الباب الثامن

8

نقل الحركة بالهواء المضغوط

Pneumatic Drive

تمهيد

يناقش هذا الباب آليات الإدارة باستخدام الهواء المضغوط (النيوماتية أو الرئوية) ، التى تعمل على تحويل طاقة الهواء المضغوط إلى طاقة ميكانيكية ، للإستفادة بها في نقل الحركة والتحكم على نطاق واسع لتشغيل المعدات الصناعية المختلفة .. مثل المطارق الهوائية . المخارط البرجية . الماكينات الأوتوماتية ..... وغيرها.

ويتناول مكونات التجهيزات الرئوية ، التى تحتوى على الضغوط والصمامات والاسطوانات والمحركات الهوائية ..... إلخ ، مع عرض العديد من الأشكال التوضيحية والرسوم التخطيطية لهذه التجهيزات.

ويتعرض إلى طرق تشغيل التجهيزات النيوماتية (الرئوية) ومجال استخدامها ومميزاتها وعيوبها.

النيومانية

(أجهزة الهواء المضغوط)

Pneumatic

يقصد بالنيوماتية (الرئوية) أي الاستخدام التقني للهواء المضغوط من خلال آليات الإدارة الهوائية.

تصمم الأجهزة الرئوية لتحويل طاقة الهواء المضغوط إلى طاقة ميكانيكية ، للأستفادة بها فى تشغيل الأجزاء ذات الحركات الترددية المستقيمة أو الحركات الدورانية .. كما هو الحال فى التجهيزات الهيدروليكية.

تستخدم أجهزة الهواء المضغوط (النيوماتية أو الرئوية) فى عناصر التشغيل والتحكم الميكانيكية ، على نطاق واسع مثل آليات التشغيل والإنتاج التى تشتمل على المطارق الهوائية والمخارط البرجية والأتوماتية ..... وغيرها من الماكينات الأخرى المختلفة.

التسميات والرموز الشكلية لأجهزة الهواء المضغوط :

فيما يلي الجدامل 8 – 1 إلى 8 – 6 توضح التسميات والرموز الشكلية المختلفة لأجهزة الهواء المضغوط :-

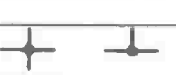
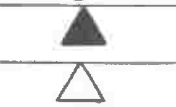
جدول 8 – 1

التسميات والرموز الشكلية لتحويل الطاقة

	مضخة هيدروليكية		أسطوانة أحادية الفعالية
	ضاغط		أسطوانة أحادية الفعالية وحركة الرجوع بواسطة نابض
	محرك هيدروليكي		أسطوانة ثنائية الفعالية
	محرك يعمل بالهواء المضغوط		أسطوانة ثنائية الفعالية ذات ذراعي كباس على الجانبين .
	محرك هيدروليكي (قابل للضبط)		أسطوانة ثنائية الفعالية ذات خمد (كبت) قابل للضبط على الجانبين .

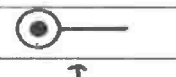
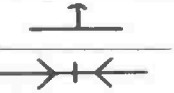
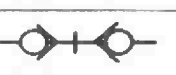
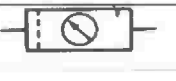
جدول 8 – 2

التسميات و الرموز الشكلية الوظيفية

موصل تشغيل	
موصل تحكّم	
موصل طرد الهواء	
موصلات ثابتة	
تقاطع موصلات	
إتجاه التأثير الهيدروليكي	
إتجاه تأثير الهواء المضغوط	

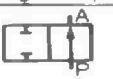
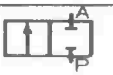
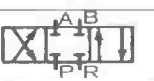
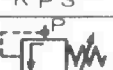
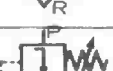
جدول 8 – 3

التسميات و الرموز الشكلية لنقل الطاقة

مصدر ضغط	
موضع طرد الهواء	
قارنة سريعة	
قارنة بمحبس يفتح ميكانيكيا	
وعاء ذو موصّل يصل إلى ما دون سطح المائع	
خزّان هواء مضغوط (أفقي) (رأسي = هيدروليكي)	
مرشح ذو فاصل تلقائي للماء	
مزيتة	
وحدة صيانة	

جدول 8 – 4

التسميات و الرموز الشكلية للتحكم في الطاقة وتنظيمها

	تكون تسمية صمام تحكم اتجاهي مصحوبة بعدد التوصيلات ومواضع التحكم (بالفتح أو القفل) . مثل صمام تحكم اتجاهي – 3/2 (– 3 توصيلات . 2 موضع تحكم)
	صمام تحكم اتجاهي – 2/2 ذو ضبط ابتدائي للتدفق (وضع اللاتشغيل)
	صمام تحكم اتجاهي – 2/2 ذو ضبط ابتدائي للمنع (وضع اللاتشغيل)
	صمام تحكم اتجاهي – 3/2 ذو ضبط ابتدائي للمنع (وضع اللاتشغيل)
	صمام تحكم اتجاهي – 3/2 ذو ضبط ابتدائي للتدفق (وضع اللاتشغيل)
	صمام تحكم اتجاهي – 4/2
	صمام تحكم اتجاهي – 3/3 ذو ضبط في الوسط للمنع
	صمام تحكم اتجاهي – 4/3 ذو ضبط في الوسط للمنع
	صمام تحكم اتجاهي – 5/2
	صمام تحكم اتجاهي – 5/3 ذو ضبط في الوسط للمنع
	صمام تحديد ضغط قابل للضبط
	صمام تنظيم ضغط قابل للضبط
	صمام لارجعي ذو نابض
	صمام خانق
	صمام خانق قابل للضبط
	صمام لارجعي خانق قابل للضبط
	محبس

جدول 8 – 5

التسميات و الرموز الشكلية لنقل الطاقة

مصدر ضغط	
موضع طرد الهواء	
قارنة سريعة	
قارنة بمحبس يفتح ميكانيكيا	
وعاء ذو موصّل يصل إلى ما دون سطح المائع	
خزّان هواء مضغوط (أفقي) (رأسي = هيدروليكي)	
مرشح ذو فاصل تلقائي للماء	
مزيتة	
وحدة صيانة	

جدول 8 – 6

التسميات و الرموز الشكلية لأنواع التشغيل

تشغيل باليد (تمثيل عام)		تشغيل بواسطة زيادة الضغط	
تشغيل بواسطة ذراع دفع		تشغيل بواسطة إنقاص الضغط	
تشغيل بواسطة بكرة استشعار		تشغيل بواسطة مغنطيس كهربائي ذي لفيفة	
تشغيل بواسطة نابض		تشغيل بواسطة مغنطيس كهربائي ذي لفيفتين متعاكستي التأثير	
تشغيل باليد مثل صمام خنق للضبط			

مكونات أجهزة الهواء المضغوط : Cotents of pneumatic systems

تشتمل أجهزة الهواء المضغوط (النيوماتية أو الرئوية) الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 1 على العناصر الأساسية التالية :-

1- مصادر الطاقة .

2- وحدات الإدارة.

3- الصمامات.

