الباب الأول

إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة

١ ـ ١ مقدمة :

إن كلمة نيوماتيك مشتقة من الكلمة الإغريقية Pneuma والتى تعنى (هواء ـ رياح ـ تنفس) ، وهى تعرف بأنها علم هندسى يهتم بالهواء المضغوط وتدفقه.

واستخدام الهواء المضغوط ليس بالجديد ، ولكن الجديد هو استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ففى الفترة مابين (1950 : 1940) ميلادية ، ونتيجة للتقدم الكبير فى صناعة اللدائن الصناعية أنتجت مواسير بلاستيك رقيقة ومتينة، وبأحجام صغيرة ، بالإضافة إلى إنتاج الصمامات الاتجاهية ذات الأحجام الصغيرة مما حث الشركات على استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ولكن فى هذه الفترة كانت دوائر التحكم النيوماتيكية تحتاج لمجهود شاق عند التنفيذ ، حيث كان كل عنصر من عناصر الدائرة يثبت منفرداً . وإذا لم ينفذ نظام التحكم بدقة متناهية أصبح كابوساً معتماً بالنسبة للفنيين نتيجة للوصلات الكثيرة والمحيرة . لذا كان التحكم الهوائى (النيوماتيكى) محدود فى الصناعة لندرة الفنيين المدربين على ذلك آنذاك .

وفى منتصف عام 1960 ميلادية تقدمت صناعة صمامات التحكم واستخدمت الصمامات المنطقية فى الدوائر الهوائية . وكانت هذه الصمامات بالمواصفات الفنية التالية :

١ ـ صغيرة الحجم .

٢ ـ جميع فتحات التوصيل توجد أسفل الصمام .

٣ ـ استخدمت أرقام معبرة عن الوظيفة لترقيم مداخل ومخارج الصمامات.

٤ ـ تعمل هذه الصمامات فى مدى كبير للضغط .

٥ ـ يصل عمر التشغيل لهذه الصمامات إلى 100 ـ 5 مليون دورة تشغيل. ويضاف على ذلك ظهور الوصلات السريعة التى تجعل عملية التوصيل تتم فى لحظات ، وكذلك ظهور بعض العناصر لكتم الصوت المزعج عند خروج الهواء الفائض من الصمامات . الأمر الذى أدى إلى تسهيل التركيب وتقليل تكلفة الدوائر الهوائية عن ذى قبل . وحينئذ يمكن القول بأن استخدامات الهواء المضغوط فى تزايد مستمر . فبالإضافة إلى انتشار الهواء المضغوط فى جميع ميادين التحكم فى الصناعة ، فهو يستخدم فى تشغيل آلات الورش ، وأعمال التعدين ، وإنشاء وإصلاح الطرق ... إلخ ، وذلك لعدة أسباب أهمها :

١ ـ عدم تواجد التيار الكهربى فى أماكن استخدام هذه الآلات .

٢ ـ سهولة حمل هذه الآلات .

٣ ـ متانة الآلات العاملة بالهواء المضغوط وسهولة صيانتها .

٤ ـ تصميم هذه الآلات للعمل فى الظروف الصعبة حيث الأتربة والماء .. إلخ .

٥ ـ لا يتعرض العاملون بهذه الآلات لصدمة كهربية كما هو الحال فى الآلات العاملة بالتيار الكهربى .

٦ ـ لا يخشى على هذه الآلات من الأحمال المفرطة .

١ ـ ٢ مميزات وعيوب التحكم بالهواء المضغوط :

أولاً : المميزات :

١ ـ الهواء بلا مقابل ويمكن الحصول عليه فى أى مكان وبأى كمية مطلوبة .

٢ ـ يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الخطوط الهوائية لمسافات بعيدة .

٣ ـ لا نحتاج للتخلص من بقايا الهواءالمضغوط ، حيث يمكن تسربها للجو بعد الانتهاء من العمل به .

٤ ـ الهواء غير حاس للتغير فى درجة الحرارة ، ولذلك يمكن استخدامه فى التحكم عند أى ظروف مناخية .

٥ ـ يفضل استخدامه فى الأماكن المعرضة للانفجارات والتى تحتوى على غازات متطايرة قابلة للاشتعال عن التحكم بالكهرباء لعدم احتمال حدوث أى شرارة .

٦ ـ الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط لا يخشى عليها من الأحمال المفرطة بعكس الآلات التى تعمل بالتيار الكهربى .

٧ ـ الهواء المضغوط نظيف ، ولذلك يمكن استخدام الهواء المضغوط فى الصناعات التى تحتاج إلى نظافة خاصة مثل الصناعات الغذائية ، وصناعة الغزل والنسيج .. إلخ .

ثانيا : العيوب :

١ـ ارتفاع تكلفة إنشاء وتشغيل وصيانة وحدات توليد وتجفيف الهواء المضغوط .

٢ ـ يلزم استخدام أحجام كبيرة للأسطوانات للحصول على قوى كبيرة ، وذلك لأنه يفضل عدم زيادة ضغط الهواء المضغوط عن 7 bar لتقليل التكلفة.

٣ ـ نظراً لقابلية الهواء للانضغاط لا يمكن الوصول إلى سرعات ثابتة لعناصر الفعل (أسطوانات ومحركات هوائية) عند تغير الأحمال .

١ ـ ٣ مصطلحات فنية Technical Expressions :

أ ـ الضغط Pressure :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة أى أن

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

وهناك ثلاثة أنواع من الضغوط هى :

١ ـ الضغط الجوى Atmospheric Pressure :

وهو ضغط الهواء على سطح البحر ويساوى بالنظام العالمى 1.02 bar (Kg/cm^2) وبالنظام الإنجليزى 14.7 Psi ($lb/Inch^2$) انظر ملحق ـ ١ .

٢ ـ الضغط المقاس Gauge Pressure :

وهو ضغط أى حيز من الهواء منسوباً للضغط الجوى .

٣ ـ الضغط المطلق Absolute Pressure :

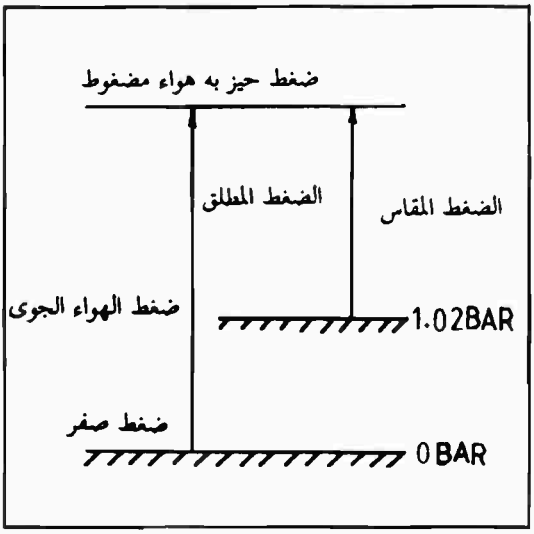
وهو ضغط أى حيز من الهواءمنسوباً إلى ضغط الفراغ . أى الحيز المفرغ من الهواء وهذا الضغط يساوى o bar أو o psi .

أى أن الضغط المطلق = الضغط المقاس + الضغط الجوى .

وعادة فإن أجهزة قياس الضغط المستخدمة تقيس الضغط كضغط مقاس ، أى منسوباً للضغط الجوى . والشكل ١ ـ ١ يبين العلاقة بين الضغوط الثلاثة السابقة .

