دراسة أنظمة الهواء في المنشآت الصناعية

إعداد الطلاب :

اسماعيل عمر الحسين شريف 152503

عبدالكريم بابكر عبدالرحمن عثمان 152508

محمود محمد حيدر محمد 1525015

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكلاريوس الشرف في الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

يونيو 2018م

الآيـة

قال تعالى : (اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (1) خَلَقَ الإِنسَانَ مِنْ عَلَقٍ (2) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الأَكْرَمُ (3) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (4) عَلَّمَ الإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (5))

صدق الله العظيم

سورة العلق – الآيات (5–1)

الإهداء

الى الأخوة الزملاء في برنامج الهندسة الميكانيكية

الى أسرة كلية الهندسة بجامعة وادي النيل

الى الأهل والأحباب عموماً واخص منهم والدتي العزيزة ووالدي الحبيب

والى زوجتي حفظها الله

أهدي اليكم هذا الجهد

الشكر والعرفان

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك .. ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين ..

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

قناعتنا أن العطاء الثر يظل عالقاً بالوجدان ومخلداً ذكرى أولئك الذين يقدمونه فإيمانا منا بالمعروف والفضل نتقدم بشكرنا للأستاذ

د. أسامة المرضي

تقديرنا لك ما قدمته سائلين المولى أن يجعله في ميزان حسناتك

حينما نعبر شطء العمل الدؤوب ، لا يهيم في دواخلنا سوى أولئك الذين غرسوا زهراً جميلاً في طريقنا ...

أولئك الذين منحونا العزم تلو العزم ، لنتخطى الصعاب ، ونقف واثقي الخطى

نشاطركم الإبداع حرفا ولغة

الأساتذة الإجلاء بكلية الهندسة والتقنية

وأخص بالشكر مصنع أسمنت عطبرة والأخوة الزملاء به

فهرس المحتويات

	الموضوع	رقم الصفحة
	الآية	II
	الإهداء	III
	الشكر والعرفان	IV
	فهرس المحتويات	V
	فهرس الأشكال	VII
	فهرس الجداول	VIII
	ملخص البحث	IX
الفصل الأول : مقدمة ونشأة تاريخية		
1-1	مقدمة عامة	1
1-2	الحاجة للهواء في الصناعة	2
1-3	مميزات ومحددات التحكم بالهواء المضغوط	4
1-4	اهداف البحث	4
الفصل الثاني : توليد وتجفيف الهواء المضغوط		
2-1	مصطلحات فنية:Technical Expression	6
2-2	الضواغط compressors	9
2-2-1	الضواغط الترددية Reciprocating Compressors	9
2-2-2	الضواغط الدوارة الريشية Vane Compressors	9
2-2-3	الضاغط الحلزوني screw compressor	9
2-3	تجفيف الهواء المضغوط	12
الفصل الثالث : نظام القياس والتحكم		
3-1	نظم القياس	17
3-2	نظم التحكم في الهواء	18
3-2-1	التحكم بالإيقاف والتشغيل Start / stop control	18
3-2-2	التحكم في التشغيل بدون حمل Non-Load Control	18
3-2-3	التحكم المركب Combination control	19
3-2-4	التحكم بتغيير السرعة Variable Speed Control	19
3-2-5	التحكم في مجموعة ضواغط Multi Set Control	19

3-3	موانع التسريب والحشو Seals and Packing:	20
3-3-1	الحشو packing	20
3-4	أمثلة علمية عن التحكم النيوماتيكي	23
3-4-1	التحكم في المنفاخ الهوائي	23
3-4-2	التحكم في وحدة الرفع بالتفريغ Vacuum Lifter Control	24
3-4-3	التحكم المباشر في الاسطوانات	25
الفصل الرابع : توزيع الهواء المضغوط		
4-1	تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل للضاغط	27
4-2	اختيار اقطار مواسير الشبكة الهوائية	27
4-3	اختيار حجم الخزان المناسب	29
4-4	خطوط الهواء	30
4-5	أدوات التوصيل fittings	32
4-5-1	أولاً: أدوات التوصيل المسننة {المقلوظة} threaded connectors	32
4-5-2	ثانياً: أدوات التوصيل الفلانجية flange connectors:	32
4-5-3	ثالثاً: أدوات التوصيل الانضغاطيه compression connectors	32
4-5-4	رابعاً: الوصلات السريعة quick disconnect couplings	33
4-5-5	خامساً: الموزعات manifolds	33
4-6	دراسة نظام نيوماتيكي في مصنع اسمنت عطبرة	34
4-7	رسومات وصور لبعض ادوات التحكم المصنعة حسب مواصفات ISO	38
الفصل الخامس : الخاتمة والتوصيات		
5-1	الخاتمة	41
5-2	التوصيات	41
	المراجع	43
	الملاحق	44

فهرس الأشكال

اسم الشكل	رقم الصفحة
الشكل (1-2) مبرد وحدة الفريون	14
الشكل (2-2) مبرد الاعادة	15
الشكل (2-3) خزان الهواء	15
شكل (4-2) ضاغط حلزوني	16
الشكل (3-1) انبوب بوردون لقياس الضغط	17
الشكل(2-3) حلقات منع التسريب	22
الشكل 3-3 موانع تسريب للمكابس والاعمدة	22
الشكل (4-3) قطاع في أسطوانة يستخدم فيها حلقات V	22
الشكل (5-3) التحكم في المنفاخ الهوائي	23
الشكل (6-3) التحكم في وحدة الرفع بالتفريغ	24
الشكل (7-3) التحكم المباشر في الأسطوانات أحادية الفعل	25
الشكل (8-3) محتويات الدائرة الهوائية المختصرة	26
شكل (1-4) تعيين القطر المناسب	28
الشكل (a-2-4) طريقة تمديد الخراطيم الصحيحة والخاطئة	31
الشكل (b-2-4) الطريقة الصحيحة والغير صحيحة لتمديد الخراطيم المرنة	31
الشكل (4-3) يوضح وصلة انضغاطية	33
الشكل (4-4) يوضح موزع هوائي	33
الشكل (4-5) يوضح جسم ماكينة التعبئة	36
الشكل (4-6) يوضح المكابس المستخدمة	36
الشكل (4-7) يوضح انبوب هوائي	37
الشكل (4-8) يوضح منظم الضغط	37

فهرس الجداول

اسم الجدول	رقم الصفحة
مقارنة بين انواع الضواغط	11
مقارنة بين تكلفة الادارة والتركيب والصيانة والتكلفة المبدئية للأنواع المختلفة للضواغط	12
الجدول(1-4) للطول المكافئ بوحدة mm	29
الجدول (2–4)	30

الملخص :

يهدف هذا البحث لدراسة أنظمة الهواء في المنشآت الصناعية حيث تتم أخذ ماكينة تعبئة الاسمنت كمثال لدراسة حالة. يعمل الهواء المضغوط على تحريك مكابس تعمل بدورها على فتح وغلق البطاريات التي تعمل على ملء الكيس بالاسمنت وايضاً المكابس التي تعمل على دفعة الى السير الناقل وجد من خلال هذه الدراسة أن الهواء الرطب له تأثير سالب على الانابيب الناقلة للهواء وأجهزة التحكم المستخدمة ولتقليل الرطوبة يجب استخدام عدد كافٍ من مصائد الماء (water trap).

يتكون هذا البحث من خمس فصول حيث يشتمل الفصل الأول على مقدمة ونشأة تاريخية عند تطور استخدام الهواء في الصناعة بينما يشتمل الفصل الثاني على توليد وتجفيف الهواء المضغوط ، أما الفصل الثالث فيتضمن أنظمة القياس والتحكم المستخدمة في ماكينات الهواء. يشتمل الفصل الرابع على توزيع الهواء المضغوط ودراسة حالة لماكينة تعبئة الاسمنت بمصنع اسمنت عطبرة بينما يشمل الفصل الخامس على الخاتمة والتوصيات.

الفصل الاول

مقدمة ونشأة تاريخية

Introduction and Historical Background

1-1مقدمة عامة:

لقد ظل الانسان منذ وجوده علي سطح الارض يحاول الاستفادة من الاشياء الطبيعية من حوله لاشباع حوجاته التي لاتحدها حدود ومن بين الطبيعات من حوله حاول الانسان الاستفادة من الهواء وحركته الطبيعية وكانت اول محاولاته استخدامه في المراكب والسفن الشراعيه ومن ثم كان استخدامه في الحدادة (الكير).

اما اول محاولة للاستفادة منه في شي ثابت كان في بدايه عصور النهضه الصناعية في اوربا عندما تم تشغيل طواحين في هولندا تعمل بالهواء (طواحين الهواء) بعد النهضة الصناعية والتنافس الصناعي حاول الانسان التحكم في الهواء او توليد الهواء ليتم الاستفادة منه استفادة قصوي حيث اصبح بعد ذلك علما يدرس وله فروعه الكثيرة.

حاليا اصبح الهواء يستخدم في التحكم (هواء مضغوط) كما يستخدم في التبريد والتكييف اضافة للتسخين والفلترة.

ونحن في دراستنا هذه سنركز علي انظمة الهواء المضغوط فالهواء المضغوط له استخدامات كثيرة في الهندسة حيث اصبح من العلوم الهندسية حيث ان النيوماتيك هو علم هندسي يهتم بالهواء المضغوط وتدفقه بل تطور هذا العلم حتي اصبح الهواء المضغوط يستخدم في التحكم فمثلا في الاليات التي تستخدم الهواء مثل (CNC/center) تصحب عمليه استلام السكين من المناول او ارجاعها عمليه فتح وقفل للكلوات يتم التحكم فيها بواسطة الهواء (Clamp and Unclamp) وايضا في التحكم في المطارق والمكابس وكما في صناعة الزجاج وصناعة اللدائن والمواسير البلاستيكية والتطور في استخدام الهواء في التحكم ادي الي تطوير نظام الصمام في الهواء والتحكم في الهواء في كميه انتاجه اضافة لتطوير الوصلات وتعدد انواعها، اضاف للتحكم في تنقيه الهواء وتجفيفه كما ادي لتطوير الاسطوانات واحجامها وتنوع بلوفه التحكم اضافة لعدادات تبين كمية الهواء المضغوط .

الارض محاطة بغلاف جوي من مجموعة من العناصر (الغازات والابخرة) والهواء الجوي يحتوي علي 87% من النيتروجين وحوالي 21% من الاكسجين ومجموعه من الغازات الأخرى وبخار الماء بنسبة ضئيلة جدا ولفظ "بنيوما" هو لفظ

مـأخوذ مـن اللغـة اليونانيـة وهـو يعنـي "تـنفس الهـواء "ومـن هـذا اللفـظ" بنيومـا" تطـور الـي بنيوماتيـك" الهـواء المضـغوط" وهـو يعنـي علـم تحركـات الهـواء وظـواهره الطبيعيـة والمفهـوم الاساسـي فـي عصـرنا هـذا عـن الهـواء المضـغوط هـو اسـتغلال الهـواء كوسـيلة للعمـل فـي المجـلات الصـناعية علـي وجـه الاخـص وذلـك مـن اجـل الـتحكم والتشـغيل والتوجيه في المنظومات المختلفة.

ومنـذ بدايـة الانسـانية الـي اواخـر القـرن الثـامن عشـر اسـتعملت الضـواغط الهوائية في الغالب للتعدين وصناعة المعادن.

ولكن لم تكن فكرة نقل القدرة باستخدام الهواء المضغوط شائعة الا في عام 1855م.

وفـي ويلزكـان اول مصـنع يـدار بالمـاء والهـواء المضـغوط كـان فـي عـام 1820م علـي الـرغم مـن وجـود بعـض التسـريبات مـع بدايـة التشـغيل الا ان اسـتخدامات الهـواء بـدات فـي الانتشـار وبـالرغم مـن ان اساسـيات الهـواء المضـغوط مـن اقـدم مـاتعرف عليـه الانسـان علـي الاطـلاق الا ان الابحـاث قـد اسـتمرت حتـي هـذه الاونـة من اجل اكتشاف خواص ونظريات الهواء المضغوط وكذلك التعرف عليها عموما.

وعلـي وجـه الاخـص مـن اجـل تشـغيل الماكينـات والاجهـزة الصـناعية وكـذلك من اجل التحكم في توجيهها.

2-1الحاجة للهواء في الصناعة:

كلمـة نيوماتيـك كلمـة اغريقيـة (Pnewma) وتعنـي هـواء او ريـاح او تـنفس وتعرف بانها علم هندسي يهتم بالهواء المضغوط وتدفقه.

الهـواء المضـغوط تـم اسـتخدامه منـذ فتـرة طويلـه بالصـناعة ولكـن فـي منتصـف القـرن العشـرين تـم اسـتخدام الهـواء المضـغوط فـي الـتحكم وذلـك فـي صـناعة المواسـير البلاسـتيكية وصـناعه الزجـاج ممـا ادى بـدوره لتطـوير نظـام دوائـر الـتحكم النيومتيكيـة وتطوير الوصلات وتطوير طرق تنقيه الهواء المضغوط.

وفـي منتصـف عـام 1960ميلاديـة تقـدمت صـناعات صـمامات الـتحكم وتـم اسـتخدام الصـمامات المنطقيـة فـي الـدوائر الهوائيـة وهـذا التقـدم جعلهـا ذات مواصـفات فنيـه جيـدة مثال لهذه المواصفات :

1- صغر الحجم للصمامات

2- فتحات التوصيل توجد اسفل الصمام

3- استخدمت ارقام معبرة عن الوظيفة لترقيم مداخل ومخارج الصمامات

4- تعمل الصمامات في مدي كبير للضغط

5- طول عمر هذه الصمامات بحيث يصل العمر التشغيلي لهذه الصمامات الي 5-100 مليون دورة تشغيل تقريبا

اضافة لذلك ظهرت الوصلات السريعة التي تجعل التوصيل يتم في لحظات كذلك ظهور بعض العناصر لكتم الصوت المزعج.

