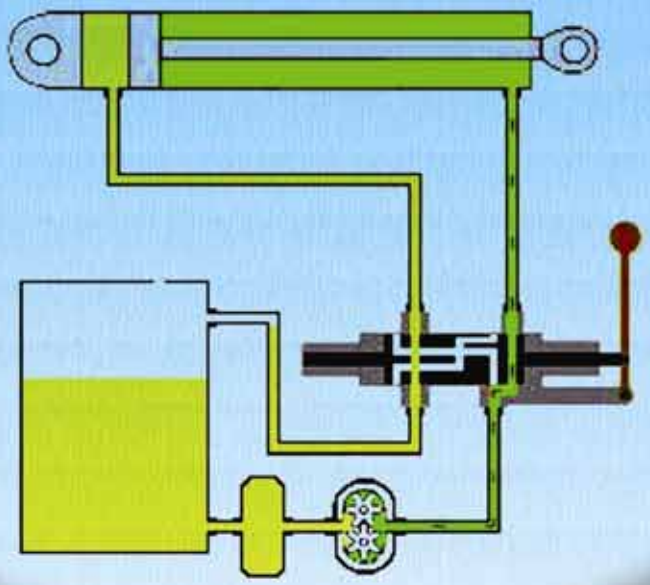
الجمهورية اليمنية
وزارة التعليم الفني والتدريب المهني
قطاع المناهج والتعليم المستمر
الإدارة العامة للمناهج والوسائل التعليمية

أساسيات الهيدروليك

للمعاهد التقنية الصناعية
تخصص صيانة سيارات
السنة الأولى



جميع الحقوق محفوظة لوزارة التعليم الفني والتدريب المهني
الطبعة الاولى - 1432هـ / 2011م

الجمهورية اليمنية
وزارة التعليم الفني والتدريب المهني
قطاع المناهج والتعليم المستمر
الإدارة العامة للمناهج والوسائل التعليمية

أساسيات الهيدروليك

للمعاهد التقنية الصناعية
تخصص صيانة سيارات
السنة الأولى

إعداد

د/ عبد السلام ناجي إسماعيل المخلافي
م/ شكري داغم عبد الوارث العبسي
م/ فتحي أحمد عوض بكير

مراجعة

م/ عبد العزيز محمد الريدي منهجياً
م/ فاروق ردمان علي فنياً
م/ حسين إسماعيل الدبعي فنياً
أ/ فهمي محمود الخامري لغوياً

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التعليم الفني والتدريب المهني
الطبعة الأولى - 1432هـ / 2011م

أعضاء لجنة ضبط الجودة

د/ عبد القادر محمد العلبي	وكيل الوزارة لقطاع المناهج والتعليم المستمر
م/ عبد السلام محمد الزبيدي	الوكيل المساعد لقطاع المناهج والتعليم المستمر
م/ علي حمود طاهر	مدير عام المناهج والوسائل التعليمية
م/ محمد محمد الهندي	مراجعاً منهجياً
م/ محمد سعيد شلبي	مراجعاً فنياً
أ/ أبو بكر محمد المقبلي	مراجعاً لغوياً

أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ.د/ إبراهيم عمر حجري	وزير التعليم الفني والتدريب المهني
م/ علوي محمد بافقيه	نائب وزير التعليم الفني والتدريب المهني
د/ عبد القادر محمد العلبي	وكيل الوزارة لقطاع المناهج والتعليم المستمر
د/ ابتهاج عبد القادر الكمال	وكيل الوزارة لقطاع المعايير والجودة
أ/ لمياء يحيى الإرياني	وكيل الوزارة لقطاع تعليم وتدريب الفتاة
م/ هادي أبو لحوم	وكيل الوزارة لقطاع سوق العمل
م/ محمد عوض بن ربيعة	وكيل الوزارة لقطاع التخطيط والمشاريع
م/ عبدالسلام محمد الزبيدي	الوكيل المساعد لقطاع المناهج والتعليم المستمر
م/ علي علي زهرة	الوكيل المساعد لقطاع سوق العمل
أ.د/ سيلان العبيدي	الأمين العام للمجلس الأعلى لتخطيط التعليم
أ/ وليد محمد العمري	مدير عام الشئون المالية
أ/ عبد الوهاب ثابت	نائب رئيس مجلس إدارة جمعية الصناعيين اليمنيين
م/ علي حمود طاهر	مدير عام المناهج والوسائل التعليمية
م/ لبيب عمر حجري	مدير عام مكتب الوزير

تنسيق وإخراج: محمود الشميري

المحتويات

الموضـــوع	الصفحة
تقديم	7
مقدمة	9
الوحدة الأولى: أسس الأنظمة الهيدروليكية	11
1-1 الهيدروليك والقوى الهيدروليكية وانتقالها	13
1-1-1 تعريف علم الهيدروليك	14
2-1-1 الضغط والقوة	14
- الضغط	14
- القوة	15
- حساب ضغط السوائل الناتج عن وزنها	16
- تأثير الضغط الجوي في السوائل	17
- العلاقة بين القوة والضغط والمساحة	19
3-1-1 قانون باسكال	20
4-1-1 الانسياب (التدفق)	21
- السرعة	21
- معدل التدفق (الانسياب)	21
- التدفق الانسيابي والمضطرب	22
5-1-1 الطاقة و الشغل والقدرة	22
- الطاقة	22
- الشغل	23
- القدرة (الاستطاعة)	24
6-1-1 تأثير الاحتكاك على الضغط ومنسوب السائل	25
7-1-1 العلاقة بين السرعة والضغط	25
▪ تقويم الوحدة	27

الموضـــوع	الصفحة
الوحدة الثانية: مكونات الأنظمة الهيدروليكية	29
1-2 مكونات نظام التشغيل الهيدروليكي	31
1-1-2 الخـــزان	32
2-1-2 المرشح (الفلتر)	35
2-2 الوحدة العاملة (الأسطوانات الهيدروليكية)	40
1-2-2 الأنـــواع	40
2-2-2 طريقة عمل الأسطوانة الهيدروليكية	43
3-2-2 التصميم	46
4-2-2 وسادة تخميد نهاية شوط المكبس	48
5-2-2 الوظائف والاستخدامات للأسطوانات الهيدروليكية	49
6-2-2 مانعات التسرب (اللمد)	50
3-2 المحركات (المؤازرات الدورانية)	51
4-2 الصمامات	52
1-4-2 صمامات التحكم بالاتجاه	52
2-4-2 صمامات الضغط	54
3-4-2 صمامات التحكم بالتدفق	56
4-4-2 صمامات عدم الرجوع	58
5-4-2 صمّامات تصريف الفائض	59
5-2 نقل القدرة وتكييف وسط الضغط	60
6-2 ارتباط العناصر	60
7-2 الملحقات الخاصة بالنظام الهيدروليكي	61
1-7-2 القـــارنة	61
2-7-2 المـــبردات	61
3-7-2 السخانات	63
4-7-2 المراكم الهيدروليكية	64
5-7-2 الأنابيب والخراطيم والوصلات	65
6-7-2 أنواع مقاييس (أجهزة قياس) الضغط	76
8-2 احتياطات الأمان	80
▪ تقويم الوحدة	83

الموضـــوع	الصفحة
الوحدة الثالثة: المضخات الهيدروليكية	85
3-1 المضخة الهيدروليكية	87
3-2 تصنيف المضخات	89
3-3 الإزاحة في المضخات الهيدروليكية	89
3-3-1 المضخات ثابتة الإزاحة	89
3-3-2 المضخات متغيرة الإزاحة	90
3-4 تصميمات مختلفة من المضخات	90
3-4-1 مضخة الطرد المركزي	91
3-4-2 المضخة الترددية	92
3-4-3 المضخة الدورانية	92
3-4-4 المضخة الترسية	93
3-4-5 المضخات ذات المراوح	97
3-4-6 المضخات المكبسية	99
3-5 تشغيل المضخات	108
3-6 أعطال المضخات	111
3-7 مشاكل التشغيل وكيفية تلافيها	111
▪ تقويم الوحدة	112
الوحدة الرابعة: الزيوت الهيدروليكية وأنواعها	113
4-1 وظيفة السوائل الهيدروليكية وأنواعها	115
4-2 متطلبات موائع نقل القدرة	116
4-3 تطبيقات الموائع الهيدروليكية	118
4-4 خواص الزيوت الهيدروليكية	118
4-5 اللزوجة في الزيوت الهيدروليكية	120
4-6 درجات الحرارة ومجالات اللزوجة لبعض المكونات الهيدروليكية	122
4-7 اختبار الزيوت الهيدروليكية	123
4-8 تخزين ومناولة الزيوت الهيدروليكية	123
4-9 ترشيح الزيوت الهيدروليكية	124
▪ تقويم الوحدة	126
قائمة المصطلحات	127
قائمة المراجع والمصادر	130

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم :

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات والصلاة والسلام على رسول الإنسانية ومعلمها وهاديها إلى صراط السواء.. وبعد:

يتعاظم الدور المناط بوزارة التعليم الفني والتدريب المهني نحو تنمية وتطوير العنصر البشري اليمني، الذي يعتبر حجر الأساس في البناء والتنمية والتطوير لمجتمعنا ولدولتنا الحبيبة التي لا تألوا جهداً في سبيل تسخير الإمكانيات لتوفير متطلبات هذا المشروع الحضاري، الذي من شأنه أن يجعل الإنسان متسلحاً بالعلم والخبرة ليكون عنصراً فاعلاً في المجتمع، يقود مجتمعه في كافة مسالك الحياة عن وعي وبصيرة وثقة بالنفس تجعل منه نبراساً يقتدى به.

وانطلاقاً من هذا الدور الكبير فإن الوزارة تضع نصب عينيها الأهمية التي تنطوي عليها عملية التحديث والتطوير المستمرين لمناهجها الدراسية – التي تمثل الأساس في تنمية العنصر البشري – لتكون مواكبة للمستجدات والمتغيرات في كافة المجالات، خاصة وأن العالم يتطور بشكل متسارع بسبب ما يمتلكه من وسائل وتقنيات تكنولوجية حديثة ومتطورة بصورة يصبح من الصعوبة بمكان التوقف عن هذا التطور ولو للحظة واحدة، لذا فإن الغاية التي تسعى إليها الوزارة من وراء هذا التحديث هي بناء وتكامل شخصية الطالب بصورة متوازنة قادرة على الإسهام في البناء والتطوير في مختلف مجالات التنمية ليس بإكساب الطالب المعارف النظرية والمهارات الأدائية فحسب، بل وبتشكل اتجاهاته بصورة إيجابية نحو العلم والعمل والثقافة والمجتمع والبيئة والعالم من حوله، وذلك تجسيداً لما تؤكده التوجهات التربوية العالمية المعاصرة ويفرضه نهج التحديث والتطوير الشامل الذي تسير عليه بلادنا وحكومتنا، وفي إطاره تأتي عملية تطوير المناهج الدراسية للمستوى التقني الصناعي.

وإذا كان الكتاب الدراسي يمثل مصدراً هاماً من مصادر التعليم والتعلم فإن هذا الكتاب الذي نصدره ضمن سلسلة كتب المواد الدراسية التخصصية يجسد هذه الحقيقة، وهو حصيلة جهود كبيرة بذلها عدد كبير من الاختصاصيين والباحثين وأصحاب الخبرة في هذا المجال إضافة إلى الجانب التربوي والمسلكي، وسيكون من شأنه الإسهام بنجاح في بناء شخصية الطالب في المستوى التقني الصناعي.

وإذ أقدم هذا الكتاب لأبنائي وبناتي طلاب وطالبات تخصص صيانة سيارات بالمعاهد التقنية لا يسعني إلا أن أدعو الله لهم بالتوفيق في الاستفادة من خلاصة الجهود المبذولة فيه، كما لا يفوتني هنا أن أقدم الشكر الجزيل لكل من ساهم في إعداده وإخراجه.

والله ولي الهداية والتوفيق،،،

أ.د/ إبراهيم عمر حجري

وزير التعليم الفني والمهني

بسم الله الرحمن الرحيم

مُقدّمة:

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله وآله وصحابته أجمعين.. وبعد:

يسرنا أن نقدم كتاب أساسيات الهيدروليك لأبنائنا الطلاب في السنة الأولى تخصص صيانة سيارات في المعاهد التقنية الصناعية الذي يأتي ضمن سلسلة كتب المناهج الدراسية التخصصية التي تقوم الوزارة بتطويرها وتحديثها ترجمة للاتجاهات الرئيسية للاستراتيجية الوطنية لتطوير وتحديث التعليم الفني والمهني.

أساسيات الأنظمة الهيدروليكية هو من الكتب الهامة لتشغيل أنظمة الهيدروليك المستخدمة في الصناعة، وتستخدم في الرافعات الهيدروليكية والحفارات، وتستخدم أيضاً في أنظمة التحكم الصناعي، وفي الفرامل الهيدروليكية في السيارات.

إن كتاب أساسيات الأنظمة الهيدروليكية هذا يستهدف تزويد الطلاب بالمعارف النظرية لأساسيات الأنظمة الهيدروليكية. لذلك قسمنا محتويات الكتاب إلى الوحدات التالية:

- الوحدة الأولى: أسس الأنظمة الهيدروليكية.
- الوحدة الثانية: مكونات الأنظمة الهيدروليكية.
- الوحدة الثالثة: المضخات الهيدروليكية.
- الوحدة الرابعة: الزيوت الهيدروليكية وأنواعها.

ولقد حرصنا عند إعدادنا هذا الكتاب على توضيح القوانين والقوى المؤثرة في هذه الأنظمة وكذلك أنواع الصمامات والمحركات والمضخات والزيوت المؤثرة في هذه الأنظمة .

وأخيراً فإننا نتقدم بالشكر لكل من أسهم في إخراج هذا الكتاب، وإيصاله إلى أيدي أبنائنا وزملائنا الأعزاء.

وفقنا الله لخدمة وطننا الغالي وأبنائنا المتدربين.

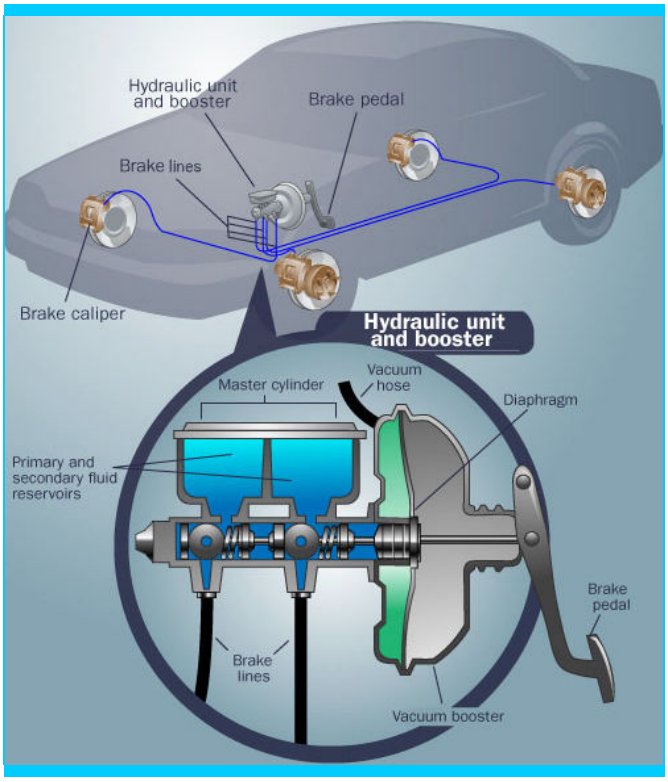
والله من وراء القصد ،،،

المعدون

الوحـــدة

1

أسس الأنظمة الهيدروليكية



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف مفهوم الهيدروليكا.

2- يتعرف القوى الهيدروليكية وانتقالها.

3- يتعرف وظيفة النظام الهيدروليكي ومجالات استخدامه.

