الباب الأول

أساسيات التحكم الهيدروليكي

أساسيات التحكم الهيدروليكي

١/١ مقدمة :

إن كلمة هيدروليك Hydraulic مشتقة من الكلمة الإغريقية هيدرو Hydro بمعنى ماء ، وكذلك Aulis بمعنى: ماسورة أو خرطوم ، ويعنى اصطلاح الهيدروليك التحكم فى نقل الحركة والقوى داخل الآلات مستخدماً السوائل المضغوطة.

ويستخدم التحكم الهيدروليكى فى تطبيقات هندسية كثيرة :

ففى مجال الصناعة : آلات الورش والمكابس ، والمعدات الثقيلة ، وماكينات صناعة البلاستيك ، وماكينات التشكيل المستخدمة فى صناعة السيارات والطائرات، وماكينات الدرفلة بمصانع الحديد والصلب ومصانع الألومنيوم ... إلخ .

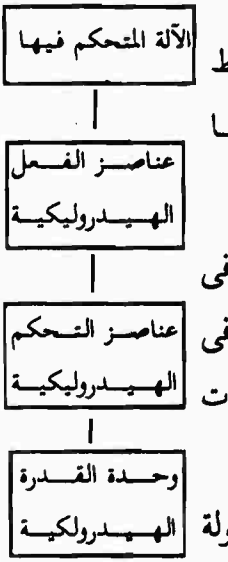
وفى مجال الإنشاءات المدنية : المعدات المتنقلة ، كالخلاطات ومضخات الخرسانة ، والقلابات وفرادات الأسفلت والحفارات والجريدرات والروافع ، وكذلك تشغيل بوابات السدود والأهوسة .... إلخ .

وفى مجال الهندسة البحرية : تعمل أجهزة التحكم الهيدروليكية على توجيه السفن ، وتشغيل الأوناش .

وهناك استخدامات كثيرة للتحكم الهيدوليكى فى قطاعات مختلفة مثل هندسة التعدين ، ومحطات توليد الكهرباء ، والمطارات وداخل الطائرات ، وذلك لما تمتاز به تلك الأنظمة من قدرات عالية ، وأحجام صغيرة ودقة فى الأداء ، والعمر الافتراضى الطويل .

ومن عيوب الأنظمة الهيدروليكية الأخطاء الناشئة عن استخدام الضغوط العالية، والمشاكل المترتبة على ارتفاع درجة حرارة الموائع المستخدمة عن الحد المسموح به وهو حوالى : 70 درجة مئوية تقريباً .

وفى الشكل ١ – ١ مخطط يمثل الهيكل العام لنظام التحكم الهيدروليكى، ويتكون من أربعة عناصر أساسية كما يلى :



الشكل ١ ـ ١

١ ـ وحدة القدرة الهيدروليكية : وهى تقوم برفع ضغط السائل الهيدروليكى للضغط المطلوب ، بالإضافة إلى قيامها ببعض الوظائف المساعدة ، والتى ستتضح فى الفقرة ١ – ٣ .

٢ – عناصر التحكم الهيدروليكية : ووظيفتها : التحكم فى الضغط والتدفق ، واتجاه السريان وأهمها : صمامات التحكم فى الضغط ، وصمامات التحكم فى التدفق ، والصمامات الأتجاهية... إلخ .

٣ ـ عناصر الفعل الهيدروليكية : وهذه العناصر هى المسئولة عن تحويل طاقة الضغط إلى طاقة حركة مثل : الأسطوانات والمحركات الهيدروليكية .

٤ ـ الآلة المتحكم فيها : مثل : آلات الورش والمكابس ، والمعدات الثقيلة والمعدات المتنقلة ، مثل الخلاطات ومضخات الخرسانة .... إلخ .

١/٢ـ مصطلحات فنية Technical Expressions :

١/٢/١ ـ الضغط Pressure :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة العمودية عليها ، ويمكن حسابه من العلاقة :

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

وهناك ثلاثة تعبيرات للضغط كما يلى :

أ ـ الضغط الجوى Atmospheric pressure :

وهو ضغط الهواء على سطح البحر ويساوى بالنظام العالمى (1. 0332kg/cm2) أى (1.013 bar) وبالنظام الإنجليزى (lb / in²) أى 147psi

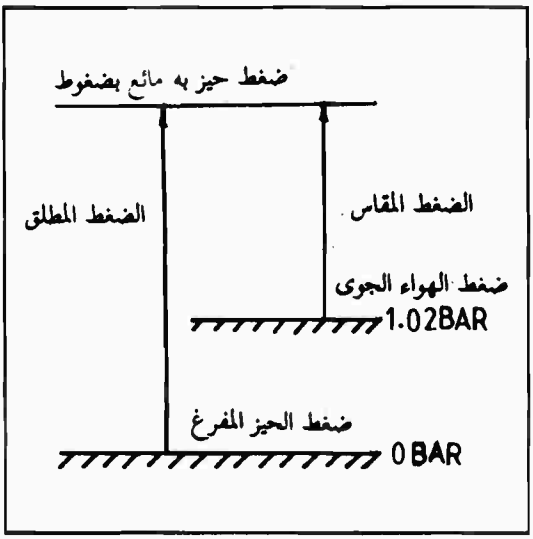
ب ـ الضغط المقاس Gauge Pressure : وهو ضغط أى مانع (سائل ـ غاز) منسوباً للضغط الجوى ؛ وهذا الضغط يمكن قياسة باستخدام أجهزة قياس الضغط المختلفة كالمانومترات .

ج ـ الضغط المطلق Absolute pressure :

وهو ضغط أى مانع (سائل ـ غاز) منسوباً لضغط الحيز المفرغ من المائع ، ويمكن الحصول على قيمة الضغط المطلق من العلاقة التالية :

الضغط المطلق = الضغط المقاس + الضغط الجوى .

علماً بأن ضغط الحيز المفرغ من المائع يساوى Obar أو Opsi والشكل (١ ـ٢) يبين العلاقة بين الضغوط الثلاثة السابقة .



الشكل (١ – ٢)

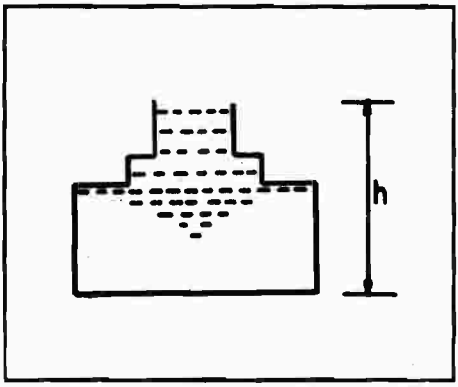
وعادة يستخدم الضغط المقاس أ فى التعبير عن الضغوط المستخدمة فى الدوائر الهيدروليكية ، علماً بأن الضغط فى الدائرة الهيدروليكية يساوى مجموع الضغط فى الدائرة الهيدروستاتيكى والضغط الديناميكى حيث إن :

ـ الضغط الهيدروستاتيكى Hy-drostatic Pressure :

هو الضغط الناشئ عن ارتفاع

عمود من السائل على قاعدة الإناء أو الوعاء الحاوى له كما بالشكل ١ ـ ٣ .

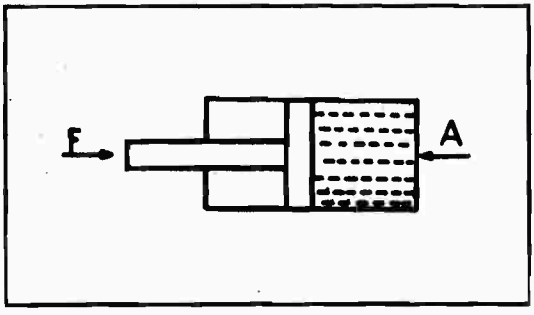
ويمكن الحصول عليه من المعادلة : $P=\rho.g.h$



الشكل (١ – ٣)

حيث إن : ρ هى كثافة السائل ، g هى عجلة الجاذبية الأرضية ، h هى ارتفاع السائل عن السطح المقاس عنده الضغط .

ـ الضغط الديناميكى Dynamic Pressure : وهو الضغط الناشئ عن قوة خارجية كما هو موضح بالشكل ١ ـ ٤ . فإذا كانت القوة الخارجية F وكانت مساحة السطح المطلوب تعيين الضغط عليه A فإنه يمكن حساب الضغط المؤثر على السطح A من العلاقة : $p = \frac{F}{A}$



الشكل (١ – ٤)

انظر (ملحق ـ ١) لمعرفة وحدات الضغط والقوة المستخدمة .

١/٢/٢ ـ درجة الحرارة Temperature :

هناك تعبيران مستخدمان لدرجة الحرارة وهما :

ـ درجة الحرارة المحيطة Ambient Temperature : وهى درجة حرارة الوسط المحيط والتى تعمل فيه الآلات المختلفة وتقاس بالدرجة المئوية C أو الفهرنهايت F ، والعلاقة بينهما كما يلى :

$$F = 1.8\,c + 32$$

ـ درجة الحرارة المطلقة Absolute Temperature :

وهى درجة حرارة السوائع المختلفة منسوباً للصفر المطلق ، والذى يساوى $^{\circ}$lk أو $^{\circ}$c 273- وتساوى .

$$^{\circ}K = 273 + {}^{\circ}c$$

١/٢/٣ ـ معدل التدفق Flow Rate :

يعرف معدل تدفق السوائل على أنه : حجم السائل المار فى وحدة الزمن ونحصل على معدل التدفق من المعادلة الآتية :

$$Q = \frac{v}{t}$$

حيث إن :

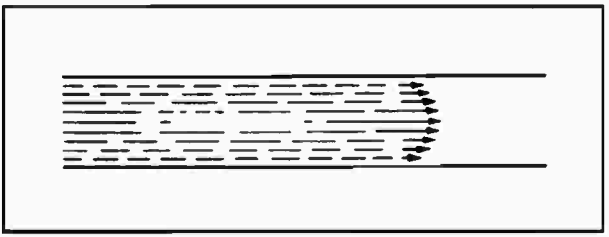
V هو حجم السائل المار بالماسورة خلال زمن t

Q معدل التدفق

وهناك نوعان من طرق سريان السوائل الهيدروليكية داخل المواسير وهما :

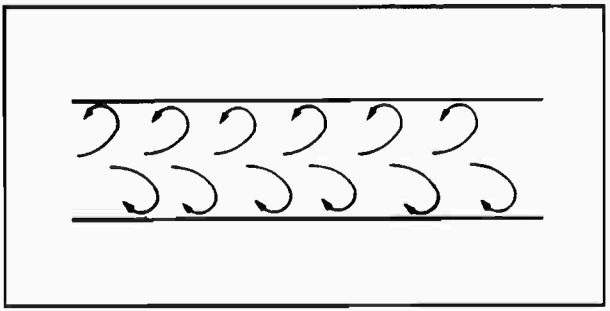
أ ـ سريان رقائقى Stream line Flow حيث تسرى جزئيات السائل بسرعة معينة فى طبقات منتظمة وموازية لبعضها ، ولا تتداخل هذه الطبقات معاً كما هو موضح بالشكل (١ – ٥).

ب ـ سريان مضطرب Turbelent Flow



الشكل (١ – ٥)

وينتج هذا السريان عند زيادة سرعة السوائل عن السرعة الحرجة ويكون مصحوباً بدوامات تؤدى لتداخل طبقات السائل معاً، وإعاقة الطبقات بعضها البعض وهذا موضح بالشكل ١ – ٦ ، علماً بأن السرعة الحرجة ليس لها قيمة محددة ثابتة فهى تعتمد على:



الشكل (١ – ٦)

ـ مساحة مقطع الماسورة.

ـ لزوجة السائل الهيدروليكى.

ففى حالة المواسير المستديرة الناعمة السطح فإن السرعة الحرجة نحصل عليها

من المعادلة التالية :

$$Vc = \frac{2300\,\nu}{d}$$

حيث إن :

Vc هى السرعةالحرجة للسائل الهيدروليكى بوحدة (m/s)

ν هى اللزوجة الكينماتيكية (m^2/s) .

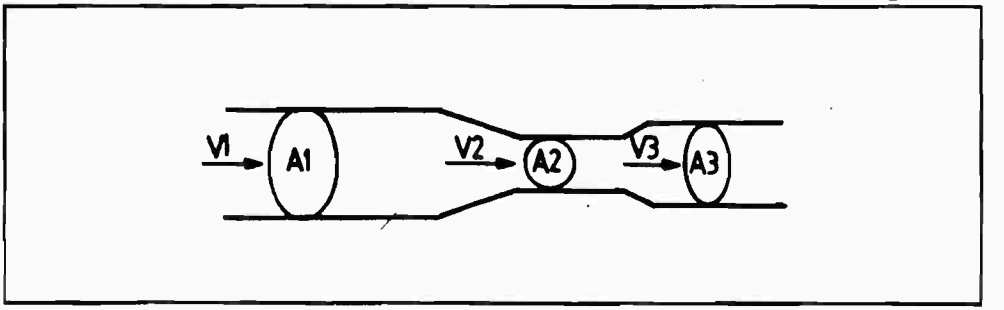
d القطر الداخلى للماسورة m .

والجدير بالذكر أنه عند مرور سائل مروراً مستمراً رقائقياً داخل ماسورة لها مقاطع بمساحات مختلفة كما بالشكل (١ – ٧) ، وكانت مساحة مقاطع هذه الماسورة هى : A_1 , A_2 , A_3

فإن :

$$A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3$$

حيث إن : V_1 , V_2 , V_3 هى سرعة السائل فى المقاطع A1 , A2 , A3 بالترتيب وتسمى هذه المعادلة بمعادلة الاستمرارية Continuity Equation .



الشكل (١ – ٧)

١/٢/٤ ـ الطاقة الهيدروليكية Hydraulic Energy :

تعرف الطاقة الهيدروليكية لسائل بأنها مجموع طاقاته الثلاث وهى :

أ ـ طاقة الوضع potential Energy وتعتمد على ارتفاع السائل .

ب ـ طاقة الضغط Pressure Energy وتعتمد على ضغط السائل .

ج ـ طاقة الحركة Kinetic Energy وتعتمدعلى سرعة السائل .