أصبح استخدام الهواء المضغوط منتشر في جميع ميادين التحكم في الصناعة فهو يستخدم في تشغيل آلات الورش واعمال التعدين وانشاء وتصليح الورش وذلك لعدة اسباب منها :

1- سهولة استخدامها في الاماكن التي لاتوجد بها كهرباء

2- سهولة حمل هذه الالات

3- متانه الالات العاملة بالهواء المضغوط وسهولة صيانتها

4- تصميمها بحيث تعمل في الظروف الصعبة حيث الاتربة والماء .....الخ

5- لا يتعرض العاملون بهذه الالات لصدمة كهربائية كما الحال في الاليات العاملة بالتيار الكهربائي

6- لا يخشي علي هذه الالات من الاحمال المفرطة

7- استخدامها في الماكينات الكبيرة لحمل قوالب كبيرة كما في المكابس باقل جهد

8- استخدامه في الماكينات الحديثة في ال (unclamp,clamp) بسهولة ويسر

3-1مميزات ومحددات التحكم بالهواء المضغوط:

اولا : المميزات : **(Advantages):**

1- الهواء متوفر بلا مقابل ويمكن الحصول عليه في اي مكان وباي كمية مطلوبة

2- يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الخطوط الهوائية لمسافات بعيدة

3- لا يحتاج للتخلص من بقايا الهواء المضغوط ،حيث يمكن تسربها للجو بعد الانتهاء من العمل به

4- الهواء غير حساس للتغير في درجة حرارة ، ولذلك يمكن استخدامه في التحكم عند اي ظروف مناخيه

5- يفضل استخدامه في الاماكن المعرضه للانفجارات والتي تحتوي علي غازات متطايرة قابله للاشتعال عن التحكم بالكهرباء لعدم احتمال حدوث اي شرارة

6- الالات التي تعمل بالهواء المضغوط لا يخشي عليها من الاحمال المفرطه بعكس الالات التي تعمل بالتيار الكهربي

7- الهواء المضغوط نظيف لذلك يمكن استخدامه في الصناعات التي تحتاج الي نظافة خاصه مثل الصناعات الغذائية وصناعة الغزل والنسيج ...الخ

ثانيا: المحددات :(limitations):

1- ارتفاع تكلفة انشاء وتشغيل وصيانة وحدات توليد وتجفيف الهواء المضغوط

2- يلزم استخدام الات كبيرة للأسطوانات للحصول علي قوي كبيرة ولذلك يفضل عدم زيادة ضغط الهواء المضغوط عن 7bar لتقليل التكلفة

3- نظرا لقابلية الهواء للانضغاط لا يمكن الوصول الي سرعات ثابتة لعناصر الفعل (اسطوانات ومحركات هوائية) عند تغير الاحمال

4-1اهداف البحث:

مع تقدم الصناعة اصبح الهواء من الركائز الهامة للصناعة فلا يوجد نظام صناعي متكامل يستغني عن استخدام الهواء المضغوط والتحكم بالهواء يستخدم حاليا في كثير من الصناعات فاذا اخذنا علي سبيل المثال ماكينات تعبئة الاسمنت في مصانع الاسمنت الحديثه اليوم فنجد ان الهواء المضغوط يعمل علي تحريك الاجزاء الموجودة في ماكينه التعبئة (packer) والتحكم فيها مثل حركه المكابس التي تعمل علي فتح واغلاق البوابات التي تعمل علي ملأ الكيس بالاسمنت وايضا المكابس التي تعمل علي دفعه الي السير الناقل بعد تعبئته بالوزن المطلوب وهكذا، وكل هذه المنظومات النيوماتيكيه تعمل بتوقيت معين يتم ضبطه وحسابه مسبقا عن طريق

الشـــركه المصـــممه لهـــذه الماكينـــه، وســـنتطرق فـــي بحثنـــا هـــذا الـــي شـــرح كامـــل لـــبعض انظمه التحكم في مثل هذه المنظومات.

الفصل الثاني

توليد وتجفيف الهواء المضغوط

2-1مصطلحات فنية:Technical Expressions

أ/ الضغط Pressure:

يعرف الضغط بانه القوة المؤثرة علي وحدة المساحة أي ان الضغط = القوة / المساحة

وهنالك ثلاثة أنواع من الضغوط هي:

1- الضغط الجوي Atmospheric Pressure:

وهو ضغط الهواء علي سطح البحر ويساوي بالنظام العالمي (kg/cm^2) 1.02barوبالنظام الانجليزي($Ib/Inch^2$) 14.7psi

2- الضغط المقاس Gauge pressure:

وهو ضغط أي حيز من الهواء منسوبا للضغط الجوي

3- الضغط المطلق pressure Absolute:

وهو ضغط أي حيز من الهواء منسوبا الي ضغط الفراغ أي الحيز المفرغ من الهواء وهذا الضغط يساوي 0bar او 0psi

أي ان ضغط المطلق = الضغط المقاس+ الضغط الجوي

وعادة فان اجهزة قياس الضغط المستخدمة تقيس الضغط كضغط مقاس أي منسوبا للضغط الجوي.

ب/درجة الحرارة Temperature:

هنالك عدة تغيرات معروفة لدرجة الحراراة وهي:

1- درجة الحرارة المحيطة Ambient temperature

وهـي درجـة حـرارة الوسـط المحـيط التـي تعمـل فيـه الآلات المختلفـة وتقـاس بالدرجـة المئوية او الكلفن k او بالفهرنهايت F والعلاقة بينهم كالاتي :

$$K=273+C$$
$$F=1.8C+32$$

2- درجة الحرارة المطلقة Absolute temperature:

وهـي درجـة حـرارة الاشـياء المختلفـة منسـوبة للصـفر المطلـق والـذي يسـاوي k او 273 C.

3- قانون بويل للغازات:

يتناسـب الضـغط لاي كتلـة مـن الغـاز تناسـبا عكسـيا مـع الحجـم عنـد ثبـات درجـة الحرارة ويمكن وضع هذا القانون في الصورة الاتية:

ثابت =pv

حيث ان pهو الضغط ، vهو حجم الغاز

4- قانون شارلز للغازات:

يتناسـب حجـم أي كتلـه مـن الغـاز تناسـبا طرديـا مـع درجـة الحـرارة عنـد ثبـات الضـغط ، ويمكن وضع هذا القانون في الصورة التالية:

ثابت = VT

حيث ان Vهو الحجم ، Tهي درجة الحرارة

5- الرطوبة Humidity:

الرطوبـة لفـظ يطلـق علـي بخـار المـاء فـي الهـواء وهنالـك عـدة تغييـرات تتعلـق بالرطوبة وهي:

أ- الهواء المشبع saturated air:

وهـو الهـواء الغيـر قـادر علـي حمـل وزن اضـافي مـن بخـار المـاء عنـد نفـس الظـروف مـن الضـغط ودرجـة الحـرارة علمـا بـان وزن بخـار المـاء الـلازم لتشـبع الهـواء يـزداد كلما ازدادت درجة حرارته والعكس بالعكس.

ب–الرطوبة المطلقة Absolute Humidity:

وهي وزن بخار الماء بالجرام الموجود في المتر المكعب من الهواء عند درجة حرارة معينة.

ج– الرطوبة النسبية Relative Humidity:

وهي النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء الجوي عند درجة حرارة معينة وضغط معين ووزن بخار الماء اللازم لتشبع المتر مكعب من الهواء الجوي عند نفس الظروف

الرطوبة النسبية = الرطوبة المطلقة عند ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة.

أوهي وزن بخار الماء اللازم لتشبع متر مكعب من الهواء عند نفس الظروف وعادة تعطي الرطوبة النسبية كنسبة مئوية يضرب ناتج العلاقة السابقة في العدد 100.

د–التكاثف Condensation:

يتكاثف بخار الماء الموجود في الهواء كلما انخفضت درجة حرارته

هـ– الهواء الجاف Dry air:

وهو الهواء الخالي من الرطوبة تماما ويقال في هذه الحالة ان هذا الهواء له رطوبة مطلقة تساوي صفرا وكذلك رطوبة نسبية تساوي صفرا.

ج_ معدل التدفق الحجمي Volumetric Flow Rate:

يعرف تدفق الغازات بانه حجم الغاز المار في وحدة الزمن داخل حيز معين وتستخدم الوحدات التالية لقياس التدفق وهي المتر المكعب لكل ثانية (m/sec) او وحدة اللتر لكل ثانية (L/sec) او وحدة القدم المكعب لكل دقيقة (CFM).

2-2 الضواغط compressors :

2-2-1 الضواغط الترددية Reciprocating Compressors

يتكون الضاغط الترددي من اسطوانة cylinder او اكثر وتحتوي كل اسطوانة علي مكبس piston يتحرك حركة ترددية لسحب الهواء الجوي ثم ضغطه بالضغط المطلوب وتحتوي كل اسطوانة في قاعدتها علي صمامين احدهما يسمي صمام السحب حيث يفتح في شوط السحب للمكبس لدخول الهواء الجوي . والثاني يسمي صمام الضغط حيث يفتح في شوط الضغط لخروج الهواء المضغوط وتوجد بعض الضواغط الترددية ذات مرحلة واحدة حيث يتم ضغط الهواء الجوي بداخل اسطوانة، هنالك انواع اخري من الضواغط الترددية بمرحلتين يتم فيها سحب الهواء الجوي وزياده ضغطه في الاسطوانة الاولي ليتم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوي بواسطة مبرد بيني Intercooler قبل دخوله الاسطوانة الثانية.

2-2-2 الضواغط الدوارة الريشية Vane Compressors:

تتكون الضواغط الدوارة ذات الريش المنزلقة من عضو دوار rotor وهو عبارة عن اسطوانة تحتوي علي مجاري ويثبت بداخل كل مجري ريشة معدنية اسفلها ياي دافع اما العضو الثابت للضاغط الدوار فهو اسطوانة مفرغة تحتوي علي فتحتين جانبيتين وهما:

أ- فتحة السحب

ب- فتحة الطرد

العضو الدوار في هذا النوع من الضواغط لامركزي حيث توجد ازاحة بين محور العضو الثابت والعضو الدوار وعند دوران العضو الدوار تنشا منطقة لسحب الهواء امام فتحة السحب ومنطقة لضغط الهواء امام فتحة الطرد.

توجد ضواغط ريشية بمرحلتين حيث تثبت المرحلتين علي نفس محور الدوران ويبرد الهواء المضغوط الناتج من المرحلة الاولي بمبرد بيني Intercooler قبل دخول الاسطوانة الثانية.

2-2-3 الضاغط الحلزوني screw compressor:

يتكون الضاغط الحلزوني من اثنين حلزون تتم ادارة هذه الحلزونات بواسطة محرك كهربي عن طريق قارنة مكونة من جزئين مسننين احداهما علي عمود المحرك والاخر علي عمود الضاغط حيث يتم نقل الحركة عن طريق صندوق

تـروس بـه ترسـين مثبتـين علـي اعمـدة الحلـزونين ومعشـقين مـع بعضـهما لعكـس حركـة الحلزونـات ولهمـا اربـع محامـل لتحمـل القـوي الواقعـة عليهـا ولضـبط الخلـوص بـين الحلزونـات وتكـون هـذه الحلزونـات مغمـورة جزئيـا فـي زيـت هيـدروليك ليعمـل علـي التزييت وتقليل الخلوص انظر الشكل(4-2).

يـتم سـحب الهـواء الجـوي عـن طريـق فلتـر هـواء الـي الضـاغط يقـوم الضـاغط بضـغط الهـواء المسـحوب ثـم ضـغطه بالضـغط المطلـوب ويكـون الهـواء المضـغوط مصـحوبا بكميـة زيـت الهيـدروليك ثـم الـي separator الـذي يقـوم بفصـل الزيـت عـن الهـواء عـن طريـق فلتـر حيـث يسـمح بمـرور الهـواء مـن خلالـه الـي المخـرج ويتسـاقط الزيـت اسـفل ويخـرج الهـواء عـن طريـق صـمام لارجعـي ثـم الـي مبـرد الهـواء Air cooler ويمكـن اسـتخدام مبـرد هـوائي او مبـرد مـائي وذلـك لتبريـد الزيـت والهـواء المضـغوط ومـن ثـم يمـر الهـواء عـن طريـق انابيـب الـي وحـدة التجفيـف Air Dryer ومن ثم الي مستودع تخزين الهواء المضغوط.

2-2-3-1 دورة التزييت المغلقة:

عند عملية تشغيل الحلزونات تقوم بسحب الزيت حيث يوجد صمام لارجعي يسمح بدخول الزيت الي جسم الضاغط ومن ثم يتم ضغطه مع كمية الهواء ويتم فصله عن الهواء الي اسفل ال separator وعن طريق ضغط السحب يتحرك الزيت الي المبرد ومن ثم يعود الي فلتر الزيت لتتم تنقيته من الشوائب المتعلقه ومنه الي الضاغط مرة اخري.

2-2-3-2 الصمامات المستخدمة في المنظومة:

توجد في هذه المنظومة خمسة صمامات ثلاثة منها صمامات لارجعية non-return valve احداهما عند مدخل الضاغط واخر عند مخرج الضاغط واخر عند مخرج الهواء المضغوط والرابع هو صمام تفريغ Unloading valve وهذا الصمام يتم التحكم فيه عن طريق صمام كهربائي solenoid valve حيث يستقبل اشارة كمسحوب حيث تسمح بمرور الهواء المضغوط ليتم به قفل صمام التفريغ لمنع دخول الهواء المسحوب ويفتح عن طريق زوال تاثير ضغط الهواء برجوع الياي الي وضعه الطبيعي وتتم عملية السحب والضغط مرة اخري والصمام الخامس هو صمام الامان safety valve وعادة يتم تشغيل هذا النوع من الصمامات بواسطة نوابض يتم ضبطه عند ضغط معين محدد ويفتح الصمام عند تجاوز الضغط المسموح به ليغير مسار الهواء الي الخارج.

مقارنة بين انواع الضواغط:

الجـدول ادنـاه يوضـح المقارنـة بـين انـواع الضـواغط المختلفـة مـن حيـث التكلفـة المبدئيـة والكفاءة ومستوي الضوضاء:

النوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوي الضوضاء	ملاحظات
ترددي Reciprocating	متوسطه	عاليه	عالي جدا	تختار بسعات لاتزيد عن$100m^3/min$ ولايذيد عن 7Bar
ريشية Vane	متوسطه	اقل كفاءة	منخفض خصوصا الانواع التي تبرد الماء	يفضل استخدامها في الضواغط التي تذيد عن 7bar والسعات التي لاتذيدعن $100m^3/min$ وتتراوح سرعتها من 250-3500rpm وتعتمد علي الحجم
الطارد المركزي Centrifugal	عاليه	منخفض عند الاحجام الاقل من 170وعالية عند السعات الأعلى	يمكن ان يقل باستخدام انظمة تخميد الضوضاء	يفضل استخدامها عند سعات اعلي من $200m^3/min$
المحورية Axial	عاليه	عاليه	يمكن تقليلها باستخدام انظمة تخميد الضوضاء	يفضل استخدامها عند سعات اعلي من $280m^3/min$
الحلزونية Screw	متوسطه	عاليه	منخفضه	يفضل استخدامها في الضواغط التي تزيد عن 7bar

حيث ان التكلفة المبدئية :هي تكلفة انشاء وحدة توليد الهواء المضغوط والذي يعتبر الضاغط احد عناصر هذه الوحدة

$$\text{الكفاءة الحجمية للضاغط} = \frac{\text{المساحة الفعلية للضاغط}}{\text{ازاحة المكبس}} \times 100$$

مستوي الضوضاء : وهو ضاغط الصوت علي بعد1m من الضاغط ويقاس بوحدة الديسبل(db)

مقارنة بين تكلفة الادارة والتركيب والصيانة والتكلفة المبدئية للانواع المختلفة للضواغط

وجه المقارنة	الترددي	الريشية	الطرد المركزي	المحوري	الحلزوني
التكلفة المبدئية	متوسطه	منخفض جدا	متوسطه	اقل من الترددي	متوسطه
تكلفة التركيب	عالية جدا	منخفضه جدا	منخفضه	منخفضه	متوسطة
تكلفة الادارة	عاليه	منخفضه جدا	الاقل تكلفه	منخفضه	منخفضه
تكلفة الصيانة	متوسطه	عالية	منخفضه	منخفضه	عالية

وعادة يكون عمر الضاغط حوالي 10سنوات اذا كان يعمل باستمرار وعمره 10000ساعة تشغيل اذا كان يعمل ويتوقف بعدد مرات لا يزيد عن 15مرة في الساعة وله زمن تشغيل لا يزيد عن نصف ساعة كل ساعة ويفضل استخدام اكثر من ضاغط بسعات منخفضه عن استخدام ضاغط واحد وبسعة كبيرة في المنشات التي تحتوي علي احمال نيوماتيكية كثيرة لتفادي تعطل النظام بأكمله اذا تعطل الضاغط.

