

الباب الأول
أساسيات التحكم الهيدروليكي

obeikandi.com

أساسيات التحكم الهيدروليكي

١/١ مقدمة :

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

ويستخدم التحكم الهيدروليكي 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 ، كالمخاطات 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 الأوتاش .

وهناك استخدامات كثيرة للتحكم الهيدروليكي 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 حوالي : 70 درجة مئوية تقريباً .

وفي الشكل ١ - ١ مخطط يمثل الهيكل العام لنظام التحكم الهيدروليكي، ويتكون من أربعة عناصر أساسية كما يلي :

الآلة المتحكم فيها

عناصر الفعل الهيدروليكية

عناصر التحكم الهيدروليكية

وحدة القدرة الهيدروليكية

١ - وحدة القدرة الهيدروليكية : وهي تقوم برفع ضغط السائل الهيدروليكي للضغط المطلوب ، بالإضافة إلى قيامها ببعض الوظائف المساعدة ، والتي ستوضح في الفقرة ١ - ٣ .

٢ - عناصر التحكم الهيدروليكية : ووظيفتها : التحكم في الضغط والتدفق ، واتجاه السريان وأهمها : صمامات التحكم في الضغط ، وصمامات التحكم في التدفق ، والصمامات الاتجاهية... إلخ .

٣ - عناصر الفعل الهيدروليكية : وهذه العناصر هي المسؤولة عن تحويل طاقة الضغط إلى طاقة حركة مثل : الأسطوانات والمحركات الهيدروليكية .

الشكل ١ - ١

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

٢/١ - مصطلحات فنية Technical Expressions :

١/٢/١ - 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 يلي :

أ - الضغط الجوي Atmospheric pressure :

وهو ضغط الهواء على سطح البحر ويساوى بالنظام العالمى (1.0332kg/cm^2) أى (1.013 bar) وبالنظام الإنجليزى (lb/in^2) أى 147psi

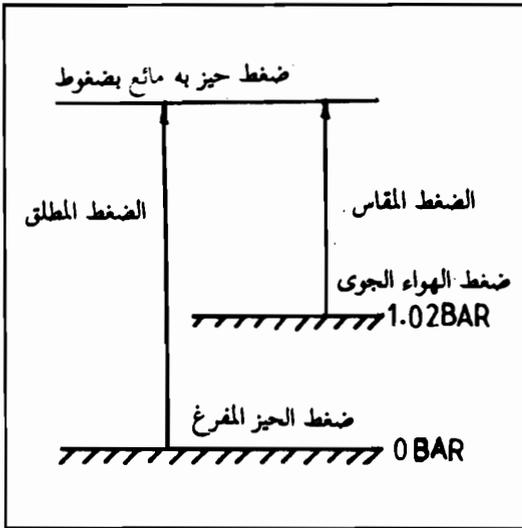
ب - الضغط المقاس Gauge Pressure : وهو ضغط أى مانع (سائل - غاز) منسوباً للضغط الجوى : وهذا الضغط يمكن قياسه باستخدام أجهزة قياس الضغط المختلفة كالمانومترات .

ج - الضغط المطلق Absolute pressure :

وهو ضغط أى مانع (سائل - 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 - ٢) يبين العلاقة بين الضغوط الثلاثة السابقة .



الشكل (١ - ٢)

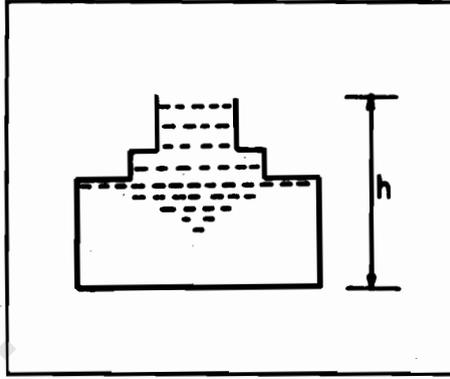
وعادة يستخدم الضغط المقاس أ فى التعبير عن الضغوط المستخدمة فى الدوائر الهيدروليكية ، علماً بأن الضغط فى الدائرة الهيدروليكية يساوى مجموع الضغط فى الدائرة الهيدروستاتيكي والضغط الديناميكي حيث إن :

- الضغط الهيدروستاتيكي Hy-
: drostatic Pressure

هو الضغط الناشئ عن ارتفاع

عمود من السائل على قاعدة الإناء أو الوعاء الحاوي له كما بالشكل ١ - ٣ .

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



الشكل (١ - ٣)

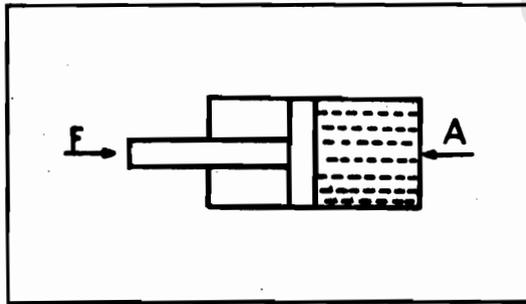
حيث إن p هي كثافة السائل ، g هي عجلة الجاذبية الأرضية ، h هي ارتفاع السائل عن السطح المقاس عنده الضغط .

- الضغط الديناميكي Dynamic Pressure : وهو الضغط الناشئ عن قوة خارجية

كما هو موضح بالشكل ١ - 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 - ١) لمعرفة وحدات الضغط والقوة المستخدمة .

٢/٢/١ - درجة الحرارة Temperature :

هناك تعبيران مستخدمان لدرجة الحرارة وهما :

- درجة الحرارة المحيطة Ambient Temperature : وهي درجة حرارة الوسط المحيط والتي تعمل فيه الآلات المختلفة وتقاس بالدرجة المثوية C أو الفهرنهايت F ، والعلاقة بينهما كما يلي :

$$F = 1.8 c + 32$$

- درجة الحرارة المطلقة Absolute Temperature :

وهي درجة حرارة الموائع المختلفة منسوباً للصفر المطلق ، والذي يساوى $273^{\circ}C$ أو $1k$.

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

٣/٢/١ - معدل التدفق Flow Rate :

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

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

حيث إن :

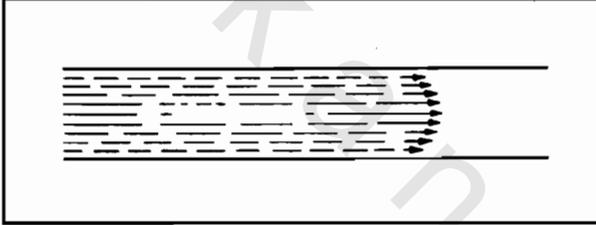
V هو حجم السائل المار بالماسورة خلال زمن t

Q معدل التدفق

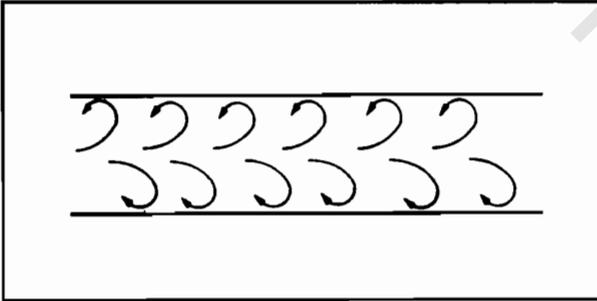
وهناك نوعان من طرق سريان السوائل الهيدروليكية داخل المواسير وهما :

أ - 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 - سريان مضطرب Turbelent Flow



الشكل (١ - ٥)



الشكل (١ - ٦)

وينتج هذا السريان عند زيادة سرعة السوائل عن السرعة الحرجة ويكون مصحوباً بدوامات تؤدي 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:

- مساحة مقطع

الماسورة.

- لزوجة السائل

الهيدروليكى.

ففى حالة المواسير المستديرة الناعمة السطح فإن السرعة الحرجة نحصل عليها

من المعادلة التالية :

$$V_c = \frac{2300 v}{d}$$

حيث إن :

V_c هي السرعة الحرجة للسائل الهيدروليكي بوحدة (m/s)

v هي اللزوجة الكينماتيكية (m²/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

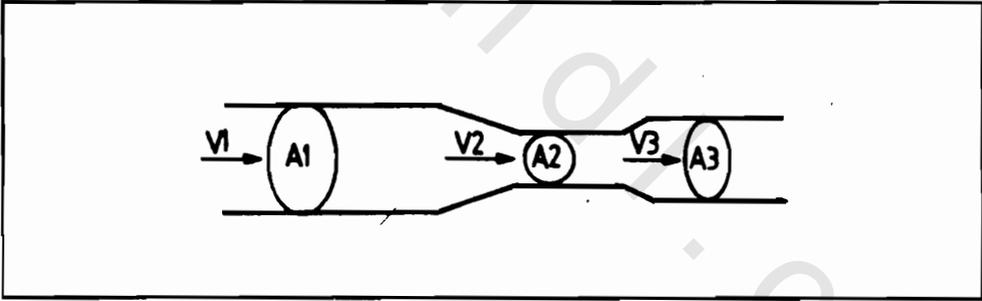
الماسورة هي : A_1 , A_2 , A_3

فإن :

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3$$

حيث إن : V_1 , V_2 , V_3 هي سرعة السائل في المقاطع A_1 , A_2 , A_3 بالترتيب

وتسمى هذه المعادلة بمعادلة الاستمرارية Continuity Equation .



الشكل (١ - ٧)

١/٢/٤ - الطاقة الهيدروليكية Hydraulic Energy :

تعرف الطاقة الهيدروليكية لسائل بأنها مجموع طاقاته الثلاث وهي :

أ - طاقة الوضع potential Energy وتعتمد على ارتفاع السائل .