ب ـ درجة الحرارة Temperature :

هناك عدة تعبيرات معروفة لدرجة الحرارة وهى :



الشكل ١ ـ ١

١ ـ درجة الحرارة المحيطة Ambient temprature :

وهى درجة حرارة الوسط المحيط التى تعمل فيه الآلات المختلفة ، وتقاس بالدرجة المئوية $\overset{\circ}{C}$ ، أو الكلفن $\overset{\circ}{K}$ أو بالفهرنهايت $\overset{\circ}{F}$. والعلاقة بينهم كالآتى :

$$\overset{\circ}{K} = 273 + \overset{\circ}{C}$$

$$\overset{\circ}{F} = 1.8\ \overset{\circ}{C} + 32$$

٢ ـ درجة الحرارة المطلقة Absolute temprature :

وهى درجة حرارة الأشياء المختلفة منسوبة للصفر المطلق والذى يساوى o K أو $-273\ \overset{\circ}{C}$

جـ ـ قانون بويل للغازات :

يتناسب الضغط لأى كتلة من الغاز تناسباً عكسياً مع الحجم عند ثبات

درجة الحرارة ، ويمكن وضع هذا القانون فى الصورة الآتية :

ثابت = PV

حيث إن P هو الضغط ، V هو حجم الغاز .

د ـ قانون شارلز للغازات :

يتناسب حجم أى كتلة من الغاز تناسباً طردياً مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط ، ويمكن وضع هذا القانون فى الصورة التالية :

$$\text{ثابت} = \frac{V}{T}$$

حيث إن V هو الحجم ، T هى درجة الحرارة .

هـ ـ الرطوبة Humidity :

الرطوبة لفظ يطلق على بخار الماء الموجود فى الهواء ، وهناك عدة تعبيرات تتعلق بالرطوبة وهى :

١ ـ الهواء المشبع Saturated air :

وهو الهواء الغير قادر على حمل وزن إضافى من بخار الماء عند نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة ، علماً بأن وزن بخار الماء اللازم لتشبع الهواء يزداد كلما ازدادت درجة حرارته والعكس بالعكس .

٢ ـ الرطوبة المطلقة Absolute Humidity :

وهى وزن بخار الماء بالجرام الموجود فى المتر المكعب من الهواء عند درجة حرارة معينة .

٣ ـ الرطوبة النسبية Relative Humidity :

وهى النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء الجوى عند درجة حرارة معينة

وضغط معين ووزن بخار الماء اللازم لتشبع المتر مكعب من الهواء الجوى عند نفس الظروف .

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة عند ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة}}{\text{وزن بخار الماء اللازم لتشبع متر مكعب من الهواء عند نفس الظروف .}}$$

وعادة تعطى الرطوبة النسبية كنسبة مئوية بضرب ناتج العلاقة السابقة فى العدد 100 .

٤ ـ التكاثف Condensation :

يتكاثف بخار الماء الموجود فى الهواء كلما انخفضت درجة حرارته .

٥ ـ الهواء الجاف Dry Air :

وهو الهواء الخالى من الرطوبة تماماً ، ويقال فى هذه الحالة أن هذا الهواء له رطوبة مطلقة تساوى صفراً ، وكذلك رطوبة نسبية تساوى صفراً .

و ـ معدل التدفق الحجمى Volumetric Flow Rate :

يعرف تدفق الغازات بأنه حجم الغاز المار فى وحدة الزمن داخل حيز معين . وتستخدم الوحدات التالية لقياس التدفق ، وهى المتر المكعب لكل ثانية (m^3/sec) ، أو وحدة اللتر لكل ثانية (L/sec) ، أو وحدة القدم المكعب لكل دقيقة CFM (Ft^3/min) .

١ ـ ٤ الضواغط الهوائية Air Compressors :

يعتبر الضاغط الهوائى هو القلب النابض لأى نظام تحكم هوائى ، ويقوم الضاغط بتوليد الهواء المضغوط اللازم فى عمليات التحكم الهوائية حيث يدخل الهواء الجوى من خط السحب للضاغط بالضغط الجوى ، ويساوى تقريباً (1 bar) . ويخرج الهواء المضغوط المستخدم فى التحكم الهوائى من خط

الطرد للضاغط بضغوط تتراوح مابين 10 bar : 5 . ويستخدم الهواء المضغوط فى تشغيل عناصر الفعل الهوائية مثل : الأسطوانات والمحركات الهوائية الموجودة فى الماكينات المختلفة ، وعادة تدار الضواغط الهوائية إما بمحركات كهربائية أو آلات احتراق داخلى ، أو توربينات غازية ، وتنقسم الضواغط الهوائية حسب نظرية عملها إلى :

١ ـ ضواغط الإزاحة الموجبة Positive Displacement Compressors : ومبدأ عمل هذه الضواغط هو زيادة الضغط نتيجة لنقصان حجم معين للهواء ، وأهم هذه الضواغط :

أ ـ الضواغط الترددية Reciprocating Compressors .

ب ـ الضواغط الدوارة Rotary Compressors .

وهناك أنواع كثر من الضواغط الدوارة أهمها : الضواغط الريشية Vane Compressors .

٢ ـ الضواغط الديناميكية Dynamic Compressors :وتقوم هذه الضواغط بزيادة الضغط نتيجة لتحويل طاقة الحركة للهواء إلى طاقة ضغط ، وذلك عند مرور الهواء بداخلها ، حيث تحتوى على قرص مثبت به مجموعة من الزعانف بأشكال مختلفة ، ويسمى هذا القرص Impeller . وهناك عدة أنواع لهذه الضواغط مثل :

أ ـ الضاغط ذات التدفق القطرى Radial Flow Comp.

ب ـ الضاغط ذات التدفق المحورى Axial Flow Comp.

جـ ـ الضاغط ذات التدفق المختلط Mixed Flow Comp.

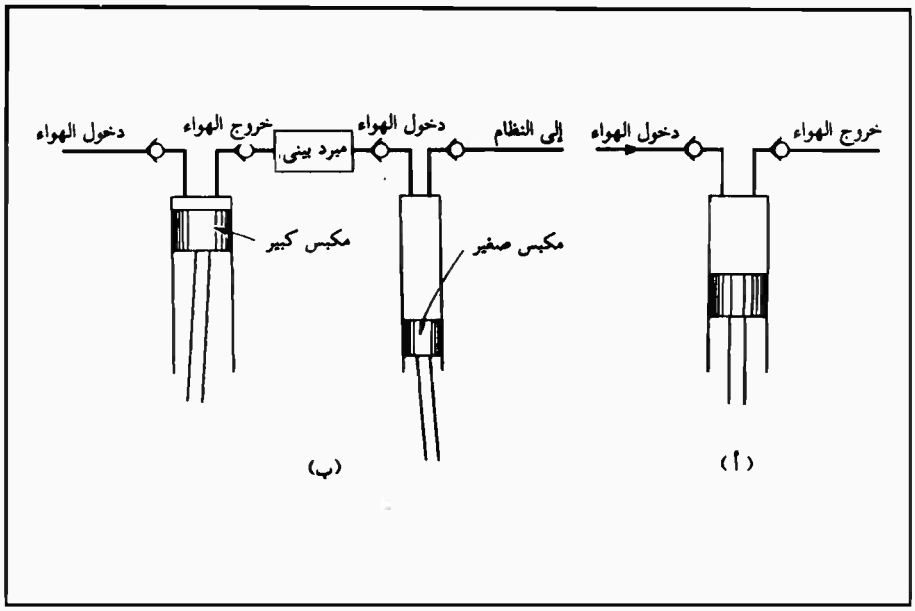
وسوف نكتفى فى هذا الكتاب بإلقاء الضوء على ضواغط الإزاحة الموجبة فقط .