وعند حساب الطاقة الهيدروليكية فى الأنظمة الهيدروليكية نهمل طاقة الوضع لانخفاض مستوى مسارات مرور السوائل الهيدروليكية فيها فهى لاتزيد عن 20 m كذلك تعتبر طاقة الحركة صفراً لانخفاض سرعة السوائل الهيدروليكية فهى لا تتعدى عدة أمتار فى الثانية ، وعلى ذلك فإن الطاقة الهيدروليكية تنشأ أساساً من طاقة الضغط المتولدة من وحدات القدرة الهيدروليكية ، علماً بأنه لا يمكن نقل الطاقة الهيدروليكية داخل المواسير بدون فقد فى الطاقة نتيجة لاحتكاك السائل مع الجدران الداخلية للمواسير والأدوات المختلفة للدائرة الهيدروليكية ، وتتحول الطاقة المفقودة إلى طاقة حرارية ، وتؤدى تلك المفاقيد لانخفاض ضغط السائل الهيدروليكى فى الدائرة الهيدروليكية قليلاً عن الضغط عند مخرج وحدة القدرة الهيدروليكية .

٣/١ ـ وحدة القدرة الهيدروليكية Hydraulic Power Unit :

تعد وحدة القدرة الهيدروليكية بمثابة القلب النابض فى دوائر التحكم الهيدروليكية وتتكون هذه الوحدة من مجموعة من العناصر الهيدروليكية أهمها ما يلى :

١ ـ المضخة الهيدروليكية Hydraulic Pump : وتقوم بإمداد الدائرة الهيدروليكية بالسائل الهيدروليكى وذلك بضخه من الخزان .

٢ ـ الخزان Reservoir : ويقوم بتجميع السائل الهيدروليكى الراجع من الدائرة الهيدروليكية ، وكذلك إمداد الدائرة الهيدروليكية بالسائل الهيدروليكى .

٣ ـ السائل الهيدروليكى Hydraulic Fluid : وهو وسيط نقل القدرة الهيدروليكية.

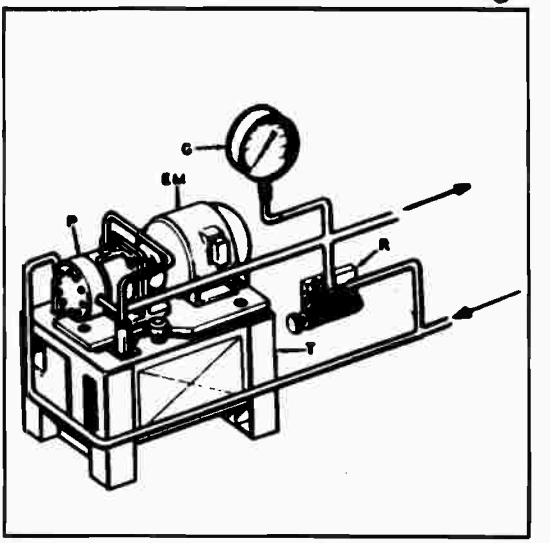
٤ ـ صمام تصريف الضغط Relief Valve : ويمنع هذا الصمام وصول ضغط التشغيل للدائرة الهيدروليكية لحدود غير آمنة .

٥ ـ مرشح السائل الهيدروليكى Filler : ويقوم المرشح بترشيح السائل الهيدروليكى من الرواسب والشوائب العالقة لحماية العناصر الهيدروليكية من التلف.

٦ ـ المبرد Cooler : ويقوم المبرد بتبريد السائل الهيدروليكى لمنع تغير خواصه عند ارتفاع درجة حرارته ، مما قد يؤدى لتلف العناصر الهيدروليكية بالدائرة .

٧ ـ السخان Heater : ويقوم السخان بتسخين السائل الهيدروليكى ، إذا كانت درجة حراراته منخفضة جداً ، وذلك للتقليل من لزوجة السائل التى تمثل حملاً زائداً على المضخة الهيدروليكية خاصة عند بدء التشغيل فى الأجواء الباردة .

والشكل (١ – ٨) يوضح أجزاء وحدة قدرة هيدروليكية أفقية تتكون من محرك كهربى EM ومضخة هيدروليكية P ومزودة أيضاً بصمام تصريف ضغط T ، وكذلك عداد قياس ضغط G .



الشكل (١ – ٨)

والجدير بالذكر أنه يوجد وحدات قدرة هيدروليكية مزودة بمضخة هيدروليكية ، ومحرك كهربى فى وضع رأسى .

١ / ٤ ـ المضخات الهيدروليكية Hydraulic Pumps :

لدراسة الأنواع المختلفة للمضخات الهيدروليكية يجب استعراض بعض المصطلحات الفنية المستخدمة فى المضخات ، وهى على النحو التالى :

١ ـ حدود الضغط (Pressure Range) : وتعطى أقصى ضغط آمن يمكن أن تعمل عنده المضخة ويقاس بوحدة البار Bar أو بوحدة Psi .

٢ ـ الحجم الهندسى Geometric Displacement : ويعطى حجم الزيت الذى تضخه المضخة فى اللفة الواحدة ويعطى بوحدة لتر / لفة (L/rev) أو بوحدة سم٣ / لفة (cc/rev) وذلك عند ضغط التشغيل للمضخة .

٣ ـ السعة Capacity : وتعطى حجم الزيت التى تضخة المضخة فى الدقيقة ، ويساوى الحجم الهندسى مضروباً فى عدد لفات الدوران فى الدقيقة ، ويعطى بوحدة لتر / دقيقة l/min أو جالون / دقيقة (Gal / min) .

٤ ـ حدود السرعة Speed Range : وهى تمثل أقل وأكبر سرعة آمنة يمكن أن تعمل عندها المضخة بدون تلف ، وتعطى بوحدة لفة / دقيقة (r.p.m) .

٥ ـ الكفاءة الحجمية Volumetric Efficiency : وهى النسبة بين حجم الزيت الخارج من المضخة فى اللفة الواحدة عند ضغط التشغيل للمضخة إلى حجم الزيت الخارج من المضخة فى اللفة الواحدة عند ضغط صفر بار (obar) .

٦ ـ الضغط الأقصى Max. Pressure : وهو أقصى ضغط يمكن أن تتحمله المضخة .

٧ ـ ضغط التشغيل Working Pressure : وهو الضغط الذى تعمل عنده المضخة بحيث لا يتعدى هذا الضغط الضغط الأقصى لأى عنصر من عناصر الدائرة الهيدروليكية المستخدمة فيها .

وتقوم المضخات الهيدروليكية بصفة عامة بسحب السائل الهيدروليكى من الخزان ودفعه إلى الدائرة الهيدروليكية للتحكم فى تحريك حمل خارجى وهذا بالطبع يمثل مقاومة لتدفق السائل الهيدروليكى .

وهذه المقاومة هى التى تؤدى لزيادة ضغط السائل الهيدروليكى إلى القيمة التى تمكنه من التغلب على هذه المقاومة .

ويمكن تقسيم المضخات الهيدروليكية بصفة عامة كما يلى :

١ ـ مضخات ثابتة الحجم الهندسى : وهى مضخات لايمكن تغيير حجمها الهندسى ، وفيما يلى أهم أنواعها :

أ ـ مضخات ترسية Gear Pumps .

ب ـ مضخات دوارة ريشية Vane Pumps .

ج ـ مضخات دوارة مكبسية Piston Pumps .

٢ ـ مضخات متغيرة الحجم الهندسى : وهى مضخات يمكن تغيير حجمها

الهندسى للمحافظة على ثبات التدفق أو ثبات الضغط أو ثبات القدرة ، أو ثبات جميع هذه المتغيرات ، وأهم هذه المضخات الأنواع التالية :

أ ـ مضخات دوارة بريش منزلقة Vane Pumps .

ب ـ مضخات دوارة مكبسية Piston Pumps .

١/٤/١ ـ المضخات الترسية Gear Pumps :

المضخات الترسية هى مضخات ثابتة الإزاحة (الحجم الهندسى) وهى أكثر المضخات المستخدمة فى دوائر التحكم الهيدروليكية لبساطتها وزيادة عمرها الافتراضى ، ورخص ثمنها ، وقلة أجزائها المتحركة ، وسهولة صيانتها .

وتتواجد هذه المضخات بأحجام هندسية متعددة ، وضغوط مختلفة ويتناسب ثمن المضخات الترسية طردياً مع الحجم وحدود الضغط للمضخة .

وللحصول على العمر المقنن للمضخة الترسية يجب الالتزام بالسرعة والحمل المقنن لها ، ولقد أوضحت الدراسات أن زيادة سرعة المضخة مرتين عن السرعة المقننة يقلل من عمر المضخة إلى 1/8 العمر المقنن تقريباً . ويمكن تقسيم المضخات الترسية إلى نوعين وهما :

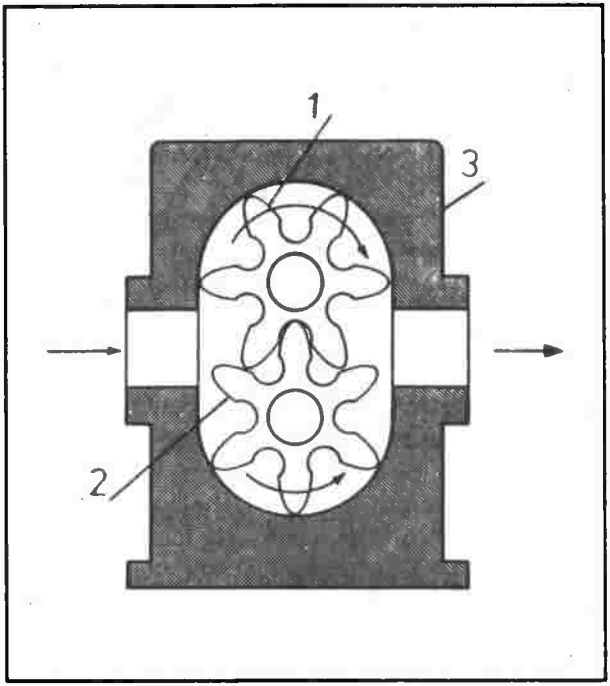
١ ـ المضخات ذات التروس الخارجية External Gear Pumps .

٢ ـ المضخات ذات التروس الداخلية Internal Gear Pumps .

وسوف نكتفى هنا بتناول النوع الأول من المضخات الترسية لكثرة استخداماتها ومميزاتها المتعددة . والشكل (١ ـ ٩) يستعرض قطاعاً مبسطاً لمضخة ذات تروس خارجية .

وهى تحتوى على ترسين معشقين من الخارج 1,2 وموضوعين داخل غلاف معدنى 3 والترس 1 مثبت على عمود الإدارة للمضخة.

فعند دوران الترس 1 يدور الترس 2 تبعاً له ولكن فى الاتجاه المضاد ، فتنفصل أسنان الترسين ، وتتسع الفراغات بينهما أمام خط السحب ، مما يؤدى لانخفاض الضغط فى خط السحب عن الضغط الجوى ، فيندفع السائل من الخزان إلى خط سحب المضخة ، بينما تضيق الغرف المتكونة بين أسنان الترسين أمام خط الضغط ،



الشكل (١ – ٩)

فـيندفع الســائل من خط الضـغط عند ضـغوط عالية تعتمد على حمل المضخة . ويتــرواح الحـجم الهندسى للمضخات الترسية بصفة عامة بين (3.2:100cc/rev) كا يصل ضغط التشغيل إلى 250 bar ، وتترواح سرعتها بين 1000 : 3000 r.p.m وقد تصل إلى 50000 rpm فى تصميمات خاصة .

وتترواح كفاءة هذه المضـخات مـا بين 40:90% معـتـمـدة على دقة التـصنيع وثمن المضخة .

١ / ٤ / ٢ ـ المضخات الريشية Vane Pumps :

تستخدم المضخات الريشية فى التطبيقات التى تحتاج لمستوى ضوضاء منخفض، ولكن ما يحد من استخدامها سرعة تلفها عند وجود أى رواسب فى السائل الهيدروليكى حيث تعمل هذه الرواسب على تلف عناصر الإحكام مما يقلل من عمر المضخة بدرجة كبيرة ، وتنقسم المضخات الريشية إلى نوعين وهما :

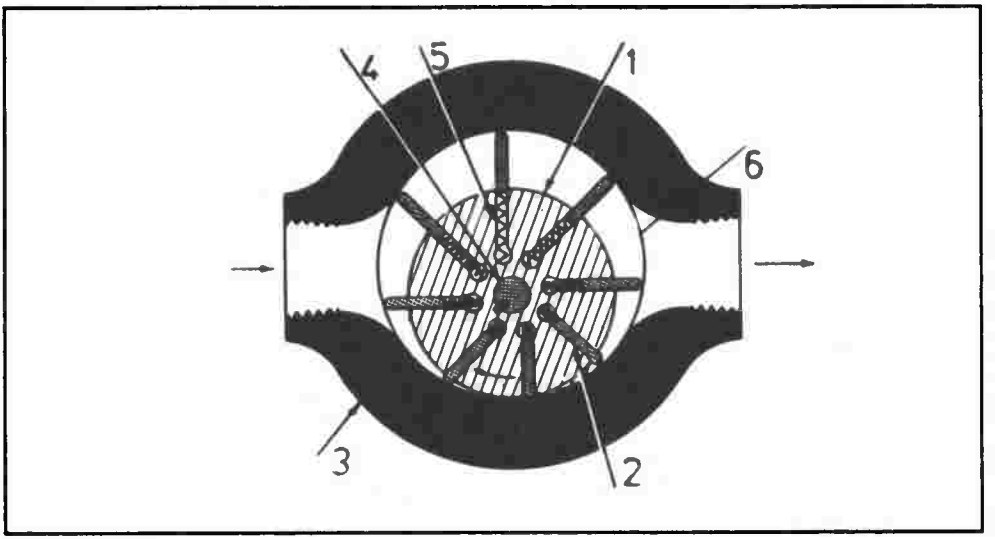
١ ـ مضخات ريشية ثابتة الإزاحة .

٢ ـ مضخات ريشية متغيرة الإزاحة .

أولاً : المضخات الريشية ثابتة الإزاحة :

وتتكون هذه المضخات من عضو دوار به مجارى طولية 1 ، ويثبت بكل مجرة ريشة منفردة أو مزدوجة 2 مدفوعة للخارج بياى 5 ، ويدور العـضـو الدوار داخل أسطوانة من الصلب 6 دورانا لا مركزياً ،وتثبت هذه الاسطوانة داخل جسم المضخة

3 ، ويثبت العضو الدوار فى عمود الإدارة للمضخة 4 كما بالشكل (١ ـ ١٠) .