ب - طاقة الضغط Pressure Energy وتعتمد على ضغط السائل .

ج - طاقة الحركة Kinetic Energy وتعتمد على 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 صفرأ 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 ، وتحول الطاقة المفقودة إلى طاقة حرارية ، وتؤدى تلك المفاوئد لانخفاض ضغط السائل الهيدروليكي فى الدائرة الهيدروليكية قليلاً عن الضغط عند مخرج وحدة القدرة الهيدروليكية .

٣/١ - 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 - المضخة الهيدروليكية Hydraulic Pump : وتقوم بإمداد الدائرة الهيدروليكية بالسائل الهيدروليكي وذلك بضخه من الخزان .

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

٣ - السائل الهيدروليكي Hydraulic Fluid : وهو وسيط نقل القدرة الهيدروليكية.

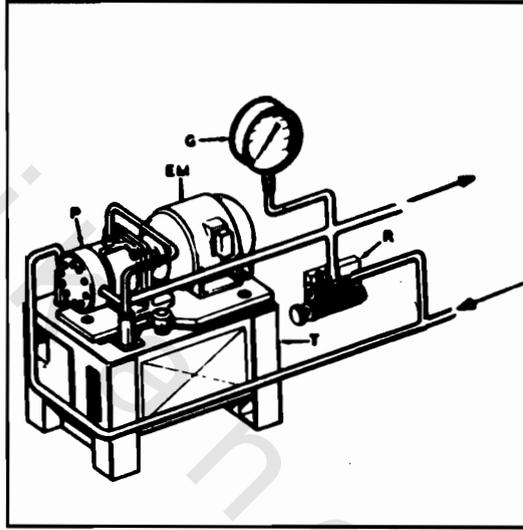
٤ - صمام تصريف الضغط Relief Valve : ويمنع هذا الصمام وصول ضغط التشغيل للدائرة الهيدروليكية لحدود غير آمنة .

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

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

٧ - السخان Heater : ويقوم السخان بتسخين السائل الهيدروليكي ، إذا كانت درجة حرارته منخفضة جداً ، وذلك للتقليل من لزوجة السائل التي تمثل حملاً زائداً على المضخة الهيدروليكية خاصة عند بدء التشغيل في 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 .

٤/١ - المضخات الهيدروليكية Hydraulic Pumps :

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

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

٢ - الحجم الهندسى Geometric Displacement : ويعطى حجم الزيت الذى تضخه المضخة فى اللفة الواحدة ويعطى بوحدة لتر / لفة (L/rev) أو بوحدة سم^٣ / لفة (cc/rev) وذلك عند ضغط التشغيل للمضخة .

٣ - السعة Capacity : وتعطى حجم الزيت التى تضخه 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 - 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 - 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 - الضغط الأقصى Max. Pressure : وهو أقصى ضغط يمكن أن تتحمله المضخة .

٧ - 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 الهيدروليكي من الخزان ودفعه إلى الدائرة الهيدروليكية للتحكم فى تحريك حمل خارجى وهذا بالطبع يمثل مقاومة لتدفق السائل الهيدروليكي .

وهذه المقاومة هى التى تؤدى لزيادة ضغط السائل الهيدروليكي إلى القيمة التى يمكنه من التغلب على هذه المقاومة .

ويمكن تقسيم المضخات الهيدروليكية بصفة عامة كما يلى :

١ - مضخات ثابتة الحجم الهندسى : وهى مضخات لا يمكن تغيير حجمها الهندسى ، وفيما يلى أهم أنواعها :

أ - مضخات ترسية Gear Pumps .

ب - مضخات دوارة ريشية Vane Pumps .

ج - مضخات دوارة مكبسية Piston Pumps .

٢ - 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 - مضخات دوارة بريش منزلفة Vane Pumps .
- ب - مضخات دوارة مكبسية Piston Pumps .

١/٤/١ - المضخات الترسية Gear Pumps :

المضخات الترسية هي 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 .

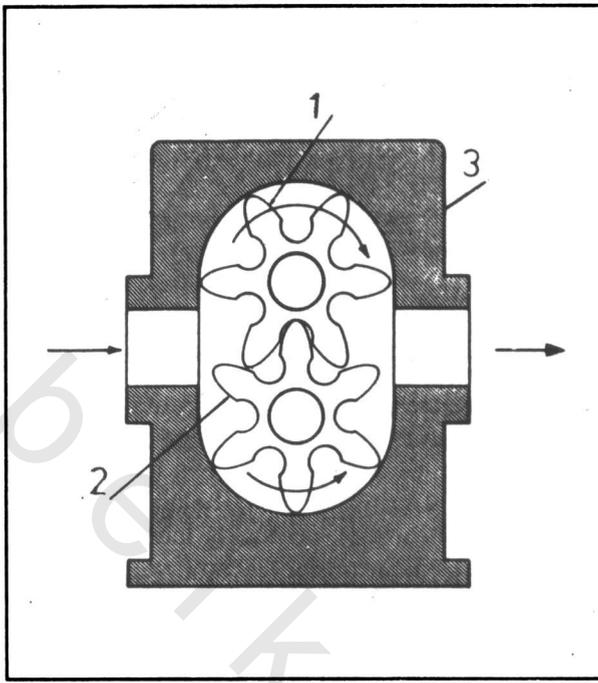
وللحصول على العمر المقنن للمضخة الترسية يجب الالتزام بالسرعة والحمل المقنن لها ، ولقد أوضحت الدراسات أن زيادة سرعة المضخة مرتين عن السرعة المقننة يقلل من عمر المضخة إلى 1/8 العمر المقنن تقريباً . ويمكن تقسيم المضخات الترسية إلى نوعين وهما :

- ١ - المضخات ذات التروس الخارجية External Gear Pumps .
- ٢ - المضخات ذات التروس الداخلية Internal Gear Pumps .

وسوف نكتفى هنا بتناول النوع الأول من المضخات الترسية لكثرة استخدامها ومميزاتها المتعددة . والشكل (١ - 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 ، فتتفصل أسنان الترسين ، وتتسع الفراغات بينهما أمام خط السحب ، مما يؤدي 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)

فيندفع السائل من خط الضغط عند ضغوط عالية تعتمد على حمل المضخة . ويتراوح الحجم الهندسي للمضخات الترسية بصفة عامة بين (3.2:100cc/rev) كما يصل ضغط التشغيل إلى 250 bar ، وتتراوح سرعتها بين 1000 : 3000 r.p.m وقد تصل إلى 50000 rpm في تصميمات خاصة .

وتتراوح كفاءة هذه المضخات ما بين 40:90% معتمدة على دقة التصنيع وثمان المضخة .

٢/٤/١ - المضخات الريشية Vane Pumps :

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

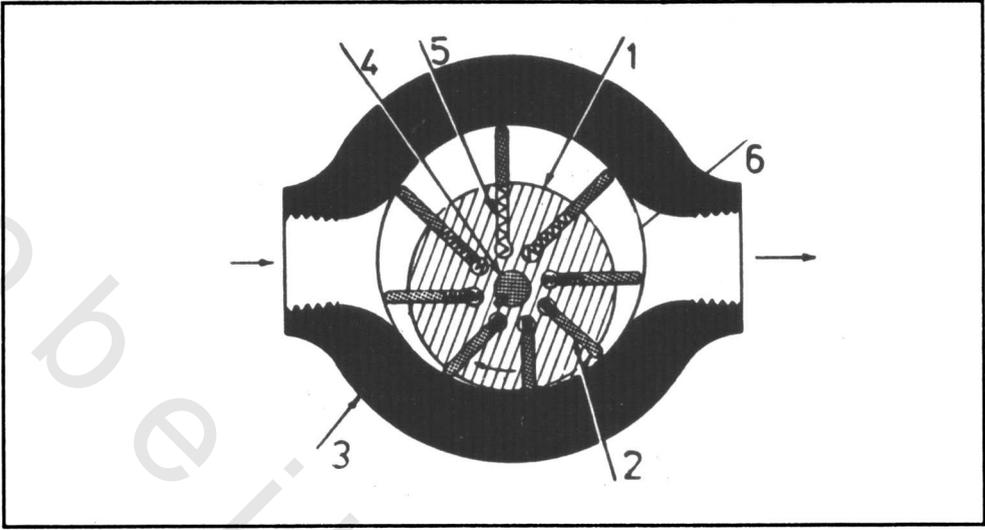
١ - مضخات ريشية ثابتة الإزاحة .

٢ - 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 العضو الدوار داخل أسطوانة من الصلب 6 دورانا لا مركزياً ، وتثبت هذه الاسطوانة داخل جسم المضخة

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



الشكل (١ - ١٠)

وعند دوران المضخة يدور العضو الدوار داخل فراغ الاسطوانة مما يؤدي 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 في المنطقة المقابلة لخط السحب عن الضغط الجوى ويندفع السائل الهيدروليكي من الخزان خلال خط السحب إلى هذه المنطقة ، بينما يرتفع الضغط في المنطقة المقابلة لخط الطرد فيندفع الزيت من المضخة من هذه المنطقة خلال خط الطرد بضغط يعتمد على حمل المضخة ، والقيمة المعيار 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 .

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

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

ثانياً : المضخات الريشية متغيرة الإزاحة :

يوجد طرازان مختلفان لهذه المضخات وهما :

- الطراز الأول : تكون فيه الاسطوانة حرة الحركة داخل جسم المضخة ، ويدفعها زنبرك تعويض لوضع لا مركزي .

