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.

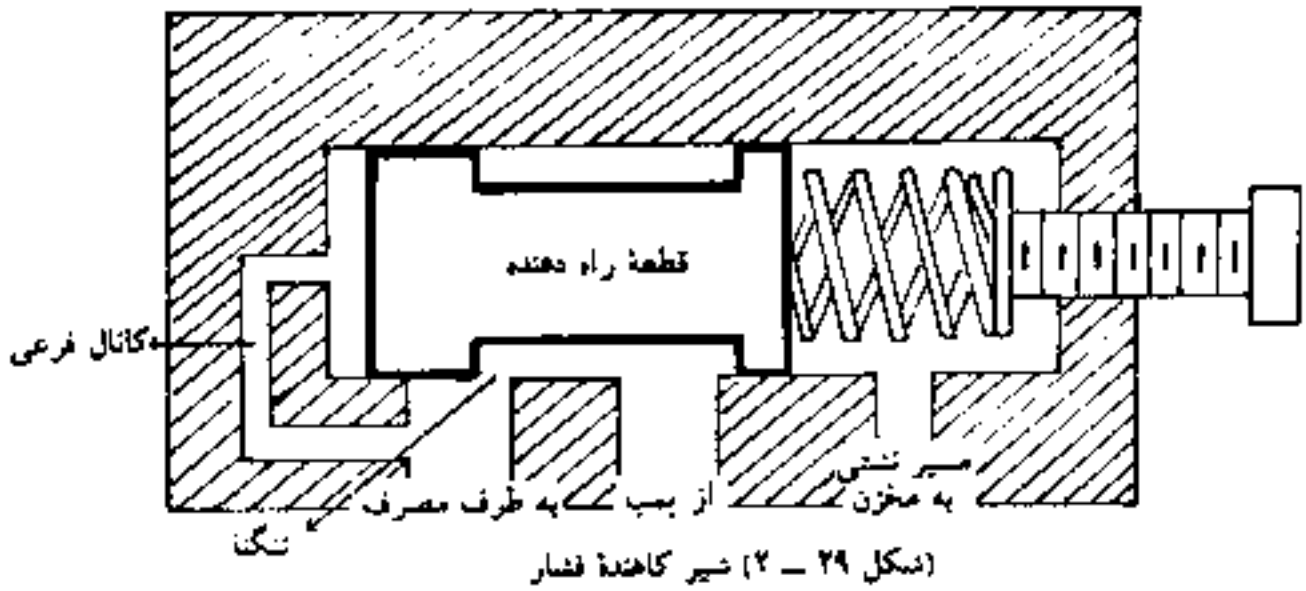
چنانچه در همین حال (حالت کارافتادهٔ پمپ) فشار در سیستم از حدّ معین (مجاز) افزایش یابد برآیند نیروهای یاد شده جهتی از چپ به راست خواهد داشت که باعث جمع شدن فنر و حرکت قطعهٔ راه دهنده از چپ به راست گردیده مسیر به سمت مخزن باز میشود. با باز شدن مسیر مقداری از روغن ارسالی از پمپ به مخزن تخلیه شده فشار در 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.

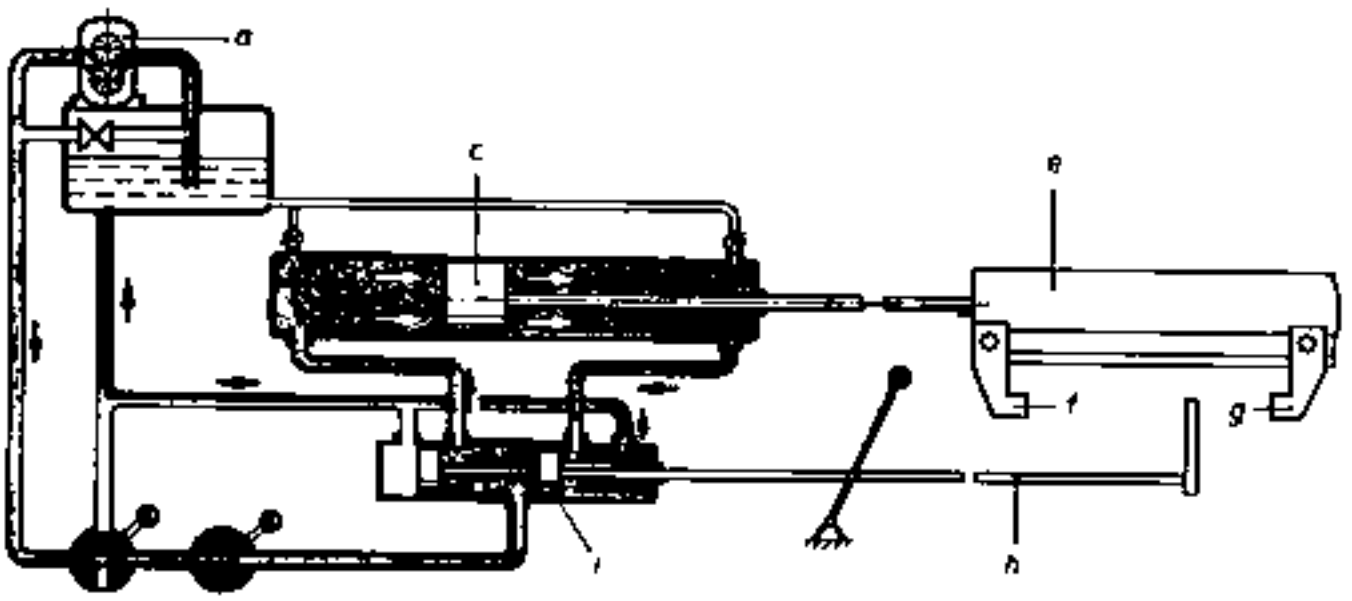
فرمانهای هیدرولیکی

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.



