الباب الثاني
عناصر التحكم النيوماتيكي

٢ ـ ١ الأسطوانات الهوائية : Pnumatic cylinders

تعد الأسطوانات الهوائية أهم عناصر الفعل المستخدمة للحصول على حركة فى خط مستقيم ، أو حركة ترددية ، أو حركة زاوية ، وبالرغم من وجود اختلافات كبيره فى تصميم الاسطوانات وتطبيقاتها إلا أنه يمكن تقسيم الأسطوانات إلى نوعين رئيسين وهما :

١ ـ الأسطوانات الأحادية الفعل : Single acting cylinders وهى أسطوانات تعطى قوة دفع فى اتجاه واحد وهو اتجاه الذهاب .

٢ ـ الأسطوانات الثنائية الفعل double acting cylinders وهى أسطوانات تعطى قوة دفع فى اتجاه الذهاب واتجاه العودة .

٢ ـ ٢ ـ ١ الأسطوانات الأحادية الفعل :

وهذه الأسطوانات قادرة على إعطاء قوة دفع فى اتجاه الذهاب فقط . وهناك نوعان من هذه الأسطوانات وهما :

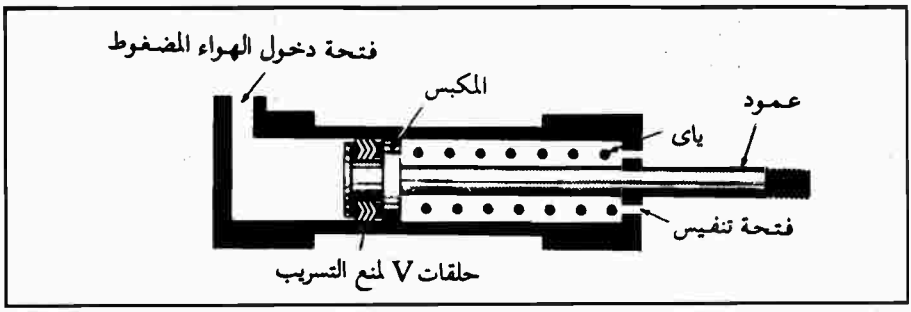
١ ـ أسطوانة أحادية الفعل بدون ياى رجوع .

٢ ـ أسطوانة أحادية الفعل بياى رجوع .

والشكل ٢ ـ ١ يعرض قطاعاً فى أسطوانة أحادية الفعل بياى رجوع ، وبصفة عامة فإنه عند السماح للهواء الضغوط بالدخول من فتحة الأسطوانة

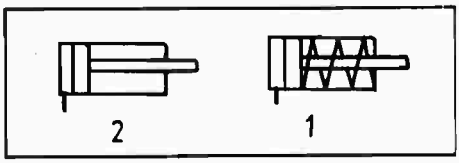
يندفع المكبس للأمام ، وعند انقطاع الهواء المضغوط عن فتحة الأسطوانة يعود المكبس للخلف بفعل الجاذبية الأرضية عند وضعها رأسياً . (فى حالة الأسطوانات أحادية الفعل بدون ياى) أو بفعل ياى الإرجاع (فى حالة الأسطوانات الأحادية الفعل ذات الياى)

ويلاحظ وجود فتحة تنفيس فى غرفة عمود المكبس لتجنب مقاومة الهواء الموجود بداخلها فى شوط الذهاب (التقدم) علماً بأنه عند انسداد هذه الفتحة تتعسر عملية التقدم لانحباس الهواء فى غرفة عمود الكبس .



الشكل ٢ ـ ١

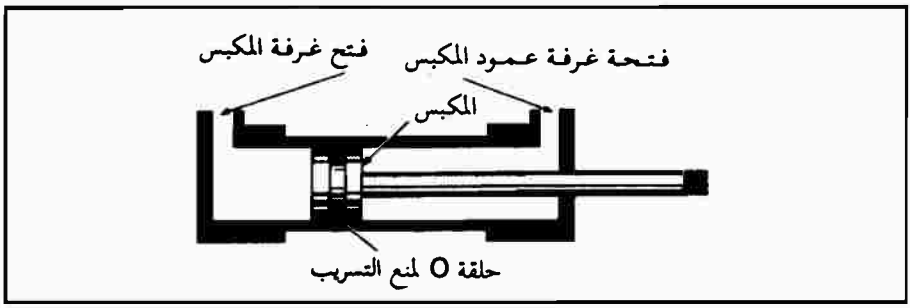
و فيما يلى رموز هذه الأسطوانات ، حيث إن الرمز 1 لأسطوانة أحادية الفعل بياى ، والرمز2 لأسطوانة أحادية الفعل بدون ياى .



٢ ـ ١ ـ ٢ الأسطوانات ثنائية الفعل :

وهى أسطوانات تعطى قوة دفع للأحمال فى اتجاه الذهاب والعودة ، وتعد الأسطوانات الثنائية الفعل أكثر الأسطوانات انتشاراً . والشكل ٢ ـ ٢ يعرض

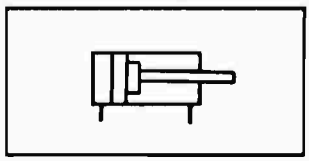
قطاعاً فى أحد الأسطوانات الثنائية الفعل .



الشكل ٢ ـ ٢

ويلاحظ إنه عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة المكبس، تتقدم الأسطوانة للأمام ، أى يتقدم مكبس الأسطوانة للأمام ، وعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة عمود المكبس ، تتراجع الأسطوانة للخلف ، أى يتراجع مكبس الأسطوانة للخلف .

وتتميز هذه الأسطوانات بأن سرعة العودة أكبر من سرعة الذهاب ، والعكس بالعكس بالنسبة لقوة الدفع فقوة الدفع فى الذهاب أكبر من مثيلتها عند العودة وفيما يلى رمز الاسطوانة ثنائية الفعل .

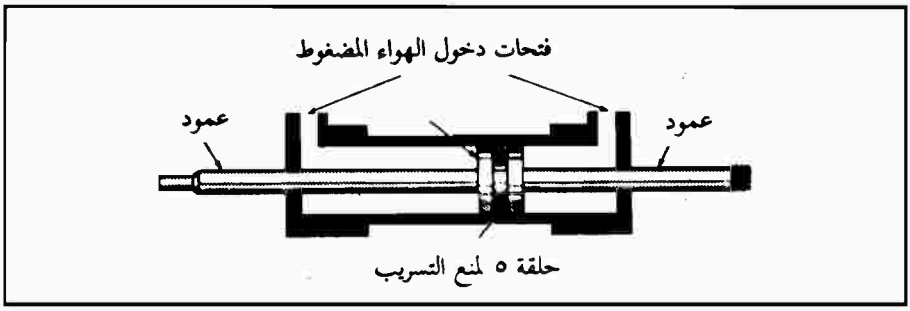


٢ ـ ١ـ ٣ الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة Special cylinders

هناك عدة أنواع من الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة سوف نستعرض أهمها فى هذه الفقرة .

أولاً : أسطوانة بذراعى دفع على جانبيها Double rod end cylinders

الشكل ٢ ـ ٣ يعـرض قطاعـاً فى أسطوانة من هذا النوع ، وتمتـاز هذه الأسطوانات بتساوى سرعة وقوة الدفع فى شوطي الذهاب والعودة لها .



الشكل ٢ ـ ٣

وفيما يلى رمز هذه الأسطوانة

ثانياً : الأسطوانات ذات المواضع المتعددة Multi Position cylinders

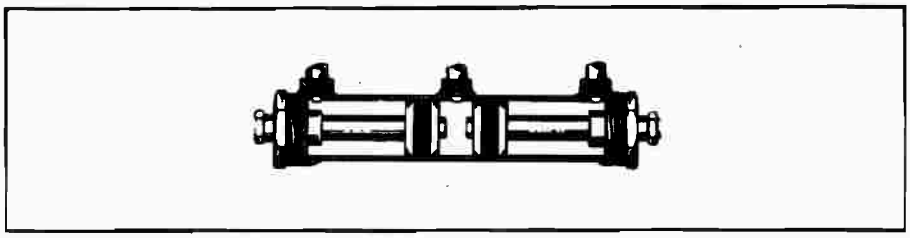
الشكل ٢ ـ ٤ يعرض قطاعاً فى أسطوانة بثلاثة مواضع ، حيث إن مواضع تشغيلها كالآتى :

الموضع الأول : تراجع ذراعى الأسطوانة للخلف .

الموضع الثانى : تقدم أحد الذراعين للأمام .

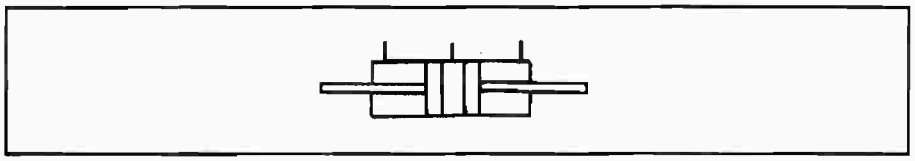
الموضع الثالث : تقدم الذراعين للأمام .

ويمكن الحصول على هذه المواضع الثلاثة : بتثبيت أحد ذراعى الأسطوانة ، فنحصل على هذه المواضع الثلاثة من الذراع الثانى للأسطوانة .



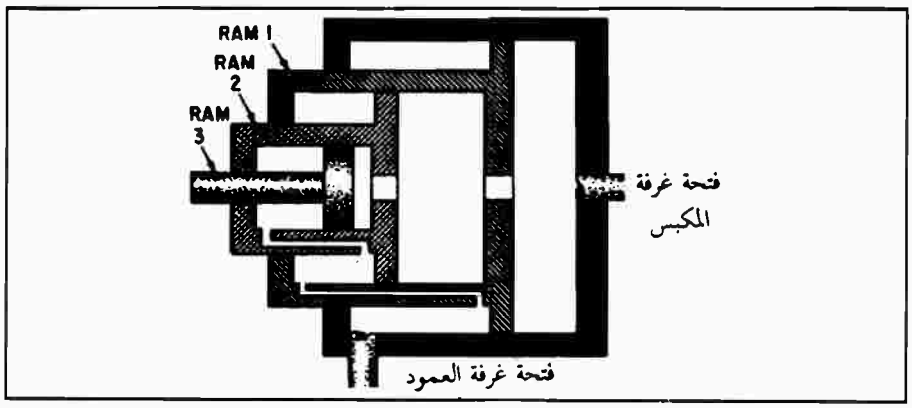
الشكل ٢ ـ ٤

وفيما يلى رمز الأسطوانة ذات الثلاثة مداخل وذراعى الدفع (الأسطوانة ذات الثلاثة مواضع) .



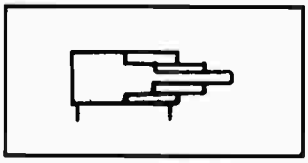
ثالثا: الأسطوانات التلسكوبية Telescoping type cylinders

الشكل ٢ ـ ٥ يعرض قطاعاً فى أسطوانة تلسكوبية بثلاثة مكابس متداخلة ، فعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة المكبس ، يتقدم المكبس 1 ثم 2 ثم 3 ، أما عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة العمود ، يتراجع المكبس 3 ثم 2 ثم 1 .وتستخدم هذه الأسطوانات للحصول على أشواط كبيرة .



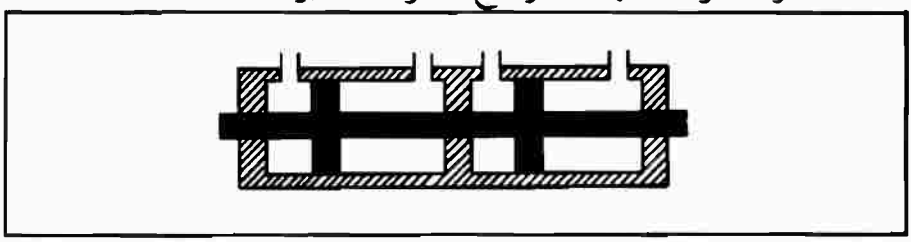
الشكل ٢ ـ ٥

فيما يلى رمز الأسطوانة التلسكوبية



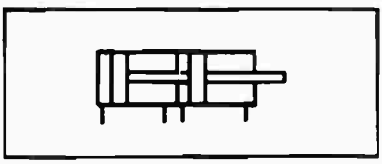
رابعاً : الأسطوانات ذات المكابس المتتالية Tandem actuating cylinders

الشكل ٢ ـ ٦ يعرض قطاعاً لأسطوانة ذات مكبسين متتاليين ، تحتوى الأسطوانة ذات المكابس المتتالية على مكبسين أو أكثر داخل الأسطوانة ، وتجزأ الأسطوانة داخلياً إلى عدد من الغرف يكافئ عدد المكابس الداخلية ، وتتميز هذه الأسطوانة بقوى دفعها الكبيرة مع أقطارها الصغيرة .



الشكل ٢ ـ ٦

وفيما يلى رمز أسطوانة ذات مكبسين متتاليين .



خامساً : الأسطوانات ذات الخمد Cushioned cylinders

الخمد هو تقليل سرعة الأسطوانة فى نهاية الشوط سواء فى شوط الذهاب

أو العودة أو كليهما ، وذلك لمنع تصادم مكبس الأسطوانة مع جسمها ، وهناك عدة أنواع للخمد كالآتى :

١ ـ خمد ثابت فى اتجاه الذهاب .

٢ ـ خمد ثابت فى اتجاه العودة .

٣ ـ خمد ثابت فى اتجاهى الذهاب والعودة .

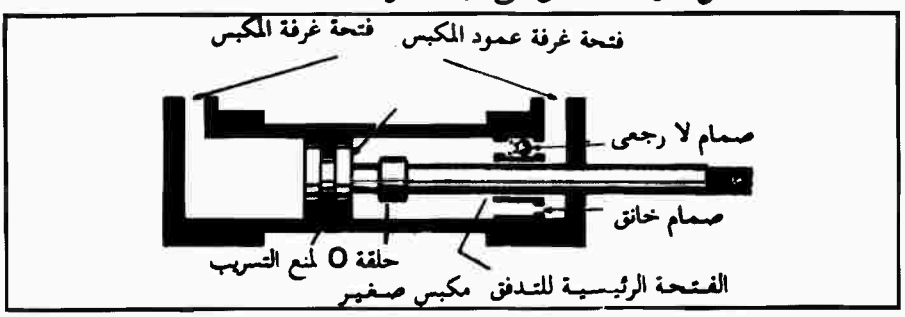
٤ ـ خمد متغير فى اتجاه الذهاب .

٥ ـ خمد متغير فى اتجاه العودة .

٦ ـ خمد متغير فى اتجاهى الذهاب والعودة .

ويعتمد نوع الخمد المطلوب على طبيعة أحمال الأسطوانة . والشكل ٢ ـ ٧ يعرض قطاعاً لأسطوانة ذات خمد ثابت فى اتجاه الذهاب ، ويتم ذلك باستخدام صمام لارجعى يسمح للهواء بالمرور فيه فى شوط العودة فقط ، وصمام لخنق الهواء .

وعند السماح للهواء المضغوط بالمرور فى فتحة غرفة المكبس ، يتقدم المكبس بسرعة ، وبمجرد دخول المكبس الصغير داخل مبيته ينغلق المبيت والذى يمثل الفتحة الرئيسية للتدفق فيمر الهواء المتبقى أمام المكبس من خلال الصمام الخانق ببطء فتقل سرعة المكبس فى نهاية شوط الذهاب .