- الطراز الثاني : تكون فيه الاسطوانة حرة الحركة وتثبت بين مكبسين واقعين تحت تأثير ضغط التشغيل للمضخة ، ونسبة مساحتهما 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 يباى 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 لا مركزي

ناحية العضو الدوار 2 ، ويتم ضبط

أقصى لا مركزية ، وبالتالي أقصى

حجم هندسى بواسطة مسمار ضبط

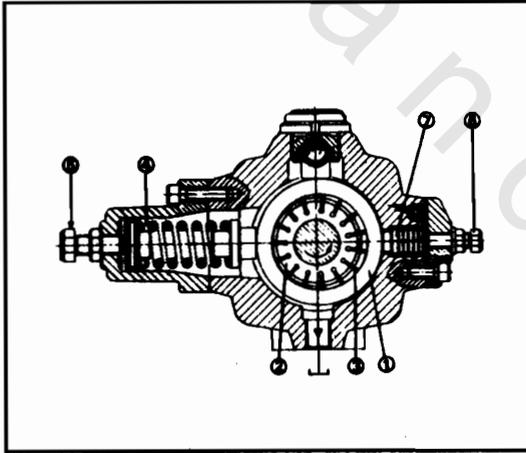
التدفق 6 ، وعند دوران المضخة

وزيادة ضغط السائل الهيدروليكي

في الدائرة الهيدروليكية عن الحد المعيار عليه مسمار ضبط التشغيل 5 تتولد قوة

تدفع الاسطوانة في اتجاه مضاد لقوة دفع يابى التعويض 4 ، لتقليل اللامركزية مع

العضو الدوار 2 وبالتالي يقل ضغط التشغيل للمضخة ، وكذلك يقل معدل التدفق

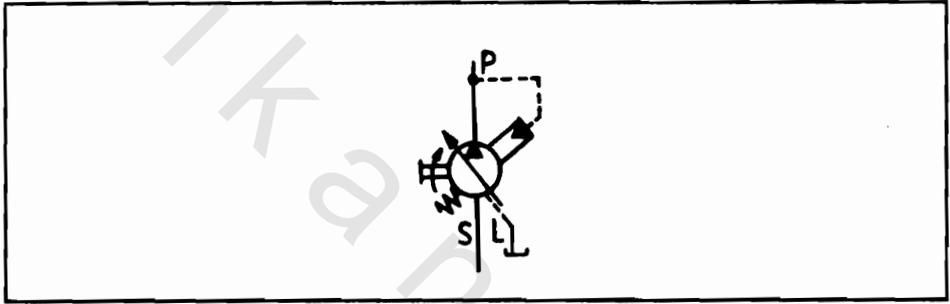


الشكل (١-١١)

للقيمة المعيار عليها المضخة . فإذا توقفت حاجة الحمل للسائل الهيدروليكي المضغوط يرتفع الضغط ، وتتغلب القوة المتولدة على قوة دفع ياي التعويض 4 فتتحرك الاسطوانة إلى الوضع المركزي - تقريباً - وينعدم التدفق الخارج من المضخة مع الاحتفاظ بضغط التشغيل عند القيمة المعيار عليها المضخة .

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

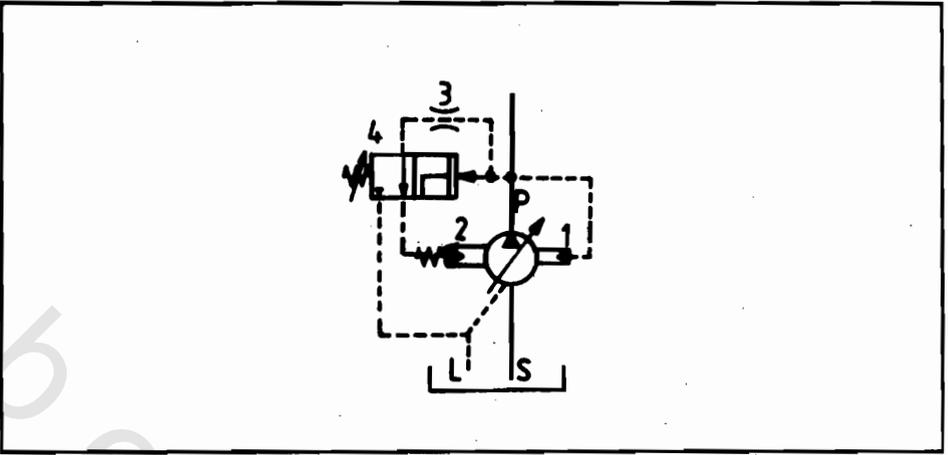
وفيما يلي رمز المضخة الريشية متغيرة الإزاحة ذات ياي التعويض ، والمصممة لتغيير تدفقها ؛ لثبات الضغط .



حيث إن :

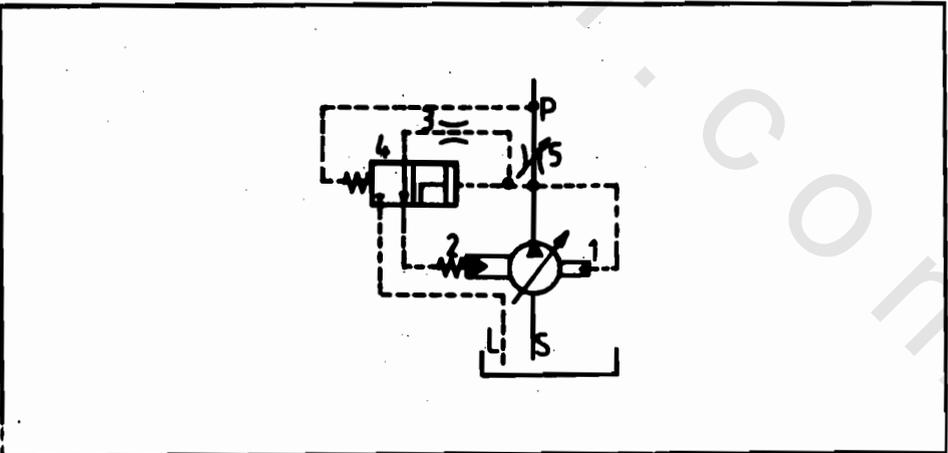
- P خط الطرد للمضخة .
- S خط السحب للمضخة .
- L خط التسريب للمضخة .

والرمز التالي 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 ياي لضمان دفع الاسطوانة لوضع لامركزي ، وذلك عند انخفاض ضغط المضخة أو توقفها ، ويتعرض المكبس الكبير 2 لضغط التشغيل منقوصاً منه الفقد الناتج عن وجود الصمام الخائق 3 ،



ويتم معايرة الضغط الأقصى المطلوب عن طريق الياى الخاص بصمام التحكم 4 وعندما يرتفع الضغط للقيمة القصوى المعيار عليها المضخة يتغير وضع تشغيل صمام التحكم من الوضع الأيسر إلى الوضع الأيمن (انظر الفقرة ٢ - ٦) فيتصل السائل الهيدروليكي الموجود فى غرفة المكبس الكبير مباشرة بخط التسريب، وبالتالي 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 المعاييرة عليه يزداد فرق الضغط بين طرفى الصمام 5 ، فيتغير وضع التشغيل للصمام 4 للوضع الأيمن ، فيتصل السائل الهيدروليكي الموجود فى غرفة المكبس الكبير 2 مباشرة بالخزان ، وبالتالي 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 المكبس من مثل : منظم ضغط وتدفق Flow and Pressure Controller . وأهم مميزات المضخات الريشية متغيرة الإزاحة ما يلي :

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

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

٣ - 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 - المضخات المكبسية المحورية Axial Piston Pumps :

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

ويوجد نوعان مختلفان من المضخات المكبسية المحورية وهما :

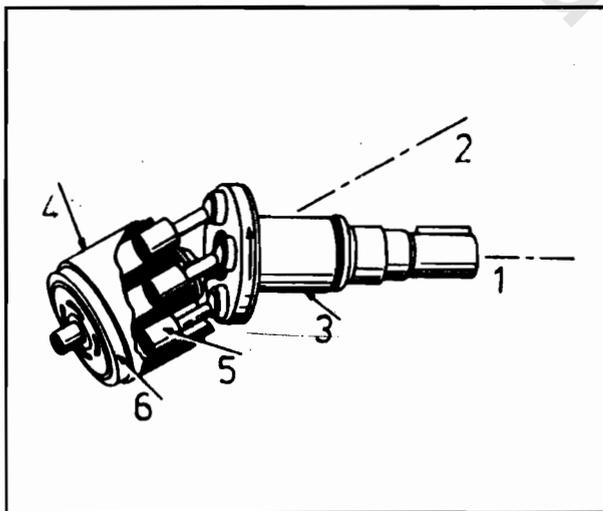
١ - مضخات مكبسية ذات العمود المنحني Bend Axis Pumps

٢ - مضخات مكبسية ذات القرص المترنج Swash Plate Pumps

أولاً : المضخات المكبسية ثابتة الإزاحة :

الشكل (١ - ١٢) يعرض شكلاً مجسماً لمضخة مكبسية محورية بمحور منحني ، حيث يوصل محور دوران عمود الإدارة بمحور دوران جسم الاسطوانة 2 بوصلة عامة بحيث تكون الزاوية بينهما في 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 .

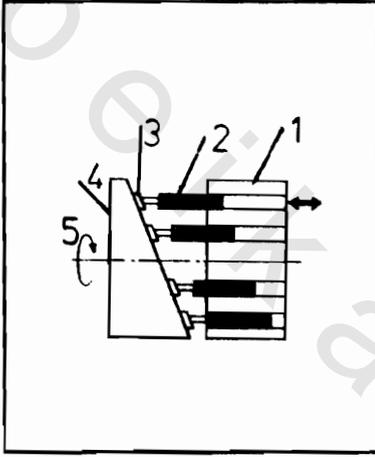
ويوجد بجسم الاسطوانة قرص 6 يحتوى على فتحتي دخول وخروج السائل الهيدروليكي للمضخة ،

الشكل (١ - ١٢)

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

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

والشكل (١ - ١٣) يعرض قطاعاً مبسطاً للمضخة بقرص مترنج ، وكما هو



الشكل (١ - ١٣)

واضح من هذا الشكل أن محور الأسطوانة هو نفس محور عمود الإدارة ، ويستخدم قرص مائل بزاوية 15 مع محور عمود الإدارة ، وهذا القرص مثبت في 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 في دخول وخروج السائل الهيدروليكي من المضخة بواسطة فتحتان على شكل كليتين تماماً كما هو الحال في المضخات ذات العمود المنحني .