1.1 الهيدروليك والقوى الهيدروليكية وانتقالها:

تُستخدم الأنظمة الهيدروليكية في كثير من الآليات الميكانيكية ومن ضمنها المركبات. ويستخدم السائل كوسيط لنقل الحركة أو القوة من مكان إلى آخر أو إلى عدة أجزاء في الآليات كما في شكل (1-1). في السيارات مثلاً تستخدم هذه الأنظمة في الفرامل الهيدروليكية والإدارة والتروس الآلية التعشيق (الكلاتش). فعندما يتعرض السائل الموجود في الإناء إلى قوة في مكان أو طرف معين من السائل فإن هذه القوة يكون لها تأثير خلال فترة تواجد السائل في الإناء. وهناك ظروف وعوامل تتدخل في هذا التأثير. لذلك فإنه لابد لنا من التعرف على هذه العوامل والمتغيرات التي تؤثر على هذه الأنظمة. وفي هذه الوحدة سنتناول الإجابة عن الأسئلة الآتية:

أ- ما هو علم الهيدروليك؟

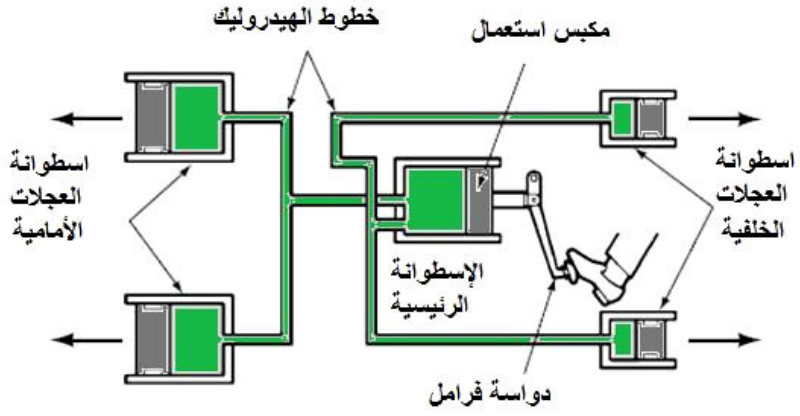
ب- ما هو الضغط وما هي القوة وما علاقتهما بالمساحة التي تتعرض للضغط؟

ج- ما مصادر تولد الضغط في السوائل؟

د- ما الانسياب وما السرعة وما أنواع الانسياب؟

ه- ما تأثير الاحتكاك في انسياب السوائل وعوامل وجود الاحتكاك في السوائل؟

و- ما القدرة وما الشغل وما الطاقة في السوائل وفواقدها؟



شكل (1-1)

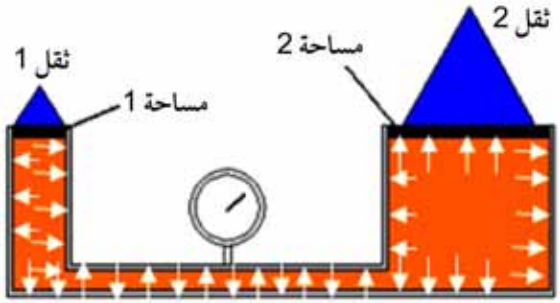
نظام الهيدروليك في السيارات

1.1.1 تعريف علم الهيدروليك:

علم الهيدروليك: هو العلم الذي يهتم بالقوى والحركة ونقلها من خلال وسط معين (سائل)، ويتم ذلك من خلال نظام هيدروليكي مغلق حيث يتم نقل الحركة أو القوة ببذل قوة دفع معينة على السائل في طرف معين وتنقل هذه القوة إلى طرف آخر أو عدة أطراف، كما في الشكل المبين في الرسم (1-2) والذي يوضح جهاز هيدروليكي بسيط. ونقل القوة أو الطاقة يتم بسبب الضغط الذي يتعرض له السائل. لذلك فإن طالب علم الهيدروليك أو من يهتم بالأنظمة الهيدروليكية ينبغي أن يكون على معرفة بالخواص الأساسية للسوائل والوسط الذي يمر به السائل وتأثير الظروف المختلفة لهذه العملية. حيث يتعرض السائل إلى عملية ضغط بين القوة المبذولة والإناء الذي يحويه. وفي هذا الباب سيتم تناول خواص السوائل وانفعالاتها عند ظروف مختلفة ومن أهم هذه العوامل القوة والضغط والمساحة والقدرة....وغيرها.

2.1.1 الضغط والقوة: (Pressure and Force)

الضغط والقوة من أهم العوامل (المتغيرات) في الأنظمة الهيدروليكية، وتصمم الأنظمة الهيدروليكية على أساس نقل القوة من مكان إلى آخر.



شكل (1-2)

نظام هيدروليكي بسيط

- **الضغط: (pressure)**

هو القوة المبذولة على وحدة المساحة (قوة لكل وحدة مساحة). ويعبر عنها بالوحدات التالية:

أ- Pounds per square inch (psi) (رطل لكل بوصة مربعة).

ب- Newton per square meter Pascal (pa) (نيوتن لكل متر مربع "باسكال") وهو المعتمد دولياً.

ج- Bar (بار).

عـندما يتعـرض السائل إلى عملية حصر (حشر) في إناء بفعل قوة خارجية فإن الضغط الذي يبذله السائل على سطح الإناء يكون متساوياً في كل الاتجاهات.

ولفهـم الـضغط بـشكل اعمـق نأخذ مثال على ذلك: الهواء الذي يملأ عجلة السيارة. ماذا يحدث عندما يملأ الإطار بالهواء أكثر مما ينبغي؟

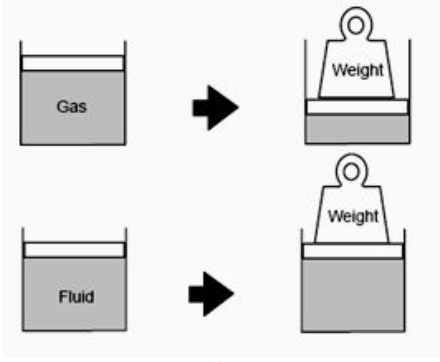
عـندما تملأ العجلة بالهواء أكثر مما تتحمل، فإن الهواء يقاوم انحشاره داخل الإطار عن طريق دفع غطاء الإطار إلى الخـارج. فالدفـع إلى خـارج الإطـار يعـبر عـنه بالـضغط، وهـذا الـضغط له قيمة متساوية خلال المساحة المحـصورة في كـل أنحـاء العجلـة. وتعتـبر هـذه خاصـية من خواص الغازات المضغوطة، إذاً فعجلة السيارة الممتلـئة بالهـواء لها قوة دفع منتظم إلى الخارج في كل أنحاء العجلة. وإذا لم تكن هذه القوة متساوية فإن العجلة سيكون لها شكل غير طبيعي بسبب خاصية الإطار المطاطية.

- **القوة: (Force)**

تعرف القوة عمودياً بأنها مقدار جذب الأرض للجسم، وتقاس بوحدة النيوتن.

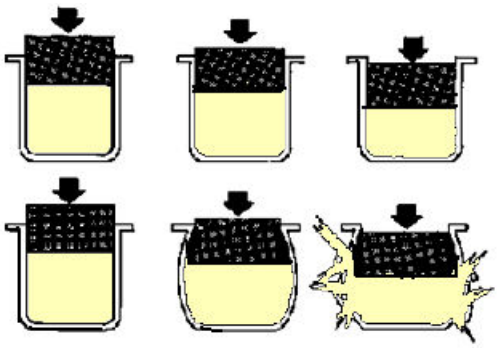
وهـي الوسـيلة أو العملية (الشد أو الدفع) التي تبذل على كتلة أو على شيء ما فتتسبب في حركته أو تغير تلك الحركة ويعبر عنها بوحدة النيوتن.

هـناك فـرق أسـاسي بـين الـسوائل والغازات. فالسوائل لها خاصية انضغاط صغيرة جداً عما هي في الغازات. شـكل (1-3) يبـين قابلية الغاز والسائل للضغط فعندما تبذل قوة دفع على سائل محصور في إناء، فإن الضغط في الـسائل يـتكون في الإناء بشكل متساوي في كل أنحاء الإناء. فعندما يعرض السائل أو الغاز إلى قوة أو ثقل متـساوي كـما في شـكل (1-3 A) فإن القوة في الغاز تتحرك مسافة أكثر مما تتحركه في السائل وهذا دليل على قابلية الغاز للانضغاط. وبفضل خاصية (سلوك) السائل الذي يتشكل بشكل الإناء الذي يحتويه، فإن الضغط سـينتقل إلى كـل أجـزاء الإناء أو الجهاز سواء كانت أنابيب أو زوايا أو إلى الأعلى والأسفل. وعند زيادة القوة عـلى الـسائل والتي تتحول إلى ضغط على جوانب السائل، وعندما تكون مقاومة الإناء أقل من تلك القوة فإن الإنـاء سـوف ينفجـر كـما في شكل (1-3 B). ويستخدم السائل في الأنظمة الهيدروليكية كوسيط لنقل القوة بـسبب صـفة (عدم الانضغاط) مما يجعل رد فعل القوة المبذولة في طرف مباشرة في أي طرف آخر مادام النظام الهيدروليكي ملئ بالسائل.



(A)

الغازات قابلة للضغط



السوائل غير قابلة للضغط

(B)

شكل (1-3)

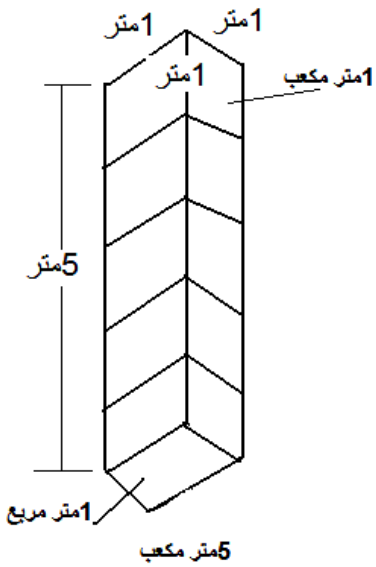
الانضغاطية

يتولد الضغط نتيجة حشر أو دفع السائل (أو رفع درجة حرارته) المحصور في إناء أو نظام يحوي ذلك السائل وكان هناك عائق لعملية انسياب (هروب) السائل المحصور في الإناء. وهناك طريقتان لعملية دفع السائل وذلك إما بواسطة المضخات الميكانيكية أو وزن السائل. ومثال الضغط الحاصل نتيجة وزن السائل الضغط المتواجد في اعماق المحيطات. حيث إن وزن الماء يولد ضغطاً يتناسب طردياً (زيادة أو انخفاض) مع العمق. أي أنه كلما زاد عمق (ارتفاع) السائل زاد الضغط على قاعه.

- **حساب ضغط السوائل الناتج عن وزنها:**

يمكن حساب ضغط السائل عند أي عمق بواسطة معرفة الوزن النوعي للسائل ووزن السائل لكل متر مكعب (أو بوصة مكعبة) تسمى (كثافة السائل). الشكل (1-4) يوضح عمود (أنبوب مكعب) بمساحة واحد متر مربع وارتفاع 5 أمتار (حجم 5 متر مكعب) ملئ بالماء.

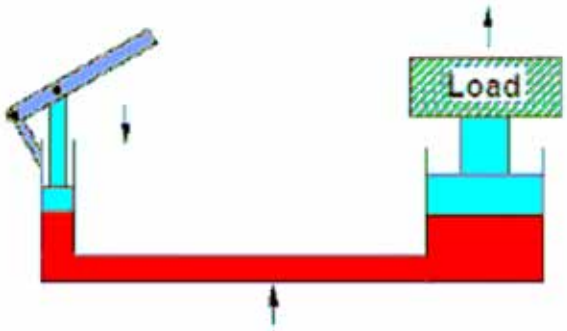
من المعروف أن واحد متر مكعب من الماء يزن 1000 كجم عند الشروط القياسية (عند مستوى سطح البحر (درجة حرارة 4C° +). الوزن الكلي للماء في هذا العمود هو 5000 كجم. الوزن عند قاع العمود (الأنبوب) يغطي مساحة قدرها 1متر مربع. ويمكن تحويل ذلك بوحدة القوة نيوتن (9.81x5000) فتصبح القوة التي يتعرض لها قاع الإناء هو 49050 نيوتن.



شكل (1-4)

عمود ماء

ويكـون الـضغط عـند قـاع الأنـبوب هـو $49050N/m^2$ أو 49.050Kpa. أي أنـه يلـزم ضـغطاً مقـداره 49.050Kpa في سـائل باسـتخدام عمليـة الـضخ كـما هـو مبين في الرسم (1-5). ويعبر ارتفاع السائل عن مقـدار الـضغط في ذلـك السائل، أو الفرق في مستوى المسافة العمودية بين مستويين في سائل. فكل حجم متر مكعـب مـن المـاء يـساوي 9.81Kpa. ويمكـن تحديد ضغط مساوي لهذا الضغط باستخدام المضخة اليدوية كما في شكل (1-5).



1 bar = 14.5 psi
1 bar = 100000 Pa
1bar=100Kpa.
1Pa = 1 N/m^2

شكل (1-5)

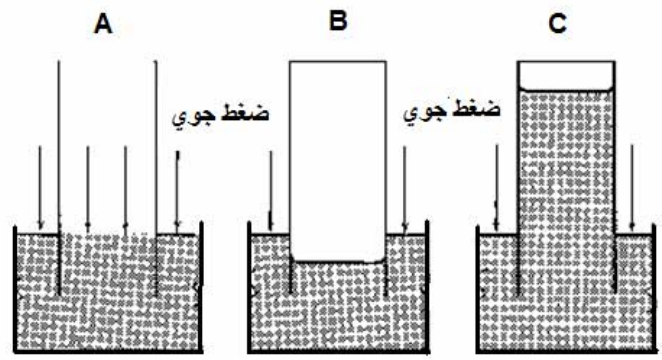
القوة الهيدروليكية

- **تأثير الضغط الجوي في السوائل:**

الأرض تحتوي على غلاف غازي (هواء) بارتفاع 80400متر (80كم) إلى أعلى من مستوى سطح البحر. هذا الهواء يولد ضغطاً عند مستوى سطح الأرض يسمى الضغط الجوي. فعند مستوى سطح البحر وبمساحة واحـد مـتر مـربع فـإن عمود الهواء بارتفاع الغلاف الجوي يزن 10331كجم. أي أن الضغط الجوي يساوي $1.0135X10^5$ Pa أو 101.35KPa. ($14.7Pounds/in^2$).

يخـتلف مقـدار الـضغط الجوي في أماكن مختلفة من سطح الأرض بحسب مقدار ارتفاع هذا المكان عن سطح البحـر. فكلما ارتفعنا عن سطح البحر كلما صغر عمود الغلاف الغازي وهذا يعني أن الضغط الجوي يقل كلما ارتفعـنا عـن سـطح الأرض، وهذا يؤثر على استطاعات الأنظمة الميكانيكية، ودور الضغط الجوي في الأنظمة الهيدروليكـية ذو أهمية كبيرة. ويمكن ملاحظة تأثير الضغط الجوي من خلال التجربة في شكل (1-6) والتي تبين العلاقة بين الضغط الجوي في ثلاث حالات كالتالي:

أ- في الحالة A أنبوب مفتوح الطرفين. عندما توضع في حوض ماء، فإن الماء يرتفع في داخل الأنبوب وخارج الأنبوب في مستوى واحد بالنسبة لكمية الماء المزاح بفعل انغماس جدار الأنبوب. وفي هذه الحالة يكون الضغط الجوي متساوياً خارج الأنبوب وداخله.



شكل (1-6)

علاقة الهيدروليك بالضغط الجوي

ب- في الحالة B الأنبوب مفتوح من جهة واحدة وعندما توضع من الجهة المفتوحة في حوض ماء بشكل عمودي، فإن الماء لن يرتفع في الفراغ الموجود في الأنبوب، لأن الضغط الجوي خارج الأنبوب (101.35KPa) ليس كافياً لأن يجبر الماء داخل الأنبوب من الارتفاع إلى أعلى ضد ضغط الهواء المحبوس داخل الأنبوب والذي هو أكبر من الضغط الجوي.