الشكل (١ - ١٠)

وعند دوران المضخة يدور العضو الدوار داخل فراغ الاسطوانة مما يؤدى إلى دفع الريش خارج المجارى عند الاقتراب من خط السحب ، وتصبح أجزاء الريش الخارجة من المجارى أكبر ما يمكن والعكس بالعكس عند الاقتراب من خط الطرد فينخفض الضغط فى المنطقة المقابلة لخط السحب عن الضغط الجوى ويندفع السائل الهيدروليكى من الخزان خلال خط السحب إلى هذه المنطقة ، بينما يرتفع الضغط فى المنطقة المقابلة لخط الطرد فيندفع الزيت من المضخة من هذه المنطقة خلال خط الطرد بضغط يعتمد على حمل المضخة ، والقيمة المعاير عليها صمام تصريف الضغط للمضخة .

والجدير بالذكر أن الشركات المصنعة للمضخات الترسية تنتج مضخات ريشية مزدوجة ، وتحتوى هذه المضخات على خط سحب واحد وخطى ضغط .

وتتكون هذه المضخات من عنصرى ضخ (عضو دوار وأسطوانة) موضوعين داخل جسم المضخة .

ويترواح الحجم الهندسى للمضخات الريشية ثابتة الإزاحة بين 10:100c/rev .

أما الضغط فيتراوح بين 70:100 bar ، ويصل إلى 175 bar فى تصميمات خاصة، وتتراوح سرعتها بين 2500rpm : 200 وتصل كفاءتها الحجمية إلى 90% .

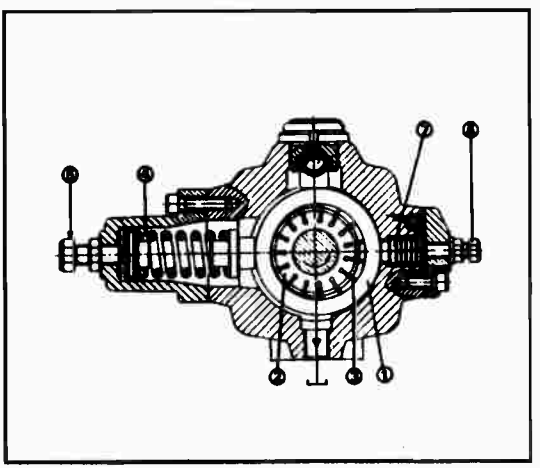
ثانياً : المضخات الريشية متغيرة الإزاحة :

يوجد طرازان مختلفان لهذه المضخات وهما :

ـ **الطراز الأول** : تكون فيه الاسطوانة حرة الحركة داخل جسم المضخة ، ويدفعها زنبرك تعويض لوضع لا مركزى .

ـ **الطراز الثانى** : تكون فيه الاسطوانة حرة الحركة وتثبت بين مكبسين واقعين تحت تأثير ضغط التشغيل للمضخة ، ونسبة مساحتيهما 1 :2 ، ويتميز هذا الطراز بإمكانية إضافة منظمات مختلفة إليه ؛ للحصول على ضغط ثابت ، أو تدفق ثابت أو قدرة ثابتة وهكذا .

والشكل (١-١١) يبين قطاعاً لمضخة ريشية متغيرة الإزاحة بياى تعويض مصممة لتغيير تدفقها لثبات الضغط من إنتاج شركة Atos ، وتتشابه فكرة عمل هذه المضخة مع المضخة الريشية ثابتة الحجم ، فيما عدا أن الأسطوانة 1 تكون حرة الحركة داخل جسم الاسطوانة ، ويدفعها الزنبرك 4 لوضع لامركزى ناحية العضو الدوار 2 ، ويتم ضبط أقصى لامركزية ، وبالتالى أقصى حجم هندسى بواسطة مسمار ضبط التدفق 6 ، وعند دوران المضخة وزيادة ضغط السائل الهيدروليكى فى الدائرة الهيدروليكية عن الحد المعاير عليه مسمار ضبط التشغيل 5 تتولد قوة تدفع الاسطوانة فى اتجاه مضاد لقوة دفع ياى التعويض 4 ، لتقليل اللامركزية مع العضو الدوار 2 وبالتالى يقل ضغط التشغيل للمضخة ، وكذلك يقل معدل التدفق

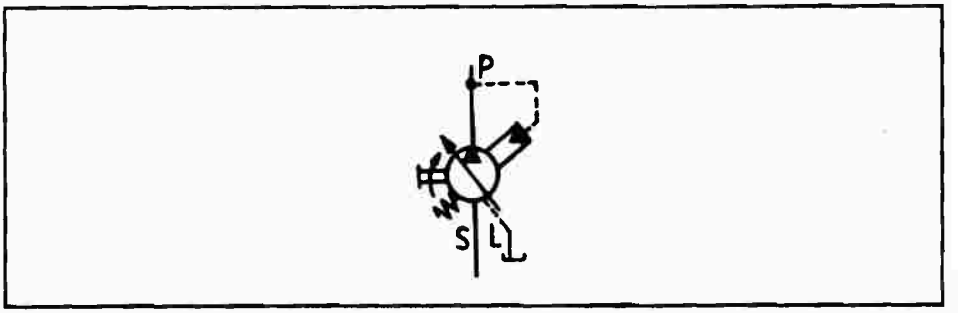


الشكل (١- ١١)

للقيمة المعاير عليها المضخة . فإذا توقفت حاجة الحمل للسائل الهيدروليكى المضغوط يرتفع الضغط ، وتتغلب القوة المتولدة على قوة دفع يای التعويض 4 فتتحرك الاسطوانة إلى الوضع المركزى ـ تقريباً ـ وينعدم التدفق الخارج من المضخة مع الاحتفاظ بضغط التشغيل عند القيمة المعاير عليها المضخة .

وتقوم المضخة فى هذه الحالة بضخ السائل اللازم ؛ لتعويض الفقد الناتج عن التسريب فى الدائرة الهيدروليكية ، مما يقلل من فقد القدرة وارتفاع درجة حرارة السائل لأقل ما يمكن .

وفيما يلى رمز المضخة الريشية متغيرة الإزاحة ذات يای التعويض ، والمصممة لتغيير تدفقها ؛ لثبات الضغط .



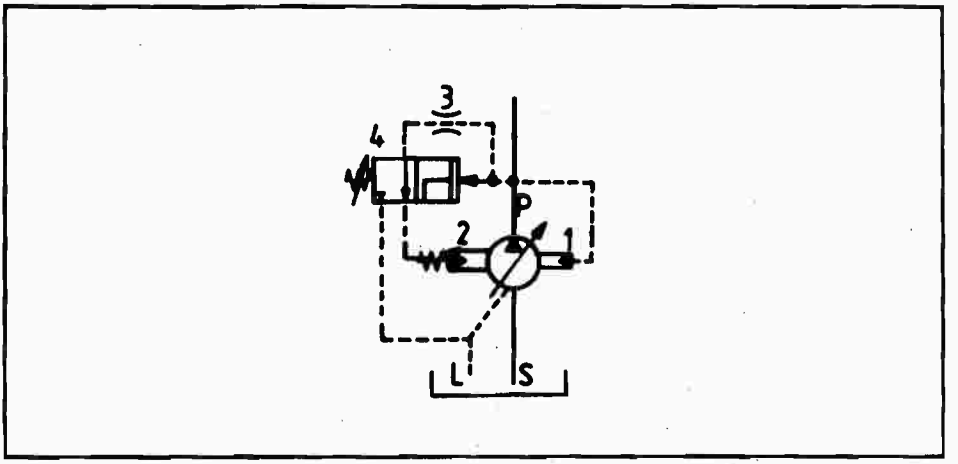
حيث إن :

P خط الطرد للمضخة .

S خط السحب للمضخة .

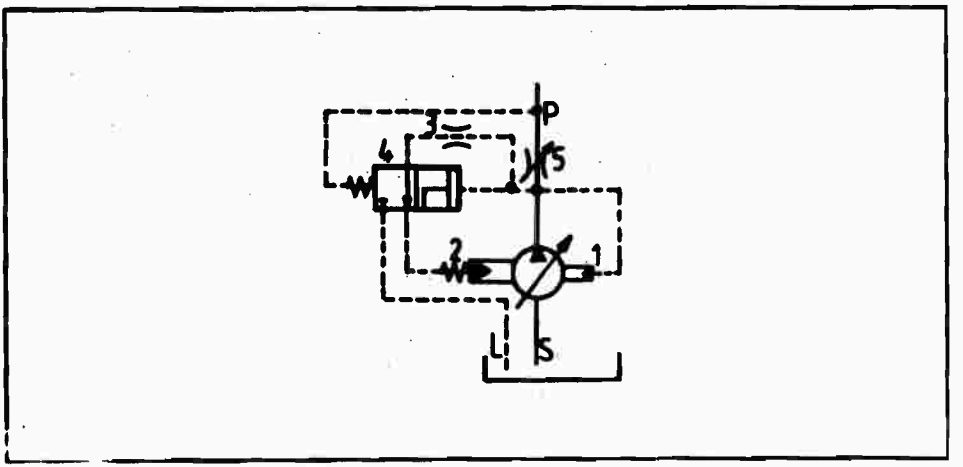
L خط التسريب للمضخة .

والرمز التالى لمضخة ريشية متغيرة الإزاحة بمكبسين هيدروليكيين مضاف إليهما منظم ضغط Pressure Controller يتم ضبطه يدوياً ، حيث تثبت اسطوانة المضخة بين مكبسين ، النسبة بين مساحتيها 2:1 ، ويتعرض المكبس الصغير 1 لضغط التشغيل للمضخة ، ويثبت مع المكبس الكبير يای لضمان دفع الاسطوانة لوضع لامركزى ، وذلك عند انخفاض ضغط المضخة أو توقفها ، ويتعرض المكبس الكبير 2 لضغط التشغيل منقوصاً منه الفقد الناتج عن وجود الصمام الخانق 3 ،



ويتم معايرة الضغط الأقصى المطلوب عن طريق الياى الخاص بصمام التحكم 4 وعندما يرتفع الضغط للقيمة القصوى المعاير عليها المضخة يتغير وضع تشغيل صمام التحكم من الوضع الأيسر إلى الوضع الأيمن (انظر الفقرة ٢ – ٦) فيتصل السائل الهيدروليكى الموجود فى غرفة المكبس الكبير مباشرة بخط التسريب، وبالتالى يقوم الكباس الصغير بتحريك الاسطوانة ، لوضع جديد ، فيتغير الحجم الهندسى للمضخة للحصول على الضغط المطلوب .

والرمز التالى لمضخة ريشية متغيرة الإزاحة بمكبسين هيدروليكيين مضافاً إليها منظم تدفق Fow Controller يتم ضبطه يدوياً .



ويمكن ضبط التدفق المطلوب بضبط صمام التحكم فى التدفق 5 ، ويقوم صمام التحكم الاتجاهى 4 بتثبيت فرق الضغط على طرفى صمام التحكم فى التدفق 5 ، وذلك لأنه عند زيادة تدفق المضخة عن الحد المعايرة عليه يزداد فرق الضغط بين طرفى الصمام 5 ، فيتغير وضع التشغيل للصمام 4 للوضع الأيمن ، فيتصل السائل الهيدروليكى الموجود فى غرفة المكبس الكبير 2 مباشرة بالخزان ، وبالتالى يقوم المكبس الصغير 1 بتحريك اسطوانة المضخة لوضع جديد ، فيتغير تدفق المضخة للحصول على تدفق ثابت لها مهما تغيرت قيمة الحمل .

علماً بأنه من خواص صمام التحكم فى التدفق 5 أنه بزيادة التدفق يزداد فرق الضغط على أطرافه والعكس بالعكس .

وهناك منظمات أخرى يمكن إضافتها للمضخات الريشية ذات المكبسين مثل : منظم ضغط وتدفق Flow and Pressure Controller . وأهم مميزات المضخات الريشية متغيرة الإزاحة ما يلى :

١ ـ المحافظة على درجة حرارة الزيت الهيدروليكى فى حدود مقبولة مما يطيل من عمر الزيت الهيدروليكى ، وبالتالى تظل العناصر الهيدروليكية فى الدائرة تعمل بصورة جيدة أطول فترة ممكنة .

٢ ـ الاستغناء عن صمام تصريف الضغط ، مما يقلل من تكلفة بناء الدائرة الهيدروليكية .

٣ ـ ترشيد استهلاك الطاقة ، حيث تقوم المضخة الريشية متغيرة الإزاحة بإمداد الحمل بحاجته الفعلية بدون نقص أو زيادة .

ويتراوح الحجم الهندسى للمضخات الريشية متغيرة الإزاحة بين 25 : 10 cc/rev أما الضغط فيصل إلى 160 bar .

٣/٤/١ ـ المضخات المكبسية المحورية Axial Piston Pumps :

تعد المضخات المكبسية المحورية أكثر المضخات المكبسية انتشاراً فى الصناعة وجاءت تسمية هذه المضخات بمكبسية لأنها تحتوى على مكابس تتحرك فى مستوى موازٍ لمحور عمود الإدارة ، وتتواجد هذه المضخات بصورتين : إما ثابتة الإزاحة ، أو متغيرة الإزاحة .

ويوجد نوعان مختلفان من المضخات المكبسية المحورية وهما :

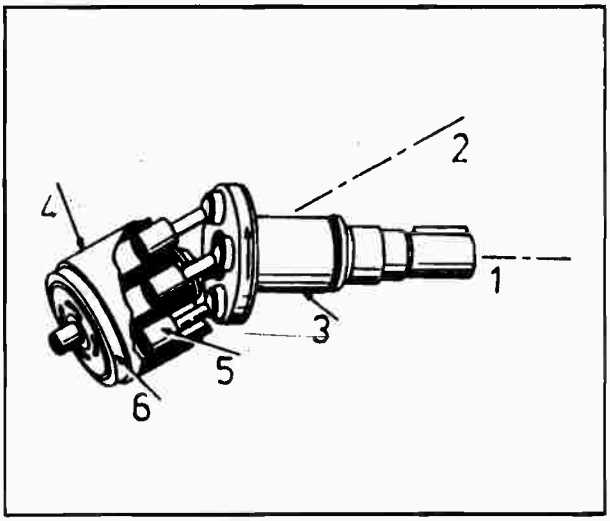
١ ـ مضخات مكبسية ذات العمود المنحنى Bend Axis Pumps

٢ ـ مضخات مكبسية ذات القرص المترنح Swash Plate Pumps

أولاً : المضخات المكبسية ثابتة الإزاحة :

الشكل (١ – ١٢) يعرض شكلاً مجسماً لمضخة مكبسية محورية بمحور منحنى ، حيث يوصل محور دوران عمود الإدارة بمحور دوران جسم الاسطوانة 2 بوصلة عامة بحيث تكون الزاوية بينهما فى العادة 25 درجة .