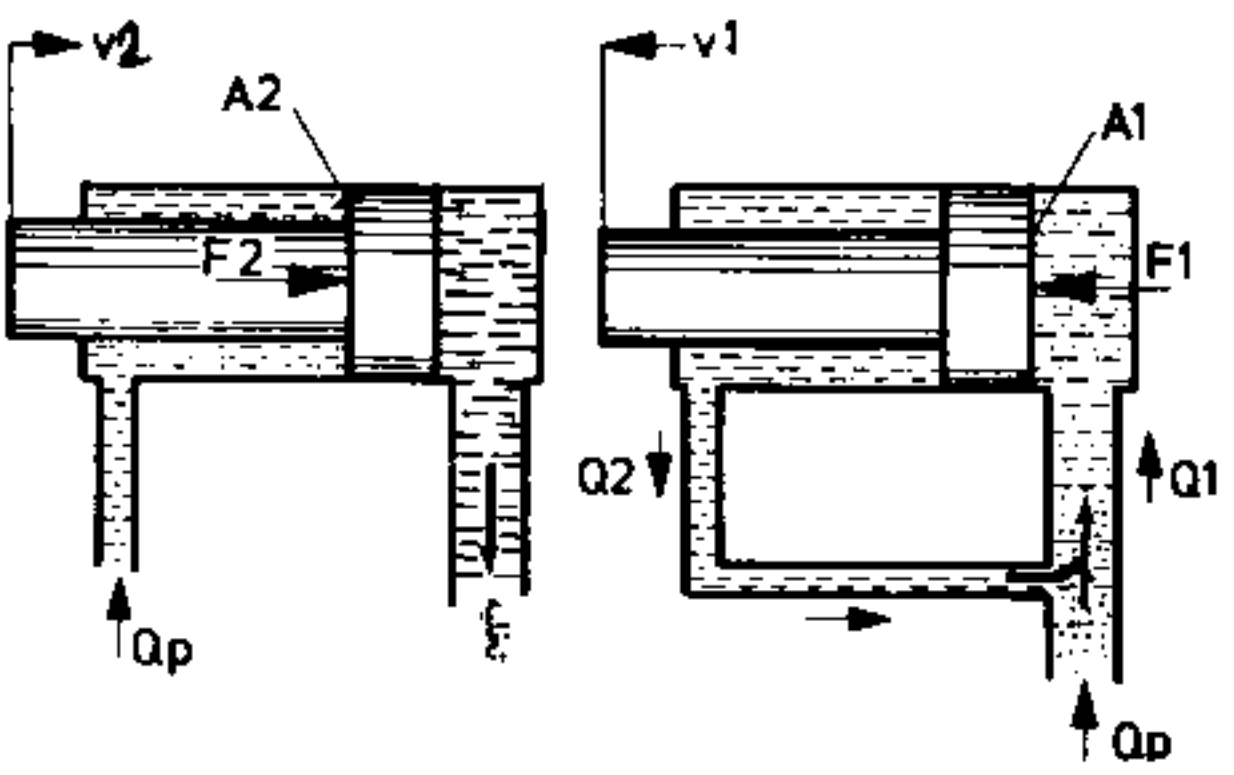
(شکل ۳۰ ــ ۲) میز ماشین سنگ با سیستم حرکت هیدرولیکی

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.



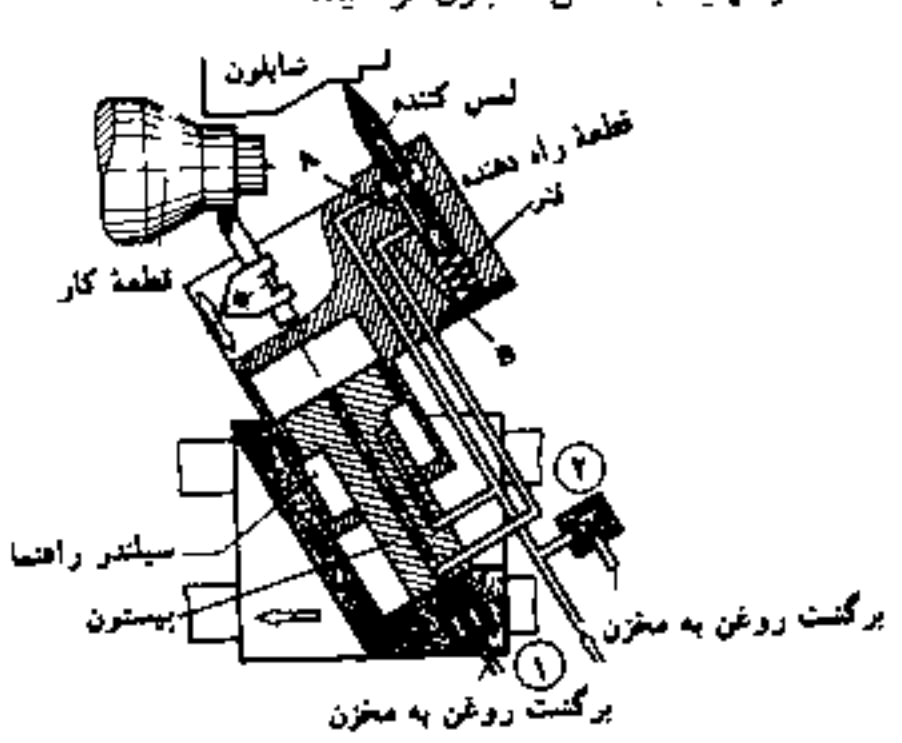
(شکل ۳۱ ــ ۲) مدار دیفرانسیل در هیدرولیک