ج- الحالة C. في الرسم أنبوب مفتوح من جهة واحدة وضعت في الماء من الجهة المفتوحة والجهة العلوية للأنبوب مغلقة وقد تم تفريغ بعض الهواء من داخل الأنبوب (بوضع الأنبوب بشكل مائل ثم تعديله إلى الوضع العمودي) مما يجعل السائل يرتفع داخل الأنبوب. ويصبح الضغط داخل الأنبوب أقل من الضغط الجوي. لذلك فإن السائل داخل الأنبوب لا يمكن أن ينتقل إلى الحوض، لأن الضغط في الأنبوب أقل من الضغط الجوي خارج الأنبوب. مما يجعل الضغط الجوي الضاغط على سطح الحوض يحافظ على ارتفاع الماء داخل الأنبوب. قد يكون الفراغ داخل الأنبوب مكتملاً في حالة إذا أزيل كل الضغط داخل الأنبوب، وهذا لن يحدث لأن السائل خارج الأنبوب يتعرض إلى ضغط جوي مكتمل، حيث يجبر السائل بقوة إلى الارتفاع إلى أعلى في الأنبوب حتى يوازن الفراغ داخل الأنبوب. المسافة التي يرتفعها السائل داخل الأنبوب تعتمد على الفارق في ضغط الهواء في السائل المحصور داخل الأنبوب والضغط الجوي خارج الأنبوب.

- **العلاقة بين القوة والضغط والمساحة:**

الـضغط المـبذول عـلى الأسطح المختلفة في إناء من خلال السائل الذي يحتويه يعتبر القوة المبذولة موزعة على مساحة ذلك السطح، كما سبق في تعريف الضغط. ويقل الضغط كلما وزعت تلك القوة على مساحة أكبر. والـشكل (1-7) يبـين منطقتـي كبس بمساحة مقاطع مختلفة ($A_1>A_2$) وكان الوسط المحصور بينهما سائلاً؛ فـإن القـوة المـبذولة عـلى المكبس الأول توزع على مساحة السطح (A_1). قيمة هذا الضغط يتعرض له مساحة الـسطح الصغير(A_2). وهذا يعني أن الضغط المسلط على مساحة كبيرة أصبح الآن مسلطاً على مساحة صغيرة أي أن القـوة المـسلطة عـلى الـسطح الـصغير أصـبحت أقـل من تلك القوة المسلطة على السطح الكبير. وتمثل العلاقة بين هذه المتغيرات الثلاثة بالمعادلة التالية:

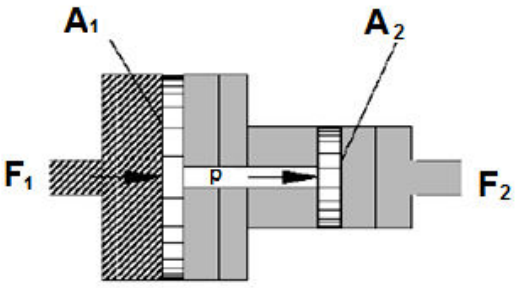
$$P=\frac{F}{A}$$

حيث إن:

F: القوة بوحدة (رطل) النيوتن.

P: الضغط بوحدة (psi) الباسكال.

A: المساحة بوحدة (قدم) المتر المربع.



شكل (1-7)

العلاقة بين القوة والضغط والمساحة

- إذا كان $F_1=250N$ وكان $A_1=0.25m^2$ فإن:

$$P_1=\frac{F}{A}=\frac{250N}{0.25m^2}=1000Pa$$

- إذا كان $P=1000Pa$ وكان $A_2=0.125m^2$ فإن:

$$F_2=P_2\times A_2=0.125m^2\times 1000=125N$$

مثال:

ضـغط مقـداره 50باسـكال يـسلط عـلى مـساحة مقـدارها 100 مـتر مـربع. مـا هـي القـوة الكلـية في تلك المساحة؟

الحل:

$$F=P\times A$$

$F=50\times 100=5000$ نيوتن.

3.1.1 قانون باسكال (Pascal's Law):

اكتشف العالم (بلايس باسكال) مستنتج القانون الأساسي للهيدروليك في القرن السابع عشر بأن ضغط السائل يؤثر بقوى متساوية في كل الاتجاهات. وينص قانونه على أن الضغط المحصور في السائل ينتقل في كل الاتجاهات ويؤثر بقوى متساوية على مساحات متساوية وبزوايا عمودية على جدران الإناء.

الشكل (1-8) يبين الأدوات التي استخدمها باسكال لاستنتاج قانونه. وهي مكونة من إناءين بشكل أسطواني قطر أحدهما أكبر من الأخر متصلين بأنبوب من الأسفل. يُملا الإناءان بالسائل إلى المنتصف. وقد استنتج باسكال بأن الوزن (الثقل) الذي يوضع على الأسطوانة الصغيرة بحيث لا يتسرب الماء من خلالها، وإنما يعمل على ضغط السائل بتوازن مع الأسطوانة الكبيرة طالما أن مساحة مقطع الأسطوانات على علاقة طردية مع الأوزان. فعندما تُحمل الأسطوانة الصغيرة ثقلاً يزن 4.5 نيوتن على مساحة 0.000645 متر مربع يولد ضغط مقداره 6976 باسكال. وبحسب قانون باسكال فإن هذا الضغط ينقل في كل الاتجاهات بشكل متساوٍ، لذلك فإن الضغط 6976 باسكال ينتقل إلى الأسطوانة الكبيرة التي مساحة قاعدتها 0.0645 متراً مربعاً فيكون الثقل (القوة) على الأسطوانة الكبيرة يزن 450 نيوتن. اي أن القوة تضاعفت 100 مرة. وهذه النسبة 100:1 تستخدم لإيجاد المسافة التي يتحركها الثقل في كلا الأسطوانتين. فمثلاً لو تحرك الثقل في الأسطوانة الصغيرة 2.54 سم فإن الثقل في الأسطوانة الكبير يتحرك مسافة 0.0245 سم. ويمكن استخدام العلاقة التالية لإيجاد المسافة:

$$L_2 = \frac{(F_1 \times L_1)}{F_2}$$

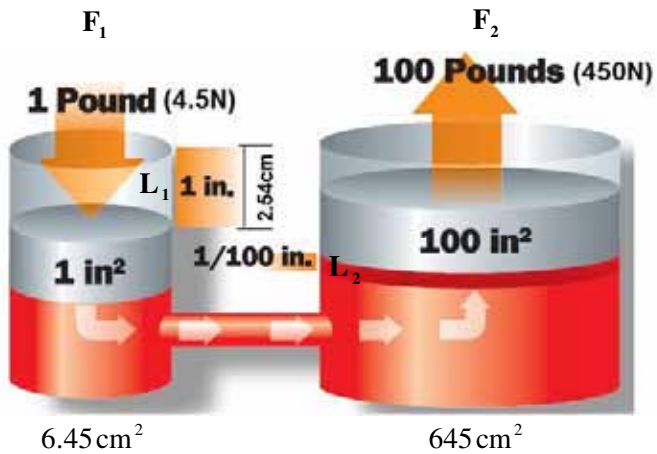
حيث إن:

L_2: المسافة في الأسطوانة الكبيرة متر (بوصة).

L_1: المسافة في الأسطوانة الصغيرة متر (بوصة).

F_1: القوة في الأسطوانة الصغيرة نيوتن(رطل).

F_2: القوة في الأسطوانة الكبيرة نيوتن (رطل).

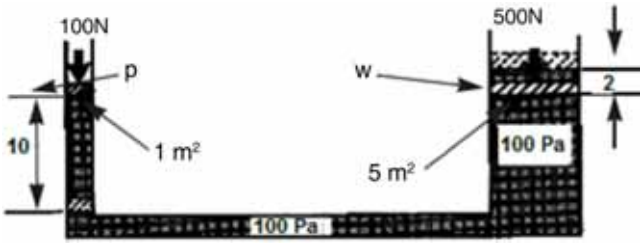


شكل (1-8)

أدوات تطبيق قانون باسكال

مثال:

الـشكل (1-9) يمـثل أسـطوانتين متـصلتين بانـبوب كـما في تجربة باسكال. إذا كانت القوى المؤثرة على الأسطوانتين ومساحة مقطعهما كما هو مبين بالرسم:



شكل (1-9)

تطبيق قانون باسكال

$F_1=100N, A_1=1sqm,$
$A_2=5sqm, L_1=10cm$

فما هي المسافة التي يتحركها المكبس الكبير؟

الحل:

$$P = \frac{F}{A} \qquad \therefore F = P \times A$$

$P=100/1=100Pa.$ $F=100\times5=500N$

$$L_2 = \frac{(F_1 \times L_1)}{F_2}$$

$L=(100x10)/500=2cm$

4.1.1 الانسياب (التدفق): Flow

الـتدفق هـو حركة السائل الهيدروليكية بسبب اختلاف الضغط عند نقاط مختلفة. في النظام الهيدروليكي والـتدفق عـادة ينـتج بفعـل المضخات الهيدروليكية وهي عبارة عن جهاز يستخدم لدفع السائل الهيدروليكي بشكل مستمر. وهناك طريقتان لقياس التدفق (الانسياب) هما قياس السرعة ومعدل الانسياب.

- **السرعة: Velocity**

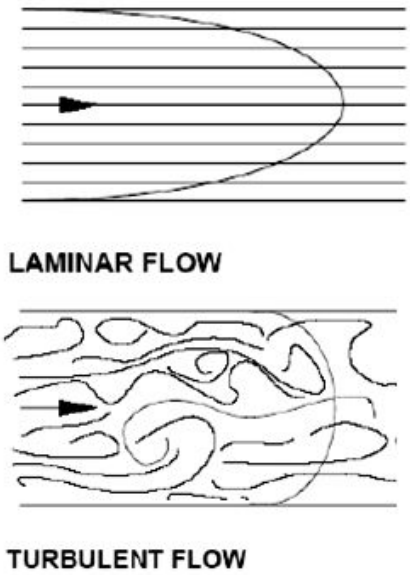
ويقصد بها السرعة المتوسطة التي تتحرك عندها جزيئات السائل متجاوزة نقطة معلومة. وتقاس السرعة بـوحدات المـسافة عـلى الزمن مثل قدم لكل ثانية أو متر لكل ثانية. والسرعة هي من أهم عوامل تحديد حجم الخطوط الهيدروليكية التي تنقل السائل بين مكونات الأنظمة الهيدروليكية ويرمز لها بالرمز (v).

- **معدل التدفق (الانسياب): Flow Rate**

هـو قـياس مقـدار حجـم الـسائل الـذي يمر من خلال نقطة معينة في زمن معين، ووحدة قياس التدفق جالـون في الدقيقة (GPM) أو لتر في الثانية أو متر مكعب في الدقيقة. ومعدل التدفق يحدد السرعة التي عندها يتحرك ثقل (وزن) ولذلك فهي ذات أهمية كبيرة عند حساب الاستطاعات (القدرة).

- **التدفق الانسيابي والمضطرب:**

السائل الذي ينساب في أنابيب مستقيمة وبسرعة منخفضة تتحرك جزيئاته في خطوط مستقيمة ومتوازية مع اتجاه انسياب السائل، وهذا النوع من انسياب السائل يسمى انسياب سلس (laminar flow). ويكون الفاقد في الحرارة بسبب الاحتكاك هو أدنى ما يكون في هذه الحالة كما في الشكل (1-10) وإذا زادت سرعة السائل عن هذا الحد يسمى انسياب دوامي (turbulent flow). وهذا النوع من الانسياب يكون السائل فيه هو المؤثر في تكون الاحتكاك وبالتالي الحرارة.



شكل (1-10)
أنواع الانسياب

5.1.1 الطاقة والشغل والقدرة: Energy, Work, and Power

الطاقة والشغل والقدرة عوامل (متغيرات) رئيسية في نقل الحركة في الأنظمة الهيدروليكية. فأي نظام ميكانيكي يصمم ليقوم بشغل معين، فإن هذا النظام يتطلب محركاً ليقوم بتشغيله. فتحديد قدرة المحرك الذي يقوم بتشغيل النظام يعتمد على الشغل الذي يقوم به النظام والطاقة المهدرة. وتكون قدرة المحرك أكبر من القدرة التي يتطلبها النظام والطاقة المهدرة في النظام بما لا يقل عن 30٪.

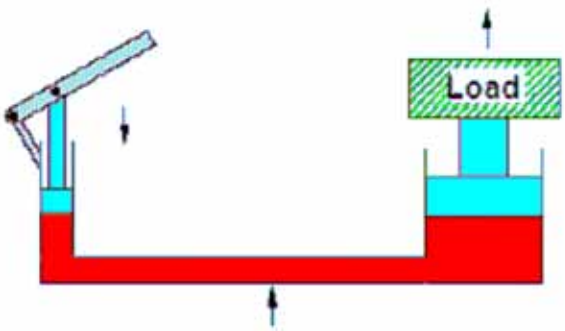
- **الطاقة: (Energy)**

الطاقة هي الاستطاعة لعمل شغل ويعبر عنها بوحدة الجول $J = 1N.m$. وهناك ثلاثة أشكال للطاقة هي: الطاقة الكامنة – الطاقة الحركية – والطاقة الحرارية.

- **الطاقة الكامنة: (potential Energy)**

هي **الطاقة الناتجة بسبب التغير في الموقع**. ولذلك فإن أي شيء له طاقة كامنة تعتمد على بعده العمودي فوق سطح الأرض. وعلى سبيل المثال الماء المحجوز في السد يمثل طاقة كامنة؛ لأن الماء لن يبذل أي شغل

حتـى يحـرر من ذلك الحجز في السد. وفي علم الهيدروليك الطاقة الكامنة هي عامل ساكن (static factor). عـندما تـبذل قـوة عـلى سـائل محصور كما في الشكل (1-11) فإن هناك طاقة كامنة بسبب ضغط الماء الساكن (static pressure of the liquid). الطاقة الكامنة للسائل المتحرك تتناقص بسبب الطاقة الحرارية المطلقة. كما أن الطاقة الكامنة تتناقص في السائل المتحرك عندما تتحول إلى طاقة حركية. إذاً السائل المتحرك يحقق شغلاً كنتيجة للضغط الساكن واندفاعه.



شكل (1-11)

القوة الهيدروليكية

- **الطاقة الحركية: (Kinetic Energy)**

هـي طاقـة الجـسم الناتجة عن حركته. فكلما كانت السرعة كبيرة كانت الطاقة الحركية أكبر. وعندما يحرر الماء من السد فإنه يخرج بسرعة عالية متدفقة تمثل طاقة الحركة وكمية الطاقة الحركية في السائل المتحرك تناسب طردياً مع مربع السرعة والضغط الناتج بسبب الطاقة الحركية يسمى سرعة الضغط (velocity pressure).

- **الشـغل: (Work Done)**

الـشغل: هـو القـوة المـبذولة لنقل ثقل مسافة محددة في نفس الاتجاه. لعمل شغل في أي نظام هيدروليكي يجـب أن يكـون هـناك سـائل مـتدفق. لذلك فإن الشغل الحاصل هو القوة المبذولة من السائل في المسافة التي انتقلت فيه تلك القوة. ووحدتها هي القوة في وحدة المسافة (نيوتن.متر).

- **القدرة (الاستطاعة): (Power)**

الاستطاعة: هي معدل الشغل المنجز على وحدة الزمن. أو معدل الطاقة المنقولة، ووحدة قياس القدرة المعيارية هي الحصان (hp). ولذلك فإن واحد قدرة حصان تعادل 550 رطل قدم (550 ft lb) شغل لكل ثانية، وتستخدم المعادلة التالية لإيجاد القدرة الهيدروليكية:

$$\text{Power} = \frac{P \times R}{1714} \quad [\text{hp}]$$

حيث إن:

1714: ثابت تحويل الوحدات الداخلة في المعادلة أعلاه.

Power: القدرة بالحصان.

P: الضغط psi.

R: معدل التدفق جالون في الدقيقة.