١ ـ ٤ ـ ١ الضواغط الترددية Reciprocating Compressors :

يتكون الضاغط الترددى من أسطوانة أو أكثر ، وتحتوى كل أسطوانة على مكبس يتحرك حركة ترددية لسحب الهواء الجوى ، ثم ضغطه بالضغط المطلوب ، وتحتوى كل أسطوانة فى قاعدتها على صمامين ، **أحدهما** : يسمى صمام السحب ، حيث يفتح فى شوط السحب للمكبس لدخول الهواء الجوى، **والثانى**: يسمى صمام الضغط ، حيث يفتح فى شوط الضغط لخروج الهواء المضغوط . وتوجد بعض الضواغط الترددية ذات مرحلة واحدة ، حيث يتم ضغط الهواء الجوى بداخل أسطوانة واحدة ، وهناك أنواع أخرى من الضواغط الترددية بمرحلتين ، أى يتم ضغط الهواء الجوى فى أسطوانة ويزاد ضغط الهواء المضغوط فى الأسطوانة الأولى بضغطه ثانية فى أسطوانة ثانية ، علماً بأن الهواء المضغوط فى الأسطوانة الأولى يتم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوى بواسطة مبرد بينى Intercoller قبل دخوله الأسطوانة الثانية .

وهناك ضواغط ترددية تصل عدد مراحلها إلى ثلاث أو أربع مراحل ... إلخ. وفى الشكل ١ ـ ٢ رسومات توضيحية مبسطة لضاغط ترددى بمرحلة واحدة (الشكل أ) ، وضاغط ترددى بمرحلتين (الشكل ب) .

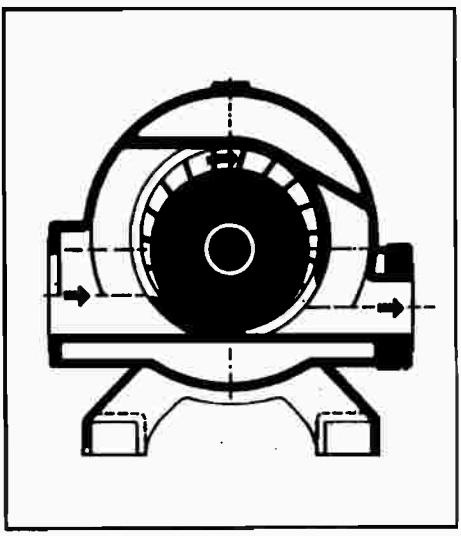
ملاحظة : حجم الإسطوانات فى الضواغط الترددية متعددة المراحل يتناقص بارتفاع رتبة المرحلة ، فمثلاً الضاغط الترددى ذى المرحلتين يكون حجم أسطوانة المرحلة الثانية له أصغر من حجم أسطوانة المرحلة الأولى ، وذلك لنقصان حجم الهواء المضغوط (ارجع لقانون بويل الفقرة ١ ـ ٣) .



الشكل ١ ـ ٢

١ ـ ٤ ـ ٢ الضواغط الدوارة الريشية Vane Compressors :

تتكون الضواغط الدوارة ذات الريش المنزلقة . من عضو دوار ، وهو عبارة عن أسطوانة تحتوى على مجارى ، ويثبت بداخل كل مجرة ريشة معدنية أسفلها يای دفع ، أما العضو الثابت للضاغط الدوار فهو أسطوانة مفرغة تحتوى على فتحتين جانبيتين وهما : فتحة سحب وفتحة طرد ، علماً بأن دوران العضو الدوار لا مركزى ، حيث يوجد إزاحة بين محور العضو الثابت والعضو الدوار ، وعند دوران العضو



الشكل ١ ـ ٣

الدوار ينشأ منطقة لسحب الهواء أمام فتحة السحب ، ومنطقة لضغط الهواء أمام فتحة الطرد . والشكل ١ ـ ٣ يعرض رسما مبسطاً لضاغط دوار . ويوجد ضواغط ريشية بمرحلتين ، حيث تثبت المرحلتين على نفس محور الدوران ، ويبرد الهواء المضغوط الناتج من المرحلة الأولى بمبرد بينى تماماً كما هو الحال فى الضواغط الترددية .

١ ـ ٤ ـ ٣ مقارنة بين الأنواع المختلفة للضواغط :

والجدول ١ ـ ١ يعقد مقارنة بين التكلفة المبدئية والكفاءة ومستوى الضوضاء للأنواع المختلفة للضواغط :

الجدول ١ – ١

النـــوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوى الضوضاء	ملاحظات
ترددى	متوسط لمنخفض	عالية	عالٍ جداً	تختار بسعات لا تزيد عن 100m3/min وضغط لا يزيد عن 7 Bar
ريشية	متوسط لمنخفض	أقل قليلاً من كفاءة الضواغط	منخفض خصوصاً الأنواع التى تبرد بالماء	يفضل استخدامها فى الضغوط التى تزيد عن 7 bar، والسعات التى لا تزيد عن 100m3 / min وتتراوح سرعتها من / 3500 : 250 rpm وتعتمد على الحجم .
الطارد المركزى centrifugal	عالية	منخفض عند الأحجام الأقل من 170m3/min وعالية عند السعات الأعلى من 200m3 / min	يمكن أن يقل باستخدام أنظمة تخميد الضوضاء.	يفضل استخدامها عند سعات أعلى من 200m3 / min وتصل سعاتها إلى / 300m3 min ، وسرعتها تصل إلى 25000/ r.p.m.

تابع الجدول ١ – ١

النـــوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوى الضوضاء	ملاحظات
المحورية Axial	عالية	عالية	يمكن أن تقل باستخدام أنظمة تخميد الضوضاء	يفضل استخدامها عن سعات أعلى من $280\ m^3 / min$.

حيث إن :

التكلفة المبدئية : هى تكلفة إنشاء وحدة توليد الهواء المضغط والذى يعتبر الضاغط أحد عناصر هذه الوحدة .

الكفاءة الحجمية للضاغط :

وتساوى η_v ($= \frac{\text{السعة الفعلية للضاغط}}{\text{إزاحة المكبس}} \times 100$)

لمعرفة المزيد انظر الفقرة (٦ ـ ١) .

مستوى الضوضاء : وهو ضغط الصوت على بعد 1 m من الضاغط ويقاس بوحدة الديس بل (dB) .

والجدول ١ ـ ٢ يعرض مقارنة بين تكلفة الإدارة والتركيب والصيانة والتكلفة المبدئية للأنواع المختلفة للضواغط :

وجـــه المقـــارنة	الـتـــــــردد	الريشـــيـــة	الطارد المركزى	المحورى
التكلفة المبدئية	متوسط	منخفض جداً	متوسط	أقل من الترددى
تكلفة التركيب	عالية جداً	منخفضة جداً	منخفضة	منخفضة
تكلفة الإدارة	عالية	منخفضة جداً	الأقل تكلفة	منخفضة
تكلفة الصيانة	متوسطة	عالية	منخفضة	منخفضة

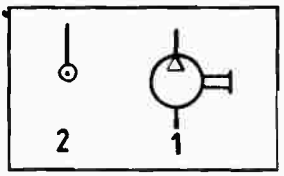
وعادة يكون عمر الضاغط حوالى 10 سنوات إذا كان يعمل باستمرار وعمره 10000 ساعة تشغيل إذا كان يعمل ويتوقف بعدد مرات لايزيد عن 15 مرة فى الساعة وله زمن تشغيل لا يزيد عن نصف ساعة كل ساعة .

ويفضل استخدام أكثر من ضاغط بسعات منخفضة عن استخدام ضاغط واحد بسعة كبيرة فى المنشآت التى تحتوى على أحمال نيوماتيكية كثيرة لتفادى تعطل النظام بأكمله إذا تعطل الضاغط .