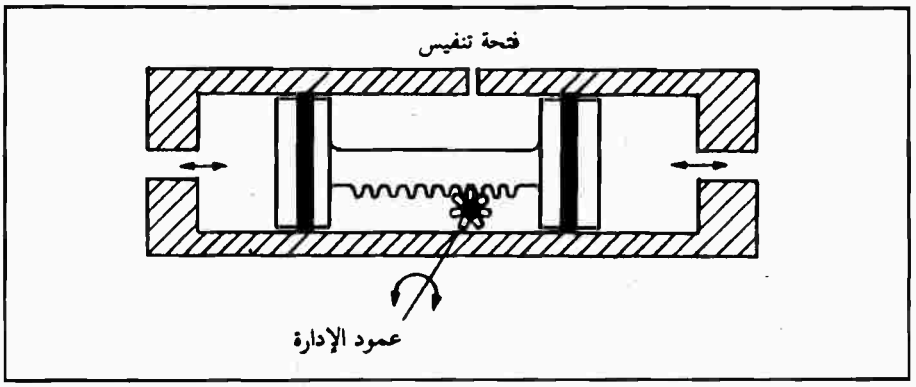


الشكل ٢ ـ ٧

وفيما يلى رمز أسطوانة ثنائية الفعل بخمد ثابت عند الذهاب.

سادساً : الأسطوانات الدوارة Rotary cylinders

وتصمم هذه الأسطوانات للحصول على حركة دورانية محدودة ، وتكون زاوية دوران أعمدة هذه الأسطوانات أقل من 360 ، وبالطبع هناك تصميمات مختلفة لهذه الأسطوانات وأحد هذه التصميمات موضح بالشكل ٢ ـ ٨ .



الشكل ٢ ـ ٨

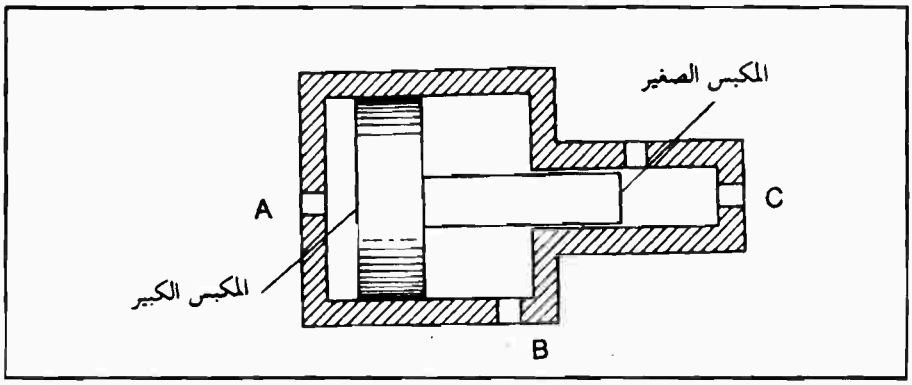
حيث تتكون هذه الأسطوانة من جريدة مسننة تصل مكبسين معاً داخل غلاف الأسطوانة ، وعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من أحد مدخلى الأسطوانة يتحرك المكبسين معاً ومعهما الجريدة المسننة فيدور ترس صغير معشق مع الجريدة المسننة ، وبذلك يمكن الحصول على حركة دورانية من عمود آخر مثبت مع الترس ، ويستمد اتجاه دوران الأسطوانة الدوارة على اتجاه التدفق وفيما يلى رمز الأسطوانة الدوارة .

سابعاً : أسطوانات تكبير الضغط : Intesifiers

الشكل ٢ ـ ٩ يعرض قطاعاً فى أسطوانة تكبير ضغط . فعند السماح للهواء المضغوط بالمرور من خلال فتحة غرفة المكبس الكبير يتحرك المكبس الكبير والصغير معاً للأمام ،وبذلك نحصل على ضغط كبير جداً للهواء الخارج من فتحة المكبس الصغير ويعين ضغطه من المعادلة :

$$P_2 = \frac{P_1.S_1}{S_2}$$

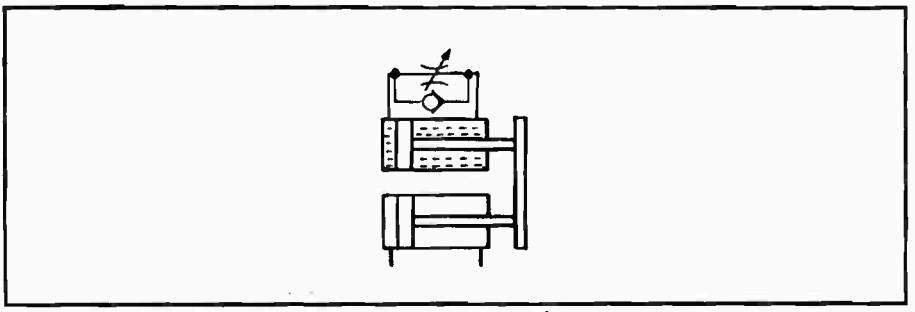
حيث إن S_1 هى مساحة المكبس الكبير ، P_1 هو ضغط الهواء المضغوط القادم من الضاغط ، S_2 هى مساحة المكبس الصغير ، وعادة تستخدم أسطوانات تكبير الضغط فى الاستخدامات التى تحتاج لضغط كبير جداً مع معدل تدفق صغير .



الشكل ٢ ـ ٩

وفيما يلى رمز أسطوانة تكبير الضغط .

وتستخدم هذه الأسطوانات فى آلات الورش للحصول على تغذية رأسية وأفقية كما هو الحال فى الفرايز والمقاشط ... إلخ ، بسرعة منخفضة جداً عند الذهاب، وسرعة عادية عند العودة ، وهى تتكون من أسطونتين ثنائيتى الفعل ، **إحداهما** هوائية ، **والثانية** هيدروليكية (مملوءة بالزيت) وتوصل فتحتى الأسطوانة الزيتية معاً من خلال صمام خانق لارجعى (سوف نتناوله فى الفقره ٢ ـ ٤ ـ ٣) حيث يقوم بخنق الزيت المار به فى اتجاه واحد . وفيما يلى رمز الأسطوانه الهيدروليكية النيوماتيكية تبعاً للمواصفات القياسية العالمية .



٢ ـ ١ ـ ٤ طرق تثبيت الأسطوانات الخطية :

يوجد عدة تصميمات لتثبيت الأسطوانات الخطية موضحة بالشكل ٢ ـ ١٠ وهم كالآتى :

١ ـ تثبيت بركائز أفقية (أ) .

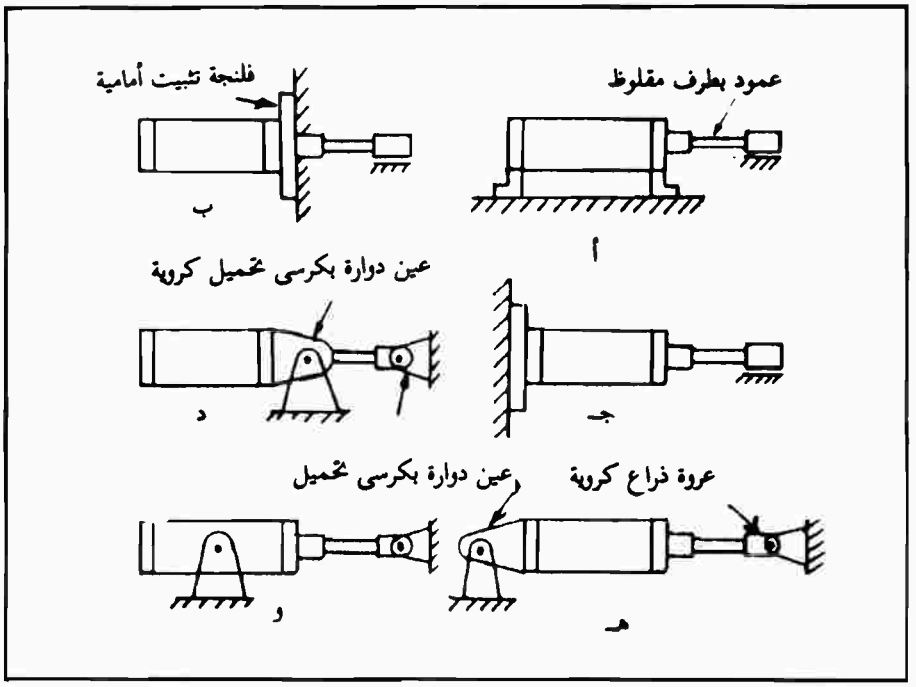
٢ ـ تثبيت بفلانجة أمامية (ب) .

٣ ـ تثبيت بفلانجة خلفية (ج) .

٤ ـ تثبيت بركيزة مفصلية أمامية (د) .

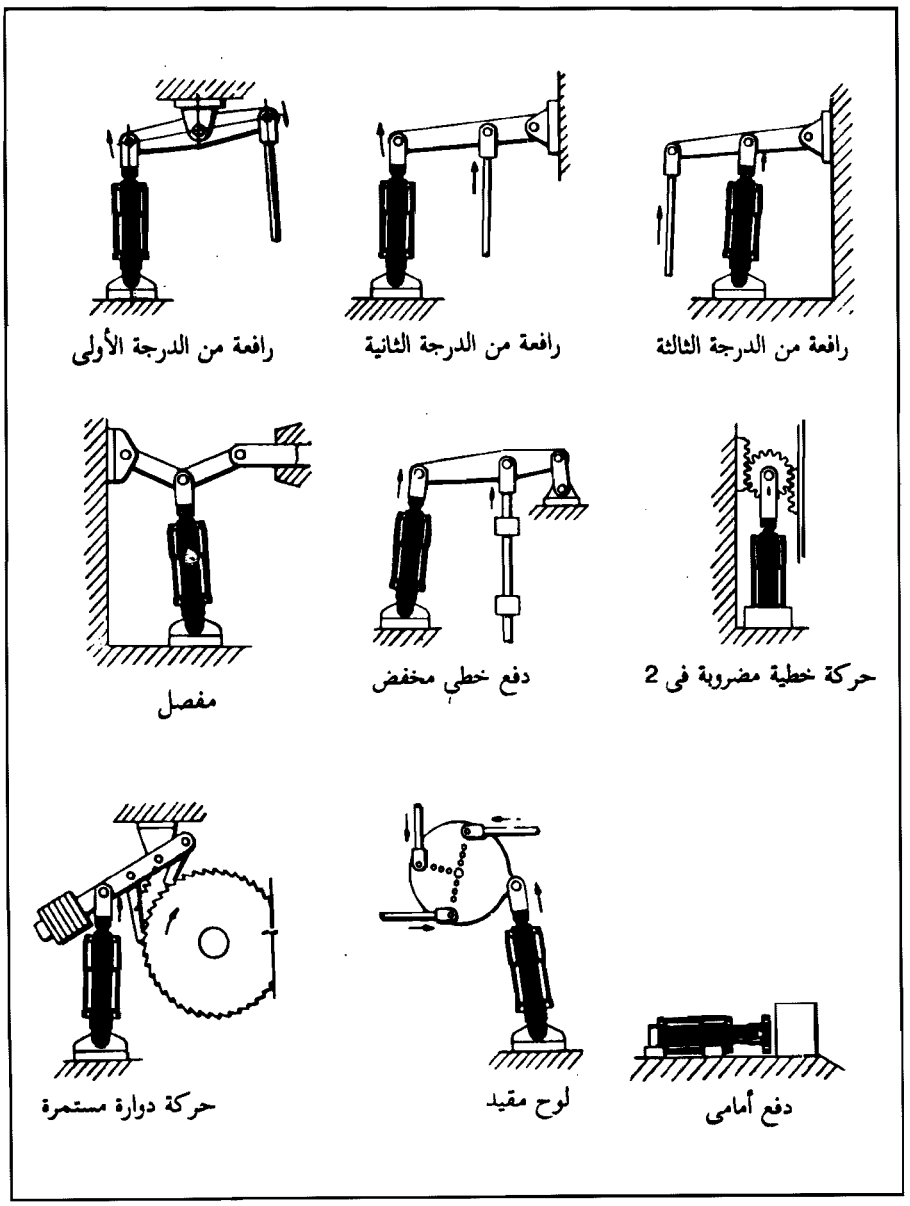
٥ ـ تثبيت بركيزة مفصلية خلفية (هـ)

٦ ـ تثبيت بركيزة مفصلية فى المنتصف (و) .



الشكل ٢ ـ ١٠

أما الشكل ٢ ـ ١١ فيستعرض بعض التطبيقات الخاصة بالأسطوانات الخطية:



الشكل ٢ ـ ١١

٢ ـ ٢ المحركات الهوائية Air motors

يفضل استخدام المحركات الهوائية عن المحركات الكهربية فى كثير من ميادين الصناعة خصوصاً القدرات الصغيرة والتى لا تتعدى 30HP للأسباب الآتية :

١ ـ سعرها صغير نسبياً .

٢ ـ تكاليف تشغليها منخفضة نسبياً .

٣ ـ أكثر أماناً ، خصوصاً من الأماكن الخطرة التى لا تتحمل حدوث شرر فيها .

٤ ـ لاتحتاج لحماية ضد زيادة الأحمال عليها وعزم بدئها كبير .

٥ ـ ذات أحجام وأوزان صغيرة نسبياً ويسهل صيانتها .

٦ ـ يمكن بسهولة جداً التحكم فى سرعاتها بالصمامات اللارجعية الخانقة (انظر الفقره ٢ ـ ٤ ـ ٣) .

٧ ـ تستخدم كبادئات لبعض محركات الديزل والتوربينات الغازية بدلاً من استخدام البطاريات .

وأكثر المحركات الهوائية انتشاراً هي :

١ ـ المحركات الهوائية الترددية Reciprocating air Motors

٢ ـ المحركات الهوائية الدوارة Rotary air Motors

والتي تنقسم إلى : ـ محركات ريشية Vane Motors

محركات ترسية Gear Motors

علماً بأن تركيب المحركات الهوائية لا يختلف عن تركيب الضواغط

فالمحركات الهوائية تغذى بالهواء المضغوط للحصول على حركة دورانية ، أما الضواغط فتدار للحصول على هواء مضغوط .

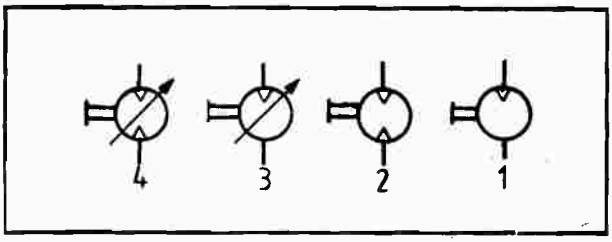
وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة من المحركات الهوائية وهي كالآتي :

محرك هوائي بسرعة ثابتة يدور في اتجاه واحد (رمز 1) .

محرك هوائي بسرعة ثابتة ويدور في اتجاهين (رمز 2) .

محرك هوائي بسرعة متغيرة ويدور في اتجاه واحد (رمز 3) .

محرك هوائي بسرعة متغيرة ويدور في اتجاهين (رمز 4) .



والجدول ٢-١ يعرض مقارنة بين خواص أهم أنواع المحركات الهوائية :

الجدول ٢-١

نوع المحرك	السرعة بدون حمل RPM	السرعة عند التحميل RPM	عزم البدء	القدرة
ترددي	تصل إلى 2000	600 : 1500	عالٍ	0.7 : 25 HP
دوار بريش	تصل إلى 20000	7 : 15000	منخفض جداً	0.1 : 20 HP
ترسي	تصل إلى 3000	1500 : 2000	منخفض	1 : 20 HP

٢-٣ الصمامات الاتجاهية Directional Valves :

تقوم الصمامات الاتجاهية بتوجيه الهواء المضغوط عند الوقت اللازم بالطريقة التي تسمح بتشغيل أو إيقاف عناصر الفعل الهوائية (أسطوانات ومحركات) ، مثل : دوران محرك هوائي جهة اليمين ، أو جهة اليسار ، وحركة أسطوانة للأمام أو الخلف وهكذا .

