر کلّی از سیستم‌های تولیدی تمام اتوماتیک آنست که عملیاتی نظیر: تولید، بازرسی،

مونتاژ، آزمایش و بسته‌بندی شدن را در شرایطی که به نیروی انسانی و مراقبت‌هایش احتیاج چندانی نداشته باشند به‌اتمام رسانیده و باعث می‌شوند خطّ تولیدی به شکل جریان مداومی ادامه یابد.

با توضیحاتی که فوقاً بیان شد اینک مشخصّ می‌شود که تفاوت‌های فاحش یک ماشین فلزتراشی معمولی و نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک در عملیات ماشینکاری از چه نقطه‌نظرهائی میتواند باشد.

تقسیم‌بندی انواع ماشین‌های فرز اتوماتیک

این گروه از ماشینهای ابزار اختصاصی هم‌مشابه سایر ماشین‌آلات فلزتراشی دارای



(شکل ۹ ــ ۷) نمای شماتیکی و دیاگرامی رسام کنترل کننده یک ماشین فرز اتوماتیک کپی‌ساز مجهز به غلطک مغناطیسی. اعداد و حروف مشخص شده بر روی شکل نمودار قسمتهای زیر میباشند:

۱ ــ قطعه کار.

۲ ــ میله دوّار مرتبط به غلطک مغناطیسی.

۳ ــ شابلن.

S_1ها: جهت باردهی طولی.

S_2ها: جهت باردهی عرضی.

انواع گوناگونی میباشند و در سطور زیر فقط نمونه‌ای از آن‌ها را مورد بررسی قرار میدهیم:

ماشین‌های فرز اتوماتیک با غلطک‌های مغناطیسی کنترل کننده ــ (شکل ۹ ــ ۷) نمونه‌ای از این نوع ماشین‌های فرز ویژه را بصورتی شماتیکی و دیاگرامی نشان میدهد که با غلطک‌های مغناطیسی کنترل می‌گردد که این جزء دستگاه، بعنوان یک «رسّام احساس کننده» یا عضو حسّاس عمل می‌نماید و همواره مجذوب و چسبیده به شابلنی است که در حین عملیات از آن تبعیّت خواهد کرد.

بنابراین سیلندرهای کنترل کننده باردهی ماشین، بنوبه خود تابع آن محسوب می‌گردند. غلطک‌های مغناطیسی بوسیله مکانیزم بار (قسمت ۲ از روی شکل) چرخانیده می‌شود و بدون لغزش بر روی محیط مرئی شابلن (۳) که به کشوی لغزنده‌ای محکم شده است می‌غلطد.

به هنگام حرکت کردن در جهتی که با فلش S_1 مشخص شده، فرامین صادره از طرف غلطک مغناطیسی، بار طولی سیستم رانش هیدرولیکی را سبب گردیده و موجب تحرک ابزار فرزکاری که در اینجا فرز دنباله‌دار با انگشتی است در همان جهت می‌گردد.

در موقع به حرکت در آمدن در راستای فلش S_2، غلطک مغناطیسی، فرامین بکار افتادن بار عرضی سیستم هیدرولیکی مرتبط به ابزار ماشینکاری صدور یافته و در نتیجه فرز انگشتی را مطابق جهت مربوطه به رانش وا میدارد.

بعضی از ماشین‌های فرز اتوماتیک، مشابه‌سازی را مستقیما و خودکار از روی نقشه‌کاری که با مرکب‌های پررنگ و مخصوصی ترسیم شده است انجام میدهند که در واقع این نقشه کارها به منزله شابلن برایشان محسوب می‌گردد و (شکل ۹ ــ ۷) نمونه‌ای از آن‌ها بشمار میرود و در این روش خطوط محیطی نقشه کار با «سلول‌های فتوالکتریک» خوانده می‌شوند.

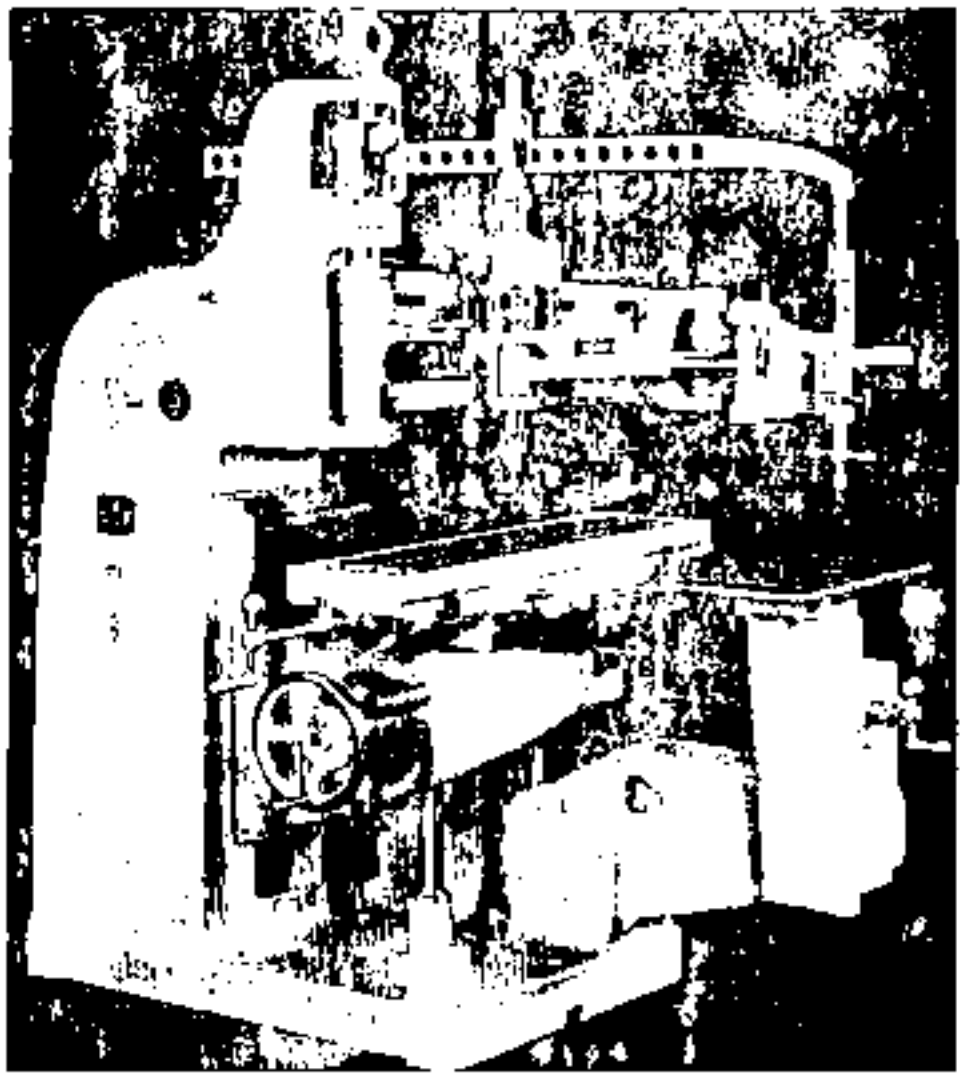
ج ــ ماشین‌های فرز پانتوگراف «Pantograph Milling Machines»

ماشین‌های فرز مجهز شده به دستگاه «پانتوگراف» یا «مشابه نگار» برای کپی‌سازی شکل‌های نامنظم، شابلن‌ها و یا اشکال غیرهندسی مدل‌ها بر روی قطعات کار مورد استعمال دارند. آن‌ها، هم در کارهای تولیدی و همچنین در قالب‌سازیهای گوناگون بکار گرفته میشوند. یک ماشین پانتوگراف توانائی عمل کپی کردن با مقیاس ۱:۱ یعنی با همان اندازه اصلی را دارد و نیز قادر است نمونه‌هائی بزرگتر و یا کوچکتر از اندازه واقعی را مشابه‌نگاری کند که مسلماً این امر وابستگی به ابعاد یا ظرفیت ماشین فرز و مشخصات خود دستگاه پانتوگراف نصب شده بر روی ماشین، خواهد داشت و حتی در مواردی این اشل با مقیاس امکان دارد به ۱:۴۰۰ هم برسد.

شابلن‌هائی که در دستگاههای مشابه‌نگار بکار برده می‌شوند معمولاً از ورق‌های فلزی

ساخته می‌شوند ولی مدل‌های اصلی، اکثراً از موادی که کار کردن بر رویشان نسبتاً آسان باشد ساخته شده که ممکن است از چوب و یا گچ متناسب باشند.

پانتوگراف مکانیزمی است که عموماً تشکیل شده است از چهار میله لولا شده بهم، که شکلی مانند «متوازی‌الاضلاع» را بوجود آورده باشند و میله‌های مزبور دارای حرکت لولائی خواهند بود. میله‌های مورد بحث با اندازه‌ای متناسب در ساختمان پانتوگراف پیش‌بینی شده‌اند.



(شکل ۱۰ ــ ۷) نمای ظاهری ماشین فرز مجهز شده به دستگاه «پانتوگراف سه بُعدی»

حرکت نقطه‌ای بر روی یکی از میله‌های دستگاه پانتوگراف، در امتداد مسیر و سطحی موازی نسبت به مکانیزم، باعث می‌شود که نقطه دیگری بر روی بازوی مشابه‌نگار از راهی همانند آن عبور کرده و از آن تبعیّت نماید که امکان دارد این تناسب حرکات کوچکتر و یا بزرگتر از اندازه اصلی باشد. ماشین‌های پانتوگراف در انواع دو بعدی و سه بعدی ساخته میشوند.

ماشین پانتوگراف دو بعدی برای حک کردن یا کَنْدَنِ حروف (Engraving Letters)، اعداد، و سایر طراحی‌ها روی سطوح مستوی یا منحنی بکار برده میشود و نیز از آن‌ها برای تقلید کردن یا مشابه‌سازی قطعاتِ با شکل‌های هندسی نامعین و معمولاً کوچک بهره‌گیری می‌نمایند.

پانتوگراف سه بعدی، توانائی انجام تمامی کارهای فوق‌الذکر را داراست و قادر است کپی‌سازی مدل‌های گوناگون را خیلی راحت‌تر در امتدادهای سه بعدی اجراء کند.

(شکل ۱۰ ــ ۷) نشان دهنده یک نمونه ماشین پانتوگراف سه بعدیست. که ذاتاً از یک ماشین فرز ستونی، نوع زانوئی (Knee-type) بوجود آمده و با نصب شدن دستگاه پانتوگراف بر روی آن، نظیر یک ماشین فرز عمودی با فرز انگشتی یا دنباله‌دار عمل کرده و میله نمونه‌سازی و کپی نگهدار در آن، یکی شده‌اند.

پانتوگراف میله‌ای «رسام» یا ترسیم کننده را با خود حمل می‌کند و انتهای قسمت رابط آن می‌تواند با دست به حرکت درآید و از مسیرهای دلخواه عبور کند، از محیط شابلن‌ها گذشته و یا در پیرامون مرئی مدل‌های بسته شده به میز ماشین (میز کوچک سمت راست شکل ۱۰ ــ ۷) وادار به تحرک شود.

در سوی دیگر حلقه اتصال پانتوگراف با خود فرزی انگشتی را همراهی می‌کند که از مسیرهای مشابهی با «نسبت تشابه» تنظیم شده از محیط یا بالای قطعه کار در حال ساخت خواهد گذشت.

کار به میز اصلی ماشین محکم شده است و میله نمونه‌سازی برای انتقال حرکات در امتداد قائم از طرف رسام به کار، مورد استعمال خواهد داشت و این کاربرد در صورتی است که مشابه‌نگاری با پانتوگراف سه بعدی انجام گرفته باشد و حال آنکه در شرایطی که از پانتوگراف دو بعدی استفاده کنند به وجود چنین میله‌ای نیاز نخواهند داشت.

فرم دادن به قالب‌های بزرگ، مثلاً برای قسمت‌های مختلفی از بدنه اتومبیل‌ها، مانند: سقف، درب‌ها، گل‌گیرها و غیره که ساختن نمونه‌ای با اندازه اصلی در ابتدای کار بسیار مشکل است بوسیله بکارگیری پانتوگراف خیلی تسهیل خواهد شد، بدین معنی که ابتدا قطعه‌ای کوچک، همانند قالب مورد نظر را دقیقاً شکل میدهند و اصلاحات لازمه را بر روی آن بعمل آورده و آنگاه بر روی ماشین فرز پانتوگراف با ابعاد بزرگ قرار داده و مقیاس را طوری تنظیم می‌کنند که قالبی با اندازهٔ مطلوب ساخته شود.

همواره بایستی برای بوجود آمدن دقت کافی در مشابه‌نگاری و متعاقب آن مشابه‌سازی در ماشین‌های تشریح شده در قسمت بالا، تماس رسّام با شابلن یا مدل اطمینان‌بخش و بدون ارتعاش باشد.

د ــ ماشین‌های فرز دروازه‌ای «Planer-type milling machines»

شرح کلی و عمومی: این دسته بزرگ از ماشین‌های فرز اختصاصی که از امکانات زیادی برای تسهیل عملیات براده‌برداری برخوردارند اکثراً جهت کاربردهای سری‌سازی یا تولید انبوه

و در صنایع سنگین بکار گرفته می‌شوند و علّت آنکه نام «دروازه‌ای» را در اصطلاحات کارگاهی ماشین ابزار برای آن‌ها برگزیده‌اند آنست که: کارهای وزین در حالتی که روی میزی محکم و بلند و دارای حرکت نوسانی یا رفت و آمدی است، از میان دروازه‌ای عبور می‌کنند که امکان دارد از طرفین و نیز سطح بالا، تیغه فرزهای پیشانی‌تراش یا تیغچه‌ای بزرگ بدان نزدیک شده و در آن واحد چندین سطح آن ماشینکاری شود.

میز این ماشین‌ها فقط دارای حرکت طولی است، مکانیزم محرکه‌اش در زیر آن نصب شده و می‌تواند از نوع مکانیکی یعنی شامل: موتور، جعبه دنده، چرخدنده شانه‌ای باشد که با یکارگیری چرخدنده مارپیچ درگیر شونده با دنده شانه‌ای کج، مقدار توان و نیروی منتقله نسبت به حالتی که دنده‌ها مستقیم باشند بمراتب افزایش می‌یابد.

در ماشین‌های فرز دروازه‌ای مدرن حرکت رفت و آمدی میز سیستم هیدرولیکی است و موتور و پمپ هیدرولیکی نیرومند و متناسبی، چنین مکانیزمی را تشکیل میدهند و در واقع پیستون‌های سیلندرهای هیدرولیکی، حرکت خطی را برای میز بوجود می‌آورند. در هر دو روش مکانیکی و هیدرولیکی فوق‌الذکر، میبایست سرعت‌های میز قابل تغییر باشند و نیز هر کدام از قسمت‌های بوجود آورنده حرکت دورانی برای محورهای فرز، قابلیت تغییر دور و همچنین عوض کردن مقدار باردهی‌های خودکار برایشان در طرّاحی ماشین فرز دروازه‌ای پیش‌بینی شده باشد.

ماشین‌های ذکر شده در بالا، دارای راندمانی بزرگ بوده و بعلت زیاد بودن حجم براده‌برداریشان مجهّز به وسائلی هستند که براده‌های تولیدی را به خارج از میدان عملیات ماشینکاری آن هدایت می‌کند و فلزتراشیها بر روی سطوح افقی، عمودی و مورّب امکان‌پذیرند.

لازم بتوضیح است که محورهای نصب شده در روی ریل‌های دروازه ماشین می‌توانند تا ۳۰ درجه بچپ یا براست به هنگام فرز کردن سطوح مایل، کج شوند و فرز کردن راههای روی میزهای ماشین‌های تراش در کارخانجات سازندهٔ ماشین‌های ابزار، میتواند مثالی برای کاربرد ذکر شده، باشند. (در شکل ۱۴ ــ ۷، نمونه‌ای از فرزکاریهای سطوح شیبدار نشان داده شده است).

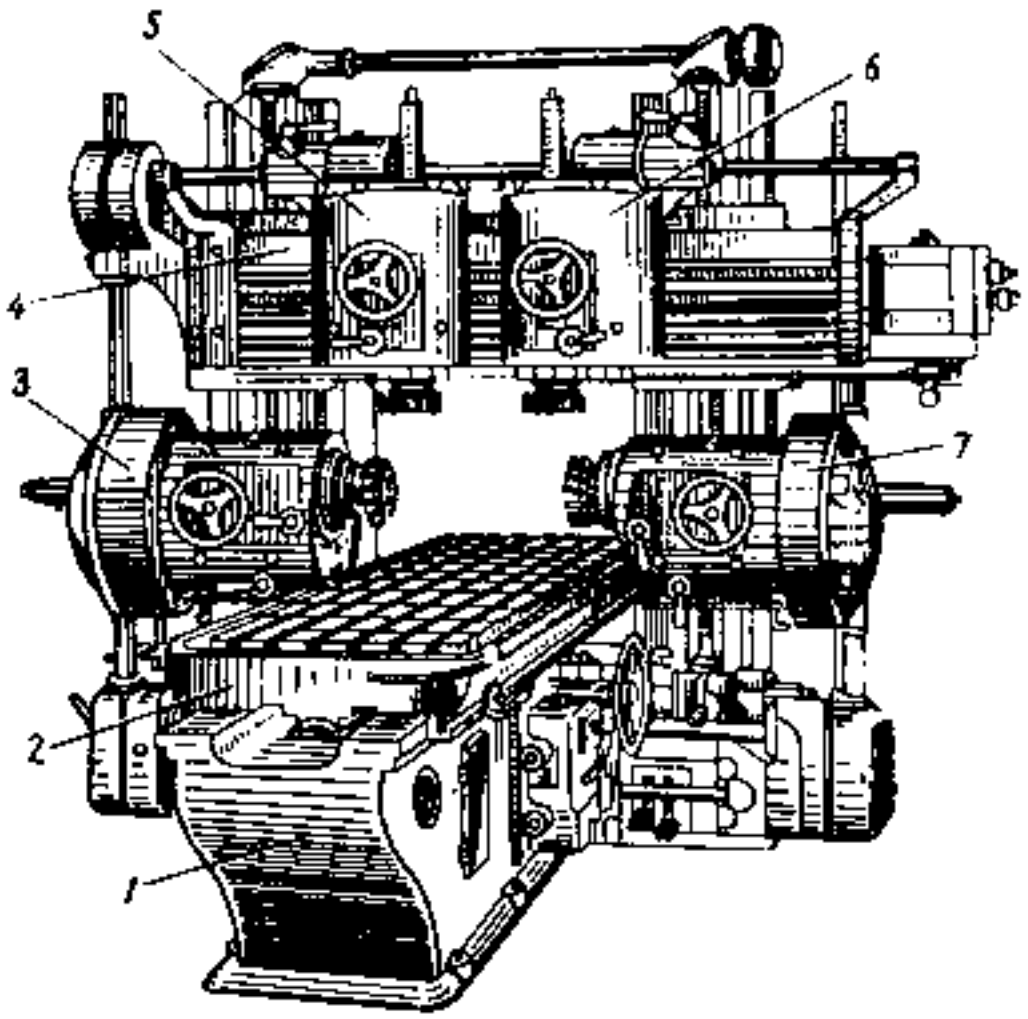
مهم‌ترین دلایل رجحان یا برتری ماشین‌های فرز دروازه‌ای نسبت به صفحه‌تراش‌های دروازه‌ای (که بعداً به شرح ساختمان و کاربردشان خواهیم پرداخت) میتوانند عبارت باشند از:

(۱) ــ در آن‌ها زمان‌های تلف شده خیلی تقلیل یافته، زیرا در کورس برگشت میز طویلش، هم امکان برداشتن براده از سطوح مختلف کار وجود دارد.

(۲) ــ بعلت بکارگیری تیغه فرزهای پیشانی تراش تیغچه‌دار که در واقع ابزارهای چندسرمحسوب می‌شوند بجای یک یا دو قلم ساده که در رنده بندهای صفحه تراش‌های دروازه‌ای مستقر می‌گردد، حجم براده‌برداری بمراتب افزایش پیدا کرده است.

(۳) ــ سرعت خطی میز ماشین صفحه تراش دروازه‌ای در کورس رفت و برگشت یکسان نیست و حال آنکه در ماشین‌های فرز دروازه‌ای این تفاوت سرعت وجود ندارد، و حرکت آرامتر است و براده‌برداری هم ضربه‌ای نیست.

نکات مشروحه فوق امتیازات عمده فرزهای دروازه‌ای نسبت به صفحه تراش دروازه‌ای محسوب می‌گردند.



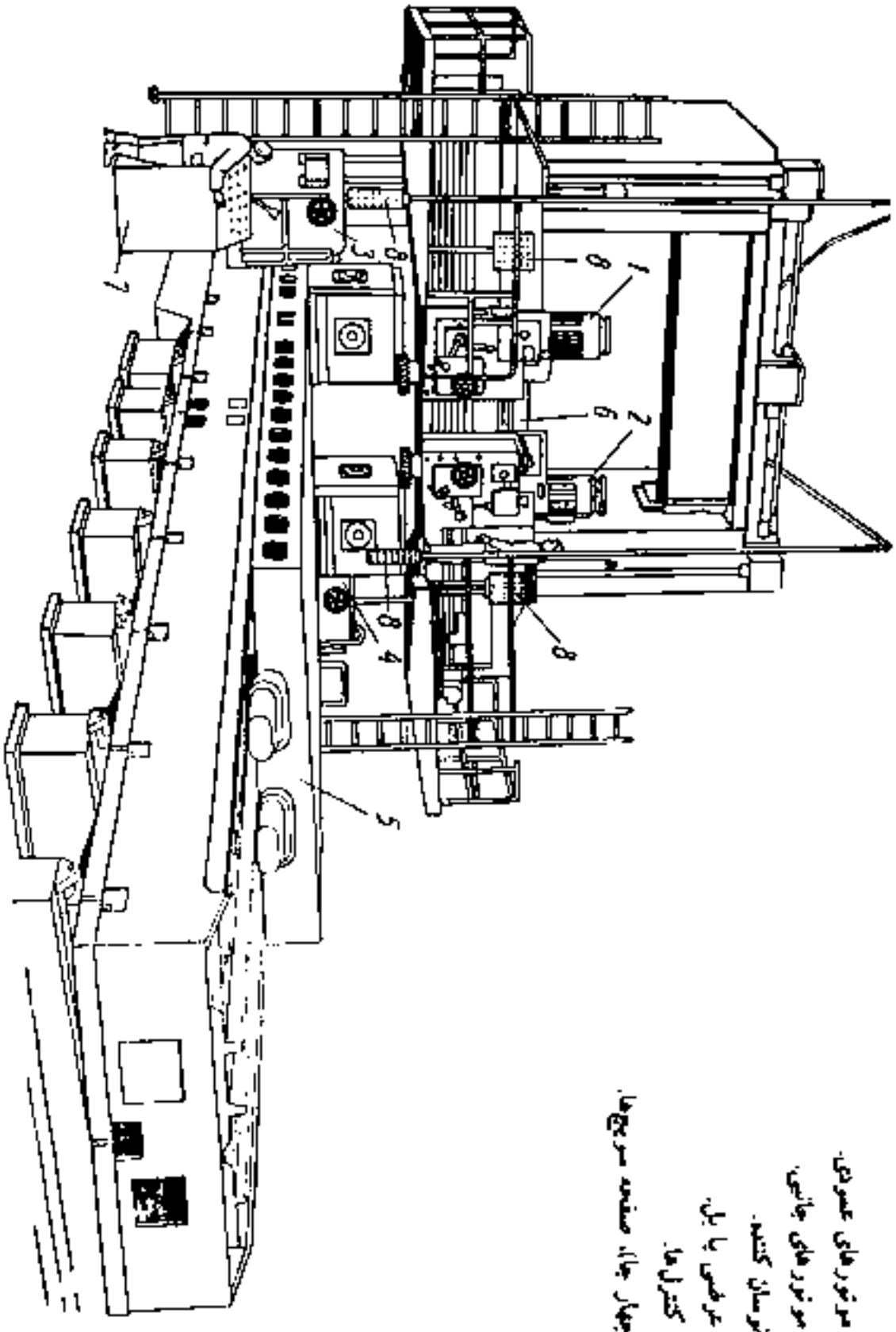
(شکل ۱۱ ــ ۷) شکل شماتیکی، نشان دهنده نمای عمومی یک نوع ماشین فرز دروازه‌ای ۴ محوره (۲ محور افقی و ۲ محور عمودی) با اندازه متوسط از نقطه نظر ظرفیت ماشینکاری.

۱ ــ بستر ماشین ۲ ــ میز ماشین ۴ ــ ریل عرضی یا پل دروازه ماشین
۳ ، ۵، ۶، ۷. الکتروموتورها و مکانیزم‌های باردهی دورانی و محوری به ابزارهای فرزکاری.

تقسیم بندی انواع ماشین‌های فرز دروازه‌ای: این گروه ماشین‌های فرز اختصاصی هم همانند سایر ماشین‌های ابزار بمرور زمان انواع مختلفی را پیدا کرده‌اند که اهمّ آنها عبارتند از:

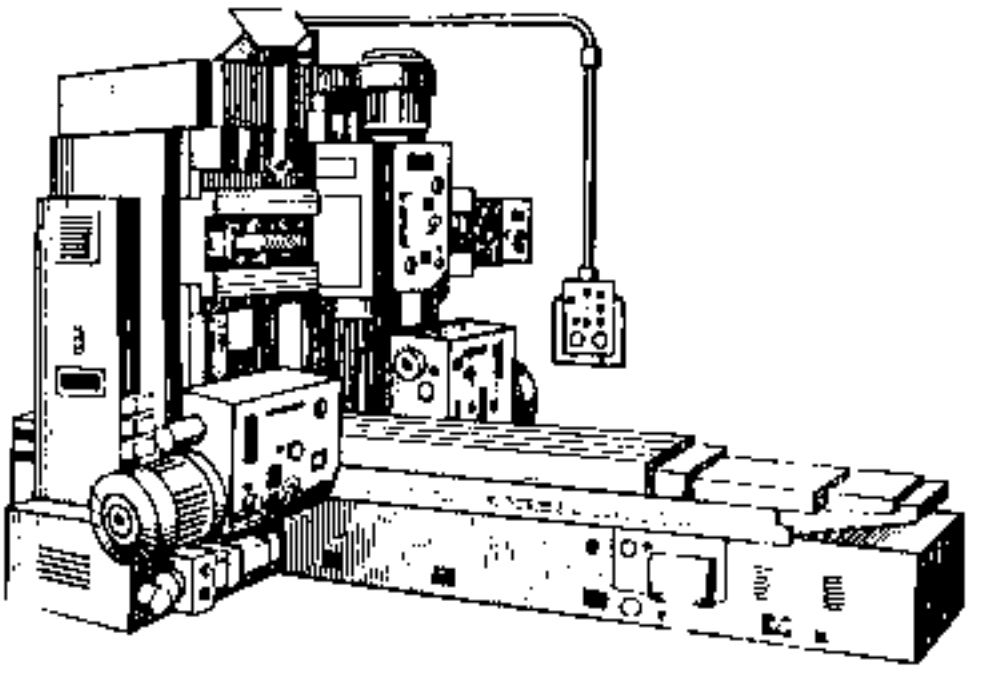
۱ ــ ماشین‌های فرز دروازه‌ای دو خانه‌ای یا دو ستونه و معمولاً چند محوره ــ (مانند شکل ۱۱ ــ ۷).

۲ ــ ماشین‌های فرز دروازه‌ای بغل باز، یک خانه‌ای و یا یک ستونه ــ که با مراجعه به شکل‌های متنوع گردآوری شده برای تجسّم اصول ساختمان و طرز کار هر کدام از آن‌ها، تفاوت‌هایشان آشکار خواهد شد و هر شکل هم مختصراً بازیرنویس‌هایش توضیح داده شده است.



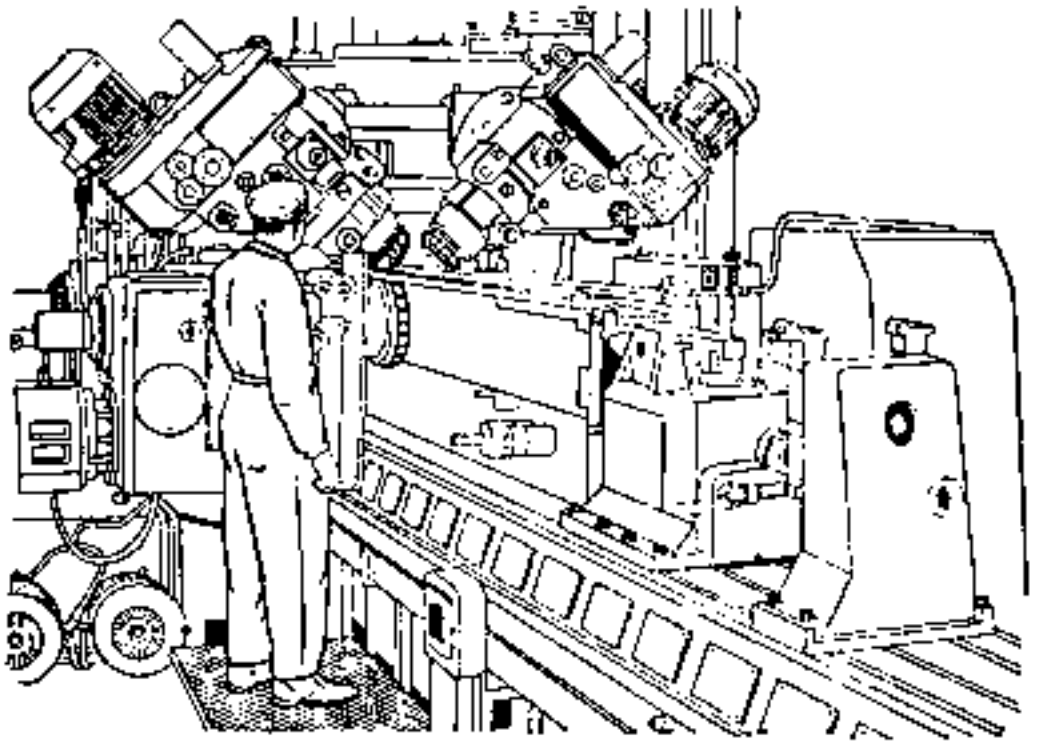
۱ و ۲ موتورهای عمودی.
۳ و ۴ موتورهای جانبی.
۵ میز نوسان کننده.
۶ ریل عرضی یا یل.
۷ جعبه کنترل‌ها.
۸ (در جهار جا) صفحه سرپچ‌ها.

(شکل ۱۲ ــ ۷) شکل شماتیکی یک مدل ماشین فرز دروازه‌ای دو ستونه با سه خانه‌ای برای کارهای وزنی تا حدود ۱۲۰ تن، ۱۲ × ۲/۶ متر



(شکل ۱۳ ــ ۷) نمای شماتیکی دیگری از یک نوع ماشین فرز دروازه‌ای دو ستونه و سه محوره

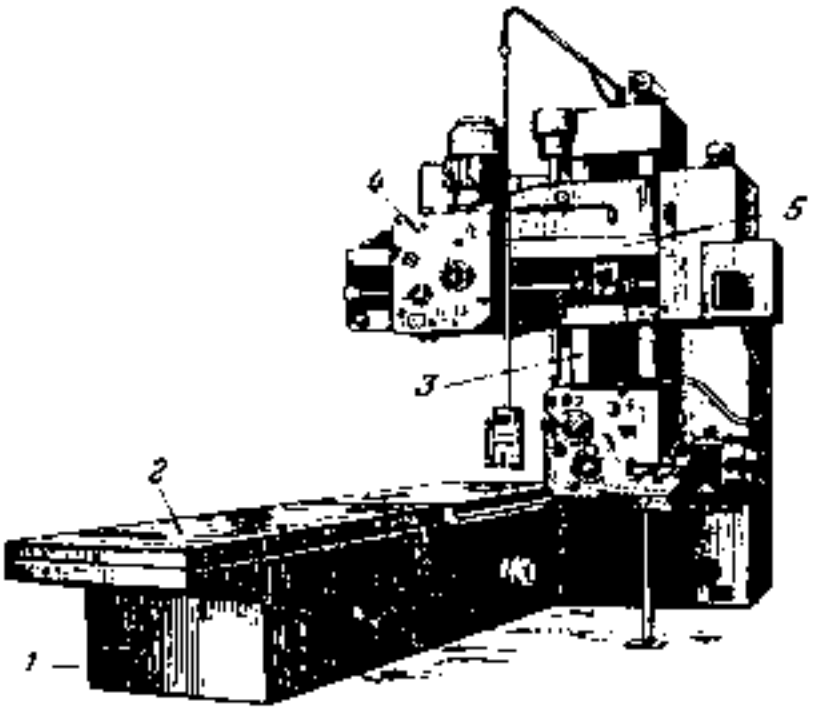
۳ ــ ماشین‌های فرز دروازه‌ای بازل باز، یک خانه‌ای (یا یک ستونه): این نوع ماشین‌های فرز ویژه، همانگونه که از نامشان پیداست، کاربردشان برای مواردیست که قطعه کاری طویل و کم عرض‌تر نسبت به سایر فرز های دروازه‌ای را بخواهند ماشینکاری کنند. برای بوجود آوردن سادگی در ساختمان ماشین، آنها را یک ستونه یا یک خانه‌ای طراحی کرده و بر روی ستونشان می‌تواند بازوئی مانند پل بطرف بالا یا پائین حرکت داده شده و ارتفاع ابزار را تا سطح



(شکل ۱۴ ــ ۷) ماشین فرز دروازه‌ای مخصوص، با محورهای فوقانی کج شده تحت زاویه دلخواه، جهت انجام ماشینکاری‌های همزمان برای راه‌های روی میز یا بستر یک ماشین تراش

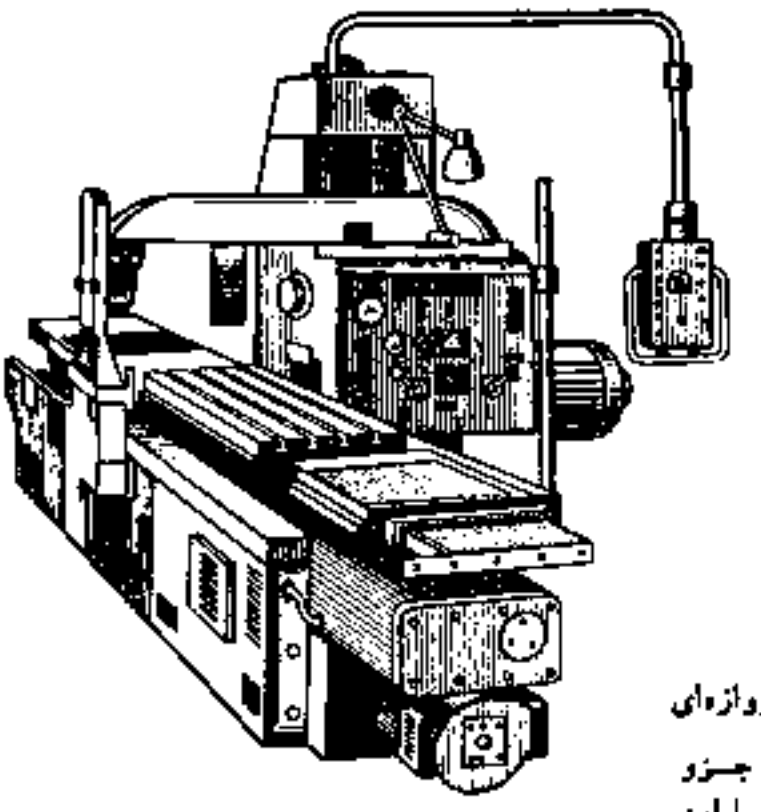
کار تنظیم کند و بر روی همین بازو هم که دارای ریل است، مجموعه جعبه دنده‌ای که میتواند برای تنها محور دوّار ماشین تغییرات دور لازمه را بوجود آورد، نیز قابلیت لغزش را داراست و میز ماشین هم فقط حرکت طولی داشته و از زیر فرز عبور می‌کند و در کورس برگشت هم میتواند کار براده برداری شود.

شکل بعدی (شکل ۱۵ ــ ۷) نموداریست از ماشین‌های فرز اختصاصی مشروحه در قسمت بالا و با اعداد ۱ تا ۵ بعضی از بخش‌های اصلی آن مشخص گردیده است.



(شکل ۱۵ ــ ۷) نمای ظاهری ماشین فرز دروازه‌ای ــ بغل باز.

۱ ــ پستر ۲ ــ میز
۳ ــ ستون قائم ۴ ــ سرفرزگیر
۵ ــ ریل عرضی



(شکل ۱۶ ــ ۷) نوع دیگری از ماشین‌های فرز دروازه‌ای یک ستونه یا یک خانه‌ای که میتوان آن‌ها را هم جزو ماشینهای فرز دروازه‌ای بغل باز محسوب کرد با این تفاوت که نمونه (شکل ۱۵ ــ ۷) محور فرزش قائم است و در مورد مدل فوق، محور دوّار افقی میباشد.

فصل هشتم

ماشین‌های ابزار با حرکت اصلی رفت و آمدی یا نوسانی و تقسیم‌بندی کلّی آن‌ها

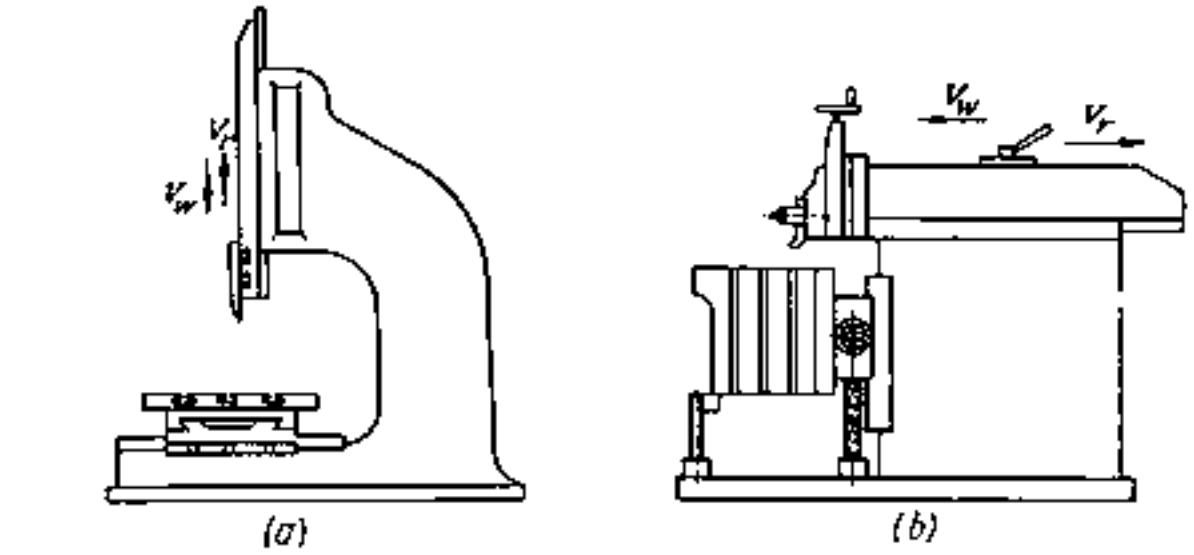
در این گروه بزرگ از ماشین‌های ابزار، حرکت اصلی برادہ برداری از نوع رفت و آمدی یا نوسانی است و در اغلب موارد ابزارهائی یک سر در آن‌ها بکار گرفته می‌شود و جهت‌شناسائی کلّی چنین دستگاههای فلز تراشی میتوانیم رده بندی جامع زیر را برایشان بوجود آوریم:

۱ ــ ماشین‌های صفحه تراش معمولی یا کورس کوتاه «Shapers or Shaping Machines»

۲ ــ ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای یا کورس بلند «Planers»

۳ ــ ماشین‌های صفحه تراش عمودی یا «کلّه زنی» یا جاخار تراش «Slotters»

۴ ــ ماشین‌های خان کشی «Broaching Machines»



(شکل ۱ ــ ۸) شکل‌های شماتیکی سه گروه از ماشینهای ابزار با حرکت اصلی از نوع خطی و رفت و آمدی یا نوسانی شامل:

(a) ــ ماشین صفحه تراش عمودی (کلّه زنی). (b) ــ ماشین صفحه تراش معمولی یا کورس کوتاه.
(c) ــ ماشین صفحه تراش دروازه‌ای.

با توجه به آنکه در دروس فنی سال‌های گذشته، یعنی درس فنی و حساب فنی، ماشین‌های صفحه تراش کورس کوتاه یا معمولی از نظر ساختمان و طرز کار و نیز محاسبات فنی مرتبط به آنها، مورد بررسی قرار گرفته‌اند، لذا در اینجا از تکرار مطالب قبلی خود داری کرده و سه گروه باقیمانده را که میتوان بدانها، ماشین‌های رفت و آمدی یا نوسانی اختصاصی گفته و به تشریح نمونه‌های مختلفشان پرداخت. درشکل‌های (۱ ــ ۸) حرکت اصلی رفت و آمدی ماشینهای ۱ و ۲ و ۳ از رده‌بندی فوق نمایش داده شده و علائم ذکر شده بر رویشان دارای مفهوم زیرند:

V_W = سرعت در کورس کار یا کورس رفت (کار W_o = Work)

V_r = سرعت در کورس آزاد یا کورس برگشت (برگشت r_o = return)

«لازم بیاد آوریست که در علائم فرمولی آلمانی در قسمت فوق بجای V_w از علامت V_A و بجای V_r از علامت V_R استفاده می‌کنند».

۲ ــ ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای (یا کورس بلند) «Planers»

شرح کلّی: از ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای که میتوان آن‌ها را صفحه تراش‌های کورس بلند نیز نامید در مواردی استفاده می‌شود که هدف براده برداری بشکل رندیدن و از روی قطعات کاری باشد که بعلّت دارابودن طول زیاد و یا بطور کلّی بزرگ بودن ابعادشان، قابلیت ماشینکاری را با صفحه تراش‌های کورس کوتاه معمولی، نداشته باشند. حرکت اصلی رفت و آمدی را در صفحهٔ تراش‌های دروازه‌ای، میز طویلش انجام میدهد و رنده یا رنده‌ها در رنده بندهای ویژه‌ای در بالای سطح کار در دروازه و یا پل ماشین، بصورتی ثابت قرار گرفته‌اند و میزی که کار مورد نظر بر رویش محکم شده است از زیر نوک ابزار عبور می‌کند و حرکت نسبی دلخواه را بین قطعه کار و ابزار، بوجود می‌آورد و حال آنکه در ماشین‌های صفحه تراش معمولی، ابزار نوسان کننده و کار نسبت به آن در لحظات براده‌برداری ساکن محسوب میگردد.

مجموعه رنده‌بندهای ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای را میتوان بر روی ریلشان در امتدادی که بتواند عرض کار را بپیماید می‌توانند با دست به حرکت درآورند یا برای آن بار خودکار جانبی را جهت ایجاد پهنای براده (s) ایجاد کنند. ریل بموازات پل دروازه را برای تنظیم ارتفاعش نسبت به سطح کار در امتداد قائم، روی ستون‌های عمودی طرفین دروازه بالا و پائین می‌برند و در ضمن رنده صفحه تراشی نیز همانند ماشین‌های صفحه تراش‌معمولی‌توانائی بار ــ دهی را برای ایجاد عمق براده (a) داراست.

میز در راهنماهای بدنه ماشین هدایت می‌شود و برای بستن قطعات کار بر روی آن از شیارهای متعددی که در تمامی طول میز نوسان کننده وجود دارند و دارای مقطع T هستند، با عبور دادن پیچهای متناسب و بکار بردن رویندهای محکم کننده استفاده می‌کنند و در مواردی که

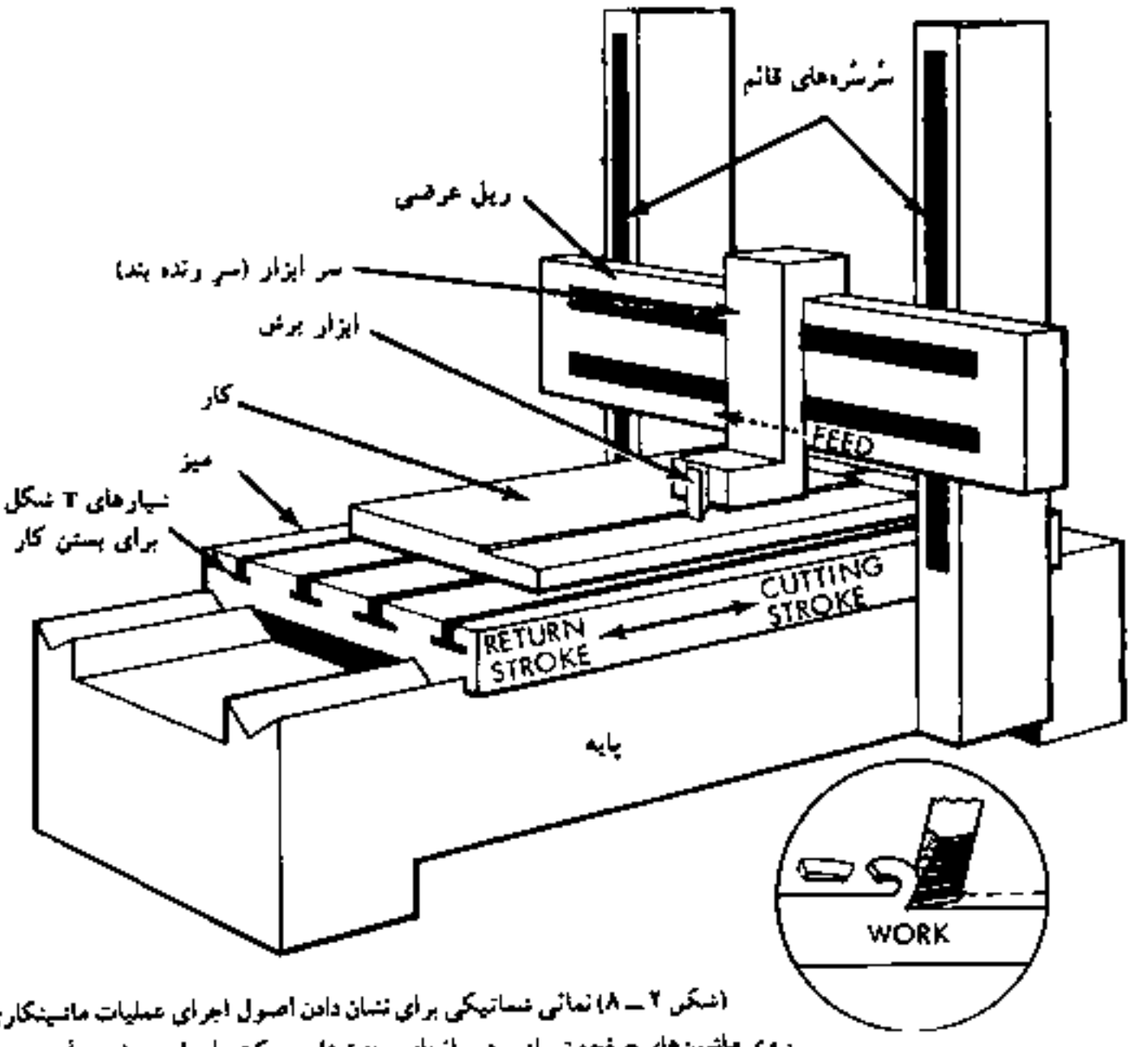
بخواهند سطوح کار خیلی بزرگی را رنده کنند، چون امکان تنظیم سرعت خطی میز به میزان دلخواه وجود دارد. حرکت را کندتر کرده و تعداد رنده‌ها را که گاهی اوقات به چهار عدد هم میرسد، افزایش میدهند.

ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای را بوسیله اندازه‌های اصلی زیر مشخص می‌سازند:

(۱) ــ حداکثر طول تراش یا مسیر حرکت میز ماشین که معمولاً ۱/۵ تا ۲۰ متر است.

(۲) ــ حداکثر پهنای تراش که حدود تغییرات آن میتواند ۰/۷ تا ۵ متر باشد.

(۳) ــ حداکثر ارتفاع کار از سطح میز ماشین که میتواند تا ۴/۵ متر هم برسد و از زیر دروازه ماشین عبور کند.

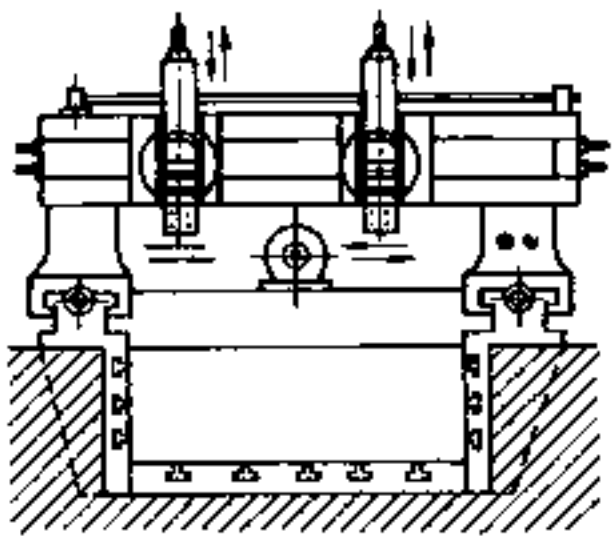


(شکل ۲ ــ ۸) نمائی شماتیکی برای نشان دادن اصول اجرای عملیات ماشینکاری بر روی ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای، جهت‌های حرکت اصلی رفت و آمدی و نیز راستای لغزش حمالهٔ رنده بندها بر روی ریل عرضی یا بُـل دروازه ماشین نمایانده شده است.

چون بر روی شکل اصلی امکان ترجمه بعضی از واژه‌ها وجود نداشت، بنابراین مفهوم چند واژه مزبور عبارتست از: (ضربه برشی Cutting Stroke) و (ضربه برگشت Return Stroke).

لازم به توضیح است که سایر مشخصات اصلی اینگونه ماشین‌های ابزار را در کاتالوگ‌های فنی آن‌ها ذکر می‌کنند و بسیاری از ظرفیت‌های کاریش را در آنجا قید می‌نمایند.

(شکل ۲ ــ ۸) و (شکل ۸ ــ ۸) نشان دهنده ابعاد بزرگ دو مدل مختلف از ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای یا کورس بلند میباشند.



صفحه تراش گودالی

(شکل ۲ ــ ۸) نمائی ساده برای نمایش جهات باردهی در ماشینهای صفحه تراش دروازه‌ای «نوع گودالی».

تفاوت‌های بین ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای و ماشین‌های صفحه تراش معمولی

این دو گروه از ماشین‌های فلزکاری که برای رندیدن سطوح کارهای معمولاً مسطح کاربرد عمومی دارند، از بسیاری جهات دارای مشابهت میباشند و اصولاً ابعاد بزرگ قطعات عظیم باعث شده که صفحه تراش‌های دروازه‌ای در صنعت پیدا شوند هر چند که صفحه تراش‌های کورس بلند را علاوه بر موارد استعمال اصلی فوق میتوان در شرایطی که تعداد زیادی از قطعه کارهای کوچک را بطور پشت سر هم بر روی میز طویلشان بسته باشند نیز در سری‌سازی بکار گرفت ولی با وجود وجوه مشترک فوق، تفاوت‌های فاحش زیر از نقطه نظر اصول ساختمان و روش عملکردشان دیده می‌شود که عبارتند از:

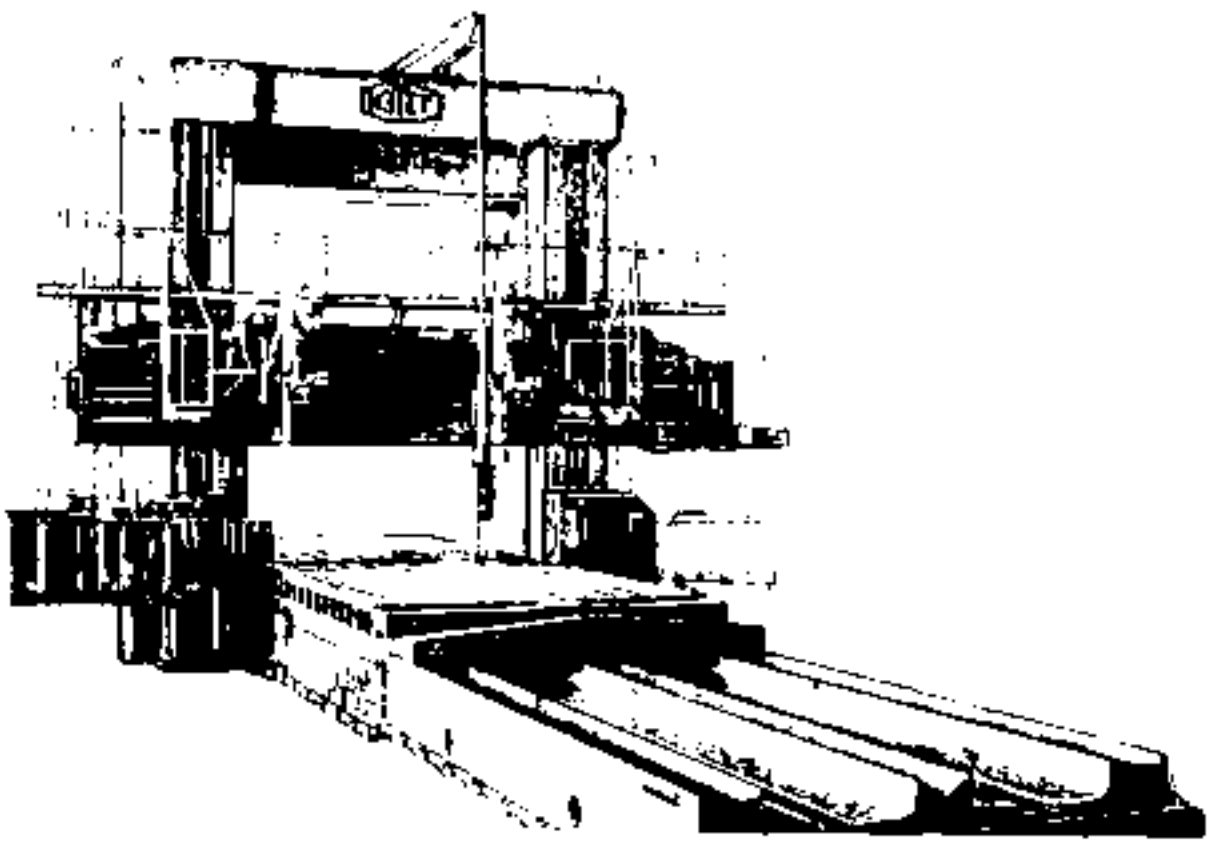
۱ ــ صفحه تراش دروازه‌ای بیشتر آمادگی تراشیدن سطوح قطعات بزرگ را داراست و حال آنکه در انواع معمولی فقط کارهای کوچک‌تر قابل رندیدن هستند و بعنوان مثال کورس ماکزیمم در یک صفحه تراش معمولی ممکن است تا ۷۰۰ میلیمتر برسد و در موارد خاص تا ۱۰۰۰ میلیمتر هم دیده شده، در صورتیکه صفحه تراش‌های دروازه‌ای اختصاصی خیلی بزرگ را جهت رندیدن کارهائی تا طول ۲۰ متر نیز ساخته‌اند.

۲ ــ در صفحه تراش دروازه‌ای کار بسته شده به میز همراه با آن نوسان می‌کند و رنده یا رنده‌های فلز تراشی در لحظات برادە برداری، نسبت به آن ثابت میباشند ولی در صفحه تراش معمولی رنده نوسان کرده و در حین ماشینکاری، قطعه کار ثابت باقی مانده و بدین ترتیب حرکات نسبی کار و ابزار در آن‌ها عکس یکدیگر خواهد بود.

۳ ــ در صفحه تراش دروازه‌ای، حرکت باری و سمتی را رنده متصل به رنده بند داراست امّا در ماشین‌های رنده‌کاری عادی، میزکار با جهش‌های عرضی خودکار، بازاء هر کورس مضاعف، بار جنبی را ایجاد می‌نماید.

۴ ــ در هر دوی این ماسین‌ها، حرکت اصلی رفت و آمدی می‌تواند با استفاده از سیستم‌های مشترکی مانند دنده‌ای و یا هیدرولیکی شکل گرفته باشد، لیکن مکانیزم لنگ را نمی‌توان برای صفحه تراش‌های کورس بلند بکار گرفت و ضمناً تفاوت سرعت در کورس رفت و برگشت در ماشین‌های صفحه تراش کورس کوتاه بهمین دلیل میتواند خیلی زیادتر باشد.

۵ ــ بسیاری از صفحه تراش‌های دروازه‌ای از اینکه میزشان در اندک زمان به سرعت ثابت و یکنواختی میرسد قابل تمیز دادن از نوع کورس کوتاه هستند.



(شکل ۴ ــ ۸) نمای ظاهری یک نوع ماشین «صفحه تراش دروازه‌ای دو خانه‌ای یا دوقابه یا دو ستونه» که دارای دو دستگاه رنده‌بند بوده، تعداد ریل‌های زیر میز یا روی بسترش افزایش یافته و کارهائی تا وزن «۲۰۰ تن» را می‌تواند ماشینکاری کند. حداکثر طول کار قابل رندیدن یا صفحه تراشی شدن با آن «۱۵ متر»، عرض ماکزیمم کار «۴ متر» و ارتفاع ماکزیمم کار از سطح میزش «۳/۹۰ متر» در جدول مشخصات فنی آن ذکر گردیده است.

تقسیم‌بندی انواع ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای

ماشین‌های صفحه تراش کورس بلند را از جنبه‌های مختلف وابسته به ساختمان عمومیشان میتوان شامل پنج نوع عمده زیر دانست که عبارتند از:

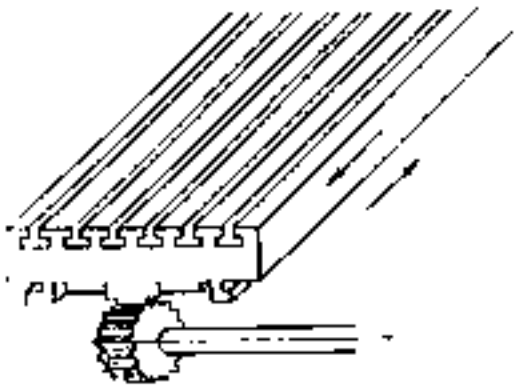
۱ ــ ماشین صفحه تراش دروازه‌ای «دو ستونه» یا «دو قابه» یا «دو خانه‌ای» مانند (شکل ۴ ــ ۸) و (شکل ۷ ــ ۸) و (شکل ۸ ــ ۸).

۲ ــ ماشین صفحه تراش دروازه‌ای «بغل باز» مانند (شکل ۱۰ ــ ۸).

۳ ــ ماشین صفحه تراش دروازه‌ای «انیورسال» (که در هر دو کورس میز، برداده برداری می‌کند).

۴ ــ ماشین صفحه تراش دروازه‌ای نوع «چاله‌ای» یا «گودالی» مانند (شکل ۳ ــ ۸).

۵ ــ ماشین صفحه تراش کورس بلند (حالت دروازه‌ای ندارد) «لبه تراش» یا «ورق تراش» مانند (شکل ۹ ــ ۸).

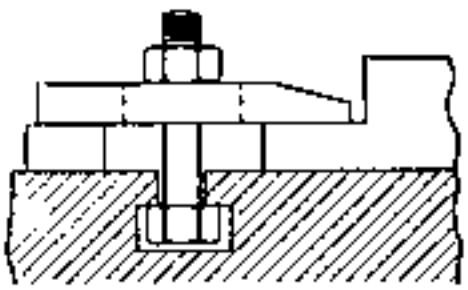


(شکل ۵ ــ ۸) شکل ساده‌ای برای نمایش چگونگی تأمین حرکت اصلی میز ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای با روش مکانیکی و بهره‌گیری از چرخ دندهٔ شانه‌ای درگیر شونده با آن.

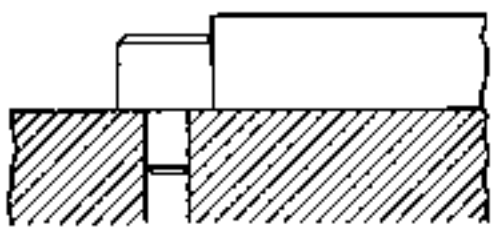
بستن کار بر روی ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای

بستن صحیح قطعات کار و زبن و با ابعاد بزرگ بر روی ماشین‌های رنده کورس بلندی که در قسمت‌های قبل بدانها اشاره شد، حائز اهمیت زیادی است، زیرا در مرحله نخست باید طوری مستقر شوند که بتوانند علاوه بر تحمل نیروهای زیاد تراشکاری، نیروهای عظیمی را که در اثر تغییرات سرعت میز بویژه در دو انتهای ماشین بوجود می‌آیند و در واقع نیروهای اینرسی را تشکیل میدهند، تحمل کنند و از میز کار جدا نشوند و در مرحله دوم بایستی ترتیبی اتخاذ شده باشد که زمان‌های باز و بسته کردن چنین کارهائی که معمولاً میتواند طولانی هم باشد، تقلیل پیدا کند و برای این منظور از گیره‌های مخصوصی که سریع عمل می‌کنند استفاده خواهند کرد و با نصب آن‌ها، کاملاً کار را مهار می‌کنند ولی همواره بایستی در مدّ نظر داشته باشند که نبایستی با بیش از اندازه محکم کردن قطعه کار، موجبات تغییر شکل میز را فراهم‌کنند.(شکل‌های۶ــ ۸)نشان دهنده

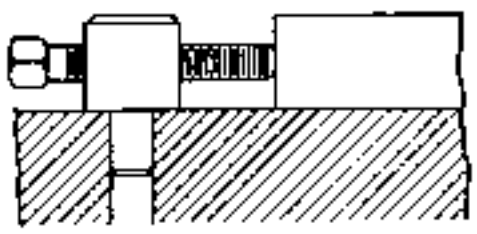
جند طرح ساده و مطمئن برای بستن کار به میز ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای میباشند.