وفيا يلي التعريف بأجزاء المضخة المكبسية المحورية ذات القرص المترنج :

- 1 أسطوانة المكابس (تدور مع عمود الإدارة)
- 2 المكابس .
- 3 ركائز المكابس على القرص المترنج .
- 4 القرص المترنج (ثابت) .
- 5 محور الدوران للمضخة .

ويتراوح الحجم الهندسي لهذه المضخات ما بين 2000 cc/rev : 10 ، ويصل ضغط المضخات المكبسية المحورية ذات القرص المترنج إلى 700 bar .

ثانياً : المضخات المكبسية المحورية متغيرة الحجم :

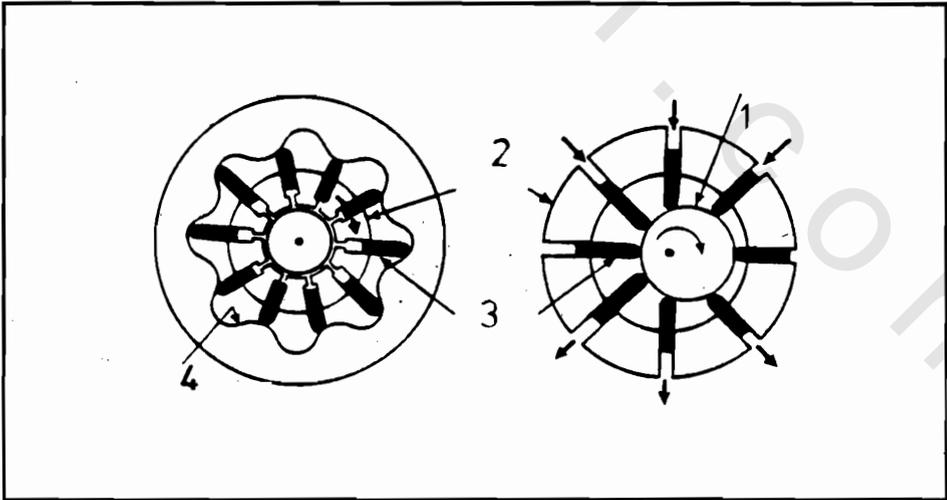
بالنسبة للمضخات المكبسية المحورية ذات المحور المنحني ، فيتم التحكم في تدفق هذه المضخات بتغيير زاوية ميل أسطوانة المكابس مع محور عمود الدوران بزوايا تتراوح بين (+25 : -25) درجة ، وذلك بواسطة أجهزة تحكم مختلفة معدة لذلك ، مع العلم بأن جسم المضخة في هذه الحالة يكون مصمماً ليسمح بحرية حركة أسطوانة المكابس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

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

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

١/٤/٤ - المضخات المكبسية النصف قطرية :

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



الشكل (١ - ١٤)

حيث إن :

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

أولاً : الطراز الأول :

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

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

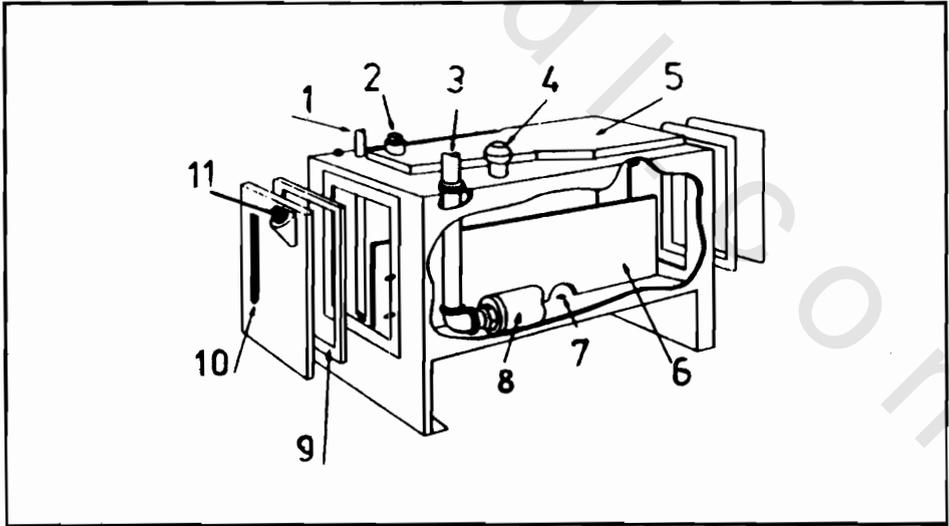
ملاحظات :

١ - 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 - يوجد عدة أنواع من المنظمات المستخدمة في التحكم في المضخات المكبسية متغيرة الإزاحة من حيث وظيفتها ، أهمها ما يلي :
- أ - منظم ضغط يعمل على ثبات ضغط المضخة .
 - ب - منظم قدرة يعمل على ثبات قدرة المضخة .
 - ج - منظم تدفق يعمل على ثبات تدفق المضخة .
- ويجب على المصمم اختيار نوع المنظم الملائم لطبيعة الاستخدام .

١ - ٥ الخزانات Reservoirs :

تعتبر الخزانات هي العنصر الأساس في الأنظمة الهيدروليكية ، فأغلب العناصر الهيدروليكية تكون مجتمعة عند الخزان ، وبالرغم من أن الوظيفة الأساسية للخزان هي تخزين السائل الهيدروليكي ، ولكن التصميم الجيد للخزان يضيف بعض الوظائف الثانوية له مثل : تبريد الزيت الهيدروليكي ، والتخلص من الهواء الذائب في الزيت ، والتخلص من الشوائب الموجودة في الزيت ، وكذلك قاعدة لتثبيت المحرك الكهربى ، والمضخة الهيدروليكية وعدادات قياس الضغط وصمامات التحكم . والشكل (١ - ١٥) يعرض مخططاً توضيحياً لأحد الخزانات المستخدمة في أنظمة التحكم الهيدروليكية .



الشكل (١ - ١٥)

وفيما يلي التعريف بأجزاء الخزان المعروضة في الشكل (١ - 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 وهي تعمل أيضاً كركائز للخزان .

وعادة فإن قاع الخزان يكون مائلاً ، وبه فتحة تصريف فى أسفل نقطة بالقاع ، ويوضع غطاءان كبيران على جانبي 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 ، وبالتالي 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 الداخلى من الدائرة الهيدروليكية .

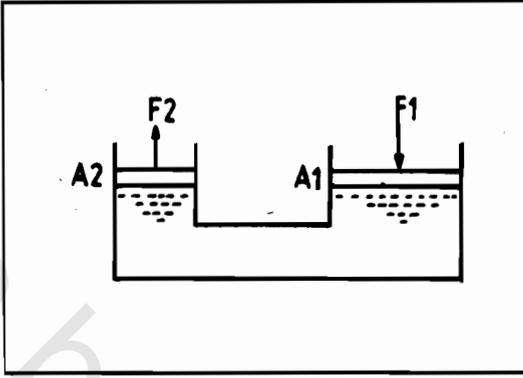
أما خط الراجع فيكون مغموراً فى الزيت ويكون مقطوعاً بزاوية 45 من نهايته ، ويساعد ذلك على تدفق الزيت الراجع تجاه جدران الخزان ، مما يقلل من درجة حرارة الزيت ، كما أن غمر خط الراجع فى الزيت يمنع تكون رغاوى فى الزيت ، وتطلى الجدران الداخلية للخزان بدهان يمنع الأكسدة التى يمكن أن تتكون نتيجة للتكاثف ، وهذا الدهان يفترض فيه عدم التفاعل كيميائياً مع الزيت . ونظراً لترسب رواسب كثيرة فى الزيت ؛ لذا يجب تفريغ الخزانات من محتوياتها بصفة دورية ، وتنظيف الزيت وترشيحه ، ثم إعادة ملء الخزان بالزيت التنظيف للمستوى المطلوب، وعادة فإن حجم خزان الزيت الهيدروليكي 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 - السائل الهيدروليكي Hydraulic Fluids :

يستخدم السائل الهيدروليكي فى النظام الهيدروليكي كوسيط لنقل القوى بين الأحمال المختلفة ، وذلك لأن السائل الهيدروليكي غير قابل للانضغاط ، وتبعاً لقانون باسكال Pascal فإنه عند تعريض سائل هيدروليكي لقوة داخل دائرة مغلقة فإن هذه القوة تنقل لجميع أجزاء الدائرة بقيم تعتمد على المساحة وعند تطبيق قانون باسكال على الحالة الموضحة فى الشكل (١٦-١) نجد أن : $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$ حيث إن F_1 هى القوة المؤثرة على السائل الهيدروليكي 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 الذي
يتحمله السائل الهيدروليكي
...إلخ.