2-3 تجفيف الهواء المضغوط:

للحفاظ علي سلامة العناصر العاملة بالهواء المضغوط يجب تجفيف الهواءالمضغوط بخفض درجة حرارته وهناك عدة طرق لتجفيف الهواء المضغوط اهمها:

1- المبرد البينيintercooler:

ويوجد هذا المبرد بين المراحل المختلفة للضواغط وهو بداخل الضاغط.

2- مبردالاعادة after cooler:

يوضع مبرد الاعادة بين الضاغط والخزان ويقوم هذا المبرد بتبريد الهواء المضغوط نتيجة لمرور ماء بارد حول خط الهواء المضغوط في قمصان تبريد معدة لذلك وينتج عن ذلك تكاثف بخار

الماء وهنالك انواع من مبردات الاعادة تبرد الهواء المضغوط عن طريق دفع الهواء الجوي Air blast after cooler انظر الشكل (2-2)

3- خزان الهواء Air receiver:

عادة يجمع الهواء المضغوط بواسطة الضاغط في خزان الهواء لعدة اسباب اهمها:

- عند استخدام الضواغط الترددية فان الهواء المضغوط يكون علي شكل موجات انضغاطية فاذا انتقل الهواء بهذه الصورة الي نظام التحكم الهوائي يؤدي لك الي انهياره والي احداث ضجيج شديد يؤذي العاملين لذلك توضع الخزانات بجوار الضواغط لمنع انتقال هذه الموجات الي باقي نظام التحكم الهوائي.

- تقوم الخزانات بتخزين الهواء المضغوط في اوقات الاحمال الخفيفة لاستخدامه وقت الذروة.

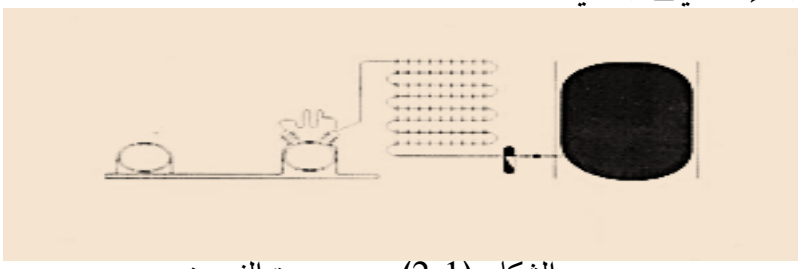
- نظرا لان الهواء المضغوط المخزن داخل الخزانات تكون درجة حرارته مرتفعة عن الهواء الجوي اذا يحدث انتقال حراري بواسطة الاشعاع من الهواء المضغوط الي الهواء الجوي يؤدي الي انخفاض درجة حرارة الهواء المضغوط فتقل قدرته علي حمل بخار الماء ويتكاثف جزء من بخار الماء وعادة يثبت صمام امان safety valve علي الخزانة لحماية الخزان من زيادة الضغط عند الحد المسموح به عند حدوث عطل في نظام التحكم للضاغط وايضا يوجد عداد ضغط لمتابعة ضغط الهواء داخل الخزان كذلك يثبت اسفل الخزان صمام تصريف اتوماتيكي Automatic drain valve ويقوم هذا الصمام بتصريف الماء المتجمع اسفل الخزان وهناك انواع كثيرة من صمامات التصريف الاتوماتيكية اهمها النوع ذو العوامة الكروية وذا الصمام يكون مغلقا طالما ان مستوي الماء بداخله منخفض وبمجرد ارتفاع مستوي الماء بداخله لحد معين ترتفع العوامة فيفتح الصمام لخروج الماء المتكاثف بداخل ثم يغلق من جديد انظر الشكل (3-2).

4- مبرد وحدة الفريون Refrigeration units:

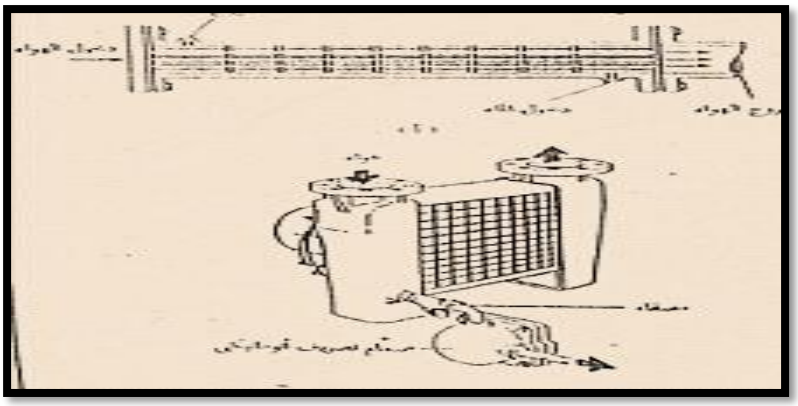
تستخدم وحدات التبريد بالفريون لتبريد الهواء المضغوط اذا تعذر استخدام مبرد الاعادة او اذا لم يكون مبرد الاعادة قادرا علي الوصول الي محتوي مائي لايزيد عن $0.001g/m^3$ شكل(2-1)

وتتكون وحدة التبريد بالفريون من الاجزاء الاتية:

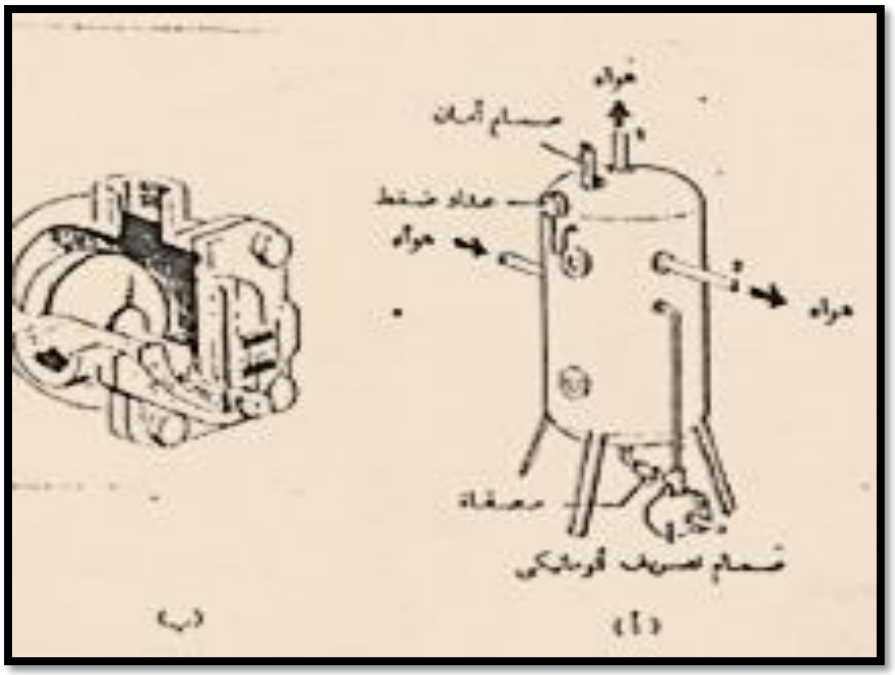
- محرك كهربائي لادارة الضاغط
- ضاغط بمرحلتين يحتوي علي مبرد بيني لتوليد الهواء المضغوط
- مبرد اعادة لتبريد الهواء المضغوط لتكثيف الماء العالق به
- صمام تصريف اتوماتيكي لتصريف الماء التكاثف من الهواء المضغوط بعد خروجه من مبرد الاعادة
- صمام لارجعي لمنع التدفق العكسي للهواء المضغوط من الخزان الي الضاغط
- خزان هواء مضغوط لتخزين الهواء المضغوط المجفف لوقت الحاجة
- محبس يدوي لتصريف الماء المتكاثف في الخزان
- محبس رئيس يتم فتحه اثناء دخول وحدة توليد الهواء المضغوط للخدمة في حين يتم غلقه اثناء عمليات الصيانة



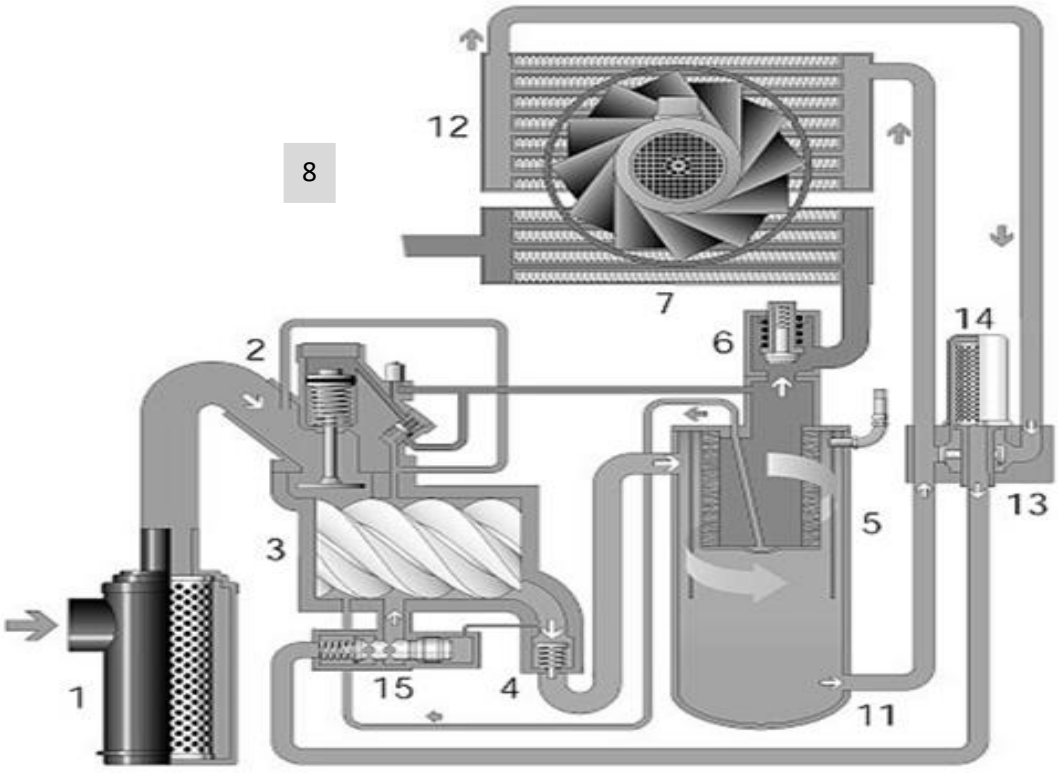
الشكل (2-1) مبرد وحدة الفريون



الشكل (2–2) مبرد الاعادة



الشكل (2–3) خزان الهواء



شكل (2-4) ضاغط حلزوني

توضيح للأجزاء الرئيسية للضاغط الحلزوني:

1/ فلتر الهواء Air filter 2/ صمام تفريغ Unloading valve

3/ الضاغط Compressor 4/ صمام لا رجعي non-return valve

5/ الفاصل Separator 6/ صمام مراقبه Check valve

7/ مبرد الهواء Air cooler 8/ مبرد الزيت Oil cooler

9/ فلتر الزيت Oil filter 10/صمام لا رجعي non –return valve

الفصل الثالث

نظم القياس والتحكم

3-1 نظم القياس:

في الماضي كان الضغط يقاس بجهاز المانوميتر . أما حالياً فهنالك العديد من أجهزة قياس الضغط المعروفة منها:

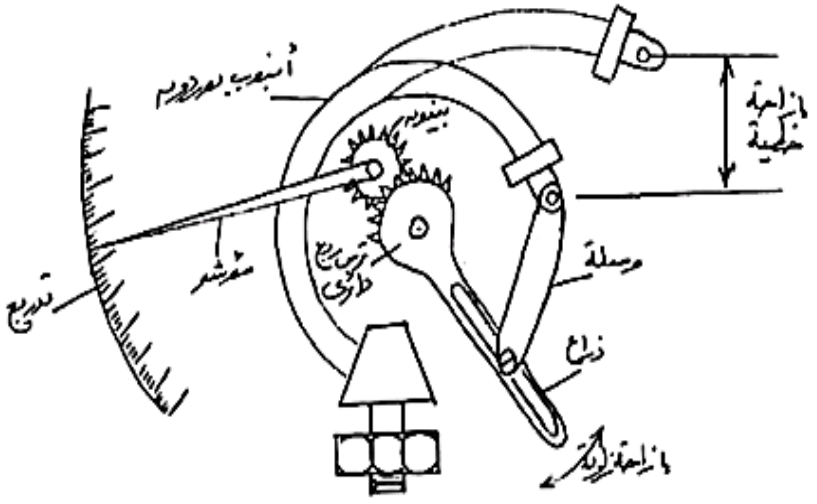
جهاز بوردون:

ينسب هذا الجهاز للمهندس الفرنسي Bourdon الذي له الفضل في اختراعه .

نظرية عمل الجهاز:

عند اندفاع الهواء المضغوط داخل الأنبوب الزنبركي، يتمدد الأنبوب ويعتمد معدل تمدد الأنبوب على مقدار ضغط الهواء وتنتقل حركة الأنبوب الى المؤشر عن طريق رافعة وقوس مسنن وترس صغير ويمكن قراءة الضغط المقاس على تدرج الجهاز الذي يكون مدرجاً أما بوحدة (Bar) أو (Psi).

جهاز بوردون من أكثر الأجهزة استعمالاً نسبة لفعاليته وكفاءته التي تصل الى أكثر من 98% بالإضافة لقلة تكلفته كما موضح في الشكل (3-1)



الشكل (3-1) انبوب بوردون لقياس الضغط

3-2 نظم التحكم في الهواء:

من المعروف ان السعة الفعلية للضاغط يجب ان تكون أكبر من معدل الاستهلاك الكلي للأحمال ، وحيث إن معدل استهلاك الأحمال للهواء المضغوط يتغير من لحظة لأخرى ، لذا كان من الضروري عمل نظام تحكم يحافظ على ذلك.