وفيما يلى رمز كلا من الضاغط ومصدر الضغط تبعاً للنظام العالمى المعمول به من قبل المنظمة العالمية للمواصفات

(International Organization of Standardization) ISO

حيث إن الرمز 1 الضاغط هواء والرمز 2 لمصدر الضغط .



١ ـ ٥ تجفيف الهواء المضغوط

للحفاظ على سلامة العناصر العاملة بالهواء المضغوط يجب تجفيف الهواء المضغوط من الرطوبة ، بحيث لا يزيد المحتوى المائى عن $0.001\ g/m^3$ ، ويتم تجفيف الهواء المضغوط بخفض درجة حرارته (ارجع للفقرة ١ ـ ٣ هـ) .
وهناك عدة طرق لتجفيف الهواء المضغوط أهمها :

أ ـ المبرد البينى inter cooller :

ويوجد هذا المبرد بين المراحل المختلفة للضواغط ، وهو بداخل الضاغط كما هو موضح بالشكل ١ ـ ٢ ب .

ب ـ خزان الهواء Air receiver :

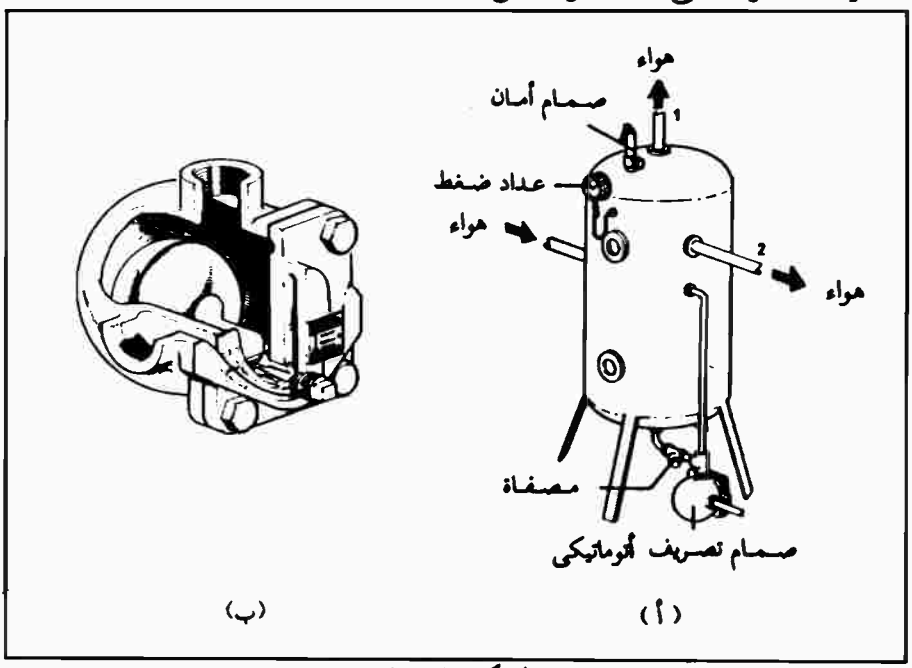
عادة يجمع الهواء المضغوط بواسطة الضاغط فى خزان الهواء لعدة أسباب أهمها :

١ ـ عند استخدام الضواغط الترددية فإن الهواء المضغوط يكون على شكل موجات انضغاطية ، فإذا انتقل الهواء المضغوط بهذه الصورة إلى نظام التحكم الهوائى يؤدى ذلك إلى انهياره وإلى إحداث ضجيج شديد يؤذى العاملين ، لذلك توضع الخزانات بجوار الضواغط لمنع انتقال هذه الموجات إلى باقى نظام التحكم الهوائى .

٢ ـ تقوم الخزانات بتخزين الهواء المضغوط فى أوقات الأحمال الخفيفة لاستخدامه وقت الذروة .

٣ ـ نظراً لأن الهواء المضغوط المخزن داخل الخزانات تكون درجة حرارته مرتفعة عن الهواء الجوى ، لذا يحدث انتقال حرارى بواسطة الإشعاع من الهواء المضغوط إلى الهواء الجوى يؤدى إلى انخفاض درجة حرارة الهواء المضغوط ، فتقل قدرته على حمل بخار الماء ، ويتكاثف جزء من بخار الماء ، وفيما يلى رمز الخزان تبعاً للمواصفات القياسية العالمية

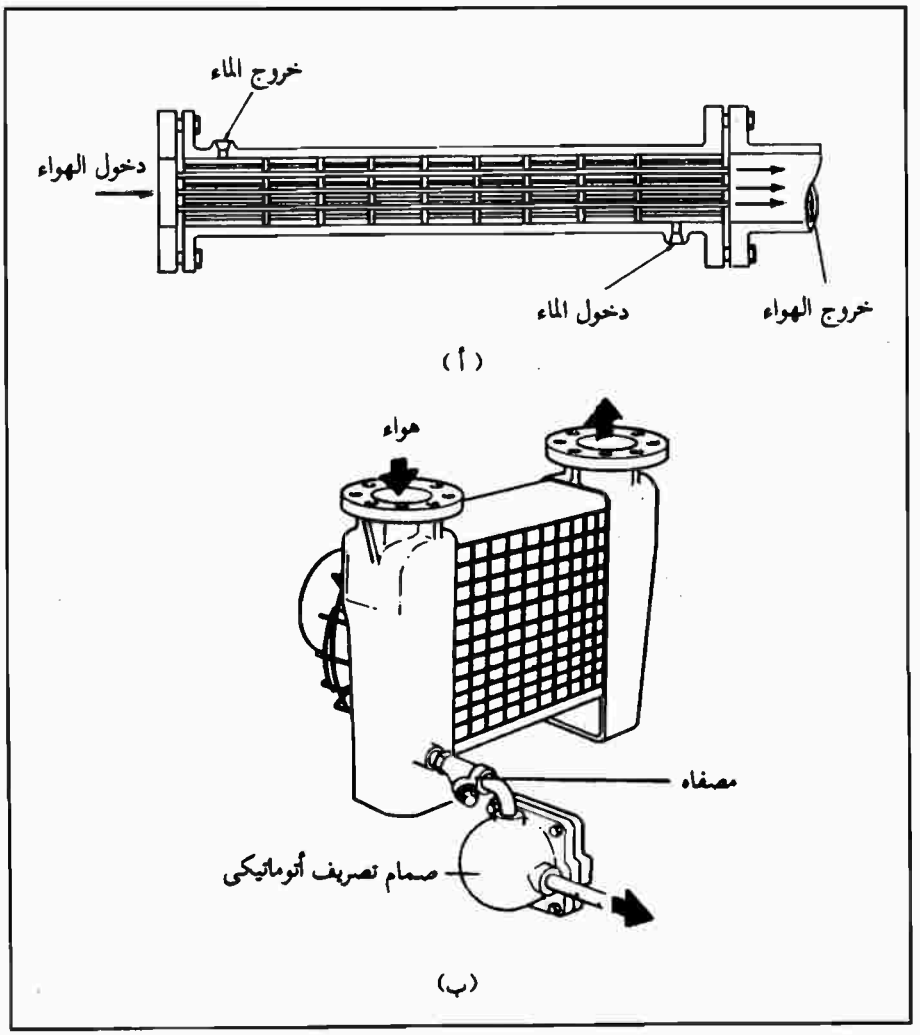
وعادة يثبت صمام أمان safty valve على الخزان لحماية الخزان من زيادة الضغط عن الحد المسموح به عند حدوث عطل فى نظام التحكم للضاغط ، وأيضاً يوجد عداد ضغط Presseure gauge لمتابعه ضغط الهواء داخل الخزان ، كذلك يثبت أسفل الخزان صمام تصريف أتوماتيكى Automatic drain valve ، ويقوم هذا الصمام بتصريف الماء المتجمع أسفل الخزان ، وهناك أنواع كثيرة من صمامات التصريف الأتوماتيكية أهمها النوع ذو العوامة الكروية Aball float type وهذا الصمام يكون مغلقاً طالما أن مستوى الماء بداخله منخفض ، وبمجرد إرتفاع مستوى الماء بداخله لحد معين ترتفع العوامة فيفتح الصمام لخروج الماء المتكاثف بداخله ، ثم يغلق من جديد . والشكل ١ ـ ٤ أ يبين شكل خزان رأسى من صناعة شركة sarco ، مثبت فيه صمام أمان وعداد ضغط، وصمام تصريف أتوماتيكى بعوامة . أما الشكل ١ ـ ٤ ب فيعرض قطاعاً داخلياً لصمام التصريف الأتوماتيكى ذى العوامة من صناعة Spirax sarco .