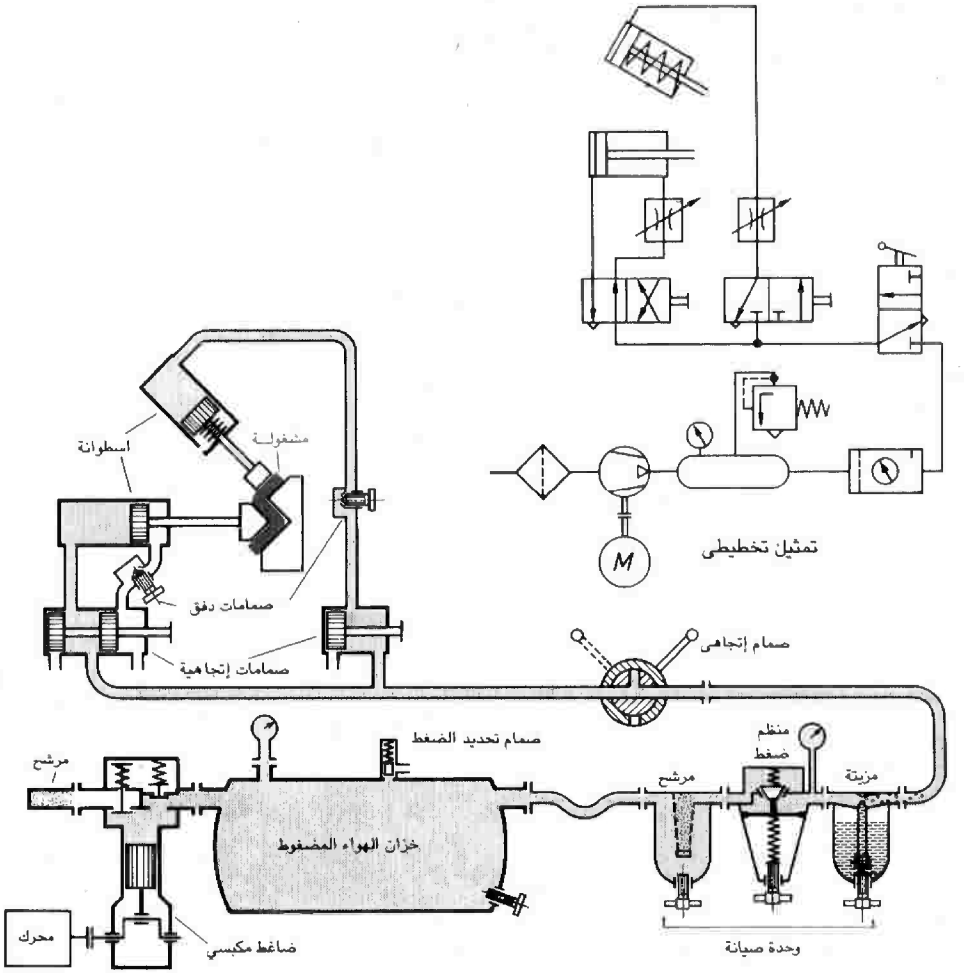
4- خطوط توصيل نقل القدرة.

5- وحدة صيانة.

6- عناصر التشغيل.

7- كاتمات الصوت.

فيما يلي عرض لهذه العناصر .. كل منها علىحدة.



شكل 8 – 1

العناصر الأساسية لأجهزة الهواء المضغوط

مصادر الطاقة : Sources of enrgy

هي القوى المحركة التى تتصل بخط إمداد الهواء المضغوط ، وهي عبارة عن محرك كهربائى أو محرك إحتراق داخلي.

وحدات الإدارة : Drive Units

هي ضواغط ذات كباسات أو ضواغط دوارة ، تقوم بإنتاج الهواء المضغوط اللازم لتشغيل ماكينات الإنتاج وآلياتها المختلفة . تدار الضواغط بواسطة محركات كهربائية أو بمحركات إحتراق الداخلي.

تختلف أنواع وأشكال الضواغط باختلاف كمية الهواء المضغوطة المنتجة بكل منها .. وفيما يلي عرض لأنواع الضواغط الأكثر إنتشاراً.

ضواغط الهواء :

تقوم الضواغط بإنتاج الهواء المضغوط اللازم لتشغيل المنشآت العاملة بالهواء المضغوط ، وهي تدار عادة بواسطة المحركات الكهربائية أو بمحركات إحتراق داخلي.

الضواغط ذات الكباسات (الضواغط الترددية) :

piston type compressors, reciprocating compressors

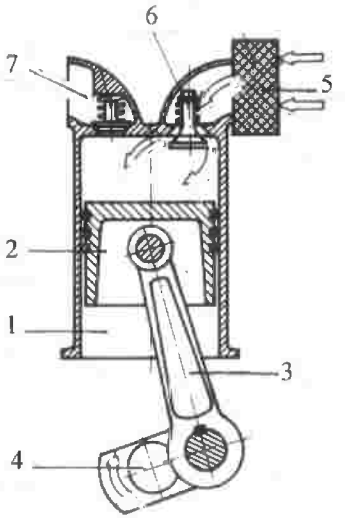
يقوم الكباس المتحرك في الأسطوانة بتكبير الحيز الداخلى أثناء شوط السحب ، حيث ينشأ بداخلها تخلخل وفراغ جذئي ، يؤدي إلى فتح صمام السحب المحمل بنايض لولبي (سوستة) ، ليتدفق الهواء الخارجي من خلال المرشح إلى الأسطوانة ، وينضغط الهواء المسحوب الموجود داخل الأسطوانة أثناء شوط الكبس ، فإذا تغلب ضغط الهواء في الأسطوانة على الضغط المضاد السائد في توصيلة الضغط وعلى قوة النابض صمام الضغط ، فتح هذا الصمام وتدفق الهواء المضغوط إلى توصيلة الضغط.

1. **الضاغط ذو الكباس (الضاغط الترددي)** :

piston type compressor, reciprocating compressor

يتكون الضاغط ذو الكباس والموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 2 من

أسطوانة . كباس . ذراع توصيل . مرفق . مرشح . صمام سحب . صمام ضغط.



شكل 8 – 2

الضاغط ذو الكباس

1- اسطوانة.

2- كباس.

3- ذراع توصيل.

4- مرفق.

5- مرشح الهواء.

6- صمام سحب.

7- صمام ضغط.

أثناء تحرك الكباس فى الاسطوانة بمشوار السحب ، ينشأ فراغ جزئي يتسبب فى فتح صمام السحب ، المثبت على نابض لولبي (ياي) ليتدفق الهواء الجوي من خلال المرشح إلى الأسطوانة ، ثم يغلق صمام السحب فى نهاية مشوار السحب عن طريق عمود حدبات.

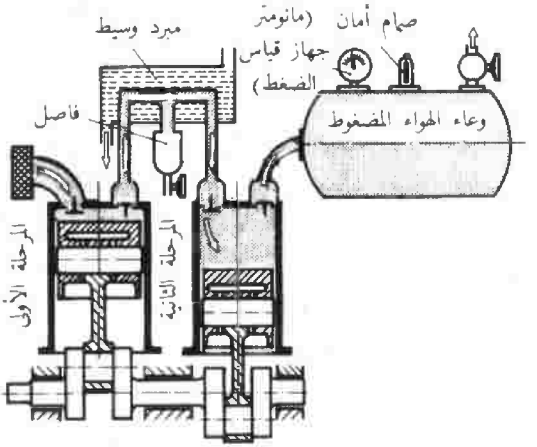
يضغط الهواء عند تحرك الكباس فى الأسطوانة بمشوار الضغط ، وعند وصول

الهواء المضغوط بضغط أكبر من قوة ضغط النابض المثبت علي صمام الضغط ، يفتح صمام الضغط ويتدفق الهواء المضغوط إلى وعاء الهواء المضغوط.

2. **الضاغط ذو المرحلتين** : Two stages comressor

ترتفع درجة حرارة الهواء عند ضغطه ، وكلما زاد إرتفاع درجات حرارة الانضغاط ، كلما إنخفضت عملية تزييت الصمامات وأسطح الانزلاق ، وإنخفضت كمية الهواء المسحوبة فى الحيز الداخلى للأسطوانة ، الذي ينتج عنه إنخفاض معدل تدفق الهواء المضغوط ، لذلك فقد صممت الضواغط ذات المرحلتين التى تعمل على تبريد الهواء المضغوط.

يتكون الضاغط ذو المرحلتين الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 3 من اسطوانتين وكباسين وعمود إدارة مزدوج المرفق ومبرد.



شكل 8 – 3

ضاغط ذو مرحلتين

قسم شغل الضغط اللازم فى هذه الضواغط إلى مرحلتين ، حيث يسحب الهواء من خلال المرشح وصمام السحب داخل الاسطوانة ، ثم يضغط الهواء ، ويفتح صمام الضغط ليتدفق الهواء المضغوط إلى مبرد وسيط .. وتعتبر هذخ هي المرحلة الأولى.