فعند دوران عمود إدارة المضخة 3 تدور معه اسطوانة المكابس 4 عن طريق أذرع التوصيل والكباسات ، ونتيجة لانحناء عمود الإدارة ينتج حركة ترددية للمكابس 5 داخل الفراغات الموجودة بجسم اسطوانة المكابس، حيث يعمل كل مكبس شوطين خلال كل لفة أى شوط سحب ، وشوط ضغط.



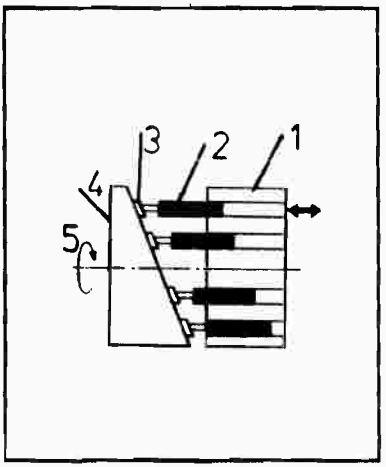
الشكل (١ ـ ١٢)

ويوجد بجسم الاسطوانة قرص 6 يحتوى على فتحتى دخول وخروج السائل الهيدروليكى للمضخة،

وهاتان الفتحتان تكونان على شكل كليتين ؛ علماً بأن زاوية ميل هذا المحور المنحنى ثابتة بواسطة جسم المضخة المائل ، الذى يوضع به كلاً من عمود الإدارة والإسطوانة .

ويترواح الحجم الهندسى للمضخات المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسى بين 10 : 2000 cc / rev وأقصى ضغط يصل إلى 210 bar .

والشكل (١ ـ ١٣) يعرض قطاعاً مبسطاً للمضخة بقرص مترنح ، وكما هو واضح من هذا الشكل أن محور الأسطوانة هو نفس محور عمود الإدارة ، ويستخدم قرص مائل بزاوية 15 مع محور عمود الإدارة ، وهذا القرص مثبت فى جسم المضخة ، فعند دوران عمود الإدارة للمضخة تدور الأسطوانة وبداخلها المكابس ، وحيث إن أذرع توصيل المكابس مرتكزة على القرص المائل فلذلك تتحرك المكابس حركة ترددية داخل الاسطوانة ، ويتم التحكم فى دخول وخروج السائل الهيدروليكى من المضخة بواسطة فتحتان على شكل كليتين تماماً كما هو الحال فى المضخات ذات العمود المنحنى .



الشكل (١ ـ ١٣)

وفيا يلى التعريف بأجزاء المضخة المكبسية المحورية ذات القرص المترنح :

1 أسطوانة المكابس (تدور مع عمود الإدارة)

2 المكابس .

3 ركائز المكابس على القرص المترنح .

4 القرص المترنح (ثابت) .

5 محور الدوران للمضخة .

ويترواح الحجم الهندسى لهذه المضخات ما بين 10 : 2000 cc/rev ، ويصل ضغط المضخات المكبسية المحورية ذات القرص المترنح إلى 700 bar .

ثانياً : المضخات المكبسية المحورية متغيرة الحجم :

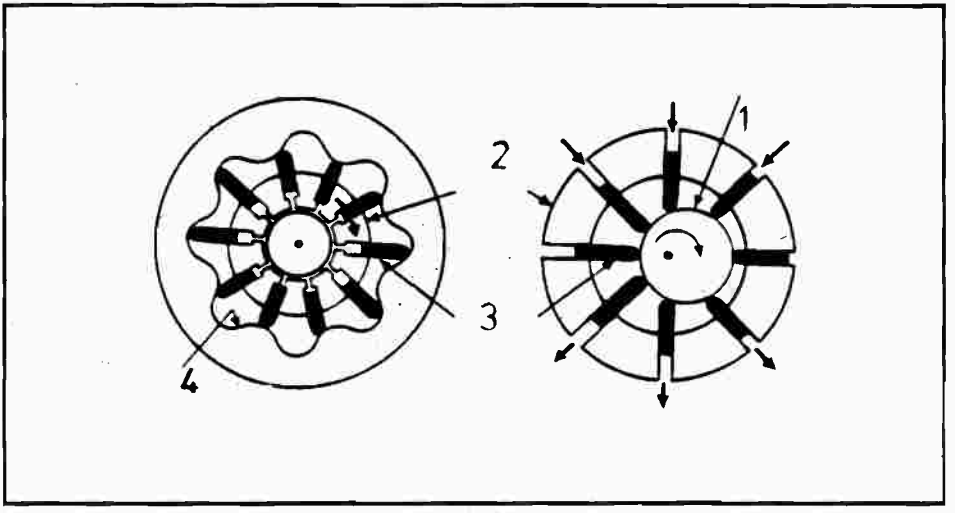
بالنسبة للمضخات المكبسية المحورية ذات المحور المنحنى ، فيتم التحكم فى تدفق هذه المضخات بتغيير زاوية ميل أسطوانة المكابس مع محور عمود الدوران بزوايا تتراوح بين (25+ : 25-) درجة ، وذلك بواسطة أجهزة تحكم مختلفة معدة لذلك ، مع العلم بأن جسم المضخة فى هذه الحالة يكون مصمماً ليسمح بحرية حركة أسطوانة المكابس لتغيير زاوية الميل فى الحدود المذكورة سابقاً .

أما بالنسبة للمضخات المكبسية المحورية ذات القرص المترنح فيتم التحرك فى تدفق هذه المضخات بتغيير زاوية ميل القرص المترنح مع محور الدوران فى الحدود من (15+ : 15-) درجة ، وذلك بواسطة أجهزة تحكم معدة لهذا الغرض ، علماً بأن جسم المضخة يكون مصمماً بحيث يسمح بحرية حركة القرص المائل فى الحدود المذكورة سالفاً .

ومن الجدير بالذكر أن : انعدام زاوية ميل المحور المنحنى فى المضخات المكبسية المحورية ذات المحور المنحنى، وكذلك انعدام ميل القرص المترنح مع محور الدوران للمضخات المكبسية المحورية ذات القرص المترنح يؤدى إلى انعدام التدفق للمضخة .

١/٤/٤ ـ المضخات المكبسية النصف قطرية :

يوجد طرازان مختلفان للمضخات المكبسية النصف قطرية ثابتة الإزاحة موضحة بالشكل (١ ـ ١٤) .



الشكل (١ – ١٤)

حيث إن :

عضو دوار اسطوانى	1	مكابس نصف قطرية	3
اسطوانة المكابس	2	جسم المضخة المتعددة الكامات	4

أولاً : الطراز الأول :

وهو موضح بالشكل (١ ـ ١٤ أ) وفيه اسطوانة المكابس تكون ثابتة بينما تتحرك المكابس حركة ترددية داخل غرفها المشكلة فى اتجاه نصف قطر أسطوانة المكابس بواسطة العضو الدوار الاسطوانى المثبت فى عمود إدارة المضخة ، حيث يدور دوراناً لا مركزياً داخل جسم اسطوانة المكابس ، فتندفع المكابس داخل غرفها الواحدة تلو الأخرى لتتحرك حركة ترددية ، ينتج عنها سحب الزيت من الخزان ، وتدفعه إلى الدائرة الهيدروليكية .

ثانياً : الطراز الثانى :

وهو موضح بالشكل (١ ـ ١٤ب) ، وفيه تدور اسطوانة المكابس مع عمود إدارة المضخة داخل جسم المضخة المتعدد الكامات دوراناً لا مركزياً ، وينتج عن ذلك حركة ترددية للمكابس داخل فراغاتها ، فتسحب المضخة الزيت من الخران ، وتدفعه إلى الدائرة الهيدروليكية .

ويتراوح الحجم الهندسى للمضخات المكبسية النصف قطرية 1 : 20 cc/rev ، بينما يصل ضغط تشغيلها إلى 700 bar وتصل سرعتها إلى 4000 rpm ، وتستخدم هذه المضخات عادة فى هيدروليكا السيارات والسفن .

ملاحظات :

١ ـ تتشابه نظرية عمل المضخات المكبسية النصف قطرية متغيرة الإزاحة مع نظرية عمل المضخات الريشية متغيرة الإزاحة ، حيث تثبت اسطوانة المكابس فى عمود إدارة المضخة (الطراز الثانى) ويتم التحكم فى تدفق المضخة بالتحكم فى اللامكزية بين الأسطوانة وجسم المضخة المتعدد الكامات بنفس الطرق المستخدمة فى المضخات الريشية متغيرة الإزاحة .

٢ ـ يوجد عدة أنواع من المنظمات المستخدمة فى التحكم فى المضخات المكبسية متغيرة الإزاحة من حيث وظيفتها ، أهمها ما يلى :

أ ـ منظم ضغط يعمل على ثبات ضغط المضخة .

ب ـ منظم قدرة يعمل على ثبات قدرة المضخة .

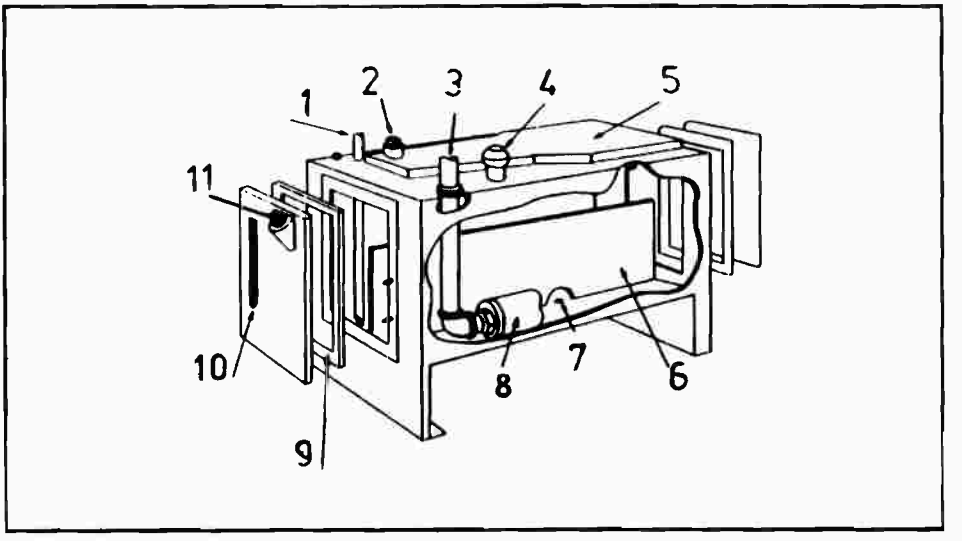
ج ـ منظم تدفق يعمل على ثبات تدفق المضخة .

ويجب على المصمم اختيار نوع المنظم الملائم لطبيعة الاستخدام .

١ ـ ٥ الخزانات Reservoirs :

تعتبر الخزانات هى العنصر الأساس فى الأنظمة الهيدروليكية ، فأغلب العناصر الهيدروليكية تكون مجتمعة عند الخزان ، وبالرغم من أن الوظيفة الأساسية للخزان هى تخزين السائل الهيدروليكى ، ولكن التصميم الجيد للخزان يضيف بعض الوظائف الثانوية له مثل : تبريد الزيت الهيدروليكى ، والتخلص من الهواء الذائب فى الزيت ، والتخلص من الشوائب الموجودة فى الزيت ، وكذلك قاعدة لتثبيت المحرك الكهربى ، والمضخة الهيدروليكية وعدادات قياس الضغط وصمامات التحكم.

والشكل (١ – ١٥) يعرض مخططاً توضيحياً لأحد الخزانات المستخدمة فى أنظمة التحكم الهيدروليكية .



الشكل (١ – ١٥)

وفيما يلى التعريف بأجزاء الخزان المعروضة فى الشكل (١ ـ ١٥) .

1 : خط الراجع .

2 : خط صرف المتسرب .

3 : خط السحب .

4 : منفث بمرشح للهواء .

5 : لوح تثبيت المضخة والمحرك الكهربى .

6 : لوح تقسيم الخزان .

7 : طبة تصريف .

8 : مصفاة .

9 : غطاء فتحة التنظيف .

10 : مبين مستوى الزيت .

11 : قمع تعبئة الزيت .

ويصنع الخزان عادة من الصلب المدرفل على الساخن ، وتمدد جوانب الخزان أسفل القاع بطول 15 سنتيمتراً تقريباً ، وذلك للحصول على تبريد مناسب ، وتحسين إمكانية التنظيف وهى تعمل أيضاً كركائز للخزان .

وعادة فإن قاع الخزان يكون مائلاً ،وبه فتحة تصريف فى أسفل نقطة بالقاع ، ويوضع غطاءان كبيران على جانبى الخزان ، ويستخدمان لتنظيف الخزان ، ويثبت على أحد جوانب الخزان زجاجة بيان مستوى الزيت ، وذلك لإمكانية مراقبة مستوى زيت الخزان من حين لآخر ، ويوجد قمع لتعبئة الزيت ، ويثبت فى بداية القمع مصفاة ؛ لمنع أى جسم غريب من الدخول للخزان ، ويوضع فى قاع الخزان حاجز لفصل مكان خط السحب للمضخة عن خط الراجع من الدائرة الهيدروليكية .

ويوجد فتحات كثيرة قرب قاع الحاجز ، وبالتالى تصبح وظيفة الحاجز ليس فقط تقسيم الخزان لقسمين منفصلين ، ولكن أيضاً تقليل الدوامات التى تحدث داخل الزيت نتيجة للزيت الراجع ، وتوجد فتحة تنفيس مزودة بمرشح لترشيح

الهواء الذى يدخل الخزان ووظيفة فتحة التنفيس معادلة الضغط داخل الخزان بالضغط الجوى ، وكذلك ترشيح الهواء الذى يدخل الخزان عندما ينخفض مستوى الزيت بداخله ، وعادة فإن خط سحب المضخة يكون مغموراً فى الزيت ، ولكن مرتفعاً عن قاع الخزان ، وفى نهايته مرشح لترشيح الزيت الداخل من الدائرة الهيدروليكية .