الشكل (١ - ١٦)

وهناك بعض الخواص الطبيعية
لأى سائل هيدروليكي يجب أخذها

في الاعتبار عند اختيار السائل المناسب ، ونوجزها فيما يلي :

١ - اللزوجة Viscosity :

وتعتبر اللزوجة أحد الخواص الهامة المميزة للسائل ، وتعرف بأنها المقاومة
الداخلية للسائل ، التي 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 هي اللزوجة التي لا تسمح بإحداث تسربات نتيجة
للخلوصات الموجودة . فحدوث تسربات يؤدي إلى فقد كبير في الضغط في الدائرة ،
وهذه التسربات تقل بزيادة اللزوجة ، وكذلك يجب ألا تزيد اللزوجة ؛ لأن ذلك
يؤدي إلى احتكاك كبير للزيت عند تدفقه داخل المواسير ، فزيادة الاحتكاك تؤدي
لفقد في الطاقة الهيدروليكية في صورة حرارة ، وهذا يؤدي إلى انخفاض الضغط
في 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 - الثبات الكيميائي Chemical Stability :

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

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

٣ - خلوه من الحمضية Freedom From acidity :

يجب أن يكون السائل الهيدروليكي خالياً من أي حمضية ، والتي تسبب صدأ الأجسام المعدنية في الدائرة الهيدروليكية .

٤ - نقطة الوميض Flash Point :

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

٥ - درجة السمية Minimum Toxicity :

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

١/٦/١ - أنواع السوائل الهيدروليكية :

إن السوائل الهيدروليكية في الوقت الراهن تحتوي 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 - أكثرها بترولاً - أكثرها مركبات كيميائية .

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

درجات حرارة الاشتعال الذاتي لها ، وأهم السوائل الهيدروليكية المقاومة للحريق ما يلي :

أ - محلول جليكول الماء Water Glycol Solution :

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

وعند استخدام هذا المحلول يجب أخذ الاعتبارات التالية في الحسبان :

- ١ - عدم استخدام دهانات للسطح الداخلي للخزان .
- ٢ - تصمم سعة الخزانات لتصل إلى 8:10 مرات من معدل تدفق المضخة في الدقيقة .
- ٣ - لا تتعدى درجة حرارة التشغيل عن 65 درجة مئوية .
- ٤ - سرعة السائل لا تزيد عن 3m/s .
- ٥ - سرعة المضخة يجب أن تتراوح بين 1000:1200 r.p.m .
- ٦ - لا تستخدم مضخات ترسية مع هذا المحلول .
- ٧ - ضغط التشغيل يتراوح بين 100:120 bar .

ب - سائل إستر الفوسفات Phosphate Ester Fluid :

- ولهذا السائل عدة خصائص أهمها :
- ارتفاع درجة حرارة الاشتعال الذاتي .
 - 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 - استخدام موانع تسريب مناسبة لجميع العناصر الهيدروليكية .

٢ - لاستخدام دهانات للسطح الداخلى للخزان إلا فى حالات خاصة عند أخذ

رأى المختصين .

٣ - الترشيح المستمر للسائل لزيادة كثافته .

وتصل درجة حرارة التشغيل لسائل إستر الفوسفات إلى 100 درجة مئوية ، ولهذا

السائل مقاومة كبيرة للتقادم ، ولا يحتاج سوى اختبارات دورية على المحتوى المائى

حيث يسبب وجود أى نسبة ماء - حتى ولو كانت صغيرة - تآكل العناصر

الهيدروليكية المستخدمة .

ملاحظة :

يمكن الرجوع للفقرة ٣/١/٥ للتعرف على (أنواع - خواص) الزيوت البترولية

(المعدنية) .

٧/١ - 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

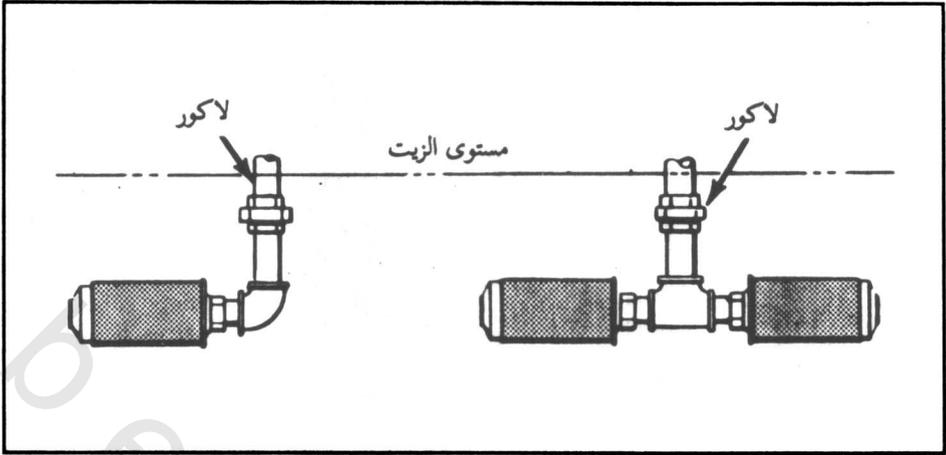
بالتوازي معاً فى خط السحب للمضخة إذا كانت المصفاة الواحدة تسبب خنقاً

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 لأكور تجميع بخط السحب ،

لفصل المصافى عند إجراء عمليات التنظيف .



الشكل (١ - ١٧)

أما المرشحات فهي تقوم بفصل جزيئات الشوائب الصغيرة الموجودة في الزيت الهيدروليكي ، وهناك عدة عوامل لاختيار المرشح المناسب مثل : نوع الشوائب وحجمها ، وعدد جسيمات الشوائب في 100 cm^3 ، وسرعة السائل الهيدروليكي في الدائرة ، وضغط السائل الهيدروليكي .

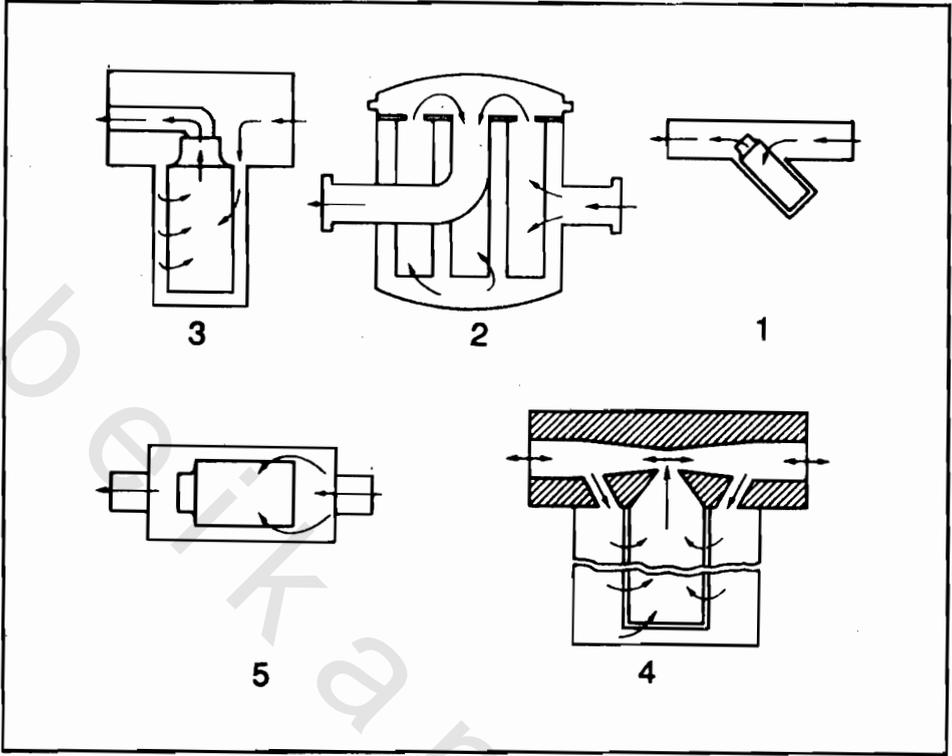
وتقاس أحجام جسيمات الشوائب بالميكرون μm أى 10^{-6} m . وهناك عدة تصميمات مختلفة من المرشحات موضحة بالشكل (١ - ١٨) وهي كما يلي :

- ١ - مرشح على شكل Y (Y type) .
- ٢ - مرشح الوعاء (Pot type) .
- ٣ - مرشح على شكل T (T type) .
- ٤ - مرشح تناسبي (Proportional type) .
- ٥ - مرشح خطي (In Line Type) .

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

أ - مرشحات خط السحب : وهذه المرشحات تسمح بفصل الشوائب ذات أحجام تتراوح بين ($25:35 \mu\text{m}$) وهي تركيب في خط سحب المضخة وعادة توصل هذه المرشحات بالتوازي مع صمام لارجعى (يسمح بمرور الزيت في اتجاه واحد) يعمل كمسار بديل عند انسداد المرشح ، وذلك عند وصول الضغط 0.2 bar .

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

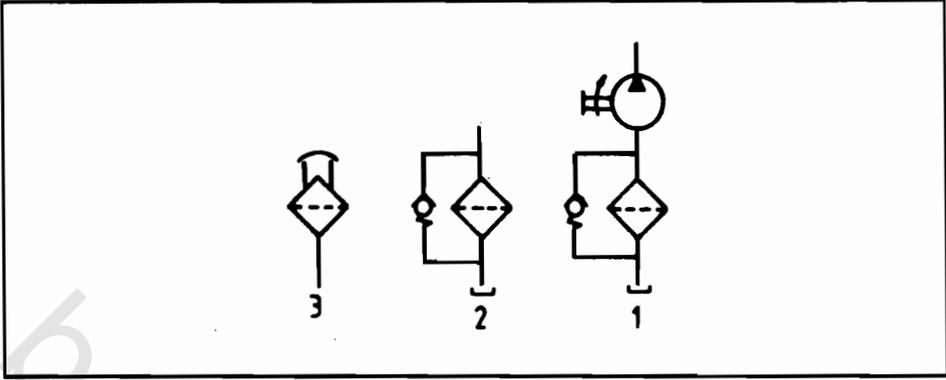


الشكل (١ - ١٨)

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

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

د - مرشحات التعبئة والتنقيس : وتستخدم لغرض ترشيح الزيت الهيدروليكي عند التعبئة ، وأيضاً لتنقية الهواء الداخلى للخزان عند انخفاض مستوى الزيت داخل الخزان ، تتراوح حدود الترشيح لهذه المرشحات عادة بين (25:35 μm) . وفيما يلى رموز الأنواع المختلفة من المرشحات .