يبرد الهواء المضغوط ويسحب من خلال صمام السحب داخل الاسطوانة الثانية ويضغط ، ثم يفتح صمام الضغط ليندفع الهواء المضغوط إلى الوعاء ، ومن ثم فإنه يمكن تقسيم ضغط الهواء حسب الضغط النهائى المطلوب إلى مراحل ، ولذلك فقد أنتجت دور الصناعة الضواغط ذات المرحلتين والثلاثة والأربعة مراحل ، حيث يبرد الهواء المضغوط فى مبردات الهواء بعد كل مرحلة إلى درجة الحرارة الابتدائية تقريباً.

يتم تزليق الأجزاء المتحركة للضاغط عن طريق دورة تزليق بالضغط ، ينتج عن ذلك تزييت أسطح انزلاق الاسطوانة والكباسات وصناديق الحشو(موانع التسرب).

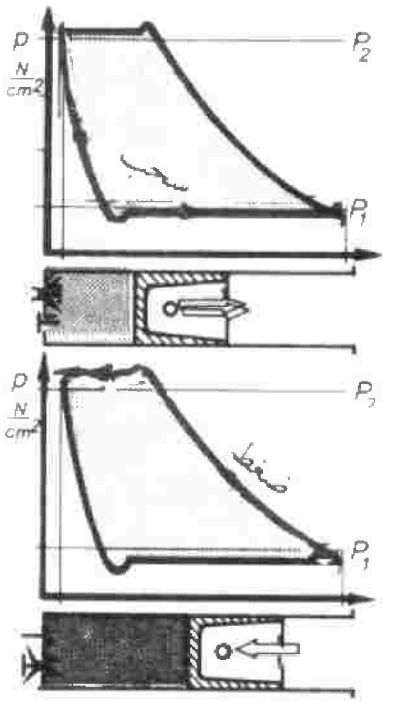
يتكثف بخار الماء المسحوب من الهواء في المبرد ويتحول إلى ماء ، ويفصل الماء المختلط بزيت تزليق الأسطوانة والكباسات فى فواصل ، ويخزن الهواء المضغوط فى أوعية خاصة قبل توصيله من خلال أنابيب التوصيل إلى الماكينات المطلوب تشغليها.

الهواء المضغوط : compressed air

تقع الضغوط اللازمة للمنشآت العامة بالهواء المضغوط ما بين P = 4 bar إلى P = 7 bar ، ويجرى رفع ضغط الهواء من ضغط السحب P_1 (ضغط الهواء الجوي) إلى الضغط النهائي P_2 ، وكلما ارتفع الضغط P_2 ارتفعت درجة حرارة الانضغاط ، وبذلك تسوء باستمرار ظروف تزييت الصمامات وأسطح الانزلاق ، ونتيجة لارتفاع درجة حرارة الحيز الداخلي للأسطوانة .. تنخفض كمية الهواء المسحوب ، ومن ثم تنخفض درجة شحن (امتلاء) ضغط الهواء ، ولهذا السبب يقسم إرتفاع الضغط حسب الضغط النهائي المطلوب إلى مراحل ، وبذلك يمكن الحصول على ضواغط ذات مرحلتين إلى أربع

مراحل ، حيث يتم فيها إعادة تبريد الهواء المضغوط في مبردات هواء بعد كل مرحلة إلى درجة الحرارة الابتدائية تقريباً.

شكل 8 – 4 يوضح رسم بياني لمسار الضغط لضاغط كباسات ذي مرحلة واحدة تطور تغيير الضغط مع الإزاحة كما يبين مقدار الشغل اللازم لضغط الهواء.



شكل 8 – 4

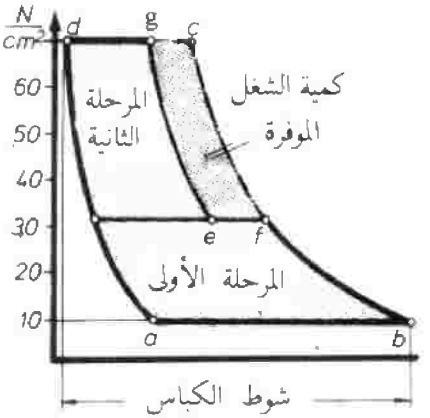
رسم بياني لتشغيل ضاغط ذي كباس واحد

$W = F \cdot S \quad , \quad F = P_1 \cdot A_1$

$W = P_1 \cdot A \cdot S$ **(Nm)** ..... ومنها نحصل على

$1\ Nm = 1\ j = 1\ W_s$

ويزداد هذا الشغل مع إرتفاع درجة حرارة الهواء ، حيث إن منحنى الانضغاط يكون أكبر ميلا . أما في حالة ضغط الهواء إلى مرحلتين ، فإن شغل الضغط يكون أقل قدراً كما هو موضح بالرسم بالبياني بشكل 8 – 5 وهو الشغل الذي يناظر المساحة g , c , f , e.

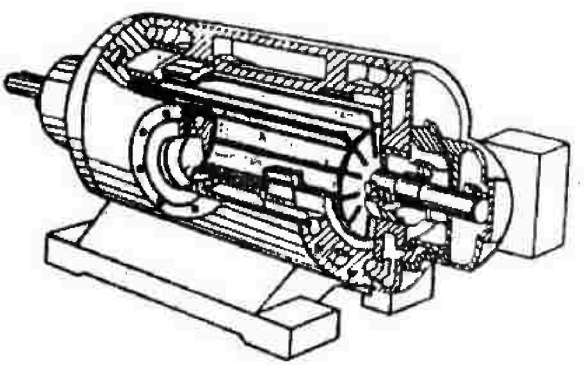


شكل 8 – 5

خفض مقار شغل الضغط في الضواغط ذات المرحلتين

3. **الضاغط الدوار** : Rotary compessor

يتكون الضاغط الدوار الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 6 من عضو دوار . مبيت . صمام سحب . صمام ضغط . غرفة تبريد.



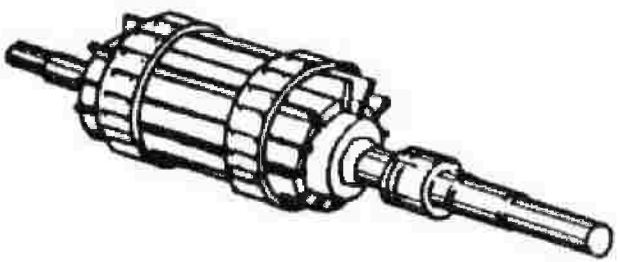
شكل 8 – 6

لضاغـط الدوار

تدار الضواغط الدوارة بالمحركات الكهربائية سريعة الدوران مباشرة ، ومن ثم فإن هذه الضواغط لها قدرة ضخ كبيرة بالنسبة لحجمها ، وتكاد تكون قدرتها على ضخ الهواء المضغوط هى نفس قدرة الضواغط ذات الكباسات.

يوجد بالعضو الدوار الموضح بالشكل 8 – 7 مجاري أو شقوق دليلية تنزلق بها الريش.

عند دوران العضو الدوار داخل المبيت الأسطواني ، تنزلق الريش وتندفع إلى الخارج بقوة طاردة لامركزية ، حيث ينشأ عن ذلك إختلاف فى مركز العضو الدوار والمبيت ، وينتج عنه ظهور فراغ هلالي الشكل ، بينهما يتخلله ريش العضو الدوار لتكون غرف سحب (حيز سحب الهواء) . تضيق هذه الغرف تدريجياً لتصل إلى غرف حيز الضغط ، حيث يدفع الهواء المضغوط إلى توصيلات الضغط ومنها إلى وعاء الهواء المضغوط.