أما خط الراجع فيكون مغموراً فى الزيت ويكون مقطوعاً بزاوية 45 من نهايته ، ويساعد ذلك على تدفق الزيت الراجع تجاه جدران الخزان ، مما يقلل من درجة حرارة الزيت ، كما أن غمر خط الراجع فى الزيت يمنع تكون رغاوى فى الزيت ، وتطلى الجدران الداخلية للخزان بدهان يمنع الأكسدة التى يمكن أن تتكون نتيجة للتكاثف ، وهذا الدهان يفترض فيه عدم التفاعل كيمائياً مع الزيت .ونظراً لترسب رواسب كثيرة فى الزيت ؛ لذا يجب تفريغ الخزانات من محتوياتها بصفة دورية ، وتنظيف الزيت وترشيحه ، ثم إعادة ملء الخزان بالزيت النظيف للمستوى المطلوب، وعادة فإن حجم خزان الزيت الهيدروليكى يساوى 3 إلى 4 مرات من معدل تدفق المضخة فى الدقيقة .

وأحياناً تدمج فتحة التنفيس والتعبئة (الملء) فى بعض الخزانات ، ويراعى أن يكون أقصى معدل سريان مسموح به للهواء من خلال هذه الفتحة أكبر من أقصى معدل تدفق للمضخة ، وذلك لمنع حدوث تغيرات فى شكل الخزان .

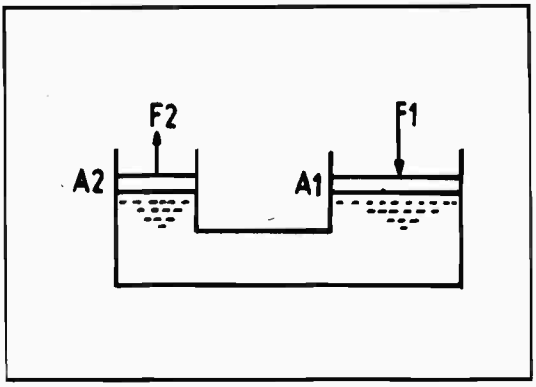
٦/١ ـ السائل الهيدروليكى Hydraulic Fluids :

يستخدم السائل الهيدروليكى فى النظام الهيدروليكى كوسيط لنقل القوى بين الأحمال المختلفة ، وذلك لأن السائل الهيدروليكى غير قابل للانضغاط ، وتبعاً لقانون باسكال Pascal فإنه عند تعريض سائل هيدروليكى لقوة داخل دائرة مغلقة فإن هذه القوة تنقل لجميع أجزاء الدائرة بقيم تعتمد على المساحة وعند تطبيق قانون باسكال على الحالة الموضحة فى الشكل(١ـ١٦)نجد أن : $\frac{F1}{F2} = \frac{A1}{A2}$

حيث إن F_1 هى القوة المؤثرة على السائل الهيدروليكى عند المساحة A_1 ، أما F_2 هى القوة الناتجة عند المساحة A_2 .

وعادة ما تقوم الشركات المصنعة للعناصر الهيدروليكية بتحديد أنواع الزيوت

المناسبة للاستخدام مع منتجاتها ، وتخضع توصياتهم لكل من ظروف التشغيل ، والخدمة المطلوبة ، ودرجة الحرارة المتوقعة داخل وخارج النظام ، والضغط الذى يتحمله السائل الهيدروليكى ....إلخ.



الشكل (١ ـ ١٦)

وهناك بعض الخواص الطبيعية لأى سائل هيدروليكى يجب أخذها فى الاعتبار عند اختيار السائل المناسب ، ونوجزها فيما يلى :

١ ـ اللزوجة Viscosity :

وتعتبر اللزوجة أحد الخواص الهامة المميزة للسائل ، وتعرف بأنها المقاومة الداخلية للسائل ، التى تمنع تدفق السائل ، فمثلاً : البنزين له لزوجة صغيرة تسمح بتدفقه بسهولة ، أما الجلسرين فله لزوجة كبيرة تقلل من تدفقه ، وعادة فإن لزوجة أى سائل تتأثر بتغير درجات الحرارة بطريقة عكسية ، واللزوجة المناسبة للأجهزة الهيدروليكية هى اللزوجة التى لا تسمح بإحداث تسربات نتيجة للخلوصات الموجودة . فحدوث تسربات يؤدى إلى فقد كبير فى الضغط فى الدائرة، وهذه التسربات تقل بزيادة اللزوجة ، وكذلك يجب ألا تزيد اللزوجة ؛ لأن ذلك يؤدى إلى احتكاك كبير للزيت عند تدفقه داخل المواسير ، فزيادة الاحتكاك تؤدى لفقد فى الطاقة الهيدروليكية فى صورة حرارة ، وهذا يؤدى إلى انخفاض الضغط فى الدائرة ، ويزيد من استهلاك القدرة ، ومن أهم الخواص الطبيعية للزيت هو التغير المحدود للزوجة عند درجات الحرارة المختلفة ؛ وكذلك الضغوط المختلفة ، وأكثر الزيوت المعدنية (البترولية) تفتقر لهذه الخاصية .

٢ ـ الثبات الكيمائى Chemical Stability :

وهذه الخاصية مهمة عند اختيار أى سائل هيدروليكى ، وتعرف على أنها درجة تحمل السائل للأكسدة والتحلل عند التشغيل لمدد طويلة ، وعادة فإن جميع السوائل الهيدروليكية تحدث بها تغيرات كيمائية عند ظروف التشغيل القاسية .على سبيل المثال عند عمل نظام هيدروليكى لمدة طويلة ، عند درجة حرارة مرتفعة .

ولذلك فإن درجة الحرارة من أهم العوامل التى تؤثر على عمر الزيت الهيدروليكى ويجب ملاحظة أن درجة حرارة السائل الهيدروليكى ، داخل الخزان لا تعطى انطباعاً عن درجة حرارة السائل فى الأماكن المختلفة ، فيمكن أن تتواجد نقاط لها درجات حرارة مرتفعة مثل كراسى المحاور ، وعند أسنان المضخات الترسية ، وعند الخوانق ، وهذا قد يتسبب في إحداث كربنة فى الزيوت البترولية ، ويتلف الزيت عند اختلاطه مع الماء ، أو الأملاح أو أى شوائب أخرى خصوصاً عند ارتفاع درجة حرارته . ويمكن تحسين الخواص الكيمائية للزيوت بإضافة بعض المواد الكيميائية إليها .

٣ ـ خلوه من الحمضية Freedom From acidity :

يجب أن يكون السائل الهيدروليكى خالياً من أى حمضية ، والتى تسبب صدأ الأجسام المعدنية فى الدائرة الهيدروليكية .

٤ ـ نقطة الوميض Flash Point :

وهى درجة الحرارة التى عندها يتحول السائل إلى بخار يشتعل بمجرد تعرضه للهب ، ويفضل ارتفاع نقطة الوميض للسوائل الهيدروليكية .

٥ ـ درجة السمية Minimum Toxicity :

يجب أن تقل درجة السمية للزيت وذلك لمنع الحوادث التى قد تنجم عن ملامسة أى شخص للزيت ، أو وصول الزيت لعين أو فم المشتغلين بطريقة الخطأ ، ولذلك تهتم الشركات المصنعة للزيوت الهيدروليكية بأن تكون منتجاتها خالية من أى مواد كيمائية سامة .

١/٦/١ ـ أنواع السوائل الهيدروليكية :

إن السوائل الهيدروليكية فى الوقت الراهن تحتوى على زيوت معدنية ، وزيوت نباتية ، واستر فوسفات ، ومركب جليكول الإيثيلين ، وماء .

وعلى كل حال فإنه يمكن تقسيم أهم الزيوت الهيدروليكية تبعاً لنوع المحتوى الأعظم لها إلى : أكثرها ماء ـ أكثرها بترولاً ـ أكثرها مركبات كيمائية .

وأكثر هذه الأنواع انتشاراً هى السوائل الهيدروليكية البترولية ، ولكن عادة تستخدم الأنواع الأخرى كسوائل هيدروليكية مقاومة للحريق Fire Resistant حيث تستخدم فى الأماكن ذات ظروف الشغيل القاسية مثل المسابك حيث درجات الحرارة العالية ، وبالتالى تصبح الزيوت البترولية غير مناسبة للاستخدام لانخفاض

درجات حرارة الاشتعال الذاتى لها ، وأهم السوائل الهيدروليكية المقاومة للحريق ما يلى :

أ ـ محلول جليكول الماء Water Glycol Solution :

ويتكون هذا المحلول من مخلوط من الماء بنسبة 40:50% مع الإيثيلين ، أو البروبلين ، وكذلك جليكول البولى إيثيلين ، ويجب اختبار نسبة تواجد الماء فى هذا المحلول بصفة دورية حيث إن الماء يمكن أن يتبخر عند درجات الحرارة العالية ، علماً بأن الماء هو الوسط الذى يعطى هذا المحلول صفة ارتفاع درجة الحرارة التى يشتعل عندها ذاتياً ، ولمحلول جليكول الماء عدة مميزات مثل : له رتبة لزوجة عالية (انظر الفقره ٣/٥/١) ، وله خواص تزييت عالية ، وجودته عالية عند تواجد الشوائب، غير انضغاطى وله كثافة عالية .

وعند استخدام هذا المحلول يجب أخذ الاعتبارات التالية فى الحسبان :

١ ـ عدم استخدام دهانات للسطح الداخلى للخزان .

٢ ـ تصمم سعة الخزانات لتصل إلى 8:10 مرات من معدل تدفق المضخة فى الدقيقة .

٣ ـ لا تتعدى درجة حرارة التشغيل عن 65 درجة مئوية .

٤ ـ سرعة السائل لا تزيد عن 3m/s .

٥ ـ سرعة المضخة يجب أن تتراوح بين 1000:1200 r.p.m .

٦ ـ لا تستخدم مضخات ترسية مع هذا المحلول .

٧ ـ ضغط التشغيل يترواح بين 100:120 bar .

ب ـ سائل إستر الفوسفات Phosphate Ester Fluid :

ولهذا السائل عدة خصائص أهمهما :

ارتفاع درجة حرارة الاشتعال الذاتى .

له جودة عالية للتزييت .

له خواص جيدة عند وجود الشوائب .

له رتبة عالية ووزن نوعى منخفض .

ومن عيوبه أنه سام ويسبب تلوثاً للبيئة .

وعند استخدام هذا السائل يجب أخذ الاعتبارات التالية فى الحسبان :

١ ـ استخدام موانع تسريب مناسبة لجميع العناصر الهيدروليكية .

٢ ـ لاتستخدم دهانات للسطح الداخلى للخزان إلا فى حالات خاصة عند أخذ رأى المختصين .

٣ ـ الترشيح المستمر للسائل لزيادة كثافته .

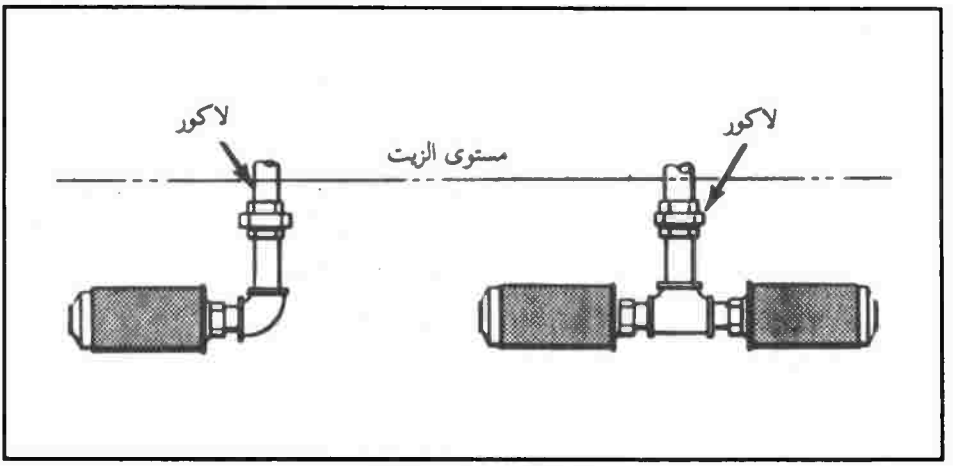
وتصل درجة حرارة التشغيل لسائل إستر الفوسفات إلى 100 درجة مئوية ، ولهذا السائل مقاومة كبيرة للتقادم ، ولايحتاج سوى اختبارات دورية على المحتوى المائى حيث يسبب وجود أى نسبة ماء ـ حتى ولو كانت صغيرة ـ تآكل العناصر الهيدروليكية المستخدمة .

ملاحظة :

يمكن الرجوع للفقرة ٣/١/٥ للتعرف على (أنواع ـ خواص) الزيوت البترولية (المعدنية) .

٧/١ ـ المصافى والمرشحات Strainer And Filters :

تستخدم كل من المصافى والمرشحات لتقليل الشوائب الموجودة فى الدائرة الهيدروليكية لدرجة مقبولة ،وبالتالى تمنع التآكل المتزايد للعناصر الهيدروليكية، والفرق الجوهرى بين المصافى والمرشحات هو أن المصافى تتخلص من جزيئات الشوائب الكبيرة فقط ، وعادة توصل المصافى مع خط السحب للمضخات بشرط عدم إعاقة تدفق الزيت للمضخات ، علماً بأنه يمكن استخدام أكثر من مصفاة بالتوازى معاً فى خط السحب للمضخة إذا كانت المصفاة الواحدة تسبب خنقاً لتدفق الزيت الهيدروليكى المسحوب ، والشكل (١٧/١) يوضح نموذجين مختلفين ، أحدهما لخط سحب لمضخة مزود بمصفاة واحدة ، والآخر لخط سحب لمضخة مزود بمصفاتين ، بحيث يمكن فك لاكور تجميع بخط السحب ، لفصل المصافى عند إجراء عمليات التنظيف .