وهنالك عدة أنواع لأنظمة التحكم المستخدمة مثل:

1) التحكم بالإيقاف والتشغيل.

2) التحكم بالتشغيل بدون حمل.

3) التحكم المركب.

4) التحكم بتغير السرعة.

5) التحكم في مجموعة ضواغط.

وفيما يلي سنتناول جميع هذه الأنواع بالتفصيل:

3-2-1 التحكم بالإيقاف والتشغيل Start / stop control:

يقوم هذا النظام بإيقاف الضاغط عند وصول الضغط في خزان الهواء المضغوط للحد الأقصى المعاير عليه مفتاح الضغط . ونتيجة لاستهلاك هذا الهواء المضغوط عند الأحمال ينخفض الضغط وبمجرد اخفاض الضغط الى القيمة الفرقية المعاير عليها مفتاح الضغط ، فان الضاغط سيدور مرة أخرى للوصول للحد الأقصى المعاير عليه مفتاح الضغط وهكذا.

ويعتبر هذا النظام هو أرخص الأنظمة من حيث تكلفة الطاقة وعادة ان عدد مرات البدء والإيقاف للمحرك "وسيلة إدارة الضاغط" يجب أن يكون محدداً للمحركات الكهربائية حتى لا يكون سببا في ارتفاع درجة حرارتها ، وينصح بأن تكون عدد مرات البدء لا تزيد عن 6 مرات في الساعة.

3-2-2 التحكم في التشغيل بدون حمل Non-Load Control:

يسمح هذا النظام بدوران الضاغط بعدها يغلق صمام خط السحب للضاغط ، فيتوقف الهواء الجوي الى داخل خط السحب للضاغط ، وبالتالي يدور الضاغط بدون حمل ويكون حمل المحرك الكهربي في هذه

الحالة حوالي 30% الى20% من الحمل الكامل له وعندما ينخفض الضغط في الخزان بالقيمة الفرقية المعاير عليها مفتاح الضغط فان صمام خط السحب سوف يفتح مرة أخرى وبهذه الطريقة يمكن التقليل من درجة حرارة المحرك الكهربي (وسيلة إدارة الضاغط) ويصل عدة مرات فتح صمام السحب الى 30 مرة في الساعة بحد أقصى ، وبهذا النظام يمكن تقليل سعة الضاغط الفعلية لتصبح 90% تقريباً من معدل الاستهلاك الكلي للأحمال مع تقليل القيمة الفرقية لمفتاح الضغط ، وهذا أوفر من حيث التكلفة المبدئية لصغر حجم الضاغط المستخدم.

3-2-3 التحكم المركب:Combination control

في هذا النظام يتم تشغيل الضاغط بدون حمل عند وصول الضغط في الخزان للحد الأدنى المعاير عليه مفتاح الضغط بشرط الا تزيد فترة تشغيل الضاغط بدون حمل عن 10 دقائق بعد أن يتوقف الضاغط ثم يدور مرة أخرى عند انخفاض الضغط في الخزان بالقيمة الفرقية لمفتاح الضغط ، وينصح أن تكون عدد مرات بدء المحرك الكهربي لا تزيد عن 6 مرات في الساعة ، بينما يصل عدد مرات فتح صمام السحب الى 30 مرة في الساعة بحد اقصى.

3-2-4 التحكم بتغيير السرعة Variable Speed Control:

يعتبر هذا النظام هو الأمثل للضغوط ذات الازاحة الموجبة مثل الضواغط الترددية والريشية ، حيث يقوم هذا النظام بتقليل تيار البدء والعرقلة للمحركات الكهربية المستخدمة إدارة الضواغط وذلك باستخدام بادئات الكترونية ، وبالتالي يمكن بدء هذه المحركات بعدد مرات أكبر من 6 مرات في الساعة .

3-2-5 التحكم في مجموعة ضواغط Multi Set Control:

يستخدم هذا النظام عندما يكون هنالك تغيير كبير في معدل استهلاك الهواء المضغوط أثناء ساعات اليوم في المنشأة .

وفي هذا النظام تستخدم مجموعة من الضواغط الصغيرة ، ويتم التحكم فيها مركزيا ، فاذا كان عدد الضواغط المستخدمة ضاغطين مثلاً عند توقف ضاغط ، فان معدل استهلاك القدرة الكهربية سوف ينخفض للضغط او اقل بالإضافة الى ان ذلك سيزيد من عمر الضاغطين ، ويستخدم الميكروبرسيور في التحكم في مجموعة الضواغط ، وذلك للوصول للوضع الأمثل وذلك لتقليل الاستهلاك في القدرة الكهربائية ومساواة ساعات التشغيل لجميع الضواغط.

بخصوص نظام التحكم الأمثل لضاغط المكبس فيلاحظ أن استهلاك المكبس في الهواء المضغوط يساوي 0,9 من سعة الضاغط الفعلية من الهواء الحر ، وهذا يشجع على استخدام نظام التحكم بدون حمل في الضاغط لرفع عدد مرات البدء والإيقاف بحد اقصى 30 مرة في الساعة.

3-3 موانع التسريب والحشو Seals and Packing:

يمكن تقسيم موانع التسريب الى قسمين هامين هما:

1- موانع تسريب بوضع بين جسمين يتحرك أحدهما بالنسبة للأخر ، وتسمى بالحشو Packing ، أو موانع التسريب الديناميكية Dynamic او مواقع التسريب الاستاتيكية.Static Seals ويوجد أنواع مختلفة من الجوانات مثل جوانات النوبرين Neoprene Gasket ، وجوانات الفلين Cork Gasket، وجوانات المطاط الصناعي ، والجوانات المعدنية.

ويتم اختيار المواد المصنع منها موانع التسريب المختلفة بناء على عوامل مثل : الضغط ودرجة الحرارة ونوع المانع ونوع الحركة ، وهناك أنواع مختلفة من هذه المواد مثل : الجلد – المطاط الصناعي – المطاط الطبيعي – الفلين – الاسبستس – التيفلون – المعادن.

3-3-1 الحشو packing:

يستخدم الحشو كموانع تسريب في الاسطوانات والمحركات والصمامت الخ ، ويوجد عدة أشكال مختلفة للحشو مثل حلقة O وحلقة مربعة وحلقة V وحلقة U وحلقة H وحلقة D وحلقة C ... الخ ، وكل له استخداماته . والشكل (3-2) يعرض بعض هذه الأنواع وتستخدم هذه الأنواع المختلفة إما كحشو للمكابس كالمستخدمة في الاسطوانات والصمامات المنزلقة والمحركات الهوائية المكبسية والضغوط ، وإما كحشو للأعمدة كالمستخدمة في أعمدة الاسطوانات والصمامات ... الخ . وحتى يتسنى لنا استيعاب ذلك سنتناول لأهم أنواع الحشو بمزيد من التفصيل.

- حلقات O : O Rings :

توضع هذه الحلقات في تجويفات لها مقاطع مستطيلة ، وهذه الحلقات تمنع التسريب الداخلي والخارجي ، الشكل (3-2) 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 الايسر بين العمود والجسم المثبت فيه الحلقة ، وبالتالي لن يحدث تسرب للهواء المضغوط.

وتستخدم حلقات O كموانع تسريب للمكابس والأعمدة وهذا موضح بالشكل (3–3) ولاستبدال حلقة O القديمة يجب استبدالها بأخرى لها نفس المواصفات من حيث المقاس ونوع المادة. وعادة فان جميع الأسطح التي تلامس حلقة O يجب أن تكون مزيته ، حيث أن هذه الحلقات تتآكل بسرعة اذا لم تكن تزيت بالطريقة السليمة. وهناك بعض العلامات الدالة على تلف حلقات O وهي كالآتي:

1/ وجود تشققات بها.

2/ وجود شروخ على السطح الداخلي أو الخارجي لها.

3/ 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 .

1/ العجلة العالية.

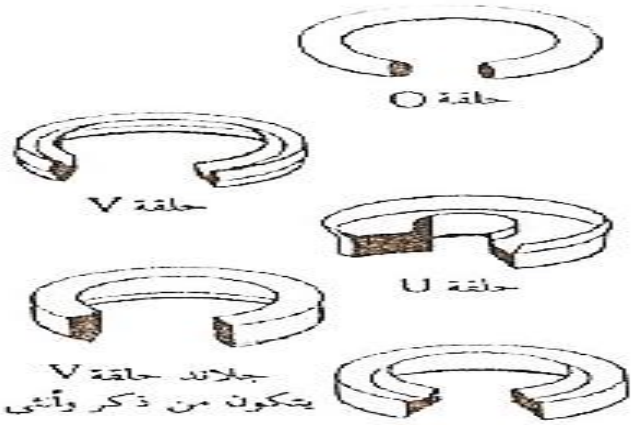
2/ قلة الزيت.

3/ المشاوير الطويلة.

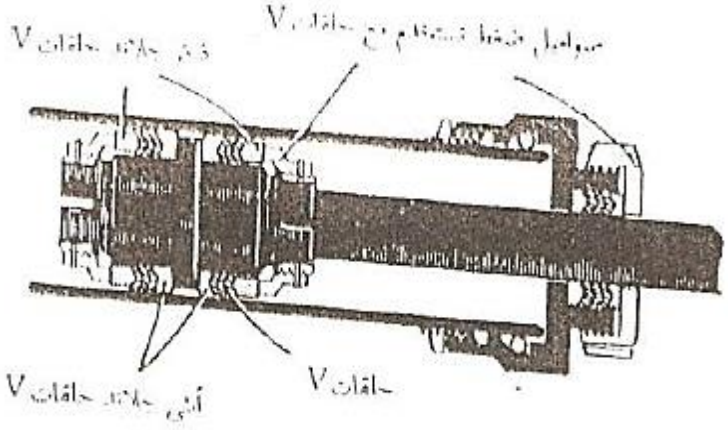
4/ الأحمال الكبيرة ذات القوى المستعرضة.

2– حلقات V Rings:

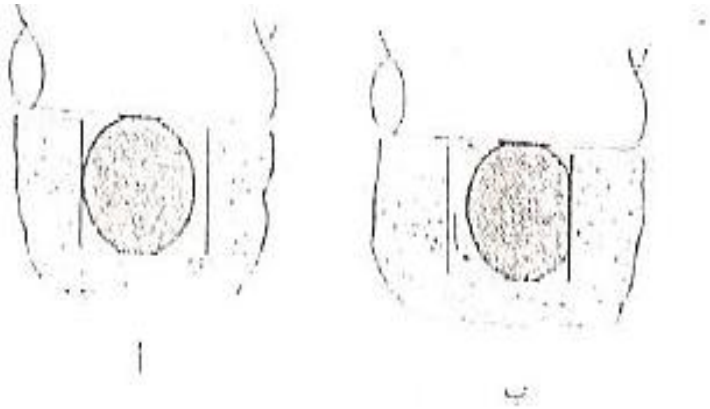
عادة تستخدم حلقات V كموانع تسريب ديناميكية في اتجاه واحد ، فاذا استخدمت كموانع تسريب لمكبس يجب استخدام مجموعتين من حلقاتV ، وعادة تثبت حلقات V بحيث تقابل قمة V الضغط ، ويستخدم ذكر وانثى ملائمين لتثبيت مجموعات حلقات V. وعادة توضع مجموعات حلقات V داخل تجويفها ، ويجب التأكد من ارتكازها الصحيح ، وبعد ذلك يتم ربط صامولة الضغط والشكل (3-4) يبين قطاع في اسطوانة يستخدم فيها حلقات V.



الشكل(2-3) حلقات منع التسريب



الشكل 3-3 موانع تسريب للمكابس والاعمدة

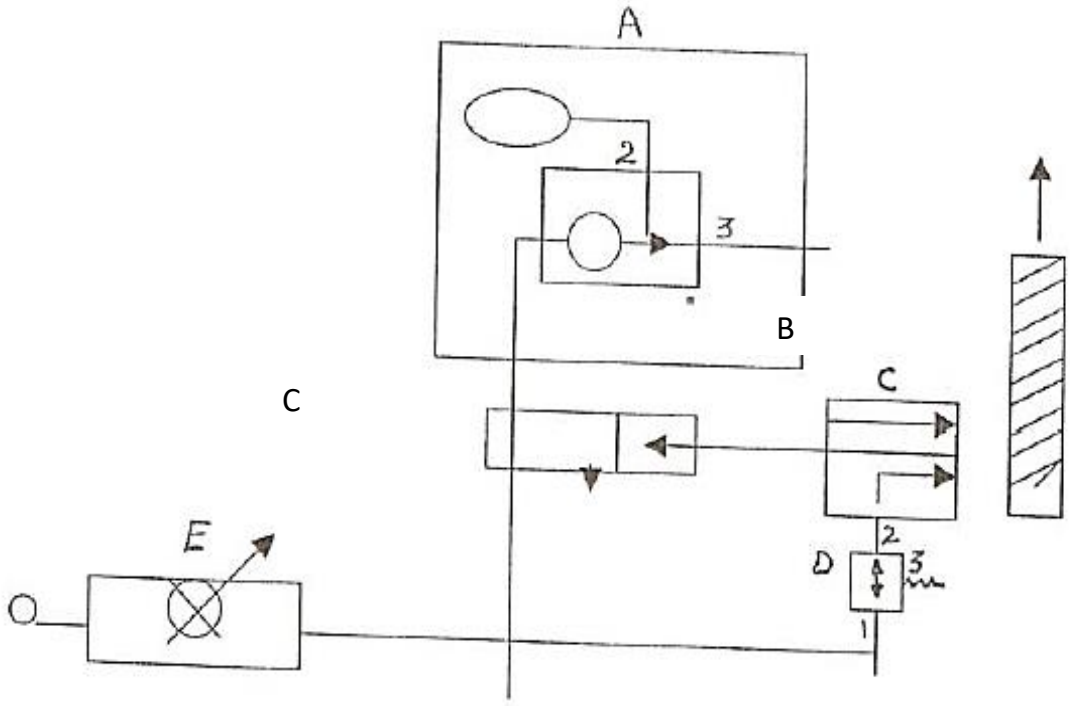


الشكل (3-4) قطاع في أسطوانة يستخدم فيها حلقات V

3-4 أمثلة علمية عن التحكم النيوماتيكي:

3-4-1 التحكم في المنفاخ الهوائي:

الشكل (3-5) يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في المنفاخ الهوائي لقذف الشغلات لمجرد اقترابها من محبس تقاربي انعكاسي .