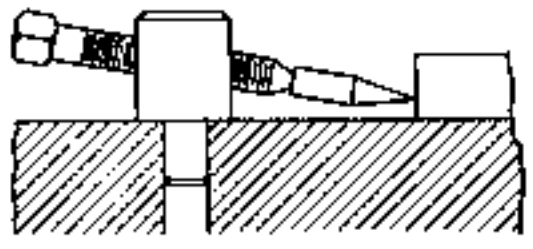
تسمه نگهدارنده (یا تسمه رونده)



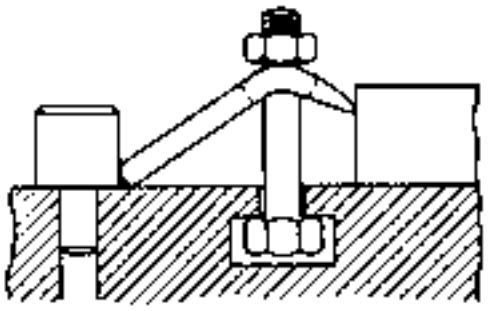
بین توقف انتهائی



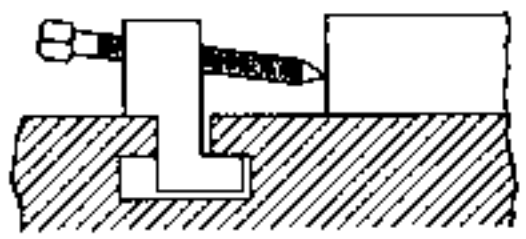
بیج توقف قابل تنظیم



بیج سطح شیبدار با نگهدارنده انگشتی (یا پنجه‌ای)



بیج سطح شیبدار برای شیارهای T فرم



انبرک (یا گیره) فشاری

(شکل ۶ ــ ۸) شکل‌های شماتیکی روش‌های نگهداری کار روی میز ماشین‌های درنده‌کاری.

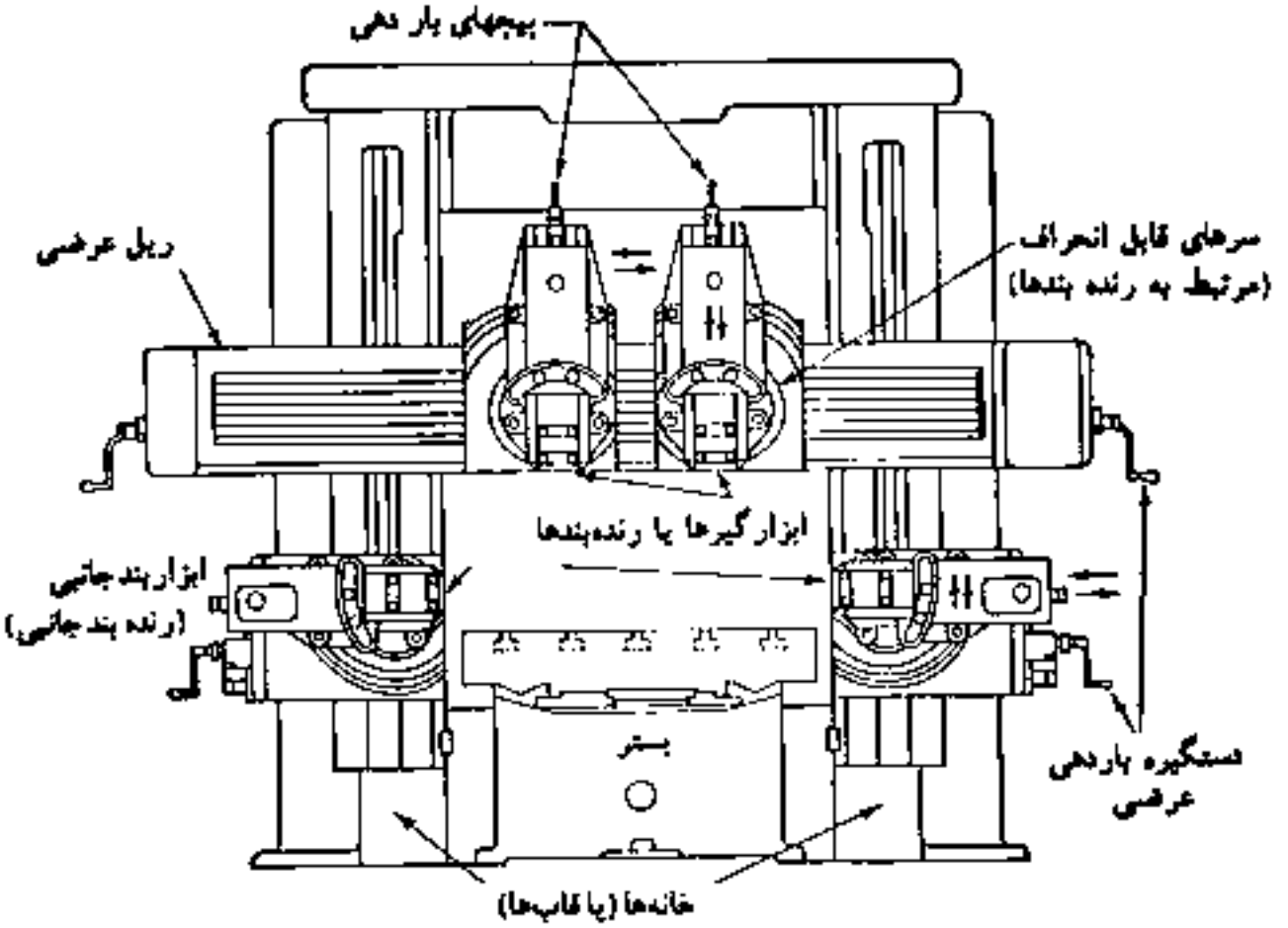
طرق مختلف تهیه حرکت اصلی رفت و آمدی برای میز ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای

برای بدست آوردن خواسته فوق، روش‌های گوناگونی متداول بوده و هست که در تمامی آنها بایستی حرکت میز سریع و در عین حال آرام باشد و اهمّ آنها عبارتند از:

۱ ــ استفاده از «تسمه‌های بازو صلیبی» با تسمه عوض کن مکانیکی یا مغناطیسی (که در صفحه تراش‌های دروازه‌ای قدیمی‌تر کاربرد داشته و اینک منسوخ شده و بکار برده نمی‌شود).

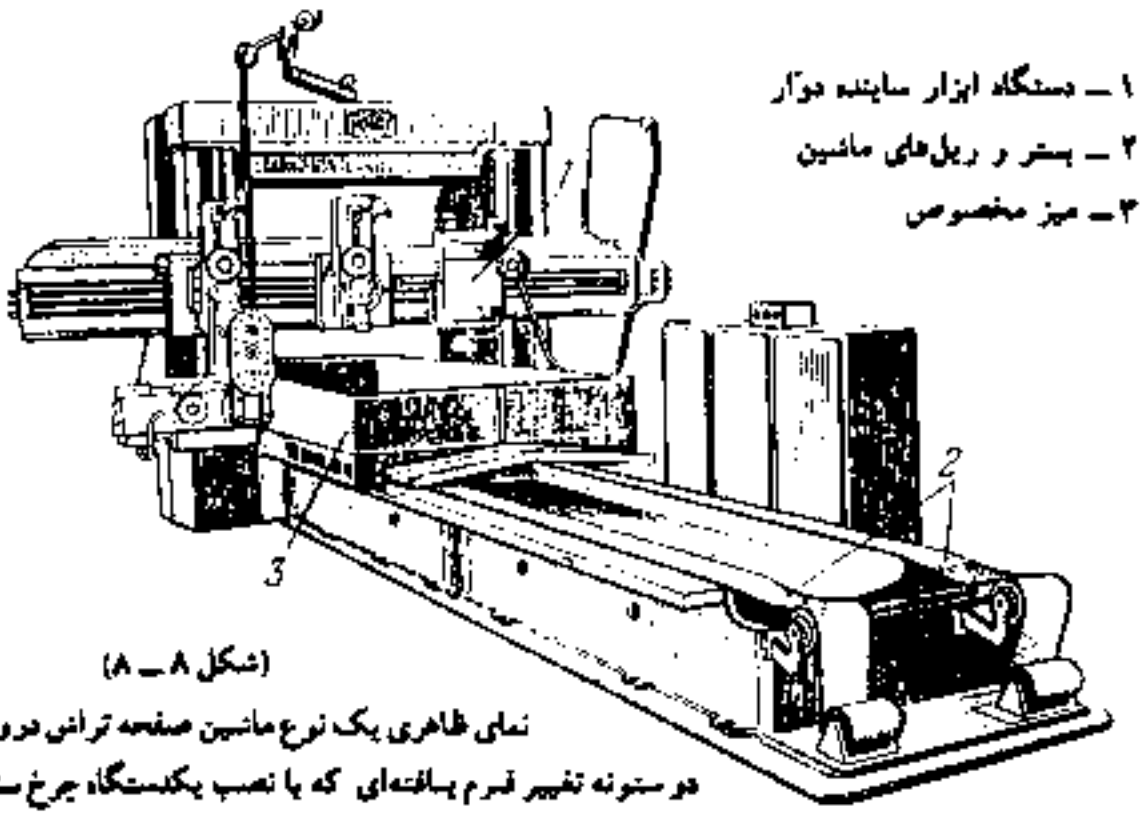
۲ ــ استفاده از جعبه دنده با کلاچ یا پیوست «دو طرفه الکترو مغناطیسی».

۳ ــ بکار بردن مکانیزم چرخدنده درگیر با «دنده شانه‌ای» متصل به میز جهت تبدیل حرکت دورانی به خطی با استفاده از موتور محرّکه الکتریکی از نوع جریان مستقیم، که در انتهای



(شکل ۷ــ۸) نمائی شماتیکی برای نشان دادن حرکت اصلی و حرکات باردهی ماشین‌های صفحه تراش دروازه‌ای نوع «دو خانه‌ای یا دو قابه» که دارای ۴ مجموعه رنده‌بند میباشند (دو تا در بالای کار و دو تای دیگر هم از طرفین بکار اعمال میشوند). (توجه: ماشین فوق دارای «میز دو طرفه Reciprocating Table» یا رفت و آمدی میباشد).

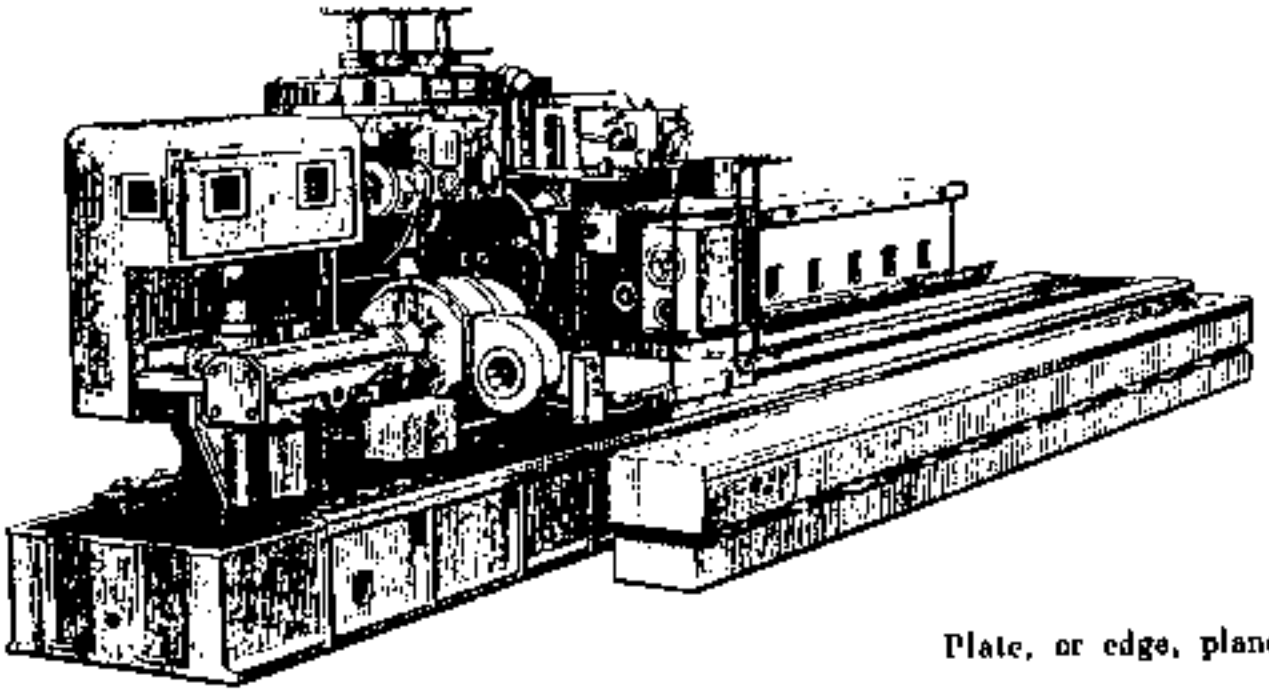
۱ ــ دستگاه ابزار ساینده دوّار
۲ ــ بستر و ریل‌های ماشین
۳ ــ میز مخصوص



(شکل ۸ ــ ۸)

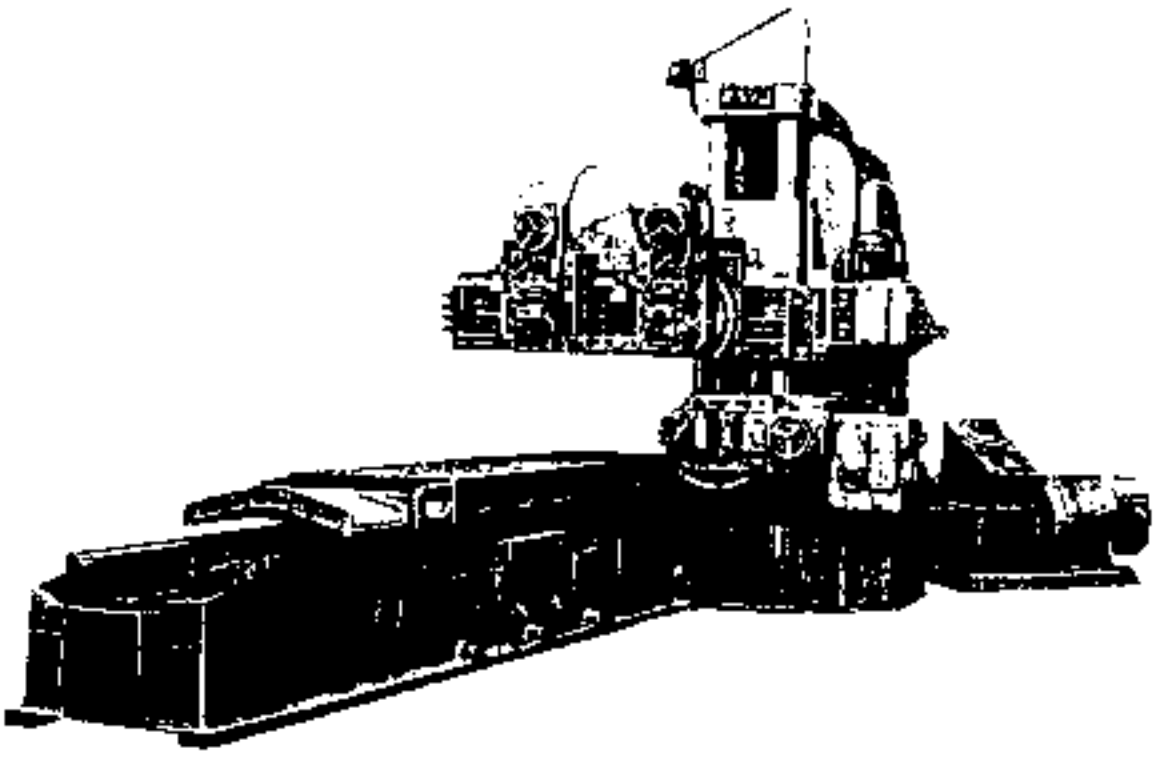
نمای ظاهری یک نوع ماشین صفحه تراش دروازه‌ای دو قابه یا دو ستونه تغییر قدم یافته‌ای که با نصب یکدستگاه چرخ سنباده و تجهیزات ضمیمه مبدل به «ماشین کف سای دروازه‌ای» شده و جهت جلوگیری از صدمه رساندن ذرات ساینده جدا شده در حین ماشینکاری ساینی، به ریل‌های ماشین، میز به شکل مطلوبی طراحی گردیده است.

کورس‌ها خاموش شده و با تغییر سوی جریان برق، الکترو موتور هم جهت چرخش محورش معکوس شده و مجموعه مکانیزم مزبور که در حدّ فاصل الکترو موتور و دنده محرک میله دنده شده نیز یک جعبه دنده کاهنده قرار گرفته است و در میان طرق مکانیکی، این روش متناسب‌تر میباشد. (شکل ۵ ــ ۸) نمای ساده شده این طریقه را نشان میدهد.



Plate, or edge, planer

(شکل ۹ ــ ۸) ماشین صفحه تراش دروازه‌ای «ورق تراش» یا «لبه تراش»



(شکل ۱۰ ــ ۸) شکل حقیقی یک مدل ماشین صفحه تراش دروازه‌ای نوع بغل بازه که دارای ۲ ابزار بند عمودی و یک ابزاربند یا رنده‌بند بغل تراش میباشد. ابعاد اصلی کار قابل صفحه تراشی بر روی میز آن بر حسب متر =۰/۹ × ۱ × ۳ وزن کلی کار ۹/۵ تن (بازاء هر متر از طول مفید میز ۱/۵ تن).

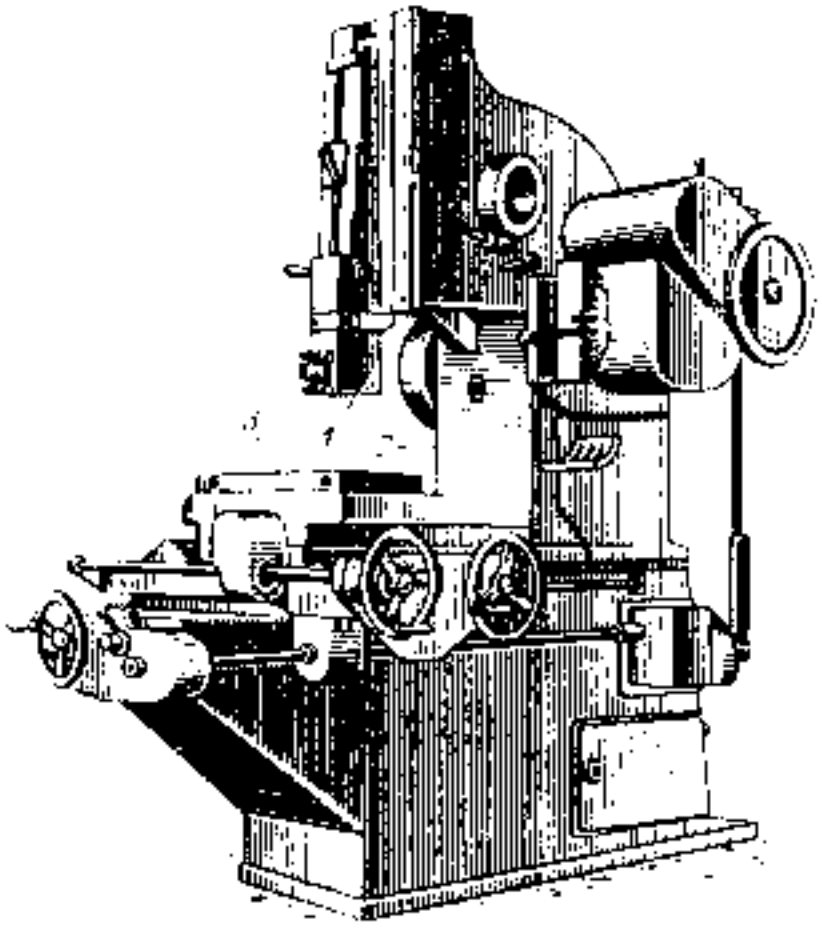
۴ ــ روش هیدرولیکی که بهترین سیستم ایجاد حرکت نوسانی میز صفحه تراش‌های دروازه‌ای عظیم محسوب می‌گردد، که در هر کورس با تعویض جهت اعمال فشار روغن به پیستون مرتبط به میز، راستای رانش میز هم عوض می‌شود و چون ماشین مجهّز به وسائل تغییر دهنده فشار هیدرولیکی میباشد، لذا تنظیم کردن دقیق سرعت‌های مطلوب امکان‌پذیر است.

۳ ــ ماشین‌های صفحه تراش «عمودی» یا «کلّه‌زنی» یا «شیار تراش»

Vertical Shapers or «Slotters»

شرح کلی: در این دسته از ماشین‌های ابزار که حرکت نسبی بین کار و ابزار از نوع نوسانی یا رفت و آمدی است، مجموعهٔ رنده بند یا کشاب ماشین در امتداد قائم، حرکت اصلی را انجام میدهد و چون اغلب عمل رندیدن در چنین راستائی صورت می‌گیرد، لذا آنها را «صفحه تراش عمودی» نامیده‌اند ولی در اصطلاحات کارگاهی همان نام عامیانه یعنی «ماشین کلّه زنی» را برایشان انتخاب می‌کنند، در حالی که نام خلاصه شده‌اش در زبان انگلیسی (Slotter) به مفهوم «شیار تراش» میباشد.

عمل کلّه زنی برای در آوردنِ شکاف‌های داخلی در قطعات کار و نیز ایجاد دندانه‌های



(شکل ۱۱ ــ ۸) شکل شماتیکی ماشین «کلّه‌زنی» ۱ ــ کشاب ۲ ــ بدنه ماشین ۳ ــ میز کار

درونی و یا شیارها و فرورفتگی‌های خاص از سری اعمال اصلی قابل اجرا بوسیله ماشین‌های صفحه تراش عمودی محسوب می‌گردد. چون سرعت عمل ماشینهای کلّه‌زنی نسبتاً کم است، لذا در سری سازی یا تولید انبوه مقرون به صرفه‌تر آنست که ماشین‌های خان‌کشی را جایگزین آن سازند، ولی همچنان ماشینهای مزبور دارای موارد مصرف کارگاهی بویژه در تک سازی و کارهای تعمیراتی میباشند و نیز جهت ساخت شیارهای داخلی و بعضی از قسمت‌های سطوح خارجی انواع قالب سازیها کاربرد دارند.

نوع خاصی از ماشین‌های کلّه زنی را به نحوی آماده می‌کنند که دارای تسلّط خیلی زیادی برای تراشیدن جاخارها در داخل چرخدنده‌های مختلف، و نیز «پولی‌ها یا قرقره‌ها» و «چرخ طیارها یا فلایویل‌ها Flywheels» باشند (شکل ۱۱ ـ ۸) نمایانگر یک مدل از ماشین‌های صفحه تراش عمودی است.

اصول ساختمان و طرز کار با «ماشین‌های کلّه‌زنی عمودی»

در این ماشین‌ها، ابتدا کار مورد نظر را به شکل مناسبی روی ماشین می‌بندند، طوری که مسیرهائی که هدف صفحه تراشی آنها در امتداد قائم است، در راستای «کشاب یا کشوی افزار» آن قرار گیرد و در مواردی که بخواهند شیاری سرتاسری در قطعه‌ای مثلاً سوراخ داخل چرخ دنده‌ها یعنی «جاخار» بوجود آورند، میبایستی کار را برجسته‌تر و بعبارت دیگر، بدون چسبیدن مستقیم به میز، نصب نمایند و مقداری زیر آن را خالی کنند، که در واقع همین فاصله، تشکیل دهنده «پس رو طولی» برای رنده تراشکاری ماشین محسوب خواهد شد. قبل از شروع بکار لازمست اطمینان حاصل نمایند که ابزار مسیر دلخواه را می‌پیماید و در جائی گیر نمی‌کند، که البته برای این منظور ماشین را بدون روشن کردن، در حالت خلاص قرار میدهند و با بالا و پائین بردن کشاب با فرمان دستی، از تنظیم بودن وضعیت کلّه‌زنی عمودی مطمئن میگردند.

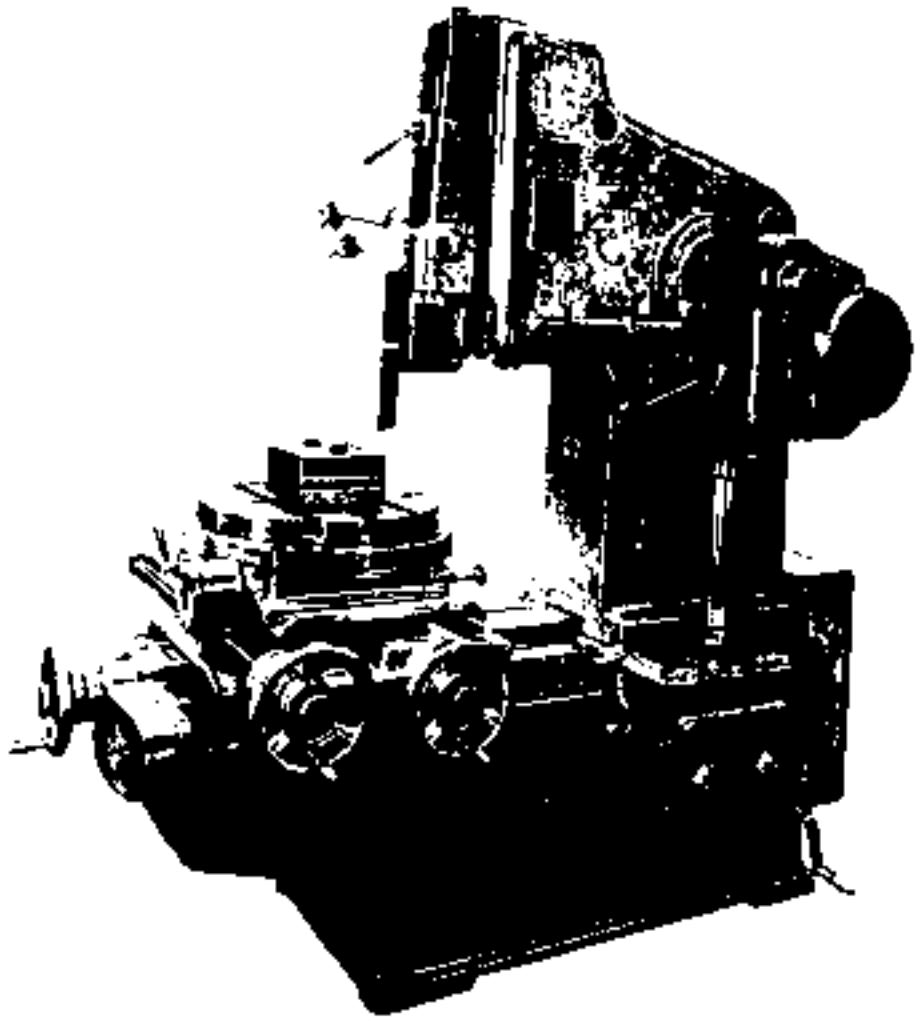
میزی که کار بدان متصل است، مجموعاً در دو جهت عمود بر هم قابلیت تحرک را دارد و در انواع کوچک‌تر، سوپرت حرکت ارتفاعی هم برایش در طراحی ماشین در نظر میگیرند، ولی یکی از مشخصات ظاهری و مهّم ماشین‌های صفحه تراش قائم، وجود «میزی دوّار» در فوقانی‌ترین قسمت زیر رنده‌بند میباشد که امکان چرخیدن تا ۳۶۰° با دست را دارد و لذا با چرخانیدن دستگیره‌ای که خواسته فوق را تأمین می‌کند چرخش کار تحت هر زاویه‌ای ممکن خواهد بود.

میز دوّار ماشین‌های کلّه‌زنی در بعضی از مدل‌ها چرخش خود را از طریق یک جعبه دنده کاهنده مرتبط به یک الکترو موتور مستقل دریافت میدارد. تمامی حرکاتی که به آنها اشاره شد شرایط قرارگیری دقیق رنده‌بند نوسانی در خطّ فلز تراشی را، فراهم میسازند.

طول کورس کشوی رفت و آمدی ماشین‌های صفحه تراش مکانیکی، با تنظیم کردنِ مکانیزم «لنگ» آن و تقریباً همانند آنچه که در ماشین‌های صفحه تراش افقی و معمولی متداول است، تحقق می‌یابد و البته حرکت برگشت رنده که کورسی است بدونِ عملِ براده برداری، میبایست سریع‌تر انجام گیرد تا زمانِ تلف شده تنزّل پیدا کند.

ضمناً در مواردی که بخواهند شیاری مایل در داخل و یا سطوح خارجی قطعات کار ایجاد کنند، امکان کج کردن کشاب (تا حدود ۱۵°) نسبت‌به خطّ قائم هم دراغلب ماشین‌های کلّه‌زنی عمودی پیش‌بینی شده است.

یکی از پارامترهای مشخص کننده ظرفیتِ کاری ماشین‌های کلّه‌زنی عمودی، مقدار ماکزیمم طول کورسِ ضربه کشاب یا کوبه قائم آن میباشد که در انواع معمولیش تا ۲۰۰ میلیمتر میرسد و البته مقدار می‌نیمم پارامتر فوق‌الذکر را هم در جدول مشخصات فنی ماشین قید می‌کنند. قطر میز دوّار و نیز حداکثر حرکت طولی و عرضی میزهای انتقال دهنده میز فوقانی در جهات عمود بر هم نیز از جمله خصوصیات قابل ذکر ماشین‌های کلّه‌زنی محسوب میگردند.

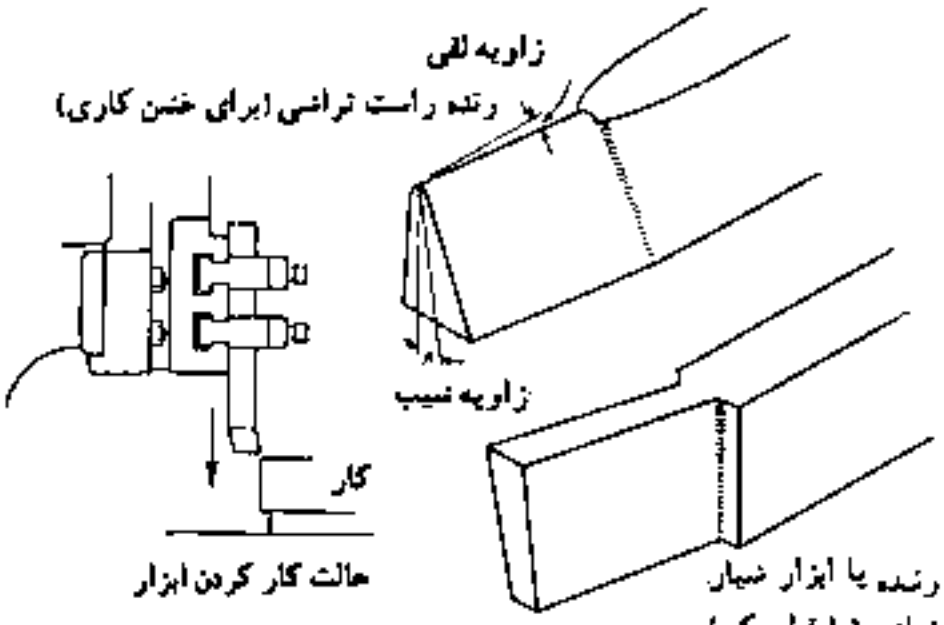


(شکل ۱۲ــ۸) نمای ظاهری یک مدل ماشین «کلّه‌زنی» مدرن یا صفحه تراش عمودی (یا جاخارتراش) که طول کورس ضربه آن در حالت ماکزیمم ۲۰۰ میلیمتر و قطر میز دوارش ۵۰۰ میلیمتر میباشد، و تعداد کورس مضاعف بر هر دقیقه کشاب آن (با مراجعه به جدول مشخصات فنی آن) ردیفی برابر: ۴۰، ۶۴، ۱۰۲ و ۱۶۳ را دارا بوده است.

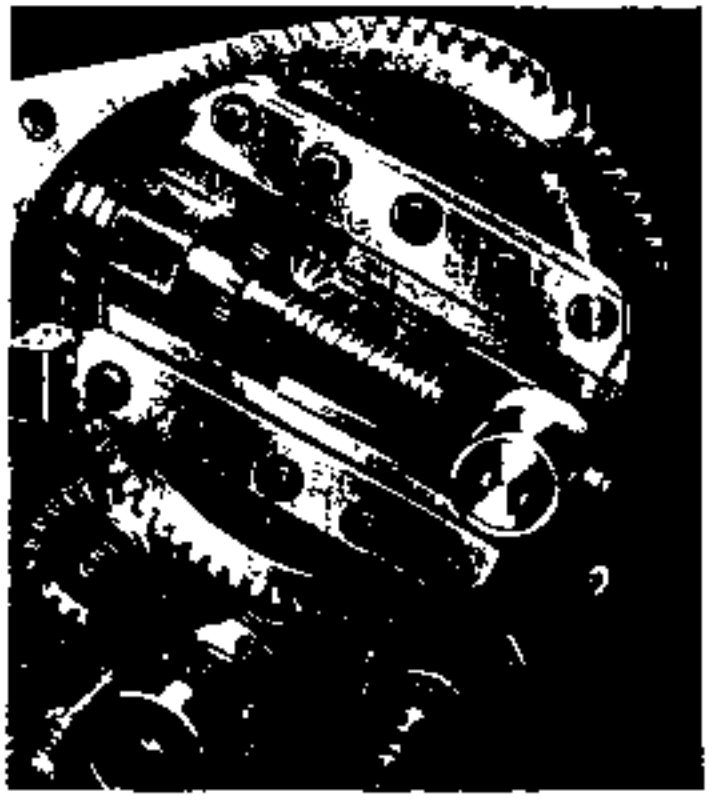
لازم به توضیح است که در پاره‌ای از ماشین‌های کله‌زنی عمودی، طول کورس ضربه تا ۱۶۰۰ میلیمتر و قطر میز دوّاری تا همین حدود هم رسانیده شده است ولی چنانچه بخواهند تا این حدّ کورس کار را بلند انتخاب کنند، ماشین کلّه‌زنی بجای آنکه حرکت اصلیش مکانیکی، یعنی با بهره‌گیری از سیستم لنگ و «تنظیم سنگ خارج از مرکز» آن باشد، مبدّل به سیستم هیدرولیکی خواهد شد که در این صورت، ماشین نرم‌تر و با ارتعاش کمتری کار خواهد کرد.

ابزارهای کلّه‌زنی عمودی «Slotter Tools»

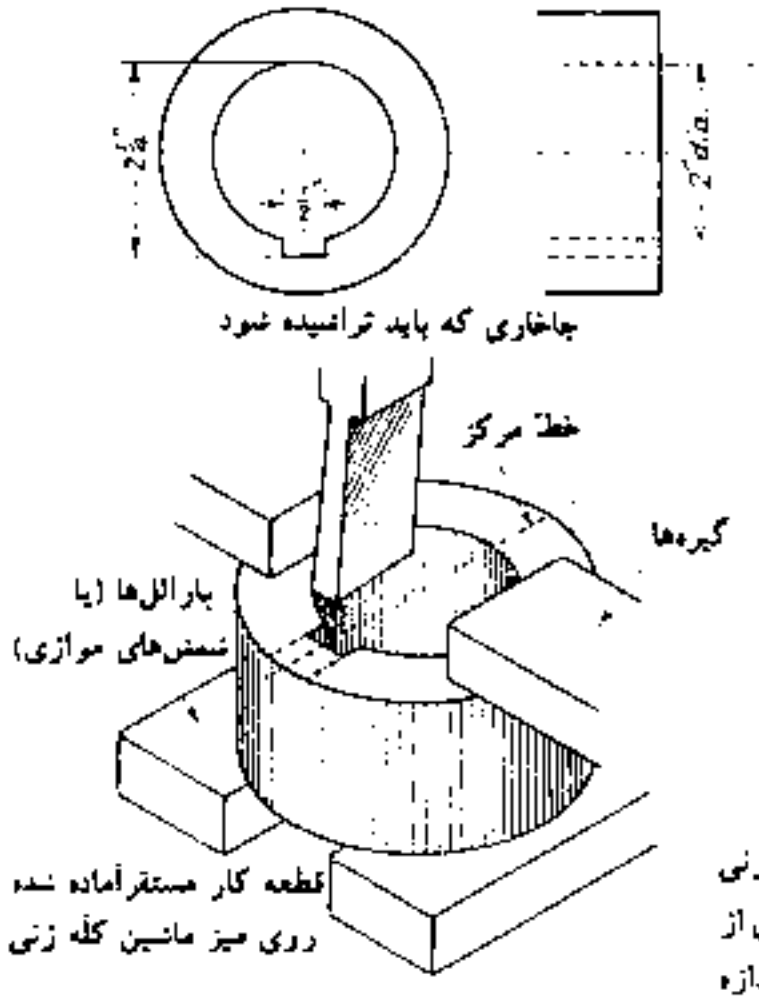
برای انجام عملیات صفحه‌تراشی عمودی و یا شیارتراشی، از رنده‌ای بدون رنده بند



(شکل ۱۳ ــ ۸)
شکل‌های شماتیکی ابزارهای کلّه‌زنی عمودی یا صفحه‌تراشی قائم.
(a) ــ سمت چپ جهت حرکت اصلی ابزار
(b) ــ سمت راست ابزارهای شیارتراشی



(شکل ۱۴ ــ ۸) شکلی جهت نشان دادن مکانیزم دنده لنگ بوجود آورنده حرکت اصلی رفت و آمدی یا نوسانی کشاب ماشین‌های کلّه‌زنی. سنگ تنظیم کورس در شیار دنده بزرگ جابجا میگردد.

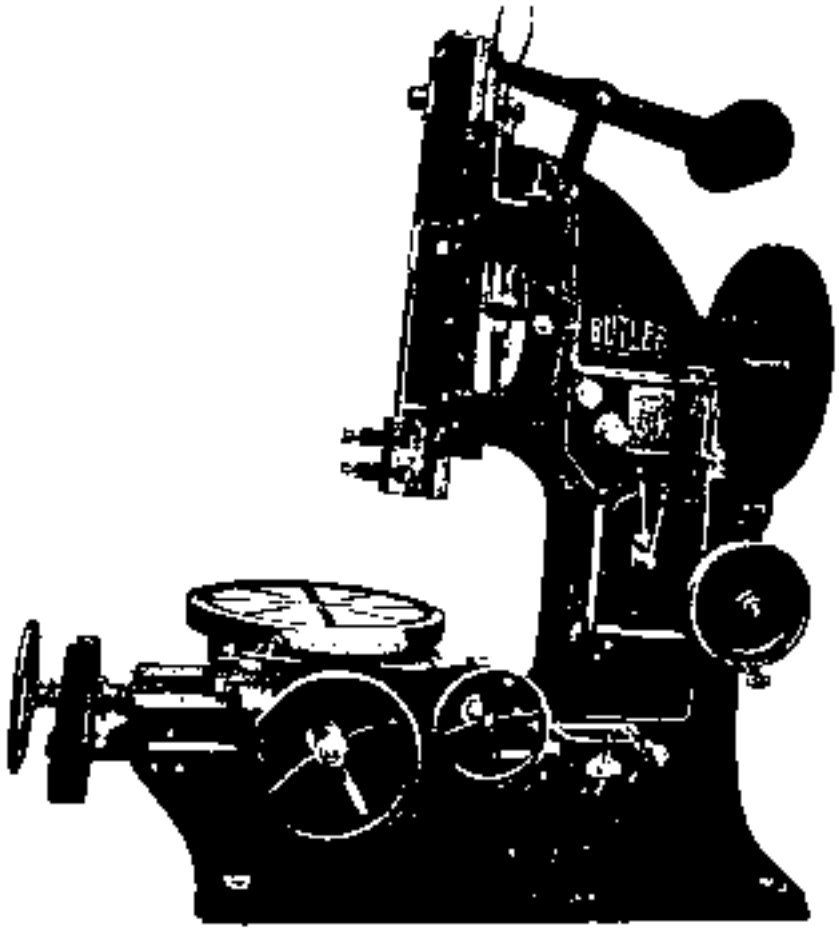


(شکل ۱۵ ــ ۸) شکل شماتیکی برای نشان دادن نحوه تراشیدن یک «سیار جاخار» در بوش. (اندازه‌ها برحسب اینچ میباشند).

(a) ــ شکل بالاتر، نقشه قطعه کار

(b) ــ شکل پائین‌تر، کارمستقرشده برای کله‌زنی

«لازم به تذکر است که چون کتابی که شکل فوق از آن تهیه شده است، چاپ انگلستان بوده‌است، لذا اندازه نقشه کار برحسب اینچ میباشد».



(شکل ۱۶ ــ ۸) یک ماشین جاخار تراش با کله‌زنی عمودی مکانیکی با وزنه‌ای متعادل کننده که دارای طول کورس ضربه‌ای در حدود ۳۰۰ mm (معادل ۱۲ اینچ) میباشد.

معمولی و یا تیغچه رنده‌ای که در ابزاربندهای ویژه‌ای محکم می‌شوند استفاده می‌کنند.

رنده‌های کلّه‌زنی نیز همانند سایر ابزارهای تراشکاری میبایست زوایای اصلیشان مانند: زاویه آزاد، زاویه گوه و زاویه براده و همچنین قرار گرفتن لبه‌ها نسبت به جنس کار و شرایط براده‌برداری بوجود آمده باشد. در شکل‌های ۱۳ ـ ۸ طرز عمل این ابزارها و نیز رنده جاخارتراشی نشان داده شده است.

۴ ـ ماشین‌های «خان‌کشی» «Broaching Machines»

تعریف خان‌کشی و شرح کلّی کاربردهای آن: خان‌کشی به عملیات براده‌برداری خاصّی گفته میشود که بوسیله ابزارهائی بنام «تیغه‌ها یا سوزن‌های خان‌کشی» که دارای دندانه‌های بُرنده متوالی و با اندازه‌هائی در حال افزایشند اجراء شوند وابزار تراش اجباراً از مسیر معینی که برایش در نظر گرفته‌اند گذشته و با یک بار عبور، قطعه‌کار ساخته شود.

بنابراین تولید مصنوعات در این روش ماشینکاری با یک کورس کار باتمام میرسد و پس از آنکه آخرین دندانه تیغه خان‌کشی تماسش با کار قطع شد، عمل خان‌کشی هم خاتمه یافته است.

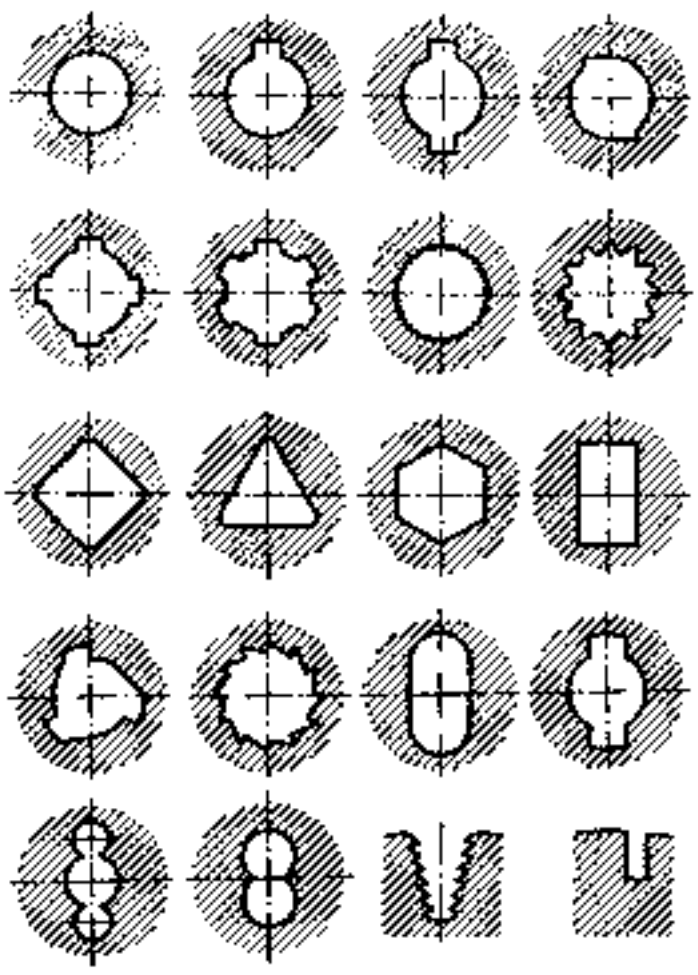
در بسیاری از ماشین‌های خان‌کشی کار ساکن است و ابزار حرکت خطی و سایر حرکات لازمه را داراست ولی مواردی هم وجود دارد که کار را متحرّک و ابزار را نسبت به آن ثابت اختیار کرده و بهمان نتایج دسترسی پیدا می‌کنند. اگر چه تکنولوژی بکارگیری خان‌کشی را از سالیان پیش شناخته بودند ولی تولید و ساخت قطعات کار با آنها فقط در سالهای اخیر موفقیت‌آمیز بوده است.

اولین موارد استعمال این سیستم براده‌برداری، برای خان‌کشی داخلی سوراخها و جاخارها بود و پس از آن در خان‌کشی‌های خارجی هم، همردیف با انواع داخلی با طرّاحی و ساخت ابزارها و ماشین‌های ویژه، پیشرفتهای شایانی بوجود آمد و اینک یکی از پرثمرترین ماشین‌های «تولید انبوه» را در قطعه‌سازی تشکیل میدهند. ولی باید دانست که هنوز هم بعلّت مشکل بودن ساختن خود سوزن یا ابزار خان‌کشی و نیز گرانی فولادهای سازنده آنها، از لحاظ کاربردهای تک‌سازی برایش محدودیت وجود دارد و مقرون به صرفه‌تر آنست که در تولیدات سری از آنها استفاده کنند.

کارهای قابل ساخت با روش خان‌کشی، اعم از اینکه خان‌کشی با روش داخلی و یا خارجی صورت گرفته باشد، بسیار متنوع خواهد بود و در واقع برای هر کار میبایست سوزن‌ـ خان‌کشی ویژه‌ای بسازند و برای جلوگیری از افزایش بی‌رویه این گوناگونی، سعی می‌کنند کار را با یک قواره‌بندی عمومی طرّاحی کنند تا بتوانند استانداردهائی را هم برای ساختن تیغه‌های خان‌کشی رعایت نمایند.

برای شکل مقطع سوزن‌های خان‌کشی محدودیت چندانی نمی‌تواند وجود داشته باشد (با توجه به شکل‌های (۱۷ ــ ۸) که نمودار این واقعیت میباشند) و به هنگام اجرای عملیات خان‌کشی داخلی، لازمست قبلاً کار را با عمل مته‌کاری یا روش مناسب دیگری سوراخ کنندتابتوانندسوزن‌ـ خان‌کشی را از میان آن عبور دهند. لازم به توضیح است که ممکن است سوراخ گذاشتن تیغه ـ خان‌کشی از کار را در قطعات ریخته‌گری شده با ماهیچه‌گذاری ایجاد کرده باشند و در موقع ماشینکاری با دستگاههای فلزتراش فوق نیازی به سوراخکاری نباشد.

چنانچه ماشین قدرت کافی را داشته و ابزار هم از استحکام خوبی برخوردار باشد، با ایجاد حرکت نسبی ساده‌ای بین کار و ابزار، در شرایطی که قطعه کار را نگهدارندهٔ مخصوصی محکم در بر گرفته است، خان‌کشی اجراء می‌شود و چون عملیات خان‌کشی همراه با اصطکاک زیاد و در نتیجه تولید گرمای بالائی میباشند، لازم است از مایعات و روغن‌های خنک‌کاری مناسبی هم استفاده کنند تا مخصوصاً به سوزن‌های خان‌کشی گران قیمت صدمه‌ای نرسد.



(شکل ۱۷ــ۸) ــ نمونه‌هائی از شکل‌های خان‌کشی‌شده

ساختمان و طرز عمل دندانه‌های سوزن‌های خان‌کشی

ساختمان عمومی ابزارهای خان‌کشی که در اصطلاحات کارگاهی به آن «سوزن خان‌کشی» میگویند، طوری است که دندانه‌هایشان میبایست تدریجاً تغییر ابعاد دهند، گامشان ثابت باقی مانده ولی ارتفاع براده برداریشان روی روال صحیحی متغیّر باشد، به نحوی که در انتهای تیغ، بزرگی و

فرم پروفیل مورد نظر را پیدا کنند. (شکل ۱۸ ــ ۸ در صفحات بعد. شیبدار بودن دندانه‌های برنده ابزارهای خان‌کشی را نشان میدهد).

با بررسی وضع ظاهری هر سوزن خان‌کشی قسمت‌های متمایز زیر بر روی آن به چشم میخورد که عبارتند از:

(۱) ــ ساقه (**Shank**): که این قسمت را جهت بستن تیغه به کشوی، کشش ماشین در آن بوجود آورده‌اند.

(۲) ــ راهنمای جلوئی (**Front Pilot**): این بخش از تیغه میبایست قطر مناسبی را برای عبور آزاد از سوراخ تعبیه شده از قبل در کار را دارا باشد و میزان لقی آن نباید به اندازه‌ای باشد که اعواج یا کج شدن مسیر تراش را سبب شود. با مراجعه به جدول انطباقات، اندازه دقیق این ناحیه قابل تعیین شدن میباشد.

(۳) ــ دندانه‌های برنده (**Cutting Teeth**): که بنوبه خود از دو بخش مجزّای «خشن تراش» و «نیمه پرداخت تراش» تشکیل گردیده است.

(۴) ــ دندانه‌های تراش نهائی (**Finishing Teeth**): که در این قسمت اختلاف ارتفاع فاحشی در بین دندانه‌های سوزن خان‌کشی مشاهده نمی‌گردد و ضمناً تعداد دندانه‌های بخش تراشنده نهائی چند عدد هم بیشتر نخواهند بود.

(۵) ــ راهنمای انتهائی (**Rear Pilot**): قسمتی از ابزار خان‌کشی محسوب می‌شود که وظیفه‌اش آرام گذاردن سوزن، در پایان برادهبرداری میباشد.

(۶) ــ دنباله یا زائده انتهائی (**Follow Rest**): که ناحیه‌ای خواهد بود برای متصل ساختن ابزار خان‌کشی به مکانیزم ایجاد کنندهٔ حرکت اصلی کششی یا هل دادنی ماشین خان‌کشی.

اختلاف ارتفاع دو دونده پی در پی در طولی از تیغ که دندانه‌های برنده دارد، تقریباً از .۰/۱۲ mm الی .۰/۰۲ mm است، لیکن در قسمت دوّم تیغ که معمولاً چهار تا شش دندانه در آن بوجود آمده، تفاوت ارتفاع محسوسی ندارند. قسمت گیرنده سوزن، همانطور که در فوق بدان اشاره شد، معمولاً با ضربه ملایمی میبایست در داخل سوراخ کار جا بیفتد و خود عاملی میشود برای هم مرکز نگهداشته شدن کار و ابزار خان‌کشی، و برای جلوگیری از تغییر فرم نابجای سوزن‌های خان‌کشی بلند. قسمت انتهای آنها را لازم است یاتاقان‌بندی کنند.

دندانه‌های تراش‌نهائی، همانند «شابره» عمل می‌کنند و ضخامت یا کلفتی برادههای تولیدشان در حدود .۰/۰۰۳ mm برای مواد سخت .۰/۰۰۸mm برای مواد نرم خواهد بود. ابعاد سوزن‌های خان‌کشی کاملاً به نوع کار و طرز عمل ماشین آن بستگی دارد و مسلماً متناسب با بزرگ شدن ابزار از لحاظ قطر. ماشین‌های خان‌کشی نیرومندتری هم میبایست برای

بکاربردنشان اختیار گردد.

طول سوزن‌ها یا ابزارهای خان‌کشی نیز به نوع کار ارجاعی برای ساخته شدن با این روش ماشینکاری وابسته است و ممکن است تا ۲۰۰۰میلیمترهم برسد و البته میبایست ماشین از لحاظ طول کورس ماکزیممش با اندازه ابزار مورد نظر هماهنگی داشته باشد. در ابزارهای خان‌کشی هم، مشابه تیغه ارّه‌ها، در فضای خالی بین دندانه‌ها با دادن شعاع انحنای مناسبی به پشت لبه‌های برنده، موجباتی را فراهم میسازند که برادّه‌های تولیدی راحت‌تر خارج شده و یا گیر کردنشان مرغوبیت سطح تراش را کم نکنند و ضمناً در ابزارهای خان‌کشی با طرح مناسب، گام دنده‌ها را خیلی زیاد انتخاب نمی‌کنند و در بسیاری موارد امکان دارد در آنها، در هر لحظه دو یا سه دنده بطور همزمان با کار درگیر شده باشند.

جنس ابزارهای خان‌کشی

جنس سوزن‌های خان‌کشی را از بهترین انواع فولادهای قابل آبکاری انتخاب می‌کنند و نیز امکان دارد برای این منظور از فولادهای تندبر .H.S.S (علامت اختصاری واژه‌های انگلیسی High Speed Steel به مفهوم فولاد تندبر یا سریع میباشد) که جزو آلیاژهای بسیار سخت فولاد میباشند و در آنها عناصر سخت کننده‌ای مانند: تنگستن (یا ولفرام)، مولیبدون، کرم، وانادیم و غیره وجود دارد و همچنین «کربورهای سخت یا الماسه‌ها مانند کربور تنگستن» استفاده کنند.

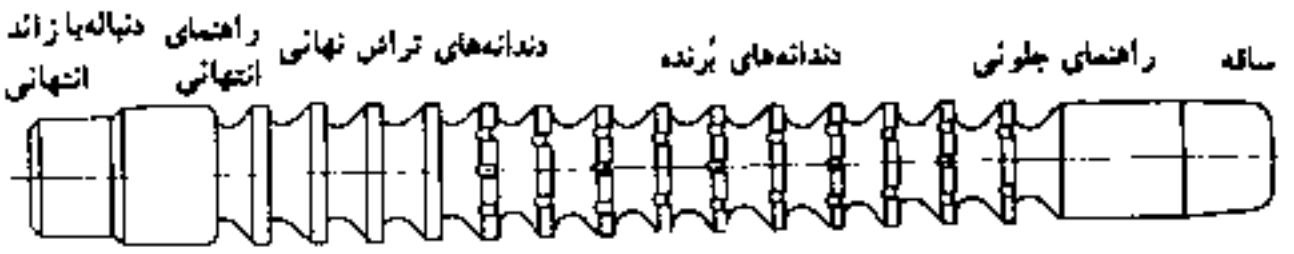
در پاره‌ای از تیغه‌های خان‌کشی، تمامی ابزار دارای جنس یکنواختی میباشد و حال آنکه مواردی هم وجود دارد که دندانه‌های قابل تعویض آن را سخت‌تر اختیار کرده و بدنه سوزن را نیز از فولاد مناسبی در نظر می‌گیرند تا در صورتی که در حین کار به چند دنده صدمه رسیده بباشد، فقط اقدام به تعویض دندانه‌های معیوب بکنند.

معمولاً پس از آنکه تیغه‌های خان‌کشی را ساختند میبایستی با روشی مناسب اقدام به آبکاری آنها کنند به نحوی که تغییر شکل‌های نامطلوبی در آن بوجود نیاید و برای افزایش دوامشان با قشر یا فیلم نازکی از فلز کرم که با عمل «آب کرم کاری»آن را بر روی ابزار می‌نشانند به این خواسته میرسند. نیترور کردن سطحی یا اصطلاحاً آبدادن و سخت کردن با مواد مولّد نیتروژن یا ازت نوزاد یا تک اتمی که میل ترکیبی زیادتری را نسبت به ازت معمولی داراست از جمله اقداماتی است برای ازدیاد کارآئی تیغه‌های خان‌کشی، و برای این کار از سیانورهای مناسبی استفاده می‌کنند.

در ضمن باید دانست که هر قدر هم، جنس ابزارهای خان‌کشی را از بهترین مواد افزارسازی انتخاب کنند، باز هم فرسایش و کُند شدن برای دندانه‌هایش وجود دارد و روی همین اصل است که در کارخانجاتی که دارای ماشین‌های خان‌کشی متعددی هستند، در بخش

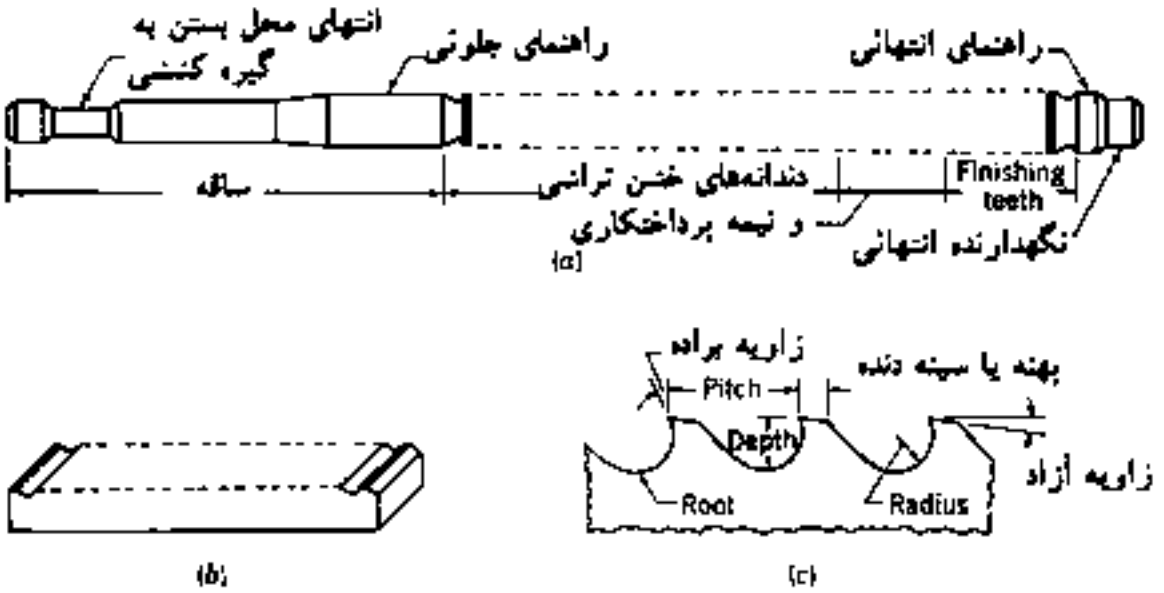
ابزارسازی کارخانه، ماشینهای سنگ‌زنی مخصوصی بنام «ماشین سنگ‌زنی سوزن خان‌کشی Broach Grinder Machine» در مجاورت سایر ماشین آلات برای مرمّت و اصلاح تیغه‌های گرانقیمت اینگونه دستگاههای فلزتراش نصب می‌کنند.

لبه‌های برنده ابزارهای خان‌کشی بعلت دارا بودن سختی زیاد، با تُردی و شکنندگی همراه میباشند و بعلت حساس بودنشان در برابر ضربات، نبایستی صدمه‌ای بدانها رسانیده شود و یا با قطعات سخت تماس حاصل کنند و در مواردی که روی دستگاه نباشند برای نگهداری صحیح در کارگاه، لازم است آنها را روی قطعات چوبین یا نمد قرار دهند.



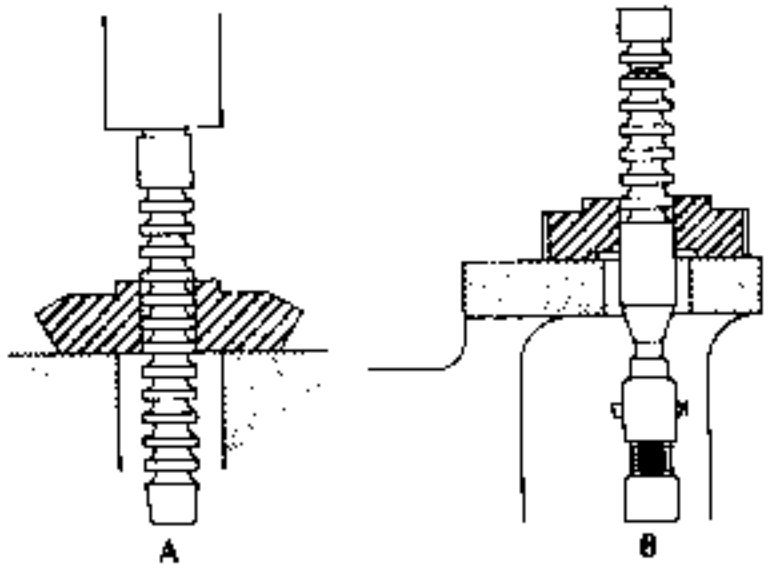
(شکل ۱۸ ــ ۸) شکل شماتیکی ساده‌ای از یک ابزار یا سوزن خان کشی نوع «هُل دادنی»

(توجه: ۶ قسمتی که در متن درس برای بخش‌های متمایز آن بیان گردیده بود، بر روی این شکل هم نشان داده شده‌اند).