حيث إن :

- . Suction Filter الرمز 1 لمرشح خط سحب
- . Drain Filter الرمز 2 لمرشح خط الراجع
- . Breath Filter الرمز 3 لمرشح تعبئة وتنفيس

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

ملاحظة :

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

٨/١ - المبردات والسخانات Coolers and Heaters :

تعمل الأنظمة الهيدروليكية بكفاءة عالية عند المحافظة على درجة حرارة السائل الهيدروليكي لها عند حدود معينة تختلف من سائل لآخر ، فمثلاً : هناك سائل له حدود تشغيل ($-55:135^{\circ}C$) ونوع آخر له حدود تشغيل ($-32:60^{\circ}C$) . وعموماً فإن انخفاض درجة حرارة الزيت عن الحدود المسموح بها يؤدي إلى زيادة لزوجة الزيت ، وبالتالي تزداد مفاويد الاحتكاك في الدائرة .

بينما تؤدي زيادة درجة حرارة الزيت الهيدروليكي إلى انخفاض لزوجته وتحلله كيميائياً ، فتزداد الشوائب الموجودة في الزيت ويفقد الزيت خواصه التي سبق أن

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

١/٨/١ - مبردات الزيوت الهيدروليكية :

يوجد نوعان من مبردات الزيوت الهيدروليكية هما :

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

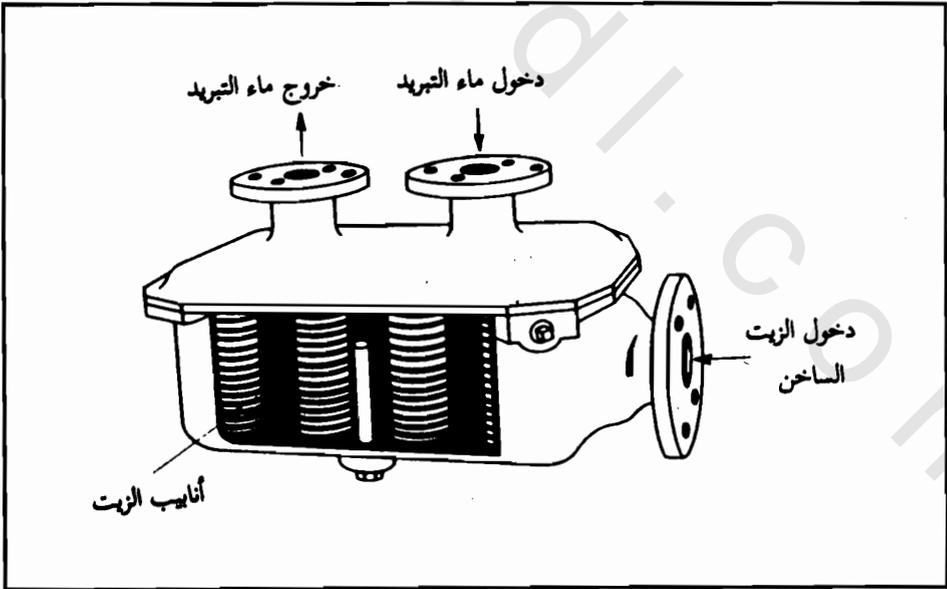
٢ - مبرد زيت مائى (مبادل حرارى تبريد ماء) .

وهناك نوعان من هذا المبرد وهما :

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

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

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

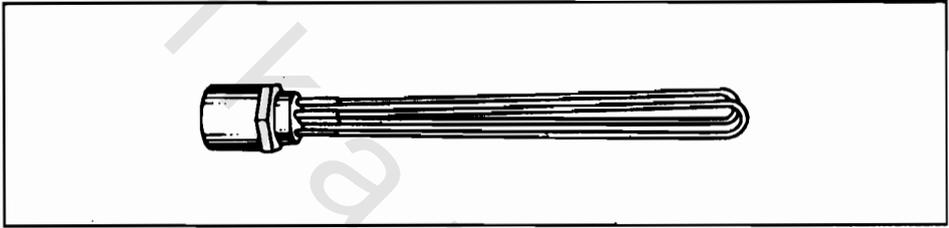


الشكل (١ - ١٩)

٢/٨/١ - سخانات الزيوت الهيدروليكية :

عادة تقوم السخانات برفع درجة حرارة الزيت في الأجواء الباردة ، وهي عبارة عن ملفات تسخين كهربية ، تغمر داخل خزانات الزيت وتصمم ملفات السخانات بحيث لا تؤدي إلى رفع درجة حرارة الطبقة الملاصقة لها في الخزان عن الحدود المسموح بها ، مما يؤدي إلى تحلل هذه الطبقة ، وتكون رواسب غير مرغوب فيها ، لذلك فإن ملفات التسخين للسخانات تصمم بقدرة تسخين تتراوح ما بين (0.5 : 2 Watt/Cm³) للسطح الملاصق له .

والشكل (١-٢٠) يوضح نموذجاً لأحد السخانات الكهربائية التي تغمر في الزيت .



الشكل (١ - ٢٠)

٩/١ - الخطوط الهيدروليكية وأدوات التوصيل

Hydraulic Lines and Fittings

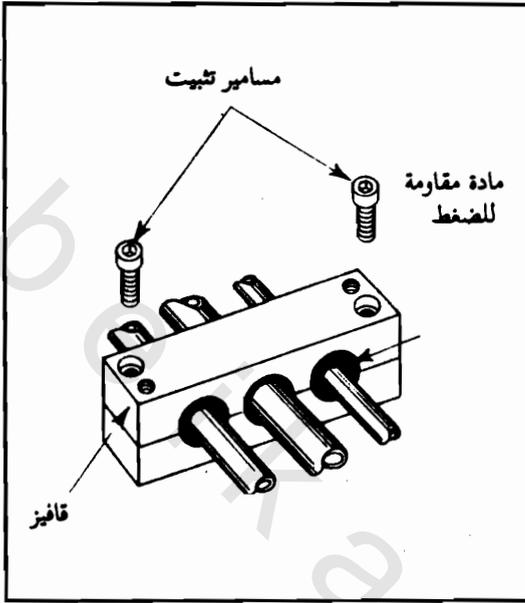
تعد الخطوط الهيدروليكية وأدوات التوصيل في غاية الأهمية للأنظمة الهيدروليكية ، وهناك عدة شروط يجب توافرها في الخطوط الهيدروليكية وأدوات التوصيل يمكن إيجازها فيما يلي :

١ - يجب أن تكون الخطوط قوية تتحمل ضغط الزيت العالي في الدائرة الهيدروليكية .

٢ - يجب وضع أدوات تجميع مثل لواكيز التجميع عند جميع الوصلات ، والأجزاء التي نحتاج لتغييرها في المستقبل .

٣ - يجب أن تكون ركائز الخطوط قادرة على إخماد الإهتزازات الناتجة عن قفزات الضغط التي تحدث عند حدوث تغير في اتجاه تدفق الزيت الهيدروليكي في

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



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

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

الشكل ١ - ٢١

١/٩/١ - الخطوط

الهيدروليكية Hydraulic Lines :

هناك ثلاثة أنواع من الخطوط الهيدروليكية وهي :

١ - المواسير الصلبة Rigid Pipes :

وهي 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 الداخلي لها بالبوصة

على سبيل المثال : 1/8 , 1/2 , 3/8 , 1/2 , 3/4 , 1 ,

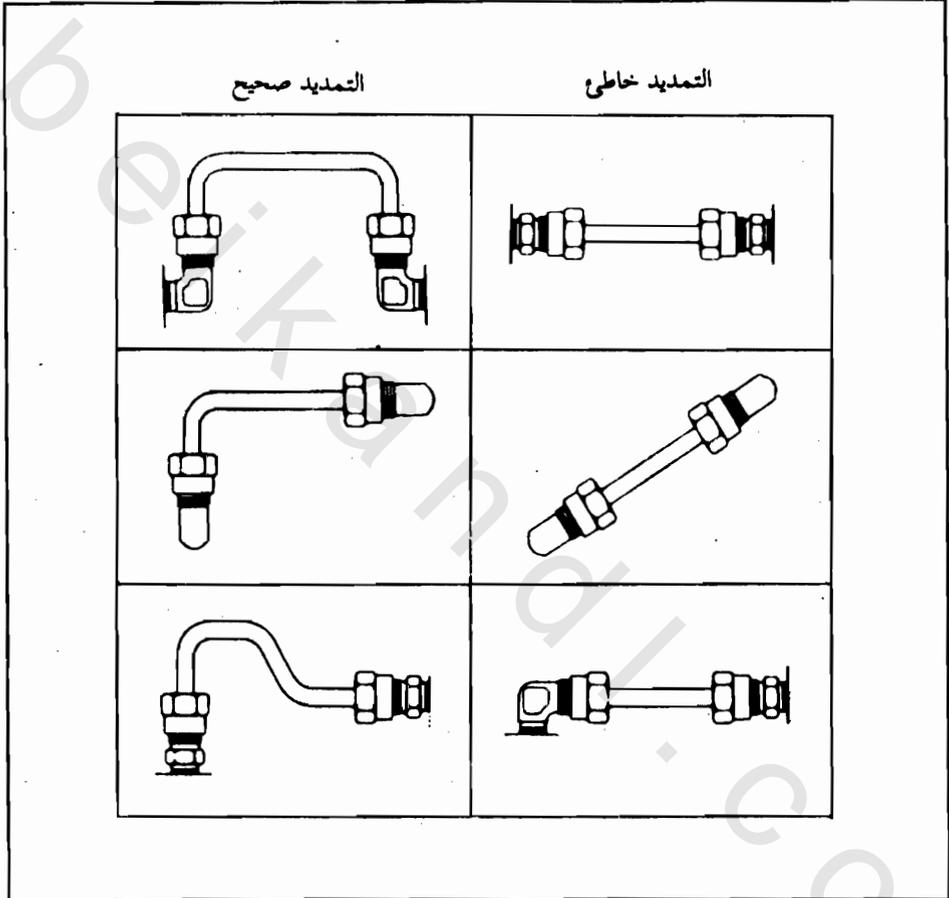
٢ - الأنابيب شبه الصلبة Semi Rigid Tubes :

وهي تصنع عادة من الصلب المخمر المسحوب على البارد ، وتختار هذه الأنابيب

بناء على عنصرين هامين وهما القطر الخارجي ، وسمك جدرانها .