علماً بأن وحدة الاستطاعة في النظام الدولي هي الواط.

$$1\text{w} = \frac{1\text{N.m}}{\text{s}} = \frac{1\text{J}}{\text{s}}$$

- **الطاقة الحرارية والاحتكاك: Heat Energy and Friction**

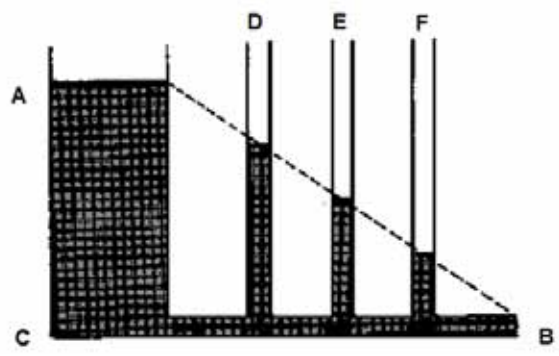
هي الطاقة الناتجة بسبب الحرارة، وتنتج الحرارة بسبب احتكاك السائل بالأسطح الملامسة له أثناء الحركة. وتعتبر الطاقة الحركية والطاقة الحرارية هي عوامل حركية (dynamic factors). قانون باسكال يتعامل مع الضغط الساكن ولم يعمل اعتبار لعوامل الاحتكاك، والاحتكاك هو مقاومة الحركة النسبية بين جسمين، وعندما يتحرك السائل في دائرة هيدروليكية فإن الاحتكاك يولد حرارة، وهذا يسبب فقدان جزء من الطاقة الحركية على شكل طاقة حرارية.

وبالرغم من أن الاحتكاك لا يمكن إزالته، فإنه يمكن التحكم بكميته. فبالإضافة إلى خشونة الأسطح الداخلية للجريان هناك ثلاثة أسباب رئيسية لوجود الاحتكاك الكبير في الأنظمة الهيدروليكية التي يمكن التحكم بها وهي:

- الخطوط الطويلة جداً.
- الانثناءات الكثيرة والتوصيلات والانثناءات غير المناسبة.
- السرعة الكبيرة في استخدام الخطوط الصغيرة.

6.1.1 تأثير الاحتكاك على الضغط ومنسوب السائل:

لتوضيح تأثير الاحتكاك على الضغط في السوائل ومنسوبها كما في الشكل (1-12) والذي يتكون من إناء مكون من أسطوانة كبيرة متصلة من قاعها بأنبوب أفقي وترتبط بهذه الأنبوبة بثلاث أنابيب رأسية كما في الشكل (1-12)، السائل سوف ينساب عبر الأنبوبة الأفقية ويخرج من النقطة B، فإنه أثناء انسياب السائل عبر الأنبوب الأفقية نلاحظ التالي:



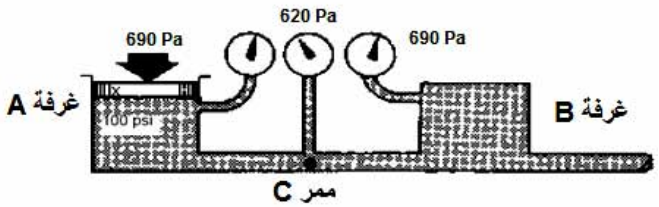
شكل (1-12)

تأثير الاحتكاك على الضغط

هناك اختلاف في منسوب السائل في الأربع الأنابيب بسبب الاحتكاك. عند النقطة (B) يبين عدم وجود مقاومة للانسياب (حالة انسياب حر) فإن الضغط عند هذه النقطة هو صفر. الضغط عند النقطة C هو أعلى من أي نقطة أخرى بسبب ارتفاع منسوب السائل إلى النقطة A، فعندما ينساب السائل من C إلى B فإن الاحتكاك يعمل على انخفاض الضغط من أعلى ما يمكن إلى الصفر. وهذا يعكس التتابع في انخفاض منسوب السائل عند النقاط في الأنابيب الثلاثة D,E,F.

7.1.1 العلاقة بين السرعة والضغط:

الشكل (1-13) يشرح مبدأ بيرنيولي؛ الذي ينص على أن الضغط الساكن (الاستاتيكي) لسائل يتغير بعلاقة عكسية مع السرعة، وكلما زادت السرعة فإن الضغط الساكن يقل.



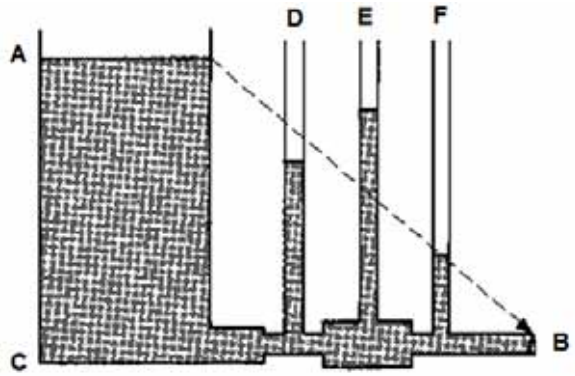
شكل (1-13)

مبدأ بيرنيولي

وفي الشكل (1-13) للقوة عند النقطة X (الغرفة A) طاقة كافية لتوليد ضغط مقداره 690Pa في الغرفة A. وكلما تحرك المكبس X إلى أسفل فإن السائل يُجبر بقوة من الخروج من الغرفة A ويمر من خلال الممر C ليصل الغرفة B. والسرعة تزيد أثناء مرور السائل من C لأن نفس كمية السائل يجب أن تمر من خلال المساحة الصغيرة في نفس الوقت (الزمن). وبالتالي فإن جزءاً من الضغط الساكن(.690Pa) في الغرفة A يتحول إلى

طاقـة سرعـة في الممـر C، لذلك فإن ميزان الضغط في هذه النقطة يسجل 620Pa. وكلما مر السائل من خلال الـنقطة C ليـصل إلى الغـرفة B فـإن الـسرعة تقل إلى معدلها السابق كما تشير قراءة الضغط الساكن 690Pa ويتحول جزء من الطاقة الحركية إلى طاقة وضع.

الشكل (1-14) يبين تأثير التغير في كل من الاحتكاك والـسرعة مجتمعة. كما بينا في شكل (1-12) انخفاض الـضغط مـن أعـلى قيمة عند النقطة C إلى الصفر عند الـنقطة B. وعـند الـنقطة D تـزداد السرعة لذلك فإن مـستوى المنسوب والضغط يقل. وعند النقطة E يزداد مـستوى منـسوب الـسائل لأن معظـم الطاقة الحركية تخـضع لطاقـة الضغط بسبب انخفاض السرعة. وعند النقطة F ينقص مستوى المنسوب وتزداد السرعة.



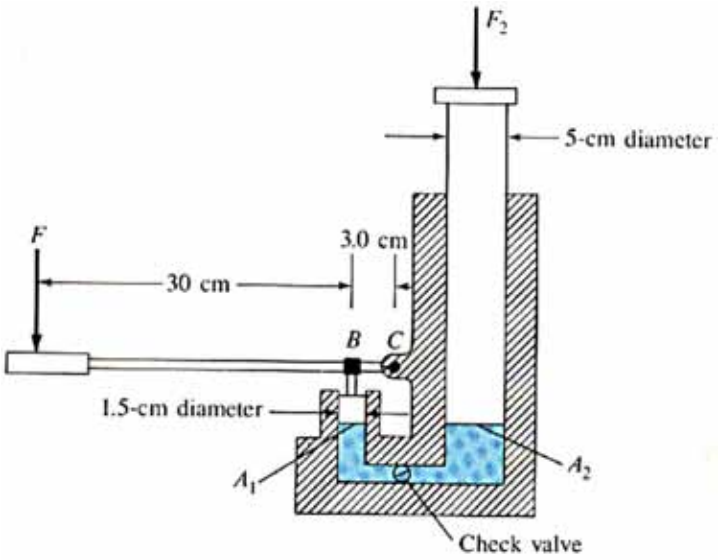
شكل (1-14)

تأثير التغير في الاحتكاك والسرعة مجتمعة في الأنظمة الهيدروليكية

تقـــويم الوحـــدة

1. **عرف المصطلحات التالية:**
   a. هيدروليك.
   b. الضغط.
   c. القوة.
   d. الاحتكاك.
   e. الطاقة.
2. أسطوانة هيدروليكية قطرها 8سم كم يكون ضغط السائل في الأسطوانة الذي يتعرض لقوة مقدارها 6000نيوتن؟
3. تـم ضـغط غـاز بواسطة مكبس قطره 5مم وبقوة عمودية مقدارها 1كيلونيوتن. احسب الضغط على الغاز بالوحدات التالية:
   a. Pa
   b. Psi
   c. Bar
4. احسب ارتفاع عمود الماء الذي يتعرض لضغط 20psi عند قاع الأنبوب.
5. نظـام هيدروليكي يتعرض لقوة مقدارها 50 رطل عند مدخله الذي يُعبِّر عن أسطوانة قطرها 6سم. ما مقدار القوة المنقولة في نهاية النظام الذي يُعبِّر عن أسطوانه قطرها 2سم؟

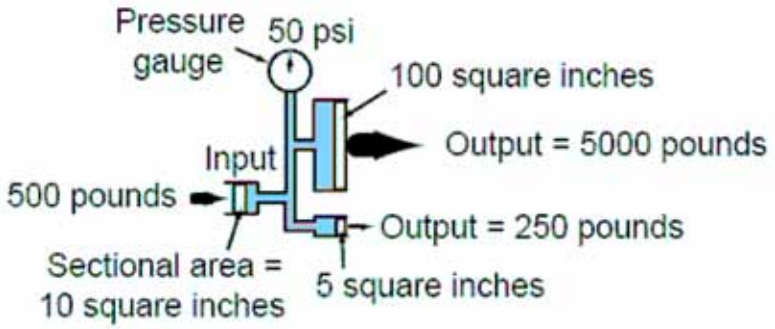
6. رافعة هيدروليكية مبينة في الشكل (1-15). بذلت قوة خارجية F مقدارها 100نيوتن على يد الرافعة. فما هو مقدار الثقل F2 الذي سيرفع الرافعة بسبب هذه القوة؟



شكل (1-15)

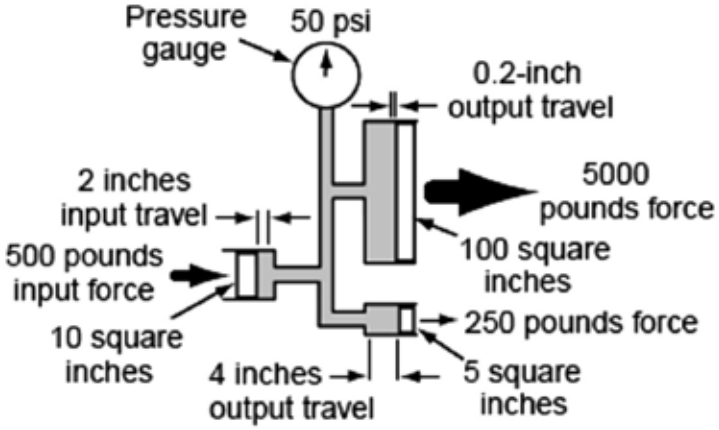
7. احسب القدرة اللازمة لضخ سائل بقوة 10جالون في الدقيق لرفع سائل بضغط 15psi.

8. احسب الضغط في الخروج للنظام الهيدروليكي الآتي:



شكل (1-16)

9. احسب المسافات في الخروج للنظام الهيدروليكي الآتي:



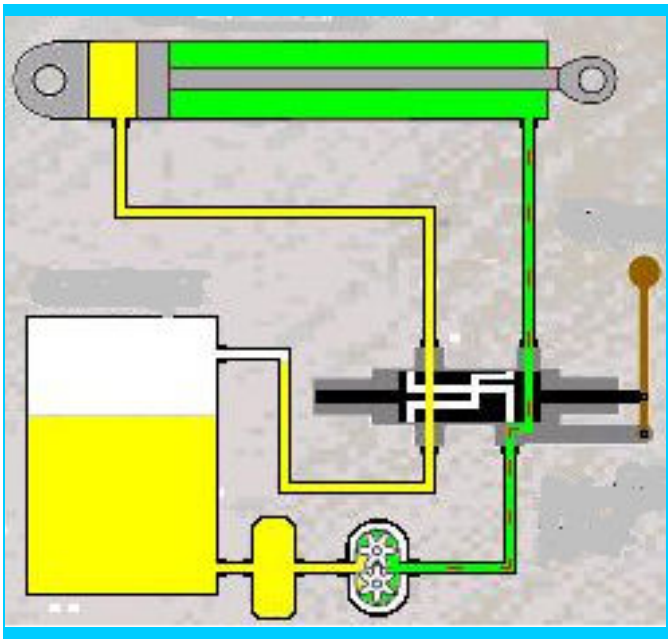
شكل (1-17)

الوحـــدة

2

مكونات الأنظمة الهيدروليكية

(hydraulic systems components)



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف مكونات نظام التشغيل الهيدروليكي.

2- يتعرف الوحدة العاملة (الأسطوانات الهيدروليكية).

3- يتعرف المحركات (المؤازرات الدورانية).

4- يتعرف الصمامات.

5- يتعرف الملحقات الخاصة بالنظام الهيدروليكي.

1-2 مكونات نظام التشغيل الهيدروليكي: Hydraulic systems components

هناك عدة أنظمة وتقنيات تتحكم في حركة الآلات يتم استخدامها كتقنية من أجل توليد القوى والإزاحات والحركات وهي الميكانيكية والكهربائية والهوائية والهيدروليكية.

إن المكان الذي تحتله الأنظمة الهيدروليكية في تكنولوجيا الأتمتة الحديثة يوضح التنوع في أنظمة الهيدروليك مما منحها المجال الواسع للتطبيقات الهيدروليكية المستخدمة لأنواع الأنظمة الهيدروليكية ومنها:

أ- **الأنظمة الهيدروليكية الثابتة:** تبقى ثابتة بإحكام في موضع واحد مثل آلة الخراطة ومجالات استخدام الأنظمة الهيدروليكية الثابتة كثيرة منها خطوط النقل وآلات النقل والرفع والمكابس وآلات القولبة بالحقن والمصاعد.

ب- **الأنظمة الهيدروليكية المتنقلة:** وتتحرك على عجلات أو مسارات، السمة المميزة لها هو أن الصمامات غالباً ما تشغل يدوياً إلا أنها، تستخدم بشكل رئيسي صمامات بملفات، ومجالات استخدامها تتضمن الملاحة، وصناعة آلات البناء والشاحنات القلابة، والحفارات، ومنصات الرفع وآلات النقل والرفع واستخراج المعادن وفي الطائرات.

ج- **الأنظمة الهيدروليكية البسيطة (التقليدية):** وهي أنظمة بسيطة تستخدم في الغالب لنقل القوى والإزاحات من أجل أن نحصل على حركات عمل (الرفع، الخفض، الدوران) أو توليدها هيدروليكياً، والتحكم بحركات الآلات ليتم الحصول على حركات العمل المستقيمة بواسطة الأدوات الخطية (الأسطوانات) والحركات الدورانية عن طريق المؤازرات الدورانية (المحركات).

يتكون نظام التشغيل الهيدروليكي في أبسط صوره من الأجزاء الرئيسية شكل (2-1):

1- الخزان.

2- الوحدة العاملة (أسطوانة، محرك).

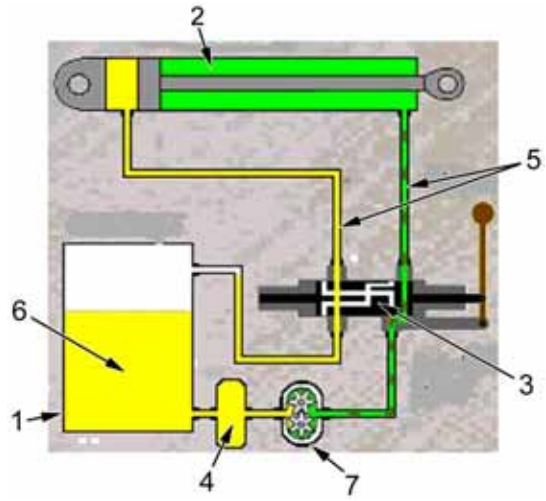
3- مجموعة الصمامات.

4- المرشحات.

5- الملحقات (أنابيب، أجهزة قياس، توصيلات، المبردات والمسخنات، القارنات والمراكم).

6- السائل الهيدروليكي.

7- وحدة المضخة.



شكل (2-1)

مكونات نظام تشغيل هيدروليكي بسيط

1-1-2 الخـــزان: Reservoir

لا يخلو أي نظام هيدروليكي من الخزان فهو من الأجزاء الرئيسية التي لا غنى عنها.