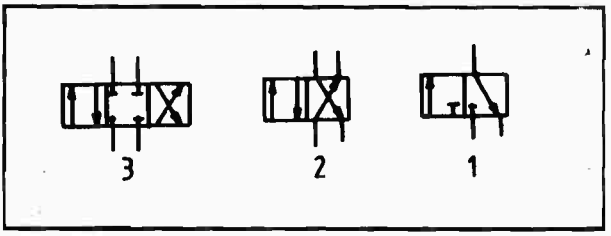
ويتم تسمية الصمام الاتجاهي تبعاً لعدد فتحاته (بدون أخذ فتحات التحكم في الاعتبار) وكذلك تبعاً لعدد مواضع التشغيل ، ويمكن تقسيم الصمامات الاتجاهية حسب قدرة التشغيل إلى :

أ ـ صمامات القدرة .

ب ـ صمامات التحكم .

ويتشابه النوعان في نظرية عملهما ، ولكن الاختلاف فقط في طبيعة الاستخدام ، فصمامات القدرة تستخدم في التحكم في حركة الأسطوانات والمحركات . أما صمامات التحكم الاتجاهية فتستخدم لإجراء بعض الوظائف الثانوية ستتضح في التمارين الموجودة بالباب الثالث فيما بعد . وعادة يرمز لكل صمام اتجاهي بمستطيل مقسم إلى عدد من المربعات، كل مربع يسمى وضع تشغيل ، ويوضع على المحيط الخارجي لكل وضع تشغيل (مربع) الفتحات الخاصة بالصمام ، ثم تحدد مسارات التدفق في كل وضع بمجموعة من الأسهم تدل على اتجاه التدفق وتستخدم أحرف T للإشارة على أن الفتحة مغلقة، ولا يمر الهواء المضغوط فيها . وعادة توصل خطوط رأسية بفتحات الصمام في الوضع الابتدائي (وهو الوضع الذي يكون عليه الصمام بدون وصول إشارة تشغيل للصمام) ، وهذه الخطوط تمثل خطوط التوصيل مع

الصمام ويسمى الوضع الابتدائي في بعض الأحيان بوضع التعادل . وفيما يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات الاتجاهية .



فالرمز 1 لصمام بوضعين للتشغيل ، وثلاث فتحات ، ويسمى صمام 3/2 .

والرمز 2 لصمام بوضعين للتشغيل وأربع فتحات ، ويسمى صمام 4/2 .

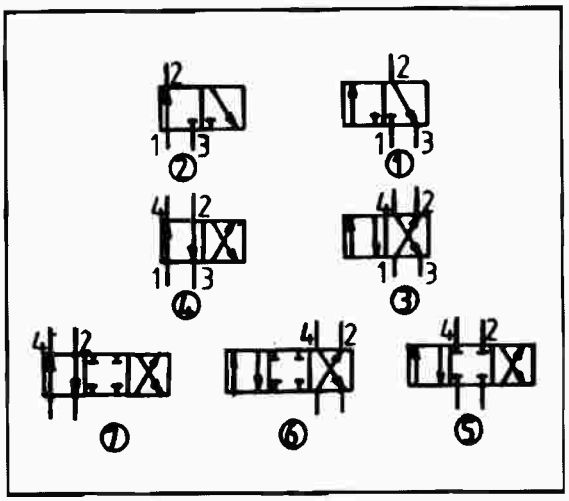
والرمز 3 لصمام بثلاثة مواضع تشغيل وأربع فتحات ، ويسمى صمام 4/3 .

وهناك طريقتان لترقيم فتحات الصمامات الاتجاهية ، إما باستخدام رموز حرفية (طريقة قديمة) ، أو باستخدام رموز عددية (طريقة حديثة) والجدول ٢-٢ يعرض الرموز المستخدمة في هذه الطرق :

الجدول (٢-٢)

وظيفة الوصلة	الترقيم الحرفي	الترقيم العددي
وصلات الأسطوانات	A.B.C. - - -	2.4.6. - - -
وصلة مصدرالهواء	P	1
وصلة التصريف	R.S.T. - - - W	3.5.7.9. - - -
وصلات التحكم	X.Y.Z	12.14.16

وفيما يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات في الوضع الطبيعي وأوضاع التشغيل مستخدماً الطريقة الحديثة في الترقيم .



أولاً : الصمام الاتجاهي 3/2 : الرمز 1 لصمام اتجاهي 3/2 يعمل على الوضع الأيمن ، وفيه الفتحة 1 مغلقة والمسار 3 → 2 مفتوح .

والرمز 2 لصمام اتجاهي 3/2 يعمل على الوضع الأيسر ، وفيه الفتحة 3 مغلقة، والمسار 2 → 1 مفتوح .

ثانياً : الصمام الاتجاهي 4/2 : الرمز 3 لصمام اتجاهي 4/2 يعمل على الوضع الأيمن ، وفيه المسارات 2 → 1 ، 3 → 4 مفتوحة والرمز 4 لصمام في وضع التشغيل الأيسر وفيه المسارات 4 → 1 ، 3 → 2 مفتوحة .

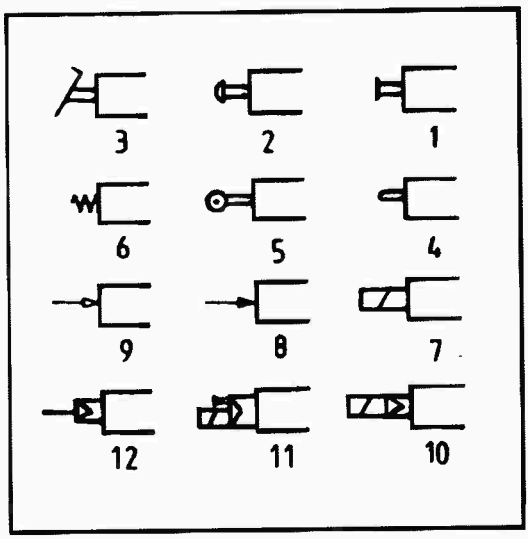
ثالثاً : الصمام الاتجاهي 4/3 : الرمز 5 لصمام اتجاهي 4/3 يعمل على الوضع المركزي (التعادل) وفيه جميع فتحات الصمام 1,2,3,4 مغلقة

والرمز 6 لصمام في وضع التشغيل الأيمن ، ومسارات التدفق فيه 2 → 1 ، 3 → 4 .

والرمـز 7 لصمام في وضع التشغيل الأيسـر ومسارات التدفق فيه 3 ← 2 ، 4 ← 1 .

وعـادة يوضع على جـانبي المسـتطيل المعبـر عن الصـمـام وسـائل تشـغـيل الصمام. وفيما يلي رموز الوسائل المختلفة لتشغيل ورجوع الصمامات لأوضاعها الابتدائية تبعاً للمواصفات العالمية وهي كما يلي :

- تشغيل الصمام بذراع يدوي (الرمز 1) .
- تشغيل الصمام بضاغط يدوي (الرمز 2) .
- تشغيل الصمام ببدال يعمل بالقدم(الرمز 3) .
- تشغيل الصمام بخابور ليعمل كنهاية مشوار (الرمز 4) .
- تشغيل الصمام ببكرة دفع ليعمل كنهاية مشوار (الرمز 5) .
- عودة الصمام للوضع الابتدائي (التعادل)بياي (الرمز 6) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي (الرمز 7) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هيدروليكية (الرمز 8) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هوائية (الرمز 9) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي سابق التحكم (الرمز 10) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي سابق التحكم ووسيلة يدوية (الرمز 11).
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط سابقة التحكم (الرمز 12) .



وتنقسم الصمامات الاتجاهية حسب تصميمها إلى :

أ ـ صمامات اتجاهية قفازة Poppet Valves

ب ـ صمامات اتجاهية منزلقة Sliding Spool Valves

جـ ـ صمامات اتجاهية منزلقة ـ قفازة Piston - Poppet Valves

٢-٣-١ الصمامات الاتجاهية القفازة Poppet Valves

تفضل الصمامات الاتجاهية القفازة في الدوائر ذات التدفقات الكبيرة ، وعادة فإن الصمامات القفازة تكون صمامات 2/2 أو 3/2 . ولبناء صمام قفاز 4/2 مثلاً ، يستخدم صمامان قفازان كلاً منهما 3/2 ، ويتم ذلك عند التصنيع وفيما يلي أهم مميزات الصمامات القفازة :

١ ـ سرعة عالية للفتح والغلق .

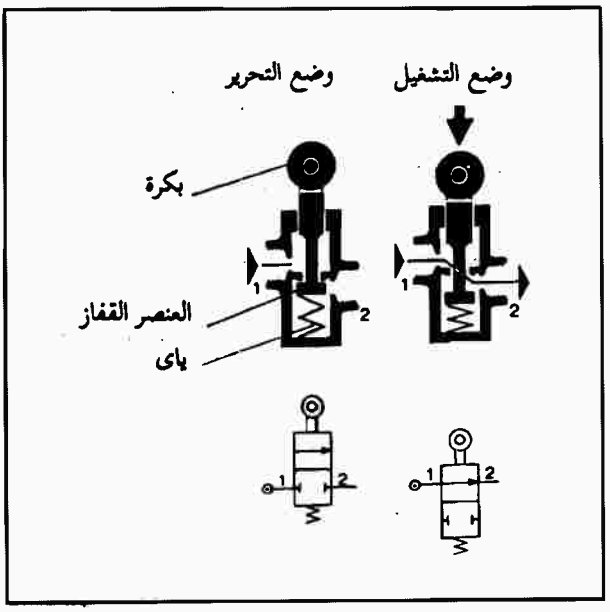
٢ ـ عمرها طويل والتآكل فيها قليل .

٣ ـ لا يحدث فيها تسربات تؤدي لضياع القدرة النيوماتيكية .

٤ ـ لا تحتاج لتزييت .

لكن يعاب على الصمامات القفازة كبر حجمها وعدم تنوع تصميماتها ، ويرجع ذلك لطبيعة تصميم هذه الصمامات .

والشكل ٢-١٢ يعرض قطاعين لصمام 2/2 قفاز يعمل كمفتاح نهاية مشوار ببكرة ، **الأول** في وضع التحرير . **والثاني في** وضع التشغيل وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .



الشكل ٢-١٢

ففي وضع التحرير أي عندما تكون بكرة الصمام غير متعرضة لدفع خارجي، فإن العنصر القفاز يكون مرتكزاً على فتحة مرور الهواء داخل الصمام بفعل قوة دفع الياي ، وبالتالي ينقطع مرور الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 وفي وضع التشغيل أي عند دفع بكرة الصمام نتيجة لمرور كامة

متحركة مثلاً، فإن العنصر القفاز سيتحرك ضد قوة دفع الياي مبتعداً عن فتحة مرور الهواء داخل الصمام ، ويمر الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 .

٢-٣-٢ الصمامات الاتجاهية المنزلقة Sliding Spool Valves :

إن أكثر الصمامات الاتجاهية المستخدمة هي صمامات منزلقة . ويمكن تقسيم الصمامات الاتجاهية المنزلقة إلى :

١ ـ النوع الخطي ويطلق عليه الصمام ذي المكبس Piston Valve .

٢ ـ النوع الدوار ويطلق عليه الصمام ذي القرص Disc Valve .

ويمكن القول بأن النوع الخطي هو الأكثر انتشاراً لمميزاته التالية :

١ ـ بساطة التصميم .

٢ ـ قلة التسربات .

٣ ـ تعدد وسائل التحكم (التشغيل) المستخدمة معها .

٤ ـ صغر القوى اللازمة لتشغيلها .

ويعاب على الصمامات المنزلقة بصفة عامة حدوث تسربات عند الأوضاع التي بها فتحات مغلقة وذلك نتيجة للخلوصات الموجودة بين العنصر المنزلق وجسم الصمام ، والتي تصل إلى 5 : 15 μm ، علماً بأنه قد عملت تصميمات بوسائل إحكام كافية لمنع التسربات يطلق عليها Packed Spool .

وفي الشكل ٢-١٣ قطاعان لصمام 5/2 بضاغط وياي من النوع الخطي .

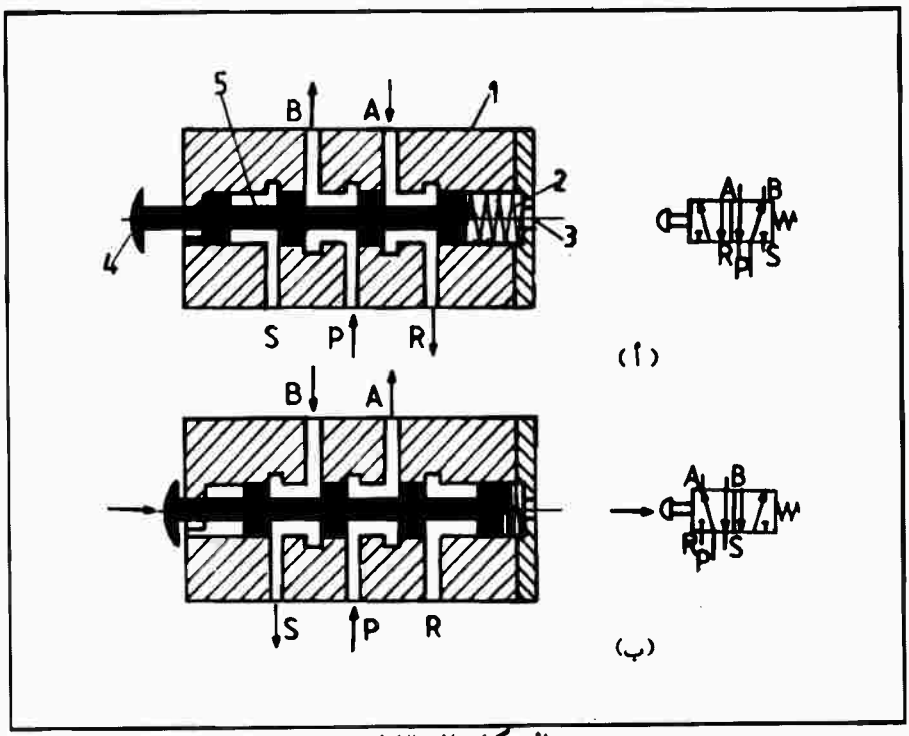
القطاع الأول في وضع التحرير (الوضع الابتدائي) (الشكل أ) .

والقطاع الثاني في وضع التشغيل (الوضع الثانوي) (الشكل ب) ، وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .

حيث إن :

جسم الصمام	1
يای إرجاع العنصر المنزلق	2
فتحة تنفيس	3
ضاغط التشغيل	4
العنصر المنزلق	5

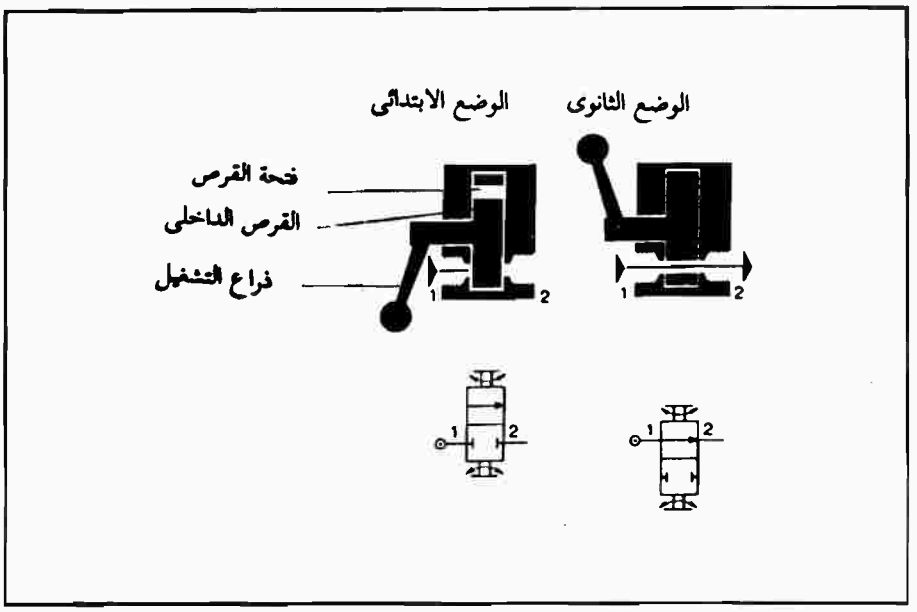
ففي الشكل أ تكون مسارات الهواء المضغوط P ← B ، P ← A ، وتكون الفتحة s مغلقة وفي الشكل ب تكون مسارات الهواء المضغوط P ← A ، s ← B وتكون الفتحة R مغلقة .