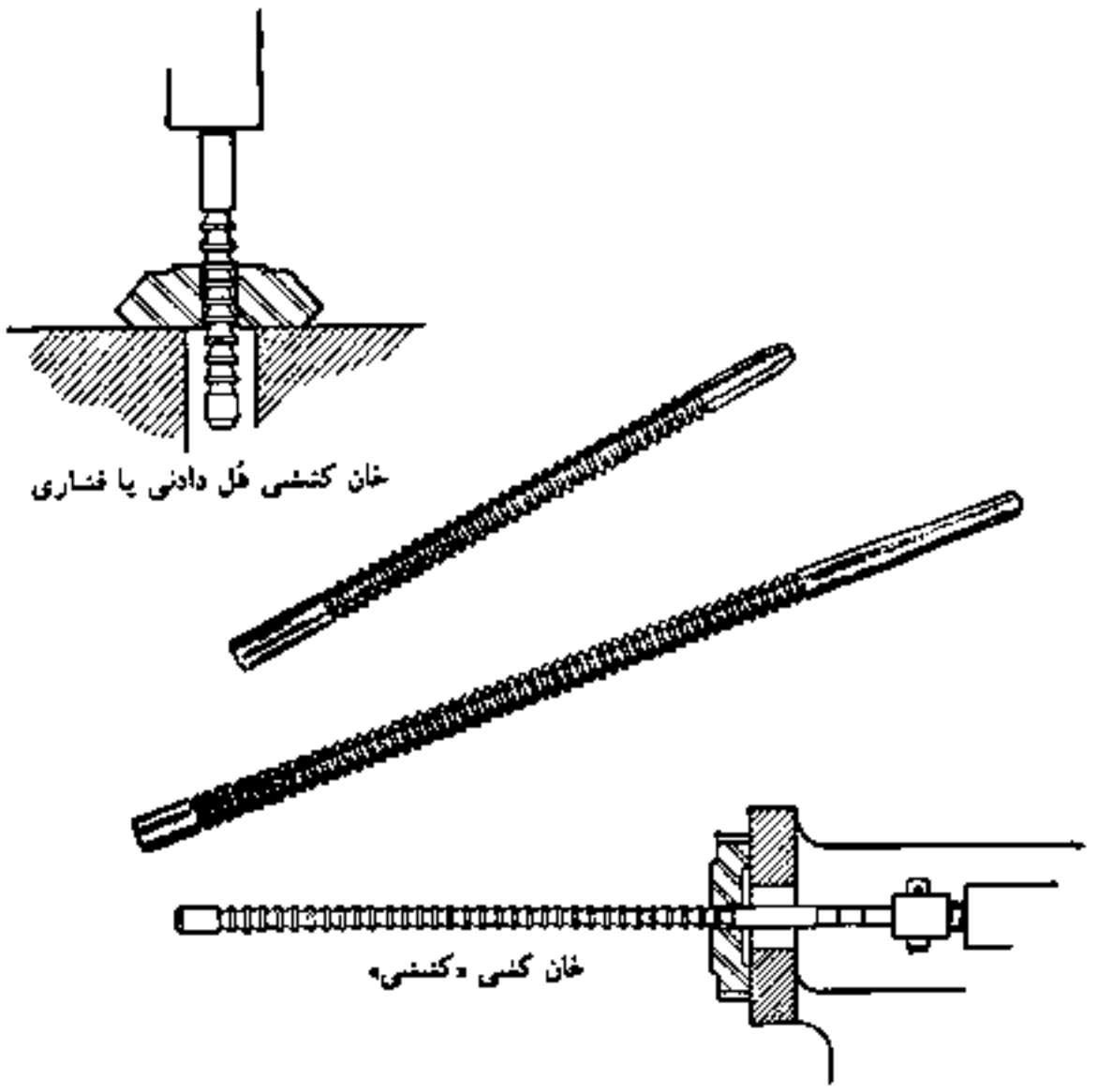


(شکل ۱۹ ــ ۸) شکل‌های نمایشگر قسمت‌های مختلف تیغه خان کشی و پروفیل دندانه‌های آن‌ها:

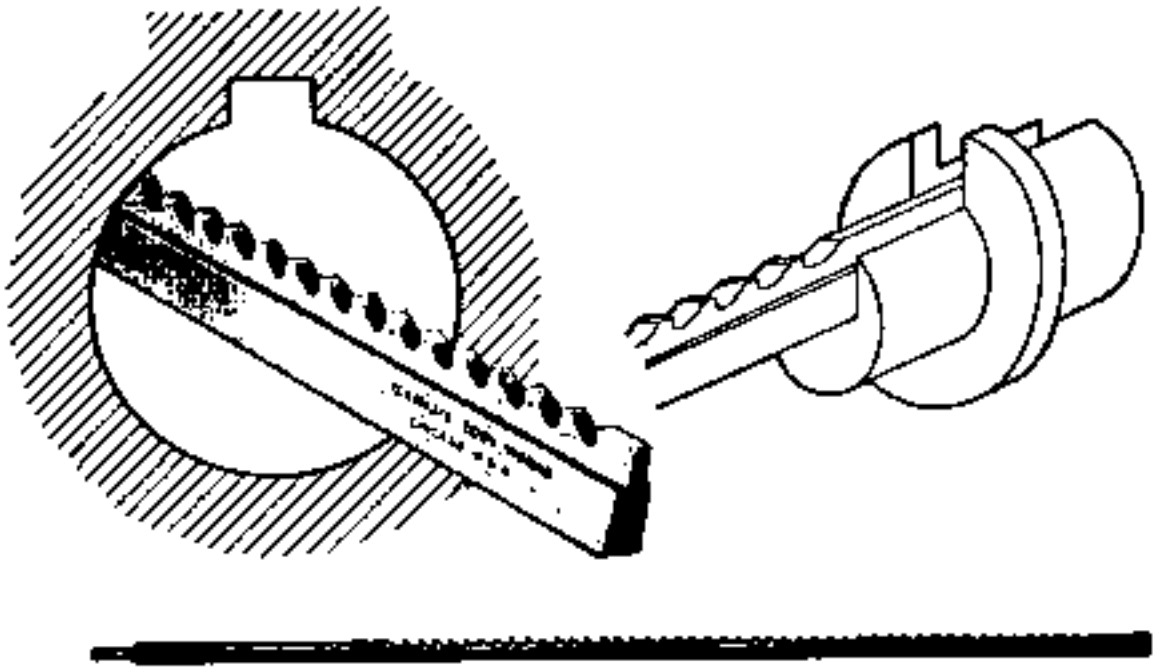
(a) ــ در بالا، بخش‌های طولی سوزن خان کشی.
(b) ــ در پائین و سمت چپ، تیغه خان کشی سطوح خارجی قطعات کار.
(c) ــ در پائین و سمت راست، مقطع بزرگ شده دندانه‌های سوزن خان کشی.



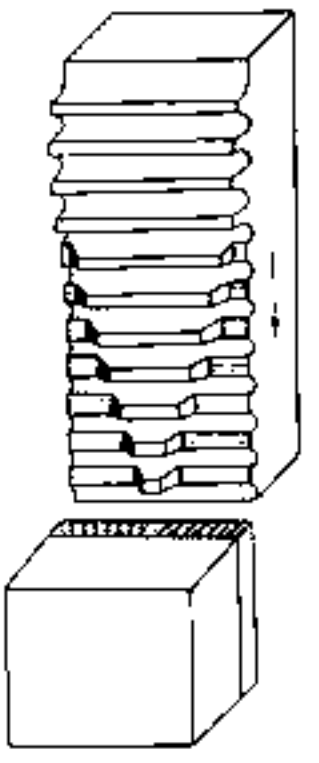
(شکل ۲۰ ــ ۸) شکل‌های دو طرح کلّی سوزن‌های خان کنی از نظر نحوه اعمال نیروی هم راستای حرکت اصلی آن:
(B) سمت راست (خان کنی، کششی) (A) سمت چپ (خان کنی، هُل دادنی).



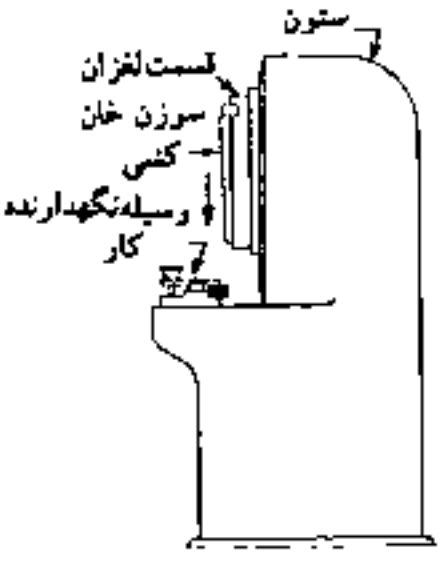
(شکل ۲۱ ــ ۸) تیغه‌ها یا سوزن‌های خان کنی با مقطع «گرد» برای ماشین‌های خان کنی «کششی» و «هُل دادنی».



(شکل ۲۲ ــ ۸) شکل‌های شماتیکی مربوط به نحوه ساختن تیغه «جاخاره» در قطعات کار با عمل خان کنی، که میتواند خان کنی «داخلی» و یا «خارجی» باشد.



(شکل ۲۳ ــ ۸) طرز عمل یک تیغه خان کنی
سطوح خارجی قطعات کاردر ماشین‌خان‌کنی عمودی.



(شکل ۲۴ ــ ۸) اساس ساختمان و نیز نمایش جهت حرکت اصلی برشی در ماشین‌های «خان کنی عمودی» و برای سطوح خارجی کار.

اطلاعات فنّی مورد نیاز برای طراحی و ساخت «ابزارهای خان کشی»

برای ساختن ابزارهای گران قیمت و در عین حال پیچیدهٔ خان کشی، معمولاً به یک سری اطلاعات و یا معلومات و داده‌های فنی، جهت طراحی دقیق شکل مقطع و نیز فرم دندانه‌های آن دارند و برای این منظور مشخصات زیر میبایست شناخته شده باشند:

۱ ــ نوع و جنس ماده‌ای که قراراست خان کشی شود.
۲ ــ اندازه و شکل مقطعی که لازم است خان کشی گردد.
۳ ــ کیفیت صافی سطوح مورد نظر
۴ ــ سختی ماده در حال ماشینکاری شدن.
۵ ــ مقدار تلرانس مجاز برای ساخت قطعه کار.
۶ ــ تعداد قطعاتی که میبایست با روش خان کشی تولید گردند.
۷ ــ نوع ماشینی که ابزار ساخته شده را بکار خواهد برد.
۸ ــ طریقه نگهداشته شدن یا بسته شدن دنباله‌های سوزن خان کشی به ماشین مربوطه.
۹ ــ مقدار فشار قابل تحمل، که منجر به شکستن و یا صدمه دیدن آن نشود.

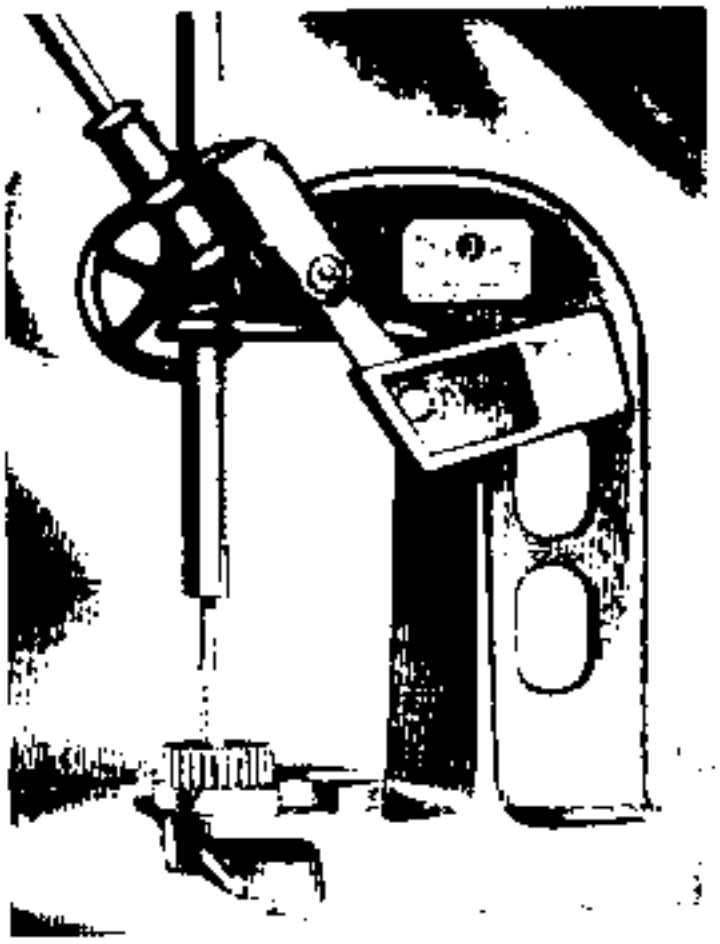
یاد آوری نکاتی‌که میبایست در بکارگیری صحیح ابزارها و ماشین‌های خان کشی رعایت کنند

با توجه به شرحی که در مورد ساختمان عمومی ماشین‌های خان‌کشی و ابزارهای مخصوص آنها بیان شد، ذکر نکات زیر برای بدست آمدن نتایج مطلوب ضروری بنظر میرسد:

برای اجرای عمل خان کشی، ابتدا قطعه کار را چنانچه فاقد سوراخ لازمه برای عبور دادن سوزن خان کشی باید، دقیقاً سوراخ گیری کرده و با مته مناسب سوراخ می‌کنند و در صورت ضرورت برای ایجاد اندازه‌ای که لقی متناسب را برای قسمت‌های راهنمای آن بوجود آورد، ممکن است با ابزار دیگری مثلاً بر قو، این عمل را تکمیل کنند. زیرا همانطور که متذکر شدیم عدم رعایت همین نکته، موجبات انحراف مسیر را برای سوزن خان کشی سبب خواهد شد.

قطعاتی که هدف از ماشینکاریشان، خان کشی کردن سطوح خارجیشان باشد را در قالب‌های مخصوصی بسته و محکم می‌کنند و لازم است قبل از شروع عملیات براده برداری با این ماشین‌ها، یکی دیگر از سطوح آن که بعنوان مأخذ و مبدأ مورد توجه قرار می‌گیرد، با یک روش براده‌برداری دقیق، تراشیده و صافکاری شده باشند. انتخاب مقدار سرعت برش هم از نکات حائز اهمیّت بشمار میرود، زیرا سرعت نسبی تنظیم نشده خیلی زود می‌تواند باعث صدمه رسانیدن به ابزار شود و حدوداً $\frac{m}{min}$ ۱ تا ۱۵ متر بر دقیقه خواهد بود، مسلماً سرعت برش‌های بالاتر مختصّ حالاتی است که حجم براده‌برداری کمتر و تراش سبک‌تر باشد.

معمولاً سرعت برش برای خان کشی فولادهای معمولی $\frac{m}{min}$ ۱ تا ۲ و مقادیر بیشتر برای خان کشی قطعات برنجی، برنزی و بطور کلی آلیاژهای نرم‌تر انتخاب خواهد شد و ضمناً در عملیات خان‌کشی جریان مداومی از مایعات خنک کاری ناحیه برادەبرداری و مخصوصاً ابزار کار را خنک می‌کند و اصطکاک را نیز تقلیل داده و براده‌های حاصله را شسته و از محل دور میسازد.



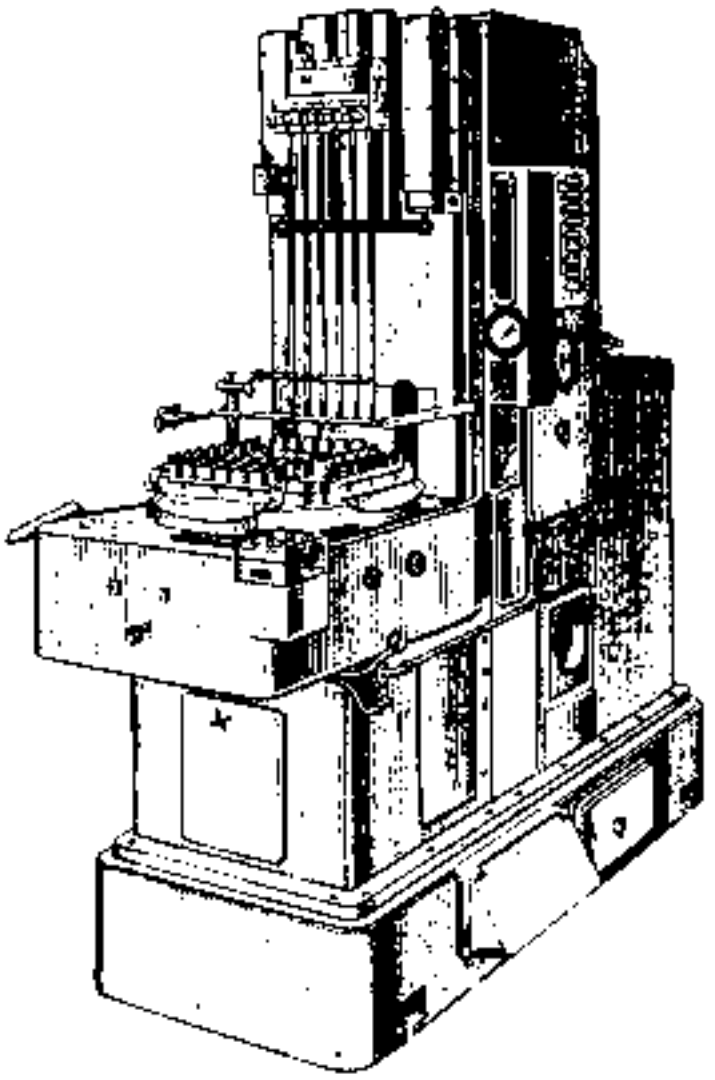
(شکل ۲۵ ــ ۸) خان کشی «جاخار» در یک جرخدنده یکمک برس دستی مکانیکی، که همانند یک ماشین ساده خان کشی عمودی و داخلی عمل می‌کند.

انواع ماشین‌های خان کشی Types Of Broaching Machines

با توجه به شرحی که درباره اصول اجرای خان کشی، ابزارهای خان کشی و کاربردهای روز افزونش در صنایع ماشین‌سازی بیان شد، همانند سایر ماشین‌های ابزار اختصاصی برای آن گونه‌های متنوعی بوجود آمده است و برای اختصار در اینجا فقط دو نوع کلی‌تر از آن‌ها را که تقسیم‌بندیشان مبتنی بر جهت حرکت دادن سوزن یا ابزار آن (از لحاظ افقی و عمودی بودن) میباشد، تشریح میگردند که عبارتند از:

الف ــ ماشین‌های خان کشی عمودی: این گونه ماشینهای خان کشی میتوانندبرای فلز ــ

تراشی سطوح خارجی و یا داخلی قطعات کار و با روش‌های «کشش» یا «رانش» بکار گرفته شوند و در مواردی هم ممکن است بجای یک ابزار براده برداری، بطور همزمان دو یا چند سوزن خان کشی را بکار برند (مانند «شکل ۲۶ ــ ۸» که نشان دهنده ماشین خان کشی عمودی چند سوزنه میباشد). در انواع مدرن‌تر شده و کاملاً جدید ماشین‌های فوق‌الذکر، بسیاری از عملیات مانند: بارگیری، بستن و باز کردن ابزارهای خان کشی و تخلیه ماشین از قطعات کار بانمام رسیده، تمام اتوماتیک گردیده‌اند و روی همین اصل است که کاربردهای وسیعی را در سری سازی کسب کرده‌اند (شکل ۲۴ ــ ۸) نیز اساس ساختمان ماشین خان‌کشی عمودی را نشان میدهد.



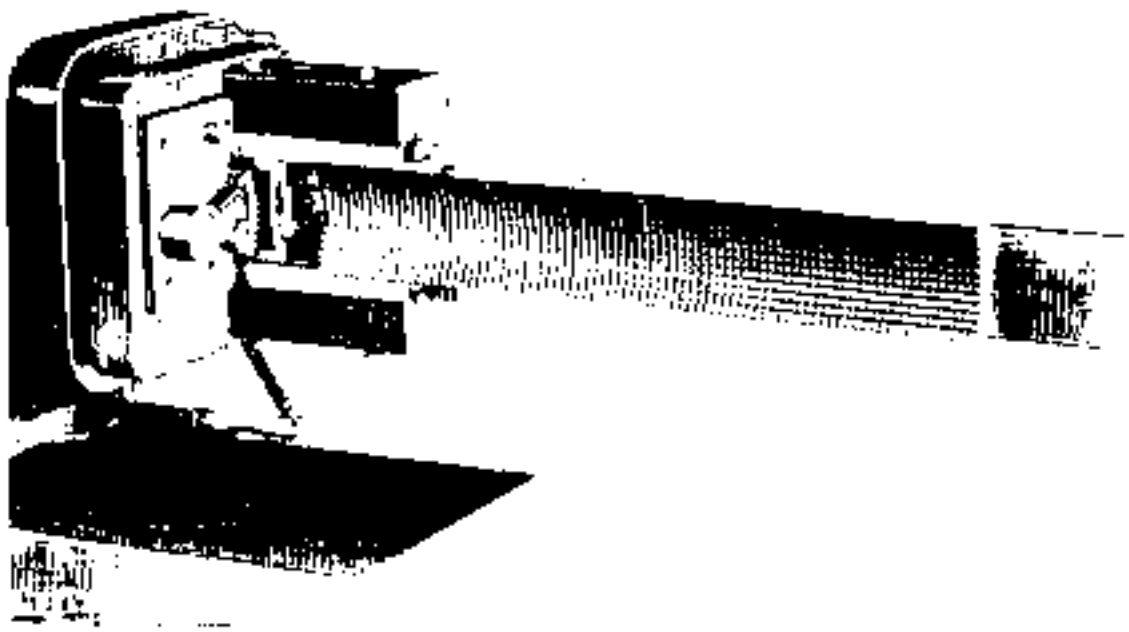
(شکل ۲۶ ــ ۸) نمای ظاهری یک نوع ماشین خان کشی هیدرولیکی عمودی و «چند سوزنه»

ب ــ ماشین‌های خان کشی افقی: اگر چه اغلب ماشین‌های خان کشی افقی برای ماشینکاری سطوح خارجی کاربرد دارند ولی عموماً امکانات اجرای خان کشی‌های داخلی برای قطعات با اندازه متوسط هم برایشان فراهم میباشد. در شکل (۲۸ ــ ۸) نمائی دیاگرامی برای تفهیم اساس ساختمان و طرز عمل آن‌ها نشان داده شده است و آنرا در حال مورد استفاده قرار گرفتن جهت «خان کشی سطوح افقی و خارجی» نمایان میسازد. پیستون هیدرولیکی که دنباله

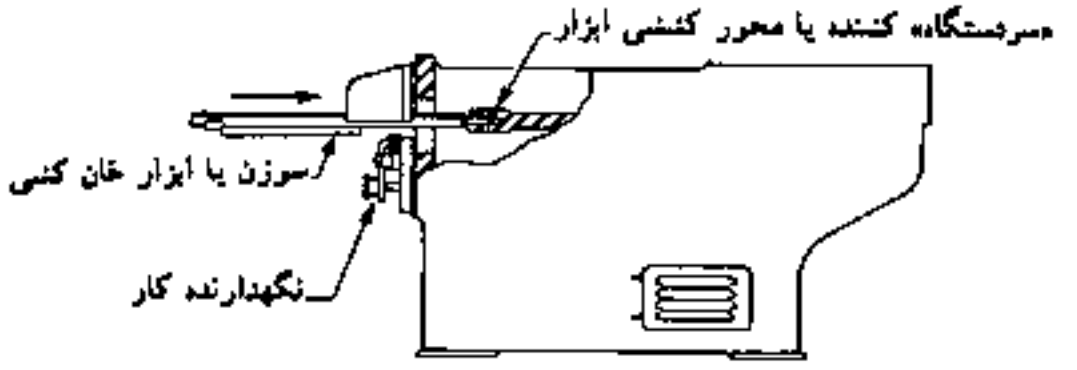
دسته‌اش، ابزار مربوطه را از چپ به راست خواهد «کشید» و پیستون مورد بحث در سمت راست ماشین نصب شده است و لذا خان‌کشی از نوع «کششی یا کشیدنی افقی» بشمار می‌آید.

برای خان‌کشی‌های داخلی، انتهای ساقه سوزن یا ابزار کار، پس از آنکه از سوراخ قطعه کار عبور کرد، با دست پیچ‌های گیره محکم کننده‌اش میبایست سفت شوند و آنگاه به سوزن خان‌کشی، حرکتی از نوع کششی و از سوی چپ به راست بدهند. نمونه‌ای از کارهائی که میتوان بکمک چنین ماشین‌هائی به آن‌ها شکل داد، ساختن یک «قوس دایره دندانه‌دار شده» میباشد و یا بعبارت دیگر، ایجاد کردن دندانه‌هائی همانند چرخدنده‌های ساده معمولی بر روی قطعه‌ایست که محیط آن را قوسی از دایره بوجود آورده است مانند (شکل ۲۷ ــ ۸).

با ماشین مزبور توانسته‌اند در حالتی که عمق برادەبرداری‌در حدود ۵ میلیمتر بوده است در مدت یک ساعت، تعداد ۱۸۰ عدد قوس دندانه دار شده را خان کشی کنند. از جمله کارهائی که بر

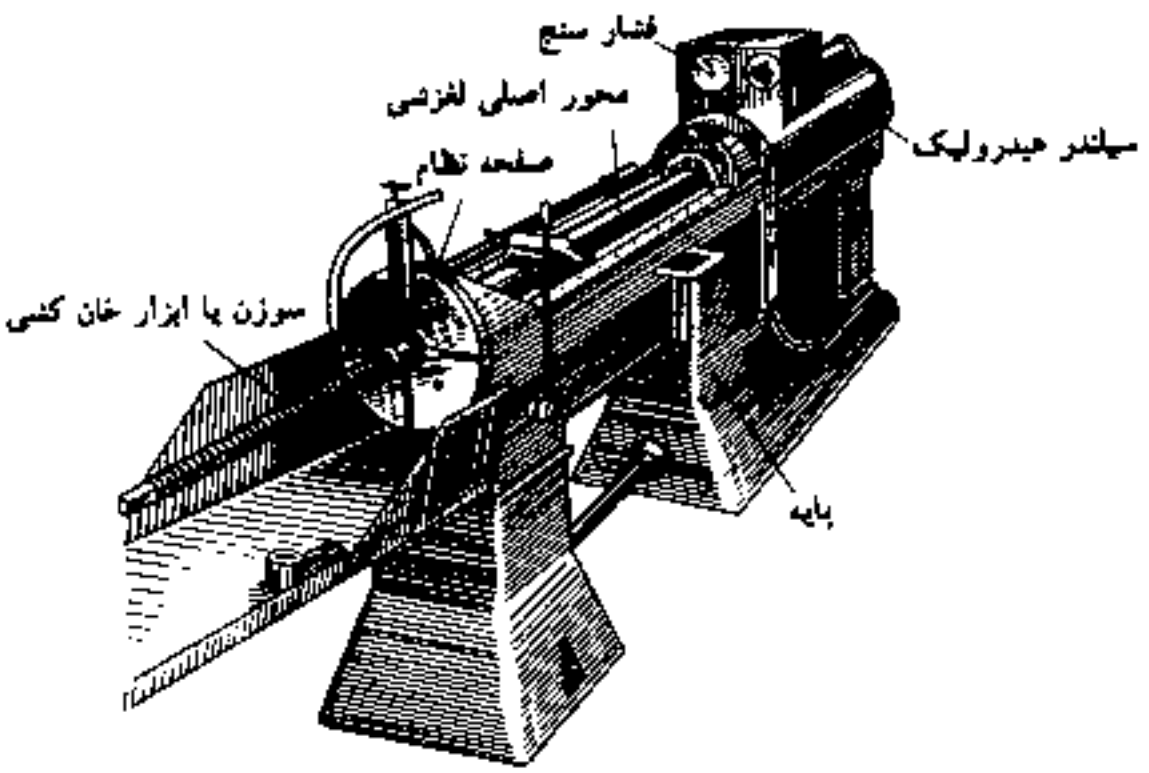


(شکل ۲۷ ــ ۸) نحوه ساختن «قوس دایره دندانه دار شده» با ماشین خان کشی افقی سطوح خارجی بوسیله یک سوزن یا ابزار خان کشی مخصوص که برای همین کار خاص طراحی گردیده است.



(شکل ۲۸ ــ ۸) شکل دیاگرامی ساده‌ای از «ماشین خان‌کشی افقی»

روی نوع ویژه‌ای از ماشین‌های خان کشی افقی قابل اجراست، بوجود آوردن شیارهای مارپیچی در داخل لوله‌های سلاح‌هائی نظیر تفنگ‌ها و توپ‌های سبک است و بایستی مکانیزمی در ماشین بکار گرفته شده باشد که با ترکیب یک «حرکت کششی» و یک «حرکت چرخشی» شیاری «مارپیچی شکل» را در درون کار، ماشینکاری خان‌کشی کند.



(شکل ۲۹ ــ ۸) شکل شماتیکی نشان دهنده نمای ظاهری قسمت‌های مختلف یک نوع ماشین خان‌کشی افقی و سوزن یا ابزار خان‌کشی مرتبط به آن.

فصل نهم

«ماشین‌های مخصوص تولید چرخدنده‌ها»
"Special types of Gear Production Machines"

بررسی اهمیت چرخدنده‌ها در صنعت و مراحل تولید و ساخت آن‌ها

چرخدنده‌ها جزو مهم‌ترین اجزاء ماشین محسوب می‌گردند و کمتر مکانیزم و ماشین و دستگاه صنعتی وجود دارد که به گونه‌ای در آن تعدادی از انواع چرخدنده‌ها بکار گرفته نشده باشد. اهمیت چرخدنده‌ها در صنایع و ماشین‌سازی از آنجا مشهود میگردد که اصولاً چرخدنده را «نشانه یا سمبل صنعت» میدانند و در اکثر آرم‌های فنّی، بنحوی شکل چرخدنده را می‌گنجانند.

چرخدنده‌های مختلف برای آنکه بتوانند نقش خود را بخوبی بعنوان اجزاء ماشین حساس و دقیق ایفاء کنند معمولاً در مواردی که قرار باشد توان یا قدرت بالائی را انتقال دهند. بطور کلّی سیستم تولیدشان میبایست مراحل زیر را طی کند که عبارتند از:

۱ ــ انجام محاسبات پارامترهای مهّم هندسی آن بکمک فرمول‌ها و روابطی که برای یکایک آن‌ها وجود دارد و میتواند بر مبنای سیستم متریک (دنده‌های مدولی و میلیمتری) و یا سیستم اینچی (که در آن گام دنده روی دایره گام «سیر کولار پیچ Circular Pitch» نام دارد و مسلماً برحسب اینچ اندازه‌گیری می‌شود، با مراجعه به مطالب ذکر شده در این مورد در کتابهای حساب فنی) باشد و سپس تهیه نقشه‌های کارگاهی برای ساختن چرخدنده مورد نظر.

۲ ــ انتخاب جنس و ماده مناسب برای تولید چرخدنده از آن، زیرا عدم انتخاب صحیح از این لحاظ، فرسایش و استهلاک بی‌موقع و زودرس دنده‌ها را بدنبال خواهد داشت.

۳ ــ بکارگیری روشی مناسب برای تراشیدن چرخدنده (که در این فصل از کتاب، به شرح اختصاری پاره‌ای از روش‌های معمولی و صنعتی‌تر از نظر جنبه‌های اقتصادی تولید، خواهیم پرداخت). لازم بیادآوریست که ممکن است چرخدنده‌ها را با روشهای غیر براده برداری مانند: پرسی(بریدن چرخدنده از ورق)، ریخته‌گری معمولی، ریخته‌گری تزریقی و غیره نیز برای مصارف خاصش تهیه کنند.

۴ ــ اتمام عملیات نهائی براده برداری با ابزارهائی مانند «اصلاح کننده‌های چرخدنده‌ها Gear Shavers» و بکمک ماشین‌های ویژه‌ای که آنها را بکار می‌برد، که با این گونه دستگاهها، آثار فلزتراشی ابزارهائی نظیر تیغه فرزها را که صافی مطلوب را نمی‌توانند داشته باشند، محو

نموده و برای چرخدنده در قسمت‌هائی که میخواهد با دنده بعدی، درگیر شود همواری متناسب‌تری بوجود می‌آورند.

۵ ــ بکارگیری عملیات حرارتی، که معمولاً برای چرخدنده‌های ناقل قدرتهای بالا کاربرد دارد و سخت کردن دندانه‌های چرخدنده‌ها، که از نوع «سختی سطحی» خواهد بود، در این مرحله انجام گرفته و متعاقب آن، با سنگ زدن دندانه‌ها، سیکل تولید را بپایان میرسانند.

۶ ــ انجام آزمایشات لازمه روی چرخدنده‌های ساخته شده و بررسی انطباق آن‌ها با مقدار تلرانس‌های مجاز، و در نتیجه آماده شدن کامل دنده برای نصب شدن در محلی که باید بکار گرفته شود.

طریقه ساخت چرخدنده‌هائی نظیر: دنده‌های ساده، دنده‌های مارپیچ، دندهٔ شانه‌ای یا میله‌های دنده شده و نیز چرخدنده‌های مخروطی ساده، با استفاده از تیغه فرزهای دنده‌تراش معمولی و انتخاب ماشین‌های فرز عادی بعنوان دستگاههای فلزتراشی سازنده آن‌ها، چون قبلاً مورد بحث قرار گرفته، لذا در این بخش از کتاب فقط سه عنوان زیر تحت بررسی فنی مختصر قرار می‌گیرد:

۱ ــ دنده‌تراشی غَلْطِیْ با ماشین‌های فرز غلطکی.

۲ ــ چرخدنده تراشی کلّه‌زنی با ماشین‌های مخصوص کله‌زنی (رفت و آمدی) دنده‌تراش.

۳ ــ چرخدنده تراشی مخروطی با ماشین‌های مخصوص تولید چرخدنده‌های مخروطی نوع ساده یا لبه مستقیم و همچنین انواع چرخدنده‌های مخروطی و در عین حال مارپیچ.

ضمناً لازم به تذکّر است، در این بررسی محاسبات مربوطه را به بخش حساب فنی چرخدنده‌سازی محوّل می‌کنیم.

۱ ــ چرخدنده‌تراشی غَلْطِیْ "Gear Hobbing"

شرح کلّی تراش چرخدنده‌ها با روش غلطی و مشخصات عمومی ابزارهای آن‌ها:

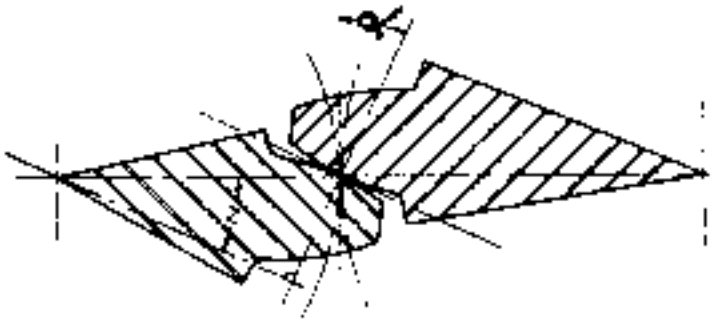
اصول تراش چرخدنده‌های مختلف با روش غلطی، بر این اصل استوار است که در آن‌ها قطعه کار حول محورش دارای حرکت دورانی با چرخشی متناسب از لحاظ تعداد دوران است و در همان حال ابزارهای کار که در این جا معمولاً شباهت به فرزهای حلزون تراش دارند و در زبان انگلیسی به آن‌ها Hob به مفهوم «ابزار قالب تراش یا ابزار تراشنده مارپیچی شکل» میگویند نیز دوّار میباشند و با حرکت کردن به سمت جلو در پیرامون قطعات کار با آن‌ها درگیر شده و تدریجاً دندانه‌هائی بفرم دلخواه در قطعه کار بوجود می‌آورند و اختلاف فاحشی که این طریقه با روش‌های عادی یا معمولی فرزکاری دارد آنست که دستگاه تقسیمی در سیستم ظاهری دنده‌سازی دیده نمی‌شود ولی تقسیم دنده بصورتی منظم در محیط کار انجام می‌گیرد. قطرهای دایره‌های گام قطعه

کار و ابزار تراش دنده با روش غلطکی و سرعت‌های نسبی دورانی آن‌ها از جمله عواملی هستند که بر مبنای محاسبات خاصّی که بطور دقیق مقادیرشان را مشخّص می‌سازند، دنده‌هائی در فواصل منظم برای کار ایجاد می‌کنند.

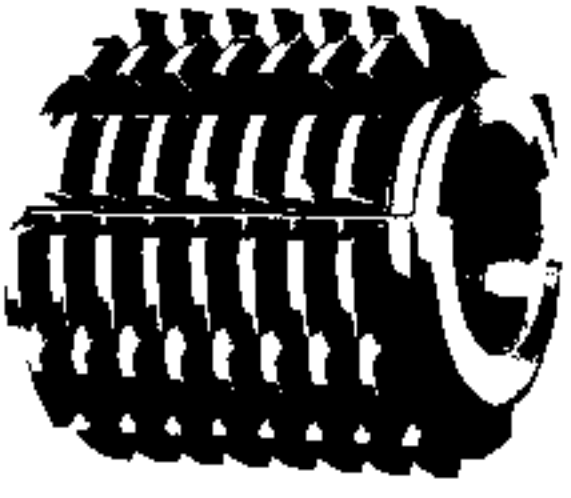
اکثراً ابزارهای دنده‌تراشی غلطکی را از نوع «با پروفیل اولونت و یک راهه» در نظر می‌گیرند و ساختمان آن‌ها (با توجه به شکل ۱ ــ ۹) طوریست که راههایش در امتداد طولی و بطور عمودی نسبت به زاویه شیب مارپیچ، توسط شیارهای فرزکاری شده قطع گردیده‌اند و بعلّت دارابودن تعدادی شیار، یک ردیف از دندانه‌های برنده نسبت به سطحی که قرار است برداده‌برداری شود، با مقطعی تقریباً ذوزنقه‌ای شکل بوجود می‌آورند. در واقع می‌توان فرض کرد که پروفیل اصلی اغلب ابزارهای تراش چرخدنده‌ها از طریق «غلتیدن» (در مورد نحوه نوشتن واژه غلطیدن یا غلتیدن به تذکّری که در چند سطر بعد داده شده است مراجعه فرمائید) همانند چرخدنده شانه‌ایست (که در کارگاههای معمولی، دنده شانه‌ای میلیمتری را چنانچه تیغه فرزهای «مدولی و دست ۸ نائی» موجود باشد همواره با نمره Nr:8 یا No:8 از مدول مفروض فرزکاری می‌کنند). مقدارزاویه فشاردنده‌ها که به‌آن زاویه شیب یک‌طرفه هم می‌گویند، اغلب به‌اندازه $\alpha = ۲۰^\circ$ می‌باشد. (در شکل ۲ ــ ۹هم با α این زاویه نشان داده شده است)و لازم به یادآوریست که روی بیشتر تیغه فرزهای معمولی دنده‌تراش هم مقدار زاویه مزبور را با علامت زاویه و نوشتن ۲۰° در کنار آن، جزو اطلاعات فنی مربوط به تیغه فرز دنده‌تراش قید می‌کنند.

در پاره‌ای از مصارف ویژه، زاویه فوق‌الذکر میتواند یکی از زوایای استاندارد شده زیر بعنوان زاویه فشار دنده‌ها باشد که عبارتند از: ۲۵° و $۲۲/۵^\circ$ و $۱۴/۵^\circ$ و گاهی اوقات هم ممکن است به $\alpha = ۳۰^\circ$برسد.

تذکّر: نکته‌ای که میبایست در اینجا متذکر گردیم اینست که: اصولاً چون کلمه «غلطیدن»

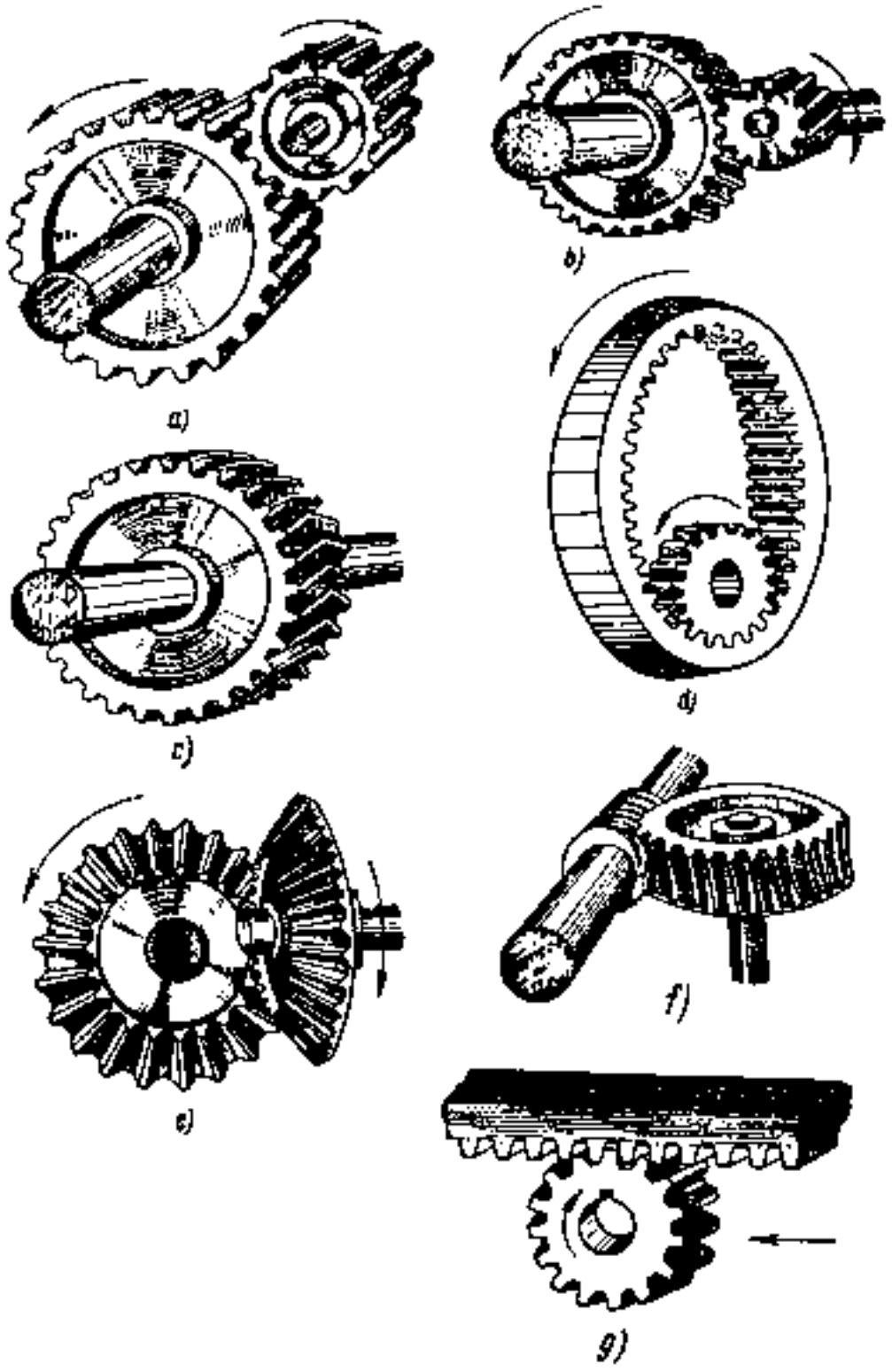


(شکل ۲ ــ ۹) شکل ساده‌ای برای نمایش زاویه فشار بین دو دندانه از چرخدنده‌های درگیر شده با هم.



(شکل ۱ ــ ۹) تیغه‌فرز غلطکی برای تراشیدن چرخدنده «ساده» از طریقه غلط زدن ابزار و کار در بین امون یکدیگر.

واژه‌ایست «فارسی» بنابراین دیکته صحیح آن لازمست «غلتیدن» باشد و چون این کلمه «معرب» شده یا ظاهراً به کلمات عربی مبدّل گردیده است بطور نادرست «غلطیدن» نوشته می‌شود و با توجه



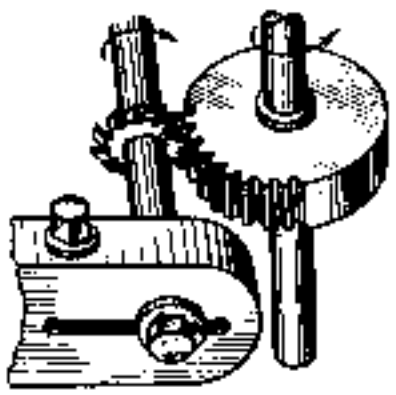
Toothed gearing.

a — spur gears, *b* — parallel helical gears, *c* — herringbone gear, *d* — external and internal gears, *e* — straight bevel gears, *f* — worm and wheel, *g* — rack and pinion.

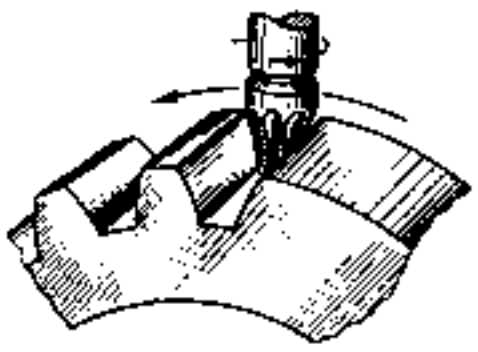
(شکل ۳ ــ ۹) چند نمونه از چرخدنده‌های مختلف یا «چرخهای دندانه‌دار شده».

(a) ــ چرخدنده‌های ساده (با محورهای موازی). (b) ــ چرخدنده‌های مارپیچ با محورهای موازی. (c) ــ چرخدنده چناغی یا مارپیچ دوطرفه. (d) ــ چرخدنده خارجی و داخلی (در گیری دنده‌ها از داخل است). (e) ــ چرخدنده های مخروطی مستقیم یا مخروطی ساده. (f) ــ حلزون و چرخ حلزون (g) ــ دنده‌شانه‌ای و دنده پینیون (یا دنده ساده درگیر شده با آن)

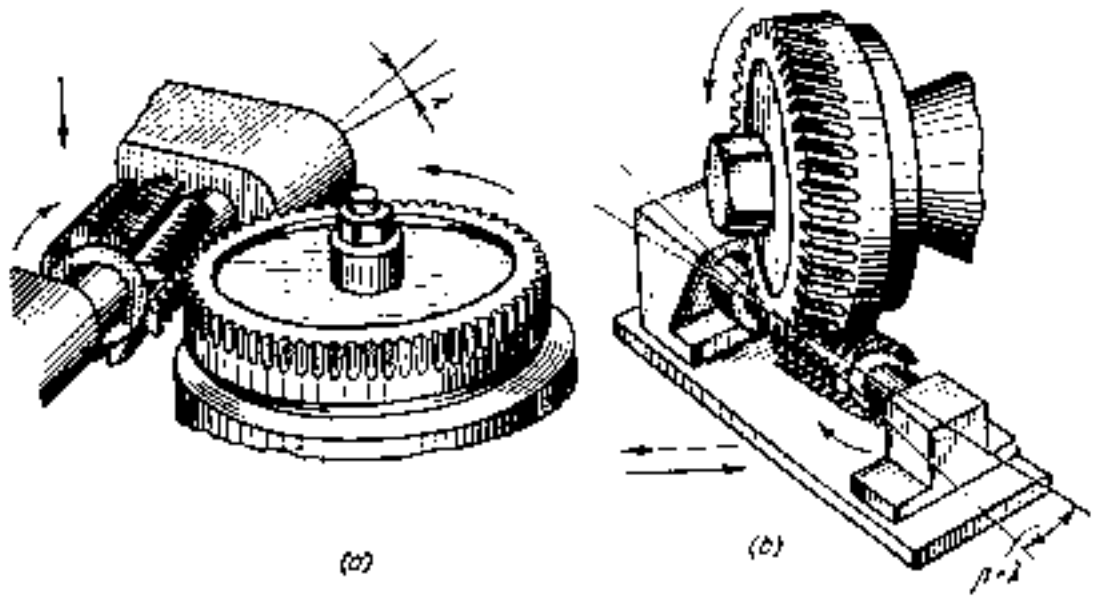
به این استدلال، اگر «تیغه فرزهای غلتان، ابزارهای غلتکی و عمل غلتیدن» را با حرف «ت» بنویسیم با حالتی که حرف عربی «ط» را برای این منظور بکار گرفته باشیم، تفاوتشان انتخاب نوشته درست با نوشته رایج میباشد.



(شکل ۴ ــ ۹) تراش جرخدنده ساده با تیغه فرز دنده‌تراش معمولی.

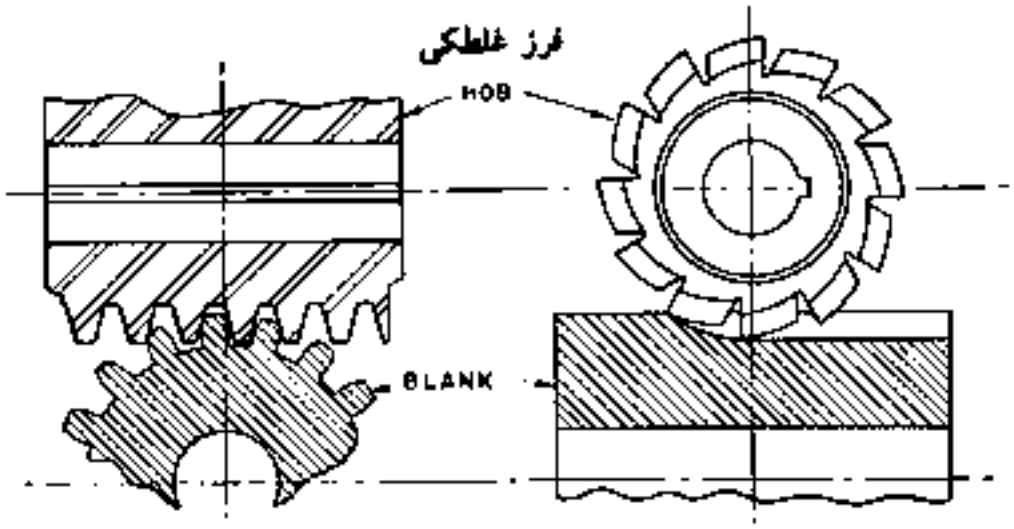


(شکل ۵ ــ ۹) ــ تراش جرخدنده ساده با فرز دنباله دار یا انگشتی مخصوص دارای پروفیلی بفرم منحنی بغل دنده.

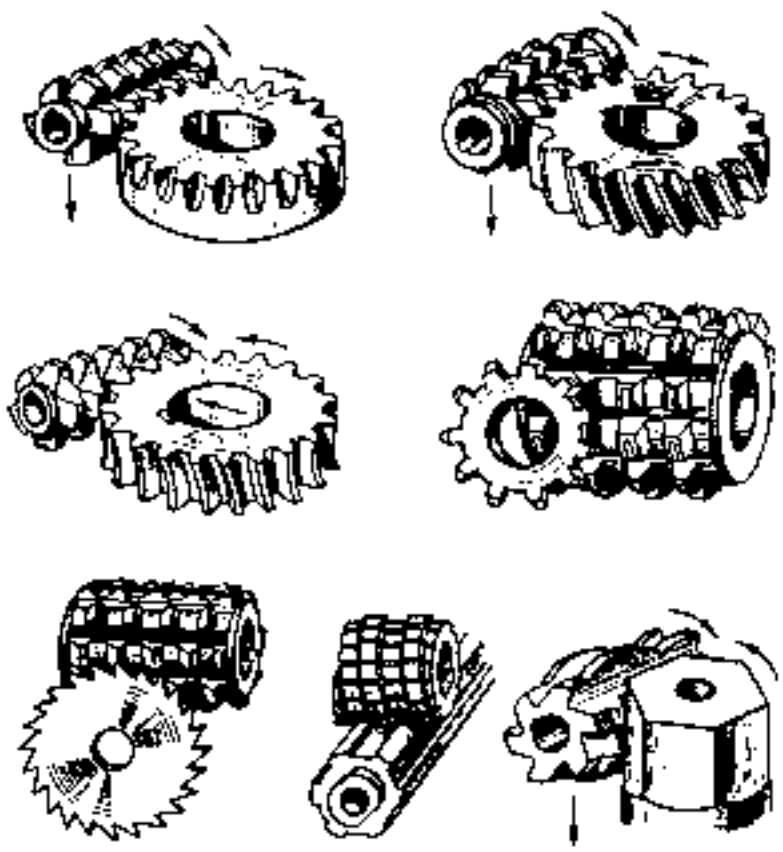


(شکل ۶ ــ ۹) تراشیدن جرخدنده با استفاده از ابزارهای مخصوص فرزکاری غلطکی دنده‌ها.

(a) ــ غلطکی تراشی جرخدنده ساده.
(b) ــ غلطکی تراشی جرخدنده ماربیچ.

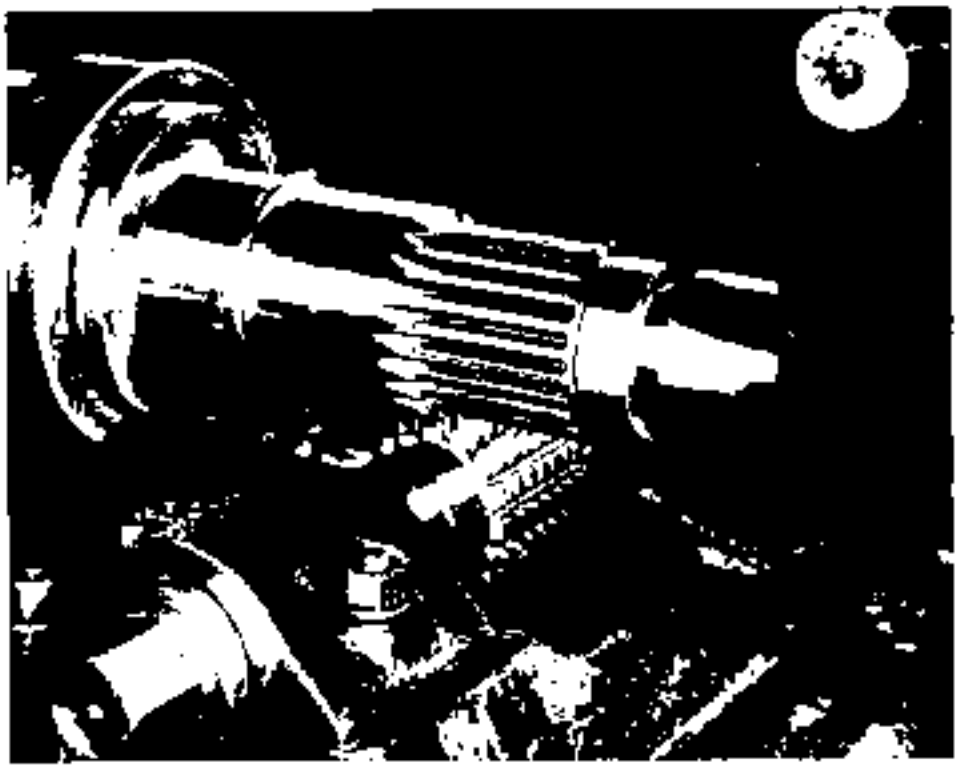


(شکل ۷ ــ ۹) اصول تراشیدن یک چرخدنده ساده با استفاده از فرز ویژه غلطکی تراشی دنده (شکل در دو نما نشان داده شده است) و واژه Blank هم به مفهوم ماده خام آماده شده برای عملیات ماشینکاری میباشد.



(شکل ۸ ــ ۹)

قطعات کار مختلفی که میتوانند «غلطک تراشی» شوند یا با ابزارهای فرزکاری «غلط تراشی» مختص هر کار ساخته شوند (با توجه به جهت‌های دوران ابزار و کار و نیز جهت باردهی عمقی).



(شکل ۹ــ۹) شکل حقیقی چگونگی ساخته شدن یک چرخدنده ساده بکمک روش غلطکی تراشی دنده.

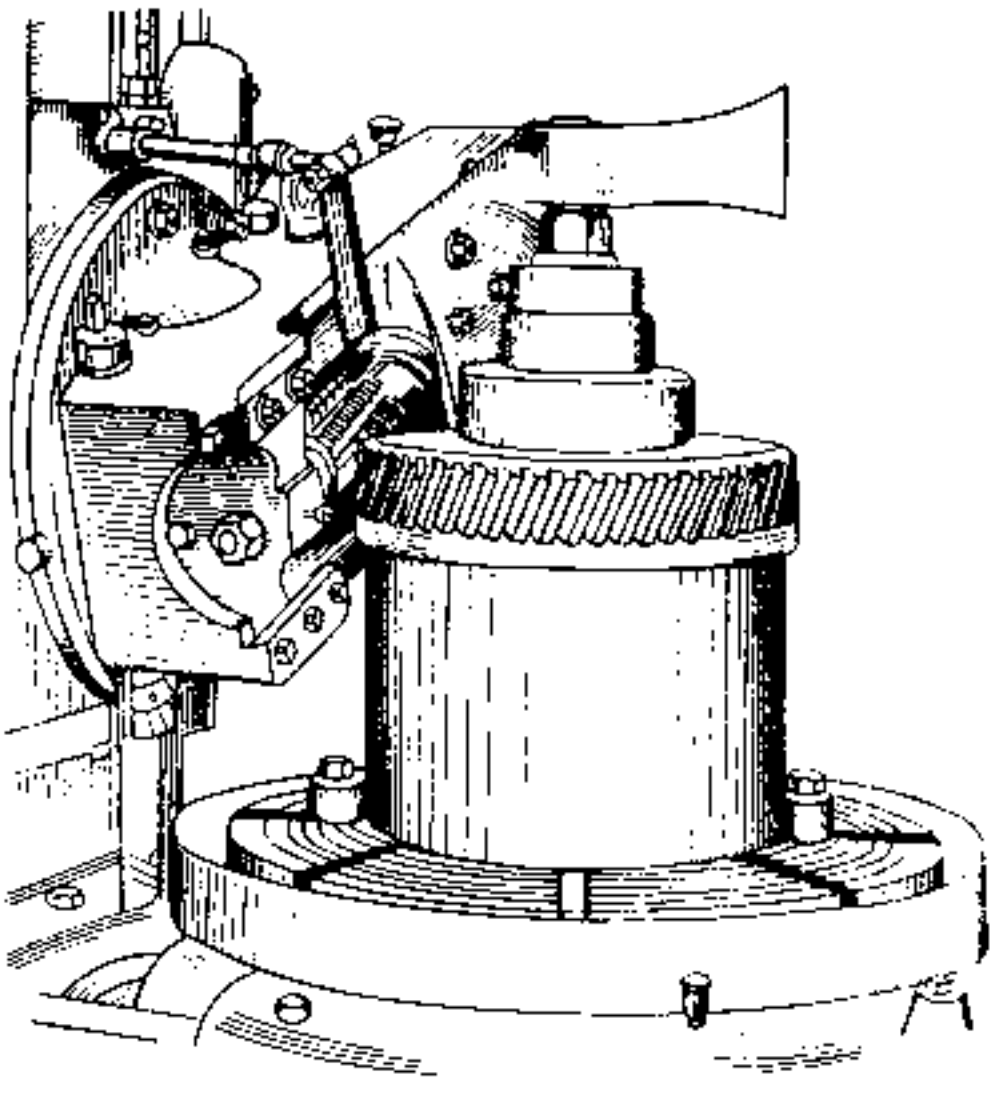
چگونگی تراشیدن چرخدنده‌های مختلف با ماشین‌های دنده‌تراش «غلطکی»

بطور کلّی برای ساختن انواع چرخدنده‌هائی که تراشیدن آن‌ها بـا روش فـوق امکان‌پـذیر باشد، ابزار تراشنده را روی محور اصلی ماشین‌هائی که منحصراً برای اینگونه عملیات طراحی و ساخته شده‌اند می‌بندند و روش بستن ابزار غلطکی نیز همانـند مـرتبط ساختن تـیغه فـرزهای معمولی دنده‌تراش به محور اصلی ماشین‌های فرز افقی است. در مقابل ابزار هم کار مورد نظر که قطر خارجی و سایر ابعاد ماده خامش به اندازه مـطلوب تـراشکاری شده است بـر روی مـحوری جداگانه مستقر می‌گردد و بسته به اینکه زاویه فضائی بین محورهای هندسی دو محور فـوق‌الذکـر چه مقدار باشد انواع چرخدنده قابل ساخت با چنین روشی میتواند عبارت باشد از: چرخدنده لبه مستقیم یا دنده ساده (Spur Gear) که پیچشی در شکل دندانه‌های آن وجود ندارد (شکل «۶a ــ۹» بطور شماتیکی و «شکل ۹ ــ ۹» بطور حقیقی تـراشکاری غلطکی چـرخدنده لبه مـستقیم را نشان میدهند).