- **وظيفة الخزان:**

ولخزان الزيت مهام متعددة هي:

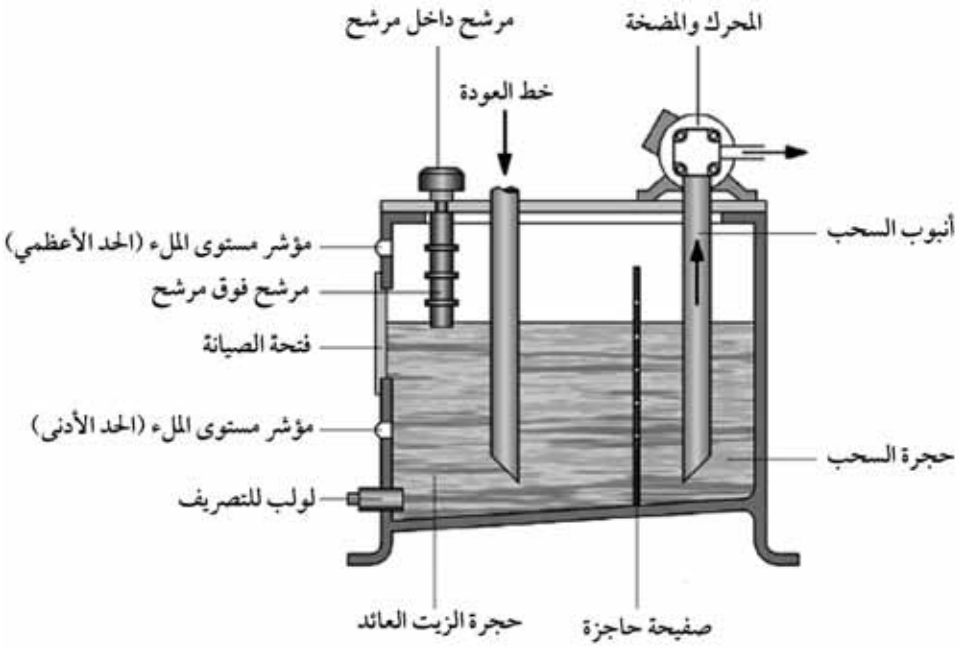
أ- يعمل كمخزن ومزود للسائل الهيدروليكي الضروري لتشغيل النظام.

ب- يبدد الحرارة الناتجة عن العمل.

ج- يقوم بفصل الهواء والماء والمواد الصلبة والاحتفاظ بها.

د- يشكل قاعدة لتركيب المضخة والصمامات والعناصر الهيدروليكية الأخرى.

ويحتوي الخزان على عدد من المكونات الرئيسية التي تكمل عمل النظام الهيدروليكي شكل (2-2).



شكل (2-2)

مكونات خزان الزيت الرئيسية

- **مواصفات الخزان المطلوبة: Specification of tank**

عند تصميم الخزان يجب الأخذ في الاعتبار المواصفات التالية:

أ- حجم الخزان: Volume

ويعتمد حجم الخزان على:

- غزارة أو قدرة المضخة. Power of pump
- الحرارة الناتجة عن التشغيل والمرتبطة بدرجة الحرارة المسموح بها للسائل.
- الفرق الأقصى الممكن في حجم السائل الناتج عن تغذية وتصريف التجهيزات المستهلكة (مثل الأسطوانات، خزانات السائل الهيدروليكي).
- مكان الاستخدام Using location
- زمن دورة الزيت time of oil cycle

ويمكن أن يستخدم حجم السائل المزود من المضخة من 3 حتى 5 دقائق كقيمة مرجعية لاختيار حجم الخزان المطلوب وذلك من أجل الأنظمة الهيدروليكية الساكنة. إضافة إلى الحجم التقريبي يجب أن نضيف 15 ٪ لتعديل التغيرات في مستوى السائل. بما أن خزانات الأنظمة الهيدروليكية المتنقلة (المعدات الهندسية) أصغر وذلك من أجل صغر الوزن والحجم، فإنها لا تكون قادرة بمفردها على القيام بعملية التبريد لذلك من الضروري استخدام معدات تبريد أخرى.

ب- شكل الخزان: frame of tank

إن الخزانات المرتفعة تكون جيدة لتبديد الحرارة، والخزانات العريضة جيدة من أجل فصل الهواء.

ج- خطوط السحب والراجع:

يجب أن تكون بعيدة عن بعضها البعض قدر الإمكان وذلك لأن وضعها يجب أن يكون قدر الإمكان عند أخفض مستوى للسائل.

د- ألواح الفصل والحجز:

يتم استخدام هذه الألواح لفصل مناطق السحب عن مناطق الراجع بالإضافة إلى ذلك، فإنها تسمح بفترة استقرار أطول للزيت ولذلك تتم عملية فصل الشوائب، الماء، الهواء بشكل أكثر فاعلية.

هـ- صفيحة القاعدة:

يجب أن تنحدر أرضية الخزان باتجاه فتحة التصريف لذلك من الممكن أن تدفع الشوائب المترسبة والماء خارجاً.

و- التهوية: ventilation

لتحقيق الموازنة في حالة التغيرات في مستوى السائل يجب أن نعرض الخزان للهواء. لهذا السبب يتم عادة وضع فلتر التهوية في غطاء فتحة التعبئة عند مدخل التغذية. وتكون التهوية ليست ضرورية في حالة الخزانات المغلقة كالمستخدمة في الأنظمة الهيدروليكية المتنقلة (كيس غشائي مرن يتم وضعه في وعاء محكم الإغلاق).

لهذا ستكون مشاكل التلوث من خلال الاتصال مع الهواء والماء أقل وستنتهي صلاحية الزيت الهيدروليكي قبل الوقت المحدد. لكن الضغط يكون في الخزان أعلى.

- **احتياطات خاصّة بالخزان الهيدروليكي يجب أن تُتّخذ:**
  - قبل تفريغ الخزّان المواصفات المصنعية يجب أن تُدرس.
  - يجب أن تُنفّس الخطوط الهيدروليكية الداخلة إلى الخزّان بانتباه. يُمكن أن يتمّ هذا التنفيس عادةً مترافقاً مع مجموعة الأمان وإغلاق الخزّان عن العمل.
  - أعمال الصيانة للنظام الهيدروليكي يمكن أن تتمّ فقط بعد تحرير الزيت المضغوط إلى الخزّان، وعند الإمكان فصل الخزّان عن النظام (بواسطة صمّام).
  - لا تفرّغ محتويات الخزان غير المجهّز بفتحات تنفيس.
  - لتفاصيل فيمل يتعلّق بالتطبيقات والعمليات: انظر (الميّزات التقنية لخزّانات الضغط (TRB)).
  - جميع الخزّانات الهيدروليكية معرّضة لضغط خزّان قياسي.

2-1-2 المرشح (الفلتر): Oil Filter

للمرشح شكل (2-3) أهمية كبيرة في الأنظمة الهيدروليكية وذلك لضمان سلامة العمل وإطالة عمر الخدمة لعناصر النظام ويتكون من:

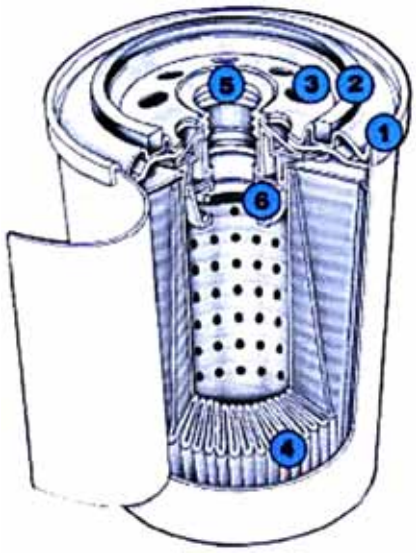
1- الغلاف.

2- حلقة إحكام.

3- عنصر الترشيح.

4- الزيت المرشح أو المصفى/ المنقى الراجع خلال المرشح.

5- صمام حفظ الزيت للمنظومة في حال عدم التشغيل.

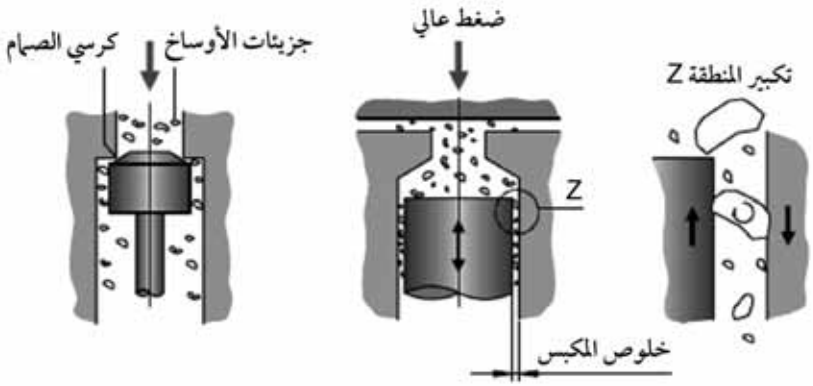


شكل (2-3)

مكونات مرشح الزيت

- **الوظيفة: Function**

تعمل المرشحات على فصل الشوائب الموجودة في المنظومة الهيدروليكية أي أن مهمة المرشح هي تخفيض هذه الملوثات إلى حد مقبول لحماية العناصر المختلفة من زيادة التآكل، شكل (2-4).



شكل (2-4)

وظيفة المرشح

- **مسببات تلوث الزيت: Reasons of oils dirty**

يحدث تلوث السائل الهيدروليكي عن طريق:

- التلوث الابتدائي خلال مرحلة الاختبار عن طريق بقايا المعدن، الرمل، الغبار، قطرات اللحام، القشور الرقيقة، الدهان، الأوساخ، مواد المانعات.
- التلوث بالأوساخ الناتجة عن التآكل أثناء التشغيل حيث تدخل عن طريق المانعات وتهوية الخزان، تعبئة أو تغيير السائل الهيدروليكي، تصريف العناصر، استبدال الخراطيم.

لـذلك مـن الـضروري أن نستخدم صنفاً جيداً من المرشحات ونحتاج إلى مؤشر التلوث لكي نفحص مردود المرشح.

(تزود الأنظمة عادة بمرشحات اقتصادية من قبل الشركات المصنعة).

اختـيار وتثبـيت المرشـح يرتكـز بـشكل كبير على مدى حساسيته للشوائب الموجودة في العناصر الهيدروليكية المستخدمة واختيار المرشح يتوقف على:

أ- درجة الترشيح: nomination degree

يتم قياس جزيئات الأوساخ µm (ميكرومتر)، يشار إلى درجة الترشيح حسب الفرق بين:

- **دقة المرشح المطلقة:**

يشير إلى أكبر جزيء قادر على المرور عبر المرشح.

- **دقة المرشح الاسمية:**

يحجز الجزيئات ذات قياس الثقب الاسمي عند المرور عدة مرات.

- **حجم الثقب الاسمي:**

القياس الوسطي لحجم الثقب لمرشح الوسط المعرف حسب مخطط جاوص.

ب- القيمة β (بيتا):

تـشير إلى نـسبة الجـزيئات التـي لها قطر أكبر من قطر محدّد وتوضع عند مدخل المرشّح إلى عدد الجزيئات المترسبة خلف المرشّح.

والجدول (2-1) يوضح نوع النظام الهيدروليكي ودرجات الترشيح المطلوبة.

جدول (2-1)

درجات الترشيح في الأنظمة المختلفة

نوع النظام الهيدروليكي	درجة الترشيح المطلوبة X µm حيث βx = 100
لحمايـة الأنظمة عالية التحسس من الملوثات الدقيقة وبالأخص مستوى عالي من الوثوقية تستخدم بشكل أساسي في الطيرانيات أو الظروف المخبرية.	1-2
ضـبط وتنظـيم حـساس وفعـال للأنظمـة في مجـال الـضغط العـالي كثيراً ما تستخدم في الطيرانيات، الربوت، آلات التشغيل.	2-5
الأنظمـة الهيدروليكـية الصناعية المكلفة، وثوقية تشغيل كبيرة، ومخطط عمر الخدمة من أجل العناصر الفردية.	5-10
الأنظمة الهيدروليكية العامة والمتحركة، حجم وضغط متوسط.	10-20
الأنظمة والصناعات الثقيلة أو تلك التي لها عمر خدمة محدود.	15-25
أنظمة الضغط المنخفض مع العمل الكثيف.	20-40

- **أنواع المرشحات: Kind of filters**

تركب على الأنظمة الهيدروليكية أنواع من المرشحات حسب مكان التركيب.

أ- مرشح الراجع:

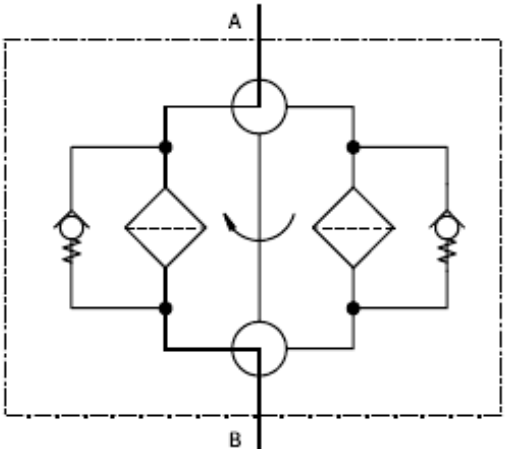
تـركب المرشـحات الخاصـة بالـزيت الراجع مباشرة على خزان الزيت حيث يتم تركيبها على خط العودة. فـالغلاف يجـب أن يكـون مصمت بحيث تقاوم قيم الضغط الراجع الكبيرة التي يمكن أن تحدث كنتيجة للفتحات المفاجئة الكبيرة في الصمامات أو عن إعادة تحويل خط الزيت مباشرة إلى الخزان عن طريق صمام فرعـي ذو سرعة عالية. وتدفق الراجع بالكامل يجب أن يمر عبر المرشح وإذا لم يكن التدفق الراجع مركز في الخـط العام، فإنه يمكن استخدام مرشح لتيار التدفق الجزئي (في التيار الفرعي). إنّ مرشحات الراجع تكون أرخص بالقيمة من مرشحات الضغط العالي والجدول (2-2) يبين القيم المميزة لمرشح راجع.

جدول (2-2)

القيم المميزة لمرشح الراجع

	القيم المميزة الهامة
حتى 420 L/min	ضغط التشغيل
حتى 1300 L/min (المرشحات في الخزان) حتى 3900 L/min (في الأنابيب)	الغزارة
10-25 µm	درجة الترشيح
حتى 70 bar ويعتمد على تصميم عنصر الترشيح.	تغير الضغط Δp

وقد تستخدم مرشحات الراجع المزدوجة لتجنب التوقفات ولإجراء الصيانة للفلاتر. في هذا النوع من التصميم يركب فلتران على التوازي أحدهما مع الآخر وعندما نبدل نظام للعمل على الفلتر الثاني فإنّنا نستطيع استبدال الفلتر الأول الملوّث دون الحاجة لتوقيف النظام عن العمل.



شكل (2-5)

وحدة ترشيح قابلة للعكس

ب - مرشح السحب: Flowing filter

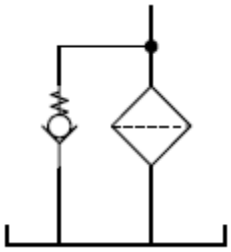
يتم وضع هذه المرشحات عند خط السحب للمضخة، ونتيجة لذلك تقوم المضخة بسحب السائل الهيدروليكي من الخزان ماراً بالمرشح حيث يصل فقط الزيت المرشح إلى النظام.

والقيم الهامة المميزة لمرشح السحب هي:

درجة الترشيح من 60 - 100 µm

وتستخدم هذه المرشحات بشكل رئيسي في الأنظمة التي لا يمكن ضمان نظافة السائل الهيدروليكي فيها.

لكـنها مجـرد حمايـة للمـضخة وتـبدي درجـة منخفـضة من الترشيح مثل الجزيئات 0,1 MM. 0,06. لتبقى قادرة على المرور عبر المرشح بالإضافة إلى ذلك فهي تؤدي إلى اضطراب عمل المضخة نتيجة الهبوط الكبير في الضغط أو زيادة درجة تلوث المرشح. نتيجة لذلك يجب ألا تزود هذه المرشحات بعناصر دقيقة، لأن التفـريغ سـيزداد بواسطة المضخة مما يقود إلى التآكل. لذلك علينا أن نتحقق من عدم حدوث مشاكل عند المدخل حيث تزود مرشحات السحب بصمامات فرعية.