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

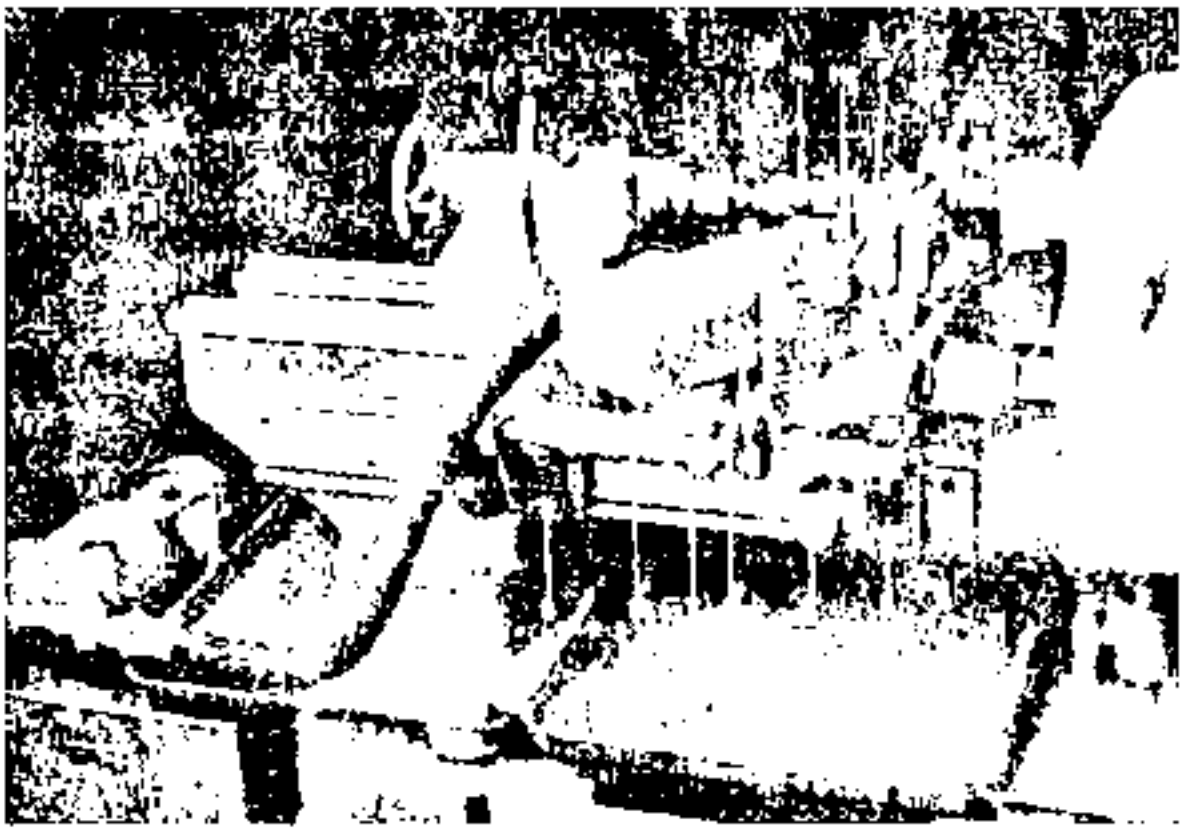
و ابزار که روی آن محکم شده است میگردد.

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

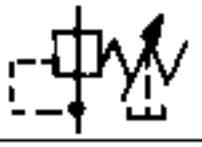
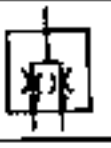
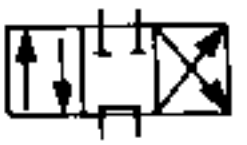
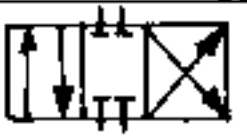
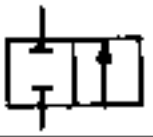
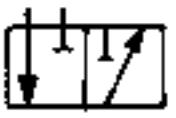
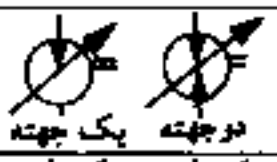
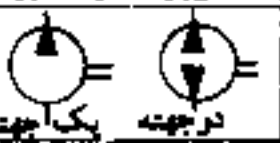
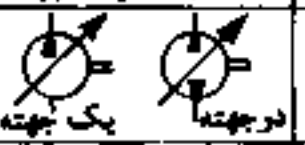
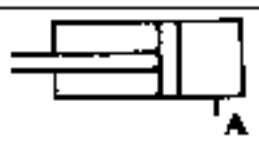
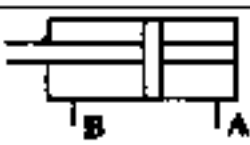
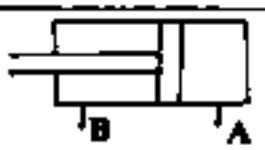
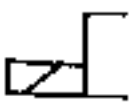
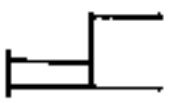
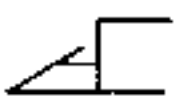
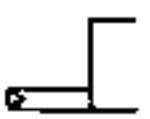
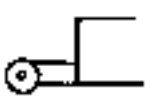
حرکات عرضی لمس کننده که در اثر شکل شابلون بوجود میآید نیز طبق شرحی که گذشت باعث تغییر تنگنای A و ایجاد حرکات لازم در سیلندر راهنما (همراه با ابزار) میگردد.

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).

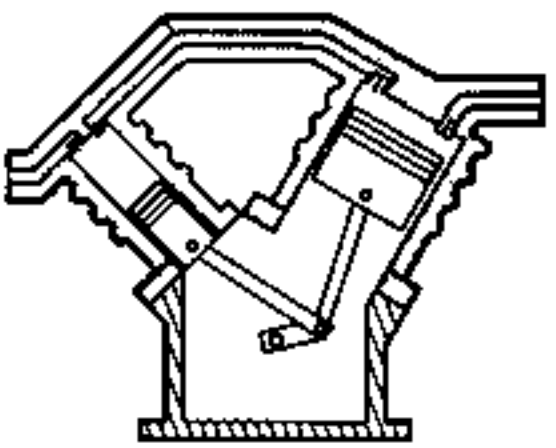
بعضی از انواع کمپرسورها عبارتند از:

الف ــ کمپرسورهای پیستونی.