چنانچه هدف تراشیدن چرخدنده مارپیچ یا کج باشد، میبایست زاویه انحراف دنده‌ها را در انحراف کلّی بین محورهای هندسی و فضائی آن‌ها دخالت دهند تا محصول چرخدنده‌ای بـاشد بـا لبه دندانه‌های موّرب یا دنده مارپیچ (Helical Gear) (شکل «6b ــ ۹» نشان دهنده اصول غلطکی تراشی چرخدنده مارپیچ با تجسّم زاویه انـحراف کـلّی مـحورها مـیباشند و شکل «۱۰ ــ ۹» هم نمایشگر منطقه ماشینکاری غلط تراشی دنده مارپیچ خواهد بود).

تراشیدن چرخهای حلزونی که با محورهای حلزونی پس از ساخته شدن، کار خواهند کرد از روشی مشابه پیروی می‌کند، با این تفاوت که ماده خام «قطر تراش» و نیز «انحناء قوس سر دندانه‌هایش» با توجه به فرمولهائی که برای محاسبه آن‌ها وجود دارد، قبل از قرارگیری در ماشین‌تراشی غلطکی دندانه‌ها، با ماشین تراش معمولی یا روشی دیگر، آماده شده‌اند.

با توجه به شرایط بالا در مورد انواع دنده‌ها، بایستی فرز غلطکی باندازه زاویه محاسبه شده‌ای مایل قرار داده شود و در حالی که هر دو محور میچرخند، تحت یک حرکت جبری، مانند یک دستگاه حلزون و چرخ حلزون درگیر شوند و در مقابل هر گردش کار، فرز غلطکی میبایستی به اندازه تعداد دندانه‌ای که قرار است در آن بوجود آورد، آنرا به فواصل مساوی دنده کرده باشد و بنابراین در فرزکاری‌های غلطکی دنده‌ها، براده برداری بدون انقطاع صورت می‌گیرد و حال آنکه در ماشین‌های فرز معمولی در هنگام تقسیم کردن دنده‌ها براده برداری قطع می‌شود. ضمناً با باردهی تدریجی ارتفاع یا گودی کامل هر دنده را هم در حین غلطک زدن دنده‌ها بی‌آنکه ماشین را خاموش کنند میتوانند کامل نمایند.



(شکل ۱۰ ــ ۹) نمائی شماتیکی برای نشان دادن «غلطک زدن یک چرخدنده مارپیچ»

مزایای غلطکی تراشی چرخدنده‌ها نسبت به فرزکاری معمولی آن‌ها

با توجه به شرحی که در مورد دنده‌تراشی با استفاده از ابزارهای غلطکی بیان شد ملاحظه میگردد که از مزایای زیر که محاسن آن‌ها نسبت به روش‌های عادی محسوب می‌شود برخوردارند:

۱ ــ ساختن دنده‌ها به زمان بسیار کمتری نیاز دارند، سریعتر ساخته شده و در نتیجه ارزان‌تر تولید میگردند.

۲ ــ دقّت ساخت بالاتر بوده و تقسیم شدنِ دندانه‌ها در محیط چرخدنده یکنواخت‌تر است.

۳ ــ احتیاجی به دستگاهی همانند دستگاه تقسیم معمولی و محاسبات مربوطه ندارند، و اغلب بکمک جداولی که همراه هر ماشینی دنده تراش غلطکی وجود دارد یا بر روی جای مناسبی از آن الصاق شده است، نسبت حرکات چرخشی کار و ابزار و سایر عوامل مؤثر را تنظیم می‌کنند.

۴ ــ امکان تراشیدن غلطکی چرخدنده‌های ساده، مارپیچ، کج، چرخ حلزون و نیز پیچهای حلزونی با سهولت خیلی زیادتری بر رویشان وجود دارد.

۲ ــ چرخدنده تراشی «کلّه‌زنی» Gear Shaping

در این روش تولید چرخدنده، اساس کار بدین ترتیب است که ابزار تراشنده چرخدنده، دارای حرکت رفت و آمدی است و در واقع با حرکت نوسانی خود، همانند عملیات صفحه‌تراشی از قطعه کار براده‌برداری می‌کند و می‌توانیم ساخت چرخدنده‌ها را با این سیستم تولیدی به دو گروه متمایز زیر تقسیم‌بندی کنیم:

(۱) ــ کلّه زنی دنده از طریق تقسیمی. (۲) ــ کله‌زنی دنده از طریق غلط‌زدن یا غلطکی.

در سطور زیر به شرح اصول اجرای هرکدام از دو روش فوق می‌پردازیم:

(۱) ــ «کلّه‌زنی دنده» از طریق تقسیمی Indexing Method of gear shaping

ماشینی که برای این منظور بکار گرفته میشود، در عمل همان «ماشین صفحه‌تراش عمودی یا کلّه‌زنی» است که قبلاً در بخش‌های گذشته مورد بحث قرار گرفته است و بر روی آن ابزاری که دارای فرمی مشابه پروفیل دنده مطلوب است مستقر شده و با حرکتی در امتداد قائم از بالا به پائین، عمل براده‌برداری را انجام میدهد و پس از اتمام ماشینکاری هر شیار، با دستگاه تقسیمی که در زیر مسیر تراش قرار دارد و کار بدان متصل است بوسیله چرخانیدن دسته تقسیم دستگاه فوق‌الذکر، و با توجه به محاسبه‌ای که پیش از شروع کار برای آن صورت گرفته است، مقدار تقسیم دنده را بوجود می‌آورند.

مسلماً دقّت چرخدنده‌های تراشیده شده با این طریقه، با فرم ابزار کله‌زنی و نیز میزان دقتی که در تقسیم‌بندی فواصل دنده‌ها بکمک دستگاه تقسیم اعمال شده است وابستگی دارد ولی

مجموعاً باید دانست که این طریقه، در تولیدات زیاد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست و منحصراً در تک‌سازی یا مصارف تعمیراتی از آن استفاده می‌شود.

(۲) ــ «کلّه‌زنی دنده» از طریق غلط‌زدن یا غلطکی «Hobbing Method of gear shaping»

ماشین دنده‌تراش خاصّی که برای این منظور بکار برده می‌شود، ماشینی است کلّه‌زنی غلطکی و در اصطلاحات شناسائی ماشین‌های ابزار اختصاصی، به آن «صفحه‌تراش دنده» هم می‌گویند و افزارهائی که بر روی محور آن نصب می‌گردند میتوانند متنوع باشند ولی دو نوع رایج‌ترشان «پنجه‌ای صفحه‌ای» و «شمشی دندانه‌ای» میباشند (که در شکل‌های شماره ۱۴ ــ ۹ و ۱۵ ــ ۹ نمای شماتیکی آن‌ها نمایش داده شده است).

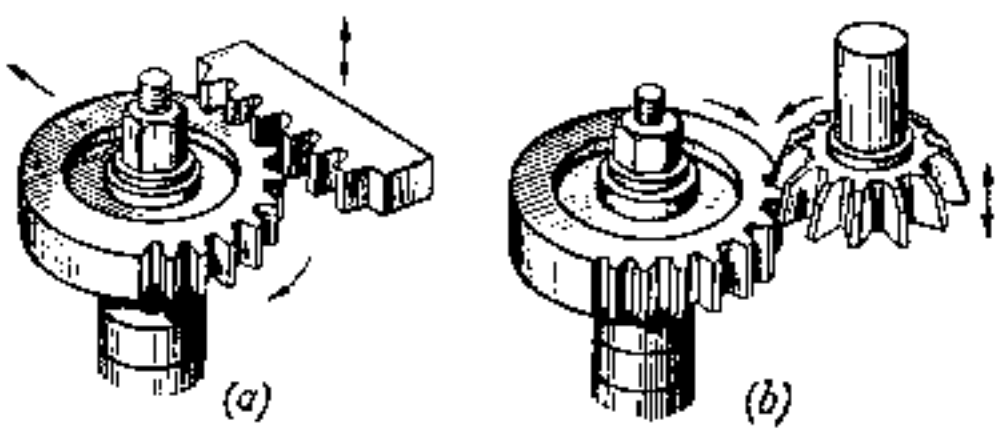
ابزار «کله‌زنی پنجه‌ای صفحه‌ای» شکل ظاهریش شبیه به چرخدنده بوده و حال آنکه نوع دوّمی همانند «دنده شانه‌ای» خواهد بود که دنده‌های هر کدامشان از تعدادی کافی دندانه پشت سر هم بوجود آمده‌اند و یکایک آن‌ها دارای تمامی زوایای اصلی و عمومی ابزارهای فلزتراشی میباشند و چنانچه چنین ابزاری را برای کله‌زنی دنده‌های یک چرخدنده بکار گیرند، علاوه بر آن که محور متصل به آن میبایست نوسانی باشد، لازمست قبل از شروع کردن حرکت برگشت خود، حول محور هندسیش حرکت غلطی که منجر به تقسیم شدن دنده هم خواهد شد انجام دهد و مسلماً کار هم به نوبه خود حرکت اخیر را دارا میباشد و بدین ترتیب با یکدور غلطیدن کار و ابزار در شرایطی که دایره‌های گام آن‌ها مماس میباشند «با مراجعه به شکل تجسّمی (شکل ۱۳ ــ ۹) که نمایانگر مبانی کله‌زنی غلطی است» با پایان گرفتن یک دور غلط کامل، دندانه‌ها هم در محیط کار نمایان می‌شوند و با چند بار تکرار عمل مزبور، تا عمق کامل براده‌برداری می‌شوند.

بنابراین حرکت غلطشی بوسیله ابزار و کار بطور توأم تحقق یافته و در هنگامیکه کشاب حرکت برگشت خود را انجام میدهد، قطعه کار بوسیله تیغه برش، پس زده شده و موقع شروع کورس جدید بطور خودکار به محل اولیه خود برمی‌گردد.

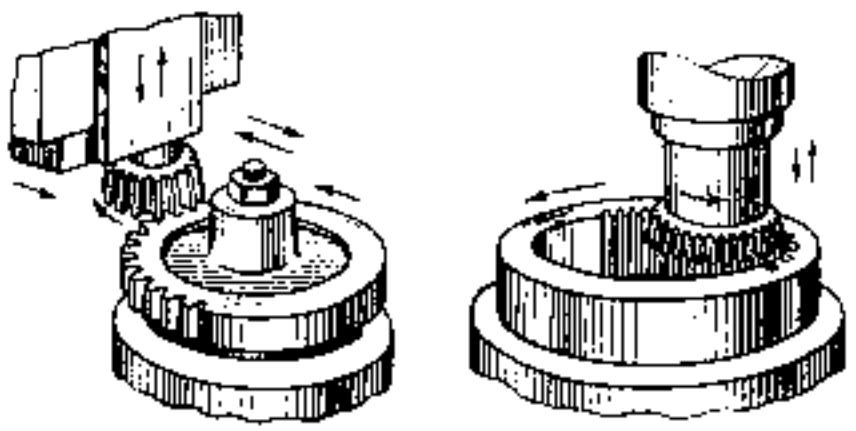
با این نوع ابزارهای کلّه‌زنی علاوه بر چرخدنده‌های با درگیری خارجی «شکلهای: (b) ۱۱ ــ ۹، شکل ۱۲ ــ ۹ سمت چپ، شکل ۱۸ ــ ۹، شکل ۱۹ ــ ۹، شکل ۲۰ ــ ۹» میتوان چرخدنده‌های بادرگیری داخلی «شکل ۱۲ ــ ۹ واقع در سمت راست» و «شکل ۲۲ ــ ۹» و نیز «شکل (b) ۲۳ــ۹» را هم ماشینکاری کرد. ضمناً امکان دارد با نصب مکانیزم‌های ویژه‌ای از آن‌ها برای تراشیدن چرخدنده‌های مارپیچ و جناغی نیز بهره‌گیری کرد (شکل۱۷ ــ ۹اساس کله‌زنی چرخدنده‌های مارپیچی را نمایش میدهد).

در طریقه بالا بایستی ابزار تراش و چرخدنده خام که هنوز بر روی آن دندانه‌ای ایجاد نشده است، بطور محکمی روی محورهای مربوط به خود بسته شده و از داخل ماشین با چرخدنده‌های مناسب بیکدیگر مرتبط باشند تا ابزار کله‌زنی تراشنده دنده و همچنین چرخدنده

خام با سرعتهای گام خطی مساوی نسبت بیکدیگر بچرخند (با در نظر گرفتن «شکل ۱۳ ــ ۹»). اگر در کلّه‌زنی چرخدنده‌ها از ابزار تراشنده «شمشی دندانه‌دار» استفاده کرده باشند. در حالی که به محور اصلی ماشین در وضعیتی محکم مستقر شده، فقط حرکات نوسانی انجام میدهد و حرکت غلطشی مورد نیاز را محور کار ایجاد خواهد کرد. بنابراین همراه شدن حرکت دورانی کار و نوسانی ابزار، دنده‌ها را روی ماده خام شکل میدهد و وقتیکه قطعه کار خود را در مقابل رنده براده‌برداری شانه‌ای، بطور طولی غلط داد، میز کار بحالت اولیه خودش رجعت کرده و آنگاه میز با ماده خام متصل به آن، به اندازه یک دنده دو مرتبه بجلو حرکت می‌کند و این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا همگی دنده‌های چرخدنده مفروض شیارهایش کلّه‌زنی شوند و لازم به تذکر است که علاوه بر دو نوع ابزار تشریح شده در بالا، گونه‌های متفاوتی از ابزارهای اختصاصی، مختص تراشیدن انواع چرخدنده با طریقه کله‌زنی ــ غلطشی طرّاحی و ساخته شده‌اند.



(شکل ۱۱ ــ ۹) تراشیدن دندانه‌های چرخدنده: (a) ــ با ابزار کلّه‌زنی دنده از نوع «شمشی دندانه‌دار» (b) ــ با ابزار نوع «پنجه‌ای صفحه‌ای» با توجه به جهات حرکات ابزار و کار و پارهی دندانه‌ها.

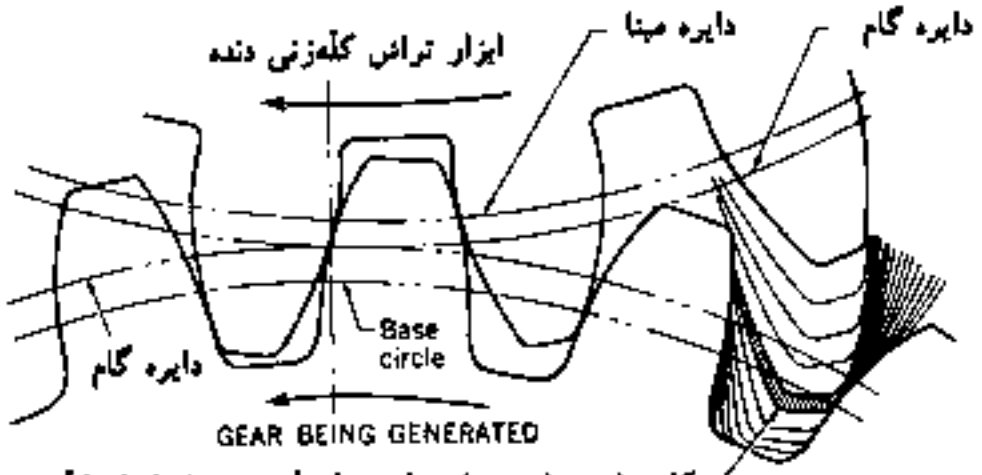


(شکل ۱۲ ــ ۹) شکل‌های شماتیکی نشان دهنده اصول تراش چرخدنده‌ها با طریقه «کلّه‌زنی ــ غلطشی» (به جهات حرکات نوسانی، دورانی و باری توجه شود).

سمت راست ایجاد دندانه‌های داخلی

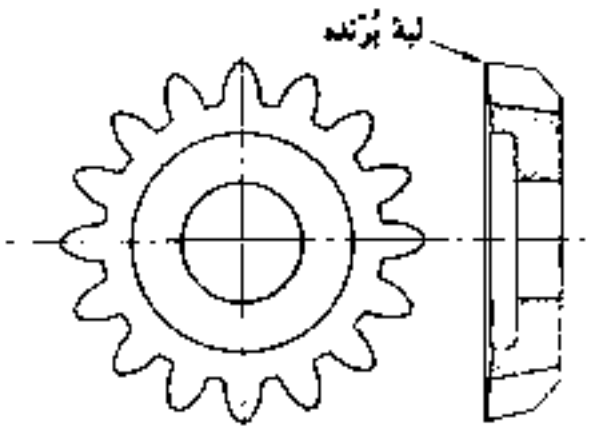
سمت چپ ایجاد دندانه‌های خارجی

چنانچه قرار باشد چرخدنده‌های مارپیچ دوبل یا جناغی را بـا طـریقه کـلّه‌زنـی ــ غلطکی بسازند، ابتدا میبایستی در وسط پهنای دنده شیاری باریک برای خارج شدن تیغه در نظر بگیرند و یا اصطلاحاً شیاری را گاه‌گیری کنند تا این نوع دنده‌تراشی که معمولاً مـختص چنین مـاشین‌های دنده تراش اختصاصی است امکان‌پذیر شود. هنگامیکه بـخواهند ابـزارهای نسبتاً گـران قـیمت کله‌زنی ــ غلطشی را تیز کنند، کافیست که عمل سنگ‌زنی یا اصلاح ابزار از سطح پـیشانی آن‌ها صورت گیرد و نیز لازمست جریان مداومی از مایعات و یا روغن‌های خنک کننده و تراشکاری بر روی ابزار و کار در منطقه براده‌برداری برقرار باشد تـا از استهـلاک زودرس ابـزارها مـمانعت بعمل آمده باشد. در بعضی از ماشین‌های مزبور بازده کار ۱۰ بـرابر بـیشتر از مـاشینهای فـرز معمولی برای تراشیدن چرخدنده با روشهای عادی مـیباشد. (شکل‌های‌زیرو صفحات‌بعد یعنی «شکل ۱۳ ــ ۹» تا «شکل ۲۳ ــ ۹» حدود ۴ صفحه) همگی مرتبط بـه ایـن مـبحث بـوده و هر کدامشان به گونه‌ای نمایش دهنده این تکنولوژی مهمّ دنده‌سازی صنعتی هستند.

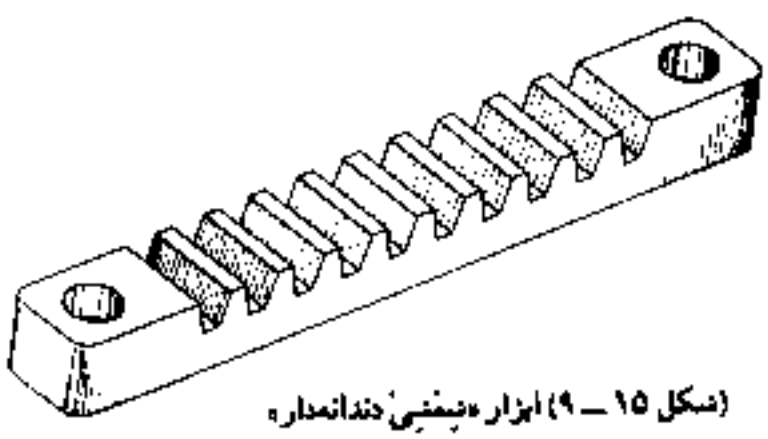


شکل براده تولیدی (از نظر مقطع آن) بوسیله ابزار کله‌زنی دنده.

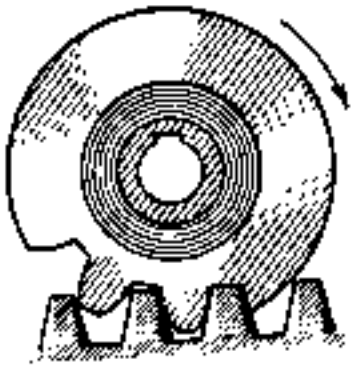
(شکل ۱۳ ــ ۹) نمائی دیاگرامی و شماتیکی جهت نمایاندن اصول برجود آمدن دنـدانه‌های چـرخدنده‌هائـی کـه بـا بکارگیری روش تراش «کله‌زنی ــ غلطی» ساخته می‌شوند.



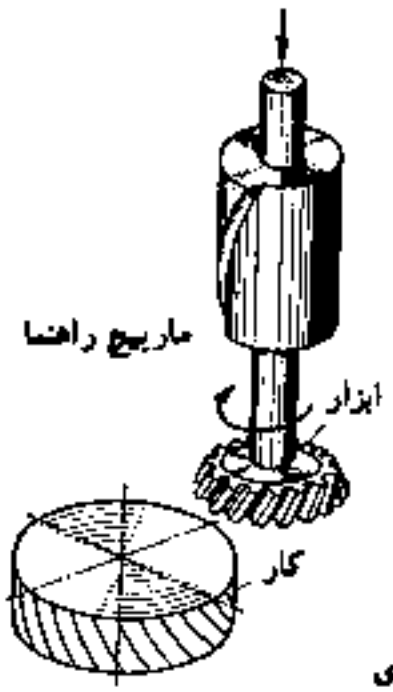
(شکل ۱۴ ــ ۹) ابزار «پنجه‌ای صفحه‌ای» (دردونما) مخصوص تراشیدن چرخدنده‌ها با روش «کله‌زنی ــ غلطی»



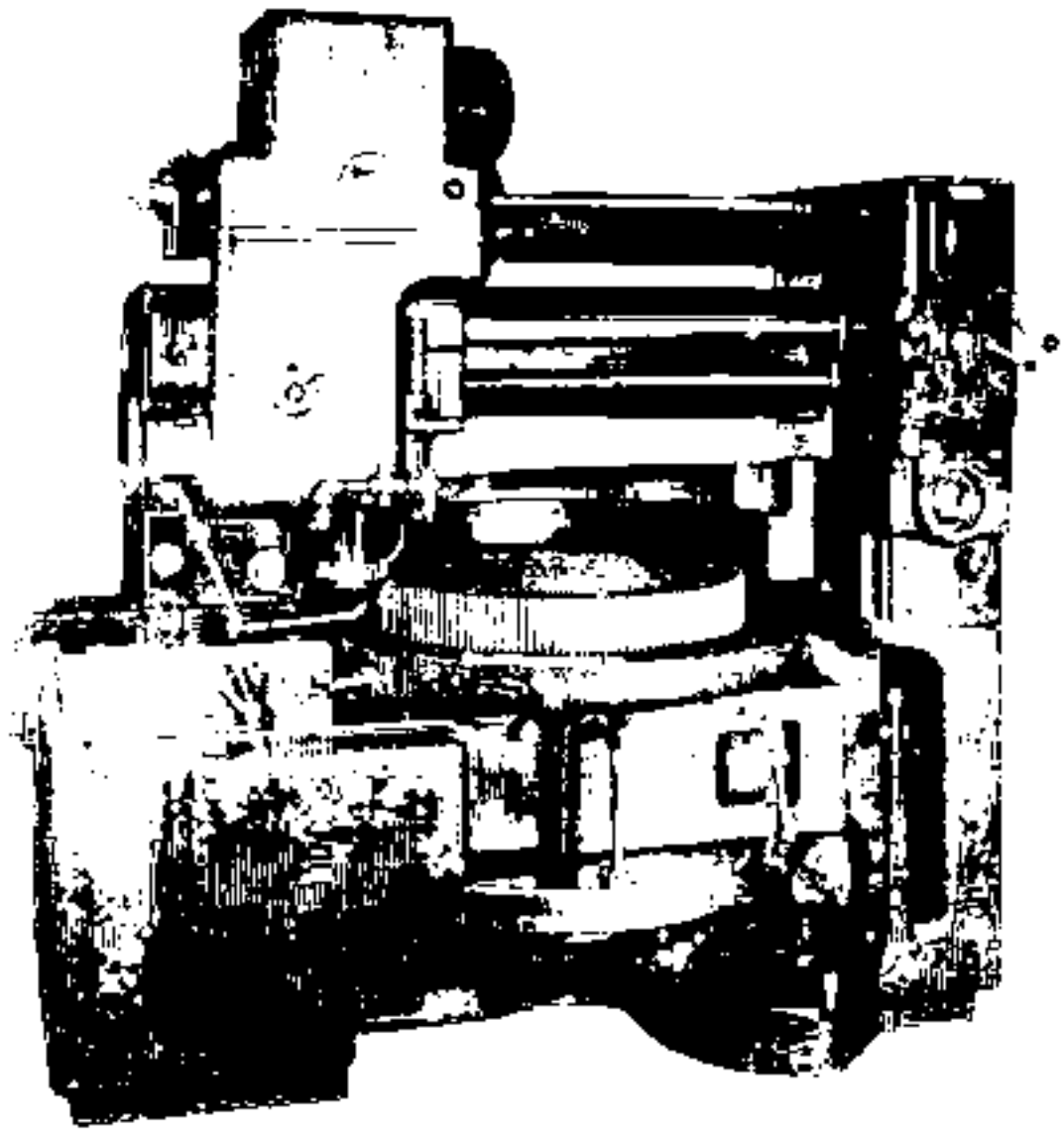
(شکل ۱۵ ــ ۹) ابزار «پیشنی دندانه‌دار» (که شکل ظاهری آن همانند دنده شانه‌ایست) بـرای تـراشیدن چرخدنده‌ها بـا طریق «کله‌زنی ــ غلطی».



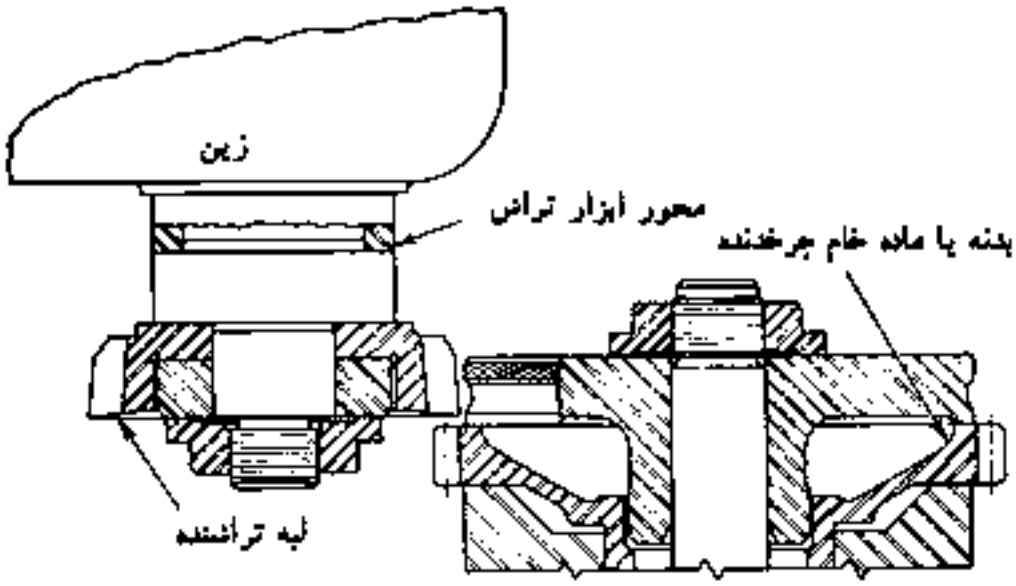
(شکل ۱۶ ــ ۹) نحوه تراشیده شدن یک چرخدنده ساده
بوسیله ابزار «شمشی دندانه‌دار» در عمل کله‌زنی ــ
غلطی از طرق تولید چرخهای دندانه‌دار شده



(شکل ۱۷ ــ ۹) شکلی شماتیکی برای نمایش اساس تراشیدن چرخدنده‌های
ماریچ بکمک مکانیزم ترکیب کننده حرکات لوسانی ــ پیچشی در کله زنی
غلطی دنده‌ها

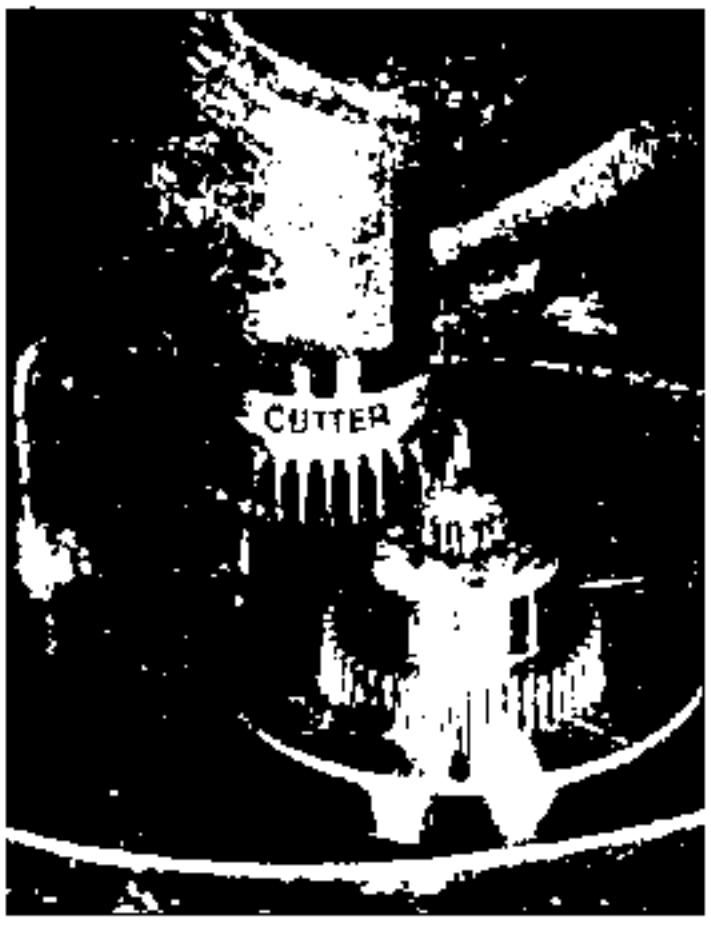


(شکل ۱۸ ــ ۹) شکل حقیقی یک نوع ماشین کله‌زنی غلطی در حال تراشیدن چرخدنده ساده با دنده‌های خارجی

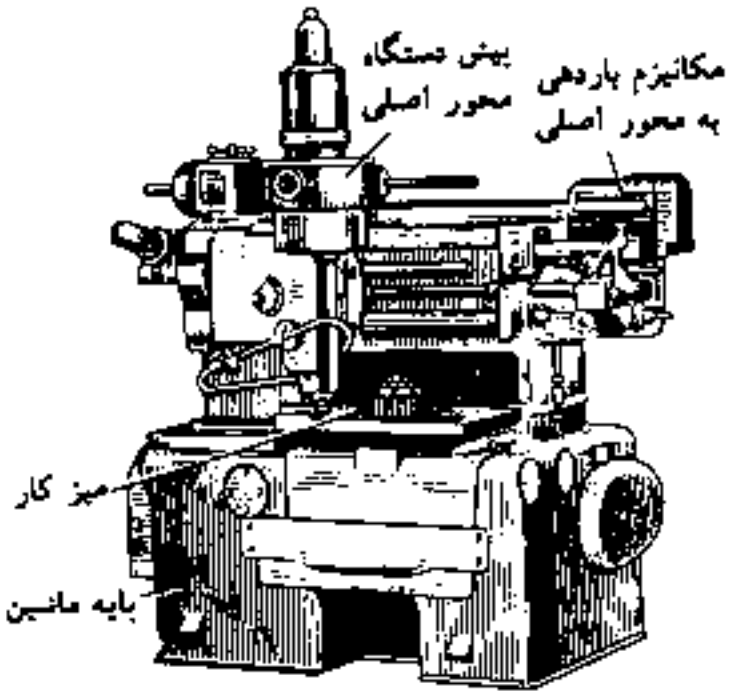


Sketch showing mounting of cutter and blank on gear shaper.

(شکل ۱۹ ــ ۹) تماس شماتیکی برای نشان دادن «ابزار تراش» و «بدنه یا ماده خام چرخدنده» روی ماشین «کلّه‌زنی دنده» (با طریقه کلّه‌زنی ــ غلطی)

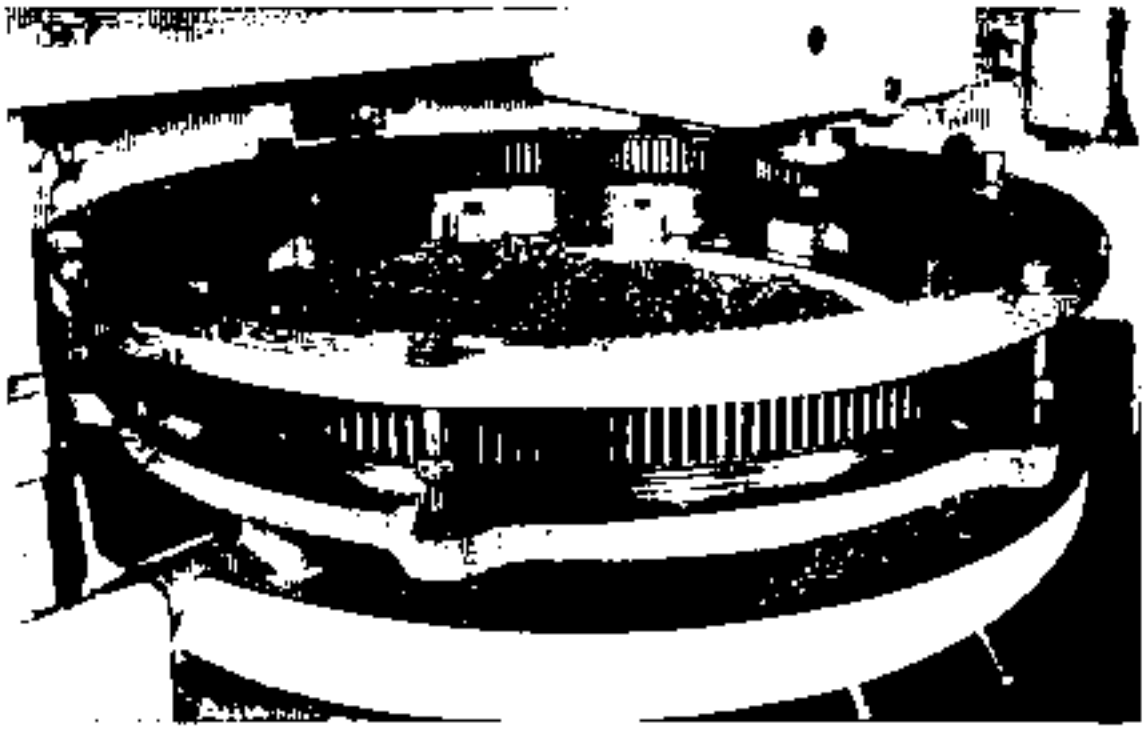


(شکل ۲۰ ــ ۹) شکل حقیقی نحوه تراشیدن چرخدنده‌های ساده با ماشین‌های «کلّه‌زنی دنده» با توجه به شکل، شباهت ظاهری ابزار رفت و آمدی دنده‌تراشی با فرم تراشیده بوسیله آن کاملاً مشهود است و ابزار در حین دارا بودن حرکت نوسانی، بوسیله حرکت‌های غلطشی محوری با محور کار، تقسیم منظم فواصل دنده را نیز ایجاد می‌کند و این عمل در کورس برگشت ابزار بسوی بالا، صورت می‌گیرد.

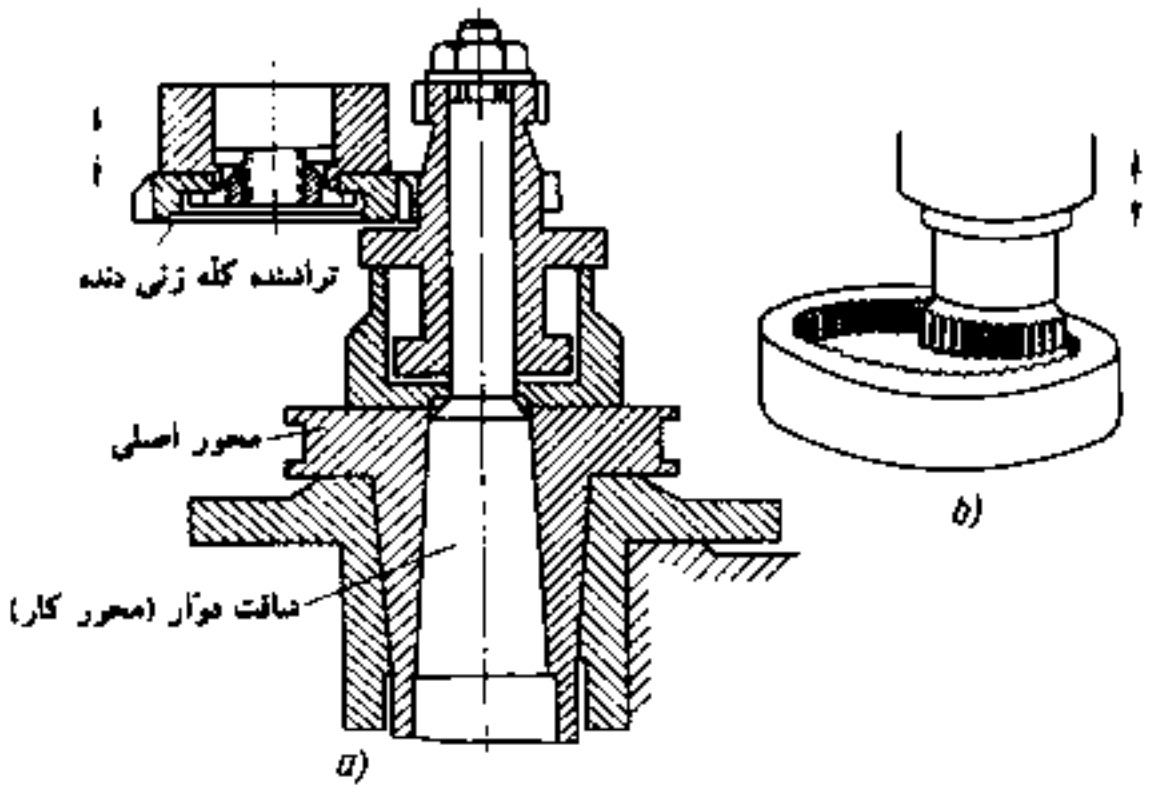


(شکل ۲۱ ــ ۹) نمای ظاهری یک نوع ماشین چرخدنده سازی اختصاصی با روش «کلمزنی دنده از طریق غلط زدن ابزار و کار» چند مشخصه مهمّ این ماشین بقرار زیر میباشند:

قطر ماکزیمم خارجی ماده کار ═ ۵۰۰ ــ پهنای ماکزیمم کار ═ ۱۰۵ ــ مدول ماکزیمم چرخدنده ═ ۶ ــ قطر ماکزیمم درونی برای چرخدنده‌های داخلی ═ ۵۵۰ و طول کورس ماکزیمم رفت و آمدی ابزار ═ ۱۲۵



(شکل ۲۲ ــ ۹) شکل منطقه ماشینکاری شدن یک چرخدنده بزرگ، با دندانه‌های داخلی بوسیله ماشین چرخدنده‌تراش کلّمزنی (رفت و آمدی) و بکارگیری طریقه غلطیدن ابزار و کار.



Gear shaping:

(شکل ۲۳ ــ ۹) شکل‌های شماتیکی «کله‌زنی چرخدنده»
شکل (a) سمت چپ ــ اصول تراش کله‌زنی غلطکی یک چرخدنده ساده بادرگیری خارجی
شکل (b) سمت راست ــ اصول تراش کله‌زنی غلطکی یک چرخدنده ساده بادرگیری داخلی

۳ ــ چرخدنده تراشی مخروطی «Bevel Gear Cutting»

چرخدنده‌های مخروطی عموماً به مخروط‌های ناقصی گفته می‌شوند که بر روی سطح جانبی آن‌ها، دندانه‌هائی با لبه‌های مستقیم و یا منحنی با فرم‌های ویژه‌ای بوجود آورده باشند و به هنگام درگیری با چرخدنده مخروطی دیگری که از لحاظ گام دنده و سایر عوامل مؤثر برای جفت شدن دنده‌ها تأثیر دارند، بتوانند حرکات را بین محورهای متقاطع و یا در مواردی بین محورهای متنافر انتقال دهند.

اصولاً تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی بعلت آنکه در مقاطع مختلف تدریجاً قطر دایره گامشان متناسب با زاویه مخروط گام، تغییر می‌کند. نسبت به ساختن چرخدنده‌های ساده و مارپیچ معمولی که کاربردشان جهت انتقال نیرو و دور برای محورهای موازیست بمراتب مشکل‌تر است. اگر چرخدنده مخروطی را از نظر واحد اندازه‌گیری طولی متعلق به سیستم میلیمتری بدانیم، با توجه به فرمول کلّی $d_0 = m.z$ چون d_0 یعنی قطر دایره گام در دنده‌های مخروطی در هر مقطع متغیّر است ولی z که نماینده تعداد دندانه میباشد، مسلماً مقدار ثابت و مشخصّی برای هر چرخدنده است و نمی‌تواند تفاوتی پیدا کند. لذا برای بوجود آمدن موازنه در طرفین فرمول بالا. لازمست m

یا بعبارت دیگر «مدول» تغییر کند. بنابراین چرخدنده‌های مخروطی میلیمتری همواره دارای مدول متغیّری خواهند بود.

بعنوان مثال چنانچه مقدار مدول ماکزیمم $m_{Max} = ۳$ برای چرخدنده‌ای مخروطی و ساده‌ای داده شده باشد و پس از محاسبه برای آن مدول می‌نیمی برابر $m_{Min} = ۲$ تعیین کرده باشند با در نظر گرفتن مدول‌های استاندارد یا قواره‌بندی شده موجود بین $m = ۲$ و $m = ۳$ فقط تیغه فرزهای ۲/۷۵ و ۲/۵ و ۲/۲۵ = m میتوانند وجود داشته باشند و حال آنکه از لحاظ ریاضی در فاصله دو مقدار ماکزیمم و می‌نیمم یاد شده در بالا، تعداد بی‌شماری اعداد اعشاری میتواند تجسّم شود.

با بیان فرمولی فوق ملاحظه می‌گردد که ساختن چرخدنده‌های مخروطی با امکانات معمولی به نحوی که جزئیات دقیق دندانه‌های بوجود آمده با روابط تئوری یا نظری کاملاً انطباق داشته باشند کاریست بس دشوار و روی همین اصل تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی (و در اینجا مخروطی ساده یا لبه مستقیم) را مبتنی بر دو روش کلّی زیر میدانیم که عبارتند از:

الف ــ ساختن چرخدنده مخروطی ساده با ماشین‌های فرز انیورسال و دستگاه تقسیم انیورسال.

ب ــ ساختن چرخدنده مخروطی ساده با ماشین‌های دنده تراش اختصاصی یا مولّد (ژنراتور) دنده مخروطی که به نوبه خود به چندین نوع منقسم می‌گردند.

در سطور بعدی اصول اجرای هر طریقه بیان می‌گردد.

الف ــ تراشیدن دندانه‌های چرخدنده‌های مخروطی ساده (لبه مستقیم) با ماشینهای فرز انیورسال "Cutting the teeth of Bevel Gears by Universal Milling Machines" ــ در این طریقه، که به آن روش تقسیمی هم می‌گویند، بدنه چرخدنده مخروطی یا ماده خام آماده شده و فاقد دندانه (در اصطلاحات فنی انگلیسی آن را Blank می‌نامند) را که قبلاً باتوجه به محاسبات مربوطه روی ماشین‌های تراش فرم داده و آماده کرده‌اند، بر روی محور اصلی دستگاه تقسیم انیورسال همراه با ماشین فرز به نحو محکمی مستقر نموده و سپس محور کار که همان محور اصلی جعبه تقسیم (Indexing Box) باشد را به اندازه محاسبه شده‌ای (با مراجعه به مطالب مندرج در حساب فنی مرتبط به چرخدنده‌های مخروطی ساده) با استفاده از نقاله مدرّجی که روی انواع انیورسال دستگاههای تقسیم وجود دارد، منحرف می‌کنند و در این شرایط تیغه فرز دنده تراش معمولی، بموازات خطّ مولّد مخروط غلطان قرار می‌گیرد و عمل تقسیم کردن فواصل دندانه‌ها همانند چرخدنده‌های ساده انجام خواهد گرفت.

تیغه فرز با مدول می‌نیمی را که بر مبنای محاسبات لازمه مقدار مدول و نمره آن را تعیین کرده‌اند روی محور اصلی دوّار ماشین فرز انیورسال سوار شده و تعداد دوران بر هر دقیقه و نیز

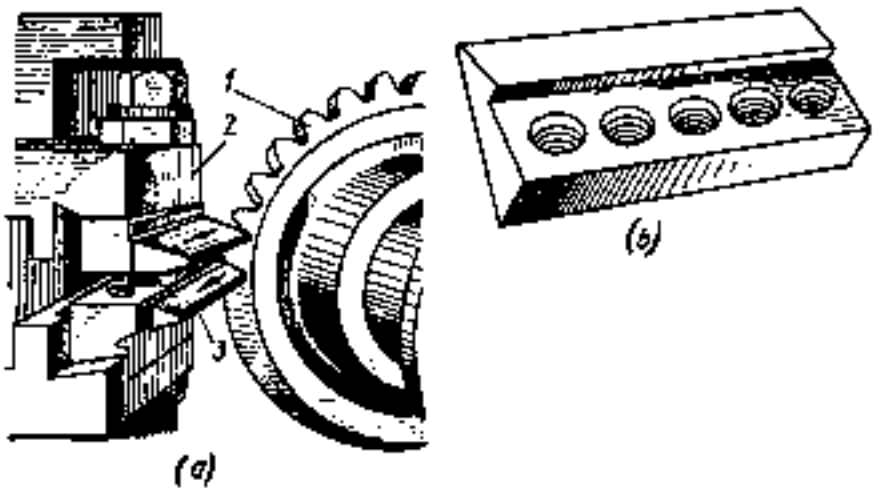
جهت دوران آن را تنظیم می‌کنند و عمل براده‌برداری را برای یکایک شیارهای دنده در هر بار تقسیم شدن اجراء می‌نمایند تا عمق یا ارتفاع کامل در دو ناحیه متمایز مدول می‌نیم و مدول ماکزیمم بوجود آید و برای شکل‌دهی مناسب‌تر به دندانه‌های ساخته شده، بنا در اختیار داشتن «زاویه بغل تراشی» محاسبه شده، میز ماشین فرز، یعنی میز اصلی و افقی آن را در دو جهت به اندازه زاویه فوق منحرف کرده و دندانه‌ها را بغل تراشی می‌کنند تا بدینوسیله شیارهای دنده‌ای حاصل شود که پهنای آن در ابتدا و همچنین در قسمت انتهائی شیار تفاوت لازمه را کسب کرده باشد.

تراشیدن چرخدنده مخروطی با روش فوق‌الذکر در بسیاری از کارگاههای دارای ماشین‌های فرز انیورسال و دستگاه تقسیم انیورسال شدنی است به شرط آنکه کلیه محاسبات لازمه را دقیقاً انجام داده و کنترل کرده و آنگاه اقدام به تراشیدن دنده مخروطی نمایند. باید توجه داشت که فقط در موارد ضروری و معمولاً دورهای نسبتاً کم، چرخدنده‌های مخروطی ساده ساخته شده با این طریقه، رفع نیاز خواهند کرد و برای تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی دقیق‌تر میبایست از انواع ماشینهای مولّد دنده مخروطی بهره‌گیری کنند.

ب ــ تراشیدن دندانه‌های چرخدنده‌های مخروطی ساده (لبه مستقیم) با ماشینهای مولّد آن‌ها: برای ماشینکاری شیارهای دنده، چرخدنده‌های مخروطی ساده (یا لبه مستقیم) و همچنین انواعی از آن‌ها که دارای دندانه‌هائی با لبه‌های مورّب و قوس‌دار هستند از ماشین‌هائی که مختص اینگونه عملیات طرّاحی و ساخته میشوند و به «مولّدها یا ژنراتورهای دنده مخروطی Bevel" "Gear Generators شهرت دارند استفاده می‌کنند و با پیشرفت‌هائی که در ساختمان و طرز کار آن‌ها بعمل آمده بنوبه خود دارای نمونه‌های گوناگونی میباشند و اصول عملکرد تعدادی از گونه‌های رایج‌ترشان را باختصار بیان میداریم که عبارتند از:

(۱) ــ ساختن چرخدنده‌های مخروطی با دو ابزار «رندیدن» شیارهای دنده

«شکل ۲۴ ــ ۹» چگونگی طرز عمل دو ابزار فرم‌دار رنده کننده شیارهای چرخدنده مخروطی ساده را نشان میدهد و روشی است که میتواند برای تراشیدن انواع بزرگتر این گونه چرخدنده‌ها با گام‌های درشت‌تر کاربرد داشته باشد. بدنه چرخدنده خام که هنوز بر روی آن دندانه‌ای بوجود نیامده است روی محوری تحت زاویه معینی نسبت به مسیر رفت و آمد ابزارها محکم سوار می‌شود و گهواره‌ای که ناقل دو ابزار است و برایش حرکتی «نوسانی» یا «گهواره‌ای» بوجود آمده در طول کورس قابل تنظیمی که منجر به رندیدن کامل عرض دنده مخروطی خواهد شد رفت و آمد می‌کند و مسلماً حرکت غلطشی هم میبایست توسط کار بوسیله محورش، انجام شود تا بدین ترتیب تقسیم فواصل دنده‌ها هم صورت گرفته باشد و مکانیزمی که



Operation of two tools in cutting straight-tooth bevel gears (*a*) and general view of tool (*b*)

(شکل ۲۴ ــ ۹) شکل‌های نشان دهنده ناحیه ماشینکاری دنده‌های چرخدنده مخروطی ساده با ماشین مولّد یا تولید کننده نوع دارای «دو قلم رنده‌کاری»

شکل (a) نحوه عمل دو ابزار در تراشیدن چرخدنده مخروطی دنده مستقیم

شکل (b) نمای عمومی ابزار (که با عبور داده شدن ۵ پیچ از سوراخهای قلاویز شده‌اش به گهواره رفت و آمدی ماشین محکم می‌شود و ابزارها جهت آمد و رفتشان عکس یکدیگر است و بر روی شکل (a)، اعداد نشان‌دهنده این قسمت‌ها میباشند: ۱ ــ چرخدنده خام که در حال دندانه‌دار شدن است ۲ ــ گهواره ابزار بند نوسانی ۳ ــ رنده‌های دنده‌تراش

در داخل ماشین به محور کار ارتباط دارد عهده‌دار اجرای این خواسته میباشد. ابزارها دقیقاً لازمست با ماشین‌های سنگ ابزار تیزکنی ویژه‌ای فرم مقطع مطلوبی را قبلاً بدست آورده باشند و در شرایطی که کُند شوند از گهواره ماشین مولّد دنده مخروطی جدا شده و مرمّت یا تعویض می‌گردند.

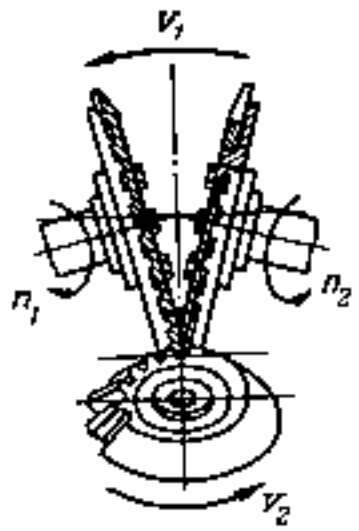
(۲) ــ ساختن چرخدنده‌های مخروطی با دو ابزار «دوّار» تراشنده شیارهای دنده

این نوع تولید چرخدنده‌های مخروطی لبه مستقیم، معمولاً میتواند برای چرخدنده‌های بزرگ و گام زیاد (اگر اندازه‌هایشان با سیستم میلیمتری باشد جهت دنده‌های مدول بالا) کاربرد داشته باشند.

ابزارهای دوّار سوار شده روی «دیسک‌های ابزارگیر چرخان» حول محورهای جداگانه ولی با دور مساوی و نیز سوی چرخش یکسان، دوران می‌کنند و هر کدامشان یک سطح پروفیل شیار یک دنده و مجموعاً دو طرف مسیر درست شدن منحنی‌های بغل دندانه‌ها را برادەبرداری می‌نمایند و بدین ترتیب چنانچه عمل تقسیم دنده توسط مکانیزمی که دو محور دوّار را با هم وادار به تغییر مکان سمتی (باتوجه به فلش V_1 از روی «شکل شماره ۲۵ ــ ۹») می‌کند و همچنین

چرخدنده خام را نیز می‌چرخاند، در واقع برای مجموعهٔ آن‌ها «حرکت غلطشی تقسیم دنده» را سبب می‌شود، صورت گیرد، تدریجاً دندانه‌ها شیارشان بر روی سطح جانبی قطعه کار تراشیده خواهند شد و مسلماً با تنظیم دقیق نسبت‌های دوران یا چرخش حرکات غلطشی ابزارها و کار و بالابردن دقت عمل فرم دادن به رنده‌های تراشکاری مستقر شده در دیسک دوّار، قادر خواهند بود چرخدنده‌های مخروطی مطلوب را شکل دهند.

لازم به توضیح است که با بوجود آوردن تغییراتی میتوانند از ماشین‌های مبتنی بر اصول بالا برای تولید چرخدنده‌های مخروطی با دندانه‌های «لبه مورّب» که تعدادی از انواع آن در «شکل ۳۲ ــ ۹» نشان داده شده است نیز بهره‌گیری کنند.



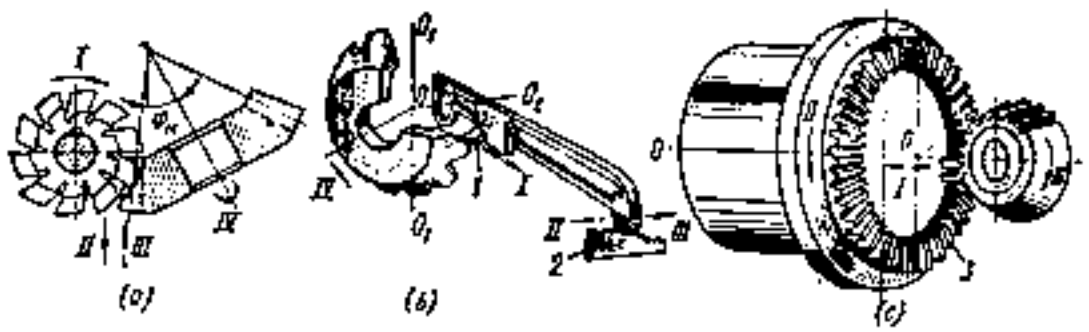
(شکل ۲۵ ــ ۹) شکل شماتیکی اصول تراشیدن شیارهای یک چرخدنده مخروطی با دندانه‌های «لبه مستقیم» بکمک «دو دیسک ابزارگیر دوّاره» در ماشین‌های مولّد دنده‌های مخروطی

(۳) ــ ساختن چرخدنده‌های مخروطی با «یک ابزار رنده کاری» و استفاده از «شابلُن دنده»

در این طریقه برای تراش‌دادن شیار دنده مخروطی مورد نظر از «یک ابزار رنده‌کاری» که حرکتی رفت و آمدی دارد و دنباله ابزارگیر آن از انحنای پروفیل یک صفحه شابلن مقطع دنده تبعیّت می‌کند، استفاده می‌نمایند. حرکت تقسیمی فواصل دندانه‌ها نیز در مکانیزم داخلی ماشین و مرتبط به کار و ابزارگیر اجراء می‌شود و چون شابلن یا الگوی نصب شده در دستگاه، دقیقاً پروفیل دندانه‌های چرخدنده مخروطی خواسته شده را داراست، لذا دندانه‌های تولیدی با ماشین مولد دنده مخروطی مجهّز به ادوات فوق‌الذکر دارای کیفیت بهتری نسبت به انواع فرزکاری شده با ماشین‌های فرز و دستگاه‌های تقسیم انبورسال میباشند. (شکل‌های «b ۲۶ ــ ۹» و نیز «شکل ۲۹ ــ ۹» از ردیف دوّم و سمت چپ) نمایانگر اصول اجرای این روش تولید چرخدنده‌های مخروطی میباشند.

توجه: اصولی که در مورد تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی در ۵ صفحه این مبحث بیان

شد با شکل‌های شماره: «۲۷ ــ ۹» تا «۳۴ ــ ۹» در صفحات بعدی تکمیل می‌گردند و همانطور که در متن قسمت‌های قبلی بیان گردید با بوجود آوردن دگرگونی‌هائی در مکانیزم‌های ماشین‌های مولّد دنده مخروطی، میتوانند گونه‌های مورّب این اجزاء ماشین مهمّ را که از مزایای بهتری در شرایط کاری برخوردار هستند نیز ایجاد کنند.



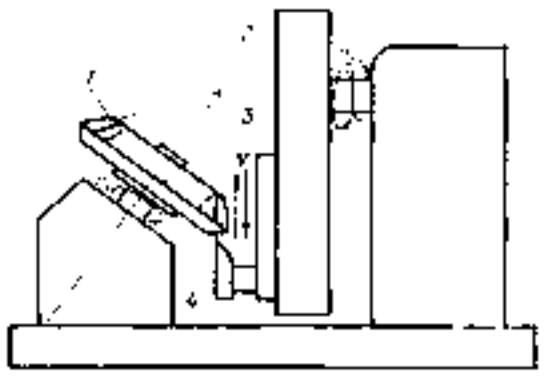
(شکل ۲۶ ــ ۹) شکل‌های «دیاگرامی» تراش چرخدنده‌های مخروطی با روش‌های مختلف شامل:

(a) ــ اصول تراشیدن شیارهای دندانه‌های چرخدنده مخروطی ساده یا لبه مستقیم با ماشین فرز و نیز دستگاه تقسیم انپورسال که ابزار تراشنده تیغه فرز فرم‌دار دنده تراش میباشد و بر روی شکل (a) جهت دوران تیغه فرز، جهت باردهی عمقی، جهت برگشت سریع تیغه فرز پس از تراش هر شیار به وضع اولیه و نیز جهت تقسیم شدن دنده یا دستگاه تقسیم نشان داده شده است.

(b) ــ اصول تراشیدن چرخدنده مخروطی با مولدی که به شابلن پروفیل دنده و سایر وسائل کپی دنده مجهز شده است و روی این شکل ۱ ابزار فرم تراش رفت و آمدی و ۲ شابلن را نشان میدهد جهات نوسان «یک ابزار» این روش و نیز سوی حرکت تقسیم غلطشی با فلش‌ها نمایانده شده است.

(c) ــ یکی از روش‌های تولید چرخدنده‌های مخروطی ساده یا لبه مستقیم که بر روی این شکل عدد ۳ چرخ دندانه‌دار مولّد دنده را نشان میدهد و در سمت راست آن چرخدنده خام در حالت دندانه‌دار شدن میباشد و ضمناً حرکات چرخشی محورهای آن‌ها که تقسیم غلطشی را سبب می‌شود مشخص گردیده است.

(شکل ۲۷ ــ ۹) اصول کار مولّد چرخدنده مخروطی «لبه مستقیم» که اعداد و حروف روی شکل نماینده مفاهیم زیر میباشند:



۱ ــ چرخدنده خام که هدف ایجاد دندانه بر روی سطح جانبی آن میباشد.

۲ ــ گهواره ناقل ابزارهای رفت و آمدی که خود توسط محور اصلی ماشین برای اجرای حرکت تقسیم دنده وادار به چرخش می‌شود.