شكل (2-6)

مرشح سحب مع خط فرعي

ج- مرشحات الضغط: Pressure filter

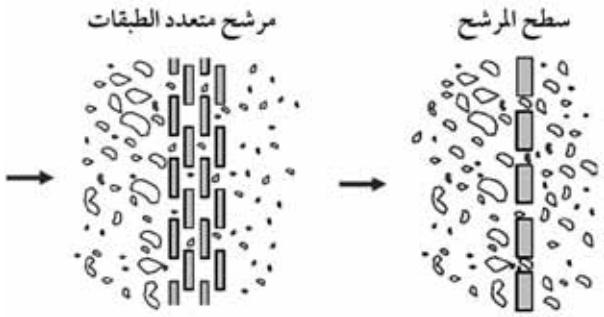
تـركب هـذه المرشـحات عـلى خط الضغط للنظام الهيدروليكي قبل التجهيزات حيث تتحسس للشوائب مثل منفذ الضغط للمضخة، قبل الصمامات أو صمامات التحكم بالاتجاه. وبما أن هذه المرشحات تتعرض لضغط التشغيل الأعظمي يجب أن تكون ذات تصميم متين وهي لن تحوي صمامات فرعية لكنها ستحوي على كاشف التلوث.

تتألف هذه المرشحات من طبقة رقيقة من القماش المنسوج مثل نسيج معدني. نسيج لدن أو سليلوزي.

هذه المرشحات المتوفرة والتي تكون مناسبة من أجل عمليات التنظيف ومن أجل اختبار تشغيل النظام.

د- مرشحات الطبقة السميكة:

تـصنع هـذه المرشـحات مـن نسيج مضغوط أو مـتعدد الطـبقات سـيلولوز، لدنـة، زجـاج، أو ألـياف معدنـية، أو ربـما تحـتوي عـلى صـفائح مـتداخلة.هـذه المرشـحات لهـا سـعة كبـيرة لاحتباس الشوائب عبر نفس سطح المرشح.



شكل (2-7)

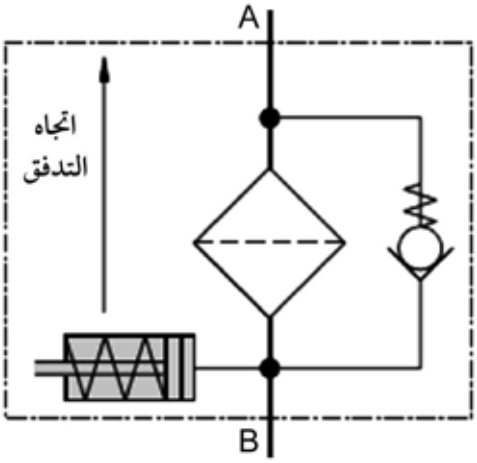
مرشح طبقة سميكة

يكـون للمرشحات عادة طيات بشكل نجمي في مادة المرشح. وفي هذه الحالة يمكن أن نحصل على سطح كبـير للمرشح ذو حجم صغير جداً ويتم تحديد الصفات النوعية عن طريق مادة المرشح، ودرجة الترشيح وإمكانية الاستخدام.

هـ- كاشف التلوث في الزيت: Reagent of dirty oil

مـن المهـم أن نفحـص مدى فعالية المرشح عن طريق مؤشر التلوث، حيث يتم قياس مدى تلوث المرشح بمقـدار هـبوط الـضغط. لـذلك عـندما يزداد التلوث يرتفع الضغط قبل المرشح، ويؤثر هذا الضغط على المكبس المحمل بنابض.

وعـندما يـزداد الـضغط يـندفع المكبس ضد النابض. حيث توجد عدداً من طرق الإظهار المختلفة إما أن تكون حركة المكبس مرئية أو تحول هذه الحركة إلى مؤشر بصري أو كهربائي عن طريق وصلات كهربائية.



شكل (2-8)

كاشف تلوث (مؤشر التلوث)

2-2 الوحدة العاملة (الأسطوانات الهيدروليكية): Operation unit cylinders

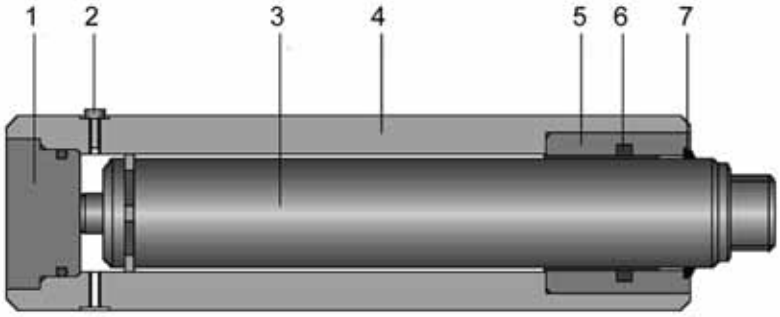
تعـد الأسـطوانات مـن عـناصر القيادة، حيث تحول الطاقة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية. وهي تولد الحركات الخطية من خلال الضغط على سطح المكبس القابل للحركة.

2-2-1 الأنــواع: Type of cylinders

للأسطوانات نوعان رئيسيان الأحادية والثنائية وتختلف في طريقة العمل والمكونات.

أ- الأسطوانات الهيدروليكية أحادية التأثير: Single type

وفي هـذا الـنوع يمكن تطبيق ضـغط الـسائل في اتجاه واحد فقط والنتـيجة تولـيد الحـركة في اتجـاه واحـد فقـط. يحـدث شوط العودة للمكبس عن طريق قوة خارجية أو نـابض رجوع وتتكون من الأجزاء كما في الشكل (2-9).

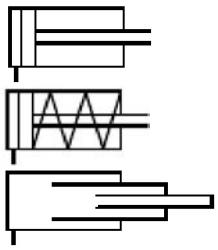


1- لولب الاستناد.
2- اللولب النافذ.
3- ذراع المكبس.
4- هيكل الاسطوانة.
5- محمل ذراع المكبس.
6- مانعة ذراع المكبس.
7- منديل.

شكل (2-9)

مكونات الأسطوانات الهيدروليكية أحادية التأثير

ولهـذه الأسـطوانة مـنفذ واحـد، حيث يضغط السائل الهيدروليكي على كامل سطح المكبس، ويتم عودة هذه الأسطوانات إما عن طريق قوة خارجية أو عن طريق نابض.

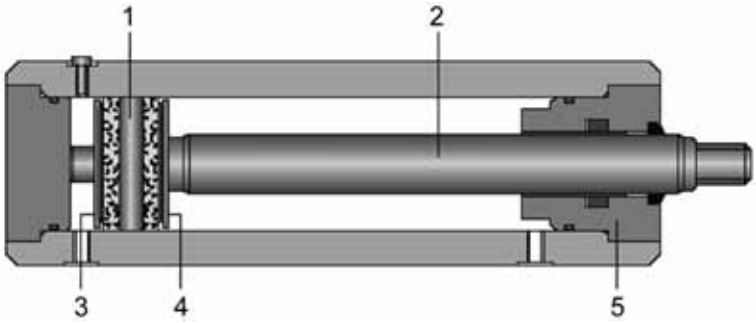


- أسطوانة أحادية التأثير، عودة بواسطة قوة خارجية.
- أسطوانة أحادية التأثير مع عودة نابضية.
- أسطوانة تلسكوبية أحادية التأثير.

شكل (2-10)

أسطوانات أحادية التأثير

ب- الأسطوانات الهيدروليكية ثنائية التأثير: dual effect cylinder شكل (2-11)



1- مكبس.
2- ذراع المكبس
3- محمل ذراع المكبس.
4- سطح المكبس الخلفي.
5- سطح المكبس.

شكل (2-11)

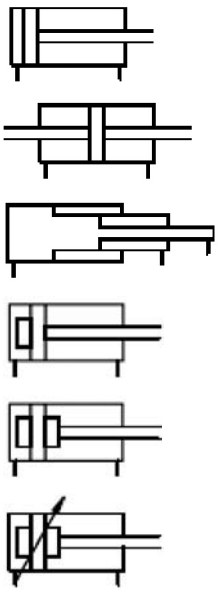
مكونات الأسطوانات الهيدروليكية ثنائية التأثير

ولهذه الأسطوانة منفذين لتزويد أحد جانبي المكبس بالسائل الهيدروليكي. ويمكن أن نلاحظ من خلال رمز الأسطوانة ثنائية التأثير ذات الذراع المفرد أن مساحة سطح المكبس أكبر من مساحة سطح المكبس الحلقي. وعلى العكس، فإن رمز الأسطوانة ذات الذراع النافذ من الطرفين يبين أن المساحات متساوية على الطرفين (أسطوانة تزامنية).

ويمكن أن نميز من رمز الأسطوانة التفاضلية الفرق بينها وبين الأسطوانة ثنائية التأثير، حيث يضاف إلى الأسطوانة التفاضلية خطان في نهاية ذراع المكبس. وتكون نسبة المساحة 2:1.

ويرمز للأسطوانة التلسكوبية ثنائية التأثير بمكابس موضوعة داخل بعضها البعض.

وفي حالة الأسطوانة ثنائية التأثير مع تخميد في نهاية الشوط يرمز إلى مكبس التخميد في الأسطوانة بمستطيل.



- أسطوانة ثنائية التأثير ذات الذراع المفرد.
- أسطوانة ثنائية التأثير ذات الذراع النافذ من الطرفين (أسطوانة تفاضلية).
- أسطوانة تلسكوبية ثنائية التأثير.
- أسطوانة ثنائية التأثير مع تخميد مفرد في نهاية الشوط.
- أسطوانة ثنائية التأثير مع تخميد مزدوج في نهاية الشوط.
- أسطوانة ثنائية التأثير مع تخميد مزدوج في نهاية الشوط (قابلة للتعيير).

شكل (2-12)

أسطوانات ثنائية التأثير

2-2-2 طريقة عمل الأسطوانة الهيدروليكية: Principle of operation method of cylinder

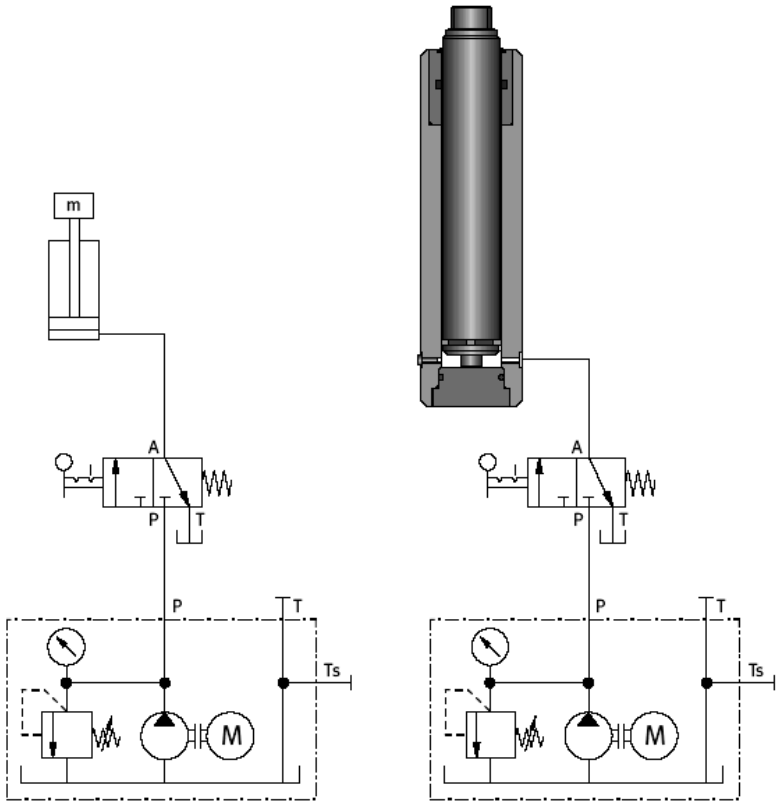
تُميز الأسطوانة الأحادية أو الثنائية من طريقة عملها.

أ- أحادية التأثير: Single type

تعمل الأسطوانات الأحادية شكل (2-13) وفق المبدأ التالي:

يـتدفَّق السائل الهيدروليكي باتجاه سطح المكبس، وبسبب القوة المقابلة (وزن أو حمل) يرتفع الضغط على المكـبس. وفي اللحظة التي يتمُّ فيها التغلُّب على القوة المقابلة (قوة الوزن أو الحمل) يبدأ المكبس بالتحرُّك نحو النهاية الأمامية للأسطوانة.

وأثـناء شـوط العـودة تكـون مـساحة المكـبس متَّصلة بخزان الزيت عن طريق أنبوب مربوط إلى صمَّام تحكُّم بالاتجـاه بيـنما يكـون خـط الـضغط (الموصـول مع المضخَّة) مغلقاً بواسطة هذا الصمَّام. ويُمكن أن يتم شوط العـودة عـن طـريق حمل داخلي بواسطة نابض أو بواسطة وزن الحمل، وهذه القوى (قوى الحمل) تتغلَّب على قوى الاحتكاك في الأسطوانة والخطوط والصمَّامات وتدفع السائل الهيدروليكي نحو خطِّ العودة.

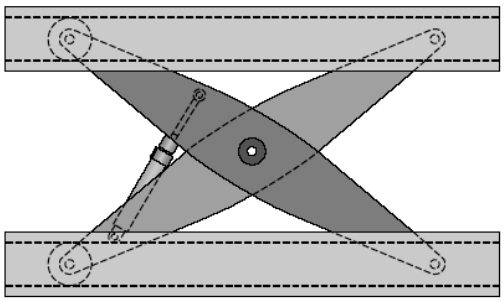


شكل (2-13)

أسطوانة هيدروليكية أحادية التأثير – مكبس هيدروليكي

يُمكن أن تُركّب الأسطوانات الهيدروليكية أحادية التأثير كالآتي:

- **تـركيب عمـودي**: عندما يمكن تنفيذ شوط العودة بتأثـير قوى خارجية (مثل طاولات الرفع المقصيَّة). شكل (2-14).
- **تـركيب أفقـي**: للأسـطوانة الهيدروليكـية أحاديـة التأثير ذات العودة النابضية.



شكل (2-14)

أسطوانة هيدروليكية كطاولة رفع مقصية

في المكـابس الهيدروليكـية الـضخمة يـتم شـوط العـودة باستخدام أسطوانات سحب.

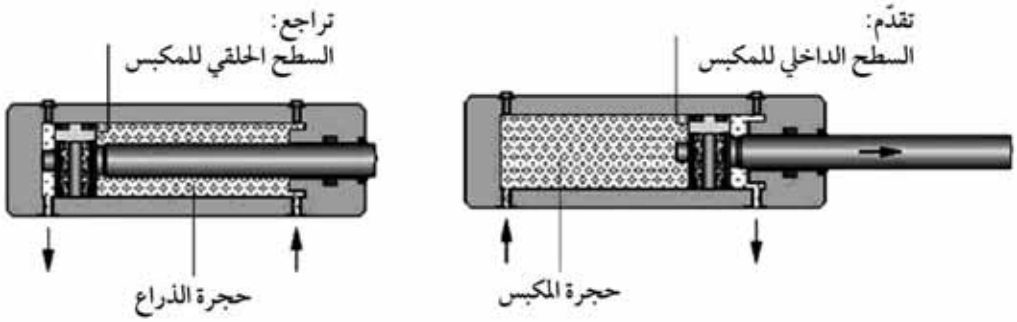
يمكن تطبيق ضغط السائل في اتجاه واحد فقط وبالنتيجة توليد الحركة في اتجاه واحد فقط. يحدث شوط العودة للمكبس عن طريق قوة خارجية أو نابض رجوع.

ب- الأسطوانة الهيدروليكية ثنائية التأثير Dual type: شكل (2-15)

تعمـل الأسـطوانة الهيدروليكـية ثنائية التأثير على أساس أن سطحي المكبس يمكن أن يتعرضا للضغط، وبالتالي من الممكن تحقيق نقل العمل في كلا الاتجاهين.