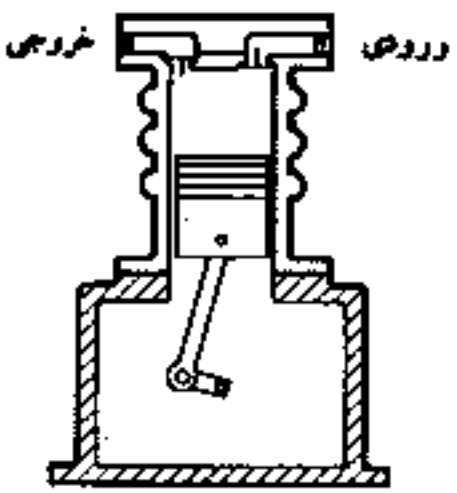
ب ــ کمپرسورهای پره‌ای.

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

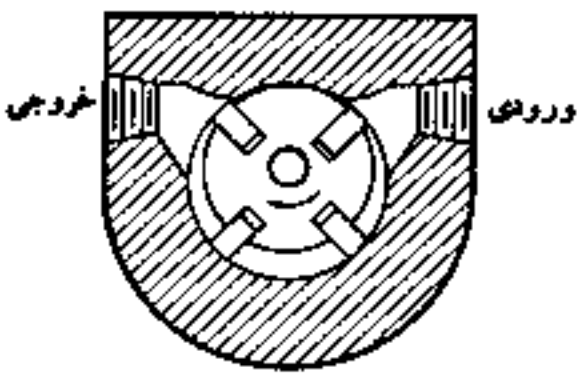


(شکل ۱ــ۳) کمپرسور پیستونی یک مرحله‌ای

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

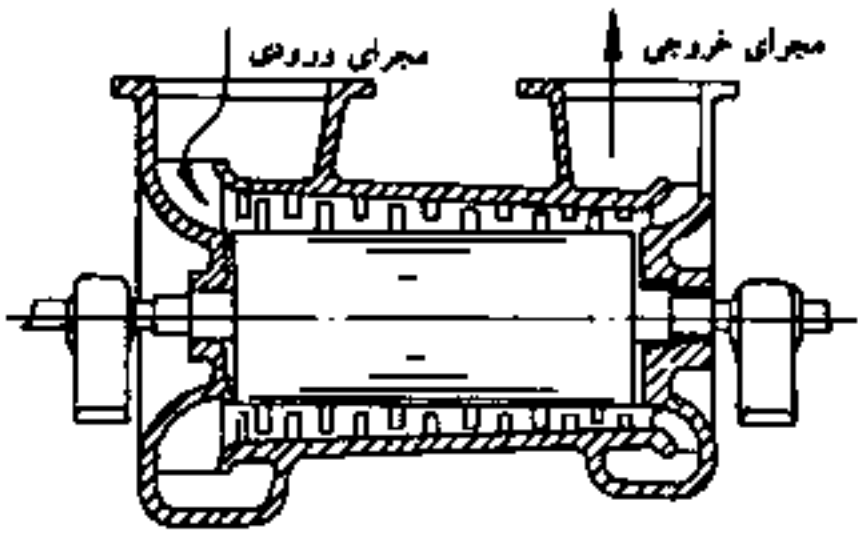


(شکل ۳ ــ۳) کمپرسور پرّه‌ای

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.