الشكل ٢-١٣

أما الشكل ٢-١٤ فيعرض قطاعين لصمام من النوع الدوار .

القطاع الأول فى الوضع الابتدائي . **والقطاع الثاني في الوضع** الثانوي ، وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .



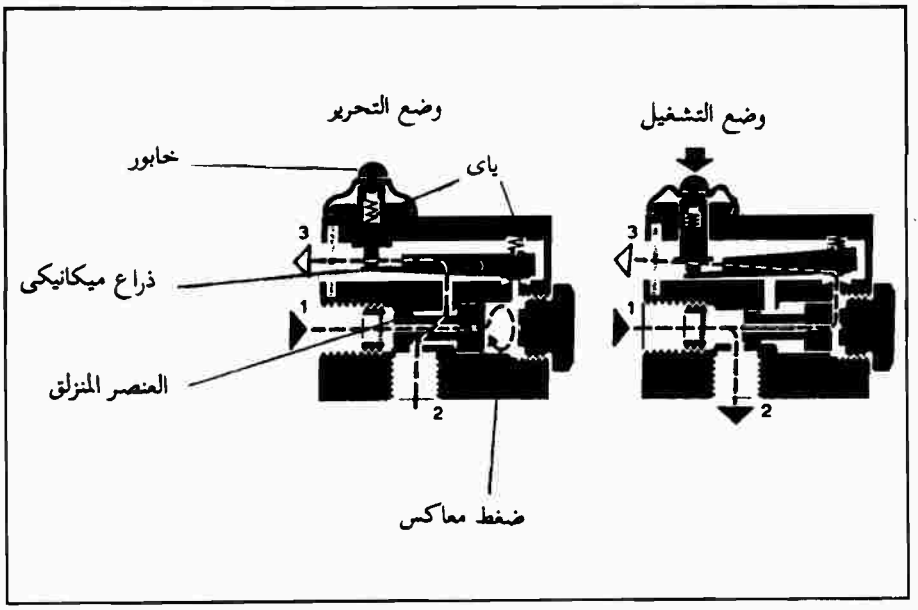
الشكل ٢-١٤

فعند إدارة ذراع تشغيل الصمام يدور القرص الداخلي للصمام فتصبح فتحة القرص في مقابلة الفتحة 1 ، والفتحة 2 ، فيتدفق الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 وهذا يمثل الوضع الابتدائي . وعند إدارة الذراع الدوار في الاتجاه المعاكس يعود الصمام للوضع الابتدائي ، حيث يتغير وضع فتحة القرص فتبتعد عن فتحتي الصمام 2 و 1 ، فينقطع تدفق الهواء في الصمام . والجدير بالذكر إنه يمكن التحكم في تدفق الهواء المار في الصمام المنزلق ذي القرص بإدارة ذراع تشغيل الصمام ، بحيث يفتح مسار الهواء جزئياً

٢-٣-٣ الصمامات الاتجاهية المنزلقة ـ القفازة

من المعروف أنه كلما ازداد حجم الصمام الاتجاهي المنزلق ازدادت القوة اللازمة لتحريك العنصر المنزلق للصمام ، لذلك فإن الصمامات الاتجاهية كبيرة الحجم تكون بتحكم مسبق Pilot Operated ، حيث إن الصمامات الاتجاهية سابقة التحكم تتكون داخلياً من صمامين . **أحدهما** صمام إشارة Pilot Valve ويكون من النوع القفاز **والثاني** الصمام الرئيس Main Valve ويكون من النوع المنزلق .

والشكل ٢-١٥ يعرض قطاعين لصمام 3/2 من النوع المنزلق القفاز يعمل كمفتاح نهاية مشوار . **الأول** في وضع التحرير ، **والثاني في** وضع التشغيل .



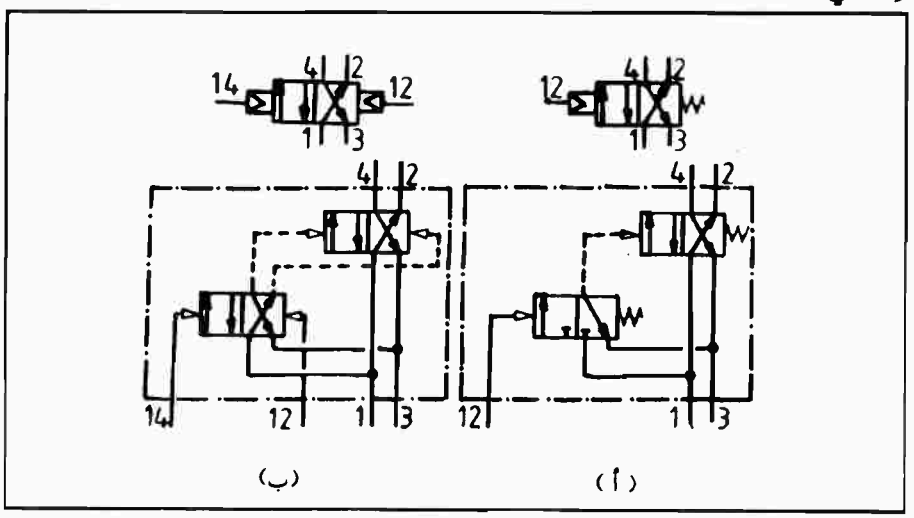
الشكل ٢-١٥

ففي وضع التحرير يكون خابور التشغيل Plunger محرر أي غير متعرض لقوة

دفع ، وبالتالي يتدفق الهواء المضغوط من الفتحة 1 خلال مسار ضيق في العنصر المنزلق ، فيتكون ضغط معاكس في الجانب الأيمن للعنصر المنزلق يعمل على ثبات العنصر المنزلق في الجانب الأيسر للصمام ، وهذا يحدث اتصال بين الفتحتين 2/3 .

وفي وضع التشغيل أي عندما يكون خابور التشغيل واقعاً تحت قوة دفع خارجية يفتح المسار المشكل في الذراع الميكانيكي المرتكز على الياي ، فيمر الهواء المحتجز في الجانب الأيسر للعنصر المنزلق عبر هذا المسار ، فينخفض الضغط المعاكس للعنصر المنزلق ، ويتحرك العنصر المنزلق بفعل ضغط الهواء الموجود بالفتحة A للجانب الأيمن ، ويحدث اتصال بين الفتحتين 2 و 1 .

وفيما يلي الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بإشارة ضغط وياي (الرمز 1) ، وكذلك الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بإشارتي ضغط (الرمز 2) .



ويلاحظ أنه لتمييز الصمامات سابقة التحكم يضاف لرمزها مستطيل يحتوي على مثلث مفرغ بعد وسيلة التشغيل ، سواء كانت إشارة ضغط أو ضاغط يدوى ، أو خابور ، أو بكرة.... إلخ .

٢-٤ الصمامات اللارجعية،والصمامات الخانقة، ومخفضات الصوت

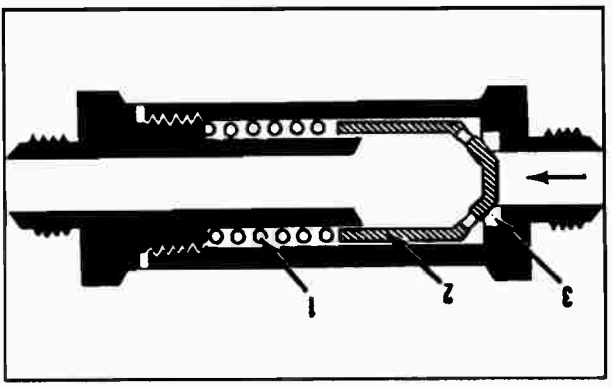
تقوم الصمامات اللارجعية بالسماح للهواء المضغوط بالمرور في اتجاه واحد فقط ، بينما تقوم الصمامات الخانقة بالتحكم في معدل تدفق الهواء المضغوط. وتستخدم عادة للتحكم في سرعة عناصر الفعل النيوماتيكية (أسطوانات ـ محركات هوائية) . أما مخفضات الصوت فتقوم بخفض صوت خروج هواء العادم ، وبالتالي تقلل من الضوضاء المصاحبة لتشغيل الدوائر النيوماتيكية . وفي الفقرات القادمة سنتناول الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة . ومخفضات صوت العادم بمزيد من التفصيل .

٢-٤-١ الصمامات اللارجعية Check Valves

وتقوم هذه الصمامات بالسماح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه واحد ، وتمنع سريانه في الاتجاه الآخر . وهناك نوعان أساسيان من هذه الصمامات وهما كالآتي :

١ـ صمام لارجعي بياي يسمح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه واحد فقط :

والشكل ٢-١٦ يعرض قطاعاً لأحد التصميمات المستخدمة لهذا النوع حيث إن



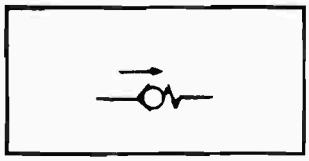
1 ياي الإرجاع

2 مخروط

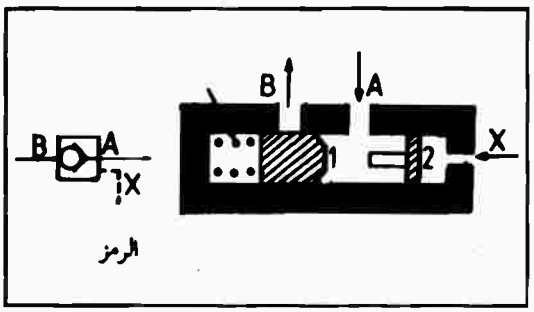
3 قاعدة الصمام

الشكل ٢-١٦

وفيما يلي رمز الصمام اللارجعي ذي الياي



٢ ـ صمام لارجعي بإشارة تحكم : والشكل ٢-١٧ يعرض قطاعاً في صمام لارجعي بإشارة تحكم ورمزه . فعند دخول الهواء المضغوط من الفتحة (A) 1 يدفع مكبس الصمام ليخرج من الفتحة 2 ، أما عند دخول الهواء المضغوط من الفتحة (B) 2 فلن يتمكن من الخروج من الفتحة (A) 1 إلا عند وصول إشارة ضغط هوائية من الفتحة (X) 12 ، حيث يندفع المكبس المساعد دافعاً معه مكبس الصمام .



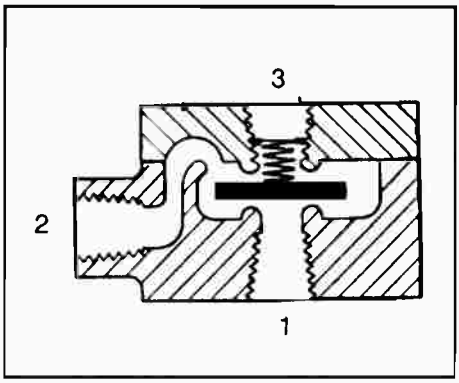
الشكل ٢-١٧

٣ـ صمام تصريف الهواء السريع Quick exhaust Valve :

ويقوم هذا الصمام بتقصير مسار الهواء العادم (الفائض) من الأسطوانات بالمرور فيه بدلاً من المرور في الصمامات الاتجاهية من أجل زيادة سرعة الأسطوانات ، وهو يتكون من صمامين لارجعيين ، أحدهما عادي والآخر يعمل بإشارة تحكم موصلين معاً . وفى الشكل ٢-١٨ قطاع لصمام تصريف هواء سريع.

فعند مرور الهواء المضغوط من الفتحة 1 ، يندفع قرص الصمام لأعلى ، ليخرج الهواء المضغوط من الفتحة 2 ، ولكن عند مرور الهواء المضغوط من الفتحة 2، يدفع قرص الصمام لأسفل ليخرج من الفتحة 3 .

وفيما يلي رمز صمام التصريف السريع :

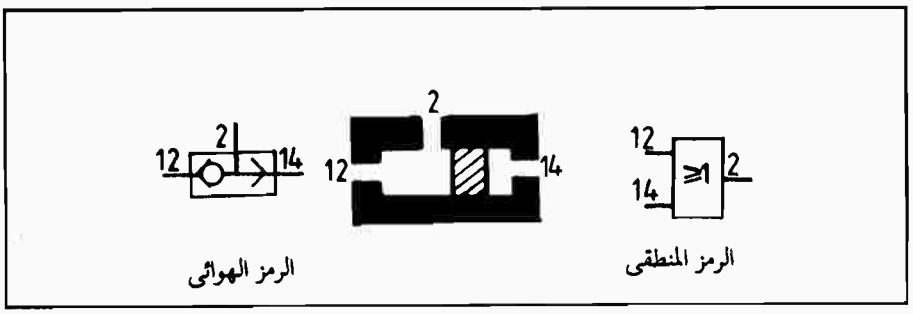


الشكل ٢-١٨

٤ـ الصمام الترددي (بوابة أو) Shuttle Valve

ويتكون هذا الصمام من صمامين لارجعيين عاديين . والشكل ٢-١٩ يعرض قطاعاً في صمام ترددي والرمز المنطقي المكافئ ورمزه الهوائي .

فعند وصول إشارة هوائية للمدخل 12 أو المدخل 14 أو كليهما معاً ، تخرج إشاره ضغط هوائية من المخرج 2 .



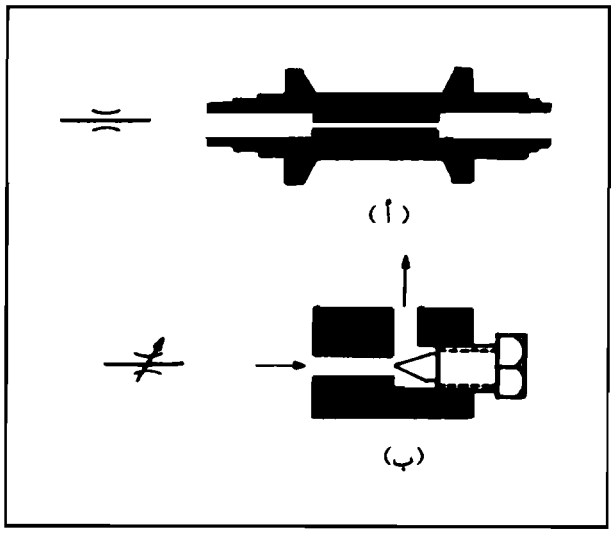
الشكل ٢-١٩

٢-٤-٢ الصمامات الخانقة Restrictor Valves

وتقوم هذه الصمامات بتقليل معدل تدفق الهواء ، وتستخدم هذه الصمامات للتحكم في سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية . وهناك نوعان أساسيان من الصمامات الخانقة موضحة بالشكل ٢-٢٠ وهما كالآتي :

١ ـ صمام بخنق ثابت ، وهو يقوم بخنق الهواء بقيمة ثابتة تعتمد على تصميمه ، ويستخدم في تقليل سرعة الأسطوانات (الشكل أ) .

٢ ـ صمام خانق بخنق قابل المعايرة بوسيلة يدوية ويستخدم أيضاً في تقليل سرعة الأسطوانات بمعدلات مختلفة تعتمد على ضبطه (الشكل ب) .