الشكل ١ – ٤

جـ ـ مبرد الإعادة After cooler :

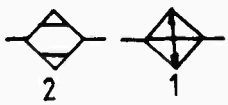
يوضع مبرد الإعادة بين الضاغط والخزان ، ويقوم هذا المبرد بتبريد الهواء المضغوط نتيجة لمرور ماء بارد حول خط الهواء المضغوط فى قمصان تبريد معدة لذلك ، وينتج عن ذلك تكاثف بخار الماء . وهناك أنواع من مبردات الإعادة تبرد الهواء المضغوط عن طريق دفع الهواء الجوى Air blast after coller . والشكل ١ـ ٥ يعرض نموذجين من مبردات الإعادة ؛ **أحدهما** : يبرد الهواء



الشكل ١ ـ ٥

بإمرار ماء بارد حول خط الهواء المضغوط (الشكل أ) . **والثانى** يبرد الهواء المضغوط بدفع هواء بارد (الشكل ب) . وهما من إنتاج شركة Sarco .

وفيما يلى رموز كلا من مبرد الهواء المضغوط ، ومجفف الهواء بصفة عامة تبعاً للمواصفات القياسية العالمية، حيث إن الرمز 1 لمبرد هواء مضغوط ، والرمز 2 لمجفف هواء .



ملاحظة :

يوجد وحدات تبريد تعمل بالفريون Refrigeration units تستخدم أحياناً لتبريد الهواء المضغوط إذا تعذر استخدام مبرد الإعادة ، أو إذا لم يكن مبرد الإعادة قادراً على الوصول إلى محتوى مائى لايزيد عن $0.001\ g/m^3$.

والشكل ١ ـ ٦ يعرض المخطط التكنولوجى لوحدة توليد هواء مضغوط ومجفف وهى تتكون من :

ـ محرك كهربى لإدارة الضاغط .

ـ ضاغط بمرحلتين يحتوى على مبرد بينى لتوليد الهواء المضغوط .

ـ مبرد إعادة لتبريد الهواء المضغوط لتكثيف الماء العالق به .

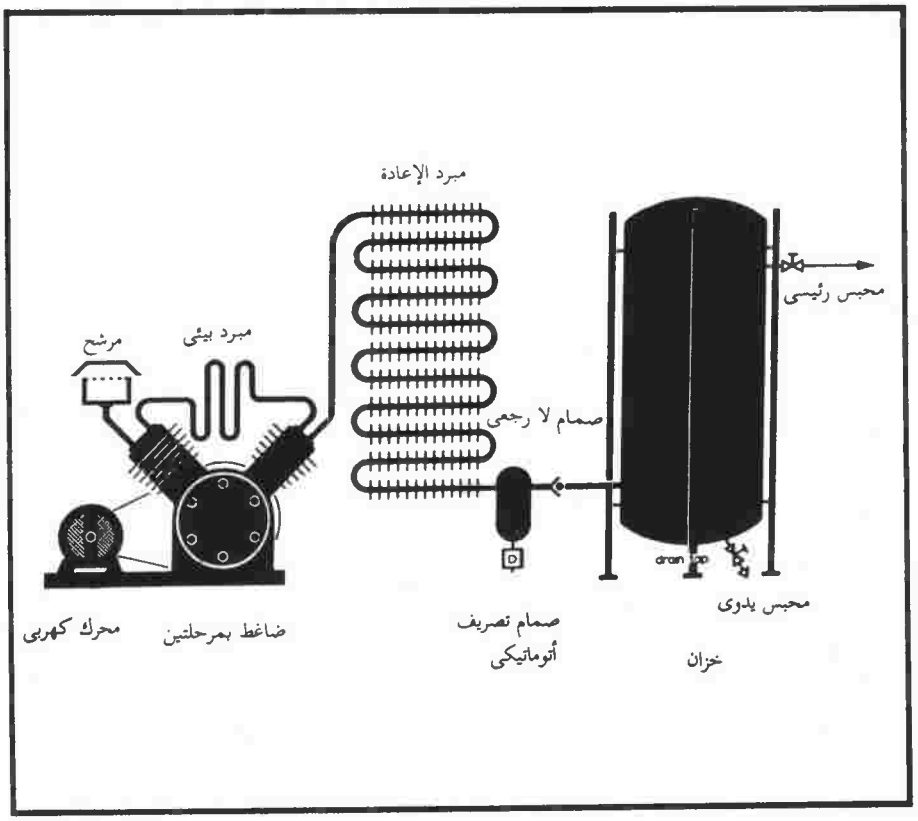
ـ صمام تصريف أتوماتيكى لتصريف الماء المتكاثف من الهواء المضغوط بعد خروجه من مبرد الإعادة .

ـ صمام لا رجعى لمنع التدفق العكسى للهواء المضغوط من الخزان إلى الضاغط .

ـ خزان هواء مضغوط لتخزين الهواء المضغوط المجفف لوقت الحاجة .

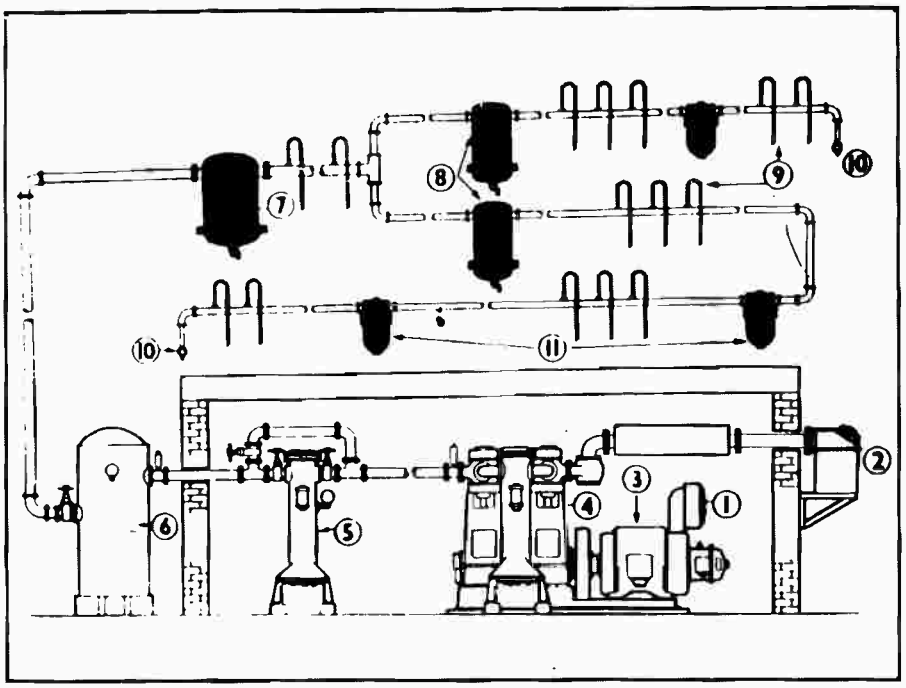
ـ محبس يدوى لتصريف الماء المتكاثف فى الخزان .