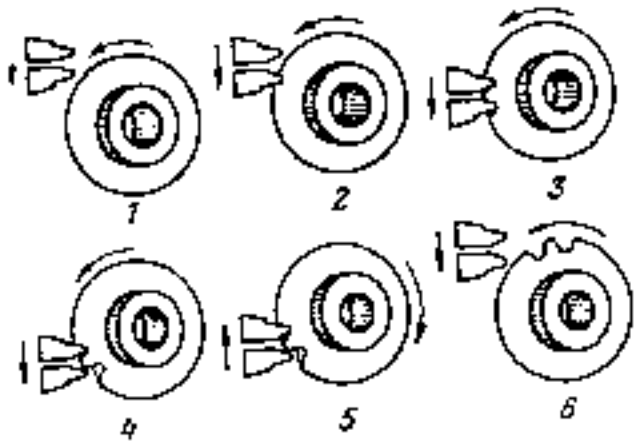
۳ ــ لغزنده ابزارگیر و سوار شده روی گهواره

۴ ــ ابزارهای فرم‌دار نوسان کننده در جهات مشخص شده با فلش

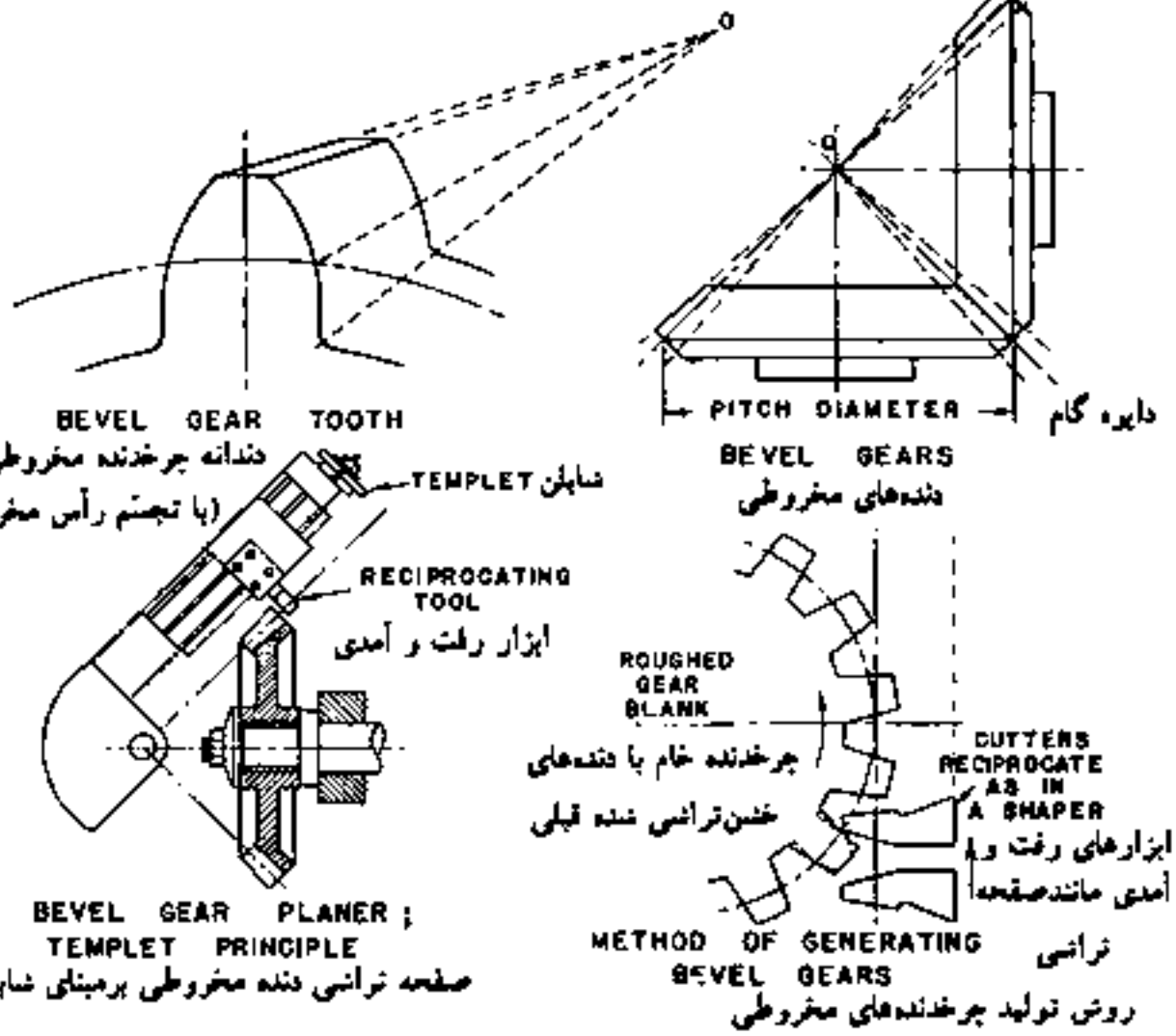
۷ ــ سرعت خطی رفت و آمدی ابزارها

n_1 = تعداد چرخش بر هر دقیقه محور کار که از داخل ماشین با محور گهواره مرتبط است و این نسبت دورها، حرکت غلطشی تقسیم کننده فواصل دنده را سبب میگردد.

n_2 = تعداد چرخش بر هر دقیقه محور اصلی ماشین که همراه خود قطعه ۲ را هم میچرخاند.



(شکل ۲۸ ــ ۹) شکل‌های شماتیکی وضعیت‌های متوالی یا پشت‌سر هم دو ابزار رفت و آمدی برای تراشیدن شیارهای دندانه‌های چرخدنده مخروطی ساده یا لبه مستقیم بر روی بدنه چرخدنده خام (به جهت‌های حرکات برداری رنده‌ها و نیز جهت چرخش کار توجه شود)



Bevel-gear cutting.

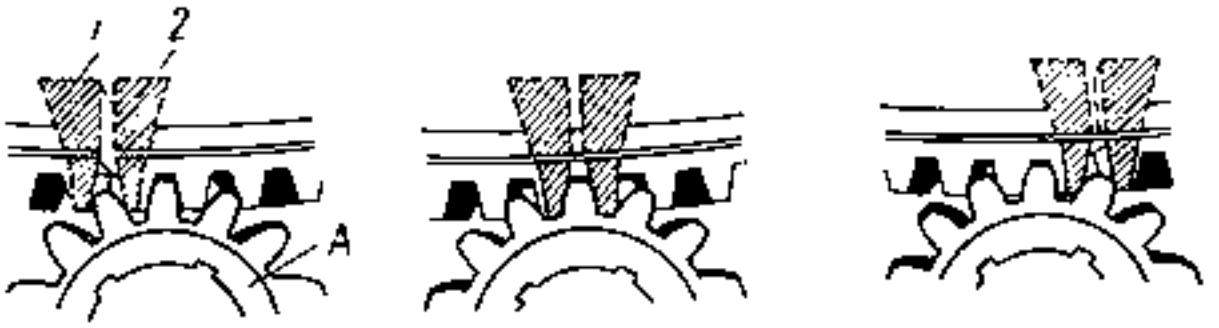
(شکل ۲۹ ــ ۹) شکل‌های نمایشگر اصول تراشیدن چرخدنده‌های مخروطی با دو روش ازطرق متداول برای این منظور، چهار شکل فوق نشان دهنده قسمت‌های زیر میباشند:

(شکل بالا سمت چپ): نمای یک دندانه چرخدنده مخروطی لبه مستقیم

(شکل بالا سمت راست): دو چرخدنده مخروطی ساده درگیر با هم از لحاظ نمایش هندسی آنها که زاویه بین محورهایشان ۹۰ درجه بوده و یا اصطلاحاً محورهای «متقاطع متعامد» دارند.

(شکل پائین سمت چپ): اصول صفحه تراشی دنده مخروطی با «یک ابزار» برمبنای روش استفاده از شابلن یا «الگوتراشی دنده»

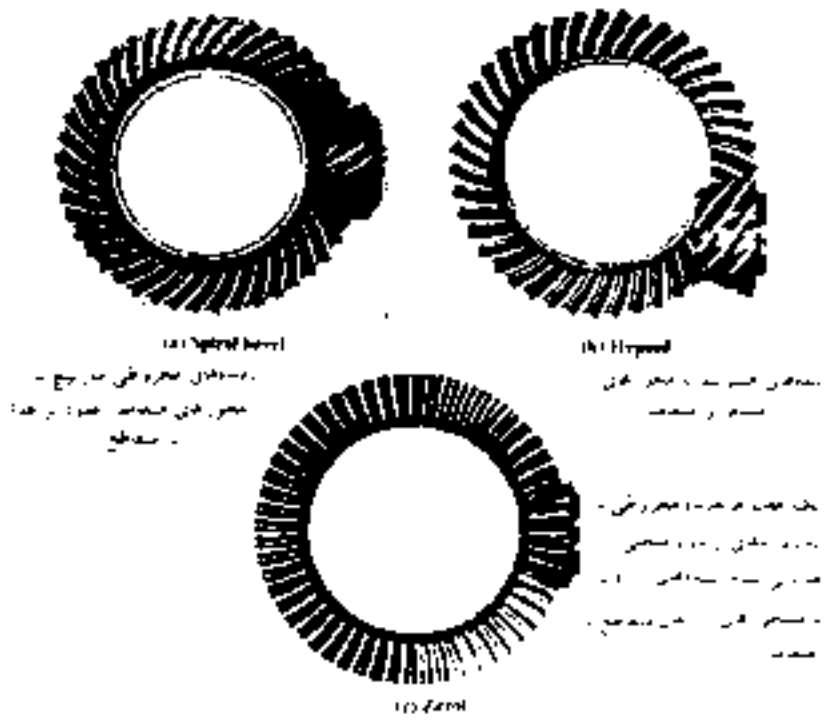
(شکل پائین سمت راست): روش تولید چرخدنده مخروطی با «دو ابزار رفت و آمدی»



Generating straight bevel gears with two reciprocating tools

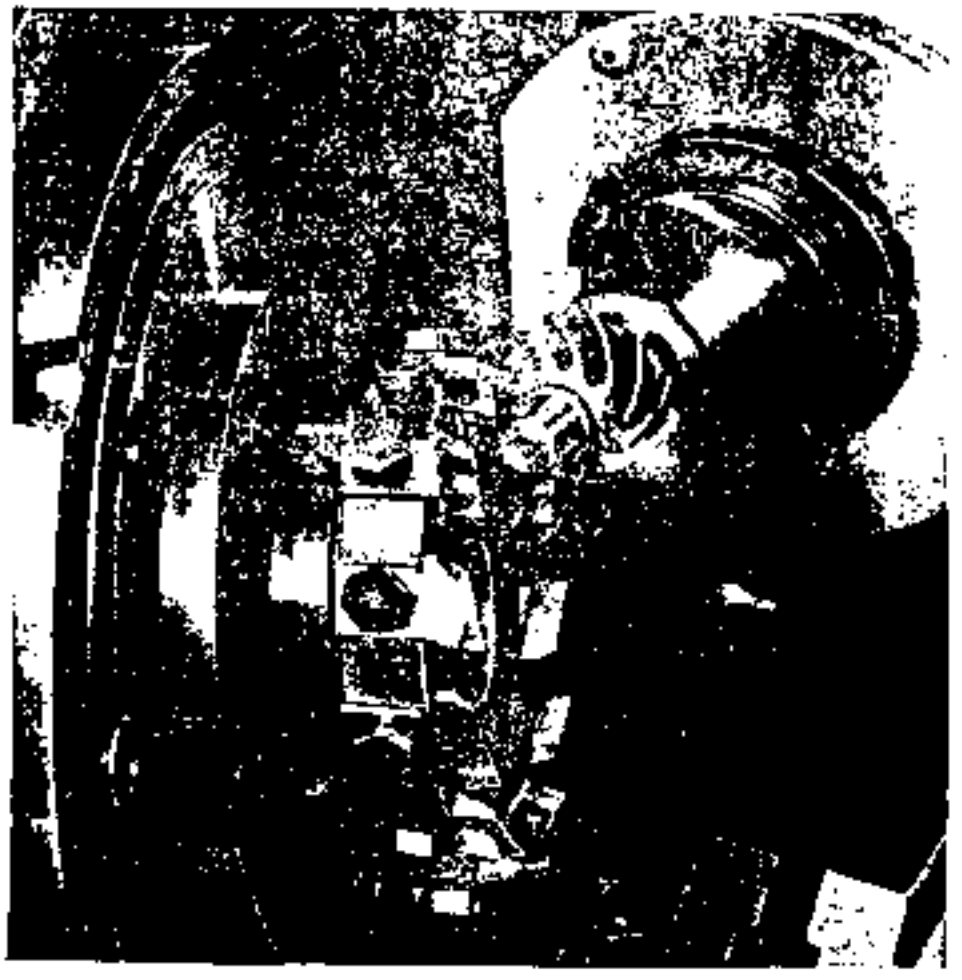
(شکل ۳۰ ــ ۹) شکل‌های دیگری برای نشان دادن «تولید چرخدنده‌های مخروطی لبه مستقیم با دو ابزار نوسانی» که مراحل اجرای آن با ابزارهای ۱ و ۲ نمایش داده شده است.

(شکل ۳۱ ــ ۹) یک جفت چرخدنده مخروطی ساده لبه مستقیم با زاویه تقاطع ۹۰ درجه



(شکل ۳۲ ــ ۹) انواع چرخدنده‌های مخروطی با لبه دندانه‌های مورّب که دو به دو یا سه جفت شده‌اند

(شکل ۳۳ ــ ۹) شکل ناحیه ماشین کاری دندانه‌های یک چرخدنده مخروطی ساده یـا لبه مستقیم بکمک یک نـوع ماشین اختصاصی «مولّد یا ژنراتور دنده مخروطی با دو ابزار رفت و آمدی»



(شکل ۳۴ ــ ۹) منطقه پراده برداری شیارهای دندانه‌های یک چرخدنده مخروطی و مارپیچ (مانند دنده پینیون در سیستم دیفرانسیل اتومبیل‌ها) بوسیله نوعی مولد دنده مخروطی تپه مورّب بنام ماشین «گلیسون [redacted] با ابزار دوّار دارای چندین تیغه تراشکاری دنده

فصل دهم

سنگ‌زنی

«مواد ساینده ــ سنگ‌زنی و ماشین‌های سنگ‌زنی»

"Abrasive Substances – Grinding and Grinding Machines"

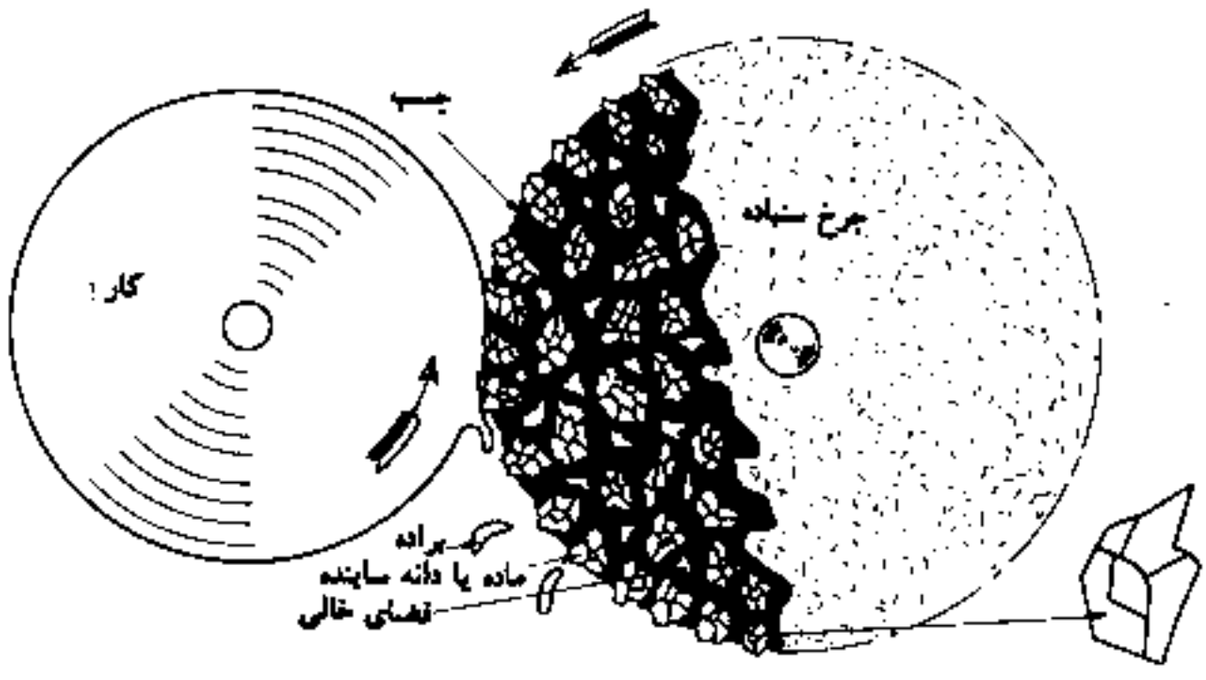
مقدمه: صیقلی کردن و سنگ زدن عبارتست از تراش فلزات توسط چرخ‌های سنباده که ابزار برش ماشین‌های سنگ‌زنی را تشکیل میدهند. در قدیم از چرخ سنباده‌هائی که از ماسه ساخته شده بودند برای تیز کردنِ ابزارهائی که جنس آن‌ها از فولاد کربن‌دار بود استفاده می‌کردند و مخصوصاً در موقع رفع معایب حاصله از عملیات حرارتی روی قطعاتی که در ساختمانشان فولادهای سخت شده بکار برده شده بود، لزوم این عمل کاملاً محسوس بود، زیرا بعلت جزئی بودن معایب، فقط قشر بسیار نازکی میبایست از رویشان سائیده میشد. صاف کردن و تراش فلزات بوسیله سنگ سنباده از دیر زمان در صنایع فلزکاری با همان روش‌های ابتدائی متداول بوده است تا آنکه در سال ۱۸۷۰ میلادی نخستین ماشین سنگ سنباده «گردسابه» با شکلی شبیه به انواع امروزی آن ساخته شد. این شیوه فلزسائی که مزایای زیادی را نیز بهمراه داشت در ماشین‌سازی برای خودش جا باز کرد و چون ضرورت زمان هم ایجاب میکرد، انواع مختلف ماشین‌های ساینده در کارخانجات طرّاحی و ساخته شدند.

چون میتوانیم سالهای ربع آخر قرن نوزدهم میلادی را دوران تکامل و متنوع شدن ماشین‌های بخار نصب شده در کارخانجات بعنوان یک موتور ثابت و محرک سایر ماشین‌آلات و نیز ایجادکننده قدرت در لکوموتیوهای بخاری که نیرومندترین وسائل نقلیه زمینی تا آن زمان محسوب میشدند و همچنین ظهور موتورهای احتراق داخلی بنزینی (توسط نیکلاس آگوست اتو Nikolass August Otto) در سال ۱۸۷۶، پیدایش و تکامل موتورهای درون سوز نوع دیزلی (توسط رودلف دیزل Rudolf Diesel) از سال ۱۸۹۳ بعد، و نیز تکمیل شدنِ تدریجی توربین‌های بخاری را در همان سال‌ها بدانیم، بنابراین کاملاً روشن بنظر میرسد که طرز کار مطلوب همگی این ماشین‌های گرمائی کاملاً به دقیق بودنِ اندازه و ابعاد قطعاتشان وابسته بود، طوریکه صدم‌های میلیمتر و هزارم‌های اینچ در عملیاتی مانند سنگ زدنِ میل‌لنگ‌ها نقش داشتند و ناچاراً سازندگان آن‌ها، تولید و ساخت ماشین‌های ساینده را در اولویت قرار دادند و بموازات آن شکل‌های متنوعی از مواد ساینده مصنوعی که چند نمونه از آن‌ها را از نقطه نظر تکنولوژی

موادشان تحت بررسی قرار خواهیم داد، و در طبیعت نظیرشان وجود نداشت مورد استفاده قرار گرفتند. دلیل آن هم این بود که مواد ساینده طبیعی که از قدیم کاربرد داشتند و اکثراً از ماسه و کوارتز تشکیل شده بودند، بعلّتِ عدم تجانس ساختمان و سائیده شدنِ سریع، برای پرداخت کاری چندان تناسبی نداشتند و روی همین اصل بمرور زمان جای خودشان را به مواد ساینده مصنوعی دادند و تقریباً از سال ۱۸۹۳ که کوره‌های الکتریکی متناسبی برای این منظور ساخته شد، امکانات تولید و ساختِ مواد ساینده‌مصنوعی نیز عملاً فراهم گردید.

بررسی تکنولوژی «سنگ‌زنی» و «ماشینکاری سایشی»

بطور کلّی، برداشتن فلزات یا مواد دیگر از روی قطعات کار مربوطه، بفرم تراشه‌ها و ذرات بسیار ظریف، توسط لبه‌های بُرنده فوق‌العاده کوچک «ساینده‌ها» را فرایند تولید سایشی گویند. در حالتی که دانه‌بندی ساینده‌ها، مخصوصاً انواع مصنوعی آن، که به شکل کنترل شده‌ای برای این منظور بکار گرفته شده باشد، دارای محدوده عملکرد بسیار گسترده‌ای خواهد بود و علاوه بر آن که ممکن است با این روش‌ها، خشن‌تراشی و برادەبرداریهای سایشی قابل ملاحظه‌ای را اجراء کرد، امکان بوجود آوردن پرداخت‌ترین سطوح تا مرحله صیقل نهائی نیز در ردیف کارهای اجراء شدنی با این تکنولوژی در حال توسعه قرار دارد. در عملیات سنگ‌زنی که اغلب از چرخهای سنباده گوناگون استفاده می‌کنند، در واقع ابزاری را بکار میبرند که مجموعه‌ایست از «ذرات ساینده و چسب دربرگیرنده آن‌ها» و هر کدام از ذرات ساینده درگیرشونده با سطوح کار در

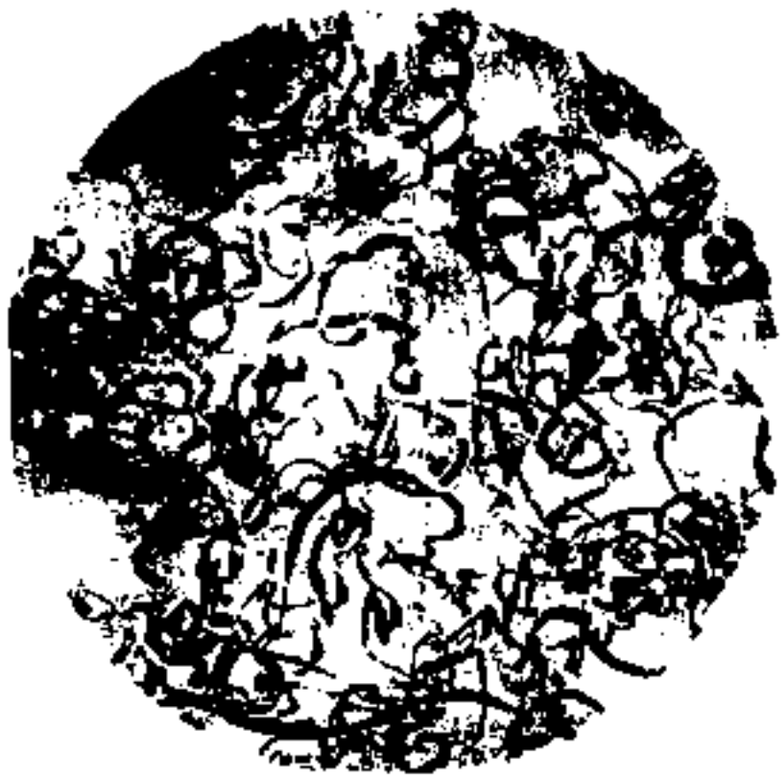


(شکل ۱ ــ ۱۰) ساختمان عمومی چرخ سنباده و نحوه عمل یک دانه ساینده (با شکلی شماتیکی که خارج از اندازه طبیعی بزرگتر نشان داده شده است و ذره ساینده را لابلای چسب محاط بر آن نمایان می‌سازد)

حال سنگ‌زنی را میتوانیم بمنزله یک «رنده کوچک فلزتراشی» بشمار آوریم.

علاوه بر آنکه در سنگ‌زنی کیفیت صافی سطوح کار، کاملاً قابلیت کنترل شدن را دارد، آن‌ها را میتوان با اندازه‌های بسیار دقیق و با «تلرانس خیلی کم» ساخت و تولید نمود. چنانچه هدف از بکار بردن مواد ساینده تراشه‌برداری سریع و در عین حال بمقدار زیاد، جهت ایجاد فرم مطلوب «با اندازه‌ای تقریبی» باشد، چنین عملی را «ماشینکاری سایشی» می‌نامند.

بنابراین در سنگ‌زنی، ماشینکاری سایشی و همچنین عملیات پرداخت‌کاری در حالیکه همگی از مواد ساینده متناسب با شرایط کاریشان بهره‌گیری می‌کنند، از نقطه نظر نتایجی که در خاتمه کار عاید می‌سازند با هم تفاوت‌های فاحشی را دارا خواهند بود. شکل شماتیکی (۱ ــ ۱۰) نشان‌دهنده ساختمان عمومی چرخهای سنباده و نیز طرز عمل یک دانه ساینده میباشد.



(شکل ۲ ــ ۱۰) شکل واقعی براده‌های ظریف تولید شده از یک قطعه کار بوسیله عملیات سنگ‌زنی که بکمک ذره‌بین با درشت نمائی کافی بوجود آمده

مزایای سنگ‌زنی و سنباده‌کاری قطعات کار

بطور کلّی عملیات سنگ‌زنی و سنباده‌کاری، نسبت به سایر روشهای براده‌برداری با ابزارهای فلزتراشی دارای مزایائی بقرار زیر میباشند:

۱ ــ چون ذرات مواد ساینده فوق‌العاده سخت هستند، لذا در شرایطی که هیچکدام از ابزارهای معمولی براده‌برداری قادر بکار نباشند، منحصراً میتوان از آن‌ها استفاده کرد.

۲ ــ چون بوسیله سنگها و چرخهای سنباده میتوان براده‌های بسیار ظریفی را از سطوح کار برداشت، لذا فشار وارده از ابزار بر کار بمراتب کمتر از فشار ابزارهای فلزتراشی بوده و بنابراین نه تنها تغییر فرم چندانی در قطعه کار بوجود نمی‌آورند، بلکه تاب‌خوردگی‌های ناشی از عملیاتی مانند آبکاری را قادرند با سنگ‌زنی مناسب برطرف سازند.

۳ ــ چون ابعاد براده‌برداری با سنگ‌زنی بسیار کوچک میباشد، بنابراین دقت‌های بالا را فقط از سنگ‌زنی باید انتظار داشت.

۴ ــ چون بکمک عملیات سنگ‌زنی و صیقل نهائی میتوان درجه صافی مطلوب را برای سطوح کار ایجاد کرد، لذا هیچکدام از سایر روش‌های ماشین‌کاری نمیتوانند مانند این فرایند، پرداختی مورد نظر را بوجود آورد.

جنس دانه‌های سنگ سنباده‌ها

مواد ساینده‌ای که جهت ساختن چرخها و سنگهای سنباده و سایر ابزارهای سنگ‌زنی و جلاکاری مورد مصرف دارند از نظر جنس بسیار متنوّعند ولی از لحاظ سهولت بررسی‌های تکنولوژی آنها را میتوان به دو دسته بزرگ زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱ــ مواد ساینده طبیعی «Natural Abrasive Substances» ــ این دسته از مواد عبارتند از:

(a) ــ امری Emery (b) ــ کراندوم Corandum (c) ــ الماس Diamond

۲ ــ مواد ساینده مصنوعی «Artificial Abrasive Substances» ــ که شامل تعداد خیلی زیادی از مواد ساینده خواهند بود و بعنوان مثال میتوان از: (a) ــ کربورهای ساینده (b) ــ آلومین نام برد. در سطور بعد، شرح خلاصه‌ای از ویژگی‌های مواد فوق‌الذکر را بیان می‌کنیم.

(a) ــ امری «Emery» ــ یا آلومین طبیعی عبارتست از اکسید آلومینیوم طبیعی با درجهٔ خلوصی در حدود ۵۵٪ تا ۶۵٪ که معادن آن در بسیاری از نقاط دنیا و از جمله در یونان و ترکیه و ایران وجود دارد. عیب عمده آن پائین بودن درجهٔ خلوص دانه‌های ساینده در سنگ طبیعی میباشد.

(b) ــ کراندوم «Corandum» ــ این ماده ساینده طبیعی نیز از انواع طبیعی اکسید آلومینیوم محسوب شده و درجه خلوص آن معمولاً ۷۵٪ تا ۹۵٪ بوده و در مناطق مختلفی مانند برزیل، کانادا و غیره دیده شده است.

(c) ــ الماس «Diamonds» ــ الماس‌هائی که بصورت ذرات ریز (گرد الماس) باشند، برای مواردی که بخواهند ابزارهای ساخته شده از کربورهای سمانته را که اصطلاحاً «الماسه» نامیده میشوند شکل دهند کاربرد خواهند داشت و بطور کلی الماس‌هائی که بعلت همراهی با

ناخالصی‌های مختلف رنگ مطلوبی برای جواهرسازی را نداشته باشند، بفرم قطعات کوچکی در نوک ابزارهای فولادی مخصوص تعبیه میشوند و از آن‌ها بسرای تیز کردن و اصلاح سطوح فرسوده شدهٔ چرخهای سنباده بهره‌گیری می‌کنند.

باید دانست که به غیر از مواد ساینده طبیعی فوق‌الذکر، انواع مختلفی از سنگهای سخت مانند: سنگ چخماق یا سنگ آتش‌زنه و سنگهای کوارتزی یافت میشوند که با توجه به جدول تجربی سختی مواد، ملاحظه میشود که در رده بالاتری نسبت به بسیاری از فراورده‌های فلزی قرار دارند و در نتیجه میتوانند روی پاره‌ای از فولادهای کوره‌کاری شده نیز عمل سایش را انجام دهند ولی همانطور که در مقدمه این بخش متذکر شدیم، عیب عمده آن‌ها غیر یکنواختی ذرّات متشکّله‌شان خواهد بود.

شرح تکنولوژی تهیه مواد ساینده مصنوعی

در این مبحث منحصراً به بررسی دو نوع ماده ساینده مصنوعی می‌پردازیم، ولی باید دانست که غیر از کربور سیلیسیم، در صنعت از کربورهای ساینده دیگری مانند کربور بُر بفرمول B_4C که بنام تجارتی نربید Norbide نیز نامیده میشود و سختی آن بسیار به الماس نزدیک شده است هم استفاده می‌کنند و همچنین ترکیب ازت یا نیتروژن با فلزبُر که در شیمی با علامت اختصاری B نمایانده میشود و ماده‌ای بفرمول BN را ایجاد می‌کنند و برای تهیه آن دمای بالائی را میبایست بوجود آورند، بفرم کریستالیزه جهت سنگ‌زنی ابزارهای بسیار سخت کاربرد دارد.

طرز تهیه کربور سیلیسیم SiC

سابقه ساختن این ماده ساینده که پر مصرف‌ترین دانه ساینده نیز میباشد به حدود سال ۱۸۹۱ برمی‌گردد که در آن سال شخصی بنام آچسون E.G.Acheson در حالی که سعی میکرد سنگهای قیمتی مصنوعی بسازد، موفق به یافتن روش تهیه کربور سیلیسیم (SiC) شد، بنابراین پیدایش اولیه آن شاید برحسب اتفاق صورت گرفته است. برای تهیه کربور سیلیسیم از کوره‌ای مخصوص که آجرهای نسوز آن دارای درز بوده و بدون ملات هستند استفاده می‌کنند و در داخل کوره ماسه ریز و گرد ذغال و خاک اره و نمک می‌ریزند و کوره از نوع الکتریکی خواهد بود. وجود ماسه یا سیلیس برای تهیه عنصر سیلیسیمی (Si) است که میخواهد در واکنش شرکت کند، گرد ذغال یا کک که در سالهای اخیر کک نفتی جایگزین آن شده است تأمین کنندهٔ عنصر کربن است، خاکه اره برای بوجود آوردن تخلخل بوده و نمک طعام یا کلرور سدیم کاربردش در مجموعه مزبور بعنوان ماده گدازآور یا کمک ذوب میباشد. درزهائی که بین آجرهای مفروش در کوره در نظر گرفته میشود برای آنست که گازهای ناشی از فعل و انفعالات شیمیائی که میتوان آن

را بافرمول زیر خلاصه کرد، بسهولت خارج شوند، بنابراین واکنش اصلی کوره عبارتست از:

$$SiO_2 + 3C \xrightarrow{\text{کوره الکتریکی}} SiC + 2CO\uparrow$$

پس از اتمام فعل و انفعال فوق و وقتی که کوره سرد شد، توده‌ای شفّاف و برّاق در اطراف جسم داخل کوره مشاهده میشود که دارای کریستالهای برنگ آبی متمایل بسه سیاه میباشد. قسمت خارجی را از بخش‌های درونی آن جدا می‌سازند که این عمل بوسیله خرد کردن و شکستن آنها صورت میگیرد تا به شکل ذرات ساینده درآیند. البته باید دانست که دمای این نوع کوره‌های الکتریکی در حدود ۲۲۰۰°C (معادل تقریباً ۴۰۰۰°F فارنهایت) میباشد و عمل چندین ساعت به درازا می‌کشد و در واقع مواد اولیه‌ای که در داخل کوره ریخته‌اند نقش هادی را بین الکترودهای آن ایفا می‌کنند. چنانچه درجه سختی پودر تالک را با توجه به روش سختی سنجی «موه» Moh که اساس آن خراش برداشتن جسم نرم توسط جسم سخت‌تر میباشد واحد یا یک فرض کنیم و الماس را که سخت‌ترین جسم طبیعی است و در صنعت هم تاکنون موفق به ساختن ماده‌ای بـا درجهٔ ساختی بالاتر از آن نشده‌اند ۱۰ فرض کنیم و در این رده‌بندی بعنوان مثال درجه سختی شیشه‌ها در حدود ۷ خواهد بود، ملاحظه می‌گردد که درجهٔ سختی کربور سیلیسیم با روش مزبور در حدود ۹/۵ میباشد با این تفاوت که هم از لحاظ قیمت بعلّت ارزان بودن نسبی مواد اولیه سازنده‌اش ارزان‌تر میباشد و هم اینکه دارای تُردی کمتری بوده و در مقابل ضربه و شوک‌های ناشی از برخورد با سطوح سخت شده قطعات کار مقاوم‌تر است. دانه‌های ساینده کربور سیلیسیم را از جدا کننده‌های مغناطیسی عبور میدهند تا چنانچه ذرات اکسید آهن بطور احتمالی همراه آن باشد از سایر مواد تفکیک شود و آنگاه مورد شستشو قرار گرفته و سپس خشک می‌شود و با عبور کردن از الک‌های استاندارد شده، آنها را طبقه‌بندی یا کلاسه می‌کنند. چنانچه ذره ساینده‌ای دارای نمره ۶۰ باشد مفهومش آنست که از الکی عبور کرده است که در هر اینچ مربع آن به تعداد ۶۰ × ۶۰ = ۳۶۰۰ عدد سوراخ داشته است. کربور سیلیسیم بعلّت دارا بودن درجه سختی خیلی بالا (کمی کمتر از الماس و کربور بُر) برای سنگ زدن بسیاری از انواع فولاد و چدن و همچنین مواد دارای استحکام کششی کم مانند: آلومینیوم برنج، مفرغ، مس و غیره کاربرد دارد. نوعی از کربور سیلیسیم که رنگ کریستالهای آن تقریباً سبز رنگ باشد جهت سنگ زدن و فرم دهی ابزارهای ساخته شده از کربورهای سمانته یا الماسه‌ها که در کارگاههای ماشین ابزار به سنگ الماسه شهرت دارند در صنایع ساخت مواد ساینده مصنوعی تولید شده‌اند. در تجارت ممکن است کربور سیلیسیم را «کربوراندمCarborundom» و یا «کریستولون Crystolon» نیز بنامند و در خاتمه متذکر میگردد که در اغلب چرخ سنباده‌های دارای زنگی آبی یا بنفش تیره که رایج‌ترین انواع آن نیز میباشند از ماده فوق‌الذکر بعنوان ذره ساینده بهره‌گیری کرده‌اند.

اکسید آلومینیوم خالص یا آلومین Aluminium Oxide

چنانچه بخواهند از این ترکیب شیمیائی که دارای درجه سختی بسیار بالا و نزدیک به الماس است، بعنوان ماده‌ای ساینده استفاده کنند میبایست ابتدا یکی از سنگهای معدنی فلز آلومینیوم را که بوکسیت نامیده میشود و به غیر از هیدروکسید آلومینیوم که در آن ناخالصی‌های مختلفی وجود دارد، با بکارگیری عملیات فیزیکی و شیمیائی مفصّلی که خلاصه آن بقرار زیر است تدریجاً تغییر شکل دهند. سنگ بوکسیت محتوی چند درصد اکسید آلومینیوم میباشد که پس از عبور از سنگ شکن‌ها و خرد شدن بر آن هیدرات سدیم (NaOH) اثر میدهند و در نتیجه مقداری رسوب ژله‌ای شکل هیدرات یا هیدروکسید آلومی‌نیم بفرمول $Al(OH)_3$ رسوب می‌کند که قابل تفکیک از سایر ناخالصی‌ها میباشد و هرگاه این ماده شیمیائی را به شدت حرارت بدهند آب از آن جدا شده و اکسید آلومینیوم نسبتاً خالص که اینک «آلومین» نامیده میشود و دارای کریستالهائی متمایل به سفید رنگ میباشد حاصل می‌شود، کوره‌هائی که برای این منظور انتخاب می‌شود از نوع قوسی الکتریکی خواهند بود و اکسید آلومینیوم خالص‌تر که دارای درجهٔ خلوص بالاتر ولی وزن مخصوص کمتری است در قسمت‌های فوقانی قرار گرفته و جمع‌آوری میشود و بهمان روشی که در مورد کربورسیلیسیم ذکر گردید میبایست آنها را طبقه‌بندی کنند. با توجه به توسعهٔ روزافزون صنایع مختلف و پیدایش شاخه‌های جدید علوم و فنون نیاز به داشتن و ساختن ابزارها و ادوات دقیق کاملاً محسوس است و لذا بموازات طرّاحی مدلهای متنوع ماشین‌های ساینده جدید میبایست مواد سنگ زنی و صیقل کاری نوینی را پس از پژوهش‌های بسیار پدید آورند که جزئیات طرز تهیه و تولید آنها اکثراً جزو اسرار صنعتی محسوب می‌شود و با در نظر گرفتن نکاتی که در عنوان مزایای سنگ زنی خاطرنشان شد، اهمیت روزافزون ساختن ابزارهای خیلی سخت و نحوهٔ شکل دهی آن‌ها در ماشین‌سازی کاملاً مشهود خواهد بود.

«تیز شدن خودبخود Self-sharpening» یکی از خواص مورد لزوم در سنگ سنباده‌ها، تیز شدنِ خودبخود آنهاست و این خاصیت هرچه ممکن است میبایست بیشتر در سنگها یا چرخهای سنباده وجود داشته باشد. وقتی یکی از دانه‌های برّنده یا ساینده سنگ سنباده که بمنزلهٔ ابزار فوق‌العاده کوچکی محسوب می‌شود، کُند شود مقدار فشار براده بر روی آن افزایش می‌یابد و در نتیجه باعثِ جدایش آن از چسب اطرافش خواهد شد و سپس ماده چسب سائیده شده و دانه برنده جدیدی با نوک تیز ظاهر میگردد. ماده چسب بکار برده شده در ساختمان چرخهای سنباده باید دانه‌های ساینده را تا وقتی نگهدارد که به اندازه کافی تیز باشند و پس از آنکه کُندی آن‌ها به حدّی رسید که دیگر قادر به تراشیدن فلز نباشد آنها را رها کند. اگر چسب سنگ سنباده، دانه‌های آنرا بیش از مقدار لازمه محکم در بربگیرد و مانع جدا شدن بموقع ذرات کُند شود، تدریجاً فاصلهٔ ذرات از مادهٔ مورد سایش پر شده و در نتیجه عمل سنگ زنی با کیفیت مطلوب صورت نخواهد

گرفت و چنانچه چسب توانائی و قدرت کافی را برای نگهداشتن ذرات ساینده نداشته باشد، موجب جدایش نابهنگام آن‌ها شده و مواد ساینده بصورت غباری به اطراف محل سنگ کاری پخش خواهد شد و با این توضیحات نقش انتخاب صحیح چسب و همچنین مقدار آن برای ایجاد خاصیت تیز شدن خودبخود در چرخهای سنباده معمولی کاملاً آشکار می‌گردد. سنگ‌های سنباده کُند شده را نخست با چرخهای الماسه و سپس با الماس طبیعی که اغلب بفرم نگین در انتهای ابزار مخصوص این کار جاسازی شده‌اند، تراشیده و اصلاح می‌کنند، زیرا چرخ سنباده‌هائی که لبه‌هایش شکل اصلی خود را از دست داده باشند بهیچوجه توانائی تیز کردن و شکل دادن و ایجاد کردن زوایای مورد نظر را برای ابزارهائی مانند رنده‌های مختلف فلزتراش و تیغه‌های فرز و سوزن‌های خان‌کشی و غیره را ندارند.

دانه‌بندی مواد سنگ سنباده

پس از آنکه دانه‌های ساینده را که اغلب از انواع مصنوعی آن میباشند با روش‌های مختصّ به خود تهیه کردند، آنها را خرد کرده و از آسیابهای مخصوص عبور داده و با عبور دادن متوالی از الک‌هائی که ابعاد سوراخهای آن از استانداردهای ویژه‌ای تبعیّت می‌کند، تقسیم‌بندی یا کلاسه می‌کنند. اندازه دانه‌ها بوسیله عددی مشخص می‌شود که با پهنای معینی از توری بکار برده شده در الک مربوطه مطابقت دارد. عدد دانه‌بندی تعداد شبکه‌های موجود در یک اینچ طول لبه الک را نمودار میسازد و مشخص می‌نماید که ذره ساینده از آن عبور کرده است. چنانچه ابعاد دانه‌های مواد سنگ سنباده فوق‌العاده کوچک شود به نحوی که آنها را بتوانند در زمره «گرد» قلمداد کنند از الکهای بادی و یا بکار بردنِ روش شستن بهره‌گیری می‌نمایند و بطور خلاصه در این طریقه مدت زمانی را که لازم است ذرات شسته شده بوسیله آب در شرایط استانداردی بپائین ظرف بروند و ته‌نشین شوند ملاکی برای تمیز دادنِ ذرات ریز از درشت فرض می‌کنند و زمان لازمه را برحسب دقیقه، بطور دقیق طی چند آزمایش تجربی تعیین می‌کنند. جدول زیر نمودار دانه‌بندی مواد سنگ سنباده میباشد که شامل چهار دسته کلی خواهد بود:

(جدول شماره ۱) ــ جدول نمرات استاندارد شده ذرات ساینده.

نام دسته	نام گروه دانه‌بندی	تعدادشبکه‌های‌موجوددرهراینچی‌طول‌لبه‌الک
۱	درشت (Coarse)	۲۴ ۲۰ ۱۶ ۱۴ ۱۲ ۱۰
۲	متوسط (Medium)	۶۰ ۵۴ ۴۶ ۳۶ ۳۰
۳	ریز یا ظریف (Fine)	۱۸۰ ۱۵۰ ۱۲۰ ۱۰۰ ۹۰ ۸۰ ۷۰
۴	خیلی ریز (Very Fine)	۶۰۰ ۵۰۰ ۴۰۰ ۳۲۰ ۲۸۰ ۲۴۰ ۲۲۰

بایستی توجه داشت که منظور از عدد ۲۰ در تقسیم‌بندی درشت اینست که ذرات مورد نظر از الک درشت‌تر یعنی ۱۶ رد شده ولی از الک ریزتر که شماره ۲۴ باشد عبور نکرده‌اند و همانطور که قبلاً هم بیان گردید، الک نمره (No:20) دارای ۲۰ شبکه در هر اینچ طولی و در نتیجه ۴۰۰ سوراخ در یک اینچ مربّع میباشند. اثر اندازه دانه‌های ساینده را میتوان با اثر اندازه آج‌های سوهان مقایسه کرد. دانه‌های درشت‌تر سطوح سنگ زده خشن‌تر (زبرتر) را ایجاد می‌کنند. هرچه جنس کار مورد سنگ کاری نرم‌تر و یا مقدار بار سنگ کاری بیشتر باشد بهمان نسبت بایستی دانه‌بندی انتخاب شده برای سنگ سنباده درشت‌تر اختیار گردد. دانه‌بندی ظریف بعلّت بهتر بودن دوام فرم لبه‌های تیز سنگ سنباده و بهتر اصلاح کردن سطوح ساتیده شده و نیز موادّی که براده‌برداری از آنها با دشواری همراه است انتخاب میگردد.

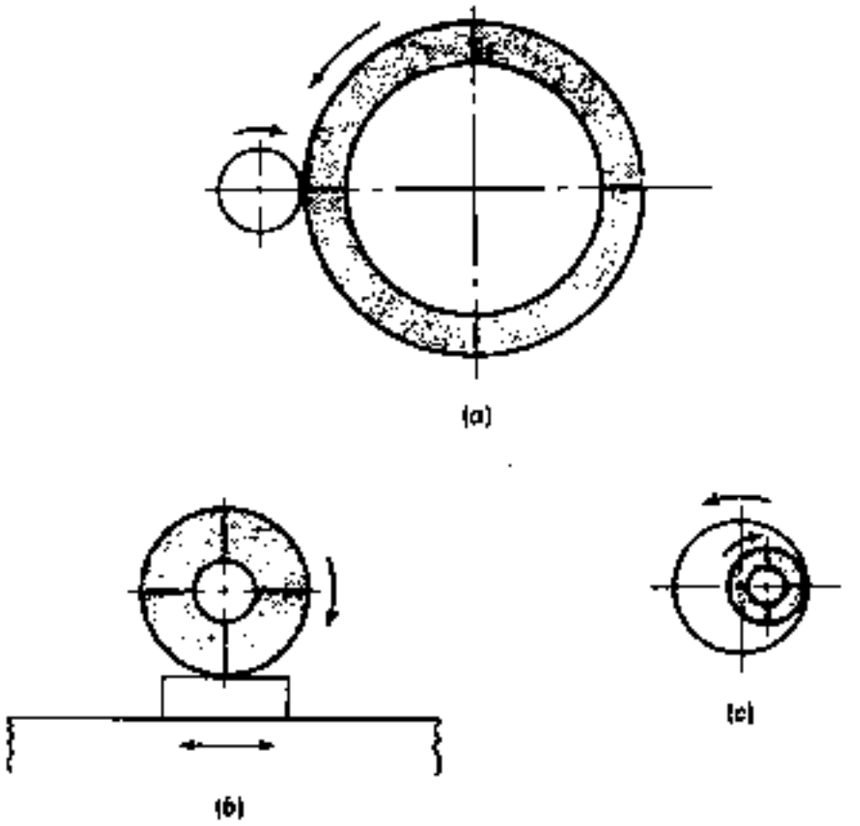
انتخاب دانه‌بندی

با بزرگتر شدن اندازه ابعاد ذرات ساینده بکار برده شده در ساختمان چرخهای سنباده نیروی چسبندگی آنها نیز رشد می‌کند. چنانچه فشارهای برشی بالا باشد مانند عملیات سنگ زنی خشن و بطور کلّی پیش سنگ‌زنی‌ها، دانه‌بندی‌های درشت‌تر مورد انتخاب واقع میشوند و حال آنکه اگر هدف از سنگ‌زنی، نرم سائی و صیقل کاری باشد میبایست انواع ریزتر ذرات ساینده در ساختمان سنگ سنباده پیش بینی شوند. در مورد مواد کار نرم که براده‌های بلندی را بدست میدهند، بایستی محفظه‌های براده (یا خلل و فرج سنگ) از دانه‌های سنگ بزرگتر باشند. سنگها و چرخهای سنباده بعنوان ابزارهای سرامیکی با چندین لبه برش معروف هستند، هرچه لبه برنده بیشتری بازاء هر دور گردش سنگ درگیر شود، بهمان نسبت کارآئی آن بیشتر و بزرگتر خواهد بود بدون آنکه دانه‌های سنگ بتنهائی در مقدار فشار سنگ کاری اثری بگذارند و روی همین اصل است که میبایست مسیر براده برداری هریک از ذرات ساینده تا حدّ ممکنه کوچک نگهداشته شود. این مسیر براده‌برداری نه فقط به مقدار حرکت پیشروی (s) و عمق براده (a) و سطح مقطع براده (A) با توجه به فرمول: A =a.s بستگی دارد، بلکه به قوس تماس که از اهمیت بسزائی در عملیات سنگ‌زنی برخوردار است وابستگی خواهد داشت.

تأثیر قوس تماس در انتخاب دانه‌بندی چرخهای سنباده

منظور از قوس تماس، قوسی است که چرخ سنباده با قطعه کار مورد سایش در تماس است که مسلماً به نوع عملیات سنگ‌زنی وابستگی داشته و این قوس یا کمان را بر روی چرخ سنباده بکار برده شده اندازه‌گیری می‌کنند. در شکل‌های بعد، قوس‌های تماس نشان داده شده است، هرقدر که زاویه تماس کوچکتر باشد بایستی چرخ سنباده‌ای انتخاب شود که دارای درجه سختی

بالاتری باشد. در عملیات گردسائی خارجی که چرخ سنباده و کار با مقطع دایره‌ای با هم مماس خارج هستند، زاویه تماس خیلی کوچک است و حال آنکه در کفسائی یا سنگ زنی مسطح این زاویه مقدار متوسط خود را دارا میباشد و در مواردی که هدف گردسائی داخلی باشد و سنگ سمباده و قطعه کار را بتوان بفرم دو دایره مماس داخل تجسّم کرد، زاویه تماس بیشترین مقدار خود را داراست.



(شکل ۳ ــ ۱۰) شکلهای تماسیکی نشان دهندهٔ قوس تماس در عملیات سنگزنی
(a) ــ گردسائی خارجی
(b) ــ کفسائی یا سنگزنی مسطح
(c) ــ گردسائی داخلی

چسبهای چرخ سنباده‌ها «Bonds»

در تکنولوژی ساخت و تولید چرخها و سنگهای سنباده، موادی که بعنوان چسب بکار برده میشوند دارای اهمیت زیادی میباشند زیرا بطور مستقیم برکاربردهای آن تأثیر خواهند گذاشت و بطور کلّی چون اغلب چرخهای سنباده از تجمع دو ماده که با هم مخلوط شده و پس از فرم‌گیری و پختن، شکل مطلوب را پیدا کرده‌اند بوجود آمده‌اند و عبارتند از: الف ــ ذرات ساینده، و ب ــ چسب بکار برده شده. بنابراین با توسعهٔ صنایع تولید ذرات ساینده بمرور زمان چسبهای متنوعی هم که هرکدامشان از ویژگیهای خود برخوردارند کشف شده‌اند. تأثیرات چسب انتخابی عبارتند از:

اولاً ــ چسب، مشخص کنندهٔ استحکام چرخ‌سنباده است و در نتیجه حداکثر سرعتِ دارایِ ایمنی آنرا معین میسازد.

ثانیاً ــ ماده چسباننده، تعیین کننده انعطاف‌پذیری یا صلابت چرخ سنباده ساخته شده خواهد بود.

ثالثاً ــ چسب بکار برده شده شاخص نیروی لازم برای جدا کردن یک دانه ساینده از چرخ سنباده بشمار میرود.

در کتب فنی مختلفی که درباره چسب‌های دارای کاربرد برای چرخ سنباده‌سازی بحث می‌کنند، تقسیم‌بندی‌های گوناگونی برای این امر صورت می‌گیرد که نمونه‌ای از آن که بیشتر از همه متداول است و تعداد زیادتری از انواع چسب‌های جدید را شامل میشود عبارتست از:

۱ ــ چسب‌های متبلور یا بیرنگ: برای ساخت چرخ سنباده‌های متبلور و براّق.

۲ ــ چسب‌های سیلیسی: برای ساخت چرخ سنباده‌هائی که کربور سیلیسیم ذره ساینده آن‌ها محسوب شود.

۳ ــ چسب‌های شلاک «Shellac»: (لاک مخصوص برنگ زرد یا قهوه‌ای) برای ساخت چرخ سنباده‌های الاستیک.

۴ ــ چسب‌های لاستیکی: جهت ساخت و تهیه چرخ سنباده‌های لاستیکی سولفوره.

۵ ــ چسب‌های صمغی: برای ساخت چرخ سنباده‌های صمغ‌دار که چسبی است با منشأ گیاهی.

۶ ــ چسب‌های اکسی کلرور: برای ساخت نوعی چرخ سنباده با همین نام که محتوی کربنات منیزیم طبیعی است.

چرخ سنباده‌های متبلور: این نوع چرخ سنباده‌ها باین ترتیب ساخته میشوند که مقدار معینی از ماده ساینده را که ابعاد و اندازه‌های ذرات آن را قبلاً بدرستی تعیین کرده‌اند با ماده چسبناک مخصوصی که «چسب خاک Bonding Clay» نامیده میشود و مجموعاً از خانواده چسب‌های سرامیکی محسوب میشود، و آب را بصورت مخلوط یکنواختی در میآورند. این نوع چسب‌ها که بنام «چسب سفال» هم شهرت دارند از گل و سنگ چخماق و فلدسپات و غیره بدست می‌آیند. خمیری که برای چرخ سنباده‌سازی تهیه شده و در مواردی ممکن است سیّال و تا حدّی متمایل به خشک باشد، توسط قالب‌گیری مشابه روشی که در سفال کاری متداول است فرم لازمه را کسب می‌کند و گاهی ممکن است با عملیات پرس‌کاری به خمیر نسبتاً خشک چرخ سنباده سازی شکل دهند و سپس در صورت لزوم قسمت‌هائی از آنرا تراش داده و آن را آماده پختن سازند. چرخ سنباده را که تا مرحله قبل خام نامیده میشود، در کوره‌هائی شبیه کوره آجرپزی قرار داده و دمای کوره را تدریجاً بالا میبرند تا به دمائی در حدود ۱۶۰۰°C (تقریباً معادل ۳۰۰۰°F)

برسد. در این دما، چسب که بشکل خاک میباشد ذوب شده و همانند خاک چینی براق و یا اصطلاحاً شیشه‌ای میشود و دانه‌های ماده ساینده را دربرمی‌گیرد. این درجه حرارت زیاد، ضمناً تا حدّی سبب نرم شدن ذرات ساینده نیز خواهد شد. چرخ سنباده‌های برّاق (Vitrified Grinding Wheels) در اثر تأثیر اسیدها و یا تغییرات دما (سردی و گرمی هوا) و روغن‌های مختلف تغییر وضعیت نمیدهند و عوامل فوق، دگرگونی‌های چندانی در آنها ایجاد نمی‌کنند.

چرخ سنباده‌های متبلور دارای ساختمانی تقریباً یکنواخت و متخلخل میباشند و در اغلب موارد میتوان از آنها استفاده کرد مگر اینکه نوع کار ایجاب کند چرخ سنباده‌ای از جنس دیگر مورد مصرف واقع شود و مجموعاً امکان دارد سرعت‌های محیطی زیادی را برای آنها به هنگام نصب شدنشان بر روی محورهای ماشین‌های ساینده در نظر گرفت.

چرخ سنباده‌های سیلیسی «Silicate Grinding Wheels» این چرخ سنباده‌ها از مخلوط کردن ذرات ساینده با یکی از سیلیکاتهای سدیم (SiO_2Na_2) یا سیلیکات پتاسیم (SiO_2K_2) که به مایع شیشه معروف هستند بدست آیند، باید دانست که دو ماده فوق‌الذکر جزو معدود سیلیکات‌های محلول در آب هستند. این مایع کاربردش به دو منظور صورت خواهد گرفت، نخست از آن بعنوان ماده‌ای چسباننده بهره‌گیری کرده‌اند و دیگر آنکه میتواند لایه پوششی وحفاظتی (Protective Coating) در مجموعه عمل کند و این پوشش عاملی خواهد بود که از نفوذ آب و رطوبت و سایر مایعاتی که در خنک کاری عملیات سنگ‌زنی دارای کاربرد هستند، به درون چرخ سنباده جلوگیری کند. دمای کوره‌ای که این نوع چرخهای سنباده خام را خواهد پخت در حدود ۲۶۰°C (تقریباً معادل ۵۰۰°F) و مدت قرارگیریش در کوره یک روز و یا بیشتر خواهد بود. قدرت چسبندگی، چسب‌های سیلیسی خیلی کمتر از چسب‌های متبلور یا برّاق و یا بیرنگ میباشد و احتمال جدا شدن ذرات ساینده بیشتر است ولی با توجه به این نکته که دمای پختن چرخ خام آنها بمراتب پائین‌تر از درجه حراتی است که چرخ سنباده‌های متبلور در آن پخته شده بودند، لذا این روش تولید کننده چرخ سنباده‌هائیست که ذراتشان دارای سختی بالاتری میباشند، چون دماهای بالا، باعث کاهش درجه سختی خواهند شد و یکی دیگر از مزایای چرخ سنباده‌های سیلیسی ضد آب «Water Proof» بودنِ آنهاست. چرخ سنباده‌های سیلیسی را برای صیقل دادن و سنگ زدن ابزارهای لبه تیز و مواردی که گرما باید به حداقل ممکنه تقلیل یابد. (با مصرف مایع تراشکاری و یا بدون مصرف آن) بکار می‌برند.

یکی دیگر از موارد مصرف چرخ سنباده‌های سیلیسی مواقعی است که ساخت نوعی از آن با قطر خیلی زیادتر از انواع کوچک و معمولی، مطرح باشد. چون چرخ سنباده‌های بزرگ در شرایطی که دمای کوره پخت آنها بالا باشد ترک برمیدارند در حالی که چرخ سنباده‌های سیلیسی را میتوان تا قطری در حدود ۱۸۰۰ mm. (تقریباً معادل ۷۲ اینچ) ساخت و در صنعت مواردی

وجود دارد که به چرخهای سنباده با قطری بزرگ نیازمندند و نمونه‌ای از آن ماشین‌های میل لنگ سنگ‌زنی میباشند.

چرخ سنباده‌های شلاک‌دار یـا الاستیک (قابل تغییر شکل)ـ Elastic Grinding »
« Wheels چرخ سنباده‌های الاستیک را با اندود کردن ذرات ساینده باشلاک در محفظه‌هائی که از جدار آنها بخار آب عبور می‌کند میسازند و عمل اندود کـردن نـیز در همین مـحفظه‌ها انـجام میگیرد و سپس مخلوط ذرات ساینده باشلاک را در قالب‌ها ریخته و در دمائی در حـدود ۱۵۰°C (تقریباً معادل ۳۰۰°F) می‌پزند. چرخ سنباده‌های قابل تغییر شکل یا الاستیک، برای سنگ زدن و صیقل کاری قطعاتی بکار میروند که نیازمند جلاکاری نهائی باشند تا بتوانند حداکثر دقت لازمه را کسب کنند. گرمای تولید شده در این نوع چرخهای سنباده سبب نرم شدن چسب بکار رفته در آن شده، طوری که چسب در این قبیل موارد بعلّت نـرمی و خـاصیت ارتـجاعی زیـاد مـانند بالشتک‌هائی زیر ذرّات ساینده عمل خواهد کرد.

چرخ سنباده‌های الاستیک جهت ایجاد شکاف و شیار در سطح کار و یا قطع کـردن کـامل آنها میتواند کاربرد داشته باشد زیرا چرخهای خیلی نازکی که برای اینگونه مصارف در نظر گرفته میشود، بعلّت دارا بودن خاصیت ارتجاعی کافی، توانائی مقابله با نیروهای جانبی را دارند و حـال آنکه این نیروها بخوبی قادرند چرخ سنباده‌های فاقد خـاصیت الاستیکی یـا انـعطاف‌پـذیری را بشکنند و مسلماً شکستن چرخ سنباده‌ها در حین کار خالی از مخاطرات کارگاهی نخواهد بـود. از این نوع چرخهای سنباده براحتی میتوان برای قطع کردن زوائد ناشی از عملیات ریخته‌گری که بر روی کار بیرون آمده از داخل قالب یا درجهٔ ریخته‌گری، وجود دارد بهره‌گیری کرد. معمولاً بـرای ایجاد انعطاف‌پذیری بیشتر و یا جهت مقابله با شرایط نـامناسب پـیش‌بـینی نشده، بـه چسب‌های لاستیکی یا پلاستیکی این چرخ‌ها، سنباده اضافه می‌کنند و برای این مـنظور انـواع پـارچه یـا تورهای سیمی غیر آهنی متناسب تشخیص داده میشود.

چرخ سنباده‌های لاستیکی سخت شده یـا ولکانـیزه «Vulcanized Grinding Wheels»
چرخ سنباده‌های لاستیکی سولفوره (سخت شده توسط افزودن گوگرد) از مـخلوط کـردن ذرات ساینده بالاستیک و گوگرد خالص بدست می‌آیـند و سپس مـخلوط را در زیـر نـوردها بصورت ورقه‌هائی در آورده و توسط پرسهای مخصوص چرخ سنباده‌های لاستیکی را به اندازه مورد نـظر از داخل ورقه‌های مزبور می‌بُرند و آنگاه در کوره‌های ویژه‌ای قرار داده و در دمائی پائین‌تر نسبت به سایر روش‌هائی که قبلاً ذکر گردید، می‌پزند. این چرخ سنباده‌ها دارای خواصی کم و بیش شبیه چرخ سنباده‌های ارتجاعی یا الاستیکی بوده و اکثراً کاربردهائی مشابه بـا آنـها خـواهند داشت و روی هم رفته میتوان سرعت‌های محیطی یا سرعت‌های برشی زیادی را برایشان انتخاب کرد.