الشكل (١ – ١٧)

أما المرشحات فهى تقوم بفصل جزيئات الشوائب الصغيرة الموجودة فى الزيت الهيدروليكى ، وهناك عدة عوامل لاختيار المرشح المناسب مثل : نوع الشوائب وحجمها ، وعدد جسيمات الشوائب فى $100\ cm^3$ ، وسرعة السائل الهيدروليكى فى الدائرة ، وضغط السائل الهيدروليكى .

وتقاس أحجام جسيمات الشوائب بالميكرون µm أى $10^{-6}\ m$. وهناك عدة تصميمات مختلفة من المرشحات موضحة بالشكل (١ـ ١٨) وهى كما يلى :

١ ـ مرشح على شكل Y (Y type) .

٢ ـ مرشح الوعاء (Pot type) .

٣ ـ مرشح على شكل T (T type) .

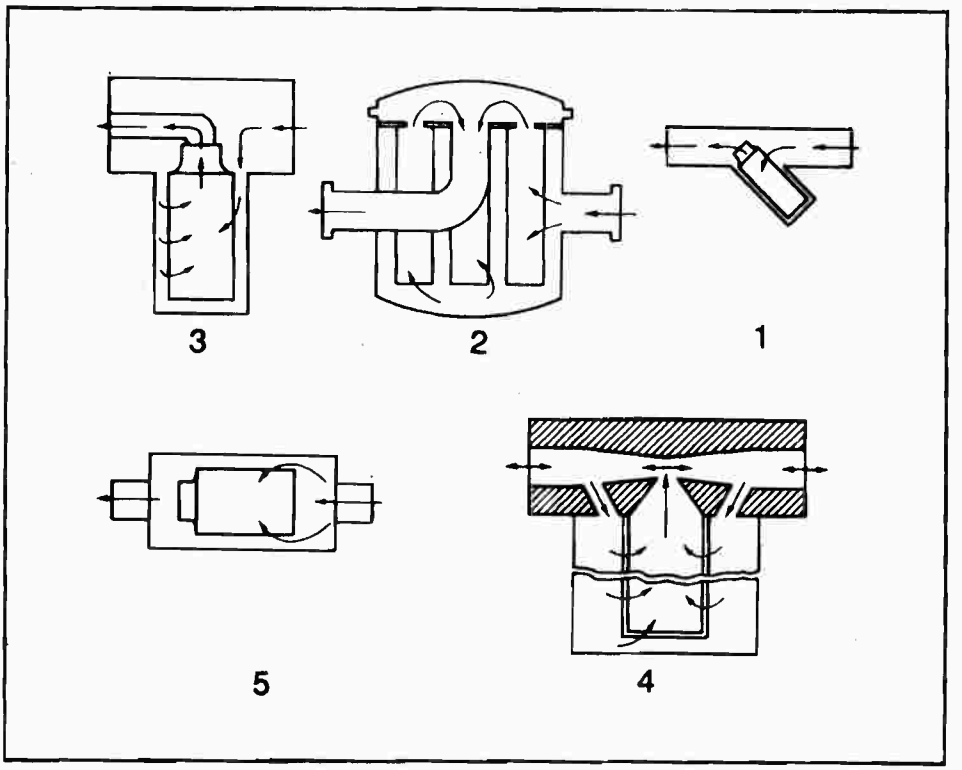
٤ ـ مرشح تناسبى (Proportional type) .

٥ ـ مرشح خطى (In Line Type) .

وهناك عدة أنواع من المرشحات من حيث مكانها بالدائرة الهيدروليكية مثل :

أ ـ مرشحات خط السحب : وهذه المرشحات تسمح بفصل الشوائب ذات أحجام تتراوح بين (25:35 µm) وهى تركب فى خط سحب المضخة وعادة توصل هذه المرشحات بالتوازى مع صمام لارجعى (يسمح بمرور الزيت فى اتجاه واحد) يعمل كمسار بديل عند انسداد المرشح ، وذلك عند وصول الضغط 0.2 bar .

ب ـ مرشحات الضغط : حيث تثبت عادة عند مخرج خط الضغط للمضخة

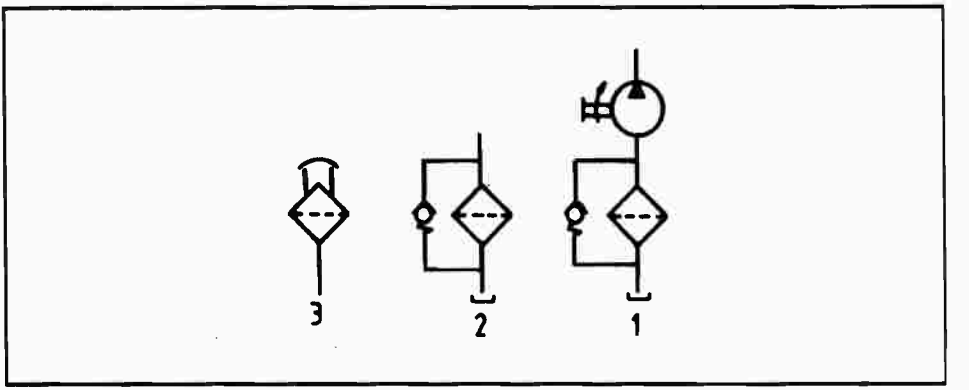


الشكل (١ – ١٨)

وهذه المرشحات لها القدرة على تحمل ضغط تشغيل الدائرة الهيدروليكية ، وحدود الترشيح لهذه المرشحات تتروح ما بين (1:10 µm) .

ج ـ مرشحات خط الراجع : وهى أكثر المرشحات انتشاراً واستخداماً حيث تعمل هذه المرشحات على تنقية الزيت الهيدروليكى الراجع من جميع العناصر الهيدروليكية بالدائرة قبل تجمعه فى الخزان ، وحدود الترشيح لهذه المرشحات يتروح بين (5:25 µm) . وعادة توصل هذه المرشحات بالتوازى مع صمام لارجعى بياى يعمل كمسار بديل عند انسداد المرشح ، علماً بأن سعة مرشحات خط الراجع تساوى فى العادة مرة ونصف على الأقل من سعة المضخة .

د ـ مرشحات التعبئة والتنفيس : وتستخدم لغرض ترشيح الزيت الهيدروليكى عند التعبئة ، وأيضاً لتنقية الهواء الداخل للخزان عند انخفاض مستوى الزيت داخل الخزان ، تتروح حدود الترشيح لهذه المرشحات عادة بين (25:35 µm) . وفيما يلى رموز الأنواع المختلفة من المرشحات .



حيث إن :

الرمز 1 لمرشح خط سحب . Suction Filter

الرمز 2 لمرشح خط الراجع . Drain Filter

الرمز 3 لمرشح تعبئة وتنفيس .Breath Filter

أما بالنسبة للمواد المستخدمة فى صناعة عناصر ترشيح المرشحات فهناك أنواع مختلفة من هذه المواد مثل شبكات الأسلاك التى لا تصدأ ، والورق والألياف المعدنية وهكذا .

ملاحظة :

تستخدم ـ أحياناً ـ أجهزة انسداد كهربية للمرشحات تعطى إشارة كهربية عند انسداد المرشح .

٨/١ ـ المبردات والسخانات Coolers and Heaters :

تعمل الأنظمة الهيدروليكية بكفاءة عالية عند المحافظة على درجة حرارة السائل الهيدروليكى لها عند حدود معينة تختلف من سائل لآخر ، فمثلا : هناك سائل له حدود تشغيل (55:135° C-) ونوع آخر له حدود تشغيل (32:60° C-) . وعموماً فإن انخفاض درجة حرارة الزيت عن الحدود المسموح بها يؤدى إلى زيادة لزوجة الزيت ، وبالتالى تزداد مفاقيد الاحتكاك فى الدائرة .

بينما تؤدى زيادة درجة حرارة الزيت الهيدروليكى إلى انخفاض لزوجته وتحلله كيمائياً ، فتزداد الشوائب الموجودة فى الزيت ويفقد الزيت خواصه التى سبق أن

تناولناها فى الفقرة ٦/١ ، وللمحافظة على درجة حرارة الزيت الهيدروليكى فى الحدود المسموح بها يلزم استخدام مبردات وسخانات للزيت الهيدروليكى .

١/٨/١ ـ مبردات الزيوت الهيدروليكية :

يوجد نوعان من مبردات الزيوت الهيدروليكية هما :

١ ـ مبرد زيت هوائى (مبادل حرارى تبريد هواء) حيث يبرد الزيت بواسطة دفع هواء بمروحة تبريد تجاه مواسير مرور الزيت .

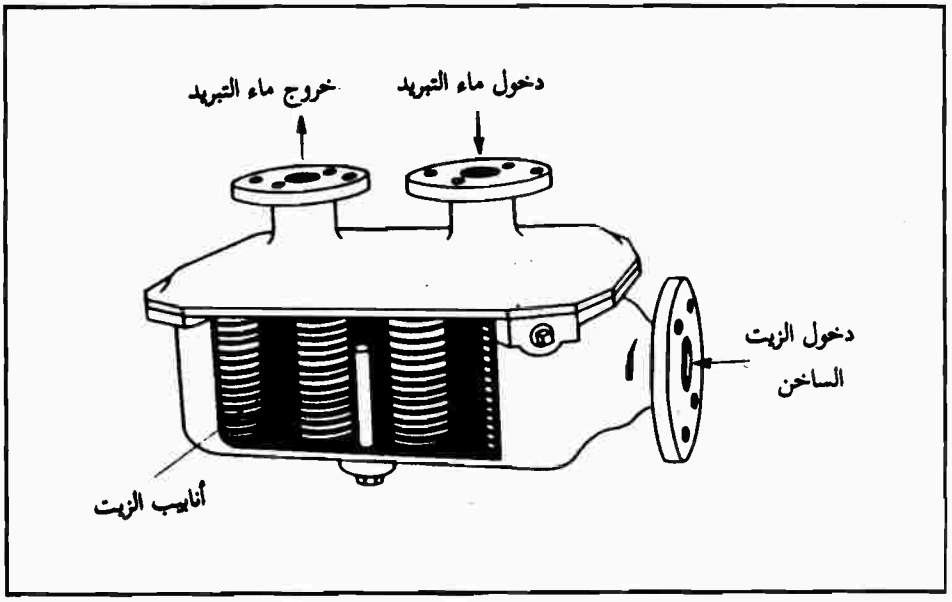
٢ ـ مبرد زيت مائى (مبادل حرارى تبريد ماء) .

وهناك نوعان من هذا المبرد وهما :

أ ـ المبرد ذو الوعاء حيث يمرر السائل الهيدروليكى داخل وعاء بينما يمر ماء التبريد داخل أنابيب موجودة بداخل الوعاء .

ب ـ المبرد ذو الأنابيب حيث يمر السائل الهيدروليكى داخل الأنابيب ، بينما يمر ماء التبريد خارج الأنابيب ، وتحتاج هذه الأنواع من المبردات إلى مصدر ماء متجدد .

والشكل (١ ـ ١٩) يوضح نموذجاً لمبرد ذى أنابيب .

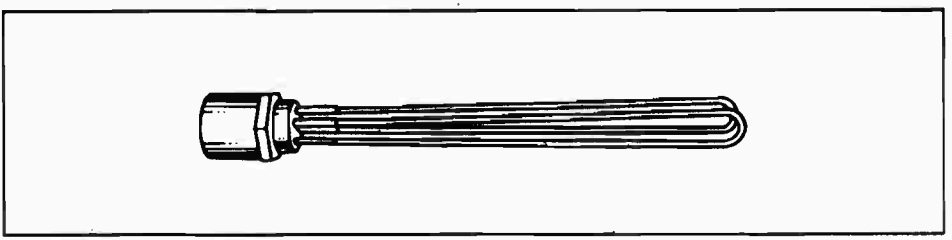


الشكل (١ ـ ١٩)

١/٨/٢ ـ سخانات الزيوت الهيدروليكية :

عادة تقوم السخانات برفع درجة حرارة الزيت فى الأجواء الباردة ، وهى عبارة عن ملفات تسخين كهربية ، تغمر داخل خزانات الزيت وتصمم ملفات السخانات بحيث لا تؤدى إلى رفع درجة حرارة الطبقة الملامسة لها فى الخزان عن الحدود المسموح بها ، مما يؤدى إلى تحلل هذه الطبقة ، وتكون رواسب غير مرغوب فيها ، لذلك فإن ملفات التسخين للسخانات تصمم بقدرة تسخين تتراوح ما بين (0.5 : 2 Watt/Cm^3) للسطح الملامس له .

والشكل (١ـ٢٠) يوضح نموذجاً لأحد السخانات الكهربية التى تغمر فى الزيت .



الشكل (١ - ٢٠)

١/٩ ـ الخطوط الهيدروليكية وأدوات التوصيل

Hydraulic Lines and Fittings

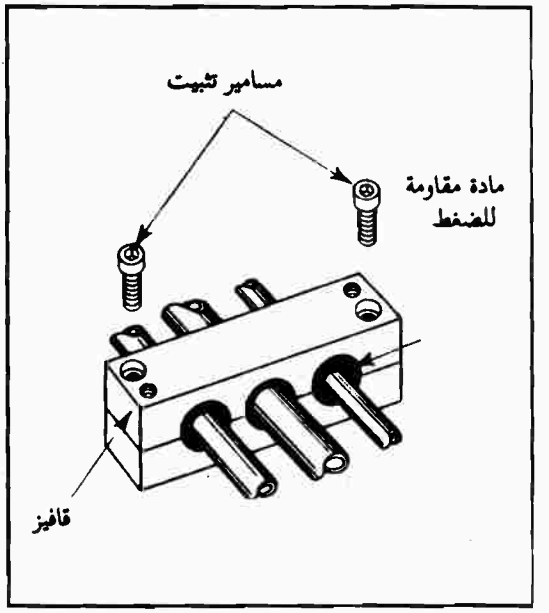
تعد الخطوط الهيدروليكية وأدوات التوصيل فى غاية الأهمية للأنظمة الهيدروليكية ، وهناك عدة شروط يجب توافرها فى الخطوط الهيدروليكية وأدوات التوصيل يمكن إيجازها فيما يلى :

١ ـ يجب أن تكون الخطوط قوية تتحمل ضغط الزيت العالى فى الدائرة الهيدروليكية .

٢ ـ يجب وضع أدوات تجميع مثل لواكير التجميع عند جميع الوصلات ، والأجزاء التى نحتاج لتغييرها فى المستقبل .