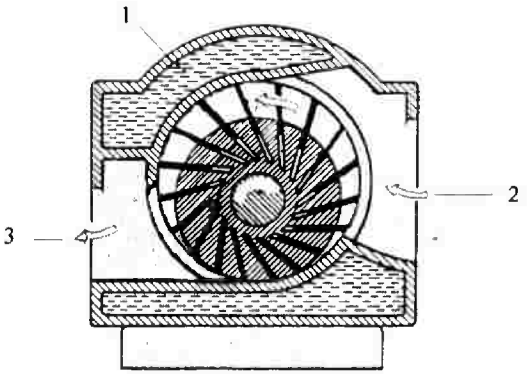


شكل 8 – 7

العضو الدوار

زود العضو الدوار من الخارج بحلقتين تدوران مع الريش لتسمح هذه الحلقات بدفع الريش إلى الخارج بمسافات معينة ، بحيث يقل القطر الخارجي للحلقات والريش المدفوعة بنسبة ضئيلة عن القطر الداخلى للمبيت ، بذلك لا يحدث تلامس مباشر بين الريش وجدران المبيت ، الأمر الذي يمنع البلي السريع لكل منهما.

يوجد بالضاغط الدوار تجهيزة تبريد موضحة بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 8 ، وذلك لتبريد الهواء المضغوط من خلال السطح الخارجي للمبيت.



شكل 8 – 8

دورة تبريد بضاغط دوار

1- ماء تبريد.

2- فتحة دخول الهواء.

3- فتحة خروج الهواء المضغوط.

يمكن توصيل مرحلة ثانية للحصول على هواء مضغوط بدرجة مرتفعة . يستخدم محرك واحد ذو قدرة أكبر لإدارة كلا المرحلتين.

الصمامات .. Valves

الصمامات هي عناصر مكنية تستخدم فى الأجهزة الرئوية أى في أجهزة الهواء المضغوط ، كالضواغط وخزانات الهواء المضغوط وغيرها ، وذلك لتنظيم والتحكم فى

القدرة .. (أي التحكم فى تشغيل وتوقف آليات الإدارة وعكس إتجاه الحركة وتشغيل المعدات ، كما تحافظ على الضغوط بحيث لا يتجاوز ضغط الهواء القيمة القصوي المحددة له ..... وغيرها).

أنواع الصمامات :

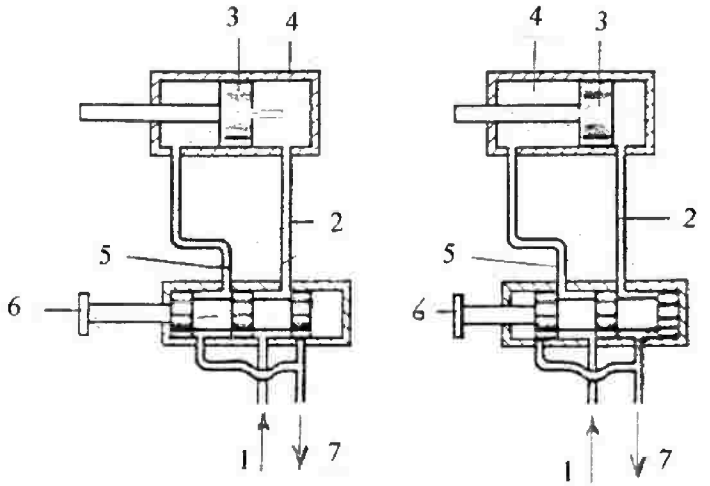
توجد أنواع مختلفة من الصمامات ، تختلف أنواعها وأشكالها باختلاف وظيفته كل منها .. فيما يلى عرض أكثر أنواع الصمامات الرئوية إنتشاراً.

الصمامات الاتجاهية : Directional-control valves

تستخدم الصمامات الإتجاهية للتحكم في توجيه الهواء المضغوط إلى أكثر من إتجاه . شكل 8 – 9 يوضح رسم تخطيطي لصمام إتجاهي أثناء تحكمه التوجيهي بأسطوانة نقل قدرة ثانية.

في الوضع (أ) للصمام الاتجاهي ينساب الهواء من خزان الهواء المضغوط إلي مدخل الصمام 1 إلي الوصلة 2 ليدفع الكباس 3 ليتحرك إلى الأمام.

يتدفق الهواء من أمام الكباس 3 أمام الجزء الآخر بالاسطوانة 4 إلى الوصلة 5 من خلال الصمام الاتجاهي 6 إلى توصيلة التنفيس 7 ومنها إلى الخارج (إلى الهواء الجوي) .. حيث يتحرك الكباس فى الإتجاه الامامي.



(ب) (أ)

شكل 8 – 9

صمام إتجاهي أثناء تحكمه التوجيهي فى اسطوانة نقل قدرة ثنائية

1- **فتحة دخول الهواء.**

2- **وصلة.**

3- **كباس.**

4- **اسطوانة.**

5- **وصلة.**

6- **الصمام الاتجاهي أثناء تحكمه التوجيهي فى الاسطوانة.**

7- **فتحة خروج الهواء .. (توصيلة التنفيس).**

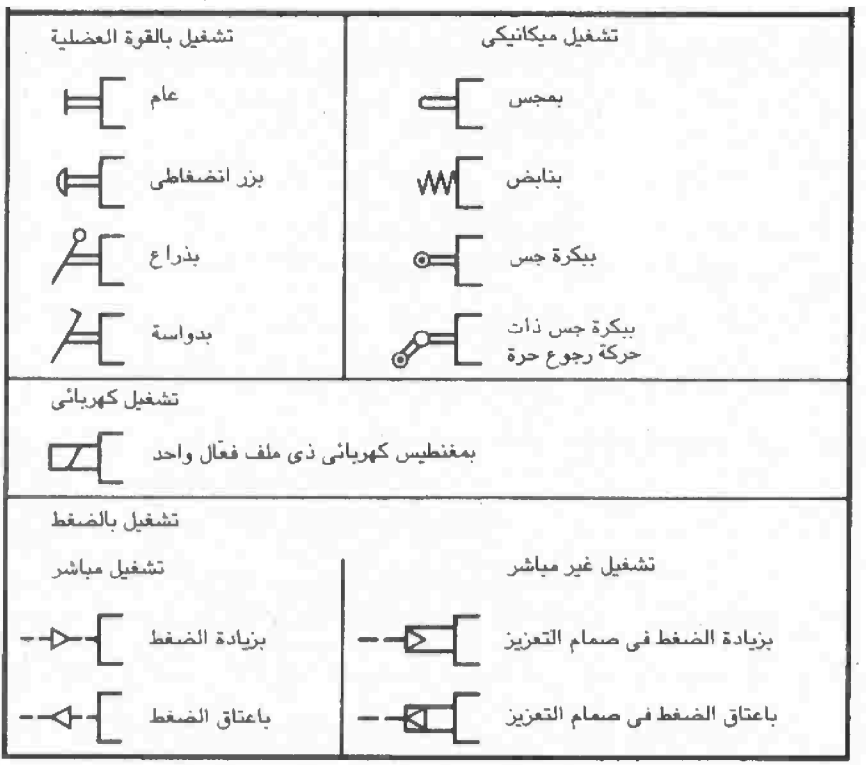
فى الوضع (ب) ينساب الهواء المضغوط من الخزان إلى مدخل الصمام 1 ليتحول إتجاه الهواء من خلال الصمام الاتجاهي إلى الوصلة 5 ليدفع الكباس 3 ليتحرك إلى الأمام ، حيث يتدفع الهواء من أمام المكبس من الجزء الآخر بالاسطوانة 4 إلى الوصلة 2 من خلال الصمام الاتجاهي 6 إلى توصيلة التنفيس 7 ومنها إلى الخارج (إلى الهواء الجوى) ، حيث يتحرك الكباس فى الاتجاه العكسي.

يتم التحكم فى حركة الصمام الاتجاهي يدوياً أو ميكانيكياً أو كهربائياً أو عن طريق تجهيزة هيدروليكية أو رئوية.

التسمية الرمزية للصمامات :

في التسمية الرمزية للصمامات يكتب قبل التسمية على سبيل المثال (صمام إتجاهي) عدد أطراف التحكم وعدد أوضاع التحويل ، هكذا يسمى صمام التحويل (الصمام الإتجاهي) **الموضح بالشكل السابق 8 – 9 ذو أربعة أطراف تحكم وضعي التحويل ، بصمام إتجاهي 4 / 2 (تنطق صمام إتجاهي أربعة إثنين).**

ويمكن تشغيل الصمامات الإتجاهية وغيرها من الصمامات كما هو موضح بشكل 8 – 10 بالقوة العضلية أو ميكانيكياً أو كهربائياً أو بالضغط (رئوياً أو هيدروليكياً).