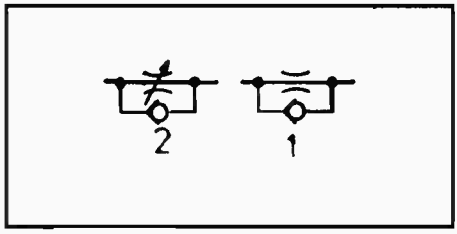
الشكل ٢-٢٠

٢-٤-٣ الصمامات الخانقة اللارجعية Restrictor Check Valves :

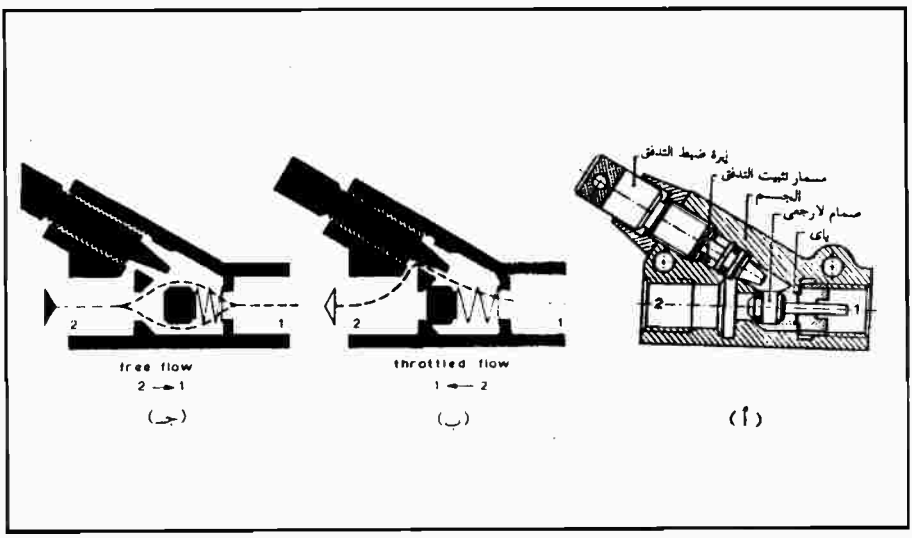
تقوم هذه الصمامات بخنق تدفق الهواء المضغوط في اتجاه واحد فقط ، وتستخدم لتقليل سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية في اتجاه واحد فقط . وفيما يلي رموز هذه الصمامات الخانقة اللارجعية :

الرمز 1 لصمام خانق لارجعي ثابت الخنق .

الرمز 2 لصمام خانق لارجعي قابل المعايرة .



والشكل ٢-٢١ يعرض ثلاثة قطاعات لصمام خانق لارجعي قابل المعايرة . فالشكل أ يعرض قطاعاً لصمام خانق لارجعي قابل المعايرة يوضح تركيبه . والشكل ب يعرض قطاعاً لصمام خانق لارجعي يعمل على خنق تدفق الهواء المار من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 . والشكل جـ يعرض قطاعاً لصمام خانق لارجعي يعمل على إمرار الهواء المضغوط بدون إعاقة عند المرور من الفتحة 2 للفتحة 1 .



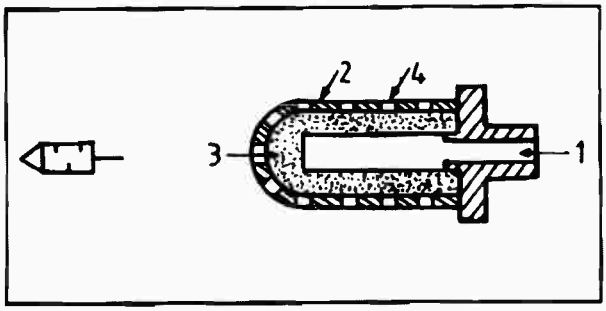
الشكل ٢-٢١

ومن ذلك يتضح لنا أن الصمام الخانق اللارجعي يعمل كما لو كان صمام لارجعي موصل بالتوازي مع صمام خانق كما هو واضح من رمزه .

٢-٤-٤ مخفضات صوت العادم Silencers

تقوم مخفضات صوت العادم بتقليل سرعة هواء العادم (والذي يخرج من الصمامات الاتجاهية من فتحات التصريف 3, 5) ، وبالتالي ينخفض صوت الضوضاء المصاحب لخروج هواء العادم .

والشكل ٢-٢٢ يعرض قطاعاً لمخفض صوت العادم ورمزه .



الشكل ٢-٢٢

وفيما يلي محتويات هذا الشكل

فتحة دخول هواء العادم	1
غطاء مثقب	2
مواد خفض الصوت	3
فتحات خروج هواء العادم	4

ويراعى عند استخدام مخفضات صوت العادم ما يلي :

١ ـ استخدام مخفضات صوت العادم ذات الحجم المناسب بحيث لا يعيق

حركة الهواء الفائض بالدرجة التي تؤثر على سرعة عنصر الفعل (أسطوانة ـ محرك) .

٢ ـ التأكد من عدم انسداد ثقوب مخفض صوت العادم بالزيت والأجسام الغريبة .

٣ ـ استخدام مخفض صوت العادم المناسب لتقليل الضوضاء بالحد المسموح به .

٢-٥ صمامات التحكم في الضغط Pressure Control Valves

هناك أنواع متعددة من صمامات التحكم في الضغط وهي كما يلي :

١ ـ صمامات الأمان (تصريف الضغط) Relief Valves

وتقوم هذه الصمامات بتحديد القيمة العظمى للضغط ، وتستخدم عادة في خزانات الهواء المضغوط لمنع زيادة الضغط داخل الخزان لحدود غير آمنة .

٢ ـ الصمامات التتابعية Sequence Valves

وتقوم هذه الصمامات بالسماح لمرور الهواء المضغوط عند وصول قيمة ضغطه للحد المعاير عليه هذه الصمامات ، علماً بأن الصمامات التتابعية تتشابه مع صمامات تصريف الضغط في التصميم .

٣ ـ صمامات تنظيم الضغط Pressure Regulators

وتقوم هذه الصمامات بتقليل الضغط للحد المطلوب . ويوجد نوعان من صمامات تنظيم الضغط وهما :

أ ـ صمام تنظيم الضغط بدون فتحة تصريف ، ويقوم هذا الصمام بتقليل الضغط عند الحمل (أسطوانة ـ أو محرك) وذلك بقطع تدفق الهواء المضغوط

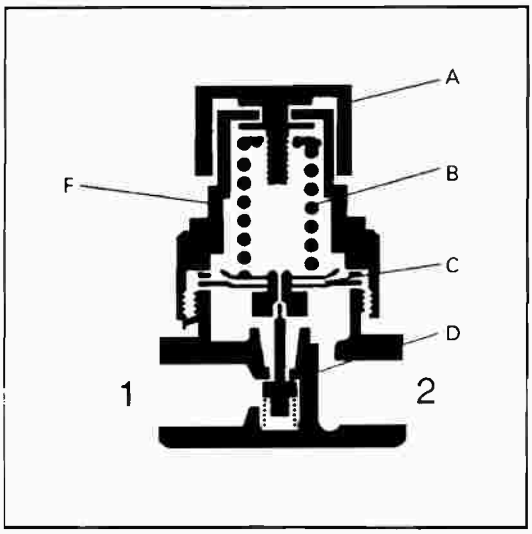
عن الحمل إذا زاد الضغط عنده بقيمة أكبر من القيمة المعاير عليها الصمام .

ب ـ صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف . وفكرة عمل هذا الصمام أنه عند زيادة الضغط عند الحمل إلى قيمة أكبر من المعاير عليها الصمام ، يقوم الصمام بالسماح بتصريف الضغط الزائد عند الحمل إلى الهواء الجوي ، وبذلك يحدث استقرار للضغط عند الحمل مهما اختلفت الأحمال .

والشكل ٢-٢٣ يعرض قطاعاً في صمام تنظيم الضغط من النوع ذي الغشاء Diaphragm - Controlled وبدون فتحة تصريف .

فكرة عمل صمام تنظيم الضغط ذي الغشاء :

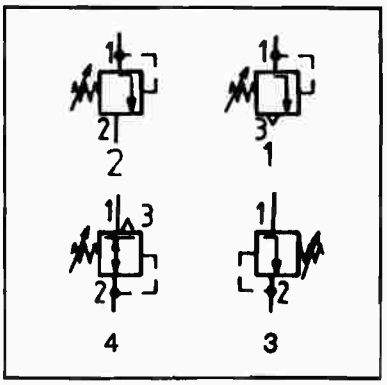
يتم ضبط الصمام عند الضغط المطلوب بواسطة اليد A، حيث تدار في اتجاه لزيادة الضغط المعاير عليه الصمام ، وتدار في الاتجاه المعاكس لتقليل الضغط . وعند إدارة اليد A في أحد الاتجاهين يتعدل وضع الياي B للوصول للضغط المطلوب والذي يعرف بواسطة عداد الضغط المرافق لاستخدام صمام تنظيم الضغط ، وفي نفس الوقت تنتقل قوة دفع الياي من خلال الغشاء المطاط C إلى الصمام D مؤدية إلى فتحة بالحد الذي يسمح بالحفاظ على الضغط المطلوب .



الشكل ٢-٢٣

ويمر الهواء من 2 ← 1 ، وعند زيادة الضغط عند المخرج نتيجة لنقصان الأحمال مثلاً تزداد القوة المؤثرة أسفل الغشاء المطاط ، فينبعج الغشاء المطاط c لأعلى دافعاً معه الياي B وصولاً لوضع اتزان جديد ، فيتغير وضع الصمام D بالوضع الذي يسمح بالمحافظة على الضغط عند الفتحة 2 عند الضغط المعاير عليه الصمام .

وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة لصمامات التحكم في الضغط . فالرمز 1 لصمام أمان . والرمز 2 لصمام تتابعي . والرمز 3 لصمام تنظيم ضغط بدون فتحة تصريف . والرمز 4 لصمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف. وصمام الأمان يمرر الهواء في المسار 3 ← 1 فقط ، عندما يصل الضغط عند الفتحة 1 للضغط المعاير عليه الصمام . والصمام التتابعي يمرر الهواء في المسار 1 ← 2 فقط ، عندما يصل الضغط عند الفتحة 1 للضغط المعاير عليه الصمام . وصمام تنظيم الضغط بدون فتحة التصريف يمرر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 في الوضع المعتاد مع تقليل الضغط عند الفتحة 2 بمقدار يعتمد على معايرته، وإذا زاد الضغط عند الفتحة 2 عن القيمة المعاير عليها الصمام ، يقوم الصمام بقطع مرور الهواء المضغوط . أما صمام تنظيم الضغط بفتحة التصريف ، فيمر الهواء المضغوط فى المسار 2 ← 1 مع خفض الضغط عند الفتحة 2 بمقدار يعتمد على معا ـه ، وإذا زاد الضغط عند الفتحة 2 عن القيمة المعاير عليها الصمام ، يقوم الصمام بتصريف الضغط الزائد إلى الهواء الجوى عبر المسار 2 ← 3 .



ومما سبق نستنتج أن :

1 مدخل الهواء المضغوط .

2 مخرج الهواء المضغوط للأحمال .

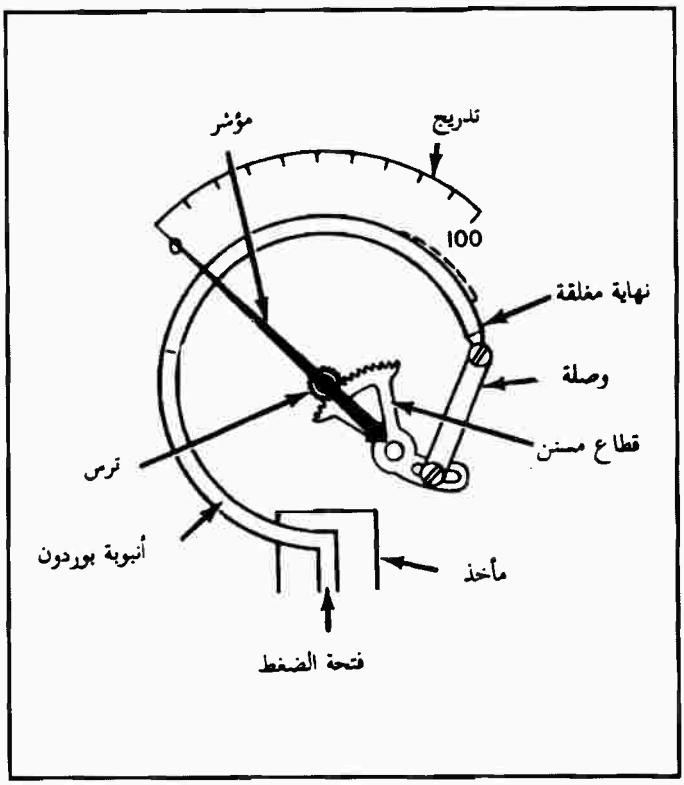
3 فتحة تصريف الهواء المضغوط للغلاف الجوى .

٢ ـ ٦ أجهزة قياس الضغط Pressure Gauges

فى الماضى كان جهاز قياس الضغط يسمى مانوميتر . وفى الشكل ٢ ـ ٢٤ مخطط توضيحى لأحد أجهزة قياس الضغط المعروفة باسم أجهزة بوردون نسبة للمهندس الفرنسى Eugene Bourdon الذى اخترعها .

نظرية عمل الجهاز :

عند اندفاع الهواء المضغوط داخل الأنبوبة الزنبركية (أنبوبة بوردون) ، تتمدد الأنبوبة ويعتمد معدل تمدد الأنبوبة على مقدار ضغط الهواء وتنتقل الحركة إلى المؤشر عن طريق رافعة وقوس مسنن وترس



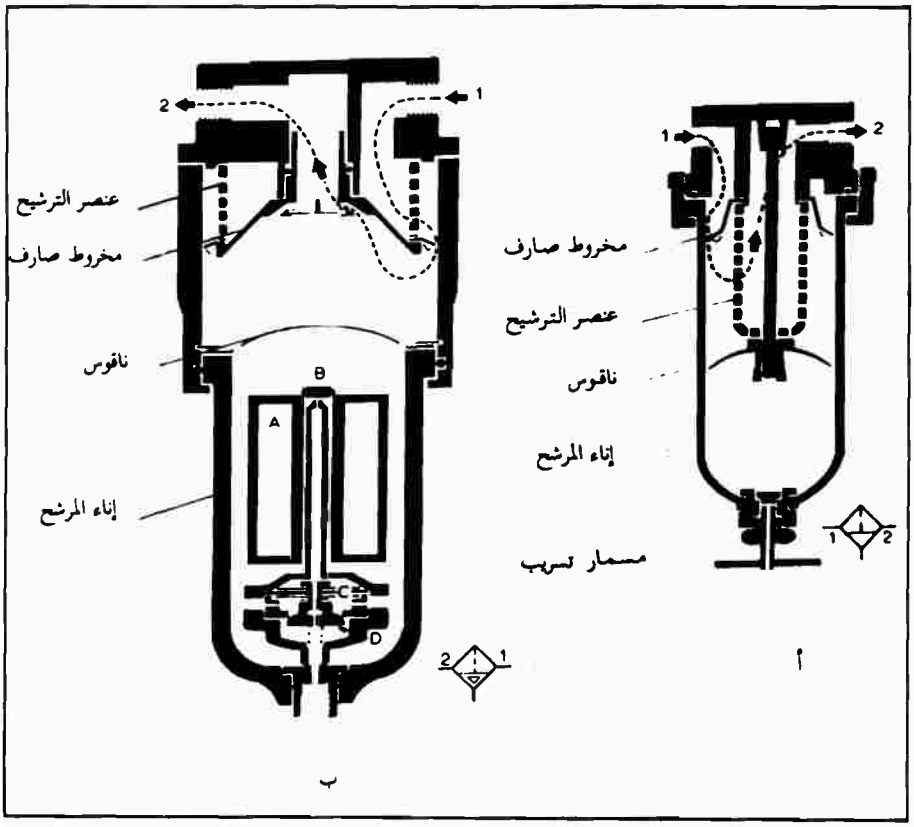
الشكل ٢ ـ ٢٤

صغير . ويمكن قراءة الضغط المقاس على تدريج الجهاز والذى يكون مدرجاً بوحدة (Bar) أو (Psi) .