چرخ سنباده‌های صمغ‌دار «Resinoid Grinding Wheels» بـرای ساختن ایـنگونه

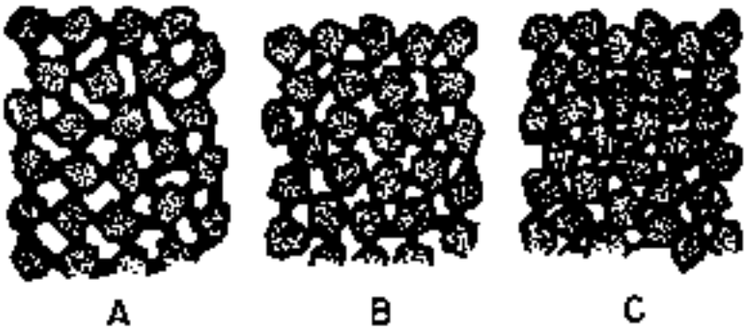
چرخهای سنباده ذرات ساینده‌ای را که قبلاً با اندازه مطلوب آماده کرده‌اند با پودر صمغ (که از شیره نباتی بعضی از درختان بدست می‌آید) و فِنُل بفرمول: C_6H_5OH که ماده‌ای است آلی، مخلوط کرده و پس از تهیهٔ قالبی با شکل دلخواه از آن با گرما دادن تا دمائی در حدود ۱۷۰°C (تقریباً معادل ۳۲۰°F) عملیات ساخت آن را ادامه میدهند. در این دما، صمغ موجود باعث در برگرفتن ذرات ساینده گردیده و جسم شکل چرخ سنباده را بخود می‌گیرد. این نوع چرخهای سنباده خیلی محکم بوده و در عین حال دارای کمی خاصیت ارتجاعی نیز میباشند. سرعت خطی چرخ سنباده‌های صمغی را میتوان تا ۴۸ m/s بالا برد و حال آنکه در مورد سایر انواع چرخهای سنباده قبلی نمی‌تواند از سرعت مخیطی از ۳۰ m/s متجاوز باشد. خاصیت ارتجاعی این نوع چرخ سنباده‌ها باعث شده تا در مواردی که نیازمند انواعی از آنها با پروفیل نازک و تیز باشند کاربرد پیدا کنند.

چرخ سنباده‌های اکسی کلرور «Oxycholoried Grinding Wheels» چسبی که برای ساختن اینگونه چرخ سنباده‌ها بکار میرود محتوی کربنات منیزیم طبیعی یا ماگنزیت Magnesite بوده و کاربردشان برای سنگ‌زدن و صیقلی نمودن سطوح و صفحات مستوی میباشد. در مواردی که بخواهند چرخ سنباده‌های خیلی بزرگی بسازند آنها را بشکل لقمه‌های مجزا از یکدیگر ساخته و بر روی بدنه‌ای فولادی سوار می‌کنند و چنانچه قطعه از چنین چرخ سنباده‌ای صدمه ببیند قابل تعویض خواهد بود.

شبکه‌بندی یا ساختمان در چرخ سنباده‌ها

مابین هر یک از دانه‌های سنگ سنباده که مواد چسباننده آن را در بر گرفته‌اند، مقداری هم فضای خالی وجود دارد که به آنها شبکه گفته میشود. اندازه این خلل و فرج‌ها از یک طرف به بزرگی دانه‌ها و از سوی دیگر به نوع چسب بکار برده شده در چرخ سنباده‌سازی و نیز عملیاتی که پس از آن یعنی در هنگام پختن چرخ سنباده خام صورت گرفته است وابستگی دارد. سنگ سنباده‌های دانه درشت با داشتن مواد چسباننده زیاد، دارای خلل و فرج بزرگتری در مقام مقایسه با دانه‌بندی ریزتر میباشند. تخلخل و باز بودن شبکه‌های سنگ سنباده بایستی برای فرم براده و اندازه آنها متناسب باشد. هر چه مقدار براده بزرگتر باشد، بهمان نسبت نیز خلل و فرج بایستی بزرگتر باشند تا اینکه براده‌ها در فضاهای خالی لِه نشوند و بتوانند در اثر نیروی گریز از مرکز از چرخ سنباده جدا شده و به بیرون پرتاب گردند. در سنگهای سنباده‌ای که دارای شبکه‌بندی باز باشند، هوا و مواد خنک‌کاری میتوانند نفوذ زیادتری را داشته باشند و در نتیجه عمل سرد کردن سنگ که محاسنی را بدنبال خواهد داشت بهتر صورت می‌گیرد. شبکه‌های موجود در ساختمان چرخ‌های سنباده را گاهی اوقات «شکافهای ذره‌بینی سنگ سنباده» نیز می‌نامند و اکثراً در

استاندارد کردن، آنها را با اعدادی مشخص میسازند که معمولاً حدود آنها عبارتست از: (۰ تا ۱ خیلی متراکم) ــ (۲ تا ۳ متراکم) ــ (۴ تا ۵ متوسط) ــ (۶ تا ۷ باز) و (۸ تا ۹ خیلی باز)، یعنی فاصله نسبی بین ذرّات سایندهٔ بوسیله این عددها مشخص میشود و مجموعاً نمودار دوری یا نزدیکی آنها بیکدیگر میباشد. اعداد کوچکتر برای فواصل کم و اعداد بزرگتر برای شبکه‌های بازتر بکار برده میشوند.



(شکل ۴ ــ ۱۰) شکل شماتیکی نشان دهندهٔ شبکه‌بندی یا شکافهای قوه‌بینی سنگها و چرخهای سنباده.
A ــ شبکه بندی بسیار باز یا تخلخل خیلی زیادتر
B ــ شبکه‌بندی باز یا تخلخل بیشتر
C ــ شبکه‌بندی متراکم یا خلل و فرج کم

عواملی که انتخاب شبکه‌بندی چرخهای سنباده به آنها بستگی دارد:

۱ ــ خواص فیزیکی ماده مورد سنگ‌زنی: چنانچه براده‌های طویل‌تر در عملیات سنگ‌زنی ایجاد شود بایستی شبکه باز یعنی با تخلخل زیاد انتخاب شود و در غیر اینصورت چرخ سنباده اصطلاحاً پر شده و قادر به براده‌برداری نخواهد بود.

۲ ــ مقدار براده حمل شونده: هر قدر عمق سنگ‌زنی (یعنی a) و سرعت پیشروی (یعنی s) بیشتر باشد بهمان نسبت نیز لازم است چرخ سنباده از نوع شبکه بازتر اختیار گردد.

۳ ــ نوع عملیات سنگ‌زنی: با توجه به عمل سنگ‌زنی مورد نظر که میتواند گردسائی خارجی، کف‌سائی و یا گردسائی داخلی و غیره باشد، قوس تماس تغییر می‌کند و بطور کلّی با افزایش این قوس که روی چرخ سنباده اندازه‌گیری میشود شبکه پهن‌تری میبایست در نظر گرفته شود.

درجه سختی در چرخهای سنباده «Grade of Hardness»

درجه سختی یکی از مهمترین مشخصات چرخها و سنگهای سنباده بشمار میرود، در واقع دانه‌های سایندهٔ بر روی پایه‌هائی از چسبی که در ساختمان سنگ بکار گرفته شده بصورت شعاعی سوار هستند. هرگاه این ستون‌های چسبی آنقدر محکم باشند که در مقابل نیروی وارده از

عمل سنگ‌زدن مقاومت کنند و دانه‌ها از جای برنخیزند و یا گسسته نشوند. در اصطلاح گویند، سنگ سمباده سخت است و یا بعبارت دیگر درجه سختی چرخ سنباده به مقدار زیادی به جسمی که در آن بکار رفته است وابستگی دارد. هرگاه بتوان با نیروی کمی دانهٔ روی سنگ سمباده را کند یا حرکت داد و یا فشرده نمود، گویند سنگ سمباده از نوع نرم است. با تعاریفی که از سختی و نرمی سنگ بعمل آمد بنظر میرسد که مقدار چسب و نیز کیفیت آن از عوامل تعیین کننده درجهٔ سختی خواهند بود.

روش تقسیم‌بندی نرمی وسختی سنگ‌های سنباده رابا حروف الفبای لاتین مشخص میسازند که‌میتواند باین قرار باشد: (خیلی نرم E,F,G) ــ (نرم H,I,J,K) ــ (متوسط L,M,N,O) ــ (سخت P,Q,R,S) ــ (خیلی سخت T,U,V,W) و (بی‌اندازه سخت X,Y,Z) باین ترتیب هر چه حروف بالاتر برود، درجه سختی سنگ سنباده افزایش می‌یابد و همانطور که تقسیم‌بندی بالا نشان میدهد درجه نرمی و سختی سنگهای سنباده نمی‌تواند یک اندازه دقیق و تحقیقی باشد، بلکه میزان آن تقریبی میباشد. این حروف بیانگر قابلیت شکنندگی دانه‌های سنگ سنباده در رابطه با استحکام چسبندگی مواد چسباننده خواهند بود. چنانچه درجه سختی چرخ سنباده‌ای خیلی بالا باشد، باعث چرب شدن سنگ شده و در نتیجه هنگام سنگ‌زنی لکه‌های سوختگی بر روی سطوح کار ایجاد می‌کند که مسلماً از کیفیت مطلوب خواهد کاست.

انتخاب درجه سختی: ذرات کُند و سائیده شده سنگهای سنباده بایستی از چسب جدا شده و جای خود را به دانه‌های ساینده‌ای که دارای لبه‌های تیزتری باشند بدهند. ازاین‌جهت سنگهای نرم را برای فلزات سخت و سنگهای سخت را برای فلزات نرم اختصاص میدهند.

چنانچه سطح اصطکاک بین سنگ و قطعه کار زیاد باشد، دانه‌های سنگ خیلی زود سائیده میشود و باتوجه به این نکته برای چنین کارهائی لازم است سنگهای نرم بکار گرفته شوند. در مورد سختی سنگ سنباده بایستی سختی سنگ را از روی سختی کار تشخیص داد.

منظور از سختی خود سنگ سنباده، سختی آن در حال سکون است درحالی که سختی کار ارتباط با سرعت محیطی آن دارد و هرچه سرعت محیطی کمتر شود، بهمان نسبت اثر سنگ سنباده نرم‌تر خواهد بود.

برای انتخاب چرخ سنباده با درجه سختی معلوم شده‌ای باید به نکات زیر توجه نمود:

۱ ــ سختی جسمی که باید سنگ زده شود.

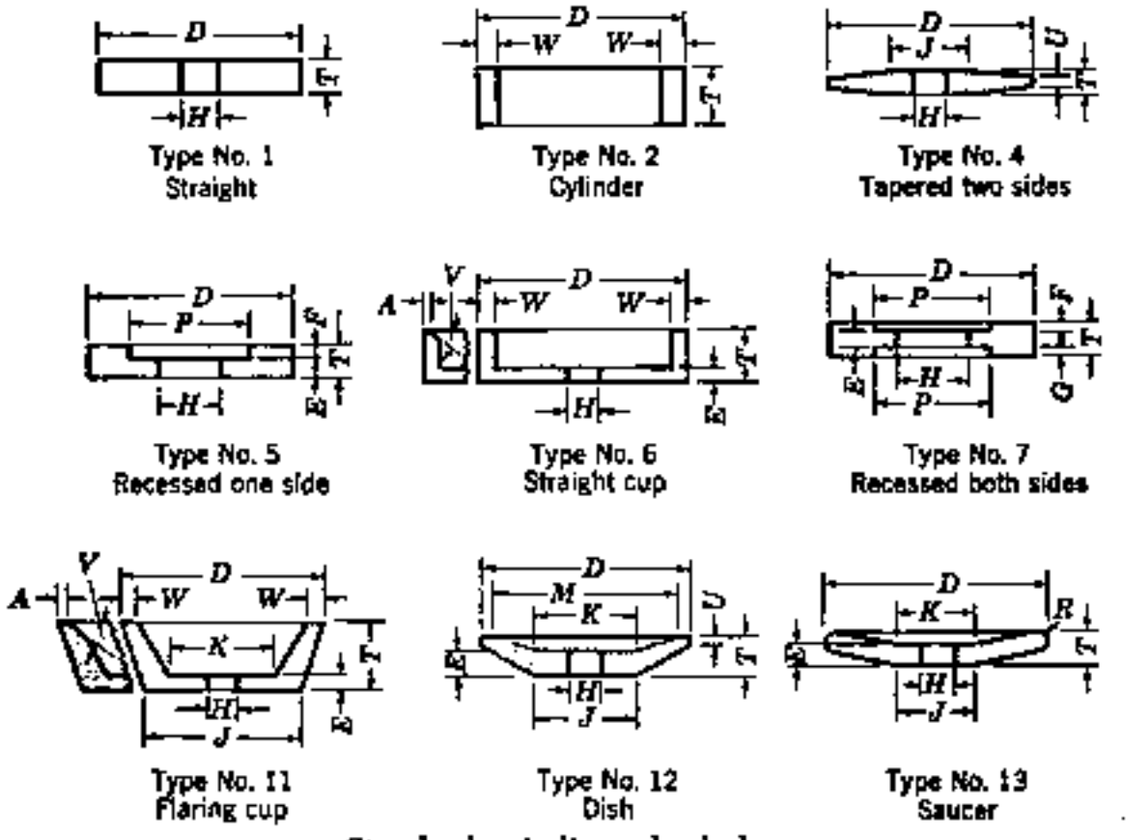
۲ ــ اندازه قوسی که در تماس است.

۳ ــ سرعت خطی نسبی بین چرخ سنباده و قطعه کار.

۴ ــ مشخصات ماشین سنگ‌زنی بکار برده شده.

فرم‌ها یا شکل‌های استاندارد شده چرخهای سنباده

برای رسیدن به نتایج بهتر، انتخاب چرخ سنباده مناسب کار واجد اهمیت زیادی است، در این رابطه چند عامل بایستی درنظر گرفته شود، احتمالاً اولین عامل اندازه و شکل چرخ است، مسلماً شکل چرخ باید بگونه‌ای باشد که تماس مناسب بین آن و تمام نقاط سطوح سنگ‌زدنی برقرار گردد. شکل چرخهای سنباده بوسیله اتحادیه‌های تولید کننده آنها استاندارد یا قواره‌بندی شده است، طوریکه چرخ سنباده‌های متداول ممکن است بوسیله یک عدد یا اسم و یا هر دو مشخص شوند، علاوه بر آن ابعاد آن‌ها را نیز میتوان از روی ترتیب زیر که رایج‌ترین نمونه استاندارد میباشد معلوم کرد. باتوجه به شکل‌های بعدی، ملاحظه میشود که ابعاد اصلی هرکدامشان را با حروف لاتین نشان داده‌اند و اندازه‌ای برایشان ذکر نگردیده است.



Standard grinding-wheel shapes.

(شکل ۵ ــ ۱۰) شکل‌های استاندارد شده چرخهای سنباده.
باتوجه به این شکل‌ها نام اصلی و نام کارگاهی آنها عبارتند از:

(نوع Nor 1) ــ مستقیم یا سنگ تخت — (نوع Nor 2) ــ استوانه‌ای

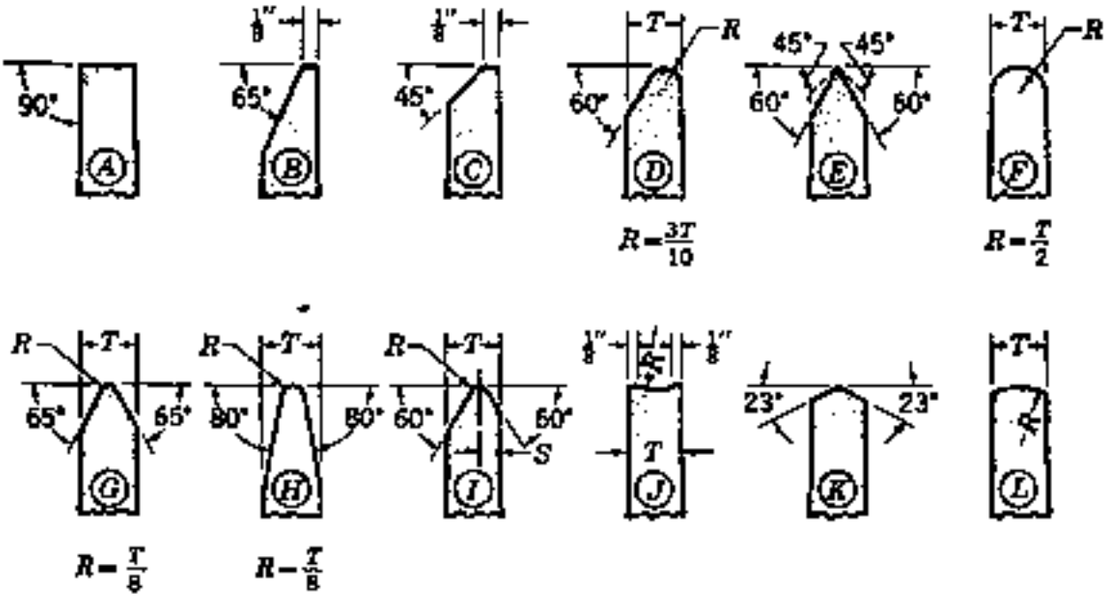
(نوع Nor 4) ــ دو طرف شیبدار شده — (نوع Nor 5) ــ فرورفته در یک طرف

(نوع Nor 6) ــ کلاهک مستقیم (استکانی مستقیم) — (نوع Nor 7) ــ فرورفته یا توگود دو طرفه

(نوع Nor 11) ــ کلاهک نامنظم یا استکانی دهن گشاد (نوع Nor 12) ــ سنگ بشقابی

(نوع Nor 13) ــ سنگ نعلبکی یا بشقابی لبه گرد

درضمن بایستی دانست که شکل‌های قبل نشان دهندهٔ مقطع چرخهای استاندارد شده ازنظر شکل میباشد و در بسیاری از موارد نیز لازم است لبه‌های چرخهای سنباده دارای فرم معینی باشند تا بتوانند کاری را که از آن‌ها انتظار دارند انجام دهند. بعنوان مثال پس از آنکه میل پیچ‌بری یک ماشین تراش را در کارخانه ماشین‌سازی با روشی مناسب پیچ‌بری کردند، به واحد عملیات حرارتی می‌فرستند و در آنجا در کوره‌ای با دمای معین قرار می‌گیرد و سپس با فرو بردن در روغن مخصوص آنرا سخت می‌کنند و در صورت لزوم عمل برگشت دادن نیز بر روی آن اجرا می‌شود و در انتهای خطّ تولیدش میبایست به بخش سنگ‌زنی فرستاده شود تا دقیقاً شیار پیچ‌تراشی شده سنگ بخورد. با درنظر گرفتن اینکه گام تمامی پیچهائی که بعداً توسط ماشین تراش در حالِ ساخت، تراشیده خواهد شد به دقّتی که در این مرحله اعمال میشود وابستگی دارد کاملاً تأثیر شکل لبه چرخ سنباده که در این مثال از نوع ذوزنقه‌ای خواهد بود، مشهود میگردد. بایستی دانست که شکل‌های مقطع چرخهای سنباده و همچنین فرم لبه‌های آن‌ها بسیار متنوع‌تر از اشکال نمایش داده شده میباشند. اندازه‌هائی که بر روی شکل‌های بعدی گذاشته شده برحسب «اینچ» میباشند.



Standard grinding-wheel faces.

(شکل ۶ ــ ۱۰) شکل‌های نشان دهنده لبه‌های استاندارد شده چرخهای سنباده

علامات استاندارد برای شناسائی چرخ سنباده‌ها

برای استاندارد کردن چرخ سنباده‌ها، یک سیستم علائم مخصوص توسط تولیدکنندگانشان وضع شده است که برمبنای خواص و مشخصات مواد تشکیل دهندهٔ آن‌ها مبتنی میباشد. مبنای این روش علامت‌گذاری را میتوان با بیان مثالی بخوبی روشن ساخت: فرض

کنیم بر روی پلاک چرخ سنباده‌ای به ترتیب چپ براست این علامات درج شده باشند:

۱	۲	۳	۴	۵	۶
51	– A –	36	– L –	5	– V – 23

میخواهیم مفهوم این نشانه‌های خاص را که بسیاری از نکات فنّی بکار رفته در ساختمان چرخ سنباده مورد نظر را بیان می‌کند دریابیم و باتوجه به اعدادی که شماره ترتیب آن‌ها را میرساند و در بالایشان ذکر کرده‌ایم داریم:

۱ ــ نشانه قراردادی برای مشخص ساختن نوع ماده ساینده‌ای که ذرات ساینده را از آن ساخته‌اند، که در این مثال A میرساند که از نوع اکسید آلومینیم بوده است و چنانچه حرف C را درج میکردند، ماده ساینده کربور سیلیسیم می‌بود. عدد 51 که قبل از حرف A نوشته شده از طرف کارخانه سازنده اختیاری است و از این نقطه نظر میباشد که دقیق‌تر نوع ذرات ساینده را تفهیم کند.

۲ ــ نمره 36 که در قسمت دوّم ترتیب بالا، ذکر گردیده است، برای مشخّص نمودن ابعاد ذرات ساینده میباشد که باتوجه به جدولی که برای این منظور قبلاً مشخصاتش را بیان کرده بودیم، ذرّه با دانه‌بندی ۳۶ از نوع متوسط بشمار میرود.

۳ ــ درقسمت‌سوم‌ترتیب مثال ذکرشده،حرف L بکاررفته‌که‌نمودار درجه سختی میباشد و با مراجعه به جدولِ درجه سختی سنگهای سمباده درمی‌یابیم که از نقطه‌نظر سختی، سنگی متوسط قلمداد میشود.

۴ ــ عددی که در این قسمت از مشخصات چرخهای سنباده درج شده باشد نشان دهنده شبکه‌بندی یا شکاف ذره‌بینی و یا خلل و فرج سنگ میباشد که باز هم با مراجعه به جدول خاصّ آن، میرساند که ازلحاظ تراکم نسبی ذرّات، چرخ سنباده متوسط محسوب میگردد.

۵ ــ حرف لاتین V بکار رفته در نشانه مورد مثال، نوع چسب بکار رفته در ساختمان چرخ سنباده را بیان می‌کند و برای هرکدام از چسب‌هائی که کاربرد بیشتری داشته باشند علائم اختصاری ویژه‌ای بقرار زیر میتوانند درنظر گیرند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

V ــ برای چسب‌های متبلور (یا برّاق و بیرنگ) "Vitrified bond"

S ــ برای چسب‌های سیلیسی "Silicate bond"

E ــ برای چسب‌های شلاک‌دار (الاستیک یا مرتجع) "Elastic or Shellac bond"

R ــ برای چسب‌های لاستیکی "Rubber bond"

B ــ برای چسب‌های صمغی (که از خانواده چسب‌های گیاهی هستند) "Resinoid bond"

O ــ برای چسب‌های اکسی کلرور (محتوی کربنات منیزیم طبیعی)

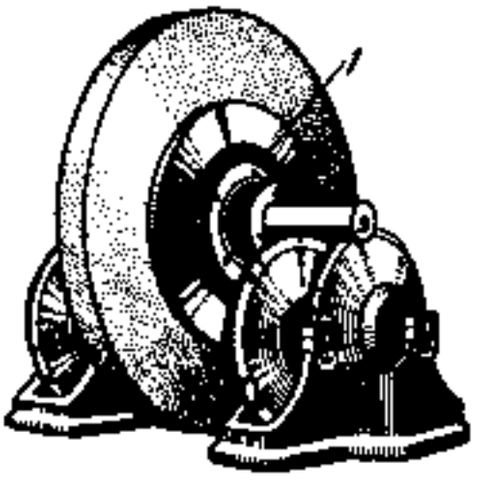
"Oxycholoried bond"

۶ ــ در ردیف ششم از ترتیب شماره‌بندی شده، اعدادی ممکن است توسط کارخانه سازنده بکار برده شود که اختیاری بوده و اجباری نیست و فقط از این نقطه‌نظر است که یک کارخانه سازندهٔ چرخها یا سنگهای سمباده از بعضی جهات (مثلاً ابعاد و غیره) بخواهد انواع محصولاتی را که از یک جنس میسازد طبقه‌بندی و متمایز کند. درهرحال با نشانه‌گذاری مختصری که بر روی پلاک چرخ سنباده انجام داده‌اند توانسته‌اند مشخصات و بسیاری از ویژگیهای آن را بیان کنند و در موقع سفارش چرخ‌های سنباده نیز میتوان بکمک آن‌ها سنگ مورد لزوم را سفارش داد.

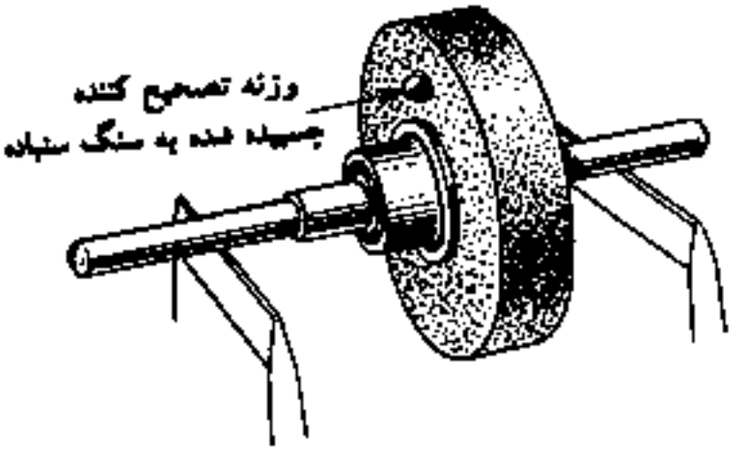
بالانس کردن سنگ سنباده‌ها «Balancing Grinding Wheels»

بالانس کردن یا متعادل ساختن چرخهای سنباده از نکاتی است که نباید در مورد آن سهل‌انگاری صورت گیرد و بنابراین نبایستی هرگز از چنین چرخ سنباده‌ای استفاده کرد. بعلت سرعت‌های چرخشی زیادی که لازم است چرخهای سنباده دارا باشند، مختصر عدم تعادل چرخ موجب شکستن آن و ایجاد جراحات و خسارات جانی و مالی میشود. در بیشتر ماشین‌های سنگ‌زنی هنگامیکه چرخ از تعادل خارج می‌شود، امکان بستن وزنه‌های پارسنگ به یک طرف فلانش آن وجود دارد. در برخی از انواع با وزنه‌هائی که بطور دائمی بر روی محور ماشین نصب شده‌اند، عمل متعادل کردن بصورت نیمه خودکار درمی‌آید. بالانس نبودن سنگ سمباده موجبات کاهش سریع دوام آن را فراهم میسازد. چرخ‌های سنباده را معمولاً با دو روش استاتیکی و دینامیکی بالانس یا متعادل میکنند که ذیلاً توضیحاتی در مورد هرکدام از آن‌ها، بیان میداریم:

بالانس کردن استاتیکی: برای بدست آوردن چنین تعادلی، چرخ سنباده را درحالی که بین فلانش‌ها محکم میسازند و دُرن یا محوری را از آن عبور میدهند و آنرا مطابق شکلی که برای آن درنظر گرفته‌اند روی پایه غلطان و یا روی ترازوی بالانس می‌نشانند، با حرکت دادنِ نوسانی، محل سنگینی آن بدست میآید و در مقابل آن محل در شیار حلقه‌ای فلانش، که بفرم دُم چلچله ساخته میشود، یک وزنهٔ تعادل را محکم میسازند. دو وزنه متعادل کننده دیگر نیز در فواصل یکسان نسبت به وزنه اوّلی بسته میشود، چنانچه هنوز هم عدم تعادلی مشاهده شود، دو وزنه در جهت اولین وزنه تا زمانی جابجا میشوند که چرخ سنبادهٔ مورد نظر برای حالت و موقعیت بدون حرکت ثابت باقی بماند. بکمک یک دستگاه اندازه‌گیری نوسان، ارتعاشات ایجاد شده در اثر نامتعالی وزنی چرخ سنباده گرفته میشود و این عمل را بطور تجربی تا آنجائی بایستی ادامه دهند که لرزش یا نوسان محسوسی اندازه‌گیری نشود.

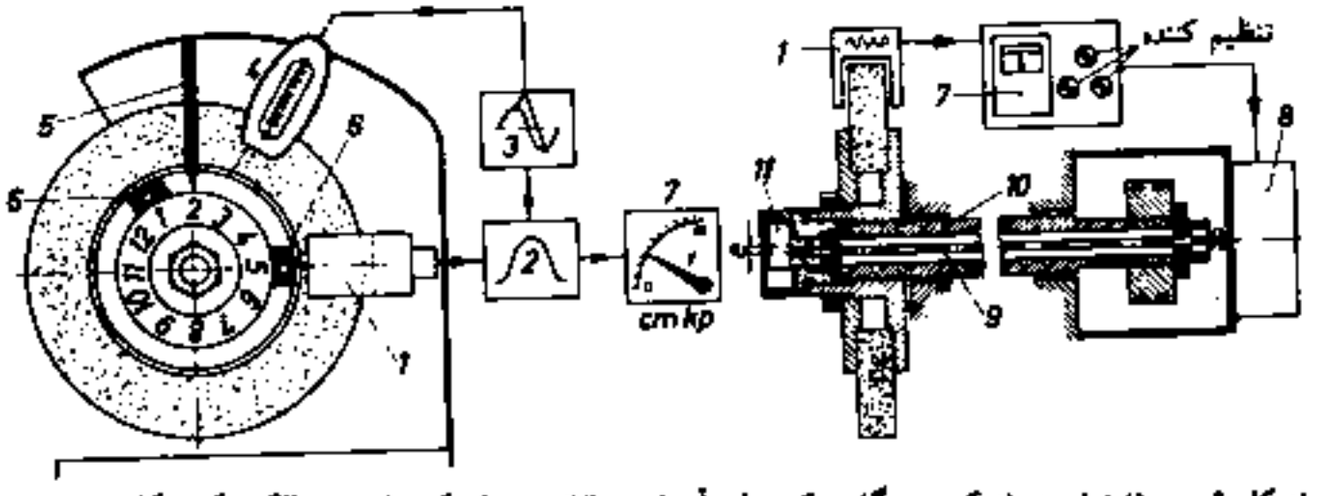


(شکل ۷ ــ ۱۰) شکل شماتیکی نحوه ایجاد حالت بالانس یا تعادل استاتیکی برای یک چرخ سنباده



(شکل ۸ ــ ۱۰) شکل دیگری برای نشان دادن بالانس استاتیکی

بالانس یا تعادل دینامیکی چرخهای سنباده: برای تعیین عدم تعادل دینامیکی که در حین گردش چرخهای سنباده میتواند وجود داشته باشد روش‌های مختلفی ابداع شده است و از جمله بکار بردن نوسان سنجهای الکتریکی و الکترونیکی است که علاوه بر اینکه مقدار وزنهٔ تعادل را برحسب یکی از آحاد وزن، مشخص میسازند میتوانند محلی را که عدم تعادل ناشی از آنجاست و سمت مقابلش را نیز تعیین کند (مشابه دستگاههای بالانس چرخهای اتومبیل) شکل شماتیکی نوعی دستگاه بالانس دینامیکی میتواند بفرم زیر باشد:



(شکل ۹ ــ ۱۰) نمای شماتیکی دستگاهی که برای آزمایش بالانس دینامیکی با روش الکتریکی بکار میرود

باتوجه به اعداد مشخص شده روی شکل، لرزش ناشی از غیر متعادل بودن دینامیکی که در حالت دوّار بودن چرخ میتواند احتمالاً وجود داشته باشد، توسط نوسان سنج ۱ به نوسانات الکتریکی تبدیل میگردد، فیلتر یا صافی ۲ فقط نوساناتی را که با فرکانس یا تواتر حرکت دورانی چرخ انطباق دارند از خود عبور میدهد. علامت دهنده نوسانات نامتعادل را به شکل ارتعاشات

سینوسی مبدّل میسازد و چراغ مخصوص شماره ۴ بازاء هر دور دوران محور سنگ فقط یک بار در زمان بسیار کوتاهی روشن میشود، بدینصورت سنگ سنباده ساکن بنظر میرسد. عقربه ۵ عددی را روی سلسله اعداد مشخص میسازد که وزنهٔ بالانس ۶ در آن ناحیه باید تغییر مکان داده شود. دستگاه اندازه‌گیری ۷ مقدار وزن اضافی یا میزان عدم تعادل را برحسب واحدی مثلاً: سانتیمتر ضرب در کیلو پوند (Cm.KP) نشان میدهد. وزنه‌های بالانس نیز میتوانند در هنگامیکه سنگ سنباده در حال دوران است تغییر مکان داده شوند. با کمک تنظیم کننده حرکت شماره ۸ از طریق محور تنظیم ۹ که از میان محور اصلی توخالی ۱۰ قرار دارد، وزنه خارج از مرکز ۱۱ تا زمانی چرخانیده میشود که دیگر نامتعادلی، قابل اندازه‌گیری و سنجش نباشد.

کار آزمایشی چرخهای سنباده

باتوجه به‌مقررات ایمنی و حفاظتی کارگاهی، هر چرخ سنباده قبل از آنکه کاملاً مورد بهره‌برداری قرار گیرد لازمست برای اولین استفاده آن که جنبه آزمایشی خواهد داشت بمدت ۵ دقیقه با حداکثر سرعت کاری وادار به چرخش شود که مسلماً در این وضعیّت حفاظ‌های پوششی آنها بایستی سوار شده باشند و با مشخّص کردن منطقه خطر احتمالی از ورود افراد دیگر به آن ناحیه ممانعت بعمل آید.

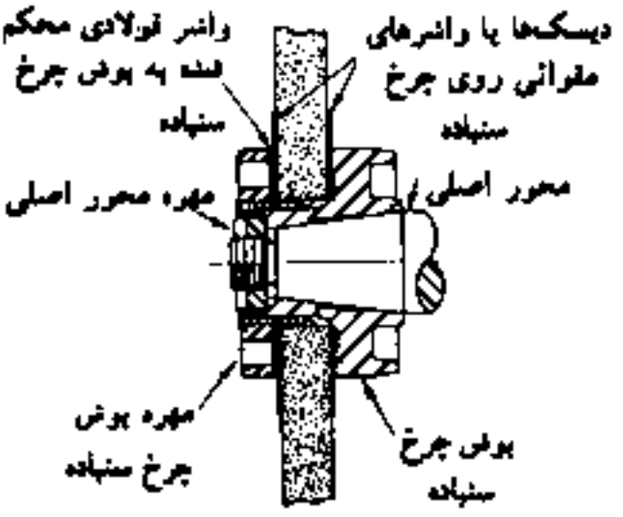
آزمایش سنگ‌های سنباده بزرگی که دارای مواد چسبانندهٔ سرامیکی و سیلیکاتی هستند مستلزم صرف وقت زیادتری حداقل بمدّت یکساعت میباشند و چنانچه پس از انقضای مدت زمان کار آزمایشی، عیبی مشاهده نشود، میتوان از آن دستگاه استفاده کرد.

بستن سنگ‌های سنباده

قبل از بستن چرخهای سنباده بر روی میل محورشان میبایست از آنها آزمایش صدا بعمل آید و یا بعبارت دیگر از عدم وجود ترک در چرخ سنباده اطمینان حاصل کرد. برای انجام این کار که به سهولت قابل اجراست، سنگ را بحالت آزاد روی میله‌ای واداشته و با یک چکش چوبی یا لاستیکی به آن ضربه ملایمی وارد میسازند، در این حال سنگ باید صدای کاملاً روشنی را داشته باشد و صدای ایجاد شده، نوساناتش خیلی دیر مستهلک شود. اگر سنگ دارای ترک یا مویه باشد، براحتی با چنین آزمایش ساده‌ای عیبش که میتواند بسیار مخاطره‌آمیز باشد پیدا می‌شود، چون ارتعاشات هنگامیکه به ناحیه مویه‌دار میرسند بطور سریع دامنه نوسانشان کاهش می‌یابد و گوش انسان کاملاً قادر به تمیز دادن آن خواهد بود. چرخهای سنباده بایستی بصورت اطمینان‌بخشی فقط روی محور ماشین مربوطه سوار شوند و بستن آن‌ها بر روی محور ماشین‌های اره دوّار و یا محور ماشین‌های فرز، عملی درست نمیتواند باشد.

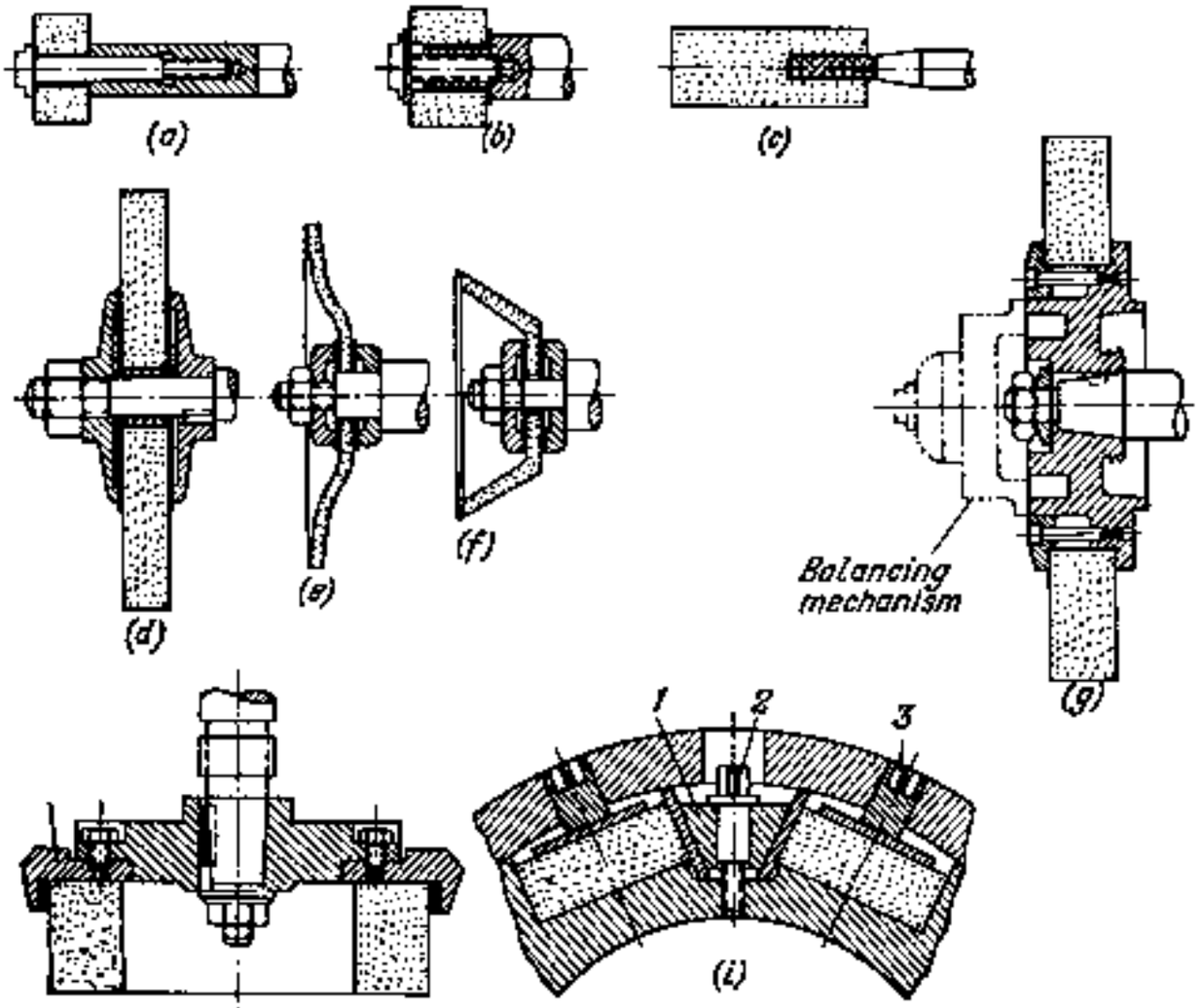
وسائل محافظت از سنگهای سنباده

چرخهای سنباده‌ای که از محیط آن‌ها برای عملیات سنگ‌زنی استفاده میشود، بایستی توسط نقاب و یا کمان محافظ ساخته شده از فولاد آهنگری و یا ریخته‌گری شده به اندازه کافی که اکثراً به مقدار $\frac{3}{4}$ محیط آن بالغ می‌شود، پوشانیده شود. پوشش محافظ را میتوان برحسب میزان استهلاکشان تنظیم کرد و گاهی اوقات زاویه مرکزی منطقهٔ بی‌حفاظ چرخهای سنباده را حداکثر ۶۵ درجه میدانند. چرخهای سنباده‌ای که پیشانی آن‌ها برای منظورهای خاصّی مانند کف‌سائی، بکار برده می‌شود، توسط حلقه‌های محافظ متغیّری که در جهت محور امکانات تنظیمشان فراهم است پوشانیده شوند و تدریجاً با پیشرفت مقدار خرابی و سایش چرخ سنباده، این عمل مجدداً صورت گیرد. چنانچه قطر خارجی چرخ سنباده‌ای درحدود ۲۳۰ میلیمتر باشد، مجازند یک طرف پیشانی آن را آزاد بگذارند. علاوه بر قاب‌های محافظ چرخهای سنباده که شرح آن در بالا گذشت، امکان دارد در ناحیه‌ای که ابزاری را برای تیز کردن بدان نزدیک می‌کنیم طلق محافظی هم پیش‌بینی و نصب شده باشد و علاوه بر اینها لازم است از تیز کردن رنده‌هائی که فوق‌العاده از طول آن‌ها کاسته شده است، برای رعایت نکات مربوط به ایمنی چرخهای سنباده خودداری کرد.



Proper Mounting of Grinding Wheel

(شکل ۱۰ ــ ۱۰) شکل شماتیکی نشان‌دهنده:
بستن صحیح چرخ سنباده بر روی محور آن.



(h) Methods of mounting grinding wheels on the spindle

(شکل ۱۱ ــ ۱۰) شکلهای شماتیکی نشان‌دهنده روش‌های مختلف و متداول برای بستن و محکم کردن انواع گوناگون چرخهای سنباده بر روی محورشان، با توجّه به حروف (a) تا (i) مشخص شده بر روی ۹ شکل مستقل از هم که توضیحات لازمه برای هر کدامشان در پائین ذکر گردیده است.

(a) ــ بستن سنگ سنباده خیلی کوچک مخصوص گردسائی داخلی قطعات کار، بکمک پیچ بطور مستقیم به محور اصلی آن.

(b) ــ روشی دیگر برای بستن چرخ سنباده‌های نسبتاً کوچک به پیشانی محور اصلی آنها با استفاده از دو واشر و پوش.

(c) ــ محکم کردن چرخ سنباده کوچک و تقریباً انگشتی بر روی محور اصلی آن با بکار بردن چسبی قوی و مطمئن.

(d) ــ نحوهٔ محکم کردن و بستن یک چرخ سنباده تخت و معمولی بر روی محور با بکارگیری فلانش‌های محکم‌کننده و مهره.

(e) ــ طریقه بستن یک چرخ سنبادهٔ بشقابی با فلانش و واشری محکم‌کننده مختصّ به آن

(f) ــ روش بستن یک چرخ سنباده با مقطع قوزنقه‌ای با فلانش مخصوص (سنگ سنباده نوع استکاتی دهن گشاد).

(g) ــ مکانیزم ایجاد بالانس یا تعادل برای چرخ سنبادهای که روی محور سوار شده با تجهیزات مربوطه.

(h) ــ روش بستن و محکم کردن چرخ سنباده پیشانی، که این قسمتشان برای سنگزنی بکار گرفته میشود.

(i) ــ طریقه بستن و محکم کردن سنگهای دیگسته یا چند پارچه با توجّه به قطعات لازمه برای این منظور.

صاف کردن و تیز کردن چرخهای سنباده

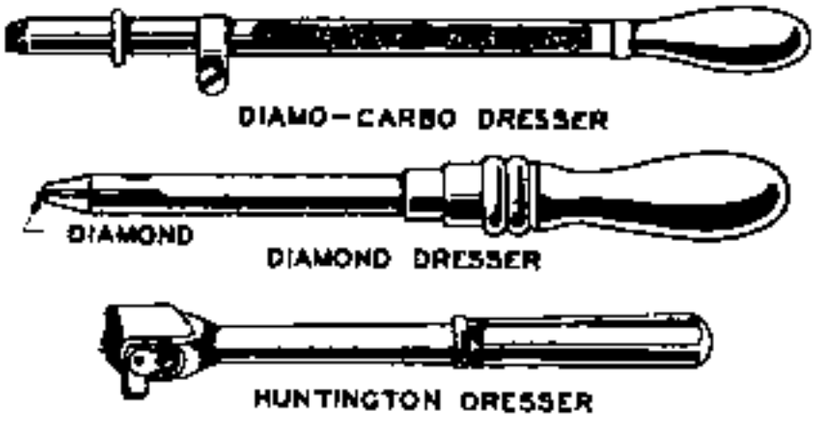
صاف کردن لبه‌های فرسوده شده و نیز سطوح خارجی چرخهای سنباده‌ای که بمرور زمان این نقایص برایشان بوجود آمده است، از جمله اعمالی است که میتواند راندمان یا بازدهی عملیات سنگ‌زنی را بمیزان زیادی افزایش دهد. با صاف کردن سنگ سنباده‌ها، قابلیت بُرندگی (برش) و حرکت دایره‌ای سنگ سنباده دو مرتبه ظاهر میگردد و با از بین رفتن جربی‌ها و کثافات و ذرّات متراکم شده در لابلای خلل و فرج سطوح ساینده، باز هم توانائی بهره‌گیری صحیح چرخهای ساینده بوجود می‌آید. چون اصولاً چرخهای سنباده دارای سختی بالائی هستند، بایستی ابزاربکه میخواهد آن‌ها را اصلاح کند، برتری سختی داشته باشد و معمولاً دو روش را برای اجرای این خواسته در نظر می‌گیرند؛ که عبارتند از:

الف ــ بکار بردن سنگ‌تیزکن‌ها یا صاف‌کننده‌های فولادی بسیار سخت شده: این سنگ‌تیزکن که میتواند برای اصلاح کردن چرخهای سنباده معمولی کارآئی داشته باشد، شامل چند قرص «فولادین سمانته شده» به شکل نامنظم است که بر روی محوری مشترک نصب شده‌اند و آزادانه روی آن توانائی چرخش را دارا هستند. این ابزار را به فرم مورّب در مقابل چرخ ــ سنبادهٔ گردان قرار داده و در امتداد عرضی چرخ سنبادهٔ کُند شده، به حرکت وادار میسازند. قسمت‌هائی از قرص‌های گردان که با سطوح چرخ سنباده اصطکاک پیدا می‌کنند، ذرات خارجی را از آن جدا کرده و همچنین دانه‌های کُند شده را می‌شکنند و بدین طریق سطوح بُرنده تیز را پدیدار می‌نمایند. این روش تیز کردن سنگ سنباده نسبت به حالتی که از الماس سنگ‌تیز کن

(شکل ۱۲ ــ ۱۰) شکل نمایانگر، چرخ سنباده فرسوده شده قبل و بعد از ترمیم سطوح سایندهاش بکمک ابزارهای اصلاح سنگ سنباده‌ها.

استفاده کرده باشند، ساده‌تر و سریع‌تر قابلیت اجرا را دارد ولی باید دانست که کیفیت و مرغوبیت اصلاح چرخهای ساینده با الماس را ندارد و نسبت به آن خشن‌تر میباشد.

تیز کردن «خرد کردنی» یعنی روش بالا، در درجه اوّل کاربردش برای کارهای «سنگ‌زنی فرم» میباشد. در برخی ماشین‌ها میتوان در حالیکه ماشین مشغول سنگ‌زنی است، چرخ سنباده آن را بطور پیوسته یا منقطع تیز کرد.



(شکل ۱۳ ــ ۱۰) چند نمونه از ابزارهای اصلاح چرخ سنباده‌های کند شده که از بالا به پائین عبارتند از:

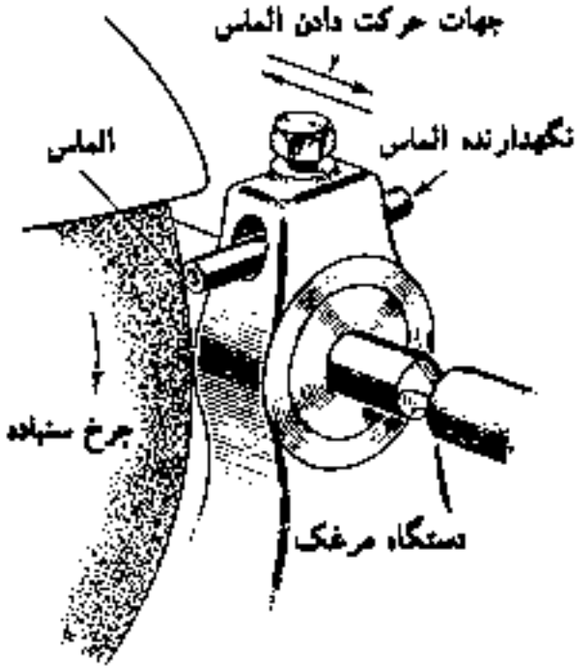
۱ ــ سنگ تیزکن بفرم لوله‌ای پر شده از پودر الماس و کربور تنگستن (که بسیار سخت میباشد).
۲ ــ سنگ تیزکن با نوک الماس.
۳ ــ سنگ تیزکن با چرخهای فولادی سخت شده.

ب ــ بکار بردن سنگ‌تیزکن‌های با نوک بوجود آمده از «الماس»: الماس طبیعی و همچنین قطعات الماس‌های صنعتی دارای بالاترین درجه سختی در میان مواد بسیار سخت میباشند و روی همین اصل است که میتوان بوسیله ابزاری که در نوک آن قطعه‌ای الماس (معمولاً نوع صنعتی خام و تراش داده نشده که بفرم هشت ضلعی میباشد) جاسازی شده است اقدام به صاف کردن و اصلاح سطوح فرسوده چرخهای سنباده سخت قبل از بکارگیری آن‌ها برای عملیات سایشی دقیق کرد و نتایج مطلوب‌تری را بدست آورد.

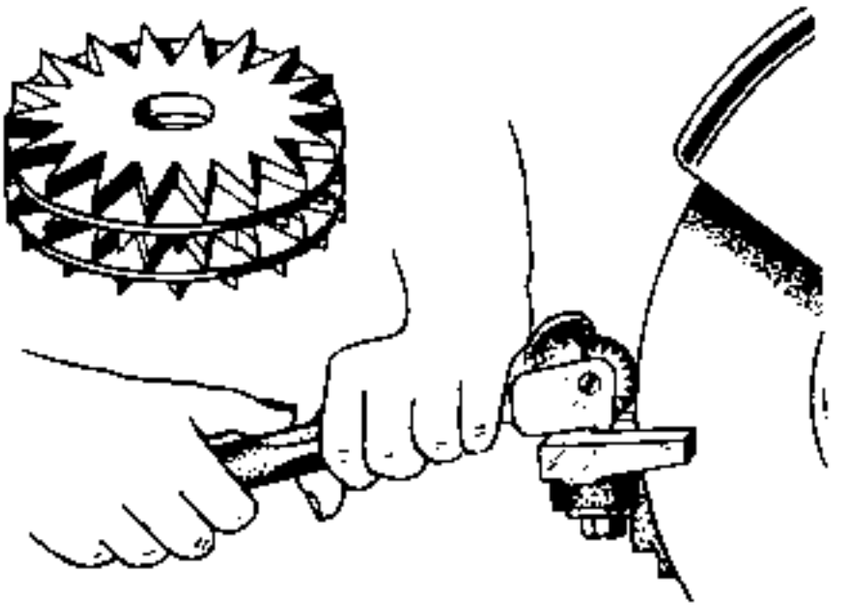
قطعه الماس را ممکن است پوششی نرم مانند لایه‌ای مسی دربر گرفته باشد و نوک الماس بیرون باقی بماند و مجموعه آن دو در انتهای ابزارگیری مناسب محکم شده باشند و گاهی اوقات هم میتوان برای این منظور از لحیم نقره استفاده کرد. ولی در هر حال بایستی الماس سنگ‌تیزکن، نوکی مسلّط داشته و بدون ارتعاش و در وضعیتی محکم بکار برده شود. بعلت آن که احتمال دارد در اثر اصطکاک شدید الماس با سطح چرخ سنباده دمائی بالاتر از ۶۰۰°C که منجر به سوختن قطعه الماس می‌شود به وجود آید. لازم است از مایعات خنک‌کاری در حین اجرای صافکاری

سنگهای ساینده بهره‌گیری کرد. اندازه الماس به پهنا و قطر چرخ سنباده و نیز به میزان سختی آن وابستگی دارد. اگر بخواهند سنگ سنباده متعلق به ماشین‌های کف‌سائی را مرمّت کنند، «الماس نگهدار» پایه‌ای فولادین و بسیار محکم داشته و به میز ماشین که معمولاً به مغناطیسی قوی مجهز (منظور گیره‌های الکترو مغناطیسی) میباشد خواهد چسبید و آنگاه عمل اصلاح سنگ را شروع می‌کنند.

چنانچه خواسته باشند تیز کردن چرخ سنباده ماشین گردسائی را اجراء کنند میتوانند الماس نگهدار را (مطابق شکل «۱۴ ــ ۱۰») بین مرغکهای پیش دستگاه و دستگاه مرغک ماشین



(شکل ۱۴ ــ ۱۰) نحوه تیز کردن یا اصلاح سطوح فرسوده چرخ سنباده ماشین سنگ‌زنی «گردسائی» در حالی که ابزار الماس نگهدار به مرغک دستگاه مرغک ماشین متکی گردیده است.



(شکل ۱۵ ــ ۱۰) طرز تیز کردن چرخهای سنباده با (سنگ صاف‌کن فولاد آلیاژی بسیار سخت).

سوار کرده و طوری در دو جهت باردهی کنند که تمامی سطوح فرسوده سنگ سنباده تیز شود و سطح ساینده جدیدی در آن پدید آید.

سرعت محیطی سنگ سنباده‌ها

انتخاب سرعت محیطی مناسب برای چرخهای سنباده‌ای که جهت ساییدن سطوح گوناگون قطعات کار، مورد استعمال دارند از بسیاری جهات و از جمله جلوگیری از فرسایش زودرس خود چرخ ساینده و نیز سوختگی سطوح قطعات کار و سایر معایب ناشی از نادرستی آن، واجد اهمیّت زیادی است و مسلماً به تعداد دوران بر هر دقیقه محور چرخ سنباده و نیز قطر آن وابستگی دارد و با توجه به تمامی عوامل مؤثر بر آن، مقدار سرعت محیطی متناسب برای شرایط کاری مختلف، معمولاً بصورت تجربی بدست آمده و در جداولی قید می‌شوند که با مراجعه به آن‌ها، مقدار مطلوب بدست می‌آید که جدول زیر نمونه‌ای از آن‌ها میباشد:

(جدول شماره ۲) ــ مقادیر سرعت محیطی یا سرعت برشی مجاز برای عملیات مختلف سنگ‌زنی

کار سنگزنی		سرعت محیطی برحسب m/s برای مواد کار								
		نرم	فولاد آبداده	آلیاژ عالی	چدن خاکستری	چدن سخت	فلز سخت	برنج bronze	فلزات سبک	مواد مصنوعی
سنگزنی دقیق	سنگزنی سطح با محیط سنگ سنباده	25–32			20–25	32	8–15	25	20–25	
	سنگزنی سطح با سنگ سنباده پیشانی	20–25			20–25	20	8–15	25	20–25	
	سنگزنی گرد خارجی بین دو مرغک	35–45	30	25–30	25	22–25	15–25	25–35	20–35	
	سنگزنی گرد داخلی	30	25	20	25	22–25	10–20	25	15–20	
	سنگزنی گرد بدون مرغک	30	30	25	25	22–25	15–25	25–35	20–35	
	سنگزنی ابزار کار	–	15–25	15–20	–	15–20	8-20-45	–	–	
	سنگزنی خرید	28–30	24–28	15–25	20	15–25	8–15	20–25	–	
سنگزنی درشت	سنگزنی درنی	80	60	60–80[1]	45–80	45–80	45	60–80	80–100	30
	پلیسه‌گیری و تمیزکاری	30–45–80[1]			30–45	30–45	–	30–45	30	–

«مواد خنک‌کننده در سنگ‌کاری Coolant Fluides in Grinding»

لزوم خنک‌کاری در عملیات سنگ‌زنی: جرقه‌هائی که به هنگام ساییده شدن قطعات کار با چرخهای سنباده باطراف می‌پرند (براده‌های ریز فلزی سرخ شده) نشانه آنست که در اثر اصطکاک سنگ با کار مقدار حرارت و نیز دمای بالائی بوجود می‌آید و این گرما که در سنگ و قطعه کار پخش می‌شود، ممکن است حالتی را ایجاد کند که سنگ از هم بپاشد و در محیط پراکنده

شود و از سوی دیگر گرمای فوق‌العاده زیاد تغییر فرم نابجائی در کار را سبب گردد و یا آنکه سختی خود را که در اثر عملیاتی نظیر آبکاری کسب کرده بود از دست بدهد. رنگهای گوناگونی که موقع سنگ زدن و سائیده شدن قطعات کار بر روی سطوحشان پدیدار میگردد، نشانه‌هائی هستند از دمای بالای سنگ‌زنی، و برای جلوگیری از این پدیده‌های ناخواسته، بایستی جریانی از یک مایع خنک‌کاری با ویژگیهای خاص و نیز فشار و دبی کافی در منطقه سنگ‌زنی بوجود آورند تا با گرفتن و انتقال دادن گرما، کار و نیز چرخ سنباده را به حدّ کفایت خنک کند و همچنین عاملی باشد برای دور کردن براده‌های ریز و ذرات سائیده شده از محیط سایش کاری. آب خالص در عین حال که قابلیت جذب گرمائی خوبی را داراست، به تنهائی برای این منظور بکار برده نمی‌شود، بلکه با درست کردن محلول‌ها و امولسیون‌های مناسب، مایع خنک‌کاری دلخواه را بدست می‌آورند.

قطعات فولادی در حالت مرطوب، سنگ‌زنی می‌شوند و حال آنکه در مورد چدن بایستی معمولاً سایش در شرایط خشک صورت گیرد و پس از انجام عملیات یعنی در خاتمه کار لازم است جریان مایع کاملاً قطع شود و بگذارند چرخ سنباده برای مدت کوتاهی آزاد بچرخد تا مایع نفوذ کرده به درون خلل و فرج آن بخارج پاشیده شود. سنگ زدن خشک منحصراً در حالی باید اجراء شود که روی چرخ سنباده مخصوصاً کلمات: «برای خشک سنگ زدن» ذکر شده باشد. در این گونه سایندها، برای ممانعت از تولید حرارت زیاد، باید مقدار بار را بطور محسوسی کم کنند تا از بوجود آمدن «ترک‌های تنشی» جلوگیری شده باشد و اصولاً هرگز نبایستی کار را در ابتداء خشک سنگ‌کاری کنند و بعد بطور ناگهانی جریانی از مایعات خنک‌کاری را در محیط سایش برقرار سازند. چنانچه خنک کردن منطقه سنگ‌زنی بخوبی صورت نگرفته باشد، لکه‌های سوختگی در سطوح کار ایجاد شده، سختی‌های موضعی در آن ملاحظه گردیده و نیز مُخطط میگردد. چند مایع متداول برای خنک‌کاری در سنگ‌زنی‌های گوناگون که نسبت اختلاط آن‌ها مستلزم داشتن جداول تجربی است عبارتند از:

(۱) ــ آب با اضافاتی مانند درصدی از سود (مثلاً ۵ درصد)، بیکرمات سدیم، نیتریت سدیم، کرمات پتاسیم و غیره (نیتریت سدیم و کرمات پتاسیم با نسبت اختلاط زیاد برروی پوست بدن اثر بد بجای می‌گذارند).

(۲) ــ امولسیون‌ها یا روغن‌های امولسیون شونده که بتوانند در آب بحالت معلق قرار گیرند و با آن مخلوط مناسبی را درست کنند، که آب گرماگیر و روغن کم‌کننده اصطکاک خواهد بود.

(۳) ــ روغن‌های سنگ‌زنی که میتوانند روغنهای با غلظت کم و از انواع معدنی باشند و یا اضافات متناسبی بدان‌ها افزوده شده باشد.

(۴) ــ نفت معمولی یا نفت سفید که در پاره‌ای از عملیات سنگ‌زنی ممکن است بکار برده شود ولی اگر مقدار گرمای تولیدی خیلی بالا باشد، تسبخیر شده و در محیط کارگاه بوی ناخوشایندی را بوجود می‌آورد.

عملیات سنگ‌زنی «Grinding Operations»

بسته به اینکه چه نوع کاری را قرار باشد سنگ‌کاری کنند و نیز کدام ماشین و چگونه این خواسته را اجراء کند، عملیات متنوعی در ماشینکاریهای سایشی میتواند وجود داشته باشد و برای هر عمل هم امکان دارد چندین روش متفاوت با بکارگیری ماشینهای گوناگون، در صنایع ماشین‌سازی بویژه در قرن حاضر، پدیدار شده باشد، ولی می‌توانیم مهم‌ترین عملیات سنگ‌زنی را که برای تحقق یافتن آن‌ها نیز به ماشین خاصش نیازمندیم، بقرار زیر بدانیم، که عبارتند از:

(۱) ــ سنگ‌زنی سطوح مسطّح یا صاف که به آن «کف‌سائی» هم میگوئیم.

(۲) ــ سنگ زنی گردسائی خارجی.

(۳) ــ سنگ زنی گردسائی داخلی.