شكل 8 – 10

التسمية الرمزية لوسائل تشغيل الصمام

التحكم التوجيهي عن بعد:

يصلح للتحكم التوجيهي عن بعد بوجه خاص الصمامات التي تدار كهربائياً ، والموجهة كهرومغناطيسياً أو المحركات الكهربائية الصغيرة.

ويمكن تغيير وضع الصممامات الموجهة بالهواء المضغوط بدفعة قصيرة من الهواء المضغوط (زيادة الضغط .. ضغطة موجبة) ، أو بإزالة ضغط التحكم المتكون في الصمام الإتجاهي لمدة قصيرة (إعتاق الضغط .. نبضة سالبة).

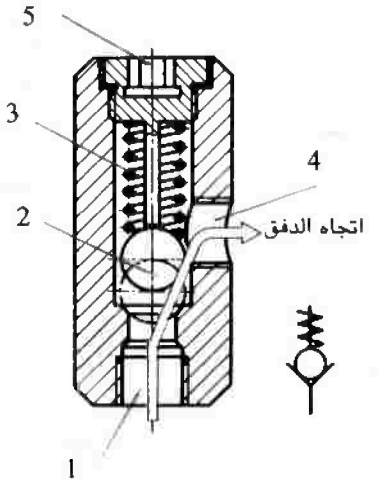
ولزيادة التأثير التشغيلي للضغط في الصمامات الكبيرة يرفق بصمام التحويل الرئيسي صمام تحكم صاعد.

الصمامات اللا رجعية : Non-return valves

صمم الصمام اللارجعي الموضح بشكل 8 – 11 ، بحيث يسمح بانسياب الهواء المضغوط فى إتجاه واحد فقط ، ولا يسمح برجوعه.

يضغط الهواء المضغوط من خلال الثقب 1 على الكرة المعدينة (البلية) 2 ، حيث يتغلب على مقاومة نابض الضغط (الياى أو السوسته) 3 ليرتفع إلى أعلى ، ليندفع الهواء المضغوط من خلال الثقب 4.

عندما يحدث ضغط عكسي لإتجاه الهواء المضغوط ، ينتج عنه ضغط على الكرة المعدنية (البلية) 2 ليغلق الثقب 1 ، بحيث لا يسمح برجوع الهواء المضغوط.



شكل 8 – 11

الصمام اللارجعى

1- ثقب دخول الهواء المضغوط.

2- كرة معدنية (بلية).

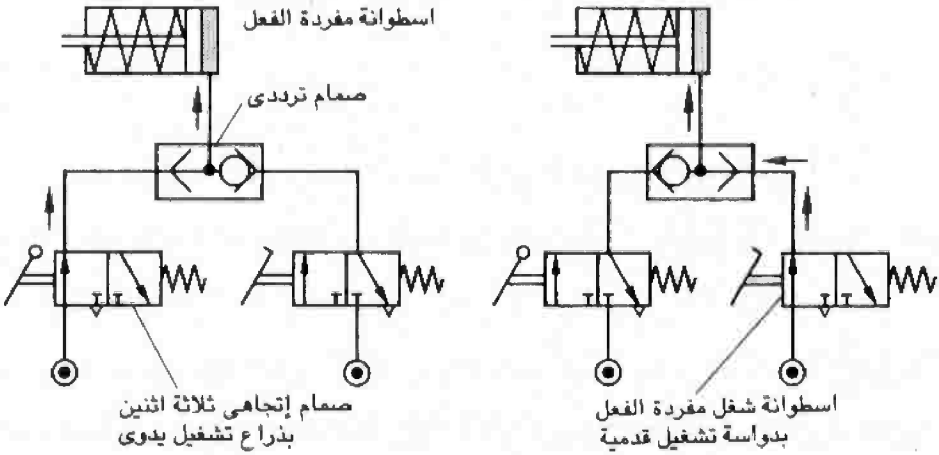
3- نابض ضغط .. (ياى أو سوسته).

4- إتجاه انسياب الهواء المضغوط.

5- صامولة تحكم فى قوة ضغط النابض.

يمكن التحكم فى مرور الهواء المضغوط من خلال قوة إنضباط النابض اللولبي (الياي) 3 بربطه أو فكه عن طريق الصامولة 5.

الصمامات الترددية (ثنائية الإتجاه)مدخلان ، يمكن إغلاقهما باتناوب ، وتوصيلة شغل واحدة . وعلى سبيل المثال يمكن بواسطة صمام تحويل 2 / 2 التحكم في أسطوانة الشغل مفردة الفعل من مكانين مختلفين شكل 8 – 12 ، حيث ينطلق كباس الأسطوانة عند ضغط الصمام بذراع يدوي أو الصمام الموجه بدواسة قدمية.

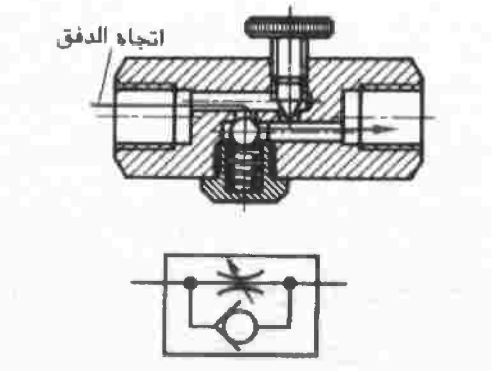


شكل 8 – 12

التحكم التوجيهي لأسطوانة شغل عبر صمام إتجاهي

الصمام اللا رجعي الخانق:

يسري الهواء المضغوط بصمام اللا رجعي الخانق الموضح بشكل 8 – 13 في إتجاه معين ، بينما يختنق السريان في الإتجاه العكسي . فإذا تدفق الهواء خلال الصمام في إتجاه الخنق إنضغطت كرة الصمام اللا رجعي في إتجاه مقعدها وإضطر الهواء إلى المرور خلال فجوة الخنق ، التي يمكن ضبط إتساعها عن طريق مسمار ملولب خانق مستدق الطرف ، وفي الإتجاه العكسي للزنق تضغط الكرة الخانقة في إتجاه نابضهافترتفع عن مقعدها وتتاح حرية مرور الهواء.

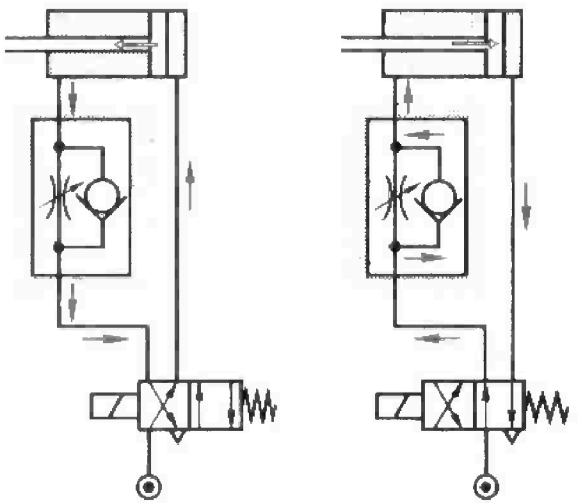


شكل 8 – 13

صمام لا رجعي خانق

ضبط السرعة بصمام لا رجعي خانق :

يمكـن بالصـمامات الـلا رجعيـة الخانقـة ضـبط سـرعة إنطـلاق الكباسـات او الأسطوانات تدريجياً كما هو موضح بشكل 8 – 14 ، في حين يتم شوط الرجوع بسرعة.