تعمل هذه الأسطوانات حسب المبدأ التالي:

يـتدفَّق الـسائل الهيدروليكـي باتجاه سطح المكبس ويضغط على سطح المكبس، وبسبب وجود المقاومات الداخلية والخارجية يرتفع الضغط. وكما ينصُّ القانون التالي: $F = P \times A$ فإنَّ قوةً F تنشأ من الضغط p ومن سـطح المكـبس A. وبالتالي يتمُّ التغلُّب على المقاومات ويتحرَّك ذراع المكبس. وهذا ممكن بسبب تحويل الطاقة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية قابلة للاستثمار من قبل آلية ما.



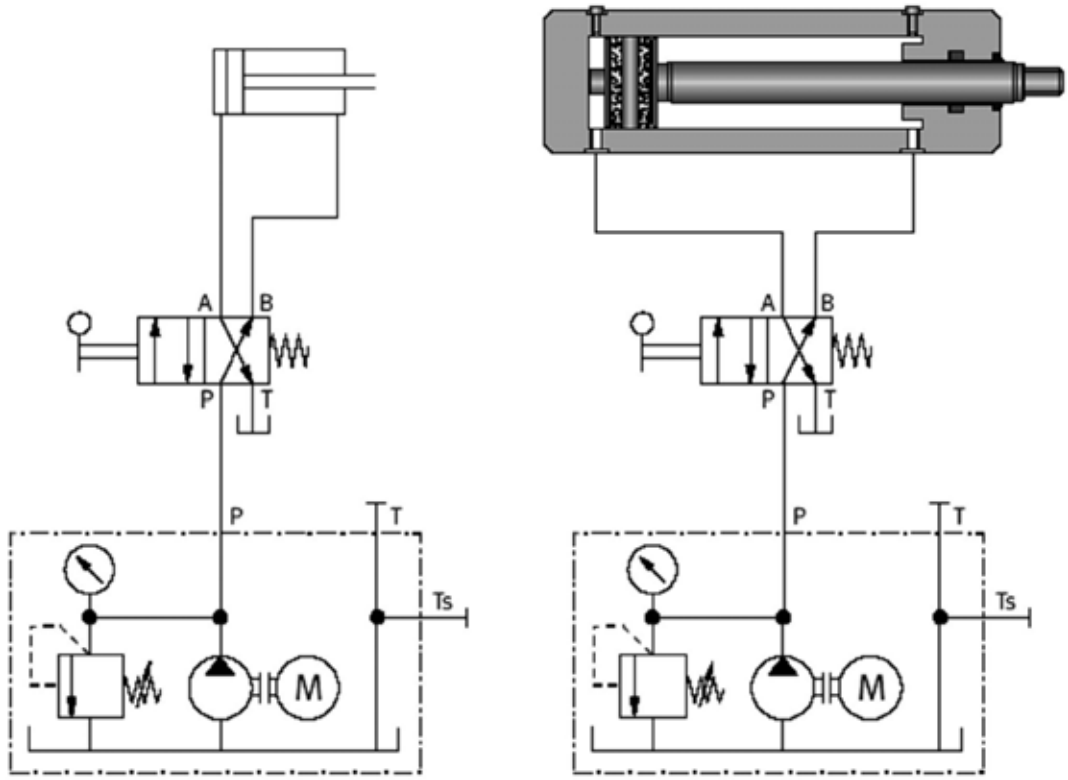
شكل (2-15)

أسطوانة ثنائية التأثير

ينبغي التذكُّر هنا أنَّه عندما يتمدد المكبس فإنَّ الزيت في حجرة الذراع يجب أن يُزاح من خلال الأنابيب إلى الخزَّان. وأثناء شوط الراجع يتدفَّق السائل من المضخّة إلى حجرة الذراع (الحجرة الحلقية)، فيتراجع المكبس وتُزاح كميةٌ من الزيت من حجرة المكبس بواسطة المكبس.

في الأسطوانة ثنائية التأثير شكل (2-16) وحيدة الذراع تنتج قوى ($F = P \times A$) مختلفة وسرعات مختلفة بين شوط التقدُّم وشوط التراجع عند التدفُّق نفسِه، وذلك بسبب اختلاف السطوح (السطح الدائري للمكبس والسطح الحلقي للمكبس). إنَّ سرعة العودة (التراجع) أكبر من سرعة التقدُّم مع أنَّ التدفُّق هو نفسه والسطح الفعَّال في هذا الشوط (شوط العودة) أصغر من السطح الفعَّال في شوط التقدُّم. وتُطبَّق مساواة الاستمرار التالية:

$$V = \frac{Q}{A}$$



شكل (2-16)

طريقة عمل أسطوانة ثنائية التأثير

3-2-2 التصميم: Design

بحسب الغرض أو الحاجة من الأسطوانة يتم تصميمها.

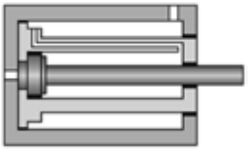
أ- تصميم الأسطوانة الهيدروليكية أحادية التأثير:

تصمم الأسطوانة الهيدروليكية أحادية التأثير بحيث تكون القوة الهيدروليكية المطلوبة باتجاهٍ واحد.

أمثلة: للرفع في آليات الرفع والخفض وفي الروافع الهيدروليكية ومعدات الرفع المقصية ومنصَّات الرفع.

جدول (2-3)

أسطوانة هيدروليكية أحادية التأثير

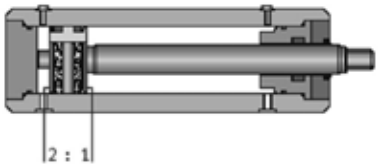
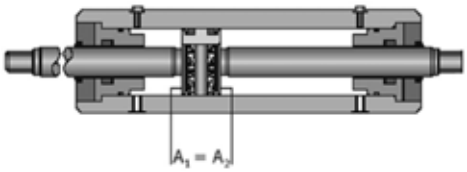
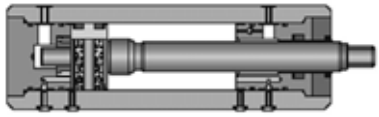
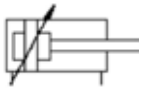
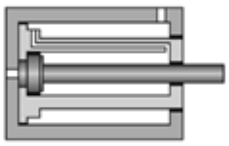
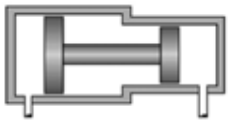
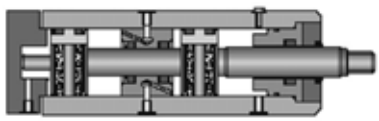
التصميم	المواصفات	
مكبس وذراع	مكبس هيدروليكي	
أسطوانة تيلوسكوبية	أشواط أطول	

ب- تصميم الأسطوانة ثنائية التأثير:

لتلبية مختلف المتطلَّبات هناك تصاميم مختلفة للأسطوانة ثنائية التأثير والجدول (2-4) يوضح مواصفات لتصاميم مختلفة للأسطوانات ورموزها.

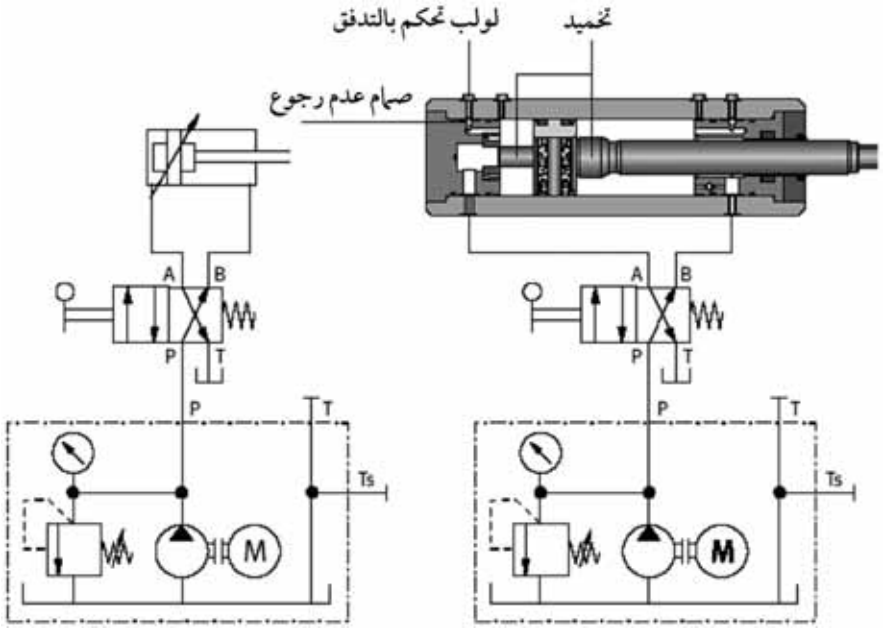
جدول (2-4)

يوضح مواصفات لتصاميم مختلفة للأسطوانات ورموزها

التصميم	المواصفات		الرمز
أسطوانة تفاضلية	نسبة المساحة 2:1 (نسبة السطح الدائري إلى السطح الحلقي). شوط العود أسرع بمرتين من شوط التقدم.		
أسطوانة تزامنية	مساحة ضغط متساوية من الطرفين. سرعة التقدم تساوي سرعة التراجع.		
أسطوانة مع وسادة امتصاص صدمات	لتخميد السرعة في حالة الكتل الضخمة ومنع الصدمات الحادة.		
أسطوانة تيلوسكوبية	أشواط أطول.		
مكثف ضغط	رفع الضغط.		
أسطوانة تتابعية	عندما يُطلب قوى كبيرة مع ضيق المسافة المسموح بها للأسطوانة.		

4-2-2 وسادة تخميد نهاية شوط المكبس: Ring oil

تُستخدم الأسطوانات مع وسادة تخميد نهاية شوط المكبس شكل (2-17) لكبح سرعات الصدم العالية، إنّها تحمي من التأثير في نهاية الصدمة.



شكل (2-17)

أسطوانة ثنائية التأثير مع تخميد نهاية شوط المكبس

وسادة التخميد غير مطلوبة عند سرعات v < 6 m/min، وعند سرعة v ≥ 6-20 m/min يتم تأمين التخميد بما يُسمَّى خوانق أو صمّامات الكبح، ولكن عند سرعة v > 20 m/min يجب استخدام مُخمِّدات أو إجراءات كبح خاصة.

عندما يصل المكبس إلى نهاية الأسطوانة في شوط التراجع يتم قطع مسار العودة للزيت من حجرة التراجع باستخدام مكبس التخميد ويتم حصر مسار الزيت عبر نقطة محدَّدة فينخفض التدَّفق حتى ينعدم في آخر الشوط، عندها ينتقل الزيت عبر خانق شكل (2-17).

في هذه الحالة تنخفض سرعة المكبس وليس هناك خطورة من التحطُّم الناتج من السرعات العالية. عندما تتمدد الأسطوانة (شوط التقدُّم) يتدفَّق الزيت بدون مقاومة عبر صمام عدم الرجوع، تُجعل نقطة الاختناق قريبة. ويجب استخدام صمام تنفيس (مقسِّم تدفُّق) لتحقيق تخميد نهاية الشوط.

بالإضافة إلى هذا النموذج البسيط لتخميد نهاية شوط المكبس، هناك أيضاً تخميد مزدوج لشوطي تقدُّم وتراجع المكبس، في هذا النمط من التخميد تُتجنَّب الصدمات الحادة عند تقدُّم أو تراجع المكبس.

5-2-2 الوظائف والاستخدامات للأسطوانات الهيدروليكية: Function and using of cylinders

ويمكن تلخيص الوظائف ومجالات الاستخدام الخاصة بالأسطوانات الهيدروليكية في التالي:

أ- الإزاحات:

تُستخدمُ الإزاحات التي تولدها الأسطوانات الهيدروليكية لما يلي:

- تأمين إزاحة التغذية للأدوات والورش.
- أدوات الربط (ملازم).
- إزاحات القطع في آلات النطح (المقاشط)، آلات اختبارات الصدم وآلات التشكيل.
- الإزاحات في المكابس.
- للإزاحات في آلات السحب وحقن البلاستيك.

ب-أدوات التعبئة والرفع:

- الروافع المائلة ذات الجزء الثابت في الشاحنات القلابة (رافعة الحاوية)
- والروافع الجانبية في الشاحنات.

ج- التجهيزات المتحرّكة:

- الحفَّارات.
- ناقلات القدرة.
- الجرار.
- الشاحنات ذات الروافع الجانبية.
- سيَّارات الشحن.

د- الطائرات:

- حركات الرفع والرفع المائل والانعطاف في مقود الهبوط، زعانف الأجنحة (التوجيه).

ه- السفن:

- إزاحات الدفَّة الموَّجِّهة، أداة ضبط العنفات.

6-2-2 مانعات التسرب (اللمد): Seat oils

إنَّ مهمَّـة المانعـات هـي مـنع التـسرب في العـناصر الهيدروليكـية. وبما أنَّ ضياع الضغط تحدث كنتيجة للتسرُّب فإنَّ لمانعات أهمية كبيرة (مردود) النظام الهيدروليكي.

بـشكلٍ عـام تُحـشر المانعـات الـسكونية بـين الأجـزاء الساكنة والمانعات الحركيَّة بين الأجزاء المتحرِّكة بالنسبة لبعضها البعض.

أ- المانعات السكونية:

- حلقات على شكل O لحجرة الأسطوانة.
- مسطَّحة لأغطية الخزَّانات.

ب- المانعات الحركيَّة:

- مانعات المكبس وذراع المكبس.
- مانعات محور الدوران في التجهيزات الدوارة.

إنَّ الـسرعة المفـضَّلة للمكـبس هي بحدود 0.2m/s، وتعتمد على شروط العملية وعلى مادة المانعة ونمط هذه المانعـة. وحـيث تُطلـب سرعات منخفضة أو قِوى منخفضة تُستخدم أنظمة خاصة وأسطوانات ذات سطوح خاصـة ومانعات ذات مواد خاصة. تُستخدم المانعات الأخرى بالاعتماد على المتطلَّبات (ضغط، درجة حرارة، لزوجة، قطر، زيت، ماء) ولمد المكبس (المانعات) أنواع مختلفة شكل (2-18) وهي:

حلقية منزلقة:

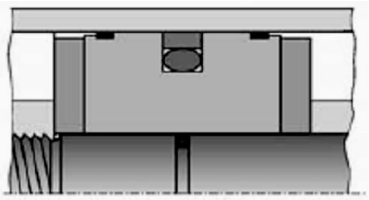
للسرعات المنخفضة للمكبس

عند ضغوط منخفضة.

ثلاثة أجزاء: حلقة ضغط

حلقة مانعة

حلقة داعمة



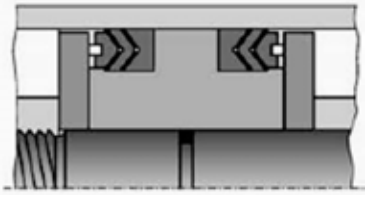
حلقية حشوية:

للشروط القاسية.