ـ محبس رئيسى يتم فتحه أثناء دخول وحدة توليد الهواء المضغوط للخدمة فى حين يتم غلقه أثناء عمليات الصيانة .



الشكل ١ ـ ٦

وبعد أن تعرَّفنا على مراحل إعداد الهواء المضغوط جافاً لكى يكون صالحاً للاستخدام فى دوائر التحكم الهوائية . جاء الدور لاستعراض نموذج متكامل يحتوى على جميع الأجهزة المستخدمة لمعالجة الهواء المضغوط وصولاً للأحمال ، وهذا موضح بالشكل ١ ـ ٧ تبعاً لتوصيات شركة (Vckes limited)



الشكل ١ ـ ٧

حيث إن :

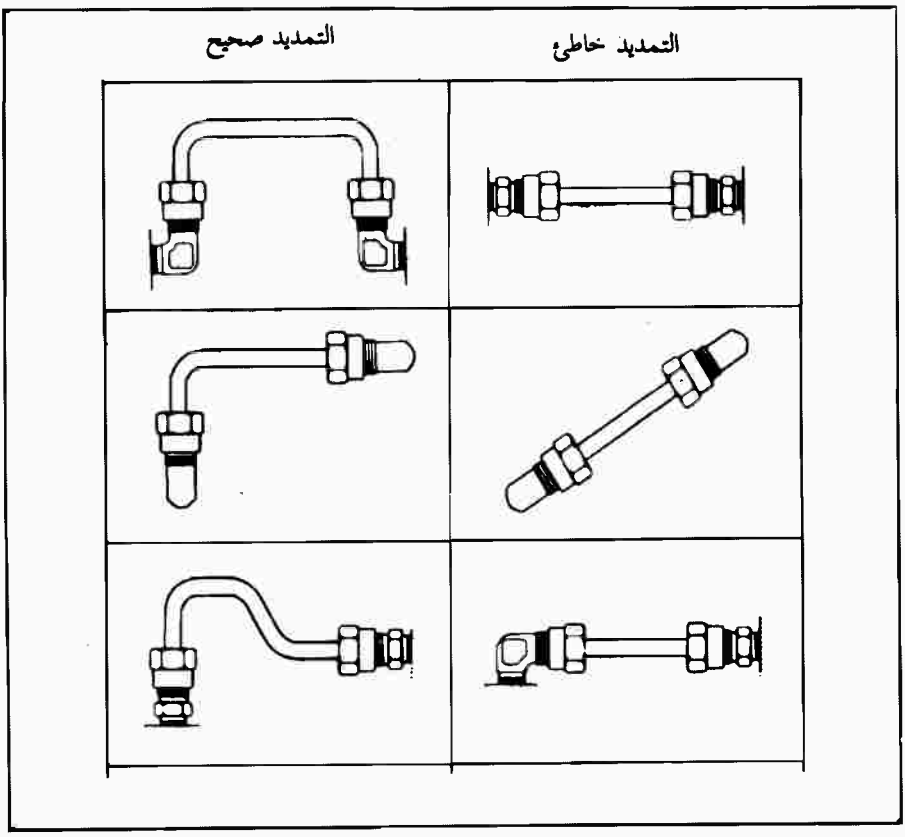
فلتر لنظام تهوية المحرك	1	مرشح بفاصل ماء للخط الرئيسى	7
فلتر الهواء الداخل لضاغط	2	مرشحات بفواصل ماء للخطوط الفرعية	8
محرك كهربى	3	أفرع تغذية الماكينات العاملة بالهواء	
ضاغط	4	المضغوط	9
مبرد الإعادة	5	صمام تصريف أتوماتيكى بكرة	10
الخزان	6	مرشحات الخطوط الفرعية	11

ملاحظة : سوف نتناول المرشحات ذات فواصل الماء فى الفقرة ٢ ـ ٧ فيما بعد.

١ ـ ٦ خطوط الهواء Air Lines

تعرف خطوط الهواء المستخدمة فى أنظمة التحكم الهوائية بأنها : خطوط إمداد الهواء المضغوط من وحدة توليد الهواء المضغوط بالمنشأة إلى جميع الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط ، وهناك ثلاثة أنواع من الخطوط الهوائية وهى :

١ ـ **المواسير الصلبة** : هى تصنع عادة من الصلب المجلفن ، وهناك



الشكل ١ ـ ٨

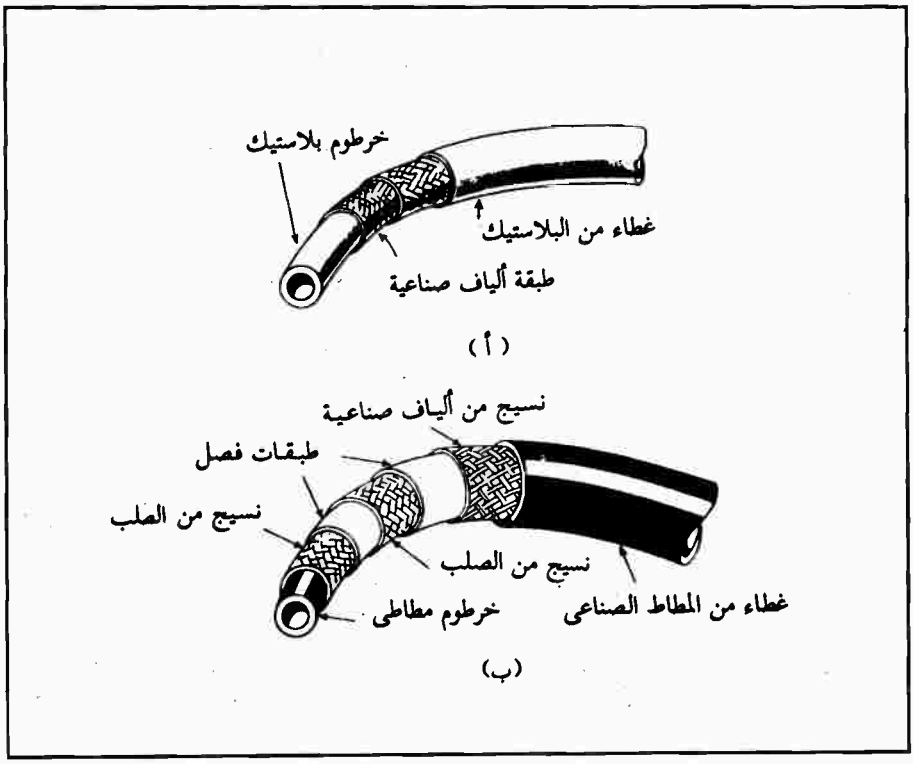
عنصران هامان لاختيار هذه المواسير وهما : القطر الخارجى OD القطر الداخلى ID ، الأقطار الخارجية لهذه المواسير بالملى متر كالآتى 15, 20, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 150, 200 .

٢ ـ أنابيب شبه صلبة : وتصنع عادة من الألومنيوم والنحاس والإستنلستيل . وتحتاج هذه الأنابيب إلى عدد قليل من أدوات التوصيل وذلك لإمكانية تثنيها والشكل ١ ـ ٨ يعرض طرق التركيب الصحيحة والخاطئة للأنابيب الشبه صلبة تبعاً لتوصيات شركة Weatherhead Co., .