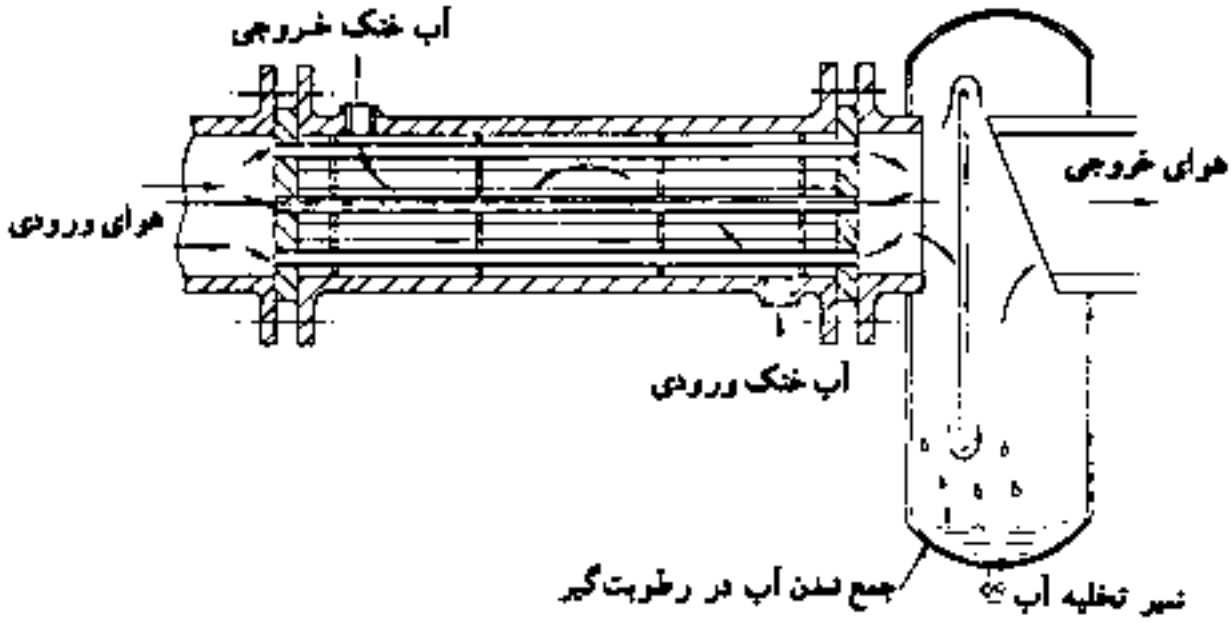


(شکل ۴ ــ ۳) کمپرسور توربینی

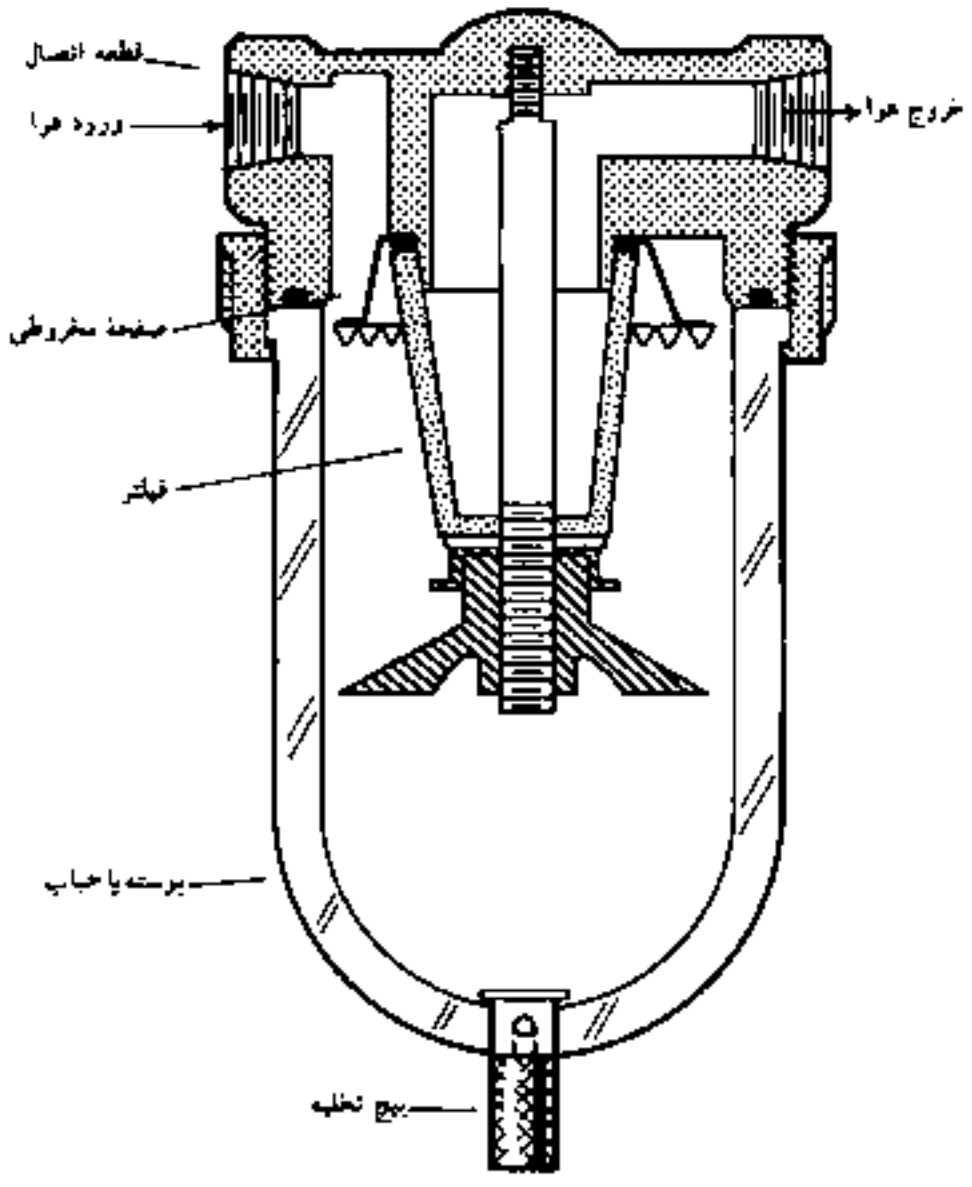
روتور توسط محرک الکتریکی یا احتراقی به گردش درمی‌آید. در موقع گردش روتور، هر گروه پرهٔ متحرک هوا را از سمت چپ خود گرفته با انرژی بیشتر به سمت راست خود میفرستد. بنابراین انرژی هوای ورودی تا رسیدن به مجرای خروجی در چند مرحله افزایش می‌یابد. حاصل این کار با توجّه به شکل مخروطی پوسته، تقلیل فشار در محفظهٔ 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.

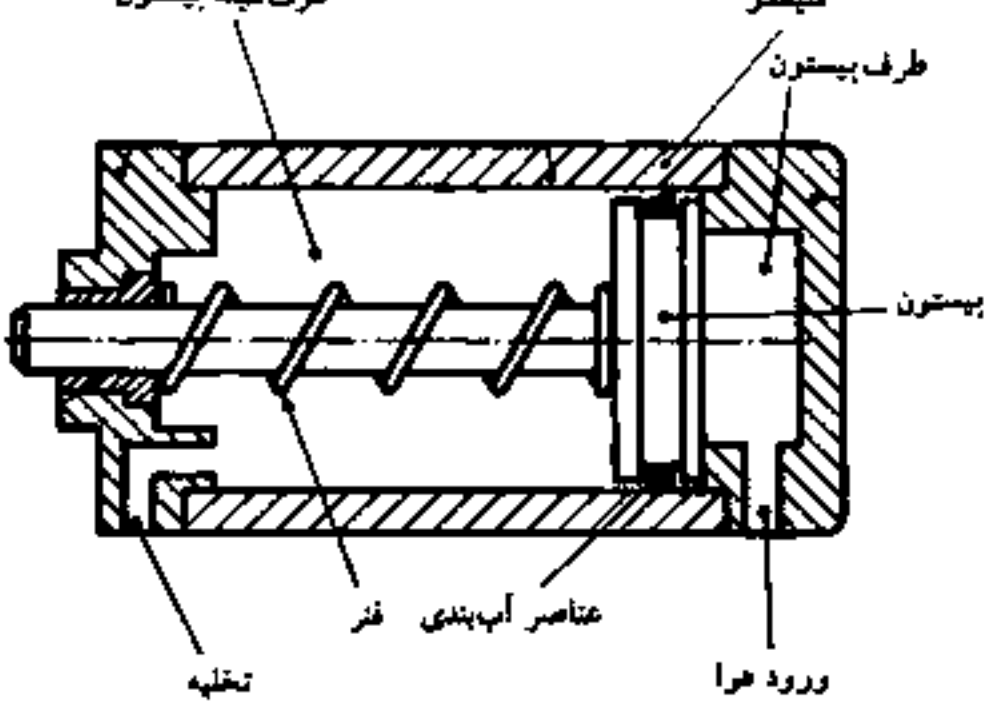
۵ ــ انواع پرّه‌ای و توربینی آن سرعت دورانی زیادی را ایجاد مینمایند.