شكل 8 – 14
ضبط السرعة بصمام لا رجعي خانق

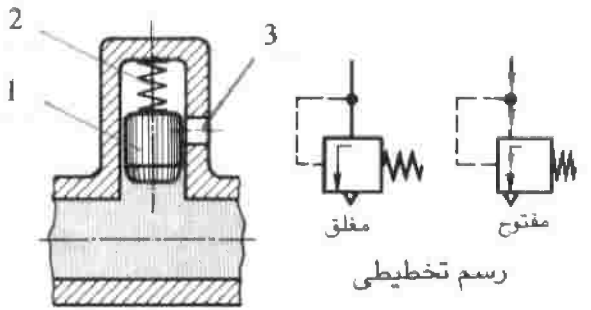
صمام التنفيس : Leakage valve

يوجد الهواء الجوى فى كل مكان ، لذلك فقد صمم صمام التنفيس ليسمح للهواء المنساب من اسطوانة نقل القدرة بالخروج إلى الهواء الجوى مباشرة ، دون الحاجة إلى إعادة إمراره للاستفادة به مرة أخري.

صمام تحديد الضغط : Sadety valve

صمام تحديد الضغط (صمام الأمان) الموضح بشكل 8 – 15 صمم هذا الصمام للمحافظة على الضغط فى داخل الأجهزة الرئوية (خزان الهواء المضغوط والتوصيلات المختلفة) ، بحيث يفتح تلقائياً عند زيادة ضغط الهواء عن الحد الأقصى المحدد له.

عند زيادة ضغط الهواء بالخزان أو بالتوصيلات ، يضغط الهواء على الكرة المعدنية أو الكباس 1 الموجود بالصمام ليضغط على نابض الضغط (الياي) 2 يلرتفع الكباس إلى أعلى لينساب الهواء من الفتحة 3 للخروج للهواء الجوي مباشرة . يغلق الكباس 1 تلقائياً عند وصول ضغط الهواء إلى المعدل المحدد له.



رسم تخطيطى

شكل 8 – 15

صمام تحديد الضغط .. (صمام أمان)

1- كباس أو كرة معدنية.

2- نابض ضغط .. (ياي أو سوستة).

3- فتحة خروج الهواء.

وحدة الصيانة : Maintenance unit

تتكون وحدة الصيانة بالتجهيزات الرئوية من الاجزاء التالية .. (راجع شكل 8 – 1).

1. **المرشح** : Filter

يقوم المرشح بتنقية الهواء المضغوط من الأتربة والشوائب ومخلفات النحر كالمعادن الدقيقة الناتجة عن الإحتكاك ، كما يقوم بفصل القشور وقطرات الماء.

2. **منظم الضغط** : Pressure regulator

صمم منظم الضغط للتحكم فى ضغط الهواء داخل الأجهزة الرئوية.

3. **المزيتة** : Oil can

الغرض من المتزيتة هو خلط رزاز الزيت مع الهواء المضغوط ، وذلك لتخفيض التآكل الناتج عن قوة إحتكاك الأجزاء المتحركة ، ونظراً إلى أن رزاز الزيت سريع الترسب على جدران الأنابيب ، فإنه لا يجوز أن يزيد البعد بين أي صمام أو أسطوانة وبين وحدة الصيانة عن أربعة أمتار.

عناصر التشغيل : Elements of operation

تتكون عناصر التشغيل من أسطوانات ومحركات تعمل بالهواء المضغوط وهي كالآتي:-

1. **اسطوانة الهواء المضغوط** : Cylinder of compressed air

يتحدد قطر الكباس وأسلوب التشغيل من خلال القدرة المطلوبة وطول المشوار وشكل التشغيل .. (مفرد التأثير . ثنائي التأثير . متأرجح).

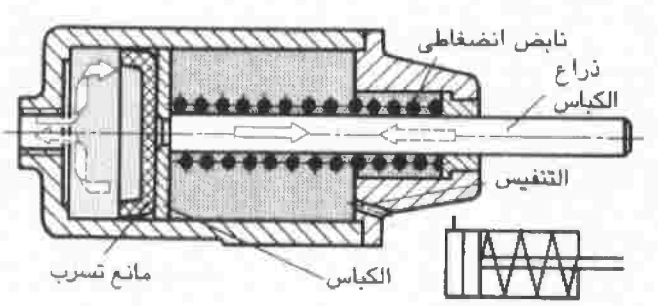
اسطوانة مفردة التأثير: Single Effect Cylinder

تتكون الاسطوانة مفردة التأثير الموضحة بشكل 8 – 16 من أسطوانة وكباس ، ونابض ضغط ، وموانع تسرب.

ينساب الهواء المضغوط إلى داخل الاسطوانة ليتحرك الكباس بالاسطوانة فى اتجاه واحد فقط ، ويعود الكباس إلى وضعه الابتدائي بعد زوال طاقة الهواء المضغوط عليه من خلال قوة النابض اللولبي (الياي أو السوسته) المثبت خلف الكباس.

يوجد صمام تنفيس بالجانب الخلفي للاسطوانة لطرد الهواء ، وذلك لسهولة تحرك الكباس.

يزود الكباس بمانع تسرب ضغط يعمل على منع التسرب بينه وبين السطح الداخلى للأسطوانة.



شكل 8 – 16
أسطوانة مفردة التأثير

اسطوانة مزدوجة التأثير:

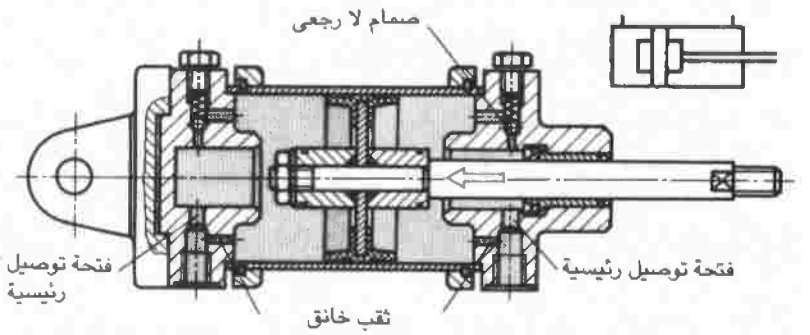
Double Effect Cylinder

تتكون الاسطوانة مزدوجة التأثير الموضحة بشكل 8 – 17 من اسطوانة وكباس مزدوج التأثير ، وصمامات ، وموانع تسرب.

يتحرك الكباس داخل الاسطوانة بكلا الجهتين عن طريق التحكم فى دخول الهواء المضغوط ، من خلال فتحات التوصيل الرئيسية.

عند استخدام الاسطوانة لتحرك أحمال كبيرة بسرعة عالية ، يمكن لهذه الكباسات أن تصطدم مع غطاء الاسطوانة وأن تلحق بها اضراراً ، ويمكن تحاش ذلك باستخدام مخمدات حدية قابلة للضبط ، فى هذه الحالة لا يستطيع الهواء المزاح من أمام الكباس الخروج دفعة واحدة ، بل ينساب من خلال الثقب الخانق الصغير تدريجياً ليستغرق وقتاً طويلاً ويكون بمثابة وسادة هوائية للكباس عند وصوله لقرب نهاية الاسطوانة.

يمكن التحكم فى عملية التخميد بتزويد الثقب الخانق بمسمار قلاووظ مدبب الطرف.



شكل 8 – 17

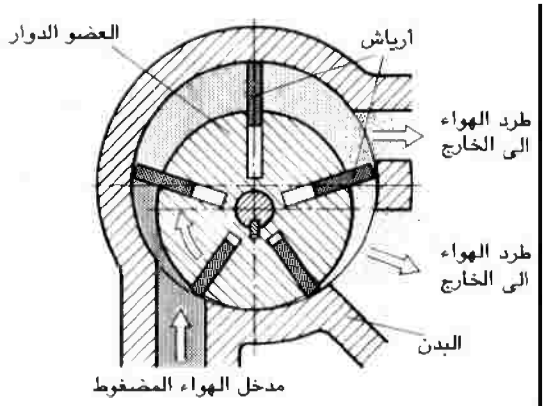
أسطوانة مزدوجة التأثير

محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاه الواحد:

Engine of compressed air with one direction

محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاه الواحد الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 18 ، يتكون من عضو دوار . مبيت اسطوانى . فتحة لدخول الهواء . فتحتان لخروج الهواء.