٣ ـ يجب أن تكون ركائز الخطوط قادرة على إخماد الإهتزازات الناتجة عن قفزات الضغط التى تحدث عند حدوث تغير فى اتجاه تدفق الزيت الهيدروليكى فى

الخطوط عند الصمامات الاتجاهية ، والشكل (١ ـ ٢١) يوضح نموذجاً لركيزة خطوط وهى على شكل قافيز .



الشكل ١ ـ ٢١

٤ ـ يجب أن تكون الخطوط ذات أسطح داخلية ناعمة مما يقلل من الاحتكاك وكذلك تقلل من التدفق المضطرب (الدوامى) .

٥ ـ يجب أن تكون الخطوط بأحجام مناسبة تناسب معدل التدفق وسرعة الزيت فى الدائرة ، ويجب أن تكون خطوط خط الراجع كبيرة ؛ حتى لا تتسبب فى حدوث ضغوط عكسية .

١/٩/١ ـ الخطوط الهيدروليكية Hydraulic Lines :

هناك ثلاثة أنواع من الخطوط الهيدروليكية وهى :

١ ـ المواسير الصلبة Rigid Pipes :

وهى تصنع عادة من الصلب ويمكن تقسيم هذه المواسير إلى :

مواسير قياسية Standard Pipes .

مواسير قوية جداً Extra strong Pipes .

مواسير بقوة مضاعفة Double Extra Strong Pipes .

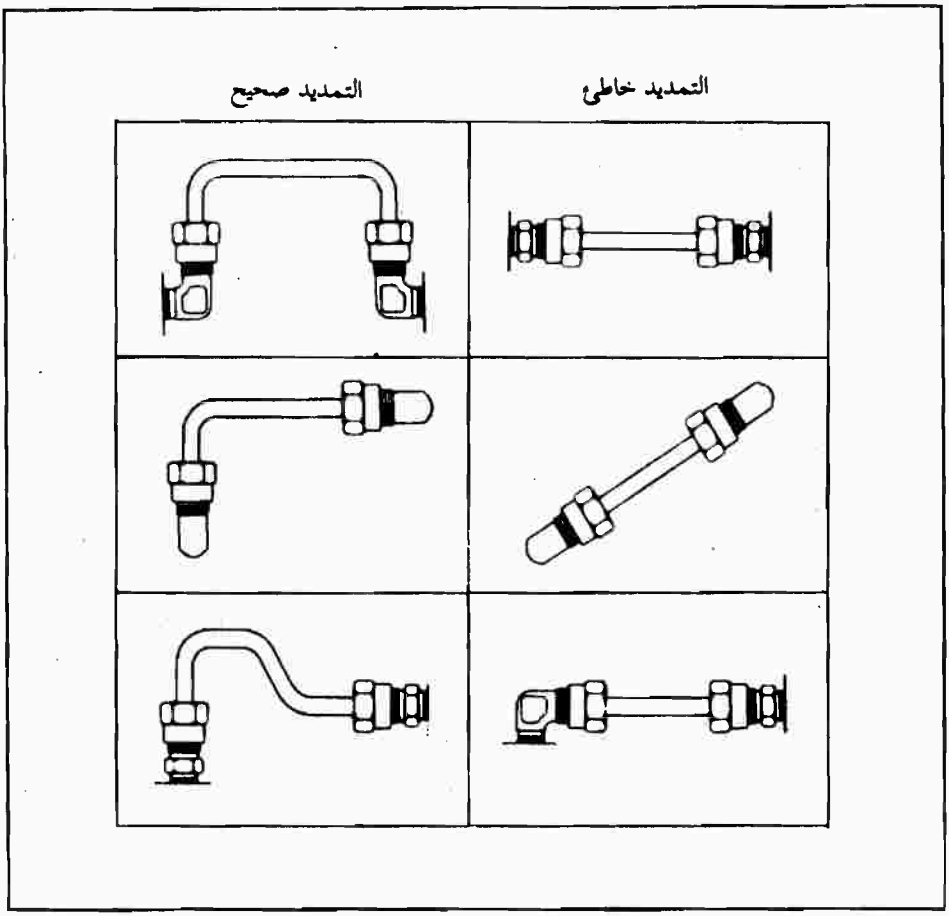
وجاء هذا التقسيم بناء على سمك جدران هذه المواسير ، وتتواجد هذه المواسير بأحجام مختلفة حيث إن حجم الماسورة يطابق عادة القطر الداخلى لها بالبوصة على سبيل المثال :..... 1/8 ,1/2, 3/8, 1/2, 3/4, 1, .

٢ ـ الأنابيب شبه الصلبة Semi Rigid Tubes :

وهى تصنع عادة من الصلب المخمر المسحوب على البارد ، وتختار هذه الأنابيب بناء على عنصرين هامين وهما القطر الخارجى ، وسمك جدرانها .

وتحتاج هذه الأنابيب لعدد قليل من أدوات التوصيل ، وذلك لإمكانية عمل انحناءات بها ، والشكل (١ ـ ٢٢) يوضح طرق التركيب الصحيحة والخاطئة للأنابيب شبه الصلبة تبعاً لتوصيات شركة Weather Head Co., .

علماً بأن قطر انحناء الأنابيب الشبه صلبة يجب ألا يقل عن (2.5: 3D) ، حيث إن D هو القطر الخارجى للأنبوبة .

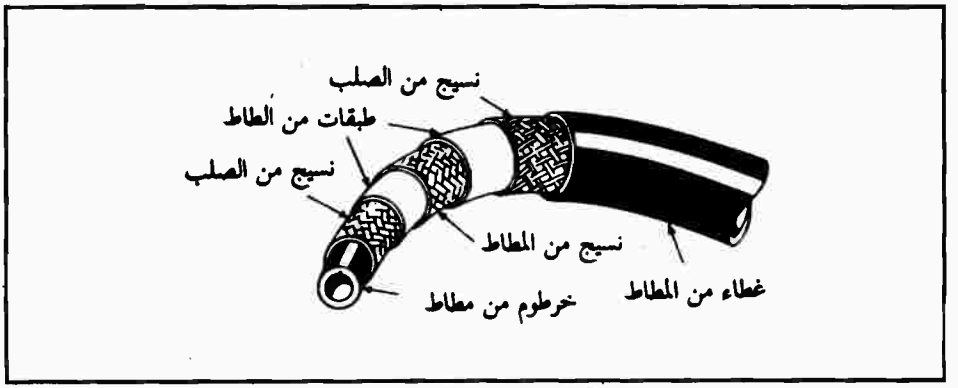


الشكل ١ ـ ٢٢

٣ ـ الخراطيم المرنة Flexible Hoses :

وتستخدم عند الحاجة لمرونة على سبيل المثال وصلات الاسطوانات المتحركة ، وأيضاً فى الأماكن التى تتعرض لاهتزازت شديدة ، لذلك تستخدم خراطيم مرنة

عند مداخل ومخارج المضخات الهيدروليكية وتصنع الخراطيم المرنة من المطاط الصناعى Sythetic Rubber وعادة تكون هذه الخراطيم مقواة بأنسجة من الصلب يختلف عددها تبعاً لضغط التشغيل للخرطوم فتزداد بزيادته ، والشكل (١ ـ ٢٣) يعرض نموذجاً لخرطوم من المطاط الصناعي مزود بثلاث طبقات تسليح ، ويتروح مدى درجات الحرارة لهذه الخراطيم بين (120° C : 40°- C) وتختار هذه الخراطيم بناء على قطرها الداخلى والخارجى ومواصفاتها الفنية .

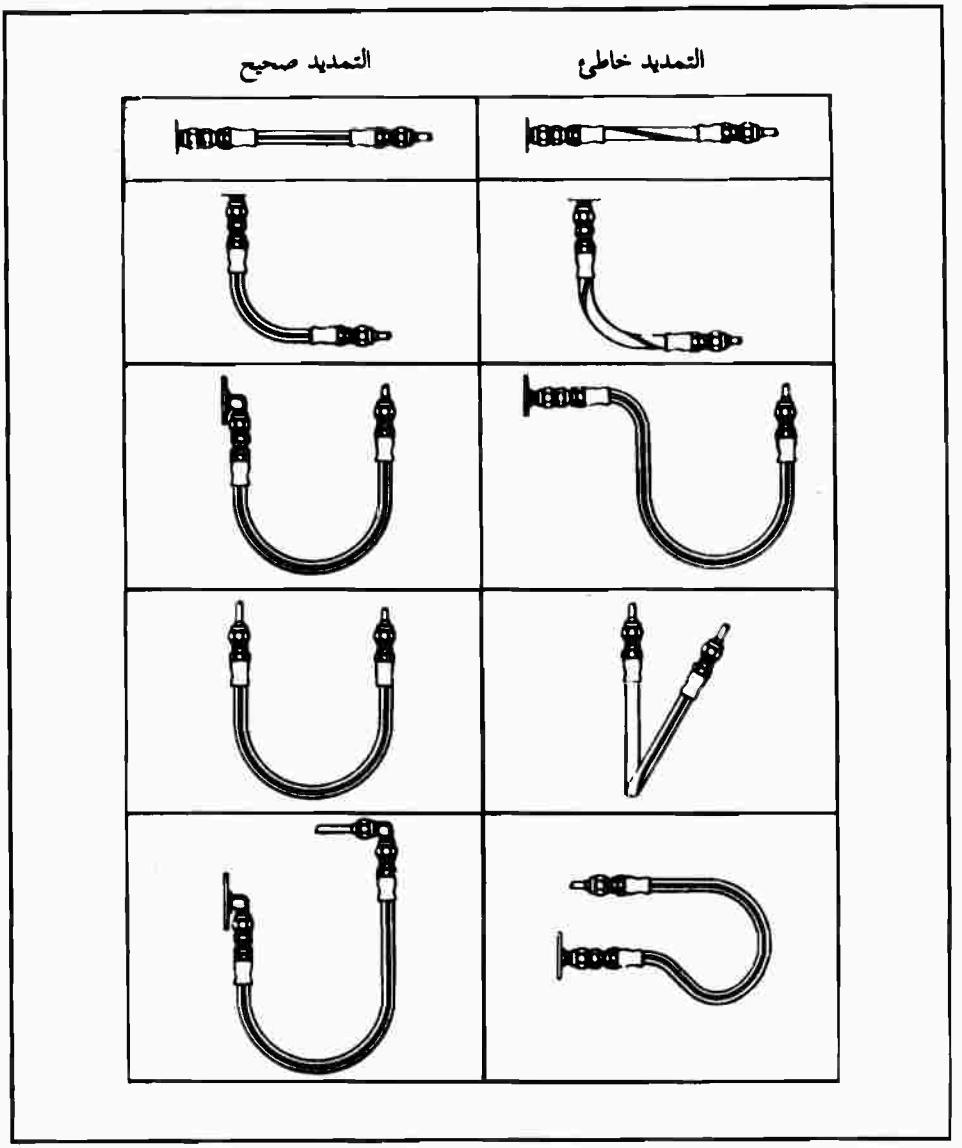


الشكل ١ ـ ٢٣

والشكل (١ ـ ٢٤) يبين الطريقة الصحيحة والخاطئة لتحديد الخراطيم المرنة تبعاً لتوصيات شركة Weather Head Co., ، وكما هو واضح من هذا الشكل أنه يسمح بارتخاء الخراطيم أثناء تمديدها ، وذلك لتعويض النقص الناشئ عن مرور الزيت المضغوط بداخلها ، والذى قد يصل إلى 5% من طولها ، ويراعى أن يكون الشكل مقبولاً مع سهولة فك الوصلات ، ويراعى أن يكون نصف قطر الانحناء لايقل عن 5 مرات من القطر الخارجى لها .

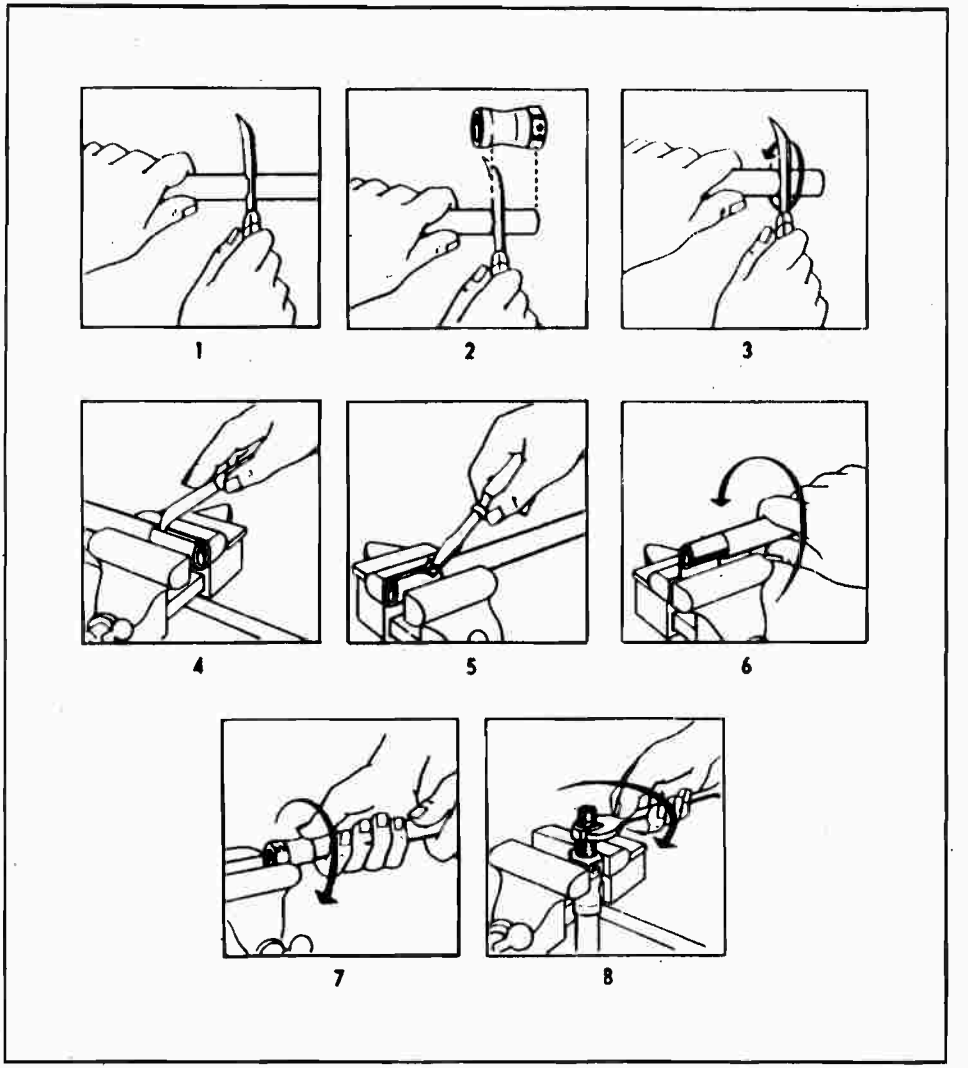
وتوجد الخراطيم المرنة فى صورتين كما يلى :

١ ـ خراطيم مرنة بمقاسات مختلفة مثبت فيها أدوات التوصيل .