الشكل (3-5) التحكم في المنفاخ الهوائي

محتويات الدائرة الهوائية :

منفاخ هوائي	A
صمام اتجاهي 3/2 سابق التحكم بالإشارة ضغط وياي	B
محبس تقاربي انعكاسي	C
صمام تنظيم	D
وحدة خدمة	E

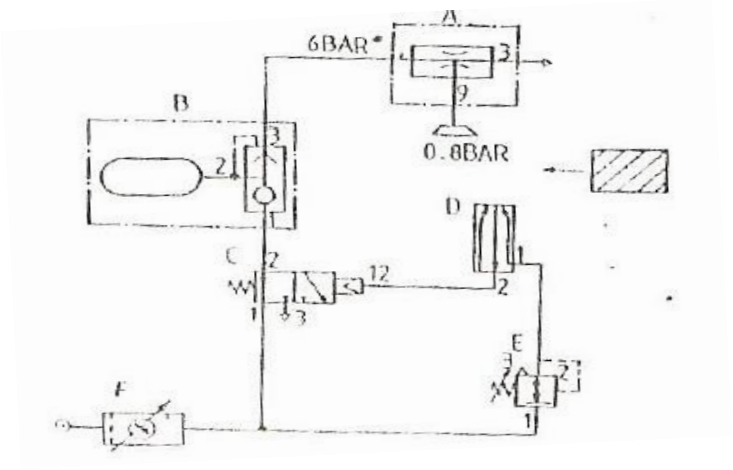
نظرية التشغيل :

في الوضع الطبيعي يمر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 للصمام الاتجاهي B ومروراً بصمام التصريف السريع للمنفاخ الهوائي 2 → A1 .

حتى يمتلأ خزان المنفاخ الهوائي بالهواء المضغوط وبمجرد اقتراب شغل من المحبس التقاربي الانعكاسي Cيتغير وضع التشغيل للصمام B نتيجة لوصول اشارة ضغط للمدخل2→1 ، فيقطع الهواء المضغوط عن المنفاخ الهوائي A ، وفي هذه اللحظة يقوم المنفاخ بإخراج دفعة هواء كبيرة الشغلة الى المكان المطلوب .

3-4-2 التحكم في وحدة الرفع بالتفريغ :Vacuum Lifter Control

الشكل 3-6 يعرض الدائرة الهوائية التحكم في وحدة الدفع بالتفريغ لالتقاط الشغلات بمجرد اقترابها من محبس تقاربي انعكاسي .



الشكل (3-6) التحكم في وحدة الرفع بالتفريغ

محتويات الدائرة الهوائية :

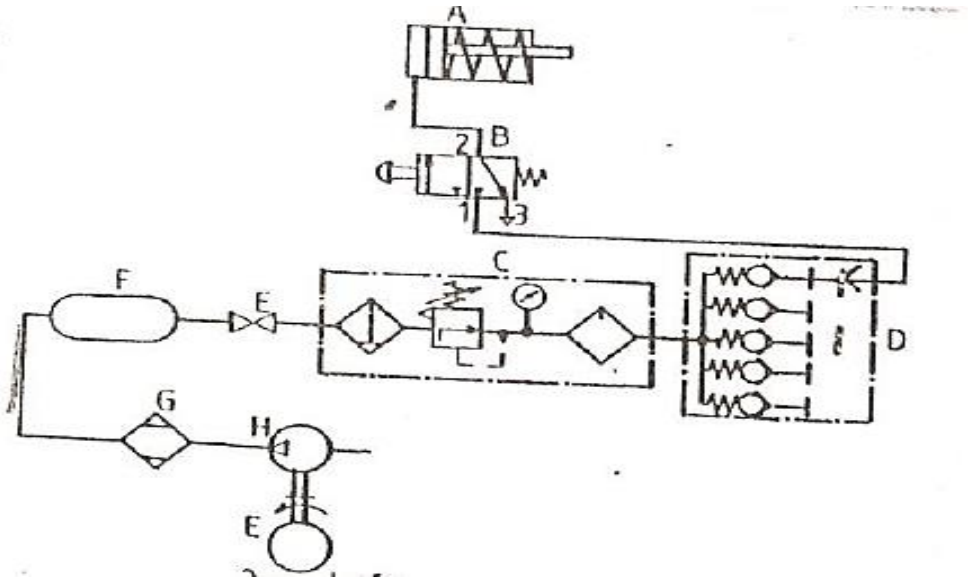
وحدة الدفع بالتفريغ وتتكون من فونية سحب تفريغ وكأس سحب	A
منفاخ هوائي	B
صمام اتجاهي 3/2 سابق التحكم يعمل بإشارة ضغط وياي	C
محبس تقاربي انعكاسي	D
صمام تنظيم ضغط	E
وحدة خدمة	F

نظرية التشغيل:

في الوضع الطبيعي يمر الهواء المضغوط من المسار 2 → 1عبر الصمام الاتجاهي Cليمر بصمام التصريف السريع للمفتاح الهوائي في المسار 2 → 1 ليملأ خزان المنفاخ بالهواء المضغوط بمجرد اقتراب الشغلة من المحبس التقاربي.

3-4-3 التحكم المباشر في الاسطوانات:

يستخدم التحكم المباشر في الاسطوانات صغيرة الحجم وذلك باستخدام الصمامات الاتجاهية التي تعمل بوسيلة يدوية . فالشكل (3-7) يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في اسطوانات احادية الفعل .



الشكل (3-7) التحكم المباشر في الأسطوانات أحادية الفعل

تخرج إشارة هواء مضغوط من الفتحة 2 للمحبس الانعكاسي D لتصل لمدخل التحكم للصمام الاتجاهي سابق التحكم C ، فيعتبر وضع التشغيل للصمام للوضع الأيمن. فينقطع الهواء المضغوط عن المفتاح الهوائي A ، وفي هذه اللحظة يقوم المنفاخ بإخراج شحنته من الفتحة 3 وصولاً لوحدة الرفع بالتفريغ ، فيحدث تفريغ شديد عند الكأس قادر على التقاط الشغلة استعدادا لنقلها لمكان آخر بعناصر هوائية أخرى غير موضحة بهذا المثال .

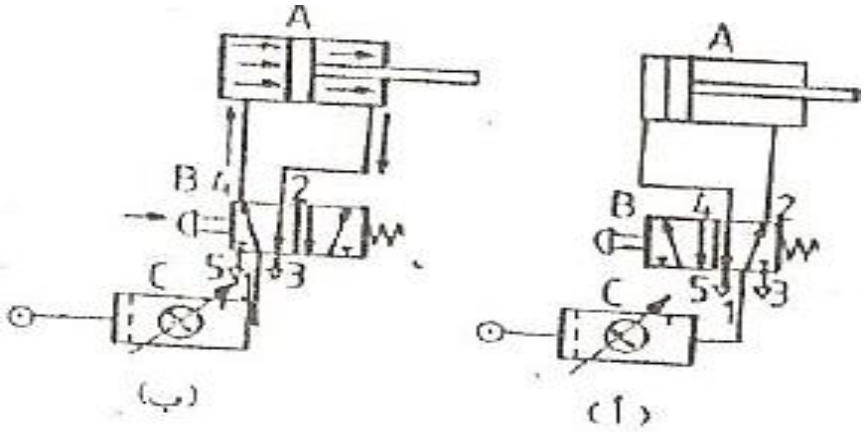
محتويات الدائرة الهوائية:

اسطوانة احادية الفعل	A
صمام اتجاهي 3/2بضاغط تشغيل وياي ارجاع (صمام قدرة)	B
وحدة الخدمة وتتكون من مزيدة وعداد ضغط ومنظم ضغط ومرشح	C

موزع بوصلات سريعة	D
محبس يدوي	E
خزان الهواء المضغوط	F
مجفف الهواء المضغوط	G
ضاغط هوائي	H
محرك كهربي	E

نظرية التشغيل:

عند الضغط على ضاغط الصمام يتغير وضع الصمام من الوضع الابتدائي (الأيمن) الى الوضع الثانوي (الأيسر) ، ليمر الهواء المضغوط القادم من خزان الهواء المضغوط F وبالمحبس اليدوي E ثم مروراً بوحدة الخدمة C ، ثم عبر الوصلة السريعة المستخدمة بالموزع D ، ثم مروراً بالمسار $2 \rightarrow 1$ للصمام B ، ووصولاً للأسطوانة A ، فتتقدم الاسطوانة الى الامام ، وبمجرد تحريك الضاغط اليدوي للصمام B يعود الصمام لوضع التشغيل الابتدائي (الأيمن) بفعل ياي الارجاع ، فيمر الهواء المضغوط القادم من خلال الاسطوانة A عبر المسار $3 \rightarrow 2$ للصمام B ، فترجع الاسطوانة للخلف بفعل ياي الارجاع الخاص بها . وعادة تبسط الدائرة الهوائية لتصبح كما في الشكل 8-3 وفيما يلي محتويات الدائرة الهوائية المختصرة .



الشكل (8-3) محتويات الدائرة الهوائية المختصرة

الفصل الرابع

توزيع الهواء المضغوط

للاستفادة من الهواء بعد توليده يتم توزيعه عبر شبكة مواسير وخراطيم مختلفة حسب الحوجة والتوزيع الداخلي لشبكات الهواء.

ومن اجل ذلك لابد من معرفة عدة عناصر هي:

i. تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل للضاغط.
ii. اختيار مواسير الشبكة الهوائية.
iii. اختيار حجم الخزان المناسب.

وفيما يلي نناقش هذه العوامل بالتفصيل:

4-1 تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل للضاغط:

لتعيين السعة الفعلية لضاغط يجب حساب قيمة استهلاك الهواء للأحمال air consumption اخذا في الاعتبار المعاملات الاتية:

i. معامل الاستخدام use factor.
ii. معامل التوسعة المستقبلية future expansion factor.
iii. معامل تسريب الهواء air leakage factor.

اما ضغط تشغيل الضاغط يؤخذ عادة مساويا لضغط تشغيل الاحمال آخذاً في الاعتبار قيمة الفقد في الضغط الناشئ عن نقل الهواء المضغوط من الضاغط للأحمال.

4-2 اختيار اقطار مواسير الشبكة الهوائية:

هناك عاملان هامان عند اختيار اقطار المواسير المستخدمة في الشبكة الهوائية وهما:

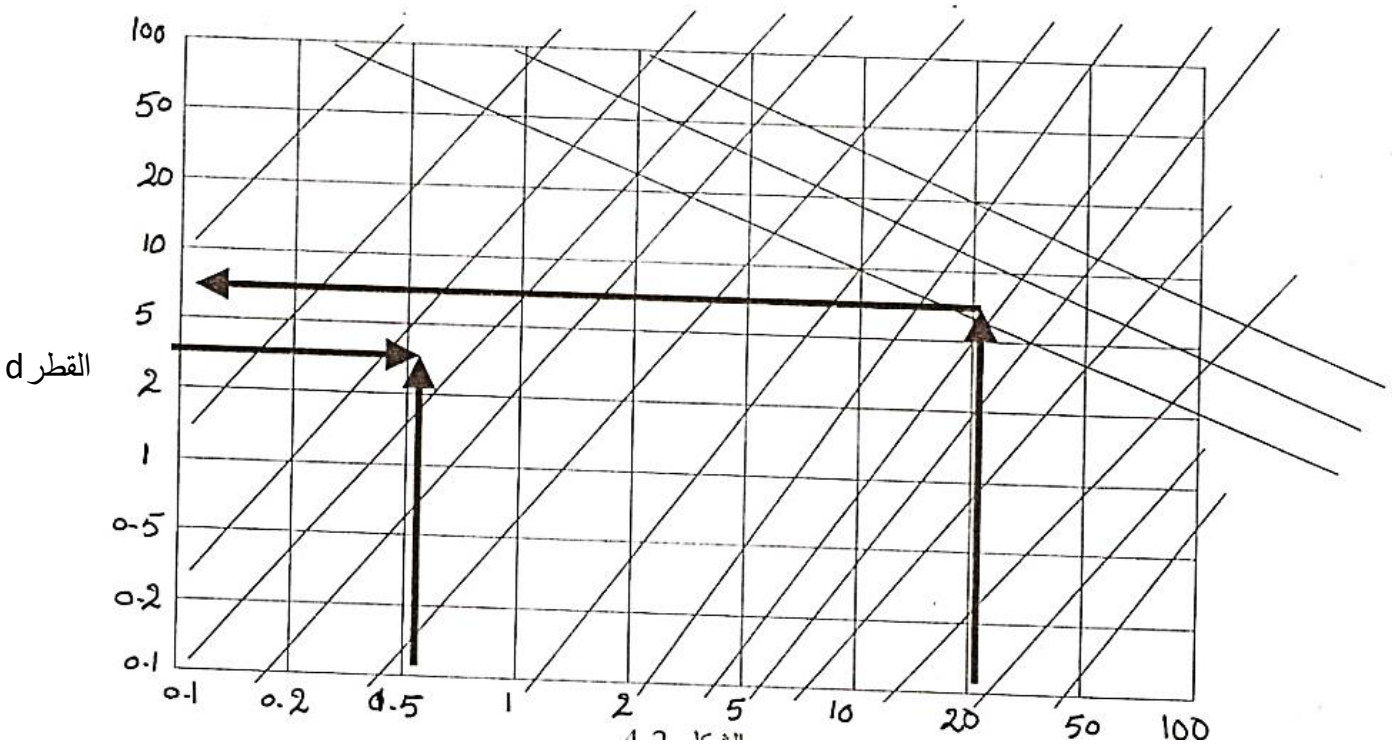
سرعة التدفق: يجب ان تكون اقل من**10m/s** لتجنب الضوضاء الشديدة عند النقاط ذات السرعات العالية {الصمامات}.

الانخفاض في الضغط نتيجة الاحتكاك يجب إلا يزيد عن **0.1 bar** والشكل (4–1) يستخدم في تعيين القطر المناسب للخطوط الهوائية بدلالة معدل التدفيق والانخفاض المسموح في الضغط نتيجة لاحتكاك وطول الخط الهوائي وتستخدم المعادلة التقديرية التالية لتعيين المعامل **k** والذي يمثل المحور للمنحني المبين للشكل (4–1)

$$k = \frac{1000p(p+1)}{L}$$

حيث ان:

P الانخفاض في الضغط نتيجة الاحتكاك بوحدة ال bar,L طول الخط الهوائي متضمنا الطول المكافئ للأدوات المستخدمة بالمتر، علما بانه عند اعلي خطوط حدود الضغط 6,8,10 bar تكون سرعة تدفق الهواء المضغوط اكبر من 10m/s.



شكل (4-1) تعيين القطر المناسب

مثلا من الشكل (4–1) عند التدفق 0.6m3/min ومعامل k يساوي 3.5 ينتج ان قطر الخط الهوائي المناسب يساوي25 mm تقريبا.

والجدول (4–1) يبين الطول المكافئ بوحدة الm لأدوات التوصيل والصمامات اليدوية ذات الاقطار المختلفة والمصنوعة عند الصلب.