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:

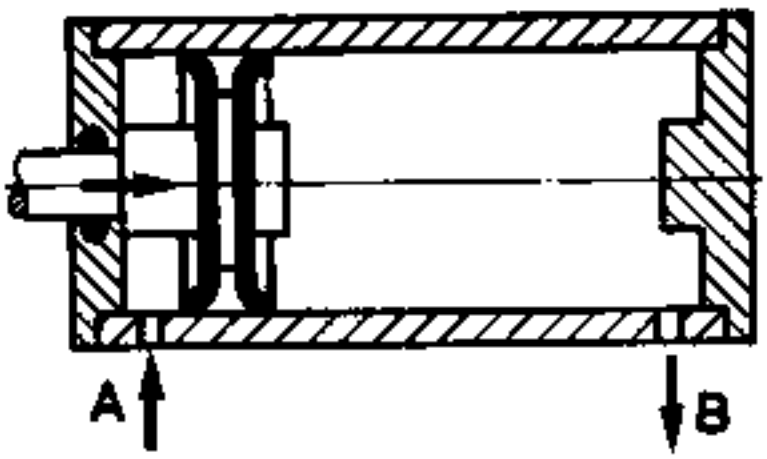
۱ ــ سیلندر و پیستون‌هائی که بازگشت پیستون آنها به کمک نیروی فنر انجام میشود. فنر بازگشت معمولاً فنر نسبتاً ضعیفی است که نیروی آن فقط برای بازگرداندن پیستون کافی است و بار دیگری را تحمّل نمی‌نماید.

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

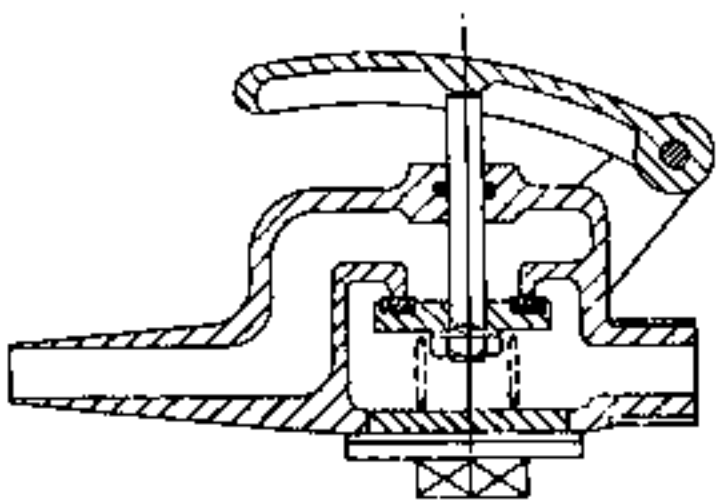
شیرهای پنوماتیک وسائلی هستند برای کنترل مسیر و مقدار هوای فشرده در مدار که جهت انجام اعمال پنوماتیک بکار میروند. بکارگیری این شیرها و ترکیب آنها با یکدیگر اعمال پیچیده و متنوّعی را در سیستمهای پنوماتیک مُیَسّر میسازد.

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

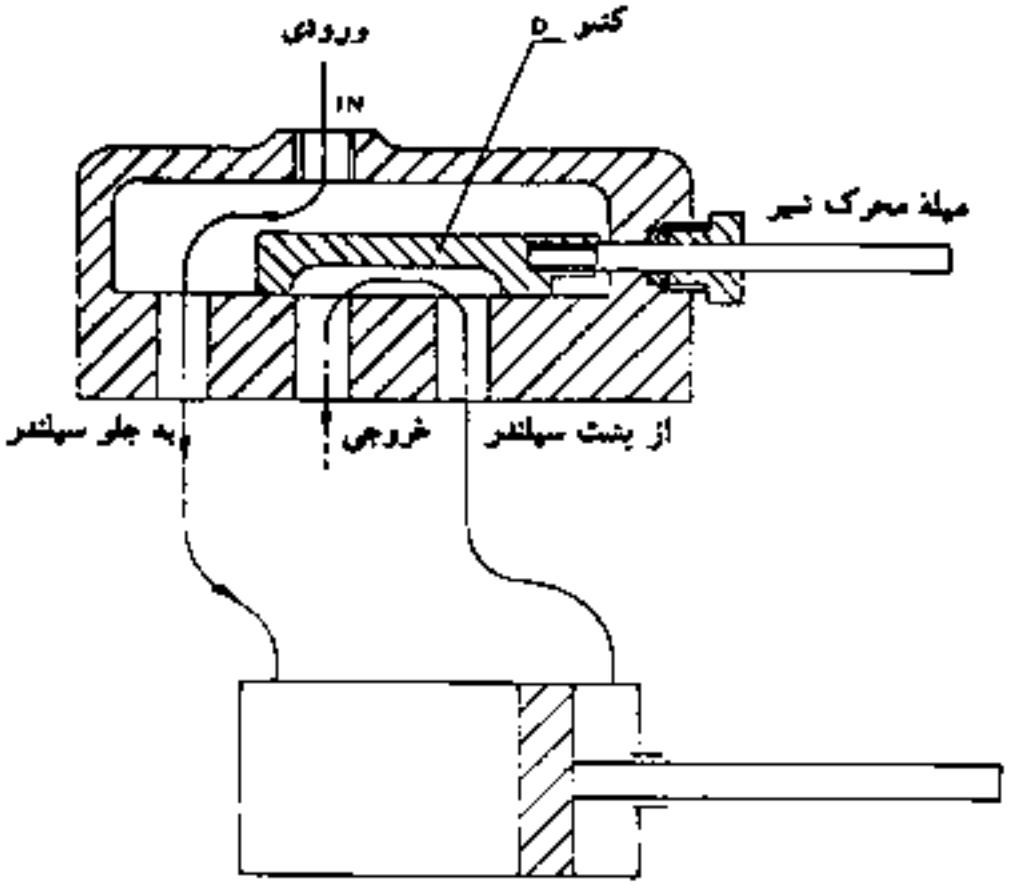
چنانچه قطر نشیمنگاه نسبت به قطر ورودی و خروجی شیر بزرگ انتخاب شود با مقدار کمی جا به جا نمودن سوپاپ عمل باز و بست شیر انجام میگیرد.