يندفع الهواء المضغوط من فتحة الدخول ليعمل على دوران العضو الدوار بالمحرك ، حيث تنزلق الريش المتحركة داخل المجارى الدليلية بالمبيت ، وتندفع إلى الخارج بقوة طاردة لا مركزية ، ثم يطرد الهواء إلى الخارج (إلى الهواء الجوي) من خلال فتحات الخروج.



شكل 8 – 18

محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاه الواحد

تستخدم محركات الهواء المضغوط لتحويل طاقة الهواء إلى شغل ، حيث تستخدم في معدات الربط والقمط بالمخارط النصف آلية ، كما تستخدم في ماكينات التجليخ ..... وغيرها من الماكينات ذات الشغل الدوراني.

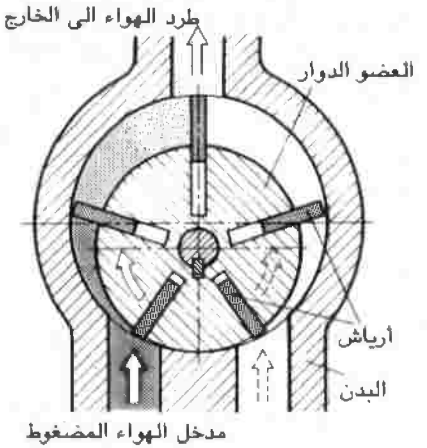
2. محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاهين :

Engine of compressed air with two direction

يتكون محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاهين الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 19 بنفس أجزاء محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاه الواحد ، باختلاف فتحات دخول وخروج الهواء ، حيث يوجد بالمحرك ذو الاتجاهين فتحتان للدخول وفتحة للخروج.

ينساب الهواء المضغوط بالمحرك ذو الاتجاهين من خلال الفتحة اليسارية ، ليدور المحرك فى اتجاه عقارب الساعة ، ويمكن عكس اتجاه الدوران بانسياب الهواء لدخوله من الفتحة اليمني عن طريق صمام اتجاهي.

يتميز هذا المحرك بتغيير اتجاه دورانه ، وذلك من خلال فتحات دخول الهواء واستخدامه بكلا الاتجاهين.



شكل 8 – 19

محرك الهواء المضغوط ذو الاتجاهين

كاتمات الصوت : Sound reduction

ينشأ ضجيج عند طرد الهواء المضغوط وخروجه بسرعة كبيرة وإصطدامه بالهواء الجوي الساكن . لذلك فقد صممت دور الصناعة كاتمات الصوت التى تحد من هذا الضجيج ، عن طريق تشتيت تيار الهواء المضغوط والمندفع إلى الخارج من خلال المساحات المسامية الكبيرة ، ليخرج الهواء بسرعة منخفضة على شكل جزئيات مشتتة ، ليحدث إنخفاض كبير فى الصوت أو يتلاشي.

مميزات الهواء المضغوط : Advantages of compressed air

للهواء المضغوط مميزات عديدة فى دوائر التحكم وغيرها ، وأهم مميزاته هي الآتي:-

1- لما كان الهواء الجوي متوفراً فى كل مكان ، لذلك فإن الهواء يترك بعد تشغيله لينساب بالخارج دون الحاجة إلى وجود خطوط توصيل لإعادة تشغيله.

2- سهولة نقله إلى مسافات بعيدة عبر أنابيب توصيل معدنية أو أنابيب مرنة أو خراطيم.

3- نظراً لقابلية الهواء للإنضغاط ، فلا يخشى من تحميل أجزاء التشغيل العاملة بالهواء المضغوط تحملا زائداً.

4- يمكن تخزينه فى أوعية الضغط لمدة طويلة.

5- يمكن استخدام الأجهزة والوحدات العاملة بالهواء المضغوط فى الأماكن المعرضة لخطرالانفجار ، حيث أن الهواء المضغوط لا يشتعل ولا يولد أي شرر ، وبذلك يستبعد حدوث أي انفجار خطير.

6- تسمح سرعات التدفق العالية باستخدامه فى بعض الآلات للحصول على سرعات تشغيل كبيرة.

عيوب الهواء المضغوط : Disadvantages of cmpressed air

1- نظراً لقابلية الهواء للانضغاط ، فإنه لا يمكن التوصل إلى سرعات تشغيل ثابتة تكون مقاديرها متعلقة بالتحميل.

2- ينشأ ضجيج شديد عند إنسياب الهواء المضغوط إلى الخارج.

3- يلزم استخدام أسطوانات تشغيل ذات كباسات بأقطار كبير للحصول على قوي مرتفعة ، وذلك لأن الضغط المعتاد للهواء المضغوط يبلغ $P_o = 6$ bar .

مجال استخدام الهواء المضغوط : Field of using compressed air

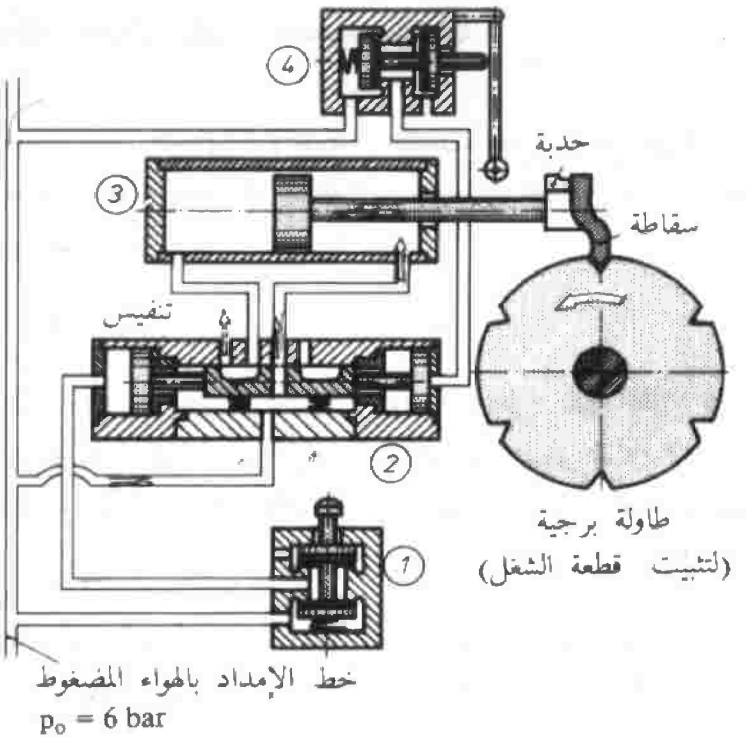
يخزن الهواء المضغوط فى خزانات محكمة، للاستفادة به فى تحويل طاقته إلى طاقة مكانيكية ، لنقل الحركة المستقيمة المترددة أو الحركة الدائرية بالآت التشغيل المختلفة .. وفيما يلى عرض لبعض الآت التشغيل والإنتاج التى تحتوي على تجهيزات للهواء المضغوط.

التحكم في طاولة برجية ذات تقسيم دائري :

يمكن التحكم في طاولة برجية ذات تقسيم دائري في ماكينة ثقب على سبيل المثال

كما هو موضح بشكل 8 – 20 ، عندما يراد عمل ثقوب منتظمة التباعد (على مسافات متساوية) على دوائر في قطعة تشغيل.

يشغل الصمام 2 / 3 رقم 1 ، يدفع الصمام الإتجاهي 2 / 4 رقم 2 إلى جهة اليمين ليتدفق الهواء المضغوط إلى الجانب الأيمن من الأسطوانة 3 ، ويدفع الكباس إلى جهة اليسار ، حيث يدير الطاولة البرجية بمقدار سدس لفة ، بعد هذه الخطوة تقوم الحدبة (الكامة) بفتح الصمام الإتجاهي 2 / 3 رقم 4 ، فيزيح الهواء المضغوط الصمام 2 إلى جهة اليسار ، ليندفع الهواء خارجاً من جانب الأسطوانة 3 ، ليتحرك الكباس إلى جهة اليمين ، لتستقر السقاطة في الحز التالي .. وتبدأ دورة التشغيل التالية بالضغط على الصمام 1.