الجدول(4-1) للطول المكافئ بوحدة mm

الصمام او أداة التوصيل	القطر mm								
	25	40	50	80	100	125	150	200	250
صمام بمقعده seat valve	6	10	15	25	30	50	60	85	110
صمام كروي ball valve	0.3	0.5	0.7	0.1	1.5	2.0	2.5	3.5	5
كوع	1.5	2.5	3.5	5	7	10	15	18	25
نصف قطر التقوس=قطر الماسوره	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5	3.4	4.8
نصف قطر التقوس=ضعف قطر الماسوره	0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1.5	1.5	2	2.8
تيه	2	3	4	7	10	15	20	25	35
مخفض قطر من 2D إلي D	0.2	0.7	1.2	2.0	2.5	3.5	4.0	6	8

3–4 اختيار حجم الخزان المناسب:

لتعيين حجم الخزان المناسب تستخدم المعادلة التالية :

$$v\tan k = \frac{3600vc}{spk}$$

حيث ان:

P القيمة الفرقية لمفتاح الضغط

Vc السعة الفعلية للضاغط (L/s)

s عدد مرات تشغيل الضاغط في الساعة

K معامل يعتمد على دورة التشغيل

ويمكن الحصول علي المعامل K بدلالة التشغيل كنسبة مئوية وتساوي

$$ED\% = \frac{\text{الاستهلاك الكلي للأحمال}}{\text{السعة الكلية للضاغط}}$$

وذلك من الجدول (2−4)

ED	50	60	70	80	90
K%	4	4.17	4.76	6.25	11.1

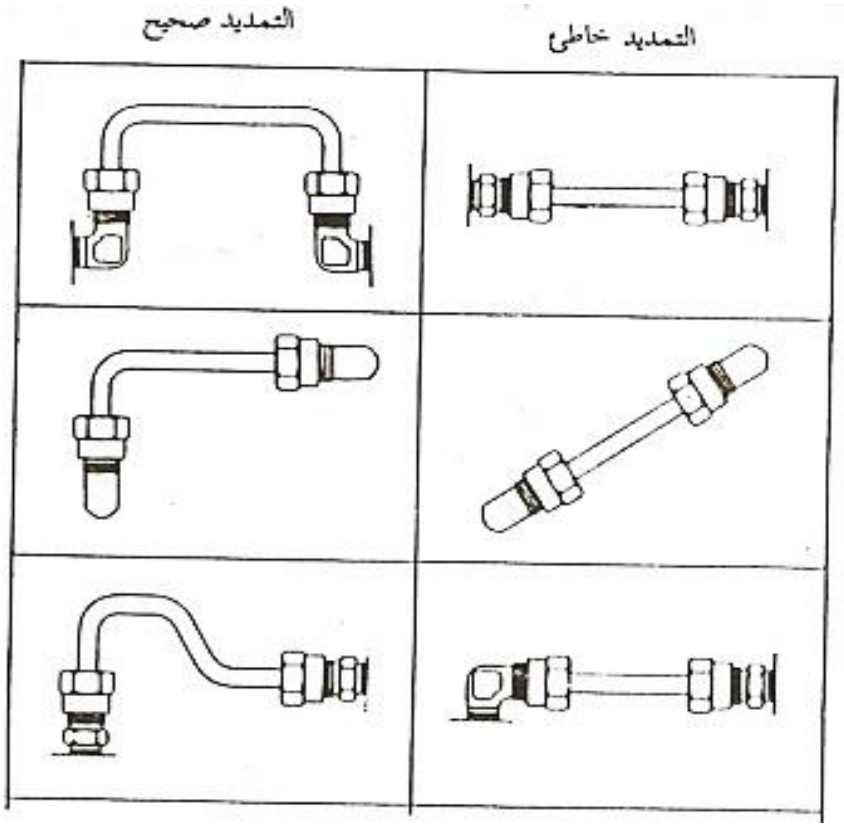
4-4 خطوط الهواء :

توجد الخراطيم المرنة سواء كانت مطاط او بلاستيك في صورتين وهما:

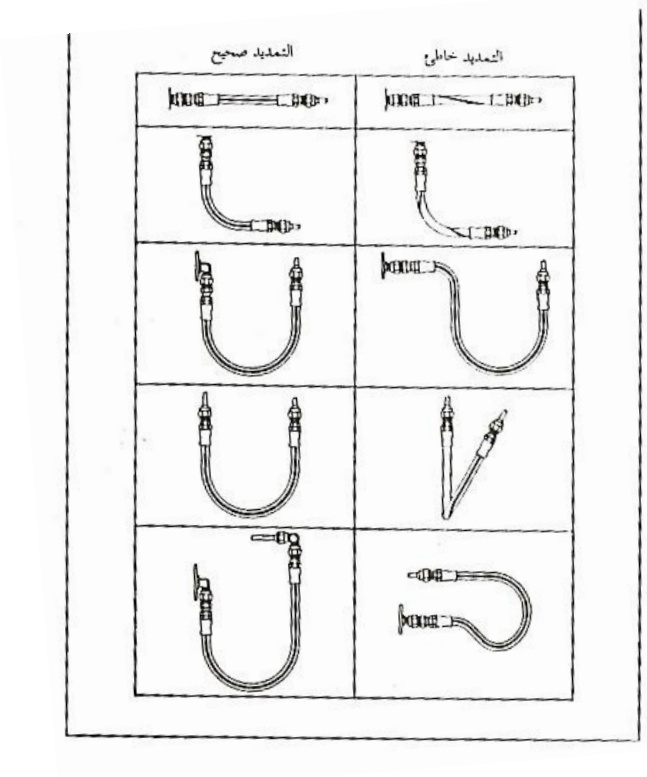
1− خراطيم بمقاسات محدودة مثبت بها الوصلات اللازمة من قبل الشركة المصنعة.

2− خراطيم في صور لفات طويلة حيث تقطع حسب الطلب ويقوم فني التركيبات بتثبيت الأدوات اللازمة فيها والشكل(4-2-a) و (4-2-b) يبين الطريقة الصحيحة والغير صحيحة لتمديد الخراطيم المرنة تبعا لتوصيات الشركة WESATHERHEAD.

وكما هو واضح من الشكل (4-2) نجد انه يسمح بارتخاء الخراطيم اثناء تمديدها وذلك لتعويض النقص الناشئ عن مرور الهواء المضغوط بداخلها والذي قد يصل إلي 5% من طولها ويراعى عند التمديد ان يكون الشكل مقبولا مع سهولة فك التوصيلات وان يكون نصف قطر الانحناء لايقل عن 5 مرات من القطر الخارجي للخراطيم.



الشكل (4-2-a) طريقة تمديد الخراطيم الصحيحة والخاطئة



الشكل (4-2-b) الطريقة الصحيحة واالغيرصحيحة لتمديد الخراطيم المرنة

4-5 أدوات التوصيل:fittings

يعتمد نوع أدوات التوصيل المستخدمة علي نوع الخطوط المستخدمة وفيما يلي أهم الأدوات المستخدمة:

4-5-1 أولاً: أدوات التوصيل المسننة {المقلوظة} :threaded connectors

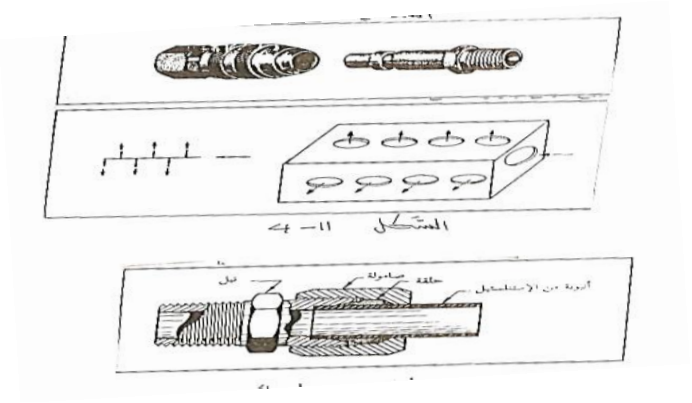
وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب وفي هذه الحالة تكون أدوات التوصيل محكمة الربط مع هذه الوصلات حيث توضع حول الطرف المقلوظ للماسورة وتصنع الأدوات المقلوظة من الصلب او سبائك النحاس والجدير بالذكر ان أنابيب الاستنلستيل تستخدم احيانا أدوات توصيل مقلوظة مصنوعة من الاستنلستيل.

4-5-2 ثانياً: أدوات التوصيل الفلانجية:flange connectors

تستخدم الأدوات الفلانجية ذات المسامير مع المواسير الصلب حيث تثبت الفلانجه مع الماسورة الصلب اما باللحام او القلاووظ وتتشابه أدوات التوصيل الفلانجية مع أدوات التوصيل المسننة في انواعها { تيه – كوع – جلبة – صليب –لاكور .... الخ } ولكنها تكون مزودة بفلانجات في أطرافها وعادة يوضع جوان مناسب بين كل فلانجتين عند ربطهما معاً والشكل (3-4) يعرض وصلة فلانجية تتكون من فلانجة مثبته مع ماسورة صلب بقلاووظ وفلانجة اداة التوصيل جوان .

4-5-3 ثالثاً: أدوات التوصيل الانضغاطيه compression connectors:

وتستخدم الأدوات مع الانابيب الشبة صلبة { نحاس استنلستيل } وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبل وجلبة او حلقة وصامولة حيث توضع الانبوبة شبة الصلبة داخل الصامولة ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوبة داخل الصامولة وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل والمحيط الخارجي للأنبوبة وتؤدي قوة ضغط قطاعا للصامولة علي شطف الجلبة وتثبيت الوصلة جيدا والشكل (3-4) يعرض قطاعا في وصلة انضغاطية.



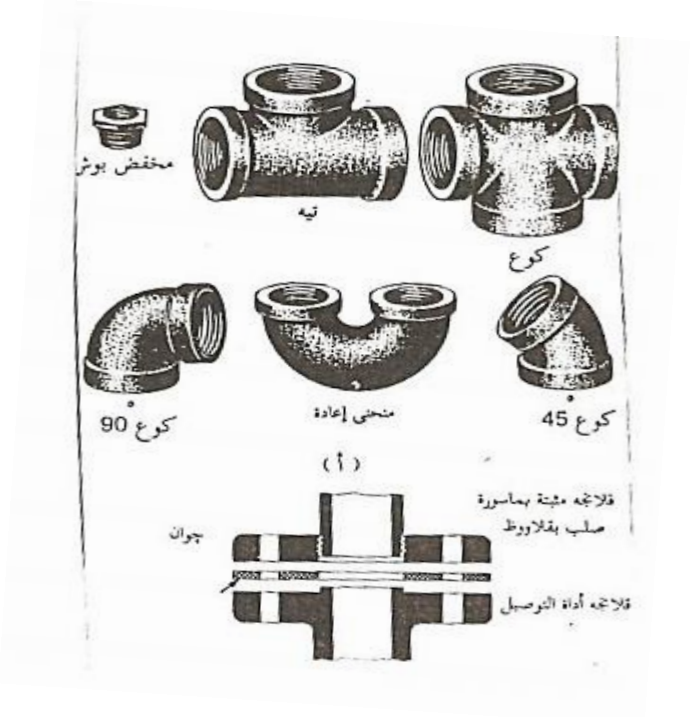
الشكل (4.3) يوضح وصلة انضغاطية

4-5-4 رابعاً: الوصلات السريعة quick disconnect couplings:

وتستخدم هذه الأدوات دائما مع الخراطيم المرنة وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون احداث تسربات للهواء المضغوط وتحتوي هذه الوصلات علي صمام لا رجعي يكون مفتوحا عندما تكون الوصلة مجمعة والعكس بالتالي تمنع تسربات الهواء المضغوط إلي الخارج بعد فكها.

4-5-5 خامساً: الموزعات manifolds:

وهي اماكن توزيع خطوط الضغط داخل الماكينات العاملة بالهواء حيث توصل مع وحدات الخدمة الهوائية لتتوزع علي العناصر المختلفة للدائرة النيوماتيكية والشكل (4-4) يعرض مخططا مجسما لموزع هوائي والرمز المكافئ له.



الشكل (4.4) يوضح موزع هوائي

4.6 دراسة نظام نيوماتيكي في مصنع اسمنت عطبرة :

تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الكبيرة والمستخدمة في الآونة الأخيرة وتمر صناعة الاسمنت بخمس مراحل ابتداءاً من المادة الخام (الحجر الجيري) الى خروجه في شكل منتج (اسمنت) حيث يمر بالمراحل التالية.

- مرحلة نقل الحجر الجيري وتكسيره عن طريق كسارات مخصصة له تقوم بتكسيره الى أحجام معينة تتراوح ما بين (3-5 cm) وتوضع في مخازن كبيرة لاستخدامه عند الحاجة.
- ثانياً تأتي مرحلة الطحن للحجر الجيري بواسطة طواحين تسمى بـ Row Mill وهي عبارة عن طواحين راسية تقوم بطحن الحجر في شكل بدرة.
- ثالثاً تأتي مرحلة الحرق وتكون بواسطة فرن مخصص لذلك ويكون الحريق في درجة حرارة تتراوح بين ($1600\text{-}2000\ C^o$) ويكون الناتج من هذه العملية منتج صلب يسمى بالكلنكر Clinker.
- رابعاً مرحلة طحن الكلنكر في طواحين خاصة تسمى بطواحين الاسمنت Cement Mills حيث يطحن الكلنكر مضافاً اليه نسبة 5% جبص ويخزن بعد ذلك في سايلوهات مخصصة لذلك (silos).
- خامساً واخيراً تأتي مرحلة تعبئة الاسمنت بواسطة ماكينات خاصة تقوم بعينة في جوالات كل جوال بعبوة 50 kg.

كل المراحل السابقة التي يمر بها انتاج الاسمنت يدخل الهواء المضغوط في جميع الماكينات والانظمة المستخدمة بها مثل انظمة التحكم والاغلاق والفتح.

ونحن في هذا البحث بصدد دراسة نظام يستخدم الهواء المضغوط واخذنا بعين الدراسة ماكينة تعبئة الاسمنت (Packer).

تستمد منظومة التعبئة الهواء المضغوط من ماكينات تقوم بتوليد الهواء Compressors والتي تقوم بسحب الهواء الجوي وضغطه بواسطة ماكينات (ضواغط) والتي تتكون من موتور (Motor) يتم الحصول فيه على الحركة موصل اليه ضاغط يعمل على سحب الهواء عن طريق انبوب سحب مركب على مقدمته فلتر يعمل على تنقية الهواء عند السحب ومن يتم ضغطه بواسطة الضاغط وتمريره الى فلتر يقوم بتنقيته من الشوائب والزيوت.