(۴) ــ سنگ زنی فرم‌سائی و ابزار تیزکنی.

(۵) ــ سنگ‌زنی‌های «بدون مرغک یا سنترلس Centerless» که میتواند به انواع خارجی و داخلی منقسم گردد.

(۶) ــ سنگ‌زنی صیقل نهائی و پرداخت کاری.

و در قسمت‌های بعدی این مبحث اصول اجرای هر کدام از عملیات فوق‌الذکر بیان میگردد.

(۱) ــ سنگ‌زنی قطعات مسطح (کف‌سائی Surface-grinding) در مواردی که قرار باشد سطوح تخت یا مسطح قطعات کار را بسایند، سنگ زنی «کف‌سائی» نامیده می‌شود و برای این منظور امکان دارد، محیط چرخ سنباده و یا پیشانی ساینده آن، عملیات سایش را انجام دهد و ضمناً می‌توانند از نظر شرایط عمل، خشن‌کاری و یا پرداخت کاری محسوب گردند.

در خشن‌کاری و روتراشی اجرا شده با ابزارهای سایشی، که برای سنگ‌کاری سطوح اتکاء قطعات چدنی یا پرسکاری و نورد شده کاربرد دارد، و در این شرایط ماشین مربوطه باید دارای قدرت سنگ‌کاری زیادی باشد، داشتن اندازه بسیار دقیق برای قطعات کار، چندان مطرح نیست وبهمین دلیل، در اینگونه موارد، مخارج سنگ زنی خشن‌کاری، نسبت به فرزکاری و حتی صفحه‌تراشی ارزانتر خواهد بود.

در سنگ‌زنی‌های ظریف‌کاری و پرداخت‌سائی، دقّت اندازه و کیفیت و مرغوبیت سطوح ایجاد شده از اهمیت بسزائی برخوردار است و الزاماً میبایست دقت عملشان از ماشینکاریهائی

نظیر فرزکردن و رندیدن یا صفحه تراش بالاتر باشد و می‌توانیم سائیده شدن سطوح قطعات راهنما در بیشتر ماشین‌های ابزار، سطوح صاف وسائل و ادوات اندازه‌گیری دقیق، و بطور کلّی مقاطع مسطح و هموار را در ردیف کارهای ظریف‌سائی محسوب کنیم و مسلماً نسبت به دسته اوّل، مخارج اجرایشان بیشتر بوده و هزینه بالاتری را بوجود خواهند آورد. مواردی هم در کارهای تولیدی دیده شده است که قطعه کار را با همان حالت خام، سنگ‌کاری خشن کرده و سپس با سایشی دقیق، آنرا با دقت مطلوب به اتمام میرسانند.

کف‌سائی‌های مختلف را میتوان شامل چهار رده‌بندی زیر دانست:

(۱) ــ کف‌سائی با محیط چرخ سنباده که محور سنگ ساینده افقی بوده و میزکار نوسانی و یا دارای حرکت رفت‌وآمدی باشد و بدین ترتیب منجر به ساییده شدن تمامی سطح کار شوند.

(۲) ــ کف‌سائی با محیط چرخ سنباده با محور سنگی افقی و میزکاری دوّار که میز ناقل قطعات کار حرکتی چرخشی داشته و از زیر محیط چرخ سنباده دوّار عبور می‌کند و تدریجاً با باردهی سمتی یاجانبی به محور سنگ در امتداد افق، همه سطوح افقی قطعه یا قطعات کار نصب شده روی میز، ساییده می‌شوند.

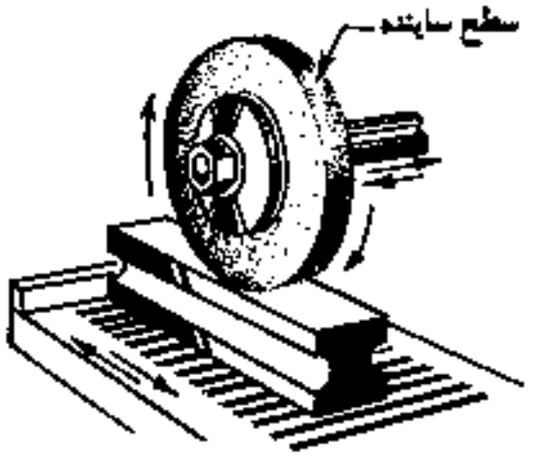
(۳) ــ کف‌سائی با پیشانی سنگ، که در آن محور سنگ عمود بر سطح کار مورد سایش بوده و پیشانی ابزار ساینده، عمل سنگ‌زنی را انجام میدهد و می‌تواند میزکار نوسانی و یا رفت‌وآمدی باشد. در این طریقه اغلب میزان اصطکاک کار و سنگ سنباده زیاد است و تعداد زیادی از ذرات ساینده سطح سنگ، سایش را اجراء می‌کنند و لذا بایستی باردهی عمقی خیلی کمتر باشد تا باعث ترکیدن چرخ سنباده نشود.

(۴) ــ کف‌سائی با پیشانی سنگ سنباده و میز دوّار، که در ماشین کف‌سائی که برای این منظور ساخته شده باشد، محور چرخ سنباده بر صفحه افق و در نتیجه بر سطح کار عمود بوده و با دور مناسبی در حال چرخش است و دوران می‌کند و کار بسته شده برروی میز چرخان که با دور و جهت متناسب وادار به چرخش شده است با حرکت جنبی محورسنگ، تمامی سطوح افقیش ساییده می‌شود.

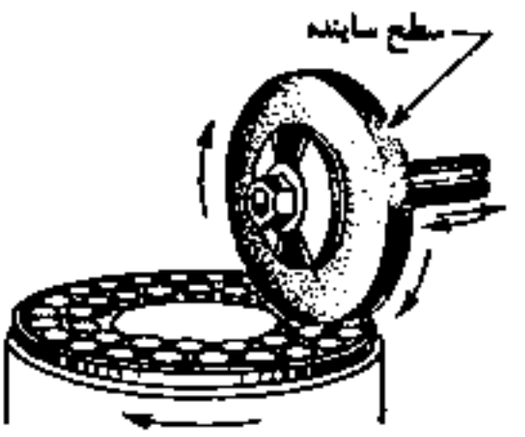
روش‌های بستن قطعات کار برای کف‌سائی‌ها

برای سنگ زدن سطوح تخت بایستی نهایت دقت را مبذول دارند، طوریکه اگر قطعات کار بسیار بزرگتر از حدّ معمولی باشند، برروی ماشین‌های اختصاصی، بکمک پیچ‌ها و بست‌های ویژه‌ای در جای خود مستقر و محکم می‌گردند و در مورد قطعات کار کوچکتر امکان دارد از گیره‌های مخصوص استفاده کنند و چون اغلب کارهای معمولی که برای کف‌سائی ارجاع می‌شوند از فولادهای مختلف بوجود آمده‌اند و از نظر ماده‌شناسی جزو مواد «فرو مغناطیس»

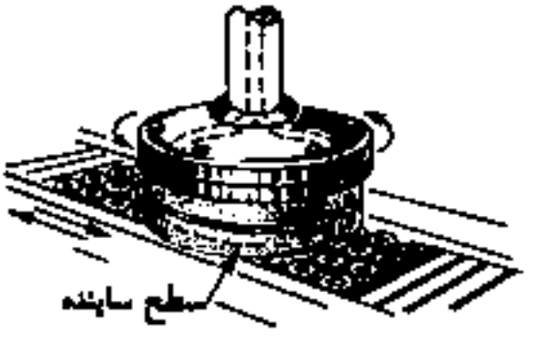
محسوب می‌گردند. لذا باین دلیل است که اکثر ماشین‌های کفسائی مجهز به «گیره‌های مغناطیسی» بسیار نیرومندی میباشند.



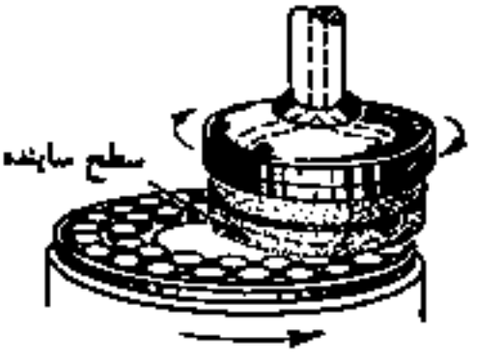
محور اصلی افقی میز رفت و آمدی



محور اصلی افقی میز دوّار



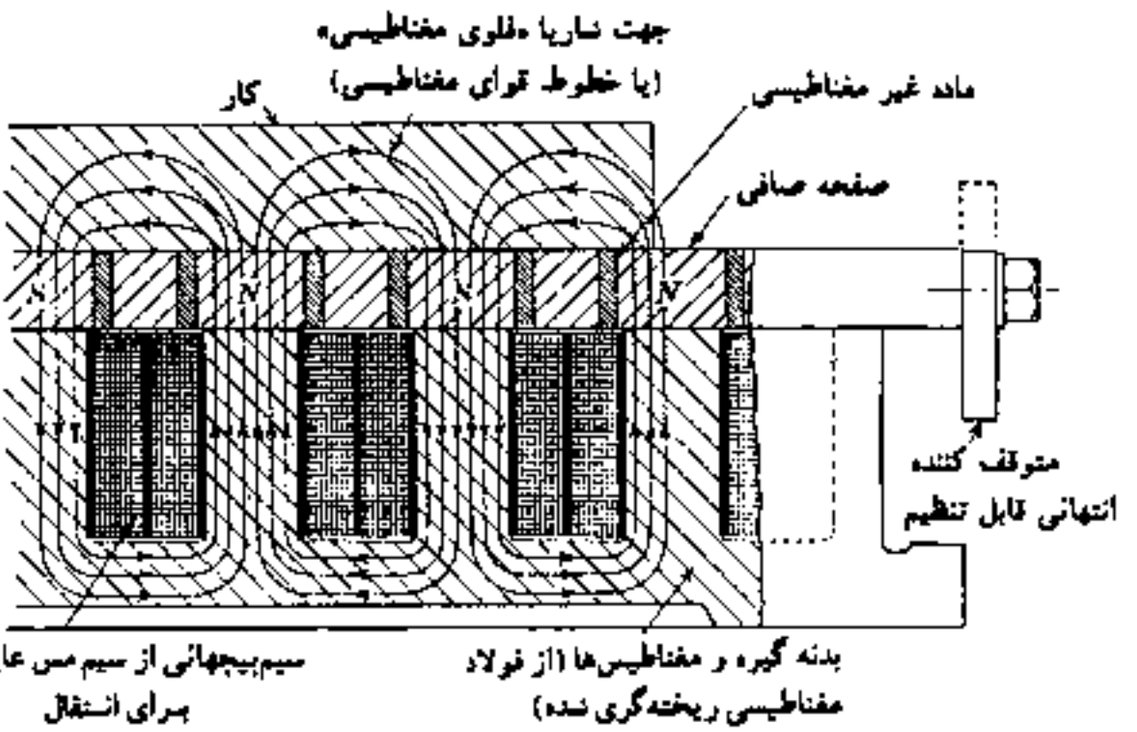
محور اصلی عمودی میز رفت و آمدی



محور اصلی عمودی میز دوّار

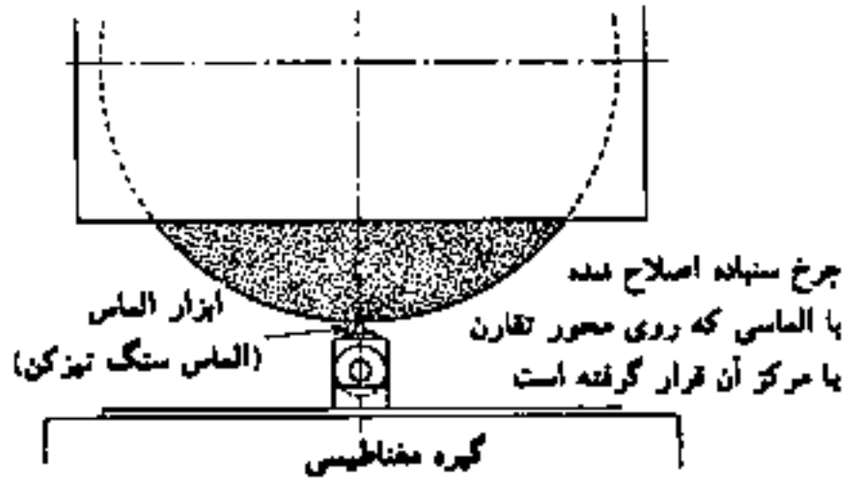
(شکل ۱۶-۱۰) اصول اجرای کفسائی با «محیط چرخ سنباده» و با «پیشانی چرخ سنباده» برروی انواع ماشین‌های کفسائی یا سنگزنی سطح

در ساختمان گیره‌های مغناطیسی ماشین‌های کفسائی تعدادی آهنربای الکتریکی پشت سرهم وجود دارند که از جریان مستقیمی که برای همگی آن‌ها یکسان است تغذیه می‌کنند و نحوه تأمین آن هم بدین نحو است که ابتدا ولتاژ برق جریان متناوب منبع الکتریسیته با ترانسفورماتورهای کاهنده تنزل پیدا کرده و آمپراژ یا شدت جریان آن بالا برده می‌شود و جریان متناوب خروجی بکمک «دستگاه‌ها و ادوات یکسوسازی جریان» یا «رکتیفایرها Rectifiers» یک‌طرفه و سپس صاف شده و آنگاه با عبور کردن از سیم‌پیچهای آهنرباهای الکتریکی متوالی، میدان آهنربائی بسیار قوی‌ای که توانائی جذب و نگهداری قطعات کار فولادین را داشته باشد بوجود می‌آید. «شکل ۱۶-۱۰» چهار روش کفسائی ذکر شده را بطور شماتیکی نشان میدهد و «شکل ۱۷-۱۰ و شکل ۱۸-۱۰» نمایانگر اصول ساختمان ونیز نمای ظاهری گیره‌های مغناطیسی ماشین‌های کفسائی میباشند.



(شکل ۱۷-۱۰) مقطع یک گیره مغناطیسی که میتواند قطعات کار «فرو مغناطیس» را در ماشینهای کفسائی نگهداری کند.

(شکل ۱۸-۱۰) نمای ظاهری یک میز کار یا گیره مغناطیسی متعلق به ماشین کفسائی همراه سویچ اصلی آن



(شکل ۱۹-۱۰) اصول تیزکردن سطوح ساینده محیطی چرخ سنباده ماشین کفسائی، بکمک الماس سنگ تیزکن گرفته شده بوسیله «گیره مغناطیسی» ماشین سنگ‌زنی مسطح.

ساختمان «ماشین‌های سنگ سنباده کف‌ساب» و «طرز کار با آن‌ها»

با توجه به توضیحاتی که درباره اصول اجرای عملیات کف‌سائی و نیز روش‌های متداول برای اجرای آن‌ها بیان شد و همچنین شرحی که در ارتباط با نحوه گرفتن و نگهداری قطعات کار بر روی میز اصلی چنین ماشین‌هائی گذشت، ساختمان ماشین‌های سنگ‌زنی مسطح را در دو گروه متمایز زیر باختصار بیان می‌کنیم:

۱ ــ ماشین کف‌سائی با محور سنگ عمودی. ۲ ــ ماشین کف‌سائی با محور سنگ افقی

البته از لحاظ میزکار، هر کدام از آن‌ها دارای انواع «نوسانی» و «دورانی» میباشند و از این نظر ساختمانی مشترک دارند.

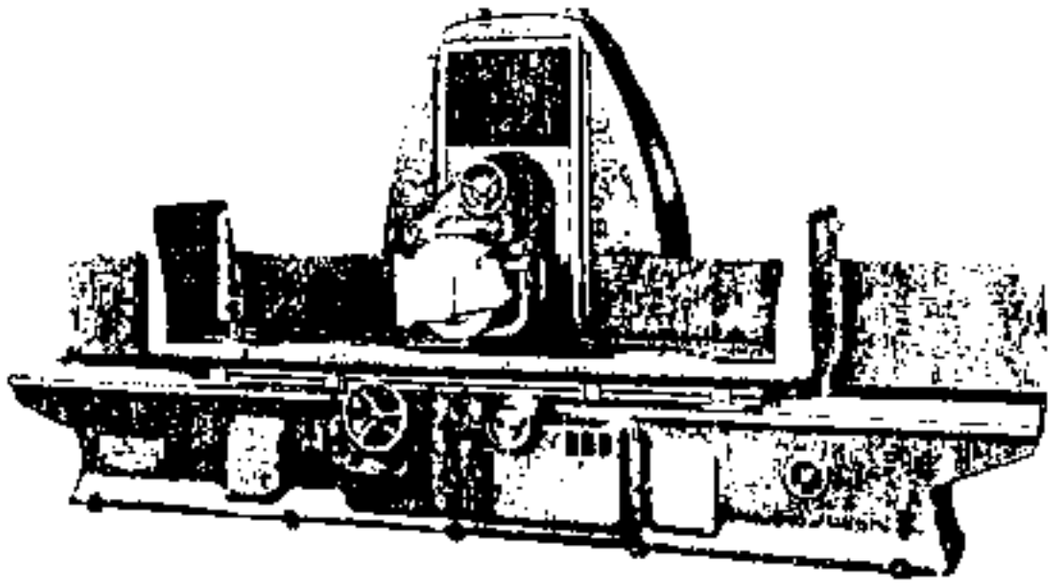
۱ــ ماشین کف‌سائی با محور سنگ عمودی (سنگ‌زنی یا پیشانی چرخ سنباده): ماشین‌های سنگ زنی مسطحی که محور سنگ سنباده آن‌ها عمود بر صفحه افق باشد اصولاً برای کارهائی تناسب دارند که سطوح اتکاء آن نسبت به سطح سایششان موازی باشد و قسمت‌های مهم آن عبارتند از: میل‌سنگ با سر دستگاه نگهدارنده ابزار ساینده دوار ــ میز (رفت و آمدی و یا نوع چرخان) ــ پایه و دستگاههای سوپرت باردهی در امتدادهای مختلف و نیز گیره‌های نگهدارنده قطعات کار.

میل‌سنگ: حامل چرخ سنباده بوده و در سر دستگاه ماشین دقیقاً یاتاقان بندی شده و الکتروموتوری مناسب حرکت اصلی آن را تأمین می‌کند، برای میزان کردن سنگ روی قطعات تحت سایش، این مجموعه روی پایه‌های قائم ماشین قابلیت جابجائی در امتداد قائم را داراست و تنظیمات جزئی‌تر برای کسب دقت‌های بالاتر توسط سوپرت ویژه‌ای که معمولاً در مجاورت خود چرخ ساینده است انجام خواهد گرفت.

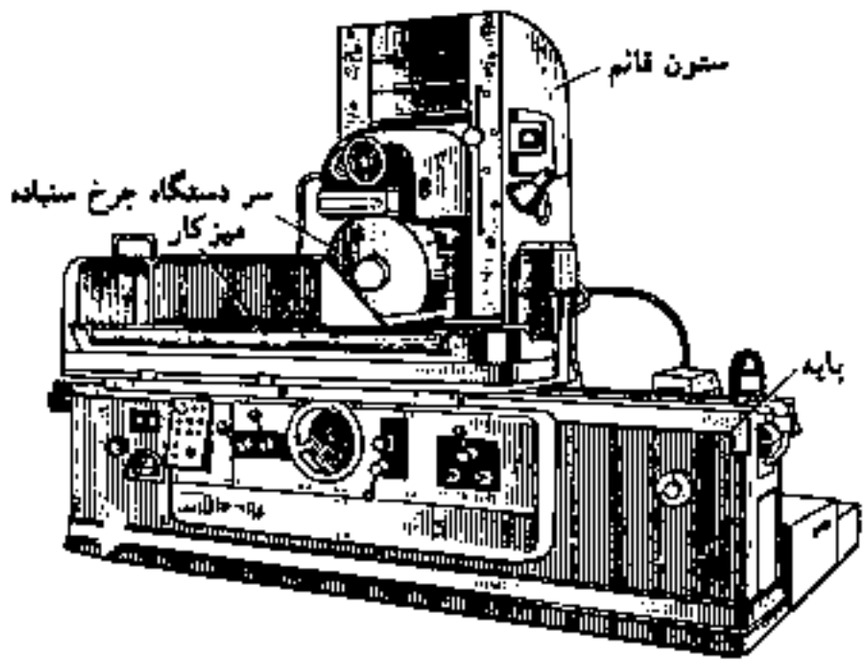
میز دراز: برای بستن کارها تجهیزات لازمه را دارا بوده و حرکت لغزشی آن در امتداد راههای بستر ماشین اکثراً هیدرولیکی است و «بست‌های مخصوص» حدود میدان نوسان میز را با جابجا شدنشان در شیاری ویژه تعیین می‌کنند. و طرز کار با آن‌ها هم مستلزم رعایت نکات کلّی ایمنی در سنگ‌کاری بوده و ابتدا کار را در وضعیت مطمئنی روی میز تثبیت کرده و طول کورس را تنظیم می‌کنند، بطور تقریبی سنگ را به سطح کار نزدیک می‌کنند و باردهی‌های عمقی جزئی وتدریجی در شرایطی که مسئله خنک کاری چرخ سنباده و قطعات در حال سایش نیز حل شده باشد سنگ زنی ادامه می‌یابد، البته میز دارای حرکت سمتی یا جنبی هم میباشد تا تمامی عرض کار نیز تحت پوشش سائیده شدن قرار گیرد.

۲ ــ ماشین‌های کف‌سائی با محور سنگ افقی (سنگ زنی با محیط چرخ سنباده): این نوع ماشینهای سنگ زنی مسطح تنها تفاوت فاحش ساختمانیشان با نوع قبلی نحوه استقرار میل سنگ آنهاست که افقی شده در نتیجه محیط چرخهای سنباده عملیات سایش را اجراء خواهند

کرد. اکثراً یک مشخصه فنی مهم آن‌ها طول ماکزیمم کورس سنگ‌زنی ماشین میباشد. در این نوع عملیات سائیدن، سطح تماس بین کار و چرخ سنباده کوچکتر بوده و بهمین جهت قدرت انجام کار یا مقدار براده ایکه برداشته میشود، خیلی کم است، لیکن در عوض کف‌سائی در نهایت ظرافت اجراء می‌شود و این طریقه سایش مسطح، برای سطوح کار بلند و باریک مانند میله‌های راهنما و نظائر آن‌ها کاملاً متناسب است. چون اغلب ماشین‌های کف‌سائی مسطح دارای گیره‌های مغناطیسی هستند، به میزان قابل ملاحظه‌ای در زمان باز و بسته شدن قطعات کار صرفه‌جوئی بعمل

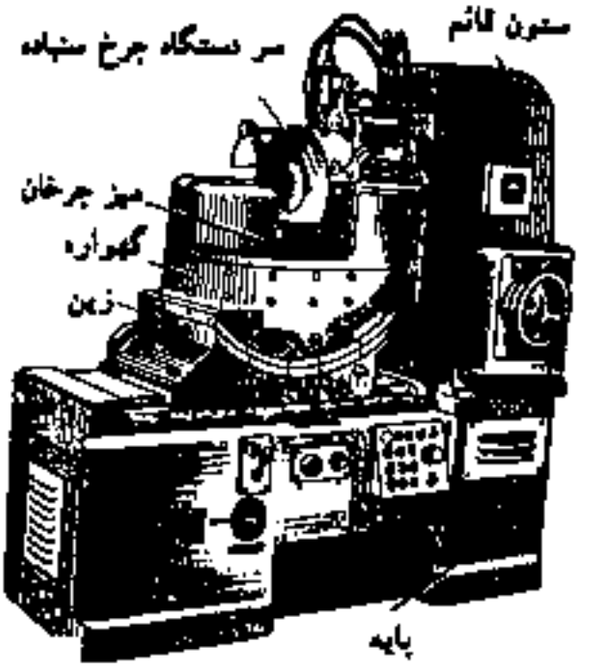


(شکل ۲۰-۱۰) شکل ظاهری ماشین «کف‌سائی دقیق با محور اصلی افقی»



(شکل ۲۱-۱۰) نمائی برای نشان دادن قسمت اصلی ساختمانی ماشین کف‌سائی
با محور اصلی افقی و میز نوسانی

می‌آید و پس از اتمام عملیات سنگ‌زنی میبایست پس ماند مغناطیسی در آن‌ها به نحوی از بین برود و معمولاً روی صفحه مخصوصی که برای خنثی کردن خاصیت مغناطیسی همراه ماشین وجود دارد این عمل تحقق پیدا می‌کند.



(شکل ۲۲ ــ ۱۰)

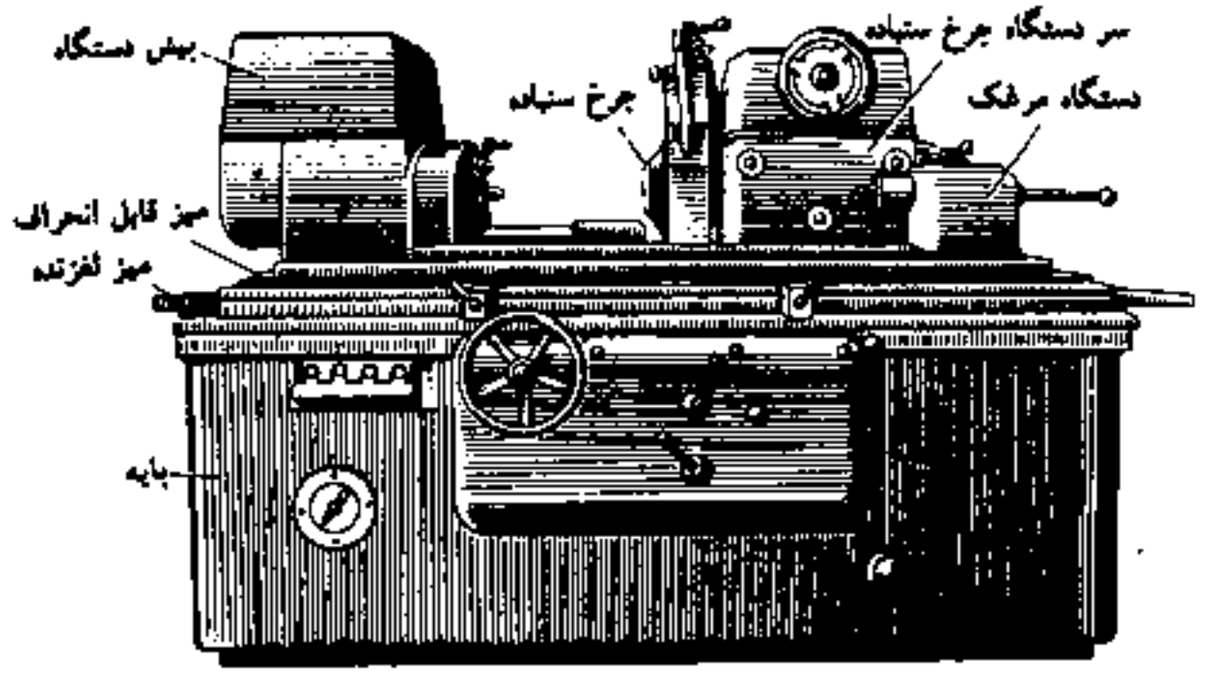
قسمت‌های اصلی ساختمانی مشخص شده بر روی یک مدل ماشین کلاسائی با محور اصلی افقی و میز کار دوّار

عملیات سنگ‌زنی «گردسائی» و «ماشین‌های گردسائی سطوح خارجی و داخلی»

چنانچه خواسته باشند سطوح خارجی و یا داخلی قطعات کار با مقاطع دایره‌ای و بطور کلّی دوّار را بسایند، عملیات گردسائی نامیده شده و بر حسب اینکه قسمت‌های بیرونی یا درونی آن‌ها تحت سایش قرار گیرد، ماشین‌های متنوع گردسائی خارجی و داخلی هم بکار گرفته خواهند شد و معمولاً کارهای استوانه‌ای و یا مخروطی اکثریت کارهای ارجاعی برای ماشینکاریهای سایشی این خانواده از ماشین‌های ابزار را تشکیل میدهند. با عملیات گردسائی میتوان از قطرهای خارجی و داخلی قطعات کار، پوسته‌ها یا قشرهای بسیار نازک و دقیقی را برداشت یا مورد سایش قرار داد، طوریکه به هیچ وجه امکان اجرایشان تا این حدّ دقت بوسیله ماشین‌هائی نظیر «ماشین‌های تراش معمولی» وجود نداشته باشد. در مواردی ممکن است یارهای عمقی در گردسائی‌ها در بین مقادیری مانند ۰/۰۳ mm تا ۰/۰۰۲۵ mm قابلیت تنظیم را دارا باشند و ملاحظه می‌شود که تلرانس‌های فوق‌العاده کم را در ماشین‌سازی میتوان مرهون بکارگیری ابزارها و ماشین‌های ساینده دقیق دانست. اینک شرح خلاصه شده‌ای از دو نوع کلّی ماشین‌های گردسائی را بیان میداریم:

«ماشین‌های گردسائی خارجی External Grinding Machines ــ این گروه از ماشین‌های گردسائی اختصاصی را در مرحله اوّل از نقطه نظر بوجود آوردن بار طولیشان که بتواند تمامی درازای قطعات کار را مورد سایش قرار دهد به دو نوع متمایز زیر که بنام اولین کارخانجات سازنده‌شان نامیده می‌شوند، تقسیم‌بندی می‌کنند، که عبارتند از:

الف ــ ماشین‌های گردسائی سیستم «نورتون» Norton System ــ که در آن‌ها، سر دستگاه چرخ سنباده بر روی بستر ماشین بطور محکم ثابت گردیده است و چرخ سنباده بر روی آن دوران می‌کند، و در همان حال کار بسته شده بین مرغکهای ماشین نیز حرکتی چرخشی متناسب از لحاظ دور و جهت را دارا بوده و مجموعه کار و مرغکها و موتور محرک کار، روی میز لغزانی سوار شده‌اند و با بحرکت در آورده شدن به سوی چپ و راست، همه طول کار، زیر پوشش سایشی قرار می‌گیرد و این خواسته در انواع مدرن ماشین‌های گردسائی با روشی هیدرولیکی اجراء خواهد شد و در نتیجه تسهیلات زیادی را برای عملیات سنگ‌زنی بوجود می‌آورد. (شکل ۲۳ ــ ۱۰) نمودار نمای ظاهری و نیز قسمت‌های اصلی ساختمانی، ماشین‌های گردسائی «سیستم نورتون» میباشد.



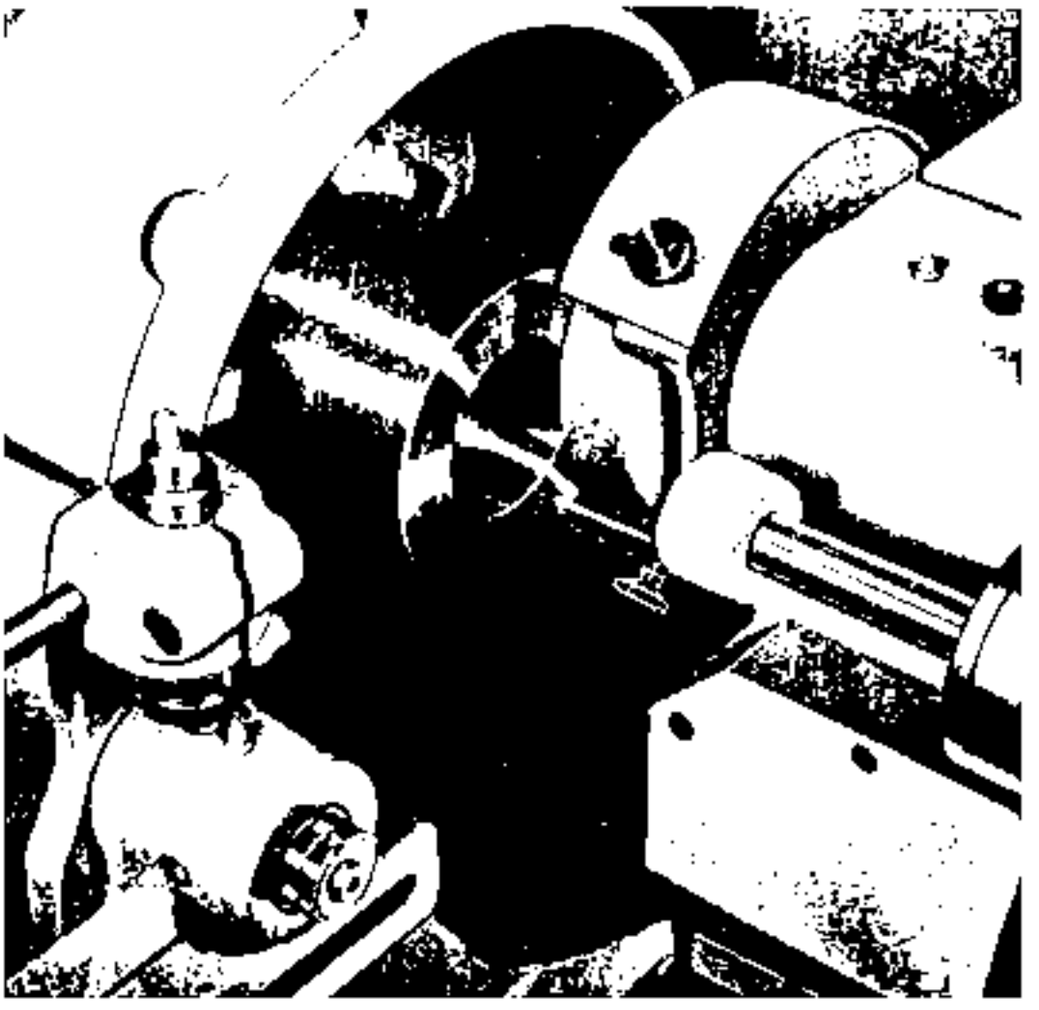
(شکل ۲۳ ــ ۱۰) ماشین گردسائی (خارجی) انبورسال ساخته شده بر مبنای سیستم نورتون»

ب ــ ماشین‌های گردسائی «سیستم لاندیس» Landis System ــ چنانچه ماشین‌های گردسائی را با طرح «لاندیس» ساخته باشند، تفاوت ساختمانیشان با نوع نورتون در معکوس بودن سیستم باردهی طولی کار و ابزار ساینده ماشین خواهد بود، یعنی در این حالت، کار دوّار روی مرغکهای طرفین دستگاه سنگ‌زنی سوار شده و پس از تنظیم شدن، به میز یا بستر ماشین تثبیت

می‌شود ولی سر دستگاه حامل چرخ سنباده دوّار، که به نوبه خود روی میز جداگانه‌ای نصب است، با بوجود آوردن حرکات نوسانی برای میزش در طول کار وادار به تحرک میگردد و متعاقب آن عمل باردهی تمامی طول قطعه کار در حال گردسائی اجراء می‌شود.

لازم به توضیح است که بسیاری از قسمت‌های اصلی ساختمانی دو طرح فوق‌الذکر، در ماشین‌های گردسائی، اعمّ از گونه‌های داخلی و یا خارجی آن‌ها در بخش‌های عمده زیر، اشتراک دارند که عبارتند از: بستر ماشین ــ پایه ماشین ــ پیش دستگاه ــ دستگاه سرغک انتهائی ــ سر دستگاه چرخ سنباده و سوپرت‌های مختلف ایجاد کننده حرکات لازم و نیز تجهیزات هیدرولیکی مربوطه.

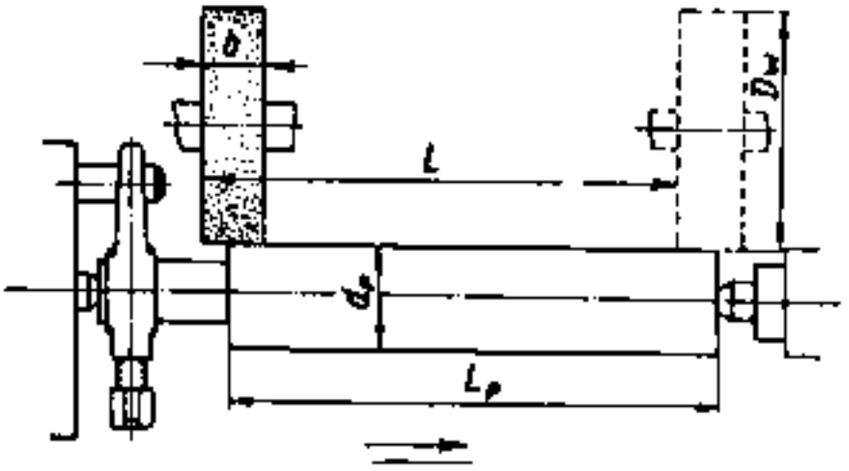
سرعت‌های چرخشی قطعات کار و نیز جهت چرخش آن‌ها قابلیت تنظیم و تعویض را دارند و برای میزان باردهی‌های گوناگون در راستاهای مورد نظر از وسائل سنجش میکرومتری دقیق بهره‌گیری می‌کنند و مسلماً این گونه ماشین‌ها دارای طرحهای متنوعی که توانائی سنگ‌زنی‌های خیلی دقیق داخلی قطعات کار را داشته باشند، نیز بوده و با اندازه‌های مختلف در



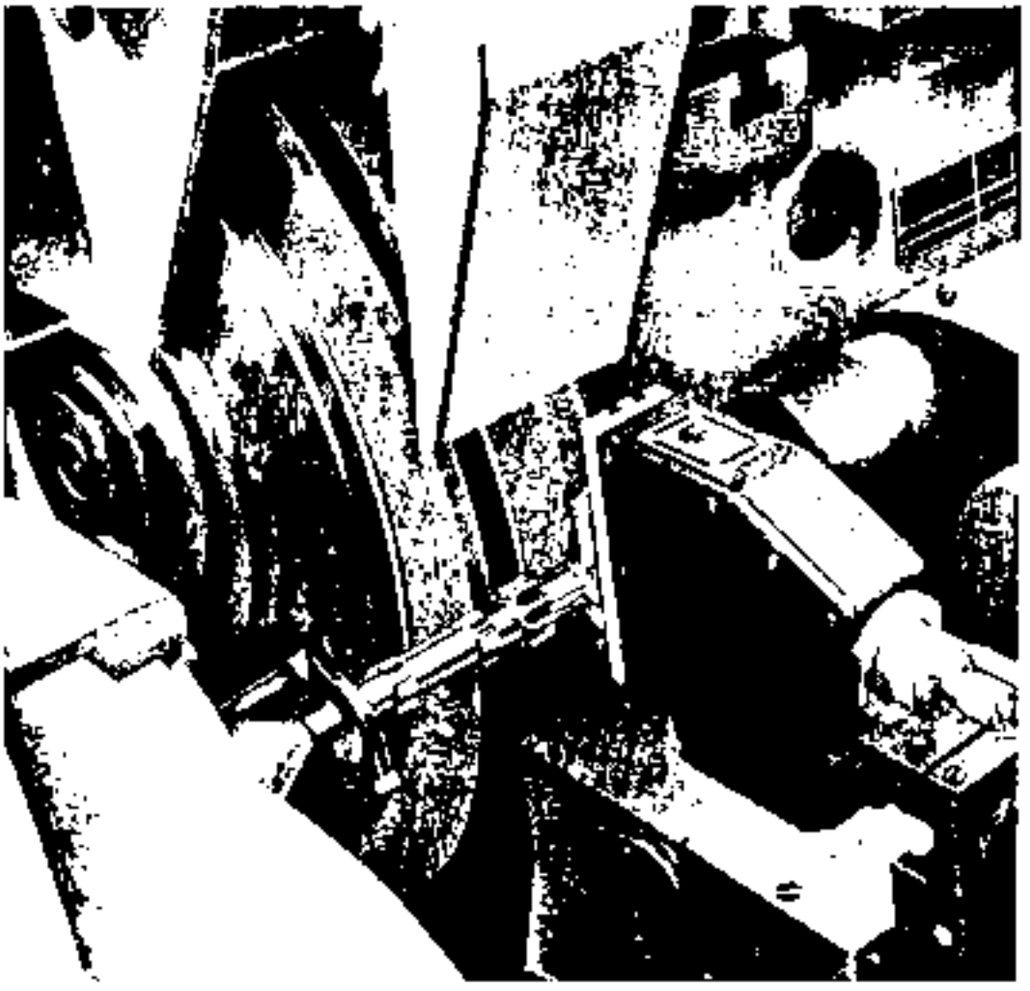
Internal and face grinding
(سنگ‌زنی داخلی و پیشانی)

(شکل ۲۲ ــ ۱۰) شکلی حقیقی از ناحیه ماشینکاری سایشی یک نمونه ماشین گردسائی که قادر است «سنگ‌زنی گردسائی داخلی» و همچنین «گردسائی پیشانی» قطعه کار سوار شده روی دستگاه را انجام دهد.

صنایع ساخت ماشین‌های ابزار سایشی اختصاصی تولید می‌گردند. (شکل ۲۴ ــ ۱۰) نمایش دهنده ناحیه سنگ‌کاری نمونه‌ای از آن‌ها میباشد.

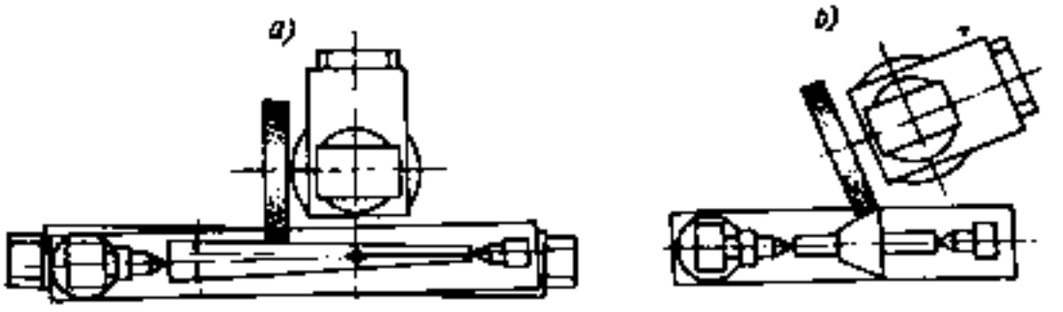


(شکل ۲۵ ــ ۱۰) اصول اجرای باردهی طولی برای ماشین‌های گردسائی خارجی با «سیستم لاندیس»



External Grinding
(سنگ‌زنی خارجی)

(شکل ۲۶ ــ ۱۰) شکلی حقیقی از ناحیه ماشینکاری سایشی، یک عمل گردسائی خارجی بر روی ماشین سنگ‌زنی مجهز شده به ادوات و ابزارهای کنترل دقیق عمق باردهی.



(شکل ۲۷ ــ ۱۰) شکل‌های شماتیکی نشان دهنده اصول اجرای عملیات سایشی بر روی ماشینهای گردسائی خارجی انبورسال:

(a) ــ سمت جب ــ گردسائی مخروط های بلند و یا «شیب کم» در حالی که مرغک انتهائی ماشین منحرف شده باشد ولی محور سنگ سنباده همچنان افقی باقی بماند.

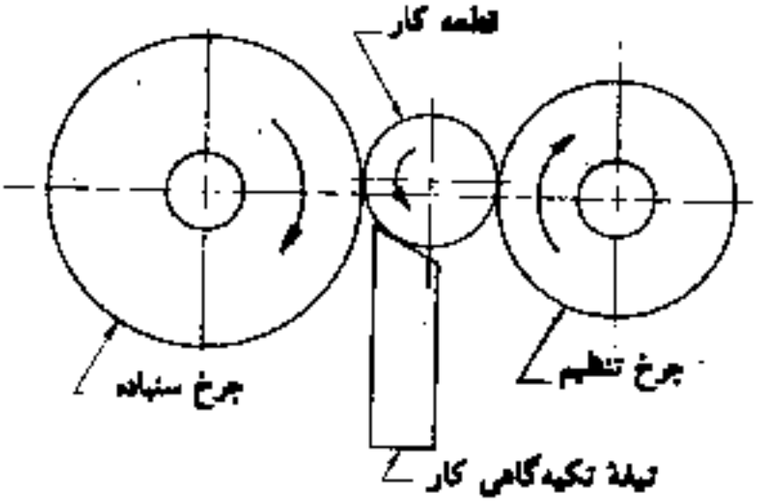
(b) ــ نحوه سائیدن سطوح خارجی مخروطی با «شیب زیاد» که کار بین مرغکها سوار شده و زاویه انحراف لازمه را برای محور چرخ سنباده بوجود آورده‌اند.

«ماشین‌های سنگ گردسائی بدون مرغک (سِنْتِرلِس)»

«Centreless Cylindrical Grinding Machines»

این دسته از ماشین‌های سنگ‌زنی، گردسائی و اختصاصی جزو ماشین‌هائی هستند که در سری‌سازیها یا تولیدات انبوه کاربرد عمومی دارند و مهم‌ترین ویژگیهای آن‌ها در این نکته است که قطعه کار، بدون نیاز به مرغکی که در جا مرغک‌های کار، نقاط اتکائی داشته باشد، سطوح مورد نظرش ماشینکاری سایشی می‌شود و بنابراین دیگر ضرورتی ندارد که در طرفین قطعات کار استوانه‌ای یا مخروطی شکل ارجاعی برای سنگ‌زنی، جا مرغک ایجاد شود و لذا، کار کاملاً آزاد از میان سنگ سنباده اصلی و چرخ سنباده تنظیم کننده عبور می‌کند. فشاریکه توسط چرخ سنباده اصلی و چرخ تنظیم بقطعه کار در حالِ گردسائی اعمال می‌شود، با توجه به جهات چرخش آن‌ها، سبب می‌شود که قطعه کار چرخش پیدا کرده و سطحی استوانه‌ای دوّار سنگ زده شود. سرعت خطّی چرخ سنباده کوچکتر که چرخ تنظیم نامیده می‌شود، از سرعت خطّی چرخ سنباده بزرگتر که ساینده اصلی محسوب می‌شود، کمتر است. به هنگام اجرای عمل سنگ‌زنی «بدون مرغک» کار مورد نظر را روی تیغه راهنمای مستقر شده در فضای بین دو سنگ، قرار میدهند و در حالی که چرخ سنباده بزرگتر عمل سائیدن اصلی را انجام میدهد، نوع کوچکتر آن عهده‌دار اجرای عمل باردهی میباشد و چون سرعت محیطی چرخ سنباده کوچکتر کمتر است، از دور قطعه کار که بوسیله چرخ سنباده اصلی وادار به دوران شده است، به حدّ لزوم خواهد کاست و ضمناً زاویه تمایلی هم بین محورهای دو چرخ وجود دارد که عاملی خواهد بود برای هدایت قطعه مورد سایش بطرف جلو و متناسب با شیب این زاویه که معمولاً در حدود ۳ درجه تنظیم می‌گردد، سرعت

پیشروی طولی کار زیادتر میشود.



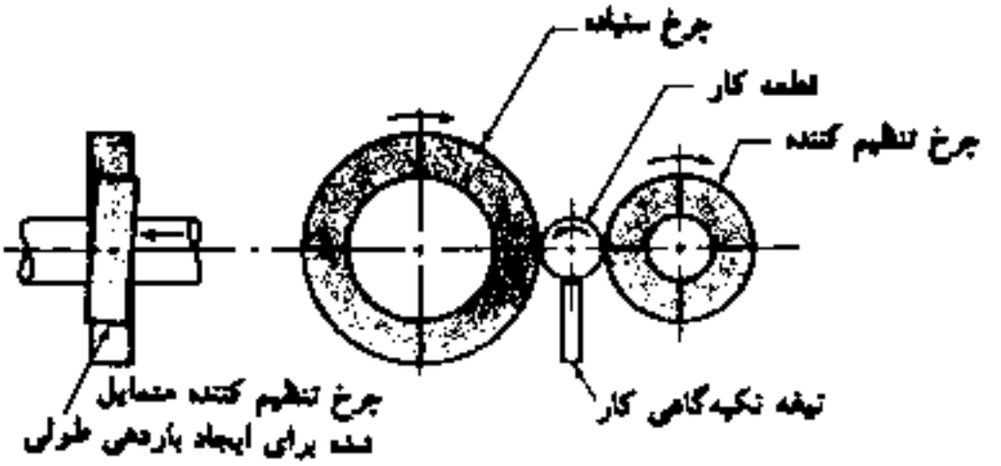
(شکل ۲۸ ــ ۱۰)

شکل دستگاه ساده‌ای برای نشان دادن اصول عمل سنگ‌زنی گردسائی بدون مرغک و سایش سطوح خارجی قطعات کار

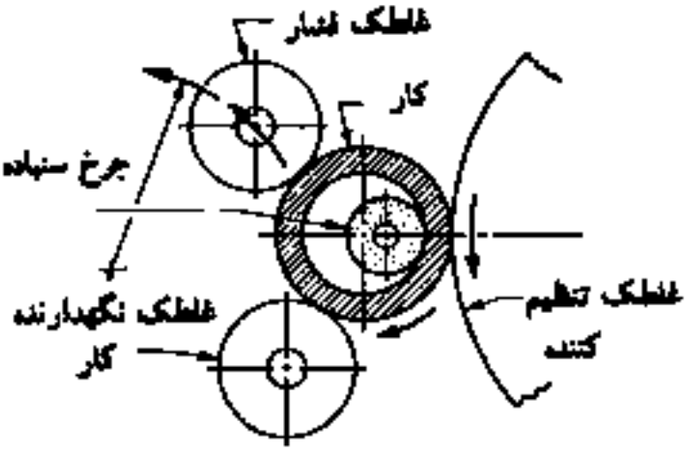
همانطور که در ابتدای این مبحث بیان شد، این نوع ماشین‌های گردسائی اختصاصی چون در سری‌سازی مورد استعمال دارند، لذا بعد از آنکه تمامی قطعات کار مشابه یک بار سنگ زده شدند، مجدداً ماشین تنظیم شده و کارها برای بار دوّم به ماشین تغذیه و باردهی میشوند تا پس از چندین مرتبه تکرار عمل، صافی مطلوب و نیز دقت اندازه مورد نظر را کسب نمایند. معمولاً دو طریقه برای بار دادن در ماشین‌های گردسائی بدون مرغک وجود دارد:

در روش اوّل، با کج کردن محور چرخ سنباده تنظیم کننده، قطعه کار بین دو چرخ ساینده حرکتی طولی کسب کرده و «بار طولی» برایش ایجاد می‌شود و کاربرد چنین طریقه‌ای برای مواردی است که اشکالی برای حرکت قطعه در امتداد محورش وجود نداشته باشد و در مسیرش گیری دیده نشود و کاربرد عمده‌اش برای سنگ‌زنی میله‌ها و محورهای طویل و نازک و بطور کلی قطعات استوانه‌ای شکل میباشد.

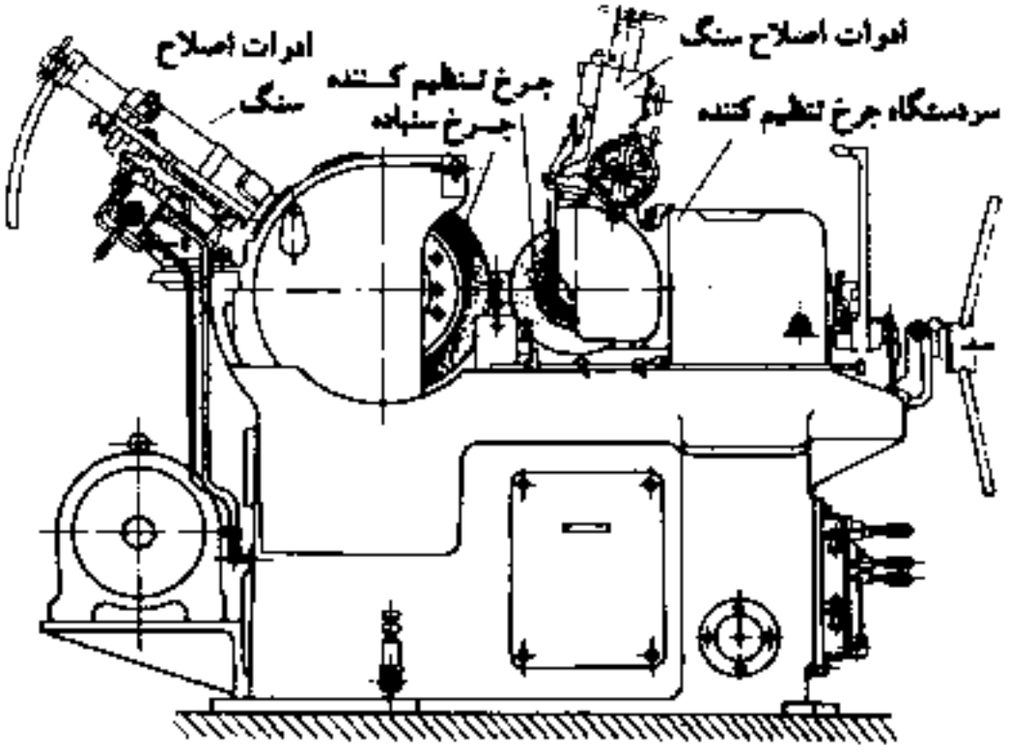
در طریقهٔ دوّم بار دادن عرضی در سیستم کاری ماشین پیش‌بینی شده و برای این منظور ابتداء چرخ سنباده تنظیم کننده را از روی دستگاه برداشته و قطعه کار را روی لبهٔ «تیغه تکیه‌گاهی کار» و بصورت مماس با سنگ سنباده بزرگ قرار میدهند و با تغییر محل دادن کار مورد سایش نسبت به ابزار ساینده میتوان برای آن «بار عرضی» ایجاد کرد و از این روش سنگ‌زنی بدون مرغک در شرایطی که کار پله‌ای بوده و نتواند با طریقه قبلی گردسائی شود، بهره‌گیری می‌کنند و بعنوان مثال قطعاتی که دارای لنگی باشند و زائده‌ای در طولشان دیده شود و نیز مخروط های خاص از جمله کارهائی ارجاعی برای گردسائی «سنترلس» میباشند. ضمناً سنگ‌زنی بدون مرغک میتواند برای عملیات سایش داخلی نیز بکار گرفته شود و در چنین مواردی میبایستی غلطک‌هائی که مماس خارج با کار هستند در حین سنگ‌زنی، قطعه کار را نگهداری نمایند و



(شکل ۲۹ ــ ۱۰) اصول اجرای «گردسانی خارجی بدون مرغک» و نحوه ایجاد زاویه انحراف بین محورهای دو چرخ

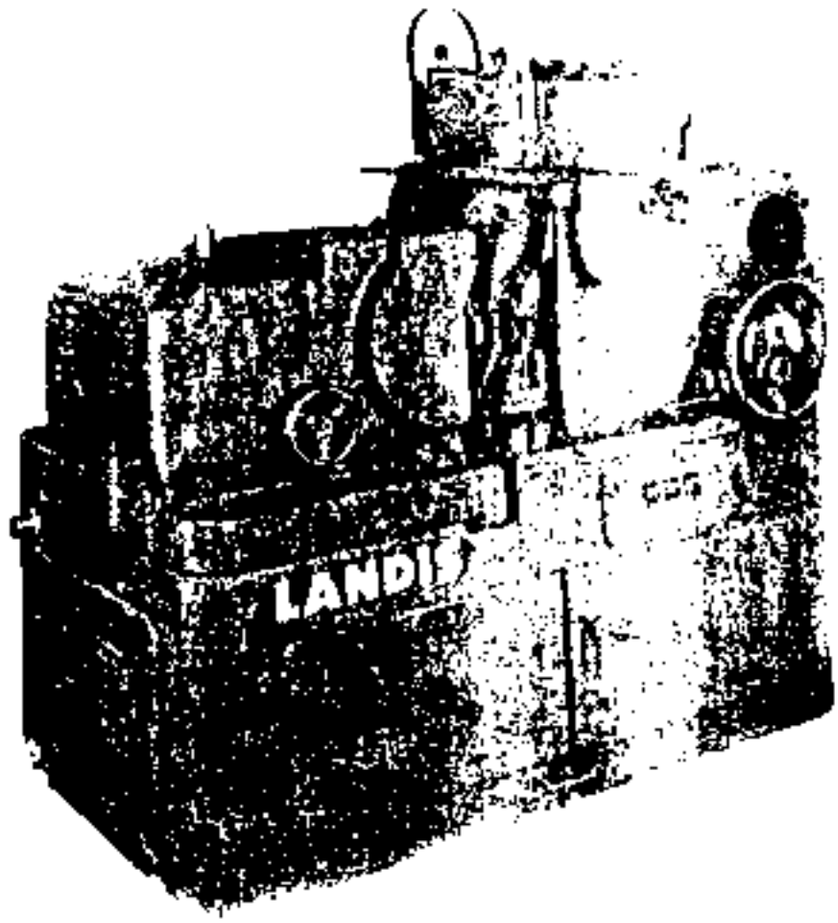


(شکل ۳۰ ــ ۱۰) شکل شماتیکی گردسانی داخلی بدون مرغک



(شکل ۳۱ ــ ۱۰) شکل شماتیکی دستگاه سنگ‌زنی بدون مرغک که قسمتهای اصلی ساختمانی آن نیز مشخص گردیده‌اند و در حال گردسانی خارجی می‌باشد.

مجموعاً بار دهی در این سیستم سنگ‌زنی از سهولت زیادی برخوردار است و روی همین اصل است که میشود عملیات را کاملاً خودکار بوجود آورد (شکل ۲۹ ــ ۱۰) و (شکل ۳۰ ــ ۱۰) نیز نمایانگر گردسائی‌های بدون مرغک خارجی و داخلی میباشند.



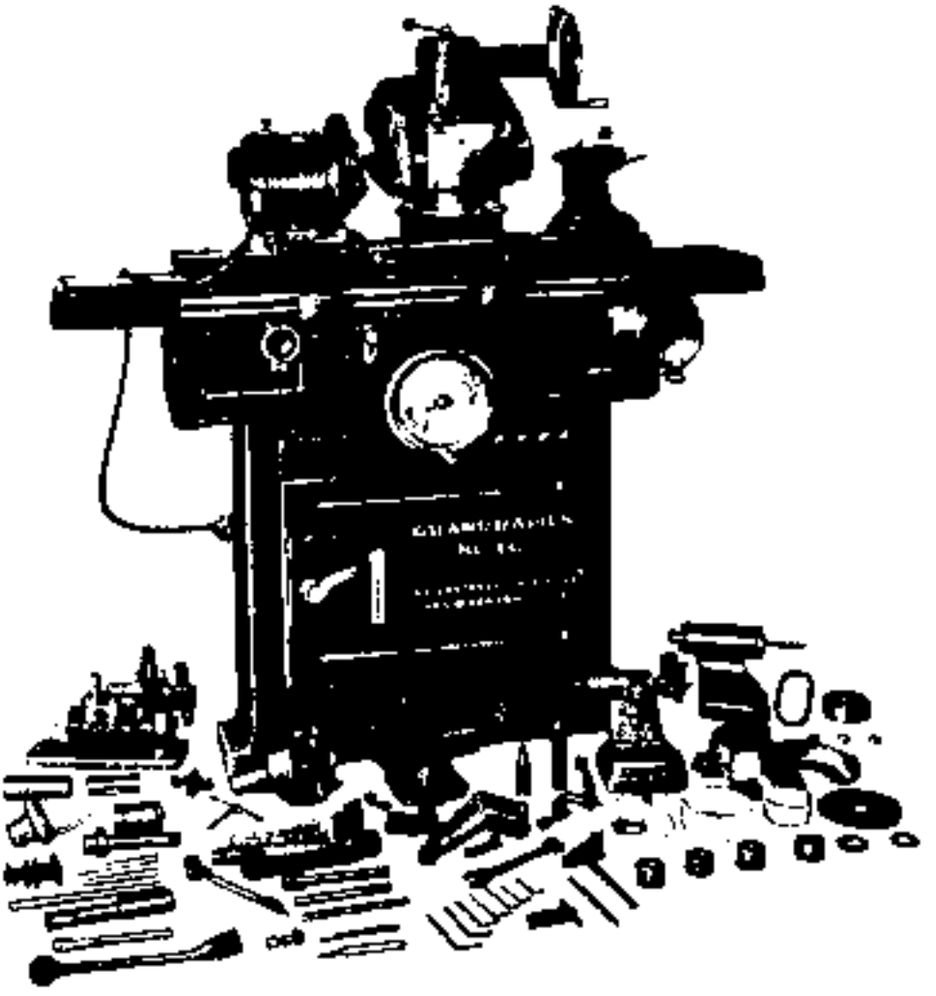
(شکل ۲۲ ــ ۱۰) نمای ظاهری «ماشین سنگ‌زنی بدون مرغک، برای سایش خارجی» «ماشین فوق ساخت کمپانی ابزار «لاندیس» میباشد.