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.

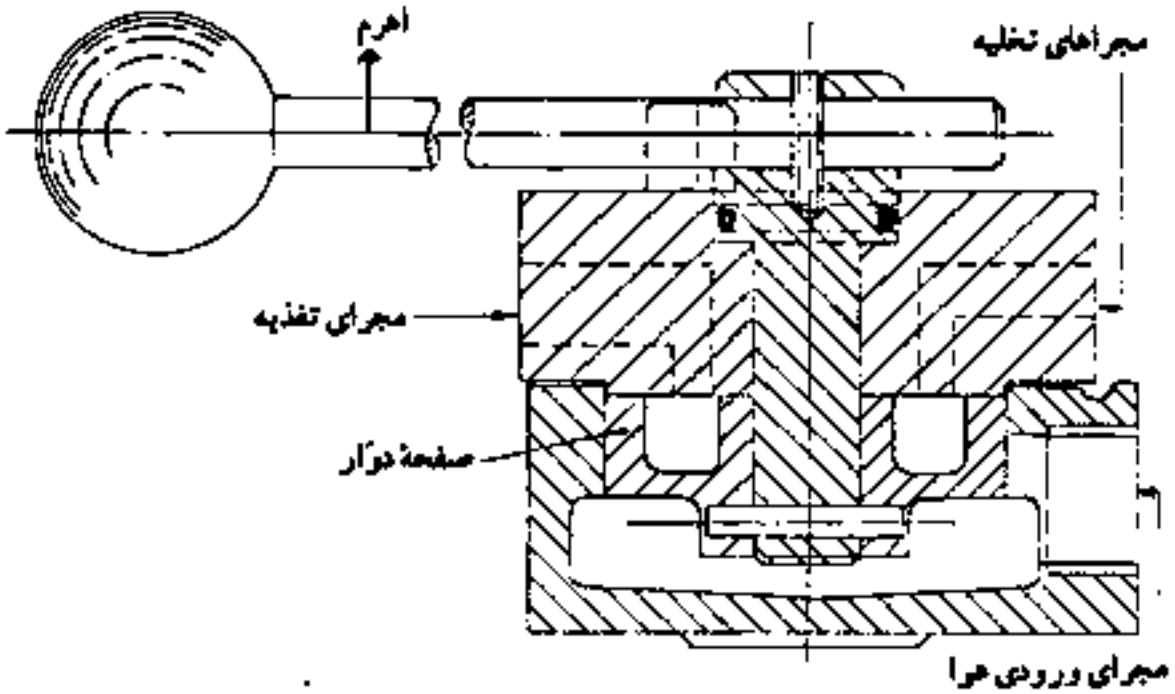
برای بدست آمدن راندمان خوب، سطوح تماس کشوئی و بدنهٔ شیر باید کاملاً پرداخت و نسبت به هم آب‌بندی باشند.



(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.

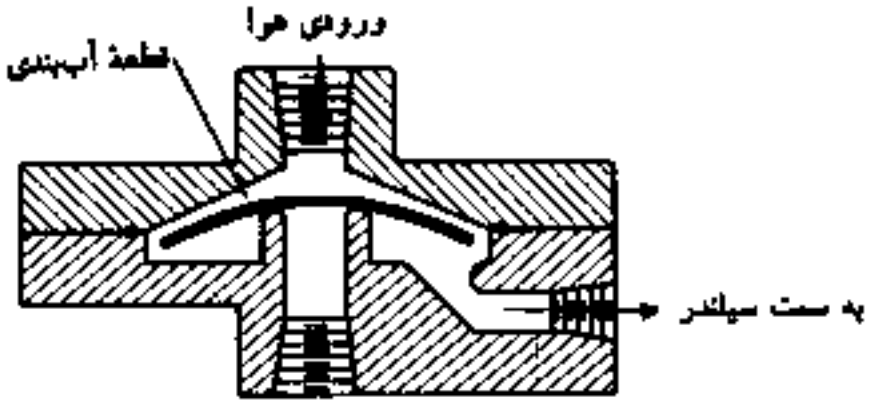
ب ــ کارگذاری رینگهای آب‌بندی در شیارهای جدار داخلی بدنهٔ شیر.

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

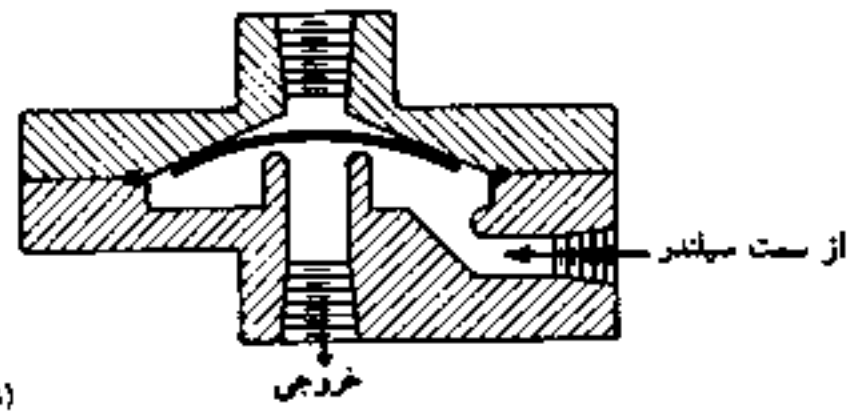
۵ ــ شیر تخلیه سریع ــ این شیر برای تخلیهٔ سریع سیلندر و مسیر مربوطه به کار میرود و امکان بازگشت سریع پیستون را فراهم می‌سازد.