مراحل تعبئة الاسمنت :

تمر تعبئة الاسمنت بعدة مراحل فبعد طحن الكلنكر مع الاضافات يقوم بتخزينه في صهاريج مخصصة له وبعد ذلك يتم نقله وذلك كالاتي :

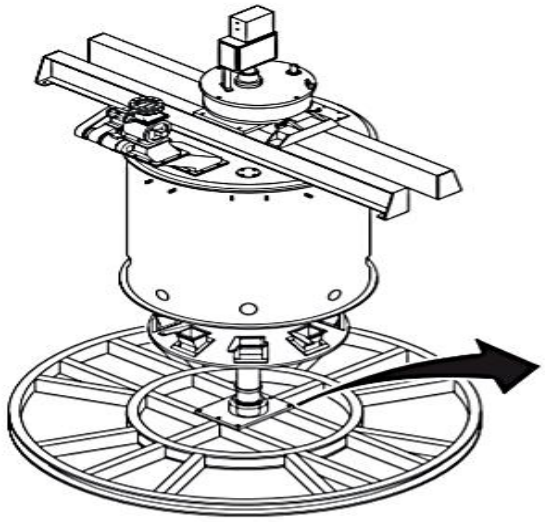
– يتم نقل الاسمنت الخام من الصهريج بواسطة ناقل ميكانيكي (ساقية) (Becket cleretor) والتي تتكون من اقداح مركبة على سير طويل ملفوف على بكرة يتم التحكم في حركتها بواسطة موتور وجربوكس وتستقبل الساقية الاسمنت الخام عن طريق بوابات في الصهريج يتم التحكم فيها بواسطة منظومة تعمل بالهواء المضغوط والتي تعمل على فتح واغلاق البوابة.

– من ثم يتم نقل الاسمنت الخام بواسطة ناقل هوائي (Air slide) وهو عبارة عن صندوق مشدود عند منتصفه قماش مخصص لذلك يتخلله من اسفله هواء مضغوط والذي يعمل على نقل المواد وهذا ما يسمى بالزقزقة ويكون عندها الصندوق مربوط على قاعدة تميل بزاوية معينة ليعمل هذا الميلان مع زقزقة الهواء المضغوط على تحريك المواد ودفعها الى الأمام.

– بعد ذلك تأتي مراحله نظافة الاسمنت وغربلته عن طريقة غربال ميكانيكي يعمل على مبدأ الاهتزاز والذي يتكون من صندوق الاهتزاز مثبت على قاعدة موضوعة على نوابض تعمل على تضخيم الاهتزاز الناتج من ربطه كتلة غير متزنة تعمل على جسم الهزاز او الغربال والتي تستمد حركتها بواسطة موتور كهربائي.

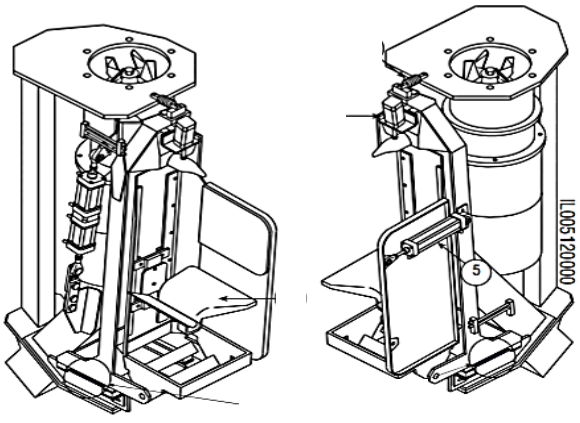
– بعد مرحلة تنقية الاسمنت من الشوائب والمواد الحديدية الناتجة عن تلف في اجسام المعدات في المرحلة السابقة يتم تمريره عبر آلية يتم فيها التحكم بتغذية ماكينة التعبئة تسمى بـ (Rotary feeder) وهو عبارة عن عضو دوار اسطواني يعمل على تنظيم حركة دخول المواد الى الماكينة ويتم التحكم في فتحه واغلاقه بواسطة عوامة موجودة على جسم الماكينة تعمل كهربائياً عن طريق ارسال اشارة كهربائية الى جهاز تحكم كهربائي الذي بواسطته يقوم بإرسال اشارة استجابة اخرى تعمل على فتح واغلاق بوابة (Therative Valve) يتم التحكم فيها نيومانيكيا.

– أخيراً تأتي مرحلة تعبئة اكياس الاسمنت بواسطة ماكينات التعبئة وماكينة التعبئة هي عبارة عن جسم اسطواني كبير مقسم طولياً الى ثماني غرف شكل (4.5) وكل غرفة ملحقة بمجموعة من الأجزاء والأنظمة التي تعمل بصورة مجتمعة ، تثبت ماكينة التعبئة من أسفل وأعلى بهيكل حديدي مثبت عليه محمل كبير من أسفله وأعلاه يمكن الماكينة من الدوران حول محورها والتي تدور بسرعة لا تتجاوز الـ 30rev/min والتي تعمل على ملأ 8 اكياس في كل لفة .



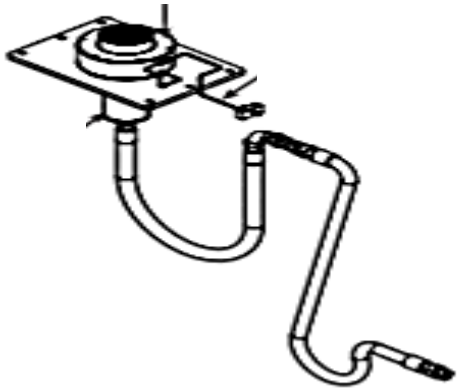
الشكل (4.5) يوضح جسم ماكينة التعبئة

تتكون ماكينة التعبئة من 8 مخارج كل مخرج مكون من توربينة مكونة من اناء دائري في داخله ريشة تدور بسرعة عالية تعمل على دفع الاسمنت الخام الى الخارج عن طريق فوهة Nozzle يوضع عليها الكيس المراد تعبئته ويرتبط ميزان حساس اسفله يعمل على ارسال الإشارة الى لوحة الكترونية توضع الوزن الموضوع ويكون عندها الكيس مملوء بوزن 50 kg ، يتم التحكم في فتح واغلاق مدخل التوربينة عن طريق بوابة يتم التحكم بها عن طريق مكبس يعمل بالهواء المضغوط تبدأ البوابة في الفتح عند زمن محدد يتراوح بين (5-10 sec) بحسب سرعة الدوران التي تدور بها الماكينة التي يتم ضبطها عن طريق العامل المكلف بهذا والتي تتراوح سرعتها القصوى الى 30rev/min بعد اكتمال الوزن المحدد [الوزن القياسي 50 kg] يتم دفع الكيس بواسطة مكبس اخر يقوم بدفعه الى السير الناقل شكل (4.6) بعدها يمر الكيس بعدد من السيور الناقلة حتى الوصول الى العربة المراد شحنها بالاسمنت.



الشكل (4.6) يوضح المكابس المستخدمة

يتم امداد الهواء المضغوط الذي يستخدم في تشغيل الانظمة التيوماتيكية في ماكينة التعبئة عن طريق خطوط من المواسير يتم توصيلها مع انبوب داخل الماكينة شكل (4.7).



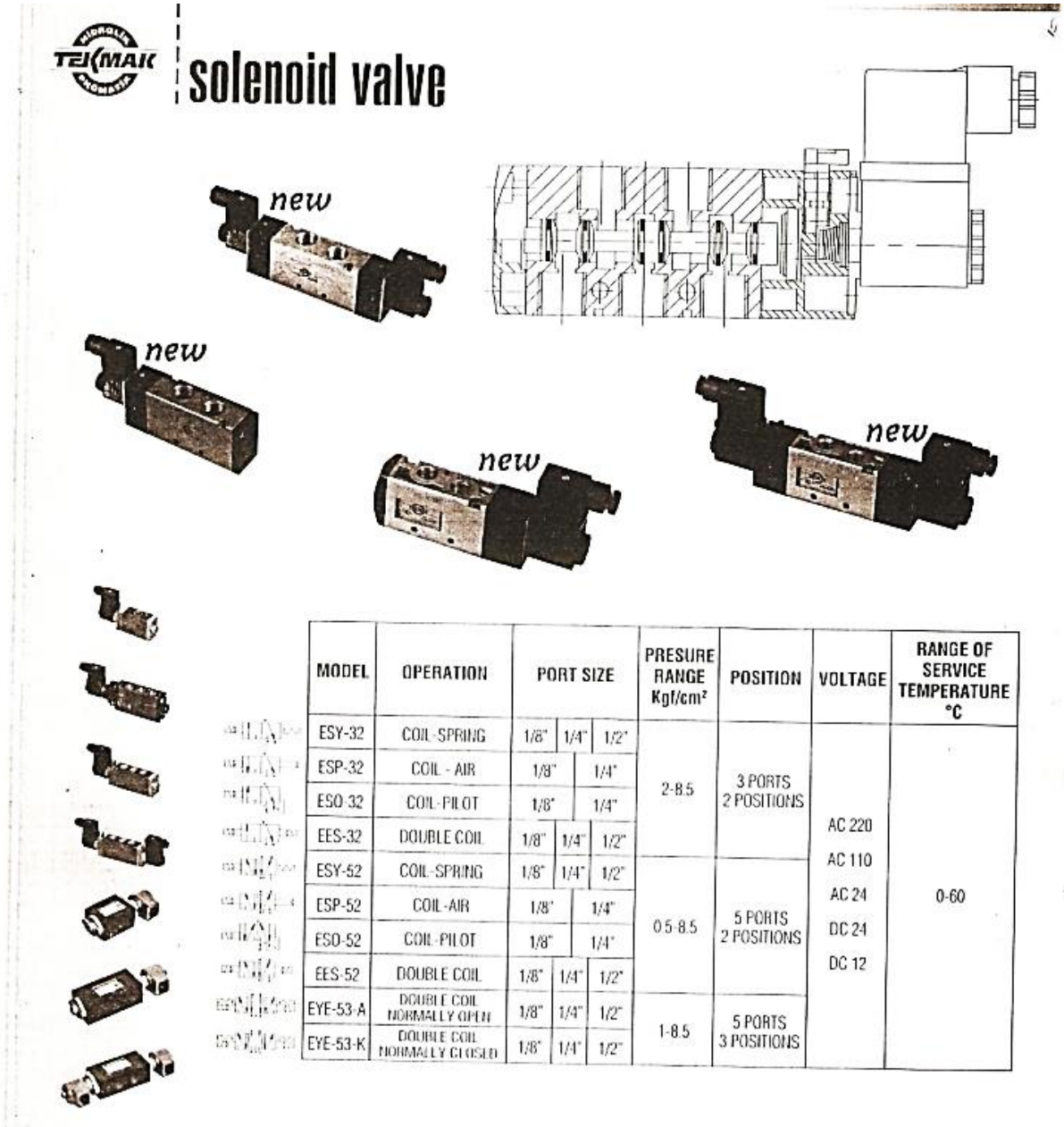
الشكل (4.7) يوضح انبوب هوائي

هذا الانبوب موصل الى جسم اسطواني وهو عبارة عن موزع يقوم بتوزيع الهواء المضغوط الى صندوق به مجموعة من الـ Solenoid والوصلات التي تعمل بنظام محدد من الشركة المصممة والتي تقوم بالتحكم في العمليات التي تتم عند التعبئة يجب الا يقل الضغط التشغيلي عن 5bar عند التشغيل ويكون موضح بجهاز لقياس الضغط pressure Gauge عند مدخل الماكينات كما موضح في الشكل (4.8).

الشكل (4.8) يوضح منظم الضغط

ومن خلال الدراسة وجد ان الهواء المضغوط المستعمل في ماكينات التعبئة يجب ان يكون خالياً من الرطوبة وذلك لتأثيره السالب على الأجهزة وعلى بدرة الاسمنت والاكياس الورقية لذلك لابد من تجفيفه وبما أنه يمر بمجفف الهواء Air dryer إلا أن الخطوط الهوائية ما بعد Air dryer الى ماكينة التعبئة تتأثر بالرطوبة عند تغيرات المناخ فيتكثف الهواء ولحل مثل هذه المشكلة يجب استخدام خزان هواء Air receiver قبل دخوله لماكينة التعبئة ويجب ان يشتمل على عدد من مصائد المياه .water trap.

4.7 رسومات وصور لبعض أدوات التحكم المصنعة حسب مواصفات الـ ISO :



MODEL	OPERATION	PORT SIZE	PRESURE RANGE Kgf/cm²	POSITION	VOLTAGE	RANGE OF SERVICE TEMPERATURE °C
ESY-32	COIL-SPRING	1/8" 1/4" 1/2"	2-8.5	3 PORTS 2 POSITIONS	AC 220 AC 110 AC 24 DC 24 DC 12	0-60
ESP-32	COIL - AIR	1/8" 1/4"				
ESO-32	COIL-PILOT	1/8" 1/4"				
EES-32	DOUBLE COIL	1/8" 1/4" 1/2"				
ESY-52	COIL-SPRING	1/8" 1/4" 1/2"	0.5-8.5	5 PORTS 2 POSITIONS		
ESP-52	COIL-AIR	1/8" 1/4"				
ESO-52	COIL-PILOT	1/8" 1/4"				
EES-52	DOUBLE COIL	1/8" 1/4" 1/2"				
EYE-53-A	DOUBLE COIL NORMALLY OPEN	1/8" 1/4" 1/2"	1-8.5	5 PORTS 3 POSITIONS		
EYE-53-K	DOUBLE COIL NORMALLY CLOSED	1/8" 1/4" 1/2"				

pilot valve

MODEL	OPERATION	PORT SIZE			POSITION
PY-32	AIR-SPRING	1/8"	1/4"	1/2"	3 PORTS 2 POSITIONS
PP-32	AIR - AIR	1/8"	1/4"	1/2"	
PY-52	AIR-SPRING	1/8"	1/4"	1/2"	5 PORTS 2 POSITIONS
PP-52	AIR - AIR	1/8"	1/4"	1/2"	
PYP-53-A	AIR - SPRING - AIR NORMALLY OPEN	1/8"	1/4"	1/2"	5 PORTS 3 POSITIONS
PYP-53-K	AIR - SPRING - AIR NORMALLY CLOSED	1/8"	1/4"	1/2"	

FR. PIGGYBACK UNIT

Model	Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Filter Grade	Gauge Connection RC (PT)	Presure Range Kgf/cm² (Kpa)	
AF-150	1/8"	650	5 μm	1/8"	0.5-8.5 (50-850)	H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer BG: With Bowl Guard
AF-200	1/4"	750				
BF-200	1/4"	1000		1/4"		H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer
BF-300	3/8"	1350				
CF-400	1/2"	3000				
CF-600	3/4"	3100				