٢ ـ ٧ المرشحات المزودة بفواصل ماء : Filters / Separators

فى الحقيقة إن مرشح الهواء الموجود فى مدخل الضاغط لا يقوم بترشيح الهواء الداخل من الأتربة العالقة به كلياً ، بل تبقى بعض الأتربة والتى يتم التخلص منها مع بقايا ذرات الماء باستخدام مرشحات الهواء المزودة بفواصل ماء. وتعد هذه الأجهزة أجهزة مكيانيكية بسيطة يبنى عملها على إدخال الهواء المضغوط داخل مسارات حلزونية لتكوين زوبعه هوائية ينتج عنها تكاثف بخار الماء على الجدار الداخلى لإناء المرشح ومعه القاذورات والتى تتجمع أسفل الإناء، ولا تستطيع قطرات الماء المتكاثفة أن تعود لمسار الهواء المضغوط فى المرشح إلا بعد امتلاء إناء المرشح بالماء ، لذلك يجب التخلص من الماء المتكاثف فى الإناء من حين لآخر يدوياً أو أتوماتيكياً ، وعادة يكون مكان تصريف الماء أسفل إناء المرشح . والشكل ٢ ـ ٢٥أ يعرض قطاعاً لمشرح بفاصل ماء يدوى ، وكذلك رمزه ، فعند دخول الهواء المضغوط من الفتحة 1 يصطدم بالمخروط الحارف ، فتتحول حركته لحركة دورانية ، ثم يمر عبر عنصر الترشيح وصولاً للفتحة 2 ، ويندفع الماء المتكاثف بفعل القوة الطاردة المركزية على الجدار الداخلى لإناء المرشح مع القاذورات العالقة بالهواء المضغوط التى لم تستطع المرور فى عنصر الترشيح ، ويتم التخلص من ناتج التكثيف يدوياً بواسطة مسمار التسريب الموجود فى قاع إناء المرشح ، ويعمل الناقوس الموجود داخل إناء المرشح على منع تسرب الماء المتكاثف مع الهواء المضغوط الخارج . والشكل ٢ ـ ٢٥ ب يعرض قطاعاً لمرشح بفاصل ماء أتوماتيكى . والجدير بالذكر أن نظرية عمل المرشح ذو فاصل الماء الأتوماتيكى لا تختلف عن نظرية عمل المرشح ذو

فاصل الماء اليدوى سوى فى أنه عند وصول مستوى الماء المتجمع فى قاع إناء المرشح لمستوى العوامة A فإن الماء يتصرف أتوماتيكياً ، فعند وصول مستوى الماء لمستوى العوامة A ترتفع العوامة لأعلى فيفتح الصمام B ، فيمر الهواء الضغوط عبر الصمام B ليضغط على الغشاء المطاطى C ، فيفتح الصمام D ، ويندفع الماء المتجمع للخارج ، فينخفض مستوى الماء المتجمع فى قاع الإناء ، وبالتالى ينخفض مستوى العوامة A ، فيغلق الصمام B ، وتباعاً يغلق الصمام D بفعل اليای الخاص به ولكن غلق الصمام D يحتاج لبعض الوقت نتيجة لانحباس بعض الهواء المضغوط الذى يضغط على الغشاء C مما يتيح الفرصة للتخلص من كل الماء المتكاثف فى المرشح .

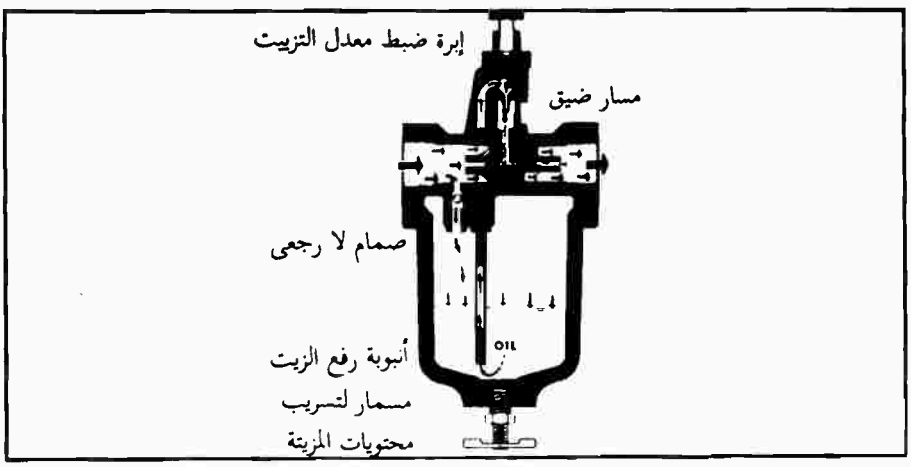


الشكل ٢ - ٢٥

٢ ـ ٨ المزيتات Oilers

عادة ينصح بتزييت العناصر والآلات العاملة بالهواء المضغوط بحقن الزيت داخل خطوط الهواء المضغوط بعدالترشيح والتجفيف ، ويتم ذلك باستخدام المزيتات ، وهى أجهزة ميكانيكية بسيطة يبنى عملها على زيادة سرعة تدفق الهواء المضغوط مع تساقط قطرات الزيت عليه ، فيصبح الهواء مشبعاً ببخار الزيت .

وفى الشكل ٢ ـ ٢٦ قطاع لأحد المزيتات المصنعة بشركة Wilkerson Co فعند مرور الزيت المضغوط داخل المزيتة ، فإن بعض الهواء المضغوط يتدفق عبر الصمام اللارجعى ليضغط على سطح الزيت الموجود فى أسفل إناء المزيتة ، فيتدفق الزيت فى أنبوبة رفع الزيت لفونية تقطير الزيت على مسار الهواء المضغوط الضيق الذى يعمل على زيادة سرعة الهواء المضغوط أثناء المرور فيه ، فيتشبع الهواء المضغوط بالزيت ليخرج من المزيتة مشبعاً بالزيت ، وتعتمد درجة تشبع الهواء المضغوط بالزيت على معايرة إبرة ضبط معدل التزييت .



الشكل ٢ – ٢٦

وفيما يلى رمز المزيتة تبعاً للمواصفات القياسية العالمية

٢ـ ٩ وحدة الخدمة Service Unit

تقوم وحدة الخدمة بإعداد الهواء المضغوط جافاً ونظيفاً وذلك بترشيح الهواء المضغوط من الأتربة العالقة به ، وفصل الماء الموجود فيه ، وكذلك تنظيم ضغط الهواء المضغوط عند أى ظروف تشغيل حتى يناسب عمل أجهزة التحكم الهوائية ، وأخيراً تقوم بتشبيع الهواء المضغوط بخار الزيت من أجل تزييت الأجزاء المنزلقة داخل عناصر التحكم الهوائية وعناصر الفعل الهوائية ، لحمايتها من التآكل وتتكون وحدة الخدمة من أربعة عناصر هى :

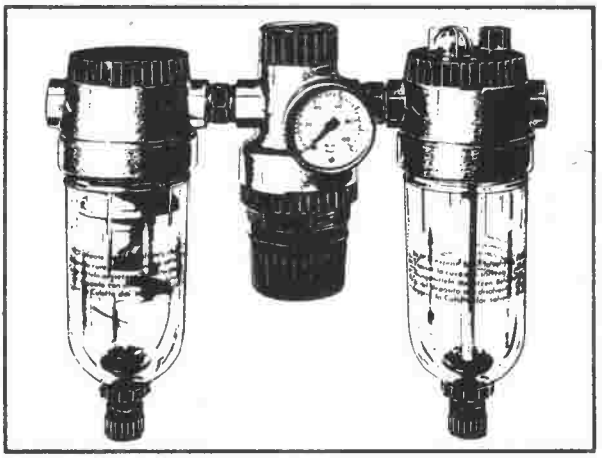
١ ـ مرشح هواء بفاصل ماء Filter / Separator

٢ ـ صمام تنظيم الضغط Pressure Regulator

٣ ـ مزيتة Oiler

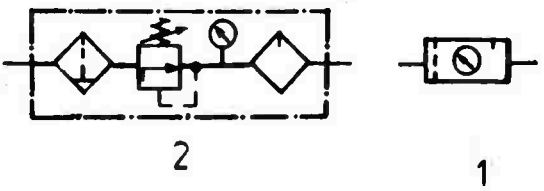
٤ـ عداد قياس الضغط Pressure Gauge

ولقد سبق أن تناولنا هذه العناصر بالتفصيل فى الفقرات السابقة والشكل ٢ ـ ٢٧ يعرض صورة لوحدة خدمة من صناعة « شركه » Spirax Sarco .



الشكل ٢ - ٢٧

وفيما يلى رموز وحده الخدمة . حيث إن الرمز 1 (الرمز المبسط) ، الرمز 2 (الرمز المفصل) وذلك تبعاً للمواصفات القياسية العالمية .



٢ ـ ١٠ البوابات المنطقية والقلابات الهوائية

Air logic gates and flip flops

هناك ثلاثة أنواع من الصمامات التى تقوم بعمل البوابات المنطقية الهوائية وهى :

١ ـ الصمام الاتجاهى 3 / 2 الذى يعمل بإشارة ضغط وياى ، وبوضع ابتدائى مغلق ويستخدم كبوابة (AND) هوائية :

٢ – الصمام الترددى (انظر الفقره ٢ ـ ٤) يستخدم كبوابة (OR) هوائية .

٣ ـ الصمام الاتجاهى 2 / 3 والذى يعمل بإشارة ضغط وياى، وبوضع ابتدائى مفتوح يستخدم كبوابة (NOT) هوائية .

٤ ـ الصمام الاتجاهى 2 / 3 والذى يعمل بإشارتى ضغط ، وبوضع ابتدائى مغلق يستخدم كقلاب هوائى بمخرج واحد .

٥ ـ الصمام الاتجاهى 4/2 والذى يعمل بإشارتى ضغط يستخدم كقلاب هوائى بمخرجين متعاكسين .

والشكل ٢ ـ ٢٨ يعرض الرموز العالمية لهذه الصمامات ومكافئها المنطقى .

نظرية عمل بوابة (AND) الهوائية (أ) :

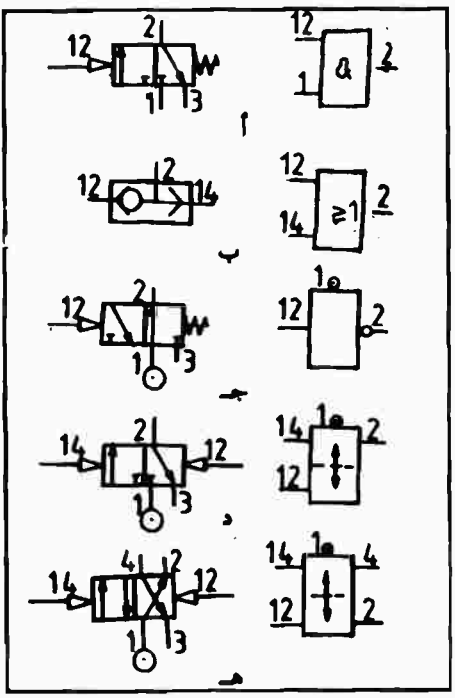
عند وصول إشارة ضغط من المدخلين 12,1 تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} \cdot P_1 = P_2$$

حيث إن P_{12} تعنى 12 port أى المدخل 12 ، P_1 تعنى المدخل1، و p2 تعنى المخرج 2.

نظرية عمل بوابة (OR) الهوائية (ب):

عند وصول إشارة ضغط من المدخل 12 أو المدخل14 أو كليهما،



الشكل ٢ – ٢٨

تخرج إشارة من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} + P_{14} = P_2$$

نظرية عمل بوابة (NOT) الهوائية (ج) :

فى الوضع الطبيعى تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، وعند وصول إشارة ضغط للمدخل 12، ينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} = \overline{P}_2$$

نظرية عمل القلاب ذات المخرج الواحد الهوائى (د) :

عند وصول إشارة ضغط للمدخل 14 حتى ولو للحظة ، تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 للقلاب ، ويستمر الوضع هكذا إلى أن تصل إشارة ضغط للمدخل 12 حتى ولو للحظة فينقطع خروج الهواء من المخرج 2 .

نظرية عمل القلاب الهوائى ذى المخرجين (هـ) :

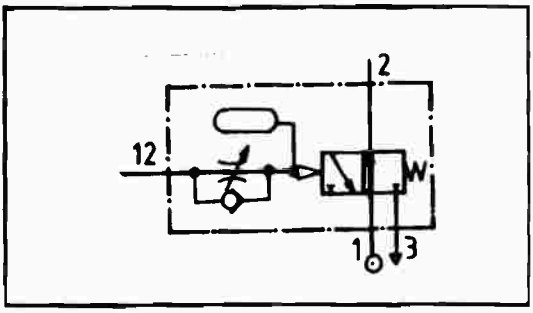
عند وصول إشارة ضغط ولو للحظة للمدخل 14 ، تخرج إشارة ضغط من المخرج 4 ، وينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 2 ، ويستمر الوضع هكذا إلى أن تصل إشارة ضغط للمدخل 12 ،. فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2، وينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 4 .

٢ ـ ١١ صمامات التأخير الزمنى الهوائية Time delay valves

يوجد أنواع كثيرة من صمامات التأخير الزمنى الهوائية نذكر منها :

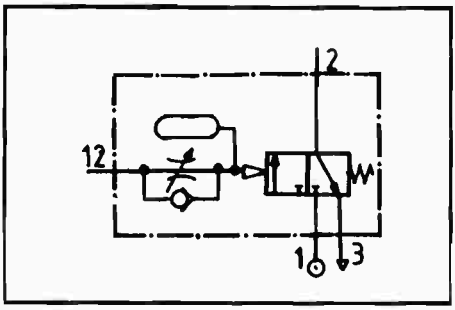
أ ـ صمام تأخير زمنى بوضع ابتدائى مفتوح : ويتكون هذا المؤقت من صمام 3/2 يعمل بإشارة ضغط ويأى إرجاع (بوضع ابتدائى مفتوح) وصمام

خانق لارجعى وخزان هواء صغير . وفيما يلى رمز هذا الصمام :



نظرية عمل الصمام : فى الوضع الابتدائى يمر هواء المصدر فى المسار 2 ← 1 وعند صول إشارة الضغط لوصلة التحكم 12 ، يتدفق الهواء من خلال الصمام الخانق اللارجعى ببطء إلى الخزان ، وعند وصول الضغط داخل الخزان إلى ضغط التشغيل للصمام الاتجاهى (بعد زمن يعتمد على معايرة الصمام الخانق اللارجعى) تصل إشارة ضغط قوية إلى مدخل التحكم للصمام الاتجاهى لصمام التأخير الزمنى ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائى للوضع الثانوى ، فيتغير مسار الهواء ليخرج هواء العادم من المسار 3 ← 2 ويغلق مدخل الهواء المضغوط 1 .

ب ـ صمام التأخير الزمني بوضع ابتدائي مغلق : ويتكون هذا المؤقت من صمام 3/2 يعمل بإشارة ضغط وياي إرجاع (بوضع ابتدائي مغلق) ، وصمام خانق لارجعي وخزان هواء صغير وفيما يلي رمز هذا الصمام .



نظرية التشغيل :

في الوضع الطبيعي يمر هواء العادم في المسار 3 ← 2 ، بينما تكون فتحة هواء المصدر 1 مغلقة ، وعند وصول إشارة ضغط إلى الوصلة 12 يتدفق الهواء المضغوط من خلال الصمام الخانق اللارجعي ببطء ويعتمد معدل التدفق على معايرة الصمام الخانق ، فيمتلئ الخزان بعد تأخير زمني T ، وفي هذه الحالة يكون الضغط داخل الخزان كافٍ لتغيير وضع التشغيل للصمام الاتجاهي من الوضع الابتدائي إلى الوضع الثانوي ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 ← 1، وتغلق وصلة العادم (الفائض) 3 .