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



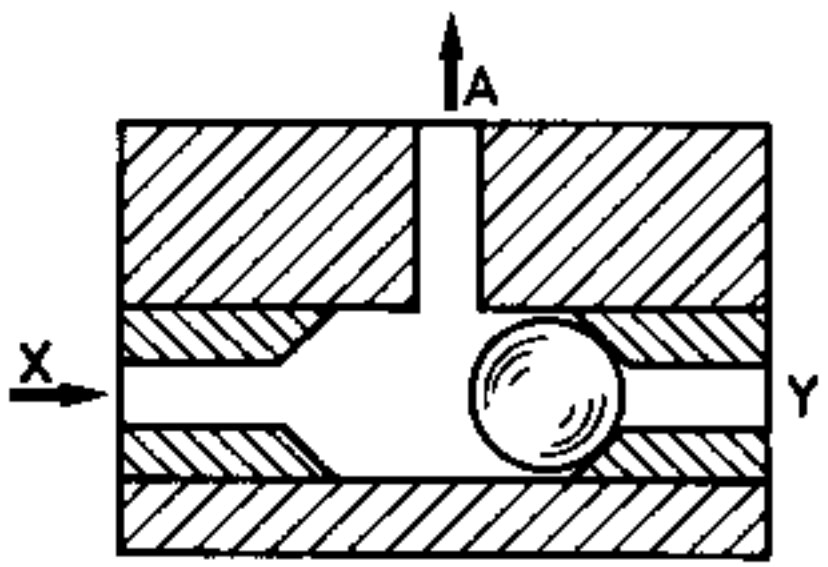
(شکل ۱۲ ــ ۳) شیر تخلیه سریع
در حالت کار نهفته



(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.

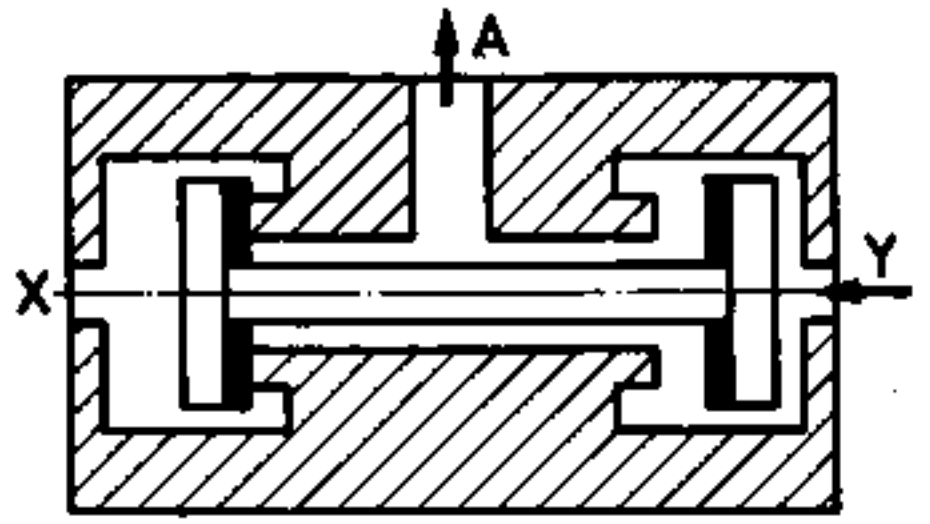
چنانچه هوای فشرده از طریق Y به شیر وارد شود ساچمه را به چپ فرستاده مجرای X را می‌بندد. در اینحال سیستم از طریق A—Y تغذیه شده هوای خروجی نیز از طریق Y—A هدایت میشود.

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

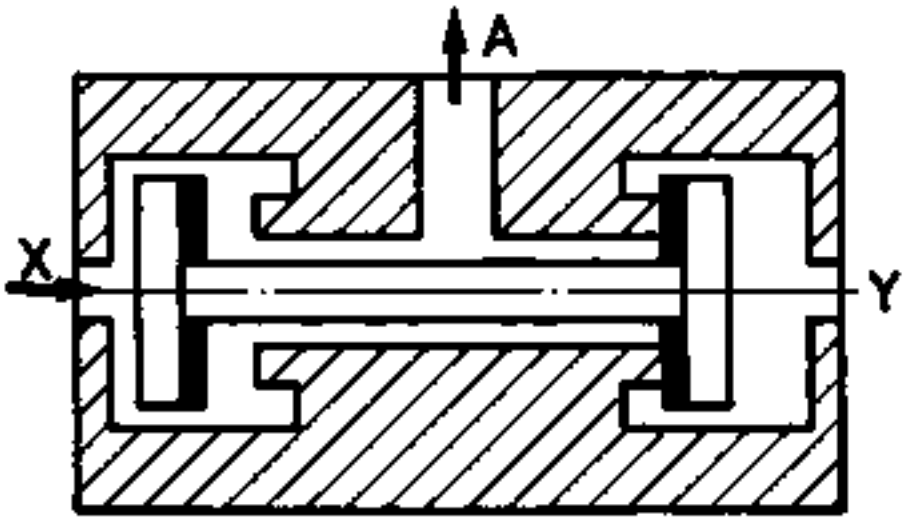
چنانچه فشار هوای ورودی از سمت چپ بیشتر از فشار هوای ورودی از سمت راست باشد پیستون دوبل را به راست رانده مسیر X بسته شده و شیر از طریق مجرای Y تغذیه میشود.

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