AIR REGULATOR

Model	Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Gauge Connection RC (PT)	Presure Range Kgf/cm² (Kpa)
AR-150-01	1/8"	600	1/8"	0.1-1 (0.01-0.1)
AR-150	1/8"	650		Standard: 0.5-8.5 (50-850) Low Pressure: 0.1-1 (0.01-0.1) 0.5-4 (50-400)
AR-200	1/4"	750		
BR-200	1/4"	1000	1/4"	
BR-300	3/8"	1350		
CR-400	1/2"	3000		
CR-600	3/4"	3100		0.5-8.5 (50-850)

AIR LUBRICATOR

Model	Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Flow Rate L/min	Oil Volume Kgf/cm² (Kpa)	
AL-150	1/8"	600	0 - 30	25	- BG: With Bowl Guard
AL-200	1/4"	650			
BL-200	1/4"	750	0 - 40	90	
BL-300	3/8"	1000			
CL-400	1/2"	1350	0 - 45	160	
CL-600	3/4"	3100			

39

F.R.L. COMBINATION UNIT

Model	Equipment Model			Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Presure Range Kgf/cm² (Kpa)	
	Filter	Regulator	Lubricator				
AC-150	AF-150	AR-150	AL-150	1/8"	650	0.5-8.5 (50-850)	H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer BG: With Bowl Guard
AC-200	AF-200	AR-200	AL-200	1/4"	750		
BC-200	BF-200	BR-200	BL-200	1/4"	1000		H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer
BC-300	BF-300	BR-300	BL-300	3/8"	1350		
CC-400	CF-400	CR-400	CL-400	1/2"	3000		
CC-600	CF-600	CR-600	CL-600	3/4"	3100		

FR.L. COMBINATION UNIT

Model	Equipment Model		Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Presure Range Kgf/cm² (Kpa)	
	Filter	Lubricator				
AFC-150	AFR-150	AL-150	1/8"	650	0.5-8.5 (50-850)	H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer BG: With Bowl Guard
AFC-200	AFR-200	AL-200	1/4"	750		
BFC-200	BFR-200	BL-200	1/4"	1000		H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer
BFC-300	BFR-300	BL-300	3/8"	1350		
CFC-400	CFR-400	CL-400	1/2"	3000		
CFC-600	CFR-600	CL-600	3/4"	3100		

AIR FILTER

Model	Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Filter Grade	
AF-150	1/8"	650	5 µm	H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer BG: With Bowl Guard
AF-200	1/4"	750		
BF-200	1/4"	1000		H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer
BF-300	3/8"	1350		
CF-400	1/2"	3000		
CF-600	3/4"	3100		

FR. PIGGYBACK UNIT

Model	Port Size RC (PT)	Flow Rate L/min (ANR)	Filter Grade	Gauge Connection RC (PT)	Presure Range Kgf/cm² (Kpa)	
AF-150	1/8"	650	5 µm	1/8"	0.5-8.5 (50-850)	H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer BG: With Bowl Guard
AF-200	1/4"	750				
BF-200	1/4"	1000		1/4"		H: Manual Drain Cock A: Auto Drainer
BF-300	3/8"	1350				
CF-400	1/2"	3000				
CF-600	3/4"	3100				

الفصل الخامس

الخاتمة والتوصيات

5-1 الخاتمة:

أن أهمية الهواء المضغوط في الصناعة ظلت في تزايد مستمر والهواء علم قائم بذاته خاصة التحكم في الهواء المضغوط ونحن في بحثنا هذا قد تناولنا كيفية توليد الهواء المضغوط بالإضافة لتجفيف الهواء الذي يعتبر أحد أهم عناصر في الهواء المضغوط حيث أن الهواء الذي يتحكم به في الماكينات لابد من تنقيته وفلترته وتجفيفه حتى لا تؤثر على الآليات والماكينات الحساسة التي تستخدم فيها.

بالإضافة للاهتمام بأجهزة التحكم التي يتم الحاقها بماكينات الهواء التي بها يتم التحكم في كمية الضغط وسريان الهواء . بما أن التحكم في الماكينات يتم بالهواء لذلك لابد من الاهتمام بالتحكم في الهواء نفسه حتى لا تؤثر على الماكينات . لذا كان الاهتمام بموانع السرب حتى لا نخفض الهواء المضغوط.

وهنالك جانب مهم وهو شبكات الهواء المضغوط ومعرفة مواسير وطرق التحسيب لأقطار المواسير المناسبة بالإضافة للوصلات وأنواعها وطرق تصميمها ، إضافة لتصميم الاسطوانات والمستودعات ومعدات قياسها.

كما اشتمل البحث على أمثلة عن التحكم النيومانيكي ، وبعض الأمثلة لاستخدامات الهواء في الصناعة.

وجد من خلال هذه الدراسة أن الهواء الرطب له تأثير سالب على الانابيب الناقلة للهواء وأجهزة التحكم المستخدمة ولتقليل الرطوبة يجب استخدام عدد كافٍ من مصائد الماء (water trap).

في الختام نتمنى من الله العلي القدير أن تكون قد توقفنا في بحثنا هذا في وضع انفسنا في بداته طريق علم الهواء المضغوط الذي يعتبر من العلوم المستقبلية التي نتمنى أن يجد الاهتمام من الجامعات والشركات الخاصة بأدوات ومعدات الهواء المضغوط .

5-2 التوصيات:

أولاً نتمنى أن نكون قد وفقنا في بحثنا هذا ونحن وجدنا هناك الكثير من جوانب الهواء المضغوط التي يمكن أن تكون لوحدها مجال للبحث والدراسة مثال لذلك:

1. التحكم في الهواء المضغوط وعناصر التحكم الهوائي.

2. الدوائر الأساسية النبوماتيكية.

3. الصيانة (صيانة معدات التحكم والدائر الأساسية – الصيانة الوقائية – وتحديد المشاكل والأسباب المحكمة في الضواغط).

4. الحسابات النبوماتيكية.

لذلك نوصي بأن تكون هنالك بحوث أكثر تخصصية في المجالات المختلفة للهواء المضغوط وهي تساعد بدورها في التفكير مستقبلاً في وجود مصانع متخصصة في تصنيع عناصر التوليد والتحكم في الهواء المضغوط مثل.

أ/ مصانع الاسطوانات الهوائية بأنواعها المختلفة.

ب/ مصانع لتصنيع أدوات التوصيل الخاصة بالهواء وخطوط الهواء المضغوط.

ج/ مصانع لتصنيع معدات التحكم في الهواء مثل الصمامات والبلوقة والرشحات والمزينات وأجهزة القياس واسيال موانع التسرب .

يمكن أن تكون كل هذه الأشياء مجملة في مصنع كبير يمكن أن تتم له دارسة في المستقبل تشجع المستثمرين ورأس المال في الدخول في هذا المجال.

المراجع :

1. التحكم النيومانيكي وتطبيقاته:

   م. أحمد عبدالعال

2. Compressed Air hand book

3. pneumatic Power for production

   Stewart Horry

4. Atlas copco.com

5. كتلوجات الشركه المصنعه Ventomatic

6. بالإضافة لبعض النشرات الخاصة بالشركات المصنعة لمعدات الهواء المضغوط.

الملاحق

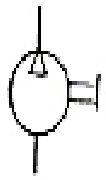
ملحق –1 الوحدات المستخدمة في النيوماتيك

الجدول التالي يعرض الكميات المختلفة ووحداتها المختلفة ومعامل التحويل من الوحدة الأولى الى الوحدة الثانية :

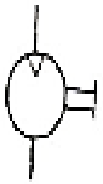
الكمية	الوحدة الأولى	الرمز	الوحدة الثانية	الرمز	معامل التحويل
Pressure	Bar	Bar	Atmospher	atm	0,9869
Pressure	Bar	Bar	Kilogram force/ cm^2	kgf/ cm^2	1,0197
Pressure	Bar	Bar	Pound force/Sq. inch (psi)	lbf/in^2	14,5053
Force	Kilogram force	Kgf	Newton	N	9,8066
Force	Kilogram force	Kgf	pound force	lbf	2,2045
Weight	Kilogram	Kg	Gramme	g	1000
Weight	Kilogram	Kg	Pound	1 b	2,2045
Viscosity	Centistoke	cSt	Engler degree	° E	
Temperature	centigrade	° C	Fahrenheit	° F	
Volume Dis-placement	Cubic centimet-re (10^{-6} m^3)	cm^3	Liter	l	0,001
Volume Dis-placement	centimetre(10^{-4} m^2)	cm^3	Cubic inch (ft^3/ 1728	in^3	0,0610
Length	centimetre(10^{-2} m)	cm	Inch (ft/12)	In	0,3937
Area (Section)	Square centi-metre(10^{-4} m^2)	cm^2	Square inch (ft^2/144)	in^2	0,1550
Capacity	Litre	1	Gallon, Uk	Uk gal	0.2199
Capacity	Litre	1	Gallon, Us	Us gal	0,2641
Angle	Degree	°	Radian	rad	0,0174
power	Kilowatt	kW	Horse Power	Hp	1,36
Momentum (torque)	Kilogram force meter	kgfm	Newton metre	Nm	9,8066
Momentum (torque)	Kilogram force meter	kgfm	pound force inch	lbf in	86,7845
Angular Speed	Revolution per minute	Rpm	Radian per sec-ond	rad/ sec	0,1047
Flow	Liter per minute	L/min	Gallon (uk) per minute	(uk) GPM	0,2199
Flow	Liter per minute	L/min	Gallon (uk) per minute	(US) GPM	0,2641

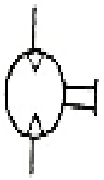
ملحق –2 الرموز النيوماتيكية

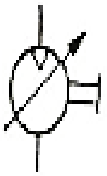
أولاً : الضواغط والمحركات الهوائية :

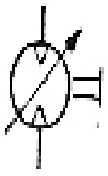

ضاغط هوائى .

مضخة تفريغ .

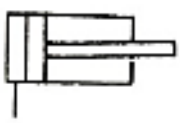

محرك هوائى بسرعة ثابتة يدور فى اتجاه واحد .

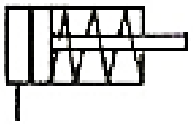

محرك هوائى بسرعة ثابتة يدور فى اتجاهين .

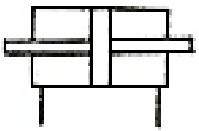

محرك هوائى بسرعة يمكن التحكم فيها ويدور فى اتجاه واحد

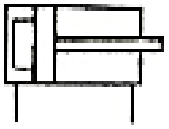

محرك هوائى بسرعة يمكن التحكم فيها ويدور فى اتجاهين .

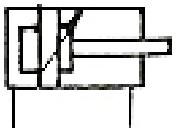
ثانياً : الأسطوانات الهوائية :


أسطوانة أحادية الفعل تعود ذاتياً بفعل حمل خارجى .

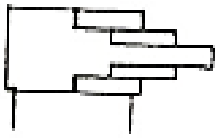

أسطوانة أحادية الفعل تعود ذاتياً بفعل يدوى إرجاع .

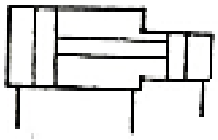

أسطوانة ثنائية الفعل بذراعى دفع .


أسطوانة ثنائية الفعل بمخمد فى اتجاه واحد .

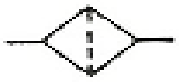

أسطوانة ثنائية الفعل بمخمد حركة متغيرة القيمة فى اتجاهى الحركة .

أسطوانة هوائية دوارة .


أسطوانة تلسكوبية .


أسطوانة تكبير ضغط .

ثالثاً : عناصر ترشيح وتجفيف وتزييت والتحكم في ضغط الهواء المضغوط :


مرشح .

فاصل ماء يدوى .

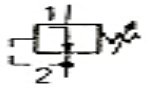
فاصل ماء أوتوماتيكى .

مرشح بفاصل ماء يدوى .

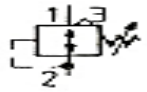
مرشح بفاصل ماء أوتوماتيكى .

مجفف .

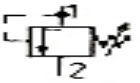
مزيتة .



صمام تنظيم ضغط .



صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف .



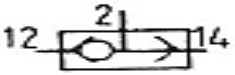
صمام تتابعى .

وحدة خدمة .

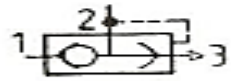
رابعاً : الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة :

صمام لارجعى حر .

صمام لارجعى بياى .

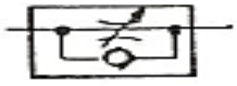


صمام ترددى (بوابة أو) .

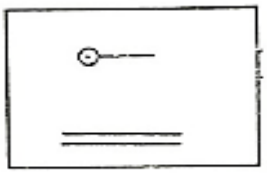


صمام تصريف سريع .

صمام خانق قابل للمعايرة .


صمام خانق لارجعى .

خامساً : خطوط الضغط والوصلات الميكانيكية والهوائية :



مصدر ضغط .

عمود الإدارة .

وصلة ميكانيكية .

خط ضغط الهواء .

خط العادم.

خط التحكم .

وصلة هواء مرنة .

تقاطع خطوط ضغط بدون توصيل .

تقاطع خطوط هواء مضغوط مع التوصيل .

وصلة اختبار ضغط مغلقة .

وصلة اختبار ضغط موصلة مع خط عداد ضغط .

وصلة سريعة مفكوكة .

وصلة سريعة مجمعة .

سادساً : وسائل تشغيل الصمامات الاتجاهية :

ذراع تشغيل يعمل باليد .

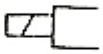
ضاغط يعمل باليد .

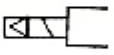
بدال يعمل بالقدم .

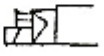
خابور يعمل بالدفع بكامة متحركة .

بكرة تعمل بالدفع بكامة متحركة .

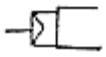
يای إرجاع .


ملف كهربی .

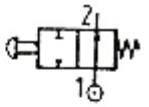

ملف كهربی سابق التحكم .


ملف كهربی بوسيلة يدوية سابقة التحكم .

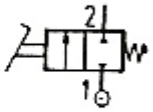
إشارة ضغط .


إشارة ضغط سابقة التحكم .

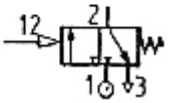
سابعاً : الصمامات الاتجاهية :



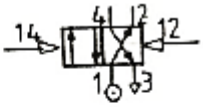
صمام اتجاهی 2/2 بضاغط ویای وبوضع ابتدائی مفتوح.



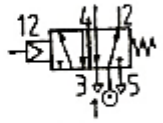
صمام اتجاهی 2/2 بيدال ویای وبوضع ابتدائی مغلق .



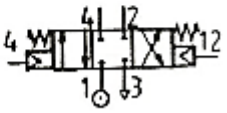
صمام اتجاهی 3/2 بإشارة ضغط ویای .



صمام اتجاهی 4/2 بإشارتی ضغط .



صمام اتجاهی 5/2 بإشارة ضغط ویای إرجاع (سابق التحكم) .



صمام اتجاهی4/3 بإشارتی ضغط ویایی إرجاع (سابق التحكم)