٢-١٢ العدادات الهوائية Air Counters :

هناك نوعان أساسيان من العدادات الهوائية وهي كالآتي :

أ ـ عداد هوائي تصاعدي Up Air Counter :

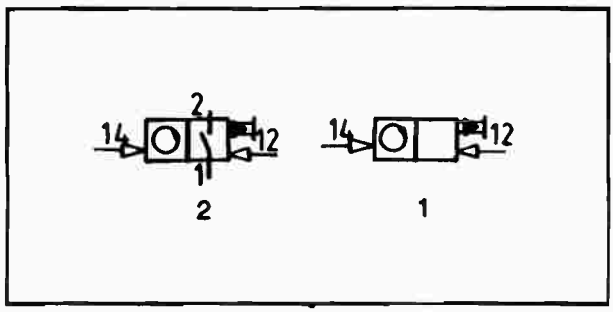
حيث يزداد العدد المعروض بالعداد بواحد كلما وصلت نبضة هواء مضغوط للمدخل 14 ، ويمكن تحرير العداد أي إعادة العدد المعروض بالعداد للصفر إما يدوياً أو أوتوماتيكياً بوصول إشارة ضغط للمدخل 12 .

ب ـ عداد هوائي تنازلي Down Air Counter :

ولكي يعمل هذا العداد يجب تحميله في البداية بعدد معين بوسيلة يدوية

معدة لذلك ، وبعد التحميل يفتح مسار العداد 2 ← 1 ، ويقل العدد المعروض بمقدار واحد كلما وصلت نبضة ضغط للمدخل 14 ، هكذا إلى أن يصل العدد المعروض في العداد إلى الصفر ، وفي هذه الحالة يغلق المسار 2 ← 1 ، فينقطع مرور الهواء في هذا المسار .

ويمكن إعادة العدد المخزن في العداد (بالوسيلة اليدوية) أو في بداية التشغيل وذلك بوصول إشارة ضغط للمدخل 12 ، أما إذا كان المطلوب هو معايرة العداد بعدد آخر ، فتستخدم الوسيلة اليدوية مرة أخرى ، وفيما يلي رموز العدادت الهوائية (غير قياسية) حيث إن الرمز 1 لعداد تصاعدي، والرمز 2 لعداد تنازلي.



٢-١٣ الموديلات المنطقية Logic Modules :

استخدمت في الماضي صمامات اتجاهية صغيرة الحجم ، تصل أقطارها إلى 1/4 بوصة بغرض التحكم في العمليات المتعاقبة (وهي العمليات التي تتكون من مجموعة من المراحل المتتالية بحيث تنتهي مرحلة وتبدأ مرحلة أخرى) . ولكن كان ذلك مكلفاً جداً ، بالإضافة إلى استهلاك كمية كبيرة من الهواء المضغوط في أنظمة التحكم العاملة بهذه الصمامات ، بل وكانت هذه الأنظمة كبيرة الحجم ، مما أعاق المهندسين عن تصميم وحدات تحكم صغيرة في

الحجم قادرة على التحكم في العمليات المتعاقبة . وشجع ذلك الشركات على محاولة الوصول لحل لهذه المشكلة ، إلى أن قامت بتصنيع صمامات اتجاهية تصل أقطارها إلى 1/16 بوصة ، ولكن هذا لم يكن الحل الأمثل .

وفي بداية السبعينيات ظهرت عناصر التحكم المنطقية مثل :

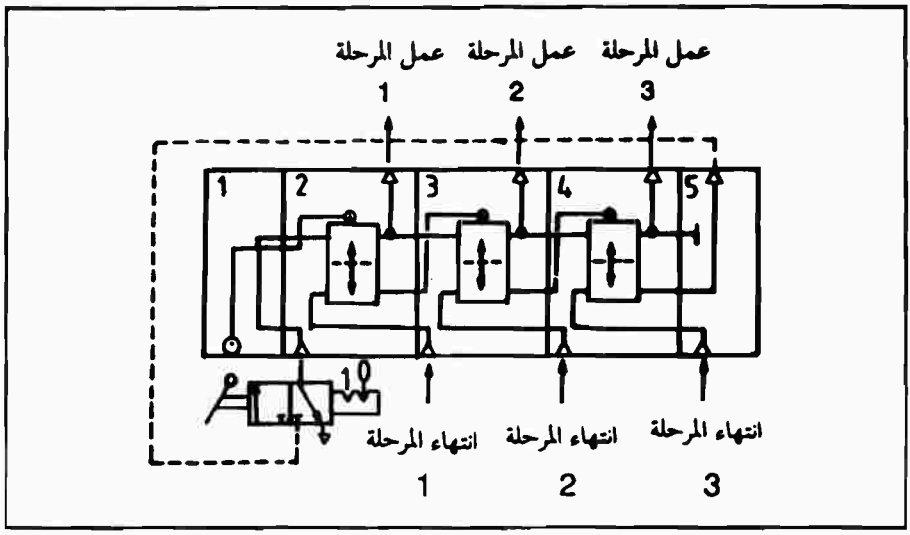
AND, OR, NOT, yes

واستخدمت هذه العناصر في التحكم التتابعي بدلاً من صمامات الإشارة الصغيرة الحجم ، ولكن كان استخدام هذه العناصر في التحكم يحتاج لمعرفة شديدة بالمنطق والمعادلات المنطقية وطرق تبسيطها بالإضافة إلى أن استخدامها كان يحتاج وصلات كثيرة وأدوات توصيل كثيرة .

وأخيراً تمكنت الشركات المصنعة من تصنيع الموديولات المنطقية وهي وحدات صغيرة . ويمكن تفصيل نظام التحكم الملائم للعملية الصناعية التعاقبية باختيار أنواع الموديولات المطلوبة ، وكذلك أعدادها ، بل وشجع على استخدام هذه الموديولات إمكانية استخدامها بدون الحاجة لمعرفة جيدة بالجبر المنطقي والمعادلات المنطقية وطرق تبسيطها كما كان في السابق ، وكذلك سرعة التنفيذ ، وقلة الأدوات المستخدمة . ولقد اختلفت تكنلوجيات صناعة الموديولات المنطقية من شركة لأخرى مع اتفاق الأساس العلمي لهم .

وعادة فإن هذه الموديولات تثبت على قضبان (أوميجا) تماماً مثل عناصر التحكم الكهربية ، وتوضع هذه الموديلات داخل لوحات مغلقة .

والشكل٢ – ٢٩ يعرض رمز وحدة تحكم تتكون من خمسة موديولات منطقية.



الشكل ٢ – ٢٩

التعريف بالموديولات المنطقية لوحدة التحكم الموضحة بالشكل ٢–٢٩ .

الموديول 1 موديول بداية Input End Base Module

الموديول 2,3,4 موديولات ذاكرة Memory Modules

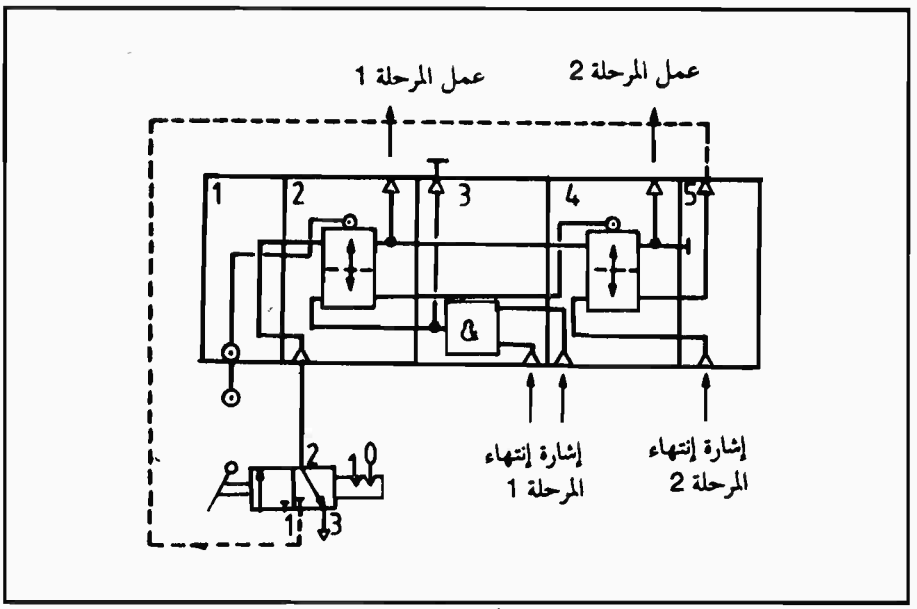
الموديول 5 موديول نهاية Output Base End Module

وعادة يوضع موديول البداية في بداية وحدة التحكم ، وموديول النهاية في نهاية وحدة التحكم ويوصل مخرج موديول النهاية مع مدخل موديول الذاكرة الأول من خلال صمام 3/2 بذراع تشغيل بوضعين 0,1 للتحكم في تشغيل وإيقاف وحدة التحكم . وتستخدم وحدة التحكم للتحكم في العمليات الصناعية ذات المراحل المتتالية . فعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الثالثة للعملية الصناعية لمدخل موديول النهاية 5 ، تخرج إشارة عمل المرحلة الأولى من مخرج موديول الذاكرة 2 ، وعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الأولى للعملية الصناعية لمدخل موديول الذاكرة 3 ، تخرج إشارة عمل المرحلة الثانية من مخرج موديول

الذاكرة 4 ، وبعد انتهاء المرحلة الثانية تصل إشارة انتهاء هذه المرحلة لمدخل موديول الذاكرة 4 ، فتخرج إشارة عمل المرحلة الثالثة من مخرج موديول الذاكرة 3 ، وعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الثالثة لمدخل موديول النهاية 5 ، تتوقف العملية الصناعية إذا كان صمام التشغيل ذي الوضعين على وضع O ، بينما تتكرر دورة التشغيل من جديد إذا كان الصمام مازال على وضع 1 .

والجدير بالذكر أن وحدة التحكم المكونة من مجموعة من الموديولات المنطقية يطلق عليها أحياناً متعاقب خطوي Stepper Sequencer . وهناك أنواع أخرى من الموديولات المنطقية مثل موديول (و) AND Module ، وموديول (أو) OR Module .

والشكل ٢-٣٠ يعرض رمز وحدة تحكم (متعاقب خطوي) مكونة من خمسة موديولات .



الشكل ٢-٣٠

التعريف بالموديولات المنطقية لوحدة التحكم (المتعاقب الخطوي) الموضح بالشكل السابق :

الموديول 1 موديول بداية .

الموديولات 2,4 موديولات ذاكرة .

الموديول 3 موديول و (AND).

الموديول 5 موديول نهاية .

ويستخدم هذا المتعاقب الخطوي للتحكم في عملية صناعية مكونة من مرحلتين ، المرحلة الثانية لاتبدأ إلا بعد وصول إشارتين مختلفتين للدلالة على انتهاء المرحلة الأولى .

٢-١٤ المجسات التقاربية الهوائية Air Proximity Sensors :

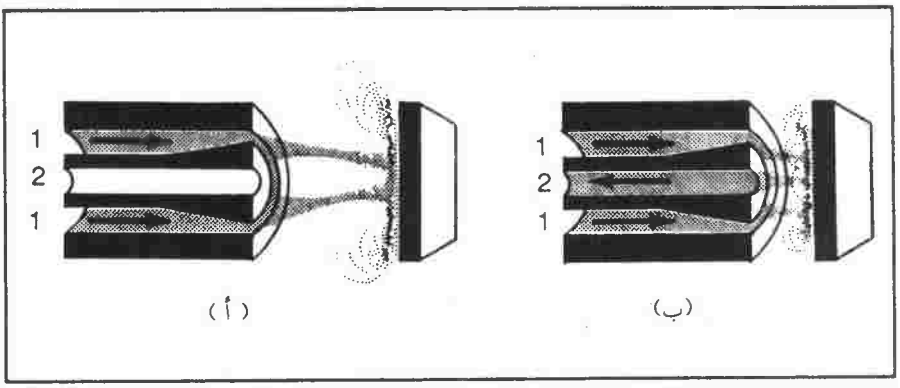
تستخدم الأجهزة التقاربية الهوائية والتي تعمل عند تقارب الأجسام في التطبيقات التي تتعامل مع المنتجات الخفيفة والتي لايمكن لها دفع بكرة صمامات نهايات المشوار الهوائية ، وكذلك عندما يكون مطلوب دقة متناهية في الإحساس بالموضع وتعمل عادة هذه الأجهزة عند ضغوط منخفضة جداً تصل إلى O.1 Bar .

وهناك عدة أنواع من هذه الأجهزة نذكر منها ما يلي :

١ ـ المجسات الانعكاسية Reflex Sensors

الشكل ٢-٣١ يعرض قطاعين لمجس انعكاسي ، مرة عند اقتراب جسم غريب خارج نطاق عمل المجس (الشكل أ) ، ومرة أخرى عند اقتراب جسم غريب داخل نطاق عمل المجس (الشكل ب) .

ويمر هواء المصدر في هذه المجسات من المدخل 1 ، وعند اقتراب جسم غريب من المجس في نطاق مدى الإحساس لهذا المجس ينعكس الهواء الخارج من المجس عند اصطدامه بالجسم الغريب ليرتد مرة أخرى من الفتحة 2 .

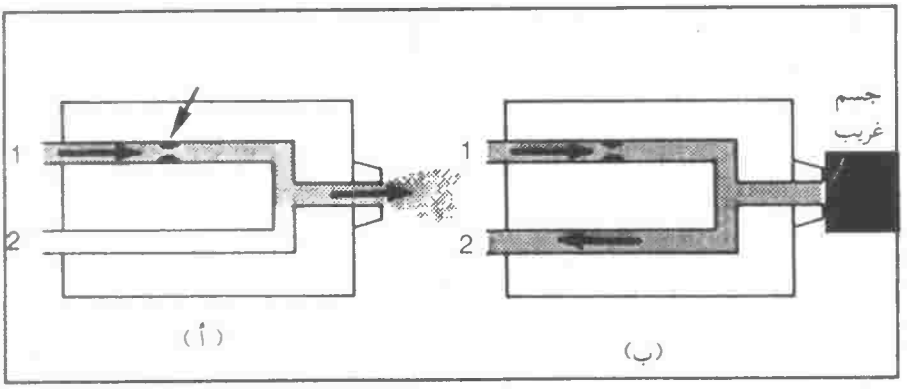


الشكل ٢-٣١

٢ ـ المجسات ذات الضغط الخلفي Back Pressure Nozzles :

بالشكل ٢-٣٢ قطاعان لمجس ذات ضغط خلفي مرة في الوضع الطبيعي (أ) وعند اقتراب جسم غريب (ب) . وكما هو واضح من هذا الشكل أن الهواء المضغوط الداخل للمجس من الفتحة 1 سيرتد ليخرج من الفتحة 2 بمجرد اقتراب جسم غريب .

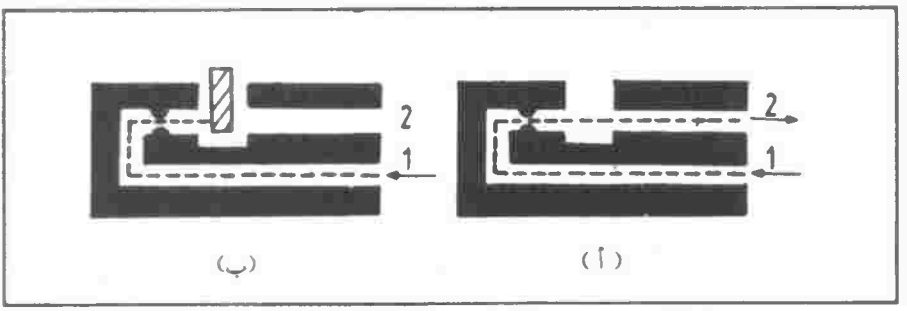
ملاحظة : المجسات ذات الضغط الخلفي تعمل عند ضغوط تتراوح ما بين (O.1 : 8 Bar) وتستخدم كنهايات مشوار للأسطوانات .