علماً بأن قطر انحناء الأنابيب شبه الصلبة يجب ألا يقل عن D (3 : 2 1/2) حيث إن D هو القطر الخارجي للأنبوبة .:

٣ ـ الخراطيم المرنة : تستخدم الخراطيم المرنة عند الحاجة لمرونة خطوط التوصيل على سبيل المثال : وصلات الأسطونات المتحركة .. وأيضاً فى الأماكن التى تتعرض لاهتزازات شديدة . وتصنع الخراطيم المرنة من البلاستيك أو المطاط. وفي الماضي كان يعاب على خراطيم المطاط بانهيارها عند ملامسة الزيت . أما خراطيم البلاستيك فكانت تفقد مرونتها عند انخفاض درجة الحرارة المحيطة . ولكن بتقدم صناعة اللدائن الصناعية أمكن التغلب على هذه المشاكل، حيث تصنع خراطيم المطاط والبلاستيك بأقطار تصل إلى 25 mm ، وتتحمل درجات حرارة تتراوح ما بين + 60 °C : - 10 °C ، وتتحمل ضغوط تشغيل تتراوح ما بين 10 bar : 7 . ولقد ظهرت تصميمات من خراطيم المطاط تتكون من قلب داخلي من المطاط المقاوم للزيت ومحاطة بفرشة من القطن ، ثم طبقة ناعمة خارجية . أما خراطيم البلاستيك فأصبحت مقواة بشريط حلزوني من الترلين لتقويتها ، وعادة يفضل استخدام خراطيم البلاستيك لما لها

من مميزات كثيرة عن خراطيم المطاط . غير أن خراطيم المطاط تستخدم عند الحاجة لخطوط مرنة تتحمل إجهادات ميكانيكية لاتقدر عليها خراطيم البلاستيك . والشكل ١-٩ يبين التركيب البنائي لخرطوم بلاستيك (الشكل أ) وآخر لخرطوم مطاطي (الشكل ب) .



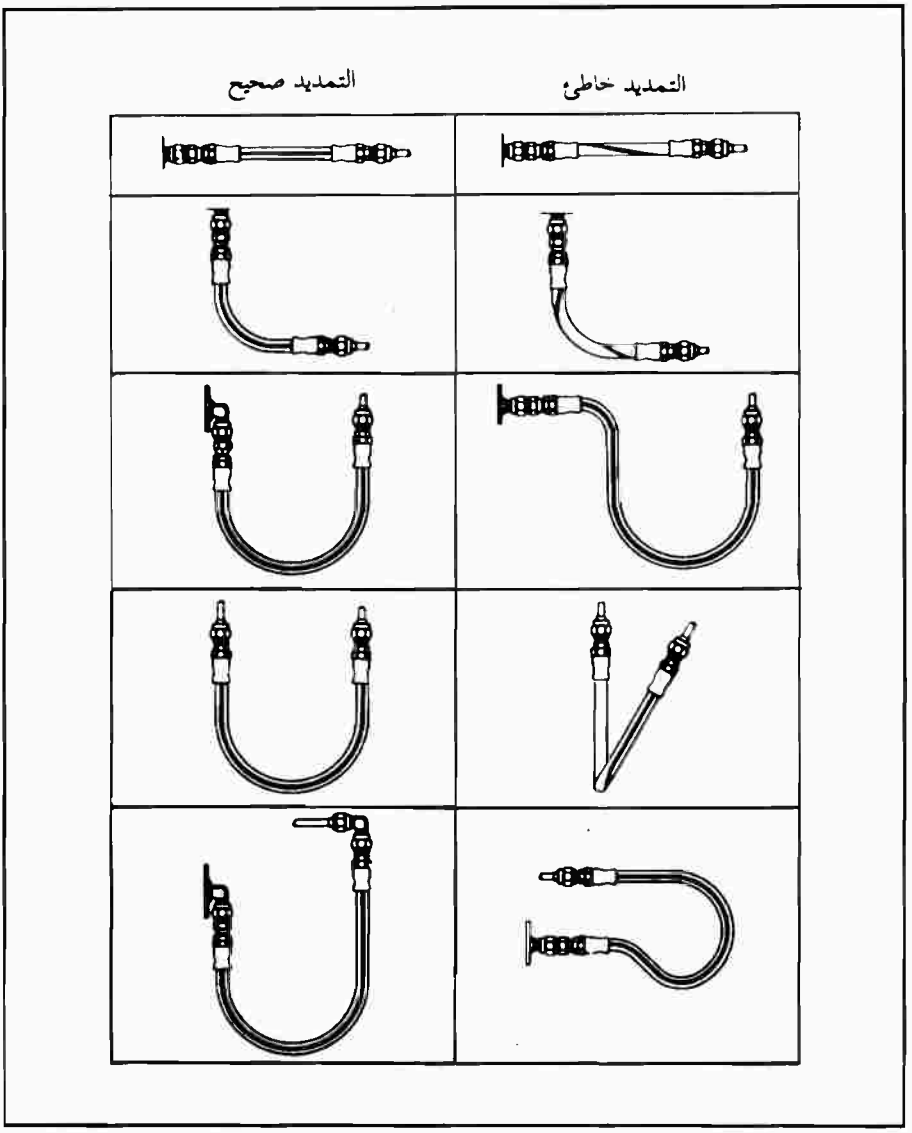
الشكل ١ -٩

وتتواجد الخراطيم المرنة سواء كانت مطاط أو بلاستيك في صورتين وهما:

١ ـ خراطيم بمقاسات محدودة مثبت بها الوصلات اللازمة من قبل الشركة المصنعة .

٢ ـ خراطيم في صورة لفات طويلة حيث تقطع حسب الطلب، ويقوم فني التركيبات بتثبيت الأدوات اللازمة فيها. والشكل ١-١٠ يبين الطريقة الصحيحة

والغير صحيحة لتمديد الخراطيم المرنة تبعاً لتوصيات شركة Weatherhead .



الشكل ١ -١٠

وكما هو واضح من الشكل السابق نجد أنه يسمح بارتخاء الخراطيم أثناء

تمديدها ، وذلك لتعويض النقص الناشئ عن مرور الهواء المضغوط بداخلها ، والذي قد يصل إلى 5% من طولها . ويراعى عند التمديد أن يكون الشكل مقبولاً مع سهولة فك الوصلات ، وأن يكون نصف قطر الانحناء لا يقل عن 5 مرات من القطر الخارجي للخراطيم .