الشكل ١ ـ ٢٤

٢ ـ خراطيم مرنة على شكل لفات ، ويقوم فنيو التركيب بتقطيع هذه الخراطيم بمقاسات مختلفة حسب الطلب ، وتثبيت الأدوات المطلوبة فيها . والشكل (١ ـ ٢٥) يوضح خطوات تثبيت الأدوات فى الخراطيم المرنة تبعاً لتوصيات شركة ., Weather Head Co .



الشكل (١ ـ ٢٥)

١/٩/٢ ـ أدوات التوصيل Fittings :

يعتمد نوع أدوات التوصيل على قيمة الضغط ، كذلك نوع الخطوط المستخدمة وفيما يلى أهم الأدوات المستخدمة :

أولاً : أدوات التوصيل المقلوظة (المسننة) Threaded Connectors :

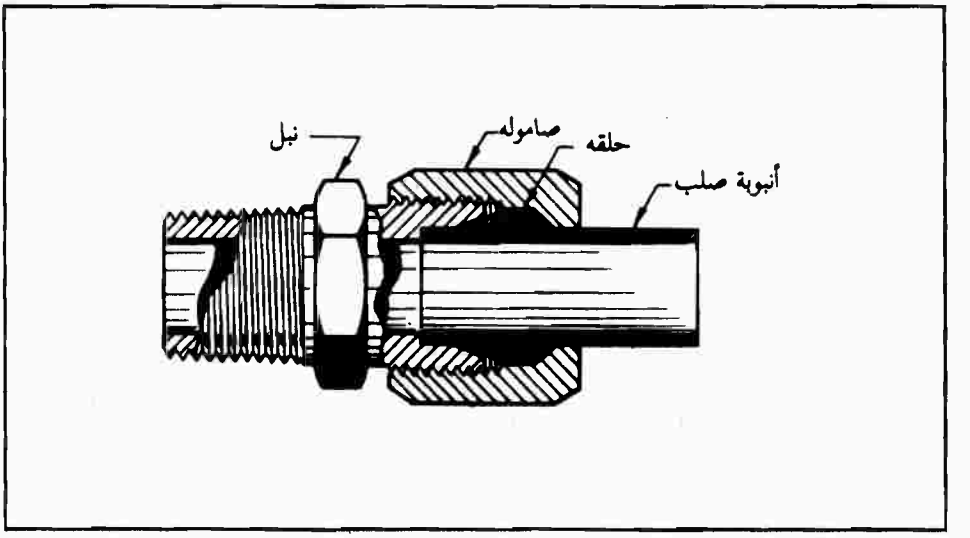
وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب ، وفى هذه الحالة تكون أدوات

التوصيل مقلوظة ، وكذلك أطراف المواسير تكون مقلوظة ، تستخدم هذه الأدوات مع الضغوط المنخفضة ، وتصنع هذه الأدوات من الصلب علماً بأن هذه الأدوات تشبه إلى حد كبير الأدوات المستخدمة فى شبكات المياه مثل : التيه والكوع والنبل والجلبة اللاكور والصليب ..... إلخ .

ثانياً : أدوات التوصيل الانضغاطية Compression Conectors :

وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب الشبه صلبة .

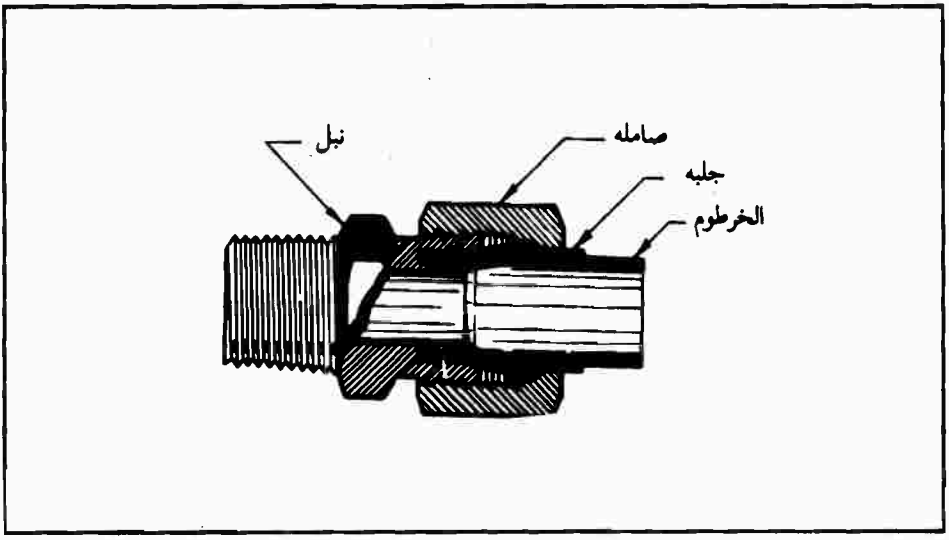
وتتكون الوصلة الإنضغاطية من نبل وجلبة أو حلقة وصامولة ، حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوبة داخل الصامولة ، وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل ، فيضغط النبل على الحافة المشطوفة للجلبة (أو الحلقة) فتنسلخ الحافة الثانية للجلبة ؛ لتدخل فى الفراغ المحصور بين التخويش الأسطوانى للنبل ، والمحيط الخارجى للأنبوبة ، وتؤدى قوة ضغط الصامولة على شطف الجلبة إلى تثبيت الوصلة جيداً . و الشكل (١ ـ ٢٦) يعرض قطاعاً فى وصلة انضغاطية .



الشكل (١ – ٢٦)

ثالثاً : أدوات توصيل الخراطيم المرنة Flexible Hose Connectors :

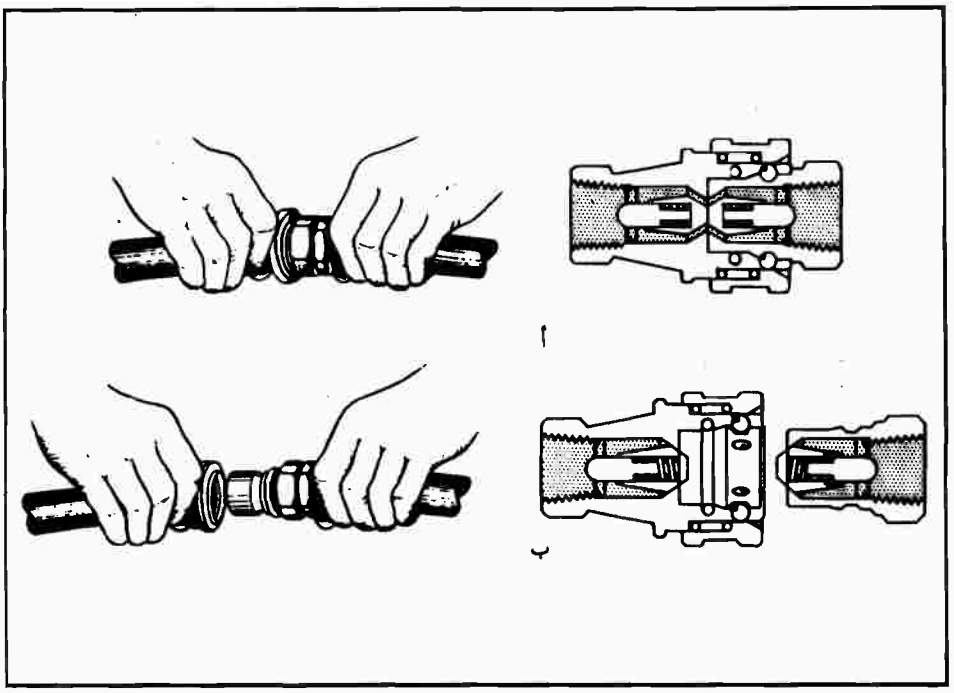
عادة فإن خراطيم الضغط الفائق Extra High Pressure تكون مزودة بوصلاتها من قبل الشركات المصنعة ، أما وصلات خراطيم الضغط المنخفض والمتوسط والعالى أحياناً ، فيمكن تشبيتها فى الموقع ، وهذه الوصلات أشبه ما تكون بالوصلات الانضغاطية المستخدمة فى الأنابيب شبه الصلبة . والشكل (١ ـ ٢٧) يعرض وصلة انضغاطية للخراطيم المرنة .



الشكل (١ ـ ٢٧)

رابعاً : الوصلات السريعة Quick - Disconect Couplings :

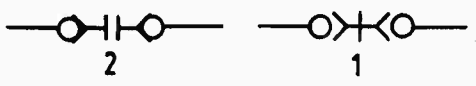
وتستخدم هذه الأدوات عادة مع الخراطيم المرنة وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون إحداث تسرب للسائل الهيدروليكى من الدائرة . وأكثر الوصلات السريعة المستخدمة فى الأنظمة الهيدروليكية تتكون من جزئين يتم ربطهما معاً وذلك بواسطة صامولة تجميع ، وكل طرف من طرفى الوصلة يحتوى على صمام لا رجعى . انظر الفقرة (١/٥/٢) يكون مفتوحا عندما تكون الوصلة مجمعة. والشكل (١ ـ ٢٨) يعرض نموذجاً لوصلة سريعة أثناء تجميعها (الشكل أ) وأثناء فكها (الشكل ب) .



الشكل (١ ـ ٢٨)

وفيما يلى رموز الوصلات السريعة :

فالرمز ١لوصلة سريعة مفكوكة ، والرمز 2 لوصلة سريعة مجمعة

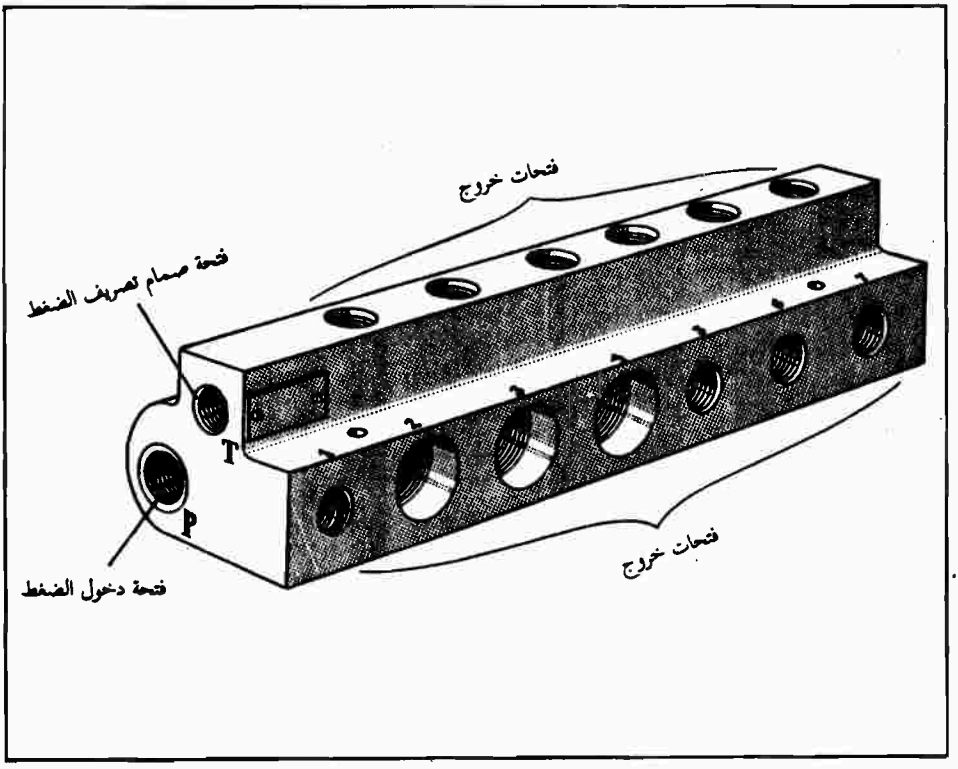


خامساً: الموزعات Manifolds :

تستخدم الموزعات فى بعض الأنظمة الهيدروليكية فى خطوط الضغط أو خطوط الراجع ، وتعتبر الموزعات أماكن تفريع متعددة الأفرع ، تستخدم للتقليل من الوصلات والمواسير ، فتعمل على الحد من التسربات ، وتستخدم الموزعات فى الأنظمة التى تحتوى على مجموعة من الدوائر الفرعية ، فيوصل خط الضغط للمضخة بالموزع وتوصل مخارج الموزع بالدوائر الفرعية لتغذيتها بالزيت المضغوط ،

ويمكن استخدام الموزعات فى خطوط العادم حيث توصل خطوط العادم للدوائر الفرعية (القادمة من الصمامات الاتجاهية) مع فتحات دخل الموزع ويجمع الزيت الراجع فى الموزع ويعود للخزان من خلال فتحة خرج الموزع ، وأحياناً تزود الموزعات بصمامات لارجعية وصمامات تصريف ضغط ومرشحات ... إلخ .

وفى الشكل (١ ـ ٢٩) نموذج لموزع بسيط ،ويحتوى هذا الموزع على مدخل واحد للضغط P ومجموعة مخارج ضغط وهى 1,2,...7 ويمكن إلغاء أى مخرج بواسطة استخدام طبة مقلوظة ويستخدم هذا الموزع مع الأنظمة والتى تحتوى على مجموعة من الدوائر الفرعية لتوزيع السائل المضغوط على هذه الدوائر الفرعية، وتوصل الفتحة T بصمام تصريف ضغط ثم بالخزان ؛ لتصريف الضغط الزائد ، وسوف نتناول ذلك بالتفصيل فى الباب الثانى .



الشكل (١ ـ ٢٩)