وتحتاج هذه الأنابيب لعدد قليل من أدوات التوصيل ، وذلك لإمكانية عمل انحناءات بها ، والشكل (١ - 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 - ٢٢

٣ - الخرطوم المرنة Flexible Hoses :

وتستخدم عند الحاجة لمرونة على سبيل المثال وصلات الاسطوانات المتحركة ، وأيضاً في الأماكن التي تتعرض لاهتزازات شديدة ، لذلك تستخدم خرطوم مرنة

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

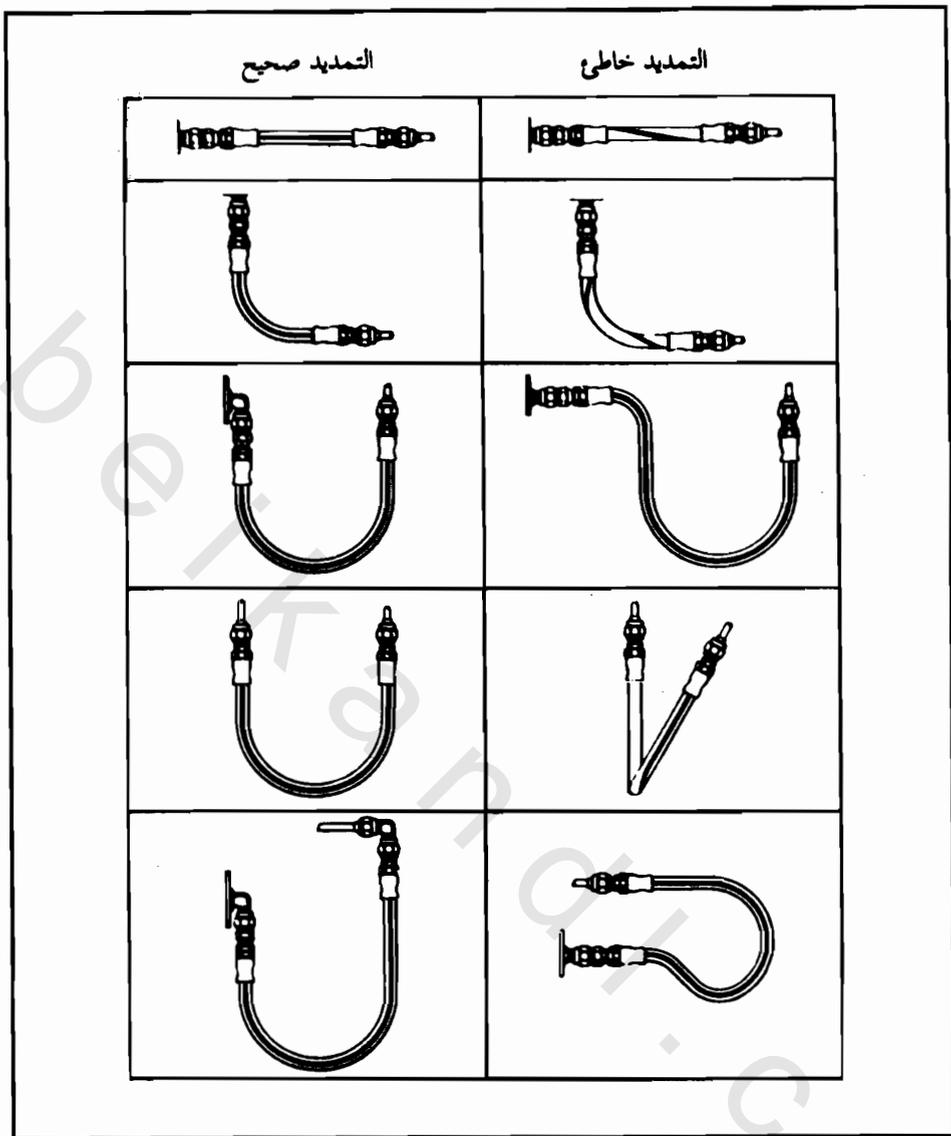


الشكل ١ - ٢٣

والشكل (١ - 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 ، والذي قد يصل إلى 5% من طولها ، ويراعى أن يكون الشكل مقبولاً مع سهولة فك الوصلات ، ويراعى أن يكون نصف قطر الانحناء لا يقل عن 5 مرات من القطر الخارجى لها .

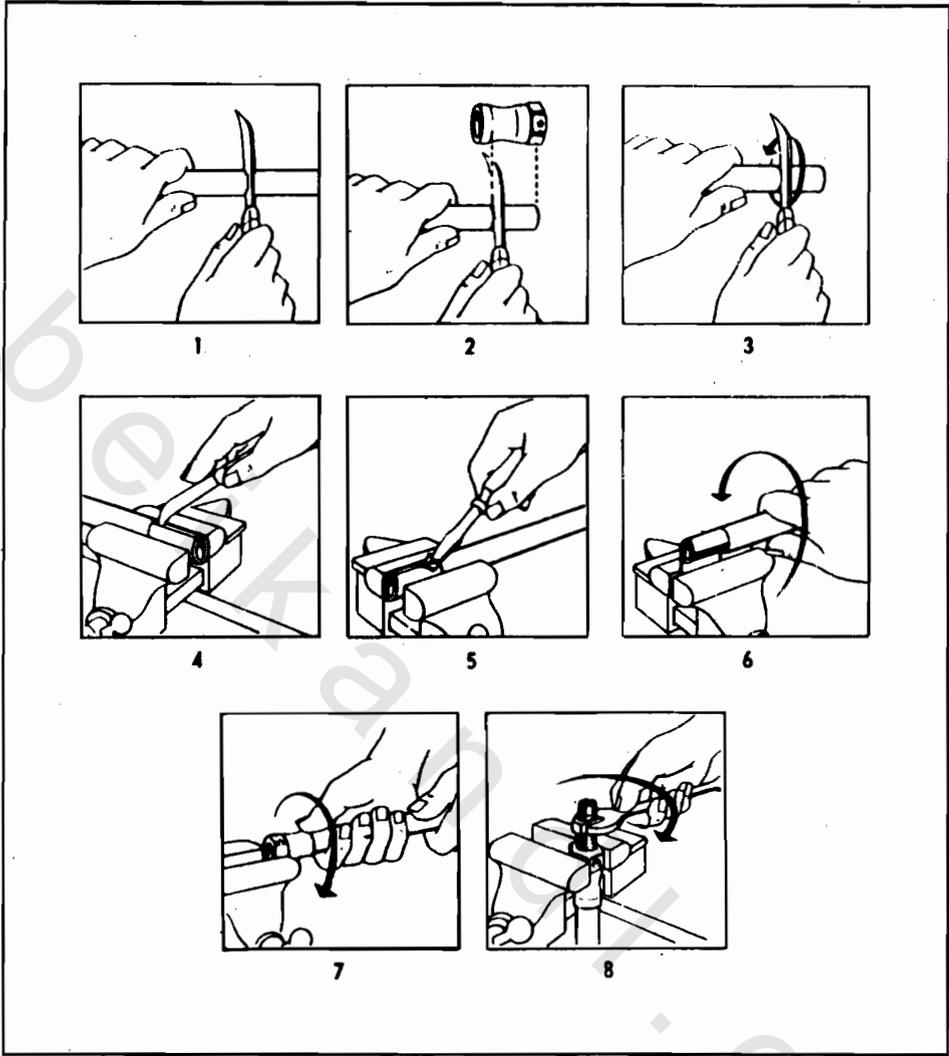
وتوجد الخراطيم المرنة فى صورتين كما يلى :

١ - خراطيم مرنة بمقاسات مختلفة مثبت فيها أدوات التوصيل .