ماشین‌های سنگ‌زنی ابزار تیزکنی انیورسال

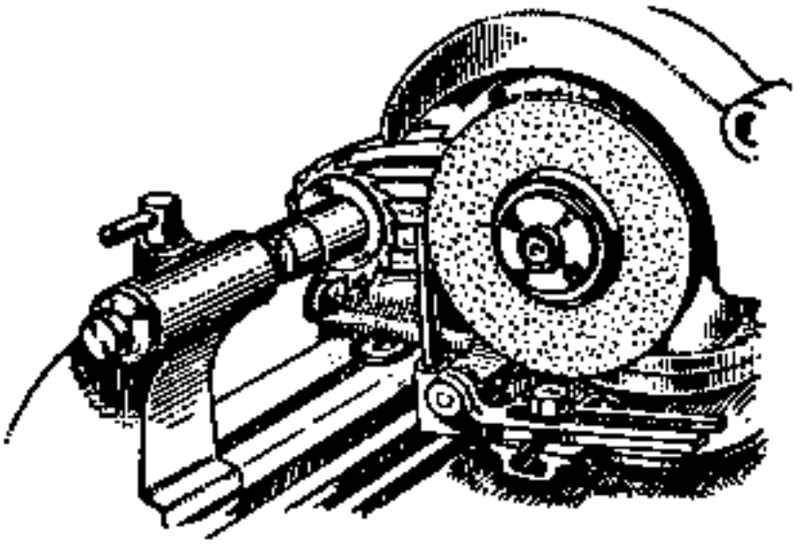
« Universal Tool Grinding Machines »

ابزارهای مختلفی مانند انواع تیغه‌های فرز فرم، غلطکی و دنباله‌دار یا انگشتی، و نیز ابزارهای یک سر متعلق به ماشین‌های تراش و صفحه تراش و غیره، پس از مدتی کار کردن و براده برداری، با از دست دادن زوایای هندسی خود و سایر معایب ناشی از کاربرد مُداوِم، کُند می‌شوند و لبه‌های بُرنده آن‌ها احتیاج به اصلاح پیدا می‌کند و مسلماً عدم اصلاحشان تأثیر بسیار نامطلوبی در راندمان یا بازده کار باقی می‌گذارد. از ماشین‌های عادی چرخ سنباده ابزار تیزکنی که در بسیاری از کارگاههای معمولی نمونه‌های رومیزی و پایه‌دار آن یافت می‌شود براحتی میتوان

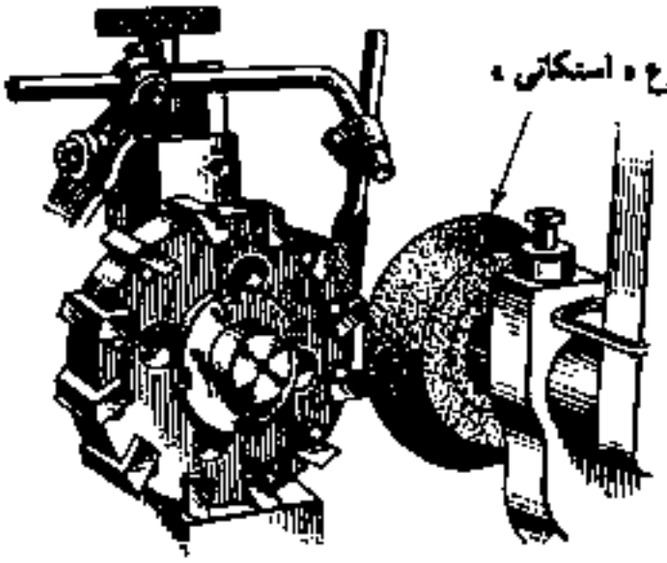
برای تیز کردن‌هائی که به دقت بسیار بالائی نیازمند نباشند استفاده کرد ولی در شرایطی که بخواهند تعداد زیادی ابزار بطور کاملاً متحدالشکل و یکنواخت و زوایائی حساب شده و دقیق سنگ زده شوند دیگر نمی‌توان از ماشینی معمولی چنین انتظاری را داشت، بویژه هنگامیکه هدف تیز کردن ابزارهای خاصی همانند: متهها، برقوها، قلاویزها، تیغه فرزهای گوناگون و سایر افزارهای مشابه باشد. ماشینی که عهده‌دار انجام چنین کارهائیست دارای سر دستگاه چرخ سنباده‌ایست که می‌تواند تحت زوایای قابل تنظیم در جهات دلخواه در صفحه افقی بچرخد و با سوپرت ویژه‌اش در ارتفاع مورد نظر مستقر گردد و در مقابل آن هم مجموعهٔ پیش دستگاه و دستگاه مرغک‌دار انتهائی، نگهدارنده قطعات کار که همان ابزارهای کند شده باشند مستقر گردیده است و در صورت لزوم الکترو موتور جداگانه‌ای میتواند حرکت دورانی به ابزار بدهد و سوپرت‌های میزهای ماشین برای سیستم قابلیت باردهی در تمام جهات دلخواه را بوجود می‌آورند و چون کارهای قابل تیز کردن با چنین ماشینهائی از تنوع فراوانی برخوردارند، لذا مجموعه مفصّلی از تجهیزات و ادوات کمکی سنگ‌زنی بهمراه ماشین میبایست وجود داشته باشد تا کار مورد نظر تیز کردنش امکان پذیر باشد. شکل (۳۳ ــ ۱۰) نمونه‌ای از آنها را نشان میدهد.



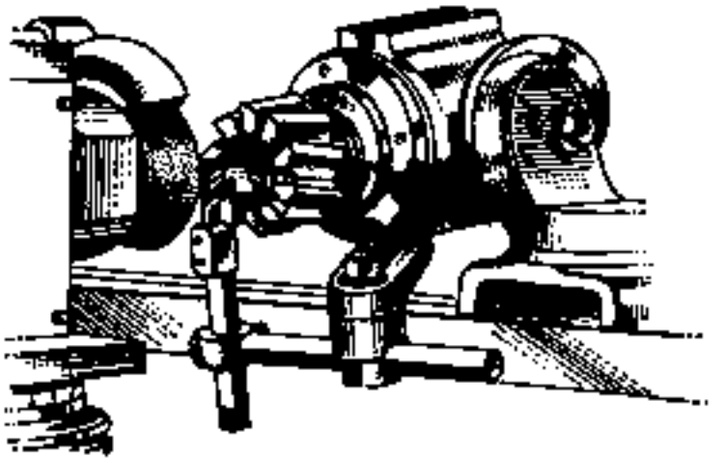
(شکل ۳۳ ــ ۱۰) نمای ظاهری نمونه‌ای از ماشین‌های سنگ‌زنی، ابزار تیز کنی انبورسال یا مجموعه‌ای از وسائل کمکی ابزار تیز کنی متعلق به ماشین.



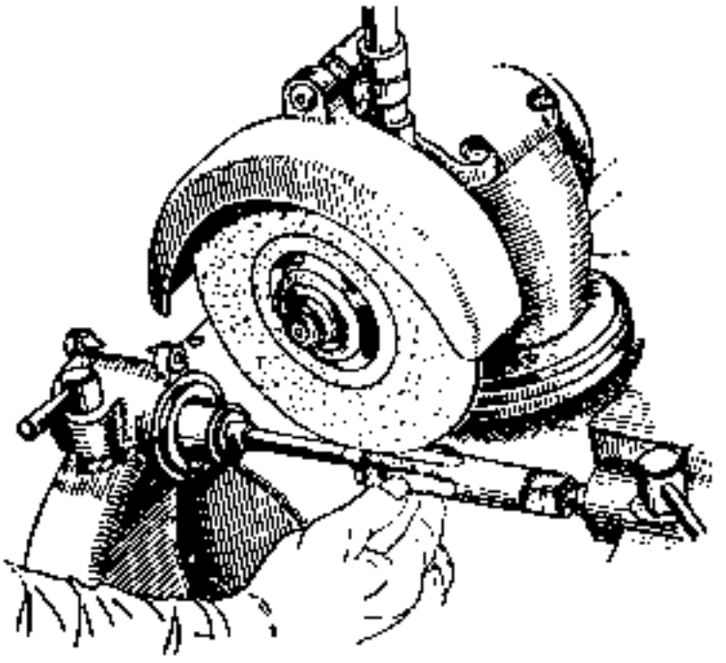
(شکل ۳۴ ــ ۱۰) شکل وضعیت تنظیم و آماده شده، «تیغه فرز خلالکی و مارپیچ» برای تیز شدن بر روی ماشین سنگ ابزار تیزکنی انیورسال.



(شکل ۳۵ ــ ۱۰) نمای نشان دهنده نحوه تیز شدن تیغه‌های یک «تیغه فرز تیغه‌دار» و پیشانی تراش یکمک ماشین سنگ ابزار تیزکنی انیورسال.



(شکل ۳۶ ــ ۱۰) شکل نمایشگر، چگونگی تیز کردن لبه‌های برنده یک «تیغه فرز خلالکی و پیشانی تراش» و وسائل کمکی اجرای آن بر روی یک ماشین سنگ ابزار تیز کنی انیورسال



(شکل ۳۷ ــ ۱۰) طرز تیز کردن و اصلاح لبه‌های برنده یک غلاویز بر روی ماشین سنگ ابزار تیز کنی انیورسال

«ظریف کاری» یا پرداختکاری سایشی نهائی

قطعات کار سنگ‌زنی شده با ماشین‌های معمولی سایشی، باز هم در سطوحشان ناهمواریهائی دارند که در مواردی میبایستی تا حدّ ممکنه آنها را نیز مرتفع و یا برطرف سازند. این ناهمواریهای ظریف چنانچه بر روی سطوح لغزشی قطعات ساخته شده، مثلاً بر روی راههای میزهای ماشین‌های ابزار و یا در مسیر لغزش سوپرت‌های آن موجود باشند، میتوانند تولید اصطکاک کنند. نقاط بلند این سطوح بتدریج سائیده شده و در نتیجه ذرات ریز جدا گردیده از چنین قطعاتی با روغن‌ها و مواد چربکاری کننده بکار برده شده بین آنها، خمیری از مخلوط همگنی آنها بوجود می‌آورند که در اثر وجود خطر سائیدگی بوسیله مجموعه‌شان، احتمال فرسایش زیادتر برای اجزاء ماشین مورد نظر بیشتر می‌شود و بالاخره امکان دارد حالتی را ایجاد کنند که قطعات میزان شده قبلی، مانند زبانه میله‌ها یا محورها در یاتاقانها و یا سوپرت‌های ماشین‌های ابزار و غیره لقی‌های کاملاً غیر مجازی را پیدا کنند و موجبات کاهش دقّت ماشینکاری قطعات کار بکمک آنها فراهم شود.

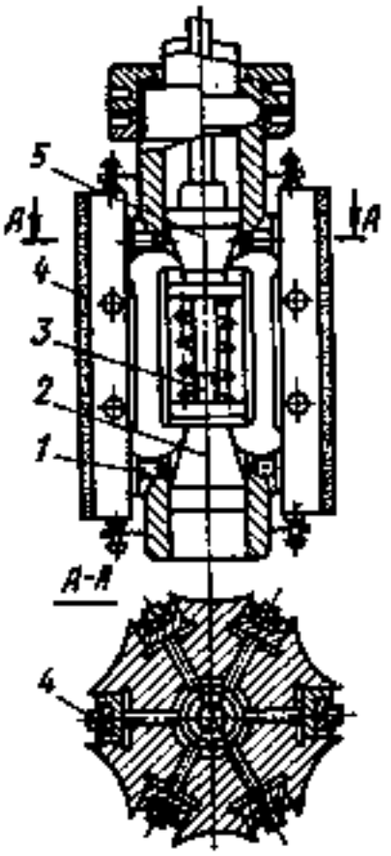
با توجه به استدلال فوق، معلوم می‌شود که میبایستی پاره‌ای از اجزاء تشکیل دهنده ماشین ــ آلات که مراحل تراشکاری، سخت‌کاری و سنگ‌زنی‌های آنها به اتمام رسانیده شده است را برای حصول اطمینان بالاتر از شرایط کار بردشان، لازمست صیقل‌کاری و پرداختکاری نهائی شوند و جهت نیل باین مقصود هم روش‌های متفاوتی وجود دارند که میتوانند این خواسته‌ها را برآورده سازند و در سطور زیر اصول اجرای هر طریقه تشریح می‌گردد، بنابراین ظریف‌کاری قطعات کار میتواند شامل عملیات زیر باشد:

۱ ــ هونن (با تلفظ واژه آلمانی Honen) یا پرداخت داخلی سیلندرها «Honing»ــ پرداخت داخلی سیلندرها و بطور کلی سوراخهای ایجاد شده قبلی در ماشین آلات را که اعمالی مانند: سوراخکاری، برقوکاری و حتی سنگ‌کاری اولیه بر روی آنها اجراء شده است را «هونن یا سنگ‌زنی کششی» گویند و ابزار یا ابزارهائی را که عهده‌دار انجام چنین عملی میباشند در زبان انگلیسی Hone نامیده میشوند. در هر حال اگر سنگ‌زنی کششی یا هونن را در مورد سیلندری اجرا کرده باشند، سطوح «آب‌بندی شده» و بسیار هموارى را در داخل کار بدینوسیله نمایان ساخته‌اند که دسترسی به آن کیفیت با ابزارهای معمولی امکان‌پذیر نمی‌توانست باشد. در این عمل ماده سائیدنی که به فرم میله‌ای از پودر بسیار دانه ریز و ظریف میباشد روی سطحی از کار که قبلاً آماده پرداخت کاری شده است با فشار کمی گردانده و کشیده می‌شود و با باردهی‌هائی در مرز هزارم‌های میلیمتر میتوان در مجموع ۰/۱ میلیمتر (بطور تقریبی) از پرداخت‌سائی با روش هونن انتظار داشت و در ضمن می‌توان علاوه بر سطوح داخلی قطعات کار، در مواردی هم قسمت‌های خارجی را پرداخت نمود.

یکی از بزرگترین کاربردهای سنگ‌زنی کششی یا هونن، پرداخت کاری سیلندرهای موتورهای درونَ سوز مانند موتور اتومبیل‌ها میباشد که میبایست اندازه‌هائی کاملاً یکسان برایشان بوجود آورد. ابزاری که جهت اجرای این خواسته بکار گرفته میشود «درفش سنگ کاری» است که شباهت به برقوی متحرک دارد و قطر خارجی آن قابل تنظیم است و در محیط آن میله‌ها یا قطعاتی ساخته شده از ماده ساینده با دانه‌بندی ظریف تعبیه گردیده‌اند (مانند شکل ۳۸ ــ ۱۰). این درفش را به میله کار ماشین هونن یا «ماشین سنگ کشی» متصل ساخته و بعد درفش توسط گیره واسطه‌ای که حرکت نوسانی دارد، با عدم دقت بسیار ناچیزی بطور خودکار به وسط سوراخ قطعه کاری که روی میز ماشین محکم شده است وارد می‌شود و در هنگام پرداخت کاری، میله کار دو حرکت دورانی و نوسانی یا رفت و آمدی را به ابزار هونن میدهد با سرعت محیطی (۷۰ m/min تا ۵۰) و در چنین شرایطی، قطعات پرداخت کننده ساینده، براده‌های بسیار ظریفی را از کار جدا می‌سازند و معمولاً بوسیله جریان مداومی از نفت سفید یا نفت معمولی چربکاری و در عین حال خنک کاری لازمه را انجام میدهد و با پاشیده شدن نفت، ذرات جدا شده به خارج از محیط پرداخت کاری هدایت میگردد.

طول کورس در عملیات هونن بایستی طوری تنظیم شود که ابزار کار به اندازه $\frac{1}{4}$ طولش از پائین و بالای قطعه کار بیرون آورده شود. فشار اعمال شده از طرف ابزار سنگ کشی به قطعه کار در مقایسه با عملیات سنگ‌زنی به میزان $\frac{1}{6}$ تا $\frac{1}{10}$ کاهش پیدا می‌کند و در عمل می‌توانند سوراخهائی از قطر ۳ تا ۱۰۰۰ میلیمتر را با استفاده از روش هونن، پرداخت کاری نمایند ولی از لحاظ طولی، چندان محدودیتی برای آن وجود ندارد و در مواردی تا بیش از ۱۲ متر در امتداد

طولی را توانسته‌اند بدینوسیله سنگ‌کشی کنند.



(شکل ۳۸ ــ ۱۰) مقطعی از تمای شماتیکی ابزار «هونن» و قسمتهای نگهدارنده آن بر روی ماشین سنگ‌کشی، اعداد مشخص شده روی دو نما، نشانگر اجزاء زیر میباشند:

۱ ــ انگشتی
۲ ــ مخروط پائینی تنظیم شعاعی
۳ ــ بیچ تنظیم قطر خارجی ابزار
۴ ــ قطعات برداخت کاری ساینی
۵ ــ مخروط بالائی تنظیم شعاعی

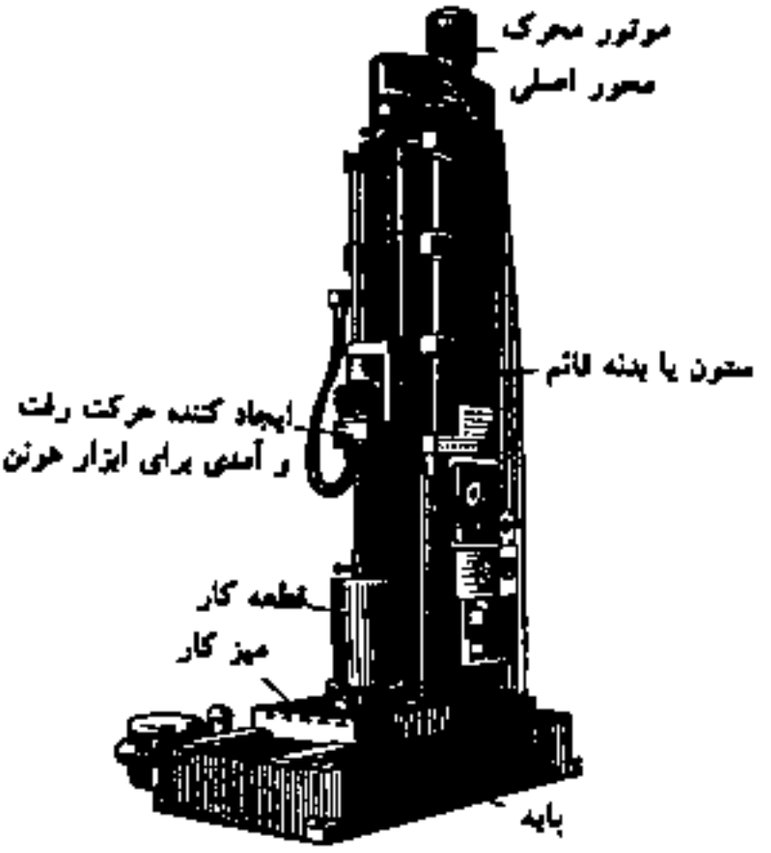
ماشین‌های هونن «Honing Machines» ــ بر حسب نوع عمل سنگ‌کشی مورد نیاز، ماشین‌های هونن، دارای گونه‌های متنوعی خواهند بود که میتوان آنها را شامل هونن‌های خارجی و داخلی و همچنین انواع یک و یا چند محوره دانست و مسلماً از لحاظ استقرار محورشان به رده‌بندیهای افقی و عمودی هم منقسم می‌گردند و چون امکان دارد در مواردی طول کورس برداخت‌سائی نیز عاملی برای طبقه‌بندی این ماشین‌ها بشمار آید، لذا اصطلاحات «هونن کورس کوتاه» و «هونن کورس بلند» را برای مشخص شدن میدان عمل آنها بکار میبرند.

در ماشین‌های سنگ‌کشی (یا هونن)، حرکت دورانی محور اصلی از یک جعبه دنده که معمولاً با حالتِ غیر پله‌ای قابل تنظیم است و به الکترو موتوری مرتبط میباشد تأمین میگردد و حال آنکه حرکت رفت و آمدی ابزار با استفاده از روش هیدرولیکی بوجود می‌آید و در بعضی از مدل‌های ماشین‌های هونن برای این منظور از مکانیزمهائی نظیر زنجیر و طناب یا کابل‌های مخصوص، بهره‌گیری می‌کنند.

(شکل ۳۹ ــ ۱۰) نشان دهنده یک نوع ماشین هونن یا سنگ‌زنی برداخت‌سائی عمودی یا قائم، یک محوره و با کورس متوسط میباشد.

قطر خارجی ابزار آن بین مقادیر ۵۰ mm تا ۲۰۰ قابل تنظیم بوده و طول کورس ماکزیمم

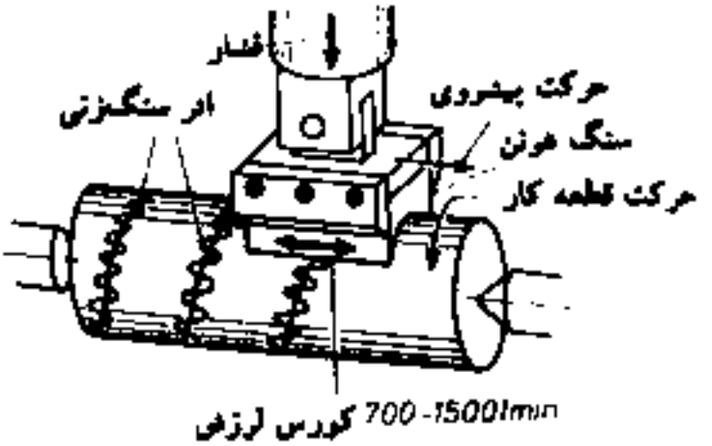
سنگ‌کشی آن میتواند ═ ۱۲۵۰ باشد.



(شکل ۳۹ ــ ۱۰) نمای ظاهری و قسمتهای اصلی یک نوع ماشین هونن یا سنگ‌کشی پرداخت‌سانی قائم، یک محوره با کورس متوسط.

هونن کورس کوتاه (سنگ‌زنی ارتعاشی) ــ در این روش پرداختکاری، علاوه بر دو حرکتی که در مورد هونن معمولی بیان شد، به حرکت سومی از نوع لرزشی یا ارتعاشی نیز نیازمند میباشند، و در واقع این حرکت سوّم مشخّص کننده «هونن کورس کوتاه» بشمار میرود. قطعه کار حرکتی دورانی و ابزار رفت و آمدی دارد و علاوه بر آن، ابزار هونن، لرزشی با دامنه‌ای ۱ تا ۵ میلیمتر وتعداد نوسانی بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ دفعه برهر دقیقه را(باتوجه به شکل‌شماتیکی۴۰ ــ ۱۰ه مربوط به سنگ‌زنی لرزشی یک قطعه کار استوانه‌ای) دارا میباشد. اثرات پرداختکاری سایشی بصورت خطوطی موجی و مارپیچ بر سطح کار نمایان میشود. قوس سنگ هونن (Honen) با انحناء قطعات کار در حال سنگ زنی ارتعاشی، انطباق دارد و با اِعمالِ سه حرکت ذکر شده نه تنها فرم سیلندری قطعات کار، بلکه مقطع دایره‌ای آنها نیز اصلاح میگردد.

این طرز عمل پرداختکاری بسیار ظریف را میتوان برای صیقل دادن: محورها، سوراخ‌های قطعات کار، کره‌ها، مخروط‌ها و سطوح حلقوی و غیره مورد استفاده قرار داد. در هونن کورس کوتاه، ابتدا سنگ پرداخت با نقاط بلند قطعه کار تماس حاصل می‌کند و چنانچه سنگ پرداخت بکار گرفته شده دارای درجه سختی صحیح و چسبندگی مناسب باشد، در بدو شروع سایش، کار



(هونن کورس کوتاه)

(شکل ۴۰ ــ ۱۰) نمائی تجسّمی از «سنگ‌زنی ارتعاشی یا لرزشی» یک قطعه کار استوانه‌ای شکل بر روی «ماشین هونن کورس کوتاه» (به جهات حرکات سه گانه مورد نیاز و منطبق شده بر روی شکل، توجه شود)

را خط می‌اندازد و بازیاد شدن سطح تماس، بار برشی دانه‌های سایـنده کـم مـی‌شود. در اثـر خوردگی سطحی قطعه کـار و استهـلاک سنگ سنباده، روی سطح سنگ قشری اضافی ایـجاد می‌شود که در ادامه عملیات فقط بصورت عمل صیقل کاری اثر می‌گذارد و تا مدتی بـعد، از مـاده کار برداشته نمی‌شود.

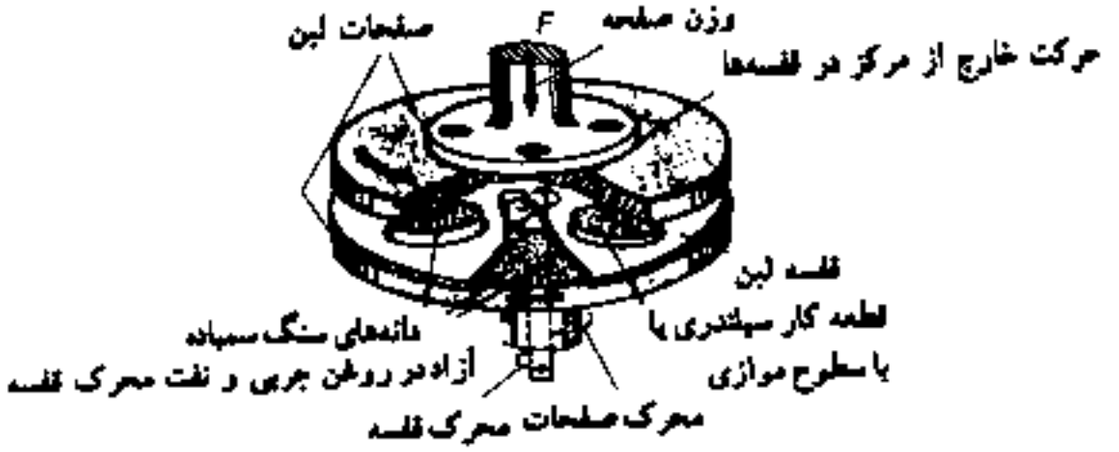
در هر قطعه کار جدید، سنگ بخاطر خشونت یا زبری سطح کار، خود بخود تیز مـی‌شود و در روش پرداخت سائی تشریح شده، برای کمک به سایش پرداختی، از روغن هونن و یا مخلوطی از نفت و روغن بهره‌گیری می‌کنند.

۲ ــ لپن (واژه آلمانی Lappen) یـا پـرداخت کـاری بسیار ظـریف سطوح «Lapping» ــ اصول اجراء یا طرز عمل «لپن»: این عمل عبارتست از یک نوع پرداخت‌کاری یا ظریف سائی که میتواند برای قطعات کار تخت و نیز گرد مورد استعمال داشته بـاشد و بـا بکارگـیری چنین روشی میتوان کیفیت صافی سطوح و همچنین اندازه دقیق و دلخـواه را بـدست آورد. بـنابراین لپن یـا پرداخت بسیار ظریف سطوح برای انجام عملیات سایش فوق‌العاده کم و بـا حـداقل عمق زبـری سطحی کاربرد داشته و اصول اجرای آن بدینگونه است که بر روی قطعه کار و صفحه گرد دواری که «صفحه لپن» نامیده می‌شود، مواد ساینده آزاد با دانه بندی خیلی ظریف (ذرات نمره No: 200 تا No: 600 بهمراه روغن یا نفت و یا مواد متناسب دیگر قبل از شروع کار بوسیلهٔ قلم‌مـو مـالیده یـا ریخته می‌شود وصفحهٔ فولادین دیگری که قادر است قطعات کار مشابه را در محل‌های تـعبیه شده بر روی سطح فوقانیش جا دهد و در حالی عمل پرداخت تحقق پیدا می‌کند که صفحـهٔ نگهـدارنده کار و صفحهٔ لپن دارای حرکتی دورانی در جهتی مخالف یکدیگر میباشند. قطعات کـار در داخـل

محل‌های موجود در «قفسه لپن» که از جنس مواد مصنوعی یا چوب‌های ویژه می‌باشند قرار می‌گیرند و این قسمت معمولاً دارای چرخشی دورانی خارج از مرکز بوده، و قطعه کار را در امتداد شعاع صفحه نیز به تحرّک وامیدارد.

کارهای ارجاعی برای عملیات پرداخت‌کاری بسیار ظریف سطوح، قبلاً سنگ زده شده‌اند و مقدار اضافی در نظر گرفته شده برای پرداخت با روش لپن در حدود ۵ تا ۲۰ میکرون (معادل ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۲۰ میلیمتر) میباشد که میتوان آنرا با روش لپن دستی و یا ماشینی برداشت و برای این منظور سرعت محیطی متناسب حدوداً ۱۰ m/min تا ۲۰ m/min میباشد ولی برای سطوحی که میبایست پرداختی بسیار عالی‌تری را دارا باشند لازمست از مقدار سرعت محیطی بکاهند (شکل ۴۱ ــ ۱۰) نشان دهنده اصول اجراء یا طرز عمل لپن برای قطعات تخت یا مسطح میباشد.

لازم به توضیح است که به هنگام لپن یا پرداخت کاری ظریف قطعات کار، مواد سنباده آزاد یا دانه‌های لپن بصورت قشر یا فیلمی مایع بین سطوح کار و ابزار لپن بر روی یکدیگر می‌لغزند و در اثر تغییر جهت مداوم حرکت لغزشی آن‌ها، از حرکت غلطکی یکنواخت دانه‌ها ممانعت بعمل آمده و در نتیجه جلوگیری کردن از چرخش ذرات مزبور، از دو طرف سطوح لغزشی عملی مشابه شابرزنی را اجراء می‌کنند.



(عملیات لپن)

(شکل ۴۱ ــ ۱۰) نمائی شماتیکی برای نمایاندن اساس لپن یا ظریف‌سائی و پرداخت قطعات کار مسطح (به جهات باردهی و دوران صفحات کار و ابزار لپن توجه شود).

مواد لپن و مایعات حمل کننده

مواد لپن برای پرداخت کاری بسیار ظریف سطوح کار، متناسب با جنس و نوع سطحی که از قطعه کار مورد نظر میبایست پرداخت شود انتخاب می‌گردد. برای پیش پرداخت فولادهای

آبداده شده و یا بدون آب و همچنین چدن‌ها و برنزها، پودر کروند یا اکسید آلومینیوم AL_2O_3 با دانه بندی بسیار ریز، و برای آخرین پرداخت اکسید کرم Cr_2O_3 (با رنگی متمایل به سبز) مصرف می‌شود و این مواد را معمولاً با نفت و روغن بصورت خمیری رقیق در می‌آورند و چنانچه سطوح کار فوق‌العاده سخت باشند، گرد الماس برای اینگونه موارد کاربرد خواهد داشت. مواد حمل کننده ذرات لپن از اصطکاک فلزی بین ابزار لپن و قطعه کار بر روی یکدیگر جلوگیری بعمل آورده و در عین حال عاملی برای خنک کاری و روغن کاری دانه‌های ساینده محسوب شده و ضمناً دانه‌های فرسوده شده و مواد سائیده شده را از سطوح کار تمیز می‌کنند. مواد حمل کننده‌ای که بیشتر از همه در عملیات لپن از آن‌ها بهره‌گیری می‌شود عبارتند از: نفت (منظور نفت معمولی یا نفت سفید Kerosine) ــ روغن ــ تربانتین ــ تالک ــ بنزن ــ بنزول ــ آب سود دار و الکل‌های متناسب و غیره. مایعات لپن غلیظ قشر ضخیمی را بوجود می‌آورند که در چنین شرایطی دانه‌های لپن بدون داشتن خاصیت برشی، غوطه‌ور خواهند ماند و از کارآئی آن‌ها بمیزان زیادی کاسته می‌شود و ماده‌ای که بیشتر از همه در این گونه پرداخت سائی‌ها مورد استعمال دارد، مخلوطی است از نفت و یک نوع روغن خاص بنام «گلایتول» (واژه آلمانی Gleitoel) و نفت، و در حالتی است که مجموعه آن دو را بکار برده باشند. در هنگامیکه نفت از حدّ معمول بیشتر باشد، برش تیز بوده و در مواردی که میزان روغن را زیادتر انتخاب کرده باشند، برش ظریف‌تر انجام گرفته و مقدار اثرات «خش» بجای مانده کاهش پیدا کرده و سطوح کار کمتر مخطط (خط خطی) خواهند شد.

ابزار لپن «Lapping Tool»

اصولاً ابزارهای لپن وظیفه اصلیشان فشردن دانه‌های لپن بر بالای قطعات کار بوده و میبایست آن‌ها را طوری راهنمائی کنند که فرم دقیق ابزار بر روی صفحه لپن شونده انتقال پیدا کند و روی همین اصل است که میبایستی تا حدّ ممکنه، شکل هندسی ایدآل را که میتواند بعنوان مثال: مسطح، استوانه‌ای و یا کروی و سایر اشکال دلخواه باشد را برایش قائل شوند.

چنین ابزارهائی لازمست حتی‌الامکان نسبت به قطعه کار نرم‌تر انتخاب گردند تا به هنگام اعمال فشارهای نسبتاً کم گیراثی کاملاً دقیق ذرات لپن کاری عاید شود، ولی نبایستی از حدّ معینی نرم‌تر انتخاب شوند چون در آن صورت به سرعت فرم اصلی خود را از دست میدهند و در ضمن نباید خلل و فرجی در سطوح ابزار لپن دیده شود چون وجود آن‌ها موجب چسبیدن مواد پرداخت کاری بسیار ظریف، بطور محکم به صفحه لپن می‌شود و در نتیجه کیفیت سطوح مطلوب حاصل نخواهد گردید.

چدن‌های خاکستری پرلیتی ویژه‌ای که در عین حال از تراکم خوبی بر خوردار هستند،

میتوانند ماده متناسبی برای ساختن ابزارهای لپن سطوح صاف و گلوئی‌های مختلف و درُن‌ها و غیره محسوب شوند و حدود درجه سختی آن‌ها با توجه به سختی سنجی با روش برینل که عدد سختی برینل میباشد در حدود Kp/mm^2 ۲۰۰ تا ۱۴۰ = B.h.n. (مخفف شده کلمات انگلیسی Brinell hardness number) در نظر گرفته شود. (لازم به یاد آوریست که در روش‌سختی‌سنجی برینل، ساچمه‌های کروی شکل فولادین بسیار سخت و با قطرهای استاندارد شده را با نیروهای معینی به سطح کار نرم‌تر از ساچمه، می‌فشارند و بعد از اندازه‌گیری قطر دایره اثر بجا مانده d بر روی سطح کار و مشخص بودن D یعنی قطر ساچمه و نیروی فشاری F از رابطه:

$$B.h.n. = \frac{F}{\frac{\pi D}{2}(D-\sqrt{D^2-d^2})}$$

عدد سختی برینل را برحسب Kp/mm^2 بدست می‌آورند و در واقع مخرج فرمول فوق‌الذکر، عبارتست از سطح عرقچین کروی بجا مانده از اثر دادن ساچمه کروی شکل بر روی کار مورد سنجش برای سختی سنجی با روش یاد شده در بالا). در فرمول فوق d و D برحسب میلیمتر و F برحسب کیلو پوند میباشد.

عملیات لپن

با توجه به شرحی که در مورد اصول اجرای این روش پرداخت کاری بسیار ظریف سطوح بیان شد، عملیات لپن‌کاری را میتوان به دو گروه کلی زیر تقسیم‌بندی کرد که عبارتند از:

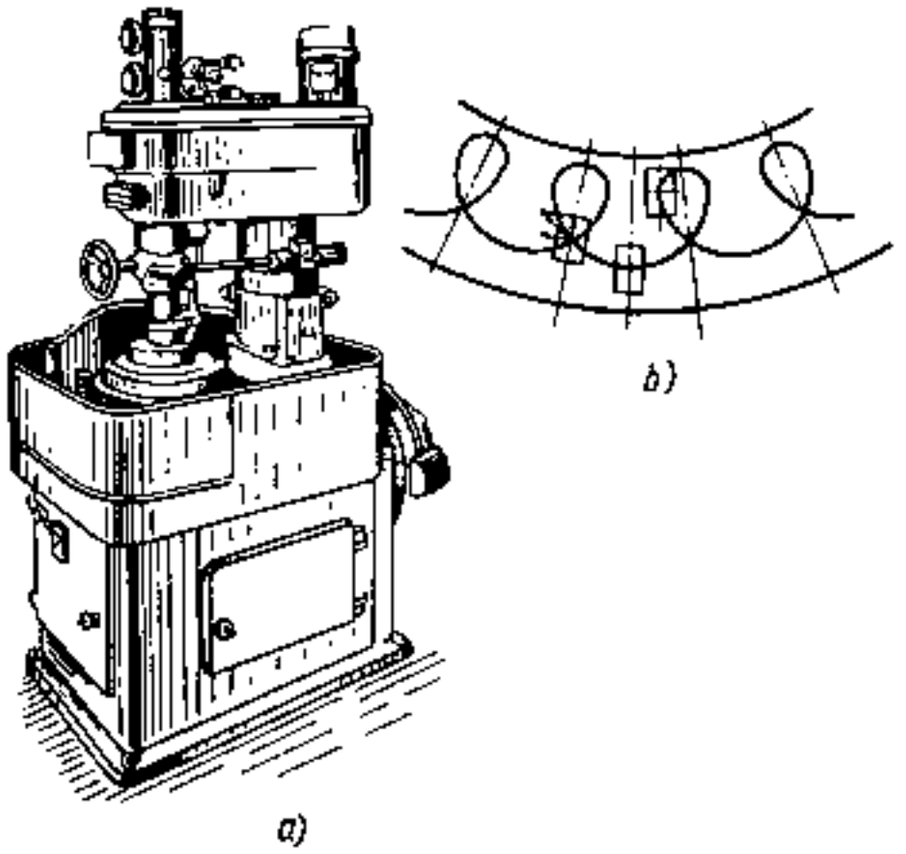
الف ــ لپن دستی: که مجموعاً روشی سهل و آسان بشمار آمده و با وسائل نسبتاً ساده‌ای قابل اجراست، به نحوی که در لپن کاری مسطح، قطعه کار بر روی صفحه لپن در شرایطی که بر روی سطوح پرداخت شونده‌اش مواد یا مخلوط لپن مالیده شده است، بوسیله دست در مسیرهای دایره‌ای شکل و یا لغزشی و در امتداد خطوط نامنظم حرکت داده می‌شود و طوری این عمل را انجام میدهند که سطوح تماس همواره در حال تعویض باشند و چنانچه لپن کاری خارجی و داخلی قطعات مدوّر در مدّ نظر باشد، به درن‌های ویژه‌ای نیازمند خواهند بود. امکان دارد که برای قطعات گرد، لپن کاری را با استفاده از ماشین‌های تراش معمولی و یا ماشین‌های مته که درن لپن را وادار به چرخش می‌کند اجرا نمایند.

ب ــ لپن ماشینی: در سری سازی یا تولید انبوه از ماشین‌هائی که مختصّ عملیات لپن طراحی و ساخته شده‌اند بهره‌گیری می‌کنند، بسته به اینکه قطعات کار تخت و یا گرد باشند، دارای صفحه لپن و ابزار لپن متناسب میباشند.

قطعات کار در قالب‌ها یا قفس لپن که همانند گیره‌ای عمل می‌کنند محکم گردیده و مابین

سطوح پرداخت شونده و ابزار پرداخت کاری، ماده لپن با قلم مو مالیده شده و یا بعضی این عمل را انجام میدهد و به هنگام سایش پرداختی، صفحه یا چرخ روئی به سمت پائین می‌آید، و در نتیجهٔ سنگینی خود آن و یا فشار اضافی دیگری که بدان اعمال می‌شود، بطرف کار فشرده می‌شود و قالب‌های نگهدارنده کار و قطعات کار همراه آن‌ها، به غیر از حرکت دورانی دسته جمعی، دارای حرکت لنگ نیز خواهند بود و در عین حالی که غلط می‌زنند، حرکتی لغزشی هم خواهند داشت.

بعنوان مثال، در مورد نمونه کارهای لپن ماشینی شده نتایج زیر بدست آمده است: پرداخت کاری ماشینی برای ۲۴ عدد میله گژن پین یا انگشتی پیستون، به قطر ۲۴ میلیمتر و طول ۱۰۰ میلیمتر که اضافه قطری معادل ۰/۰۱ میلیمتر برای هر کدامشان در ابتدای عملیات وجود داشته، در شرایطی که اکسید کرم ماده اصلی لپن کاری بوده است، به زمانی برابر ۱۰ دقیقه احتیاج داشته و پرداخت بسیار ظریف را با تلرانس ۰/۰۰۱ میلیمتر باتمام رسانیده‌اند (شکل ۴۲ ــ ۱۰) نشان دهنده ماشین لپن میباشد.



(شکل ۴۲ ــ ۱۰)(a) نمای ظاهری ماشین لپن یا پرداخت کاری بسیار ظریف سطوح (b) مسیر حرکات داده شده به صفحهٔ لپن

لپن تشعشعی

لپن تشعشعی به روشی گفته می‌شود که مخلوطی نسبتاً رقیق از مایع لپن که میتواند دانه‌های

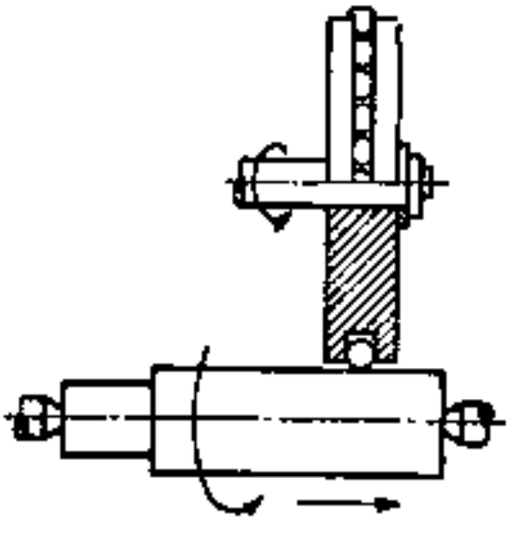
لپن غوطه‌ور شده در آب باشد را بوسیله پیستوله‌ای که به هوای فشرده مرتبط است با سرعتی در حدود ۲/۵ برابر سرعت سیر صوت در هوا (یعنی تقریباً ۸۵۰ m/Sec = ۳۴۰ × ۲/۵) بر روی سطوح قطعات کار بپاشند.

از سرعت برگشت دانه‌های لپن، بعلت وجود قشر یا فیلم نازکی از مایع لپن کاری بجای مانده بر روی سطح کار، مقداری کاسته می‌شود و در عین حال دانه‌های لپن برای تمیز کردن زبری یا خشونت سطحی بحرکت درمیآیند و تشعشع مواد لپن باعث ایجاد تحرک در دانه‌های سایننده شده و فشار سطحی تولیدی، ناهمواری‌های ظریف که هدف حذف کردن آن‌ها بوده است را از بین می‌برد. درست اجراء کردن لپن تشعشعی بمیزان زیادی به زاویه صحیح پاشش مایع لپن وابستگی دارد و انتخاب صحیح آن سطحی صاف و صیقلی را عاید می‌سازد (حداکثر براده‌برداری تحت زاویه ۴۵° بوجود می‌آید و با کم شدن آن مقدار براده‌برداری سایشی نیز تنزل پیدا می‌کند).

پرداخت‌کاری با روش غلطکی «Burnishing by Rolling method»

ایجاد کردن جلای فلزی با روش غلطکی برای سطوح کار، روشی است که میتواند صافی سطوح را با کیفیتی مرغوب بدست دهد و در عین حال دقت ماشینکاری بالائی را نیز عاید سازد. این طریقه پرداخت‌کاری خاص، مبتنی بر این اصل است که غلطک‌هائی فولادین و سخت شده (مطابق شکل «۴۳ ــ ۱۰» که در یک یا چند ردیف) به سمت کار فشرده میشوند و حرکت باری طولی را ممکن است خود قطعه کار دارا باشد.

نیروهای شعاعی قابل توجهی که در پرداخت‌کاری با طریقه غلطکی ظاهر میشوند، سبب فشرده شدن لایه‌های سطحی کار شده و بدین ترتیب تنش فشاری قابل تحمل بوسیله آن‌ها افزایش



(شکل ۴۳ ــ ۱۰) شکل دیاگرامی اصول پرداخت کاری یک محور با روش غلطکی بر روی ماشینی شبیه ماشینهای گردسانی

پیدا خواهد کرد و یا بعبارت دیگر، اینگونه پرداخت کردن اثرات فاحشی در ازدیاد مقاومت سطحی در برابر فرسایش و نیز افزایش عمر مفید اجزاء ماشینی که این عمل در مورد سطوحشان اجراء شده، بجای میگذارد. بالا بردن مقاومت در برابر فرسودگی بوسیله فرایند فوق‌الذکر با میزان قابلیت تراکم مواد تشکیل‌دهنده سطوح قطعات کاریکه با این روش جلا داده میشوند متناسب است. قسمت‌هائی از محورهائی را که میخواهند در داخل یاتاقان مستقر شده و کار کنند، پس از آنکه عملیات فلزتراشی اولیه‌شان بپایان رسیده باشند را با غلطک زدن پرداخت کرده و همراه با آن، لایه‌های سطحیشان را نیز متراکم میسازند و برای این منظور آنها را بر روی مرغکهای دستگاهی همانند ماشینهای گردسائی سوار کرده و با دور متناسبی وادار به چرخش می‌نمایند و دیسک مخصوصی که در شیار پیرامونش غلطک‌هائی که معمولاً کروی شکل یا ساچمه‌هائی فولادین پر کرده‌اند مماس خارج می‌سازند. ساچمه‌ها نحوه استقرارشان در شیار دیسک ابزار پرداختکاری طوریست که در عین حال آزاد بودن، سقوط هم نخواهند کرد. غلطک‌های در حال چرخش تحت تأثیر نیروی گریز از مرکزی که بدانها وارد می‌شود بسمت سطوح کار سوار شده بر روی محور ماشین فشرده می‌شوند و همانطور که در بالا هم به آن اشاره شد، حرکت باری طولی نیز برای پوشیده شدن تمامی سطح پرداخت‌شونده در سیستم کاری ماشین پیش‌بینی شده است و نیروی گریز از مرکز هم مستقیماً با تعداد دوران بر هر دقیقه دیسک ناقل غلطک‌ها تناسب خواهد داشت و چنین روشی را میتوان برای محورهای نسبتاً نازک و باریک در صورت نیاز بکار برد و آنها را جلا داد.

فصل یازدهم

براده‌برداری‌های الکتریکی

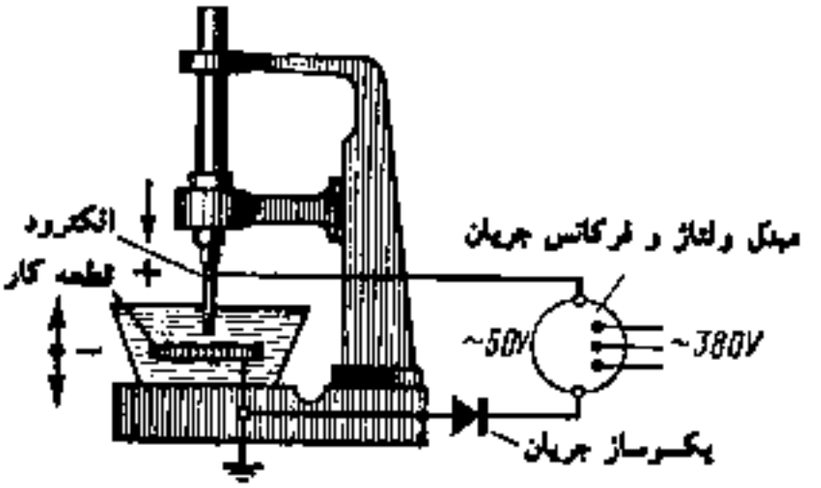
مقدمه:

براده‌برداریهای مختلف از قطعات کار، توسط ماشینهای ابزاری مانند: ماشینهای تراش، فرز، مته، صفحه تراش و سایر ماشینهای ابزار اختصاصی، جزو روش‌های مکانیکی ساخت قطعات محسوب میشوند و با تحقیقاتی وسیع که در سال‌های اخیر به منظور دسترسی به طرق براده‌برداریهای فیزیکی انجام گرفته، متدهای نوظهوری در ماشین‌سازی که مبتنی بر بعضی از پدیده‌های فیزیکی هستند، پیدا شده‌اند که میتوان براده‌برداری‌های با روش‌های: جرقه‌ای (اسپارک) ــ الکترولیتی ــ ماوراء صوتی (Ultrasonic) ــ اشعه لیزری و غیره را نام برد که از میان آن‌ها دو طریقه اوّل را که عمومی‌تر شده و تکامل بیشتری را پیدا کرده‌اند باختصار مورد بررسی قرار میدهیم.

۱ ــ براده‌برداری جرقه‌ای (روش اسپارک Spark)

ماشین‌ها یا دستگاههائی که با روش جرقه‌ای برای ساختن سنبه‌ها و ماتریس‌های کششی و برشی بکار گرفته شده‌اند، اساس عملکردشان بر مبنای حذف براده بین قطعه کار هادی جریان و الکترود ویژه آن میباشد. کار به میز ماشین بسته شده و به قطب دارای پتانسیل منفی (-) مرتبط است و الکترود نسبت به آن پتانسیل مثبت (+) خواهد داشت (با توجه به شکل شماتیکی ۱۰ ــ ۱۱» که نمایانگر اساس کار ماشین اسپارک میباشد).

جریان متناوب ورودی به سیستم الکتریکی ماشین که به عنوان مثال میتواند از شبکه برق ۳۸۰ ولتی با فرکانس یا تواتر ۵۰ هرتز تأمین شود، ابتدا به یکدستگاه مبدّل یا کنورتور Convertor مخصوصی که هم ولتاژ و همچنین فرکانس را تغییر میدهد داده می‌شود و جریانی متناوب با ولتاژ کمتری مثلاً ۵۰ ولت و تواتر بیشتری مانند ۴۹۰ هرتز تهیه می‌کنند و آنگاه با عبور دادن از یکسو ساز یا یکسوکننده جریان (رکتیفایر Rectifier)، نوعی جریان مستقیم ضربه‌ای بدست می‌آورند که به کار و الکترود مخصوص رسانیده می‌شود. ضربان‌های تناوبی از تخلیه الکتریکی متوالی، براده‌های بسیار ریزی را از کار جدا میسازد و در عین حالی که الکترود تدریجاً خورده می‌شود، فاصله نوک آن تا سطح کار به میزان دقیقی توسط دستگاه ویژه‌ای ثابت می‌ماند و



(شکل ۱ ــ ۱۱) اصول ساختمان ماشین براده‌برداری جرقه‌ای یا اسپارک

قطعه کار در شرایطی قرار دارد (با توجه به شکل شماره ۱ ــ ۱۱) که بالای آن را «مایعی عایق» و متناسب مانند نفت یا روغن‌های با غلظت کم نظیر روغن ترانسفور ماتور و غیره فراگرفته یا بعبارت دیگر، کار در روغن غرق میباشد. مصرف الکترود بین ۲۵٪ تا ۳۰۰٪ نسبت به میزان فلز جدا شده در اثر جرقه‌زنی خواهد بود. یکی از بزرگترین مزایای این روش آن است که میتوان آن را برای براده‌برداری از اجسام بسیار سخت که سایر ابزارهای معمولی بر آن کارگر نیستند، بکار گرفت و لذا روش اسپارک برای ماشینکاری قطعات ساخته شده از کربور تنگستن (یا کاربید تنگستن که ماده‌ایست فوق‌العاده سخت که از ترکیب شدن فلز تنگستن یا ولفرام با کربن بدست می‌آید) مورد استعمال قرار داد.

قسمت‌های اصلی ماشین براده‌برداری با جرقه الکتریکی عبارتند از:

۱ ــ بدنه ماشین ۲ ــ میز کار و مکانیزم‌های ایجادکننده حرکات لازم برای آن ۳ ــ مقر یا جای استقرار الکترود مخصوص ۴ ــ قطعات و دستگاههای متعلق به مدار الکتریکی برای بوجود آوردن جریان مستقیم ضربه‌ای.

ضمناً لازم به یادآوریست که مایع عایق الکتریکی برای رسیدن به اهداف زیر در ماشین‌های اسپارک کاربرد خواهد داشت:

۱ ــ جذب گرمای ناشی از تخلیه‌های الکتریکی ناحیه عمل جرقه‌زنی.

۲ ــ ایجاد کردن محیطی برای غوطه‌ور شدن براده‌های جدا شده.

۳ ــ دور ساختن براده‌ها از محل تولیدشان.

۴ ــ جلوگیری از چسبیدن ذرات براده ریز به الکترود یا به قطعه کار و یا به یکدیگر.

در این روش فشار مکانیکی به دستگاه وارد نخواهد شد و دقّت‌هائی تا ۰/۰۰۵mm میتوان از طریقه «براده‌برداری اسپارکی» انتظار داشت و ماشین‌هائی که جدیداً بر این مبنا ساخته شده‌اند

به کامپیوتر هم مجهز شده‌اند تا جزئی‌ترین عملیات ماشین را تحت کنترل درآورند.

۲ ــ براده‌برداری با روش الکترولیت «Electrolyte»

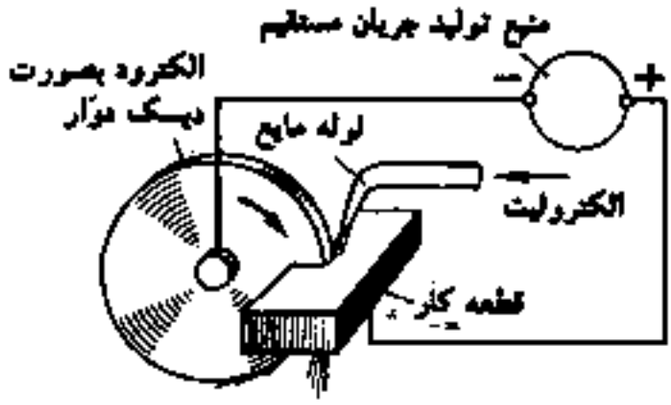
میتوان اساس کار براده‌برداری با روش الکترولیتی یا الکترو شیمیائی را عکس عمل «آبکاری الکتریکی» (مانند آب کرم کاری، آب نیکل کاری و غیره) که مبتنی بر قانون فاراده میباشد، دانست. محیط عمل شباهتی ظاهری با روش اسپارک یا براده‌برداری جرقه‌ای دارد، ولی به صورتی نیست که بتوان آن‌ها را جایگزین یکدیگر نمود. در این طریقه، به درون محیط عمل الکتروشیمیائی که با جداره‌ای عایق از شیشه و یا پلاستیک متناسب پوشیده شده است، «مایعی هادی یا رسانا» که از نظر علمی «الکترولیت» نامیده میشود، می‌ریزند.

الکترود متّصل به «کاند یا قطب منفی» را ممکن است از هر ماده و رسانای الکتریسیته انتخاب کرد و آن را به سوی «آند یا قطب مثبت» که در واقع همان قطعه کار در حال براده‌برداری شدن با روش الکتریکی میباشد، هدایت کرد و پیشروی مزبور بوسیله یک سیستم کنترل اتوماتیک تحقق خواهد یافت و در خلال اجرای عملیات، پمپی الکترولیت ریخته شده به داخل منطقه ماشینکاری را در مدار مربوطه پمپاژ می‌کند، تا در حین دور ساختن براده‌ها از محل تولیدشان، یکنواختی دمای لازمه را نیز بکمک وسائلی که در مسیر جریان الکترولیت پیش‌بینی شده است بوجود آورد.

الکترولیت یا مایع رسانای روش الکترو شیمیائی، میتواند محلولی از نمکهای شیمیائی معدنی (که پس از انحلال در آب قابلیت یونیزاسیون یا ایجاد کردن «یون» را دارا هستند) که برای شرایط کاری مورد نظر تناسب داشته باشد، مثلاً نمک طعام یا کلرور سدیم (یا کلرید سدیم بفرمول Na Cl) اختیار گردد.

بطور کلی الکترولیت‌های لازمه برای اینگونه عملیات را از انواعی انتخاب می‌کنند که فاقد خاصیت خورندگی بوده و تمایلات اسیدی یا بازی نداشته باشند و به پوست بدن کارگرانی که امکان دارد با آن‌ها تماس پیدا کنند و همچنین به قطعه کار و سایر قطعات آسیبی نرسانند. اختلاف پتانسیل جریان مستقیم مورد نیاز که از منبعی با قابلیت تنظیم ولتاژ تأمین می‌گردد، در حدود ۵ تا ۲۵ ولت خواهد بود و مسلماً دستگاههای الکتریکی، رابطی بین قسمت فوق‌الذکر و شبکه برق جریان متناوب، این خواسته را عملی می‌سازد.

تغییرات دمای الکترولیت مورد مصرف در براده‌برداری با روش الکترو شیمیائی، اثرات فاحشی در میزان براده‌برداری داشته و در مواردی که تنظیمات لازمه برایش اعمال نشده باشد، میتواند کار را ضایع کند و روی همین اصل در سیستم کار ماشینی که با این طریقه کار می‌کند باید تدابیری بیندیشند که با دقت خوبی این عامل را تحت کنترل درآورند و در این صورت روش



(شکل ۲ ــ ۱۱) نمای شماتیکی اصول براده‌برداری الکترولیتی یک قطعه کار، در حالتی که از الکترودی به شکل دیسک دوّاره استفاده کرده باشند.

تشریح شده از مزایای زیر بهره‌مند خواهد بود:

۱ ــ میزان از بین رفتن الکترود دستگاه ناچیز بوده و لذا عمر مفید آن زیاد خواهد بود.

۲ ــ مقطعی از کار که با روش الکترولیتی براده‌برداری شده از کیفیت صافی سطوح خوبی برخوردار بوده و در آن پلیسه و خطوط ماشینکاری‌های مکانیکی مشاهده نمی‌گردد.

۳ ــ با این روش ممکن است، سوراخهائی با قطر بسیار کم در قطعات کار بوجود آورد.

۴ ــ در مدت زمان نسبتاً کمی، براده‌برداری الکترولیتی با حجمی زیادتر نسبت به سایر روش‌ها امکان‌پذیر است.

اطلاعات فنّی مورد نیاز برای طراحی و ساخت «ابزارهای خان کنی»

برای ساختن ابزارهای گران قیمت و در عین حال پیچیدهٔ خان کشی، معمولاً به یک سری اطلاعات و یا معلومات و داده‌های فنی، جهت طراحی دقیق شکل مقطع و نیز فرم دندانه‌های آن دارند و برای این منظور مشخصات زیر میبایست شناخته شده باشند:

۱ ــ نوع و جنس ماده‌ای که قراراست خان کشی شود.

۲ ــ اندازه و شکل مقطعی که لازم است خان کشی گردد.

۳ ــ کیفیت صافی سطوح مورد نظر.

۴ ــ سختی ماده در حال ماشینکاری شدن.

۵ ــ مقدار تلرانس مجاز برای ساخت قطعه کار.

۶ ــ تعداد قطعاتی که میبایست با روش خان کشی تولید گردند.

۷ ــ نوع ماشینی که ابزار ساخته شده را بکار خواهد برد.

۸ ــ طریقه نگهداشته شدن یا بسته شدن دنباله‌های سوزن خان کشی به ماشین مربوطه.

۹ ــ مقدار فشار قابل تحمل، که منجر به شکستن و یا صدمه دیدن آن نشود.

منابع و مراجع اصلی
که در تهیه مطالب کتاب استفاده شده است

1 – Metalwork Technology and practice by: Oswald A.Ludwig.
2 – Shop Theory by: Anderson Tatro
3 – Machine Tool Design Vol. I by: N.Acherkan
4 – Manufacturing processes by: Myron L.Begeman.
5 – Engineering Manufacturing processes by: D.Maslov
6 – Workshop Technology part II by: W.A.J. Chapman.
7 – Basic Engineering processes by: S.Crawford
8 – Machine Tools for Metal Cutting by: W.H.Armstrong
9 – Machine Tools by: N.Chernov
10 – Elements of Lathe Work by: Brushtein
11 – Fundamentals of Milling practice by: S.Avrutin
12 – Planing and Broaching Machines published by: Stankoimport Co.
13 – Slotters published by: Stankoimport Co.
14 – Automatic and Semi-Automatic Lathes by: B.L.Boguslavsky
15 – Machine Design by: M.Movnin
16 – Grinding and Measuring published by: Fortuna-Werke Co.
17 – Milling Machines Published by: Stankoiport Co.
18 – Pneumatic Power Published by: Vega Enterprises

۱۹ ــ کتاب در اطراف ماشینهای افـزار ــ از انـتشارات مـؤسسه گئورگ وسترمـان برآنشویگ ــ آلمان.

۲۰ ــ کتاب مواد و فرایندهای تولید ــ جلد سوم، تـألیف: ای، پـال. دگـارمو تـرجمه: علی حائریان.

۲۱ ــ هیدرولیک در ماشین‌آلات ــ مهندس محمد طیب خلیلی

۲۲ ــ آموزش هیدرولیک ــ مهندس محمدتقی میهندوست

۲۳ ــ آموزش پنوماتیک ــ مهندس محمدتقی میهندوست

۲۴ ــ مبانی پنوماتیک ــ مهندس فرامرز خضرائی

۲۵ ــ اصول علمی و عملی الکتریسیته ــ مهندس سالم پرهامی

۲۶ ــ الکتریسیتهٔ صنعتی ــ مهندس محمد مظفر زنگنه

۲۷ ــ سیستمهای کنترل عددی ــ دکتر محمدعلی شفیعا

۲۸ ــ آشنائی با کامپیوتر و داده‌پردازی ــ لطف‌علی بخشی