الشكل ٢ - ٣٢

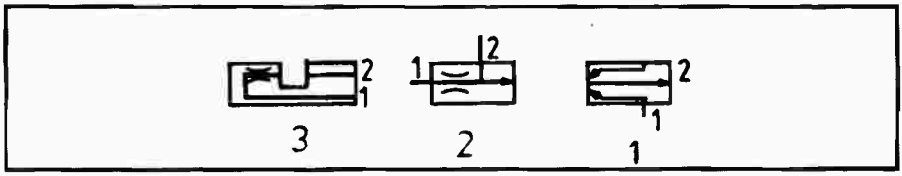
٣ ـ المجسات ذات الفجوة الهوائية Air gap Sensor :

الشكل ٢-٣٣ يعرض قطاعين لمجس بفجوة هوائية في الوضع الطبيعي (الشكل أ) وعند اقتراب جسم غريب (الشكل ب) ، وكما هو واضح من هذا الشكل أن الهواء المضغوط الداخل للمجس من الفتحة 1 لا يصل إلى الفتحة 2 عند مرور جسم غريب داخل الفجوة الهوائية ، علماً بأن طول الفجوة الهوائية حوالي عدة مليمترات .



الشكل ٢ - ٣٣

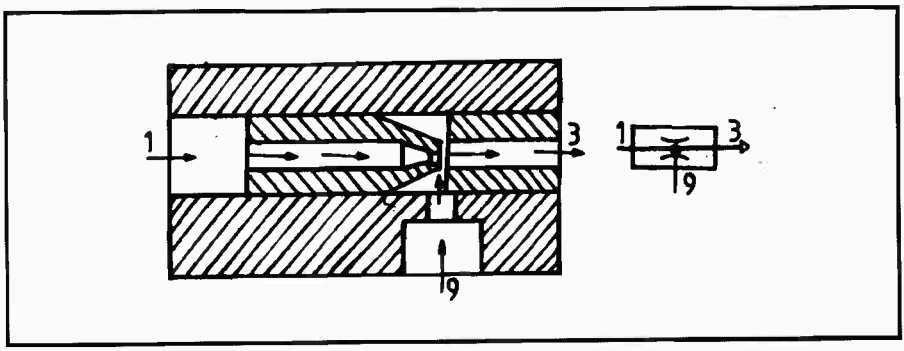
وفيما يلي رموز المجسات التقاربية الهوائية (غير قياسية) .



حيث إن الرمز 1 هو رمز مجس انعكاس ، والرمز 2 هو رمز مجس بضغط خلفي ، والرمز 3 هو رمز مجس بفجوة هوائية .

٢-١٥ التفريغ Vacuum :

إنه من الطبيعي في التحكم النيوماتيكي أن نجد العناصر التي تعمل بالهواء المضغوط جنباً إلى جنب مع عناصر التفريغ الهوائية، خصوصاً عند تداول المواد، ويمكن الحصول على تفريغ بواسطة إما مضخة التفريغ Vacuum Pump ، ولكنها مكلفة جداً ، وإما باستخدام فونية سحب التفريغ Vacuum Suction Nozzle والتي تعمل بالهواء المضغوط . والشكل ٢-٣٤ يعرض قطاعاً في فونية سحب التفريغ.



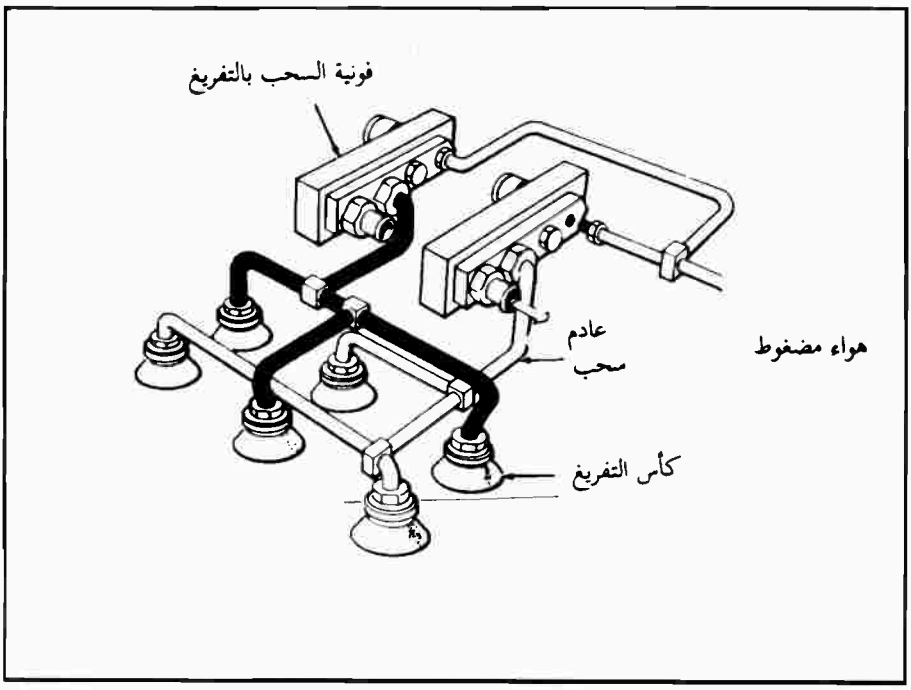
الشكل ٢ - ٣٤

نظرية العمل : عند تغذية هذه الفونية بهواء مضغوط يتراوح ضغطه ما بين

(1.5 : 10 Bar) من الفتحة 1 ، تزداد سرعة الهواء المضغوط نتيجة لتصميم مسار الهواء داخل الفونية ، ويخرج الهواء بعد ذلك من الفتحة 3 ، وينتج عن ذلك حدوث تفريغ عند الفتحة 9 ، يعتمد قيمته على ضغط الهواء المضغوط المار داخل الفونية ، ولكن بمجرد انقطاع مصدر الهواء المضغوط عن فونية السحب بالتفريغ ينقطع التفريغ في الحال .

ملاحظة : عادة توصل الفتحة 9 بكأس سحب Vacuum Cup ، حيث يستخدم هذا الكأس في تداول المواد على سبيل المثال نقل صندوق من مكان لآخر مستخدماً كأس السحب ، أو نقل لوح خشب أو صاج من مكان لآخر أيضاً باستخدام كأس السحب وهكذا .

والشكل ٢-٣٥ يعرض وحدة رفع تتكون من فونيتي سحب تفريغ ، كل فونية توصل مع ثلاثة كؤوس .



الشكل ٢ - ٣٥

٢-١٦ موانع التسريب والحشو Seals and Packings :

يمكن تقسيم موانع التسريب إلى قسمين هامين وهما :

١ ـ موانع تسريب توضع بين جسمين يتحرك أحدهما بالنسبة للآخر ، وتسمى بالحشو Packing ، أو موانع التسريب الديناميكية Dynamic Seals .

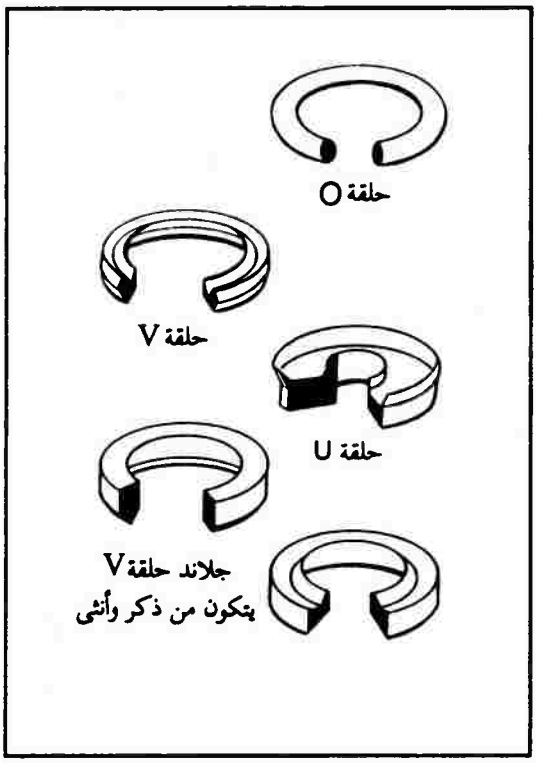
٢ ـ موانع تسريب توضع بين جسمين ثابتين وتسمى بالجوانات Gaskets ، أو موانع التسريب الإستاتيكية Static Seals . ويوجد أنواع مختلفة من الجوانات مثل جوانات النوبرين Neoprene Gaskets ، وجوانات الفلين Cork Gasket ، وجوانات المطاط الصناعي ، والجوانات المعدنية .

وتختار المواد المصنع منها موانع التسريب المختلفة بناء على عوامل مثل : الضغط ودرجة الحرارة ونوع المائع ونوع الحركة ، وهناك أنواع مختلفة من هذه المواد مثل: الجلد ـ المطاط الصناعي ـ المطاط الطبيعي ـ الفلين ـ الإسبستس ـ التيفلون ـ المعادن .

٢-١٦-١ الحشو Packings :

يستخدم الحشو كموانع تسريب في الأسطوانات والمحركات والصمامات ... إلخ ، ويوجد عدة أشكال مختلفة للحشو مثل حلقة O وحلقة مربعة . وحلقة V وحلقة U وحلقة H وحلقة D وحلقة C وحلقة Δ ..... إلخ ، ولكل له استخداماته. والشكل ٢-٣٦ يعرض بعض هذه الأنواع .

وتستخدم هذه الأنواع المختلفة إما كحشو للمكابس كالمستخدمة في الأسطوانات والصمامات المنزلقة والمحركات الهوائية المكبسية والضواغط . وإما كحشو للأعمدة كالمستخدمة في أعمدة الأسطوانات والصمامات .... إلخ .

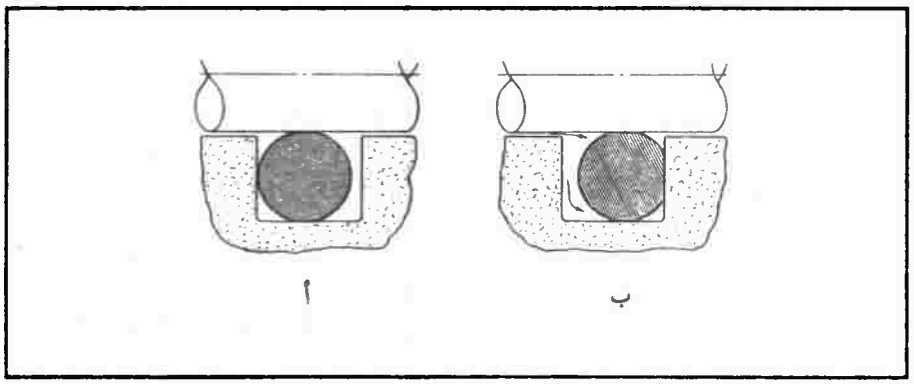


الشكل ٢ – ٣٦

وحتى يتسنى لنا استيعاب ذلك سنتناول أهم أنواع الحشو بمزيد من التفصيل .

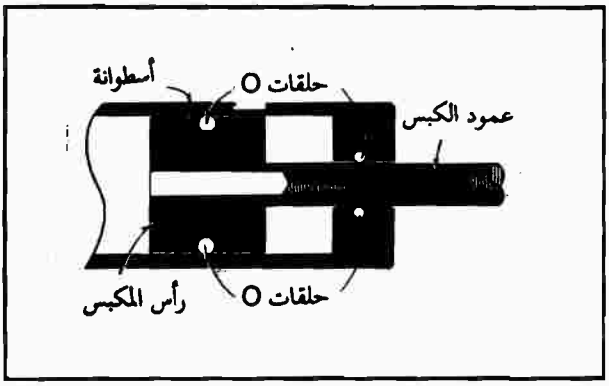
١ ـ حلقات O : O Rings

توضع هذه الحلقات في تجويفات لها مقاطع مستطيلة ، وهذه الحلقات تمنع التسريب الداخلي والخارجي . والشكل ٢–٣٧ يوضح فكرة عمل هذه الحلقات . لمنع التسريب . فالرسم أ يوضح شكل الحلقة O بدون تأثير أي ضغوط عليها . أما الرسم ب فيوضح شكل الحلقة O عند تعرضها لضغط من الهواء المضغوط المار في الخلوص الأيسر بين العمود والجسم المثبت فيه الحلقة ، وبالتالي لن يحدث تسرب للهواء المضغوط .



الشكل ٢ – ٣٧

وتستخدم حلقات O كموانع تسريب للمكابس والأعمدة وهذا موضح بالشكل ٢-٣٨ .



الشكل ٢-٣٨

ولاستبدال حلقة O قديمة يجب استبدالها بأخرى لها نفس المواصفات من حيث المقاس ونوع المادة . وعادة فإن جميع الأسطح التي تلامس حلقة O يجب أن تكون مزيتة ، حيث إن هذه الحلقات تتآكل بسرعة إذا لم تكن تزيت بالطريقة السليمة . وهناك بعض العلامات الدالة على تلف حلقات O وهي كالآتي :

١ ـ وجود تشققات بها .

٢ ـ وجود شروخ على السطح الداخلي أو الخارجي لها .

٣ ـ التصاق أجسام غريبة بها .

ويمكن بسهولة اكتشاف ذلك بواسطة مط حلقة O بأصبعين مع عدم تعدي حدود المرونة لها .

وعادة لا تستخدم حلقات O في الاستخدامات التالية :

١ ـ العجلة العالية .

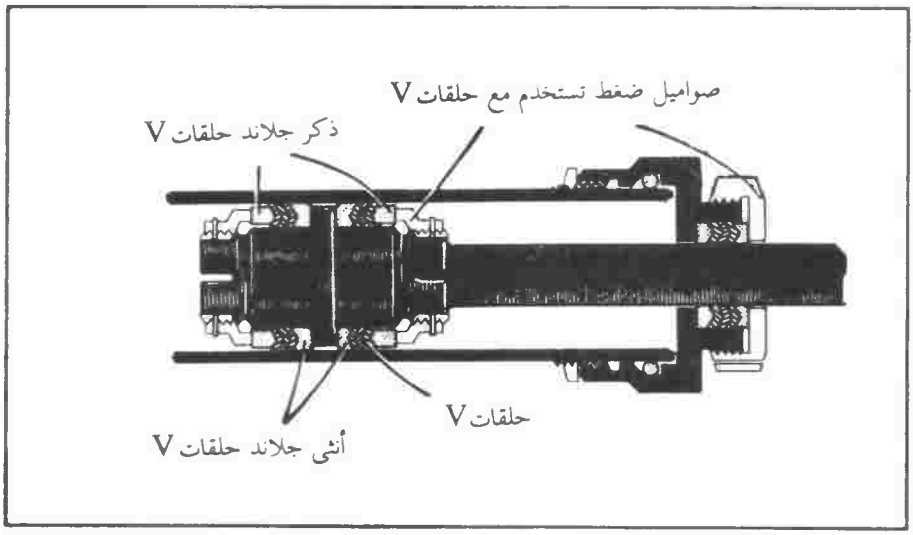
٢ ـ قلة الزيت .

٣ ـ المشاوير الطويلة .

٤ ـ الأحمال الكبيرة ذات القوى المستعرضة .

٢ ـ حلقات V : V Rings

عادة تستخدم حلقات V كموانع تسريب ديناميكية في اتجاه واحد، فإذا استخدمت كموانع تسريب لمكبس يجب استخدام مجموعتين من حلقات V ، وعادة تثبت حلقات V بحيث تقابل قمة V الضغط ، ويستخدم ذكر وأنثى ملائمين لتثبيت مجموعات حلقات V . وعادة توضع مجموعات حلقات V داخل تجويفها، ويجب التأكد من ارتكازها الصحيح ، وبعد ذلك يتم رباط صامولة الضغط . والشكل ٢-٣٩ يبين قطاعاً في أسطوانة يستخدم فيها حلقات V .



الشكل ٢-٣٩