١ ـ ٧ أدوات التوصيل Fittings

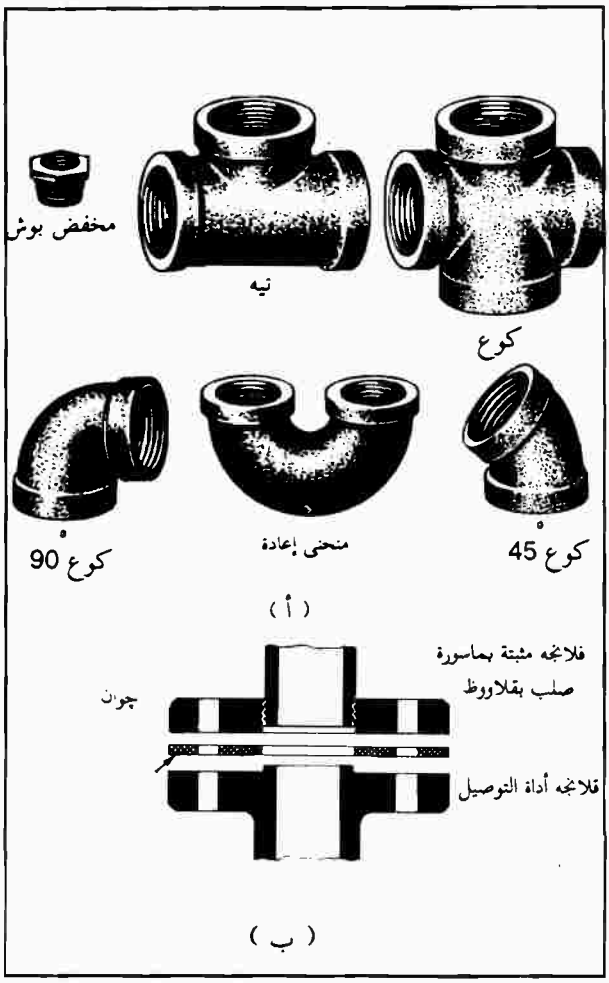
يعتمد نوع أدوات التوصيل المستخدمة على نوع الخطوط المستخدمة . وفيما يلي أهم الأدوات المستخدمة :

أولاً : أدوات التوصيل المسننة (المقلوظة) Threaded Connectors

وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب . وفى هذه الحالة تكون أدوات التوصيل مقلوظة ، وكذلك فإن أطراف المواسير تكون مقلوظة . وعادة تستخدم شرائط إحكام رباط مع هذه الوصلات حيث توضع حول الطرف المقلوظ للماسورة . وتصنع الأدوات المقلوظة من الصلب أو سبائك النحاس . والجدير بالذكر أن أنابيب الإستنلستيل تستخدم أحياناً أدوات توصيل مقلوظة مصنوعة من الإستنلستيل .

ثانياً : أدوات التوصيل الفلانجية Flange Connectors :

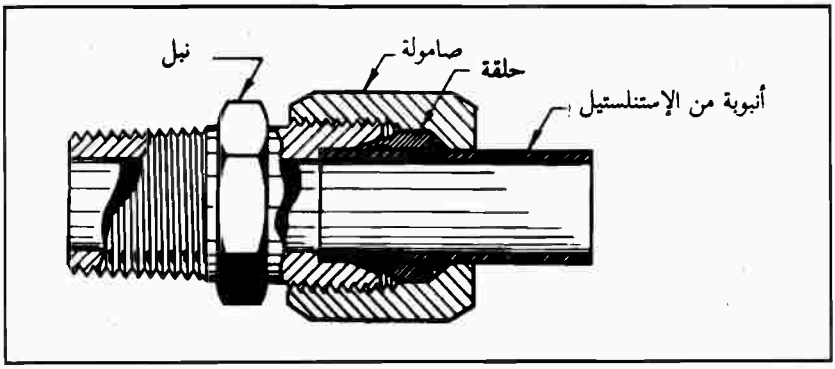
تستخدم الأدوات الفلانجية ذات المسامير مع المواسير الصلب ، حيث تثبت الفلانجة مع الماسورة الصلب. إما باللحام أو القلاووظ . وتتشابه أدوات التوصيل الفلانجية مع أدوات التوصيل المسننة فى أنواعها (كوع ـ تيه ـ جلبة ـ صليب ـ لاكور ... إلخ) . ولكنها تكون مزودة بفلانجات فى أطرافها . وعادة يوضع جوان مناسب بين كل فلانجتين عند ربطهما معاً . والشكل ١ ـ ١١ يعرض وصلة فلانجية تتكون من فلانجة مثبتة مع ماسورة صلب بقلاووظ وفلانجة أداة التوصيل، ويوضع بين فلانجة الماسورة وفلانجة أداة التوصيل جوان .



الشكل ١ -١١

ثالثاً : أدوات التوصيل الانضغاطية : Compression Connectors

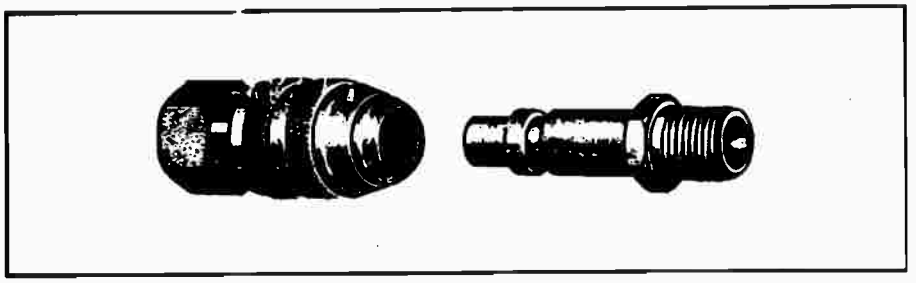
وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب الشبه صلبة (نحاس ـ استنلستيل) . وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبل وجلبة أو حلقة وصامولة . حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة ، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوبة داخل الصامولة وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل ، فيضغط النبل على الحافة المشطوفة للجلبة أو الحلقة فتنسلخ الحافة الثانية للجلبة لتدخل فى الفراغ المحصور بين التخويش الأسطوانى للنبل والمحيط الخارجى للأنبوبة ، وتؤدى قوة ضغط الصامولة على شطف الجلبة إلى تثبيت الوصلة جيداً . والشكل ١ ـ ١٢ يعرض قطاعاً فى وصلة انضغاطية .



الشكل ١ ـ ١٢

رابعاً : الوصلات السريعة : Quick disconnect Couplings

وتستخدم هذه الأدوات دائماً مع الخراطيم المرنة ، وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون إحداث تسربات للهواء المضغوط . وتحتوى هذه الوصلات على صمام لارجعى يكون مفتوحاً عندما تكون الوصلة مجمعة والعكس بالعكس ، وبالتالى تمنع تسرب الهواء المضغوط إلى الخارج بعد فكها والشكل (١-١٣) يعرض وصلة سريعة .

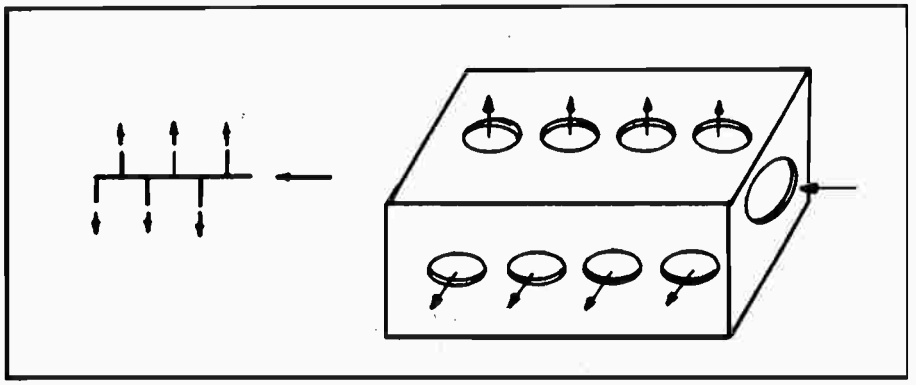


الشكل ١ ـ ١٣

فيما يلى رمز وصلة سريعة مجمعة (رمز 1) ومفكوكة (رمز 2)

خامساً : الموزعات Manifolds

وهى أماكن توزيع خطوط الضغط داخل الماكينات العاملة بالهواء المضغوط، حيث توصل مع وحدات الخدمه الهوائية (الفقرة ٢ ـ ٩) لتوزيع الضغط على العناصر المختلفه للدائرة النيوماتيكية . والشكل ١ ـ ١٤ يعرض مخططاً مجسماً لموزع هوائى والرمز المكافئ له .



الشكل ١ ـ ١٤