الشكل ١ - ٢٤

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



الشكل (١ - ٢٥)

٢/٩/١ - أدوات التوصيل Fittings :

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

أولاً : أدوات التوصيل المقلوطة (المسننة) Threaded Connectors :

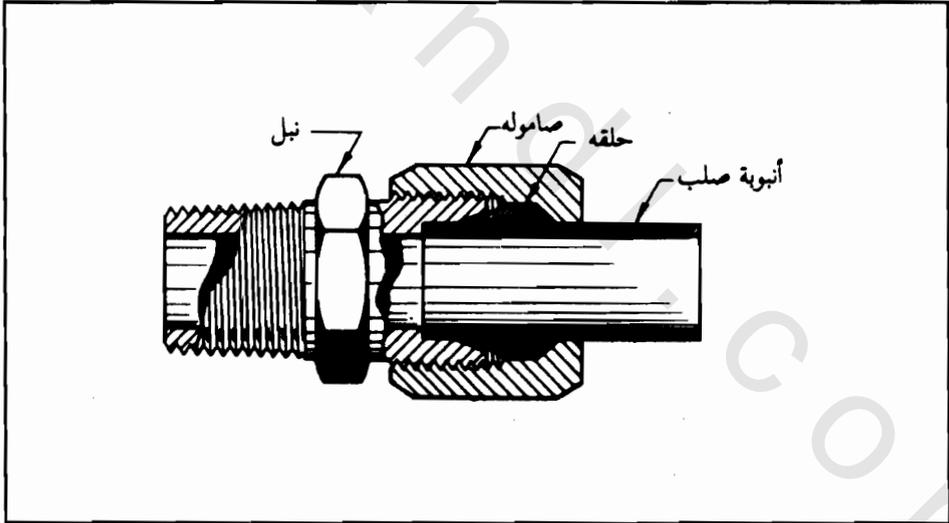
وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب ، وفي هذه الحالة تكون أدوات

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

ثانياً : أدوات التوصيل الانضغاطية Compression Conectors :

وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب الشبه صلبة .

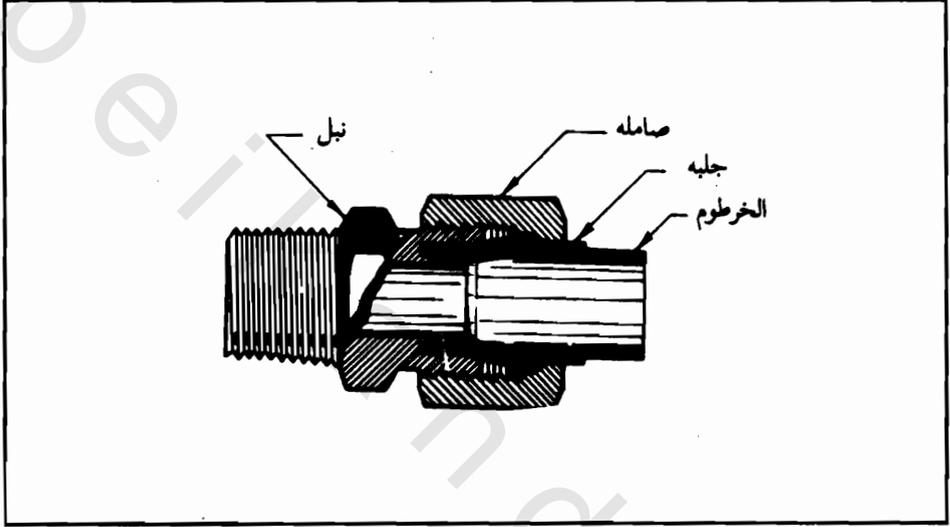
وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبيل وجلبة أو حلقة وصامولة ، حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة ، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوطة داخل الصامولة ، وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل ، فيضغط النبل على الحافة المشطوفة للجلبة (أو الحلقة) فتتسلخ الحافة الثانية للجلبة ؛ لتدخل في الفراغ المحصور بين التخويش الأسطواني للنبل ، والمحيط الخارجى للأنبوبة ، وتؤدي قوة ضغط الصامولة على شطف الجلبة إلى تثبيت الوصلة جيداً . والشكل (١ - ٢٦) يعرض قطاعاً في وصلة انضغاطية .



الشكل (١ - ٢٦)

ثالثاً : أدوات توصيل الخرطوم المرنة Flexible Hose Connectors :

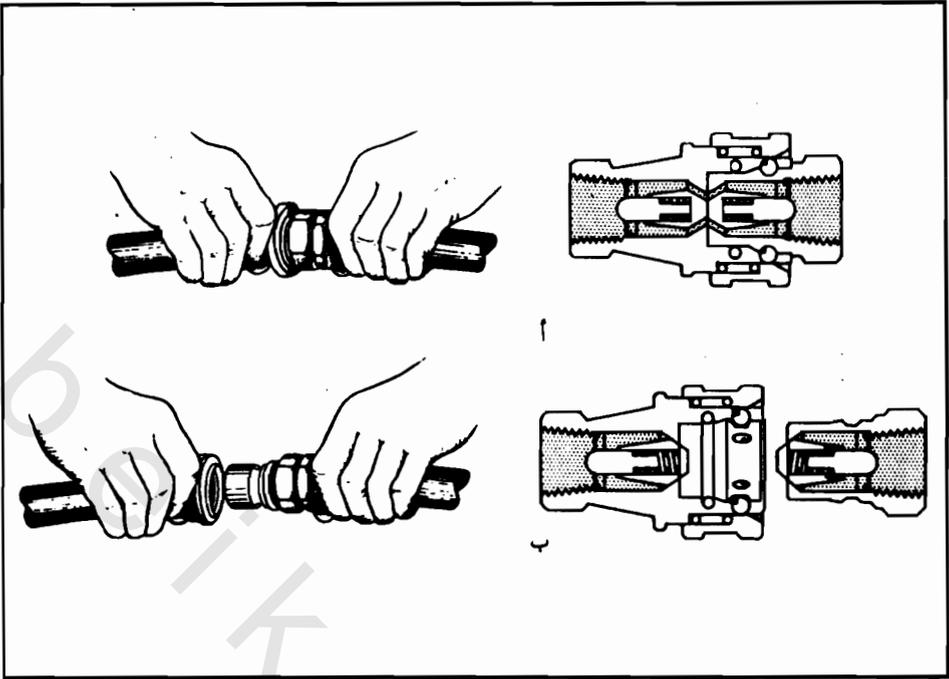
عادة فإن خرطوم الضغط الفائق Extra High Pressure تكون مزودة بوصلاتها من قبل الشركات المصنعة ، أما وصلات خرطوم الضغط المنخفض والمتوسط والعالي أحياناً ، فيمكن تثبيتها في الموقع ، وهذه الوصلات أشبه ما تكون بالوصلات الانضغاطية المستخدمة في الأنابيب شبه الصلبة . والشكل (١ - ٢٧) يعرض وصلة انضغاطية للخرطوم المرنة .



الشكل (١ - ٢٧)

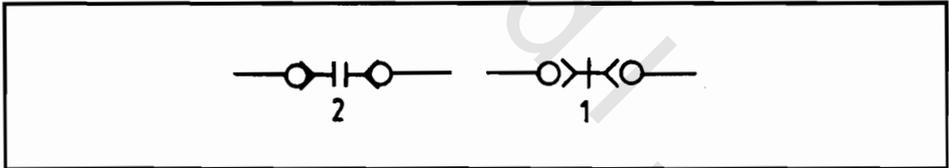
رابعاً : الوصلات السريعة Quick - Disconnect Couplings :

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



الشكل (١ - ٢٨)

وفيما يلي رموز الوصلات السريعة :
فالرمز ١ لوصلة سريعة مفكوكة ، والرمز 2 لوصلة سريعة مجمعة

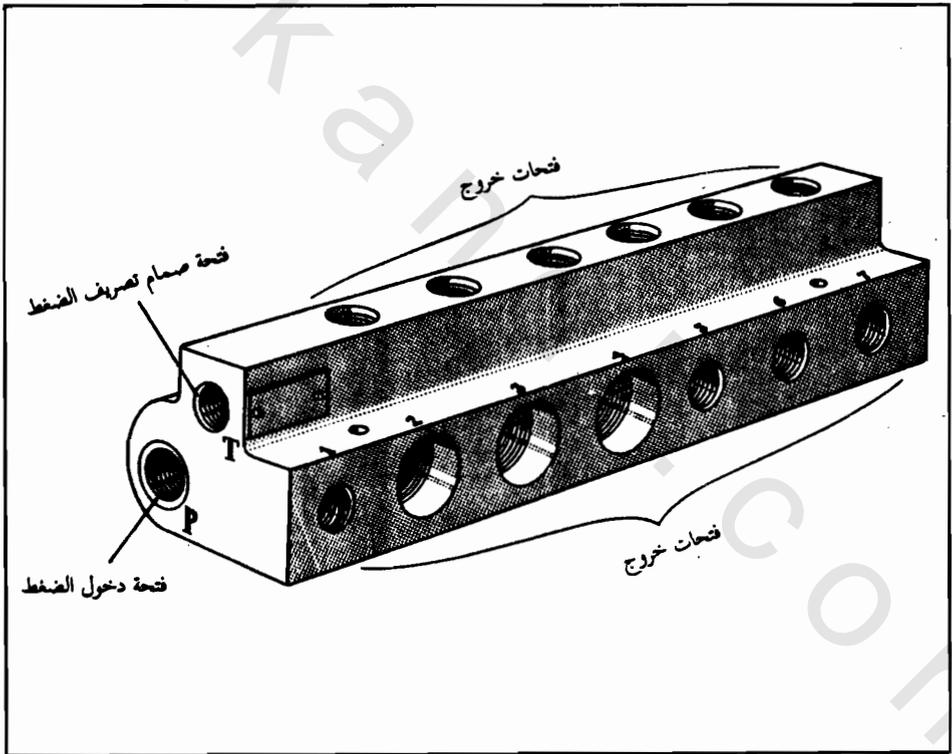


خامساً: الموزعات Manifolds :

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

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

وفي الشكل (١ - ٢٩) نموذج لموزع بسيط ، ويحتوى هذا الموزع على مدخل واحد للضغط P ومجموعة مخارج ضغط وهي 1,2,...,7 ويمكن إلغاء أى مخرج بواسطة استخدام طبة مقلوطة ويستخدم هذا الموزع مع الأنظمة والتي 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 - ٢٩)