شكل 8 – 20

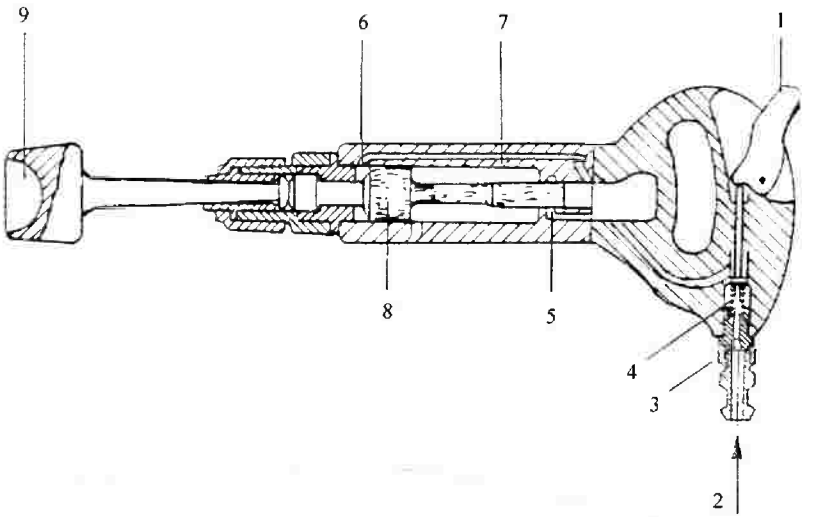
التحكم بالهواء المضغوط في طاولة برجية للتقسيم الدائري

(وضع التشغيل)

آلة البرشام الهوائية : Pneumatic riveter

شكل 8 – 21 يوضح رسم تخطيطي لآلة برشام هوائية يدوية ،حيث يستخدم الهواء المضغوط فى نقل الحركة المستقيمة المترددة لبلص البرشام (الجزء الأمامي للآلة).

تتكون آلة البرشام الهوائية من الأجزاء التالية :-



شكل 8 – 21

آلة البرشام الهوائية اليدوية

1. **إصبع التشغيل.**
2. **فتحة دخول الهواء.**
3. **صمام تحكم.**
4. **نابض ضغط.**
5. **فتحة دخول الهواء .. (خلف الكباس).**
6. **فتحة خروج الهواء .. (أمام الكباس).**
7. **الاسطوانة.**

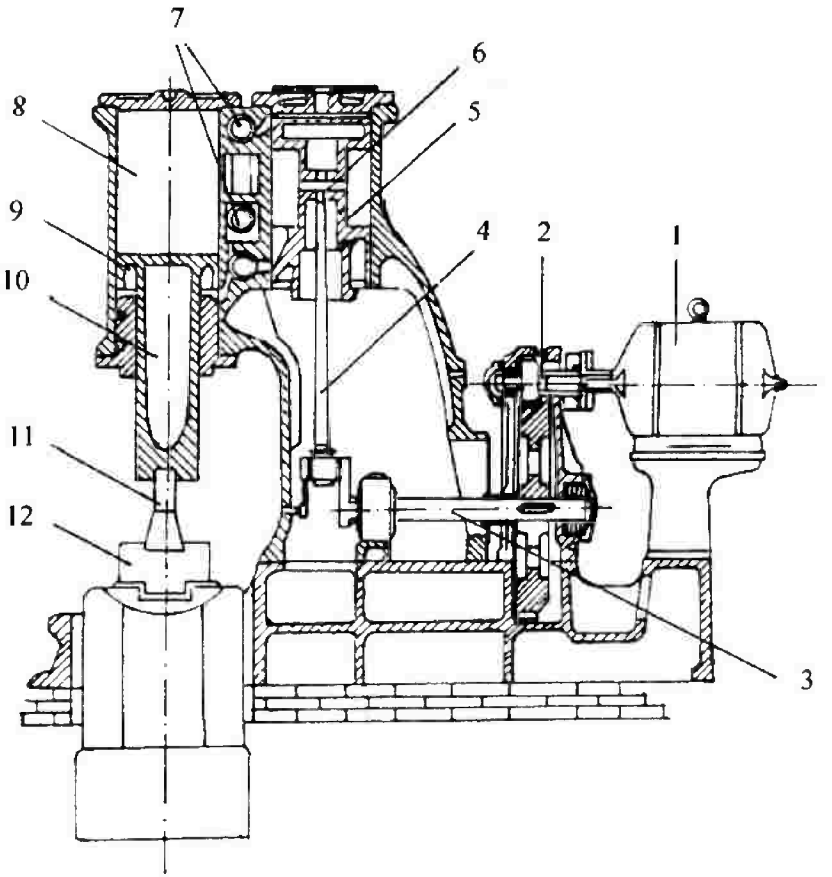
8. **الكباس.**
9. **المطرقة التى تحمل رأس البرشام.**

عند تشغيل آلة البرشام الهوائية اليدوية ، يضغط على إصبع التشغيل 1 ليرتفع صمام التحكم 3 إلى أعلى نتيجة لضغط النابض (الياي) 4 ليسمح باندفاع الهواء المضغوط من الفتحة 2 إلى الاسطوانة 7 من خلال أنبوبة التوصيل وفتحة دخول الهواء 5 حيث يضغط الهواء على الكباس 8 ليتحرك إلى الأمام ، ليصطدم بالمطرقة التى تحمل رأس البرشام . عندما يصل الكباس 8 إلى قرب نهاية الاسطوانة 9 فإن ذراع الكباس يغلق فتحة دخول الهواء 5 ويفتح فتحة دخول الهواء 6 ليندفع الهواء المضغوط من خلال أنبوبة التوصيل حيث يضغط الهواء على الكباس 8 ليعود إلي وضعه الابتدائي ..... وهكذا.

يمكن التحكم فى سرعة الطرقات عن طريق تخفيض كمية الهواء المضغوط للاسطوانة ، من خلال التحكم بالضغط على اصبع التشغيل.

المطرقة الآلية الهوائية : Pneumatic hammer

شكل 8 – 22 يوضح رسم تخطيطي لمطرقة آلية هوائية (تعمل بالهواء المضغوط) . تستخدم المطارق الآلية الهوائية لطرق وتشكيل المشغولات ذات الأحجام الكبيرة بورش الحدادة . تتكون المطرقة الآلية الهوائية من الأجزاء التالية :-



شكل 8 – 22

المطرقة الآلية الهوائية

1- المحرك الكهربائي.

2- صندوق تروس .. (لتغيير السرعات).

3- عمود مرفق.

4- ذراع توصيل.

5- اسطوانة ضغط الهواء.

6- كباس ضاغط الهواء.

7- صمامات إتجاهية.

8- اسطوانة نقل القدرة.

9- كباس نقل القدرة.

10. المطرقة.

11. مقدمة المطرقة (الدقاق).

12. السندال.

تنتقل الحركة بالمطرقة الهوائية من المحرك الكهربائي 1 إلى صندوق تروس السرعات 2 إلى عمود المرفق 3 إلى ذراع التوصيل 4 ليتحرك الكباس 6 حركة مستقيمة مترددة داخل أسطوانة ضغط الهواء 5 ، حيث يضغط الهواء الذي سحبه من النصفين العلوي والسفلي من أسطوانة الضغط ، يتجه الهواء المضغوط إلى الصمامات الاتجاهية 7 من خلال أنابيب التوصيل إلى الاسطوانة نقل القدرة 8 ، مما ينتج عنه تحرك كباس نقل القدرة 9 المثبت به المطرقة 10 وإصطدام مقدمة المطرقة (الدقاق) 11 بالسندال 12 ، ويستمر دخول الهواء المضغوط إلى اسطوانة نقل القدرة وخروجه بواسطة الصمامات الاتجاهية 7 للحصول على حركة مستقيمة مترددة من (الدقائق) لتشكيل القطع المطلوب تصنيعها.

يمكن التحكم من خلال الصمامات الاتجاهية بالتشغيل الآلي أو التشغيل المتقطع (الطرقات المنفصلة) بالإضافة إلى أنها تحافظ على وضع المطرقة (الدقائق) عند إنتهاء التشغيل فى الوضع العلوي.