ثلاثة أجزاء: حلقة ضغط

حلقة مانعة

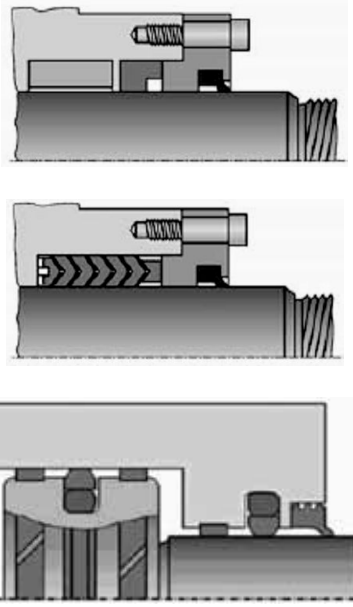
حلقة داعمة



شكل (2-18)

وللمد (مانعات) المكبس

مانعات ذراع المكبس شكل (2-19):



مانعة ذراع المكبس
مانعة حلقية منزلقة مع حلقة كاشطة

مانعة حشوية مع حلقة كاشطة
قابلة للضبط

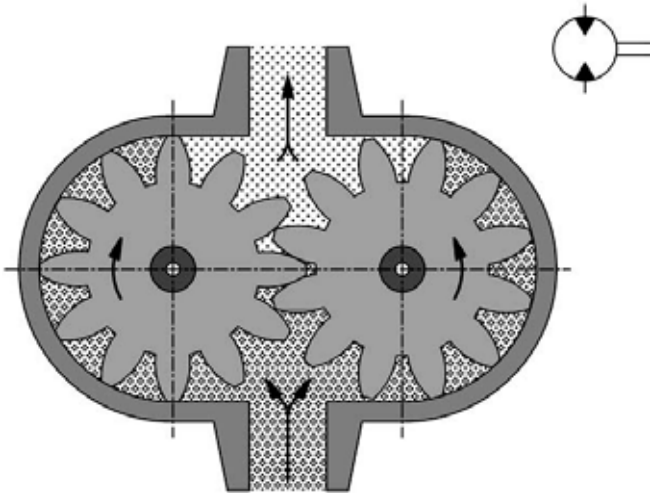
مانعة حشو مع شفرة كشط قابلة للعيار
للسرعات العالية والضغوط العالية
يوصل القوى بمانعة حلقية

شكل (2-19)

اللمدات (مانعات) ذراع المكبس

3-2 المحركات (المؤازرات الدورانية): Drivers

إن المحركات الهيدروليكية شكل (2-20) هي عناصر قيادة النظام الهيدروليكي مثل الأسطوانات ويتم التحكم بها عن طريق الصمامات. وهي أيضاً تحول الطاقة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية مع الفرق بأنها تولد حركات دورانية أو متأرجحة بدلا من الحركات الخطية.



شكل (2-20)

محرك هيدروليكي مسنني

4-2 الصمامات: Valves

تعتبر الصمامات من الوسائل التي تتحكم بالطاقة المتدفقة، حيث تضبط وتنظم اتجاه تدفق السائل الهيدروليكي، الضغط، معدل التدفق. وبالتالي فهي تنظم سرعة التدفق.

هناك أربعة أنواع من الصمامات يتم اختيارها وفقاً للاستخدام المطلوب.

1-4-2 صمامات التحكم بالاتجاه: Directional control Valve

تتحكم هذه الصمامات شكل (2-21) باتجاه تدفق السائل الهيدروليكي، وبالتالي فهي تتحكم باتجاه الحركة ومواضع العناصر العاملة. يمكن أن تشغل صمامات التحكم بالاتجاه يدوياً، ميكانيكياً، كهربائياً، هوائياً، أو هيدروليكياً. حيث تحول وتضخم الإشارات (يدوية، كهربائية، أو هوائية) مشكلة بذلك صلة الوصل بين قسم التحكم بالطاقة وقسم التحكم بالإشارة.

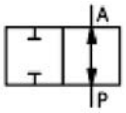
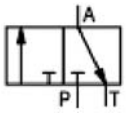
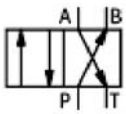
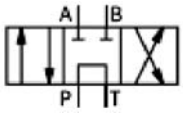
شكل (2-21)

صمام التحكم بالاتجاه

ويعبر عن صمامات التحكم بالاتجاه بواسطة عدة مربعات متصلة مع بعضها، حيث إن عدد المربعات يشير إلى عدد وضعيات التشغيل الممكنة للصمام، وتشير الأسهم ضمن المربعات إلى اتجاه التدفق، وتشير الخطوط إلى كيفية اتصال المنافذ في وضعيات التشغيل المختلفة.

توجد طريقتان ممكنتان لتمثيل المنفذ. تستخدم الطريقة الأولى الحروف L,B, A, T, P والطريقة الأخرى هي تسمية المنافذ أبجدياً A,B,C,D ويتم اعتماد الطريقة الأولى عادة. وتسمى المنافذ دائماً عندما يكون الصمام في وضعية الراحة. عندما لا يكون هناك وضعية راحة فإنها تخصص لوضعية تشغيل الصمام عندما يكون النظام في وضعه الابتدائي، ويعرف وضع الراحة بأنه وضع أوتوماتيكي يفترض أن الصمام يتحرك تحت قوة التحريض وعندما نسمي صمامات التحكم بالاتجاه فإن من الضروري أولاً أن نحدد عدد المنافذ متبوعاً بعدد وضعيات التشغيل. وتمتلك صمامات التحكم بالاتجاه وضعيتي تشغيل ومنفذين على الأقل وفي مثل هذه الحالة فإن الصمام سيمثل بالشكل 2/ 2، ويوضح الشكل (2-22) أنواعاً أخرى من صمامات التحكم بالاتجاه مع رموزها.

تسميات المنافذ

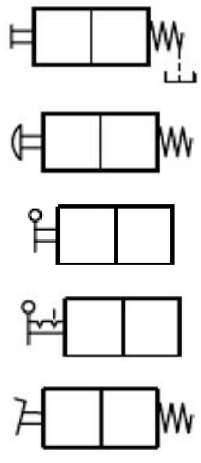
منفذ الضغط p		صمام 2/ 2	A منافذ القدرة B L تسرب الزيت
منفذ الرجوع T		صمام 3/ 2	أو: A منفذ الضغط B منفذ الرجوع C منافذ القدرة
		صمام 4/ 2	D L تسرب الزيت
		صمام 4/ 3	

شكل (2-22)

صمامات التحكم بالاتجاه

طرق التشغيل:

يـتم تـبديل وضعيات التشغيل لصمامات التحكم بالاتجاه بطرق تحريض متعددة.يشير الرمز الممتد خارج الـصمام إلى طـريقة التـشغيل.في حالة طرق التحريض الموضحة،مثل زر الدفع، دواسة، عتلة مع متتبع، يكون الـنابض ضروريـاً للعـودة. ويتم تحقيق العودة أيضاً بتشغيل الصمام مرة ثانية، كمثال في حالة الصمام ذو العتلة الـيدوية ذات الكـريّة. تبـين القـوائم في الأسـفل الـرموز لأهـم طـرق التحـريض الخاصـة بالمواصـفة .DIN ISO 1219



شكل (2-23)

تحريض ميكانيكي:

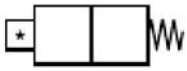
عتلة أو كباسة تشغيل

نابض

عتلة مع دحروج

شكل (2-24)

تحريض ميكانيكي (مستمر):

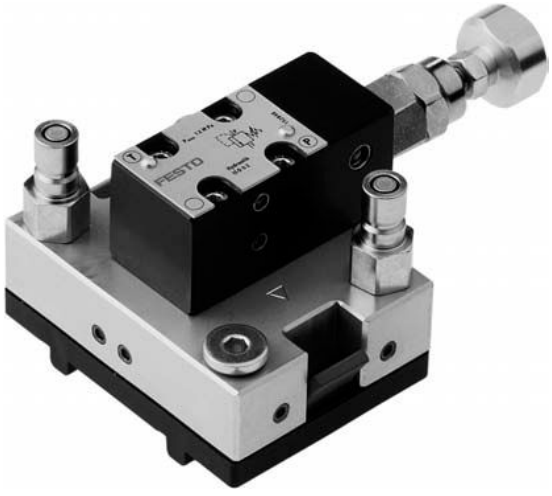

يحدد الرمز * نوع التحريض عندما لا يوجد رمز قياسي

الرمز العام

شكل (2-25)

2-4-2 صمامات الضغط: Pressure Valve

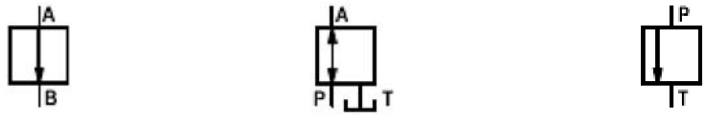
مهمـة هذه الصمامات شكل (2-26) هي التحكم بالضغط في كامل النظام الهيدروليكي أو في جزء من الـنظام. تعتمد طريقة تشغيل هذه الصمامات على أن الضغط الفعلي للنظام يؤثر على سطح الصمام.ويتم موازنة القوى الناتجة بواسطة نابض.



شكل (2-26)

صمام تنفيس الضغط

وتمثل صمامات الضغط باستخدام مربعات حيث يشير السهم إلى اتجاه التدفق ويمكن تسمية منافذ الصمام p (منفذ الضغط) و T للاتصال مع الخزان. أو A B. وضع الصمام ضمن المربع يشير فيما إذا كان الصمام مفتوحاً بشكل طبيعي أو مغلقاً بشكل طبيعي.



مفتوح | تدفق من P إلى A، T مغلق | مغلق

شكل (2-27)

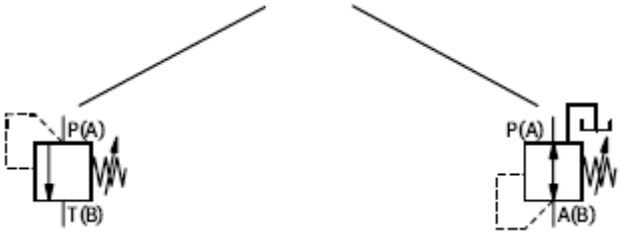
الفرق الرئيسي بين صمام الضغط العادي وصمام الضغط القابل للتعيير هو أن الصمام القابل للتعيير يشار إليه بواسطة سهم مائل على النابض.

محدد التعيير | قابل للتعيير

شكل (2-28)

تقسم صمامات الضغط إلى: صمامات تنفيس الضغط، ومنظمات الضغط.

صمامات الضغط



صمام تنفيس الضغط | منظم ضغط ثلاثي المسالك

شكل (2-29)

صمامات تنفيس الضغط:

في وضع الإغلاق الطبيعي يركب صمام التحكم عند المدخل حيث يؤثر الضغط على الصمام عن طريق التحكم بعبور السائل القادم من المدخل إلى سطح المكبس. حيث يتم حجز السائل بضغط النابض (ضد

ضغط النابض) إذا كانت القوة الناتجة عن الضغط والسطح الفعال للمكبس أكبر من قوة النابض، فإنّ الصمام يفتح. وبهذا الأسلوب، من الممكن تعيير حدود الضغط عند قيمة محدّدة.

منظمات الضغط:

في حالة المنظم المفتوح بشكل طبيعي فإن التحكم بالضغط يتم عند المخرج، ويؤثر الضغط على الصمام عن طريق التحكم بمقطع السائل على سطح المكبس حيث يولد قوة تؤثر على النابض ويغلق الصمام عندما يصبح ضغط الخرج أكبر من قوة النابض فتسبب عملية الإغلاق هذه هبوطاً في الضغط من مدخل إلى مخرج الصمام(مما يؤدي إلى التحكم بالتدفق). وعندما يصل ضغط الخرج إلى قيمة محددة، يغلق الصمام بشكل كامل. ويتم ضبط ضغط العمل الأعظمي عند مدخل الصمام وضغط العمل المنخفض عند مخرج الصمام، لذلك فإن منظمات الضغط تستخدم فقط عند قيم ضغط أصغر من القيم التي يستخدمها صمام تنفيس الضغط.

3-4-2 صمامات التحكم بالتدفق: Flow control Valve

تعمل صمامات التحكم بالتدفق شكل (2-30) مع صمامات الضغط لتؤثر على معدل التدفق، حيث يصبح من الممكن التحكم أو تنظيم سرعة الحركة لعناصر القدرة. عندما يكون معدل التدفق ثابتاً، يجب أن نقوم بتقسيم التدفق، وذلك عن طريق عمل صمام التحكم بالتدفق مع صمام الضغط.

شكل (2-30)

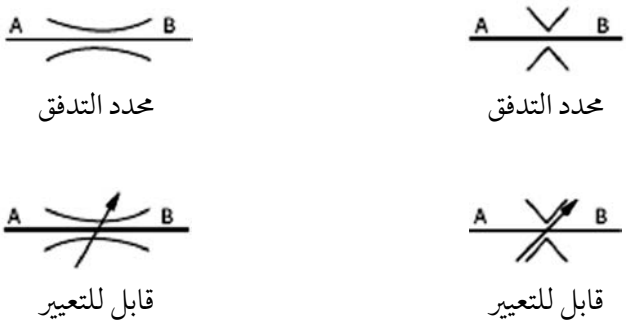
صمام التحكم بالتدفق

في حالة صمام التحكم بالتدفق فإننا نميز بين الصمامات المتأثرة باللزوجة وتلك غير المتأثرة باللزوجة. ندعو صمامات التحكم بالتدفق غير المتأثرة باللزوجة بالفوهات. تشكل الخوانق مقاومات في النظام الهيدروليكي. يتألف صمام التحكم بالتدفق ذو المسلكين من محددي مسار إحداهما محدد مسار غير متأثر باللزوجة (فوهة) والآخر خانق قابل للتعيير. يتم تعديل فتحة الخانق القابل للتعيير حسب تغيرات الضغط.

ويعرف الخانق القابل للتعيير أيضاً باسم موازن الضغط، شكل (2-31).

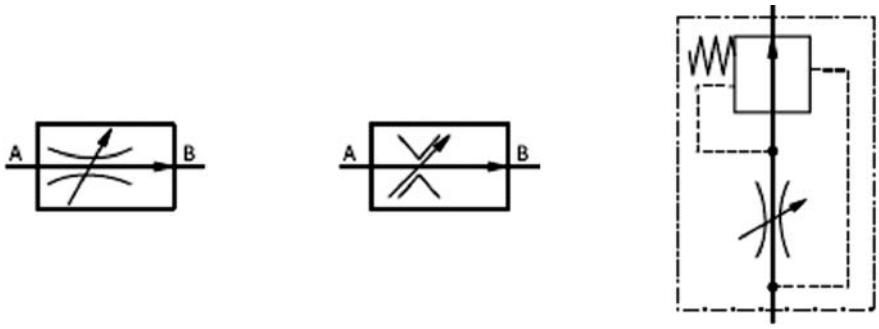
ويتم تمثيل الصمام الخانق القابل للتعيير بمستطيل يرسم في داخله رمز الخانق ويرسم سهم ليمثل تعديل الضغط.

يشير السهم المائل المار عبر المستطيل إلى أن الصمام قابل للتعيير، شكل (2-32).



شكل (2-31)

الخوانق والفوهات



شكل (2-32)

صمام التحكم بالتدفق ثنائي المسالك

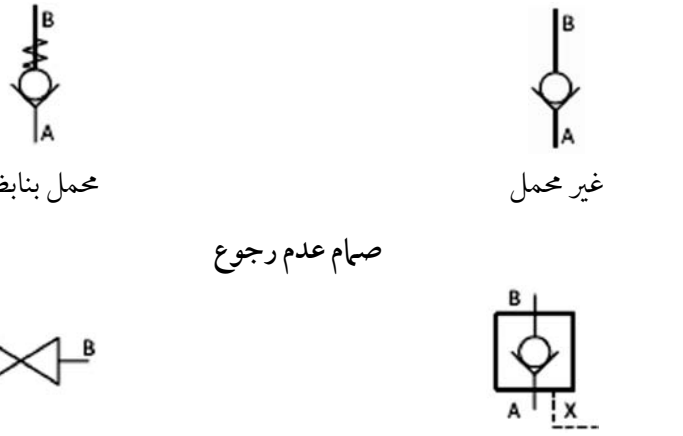
4-4-2 صمامات عدم الرجوع: Check Valve

هناك فرق بين صمام عدم الرجوع شكل (2-33) العادي وصمام عدم الرجوع الذي يعمل بإشارة خارجية. حيث إنه في حالة صمام عدم الرجوع مع إشارة خارجية هناك إمكانية للجريان في الاتجاه المغلق عن طريق إشارة خارجية.

شكل (2-33)

صمام عدم رجوع

ويرمز لصمامات عدم الرجوع على شكل كرة مرتكزة على كرسي الإحكام. يتم رسم كرسي الإحكام على شكل مثلث مفتوح تتوضع في داخله الكرة، ويشير رأس السهم إلى الاتجاه المغلق وليس إلى اتجاه التدفق، وترسم صمامات عدم الرجوع المتحكم بها عن طريق إشارة خارجية على شكل مربع يرسم في داخله صمام عدم الرجوع يشار إلى الإشارة الخارجية (عن بعد) التي تتحكم بالصمام بخط متقطع، ونرمز لمدخل الإشارة الخارجية بالحرف X.



غير محمل — محمل بنابض

صمام عدم رجوع

صمام عدم رجوع متحكم به عن طريق إشارة خارجية — **صمام إغلاق**

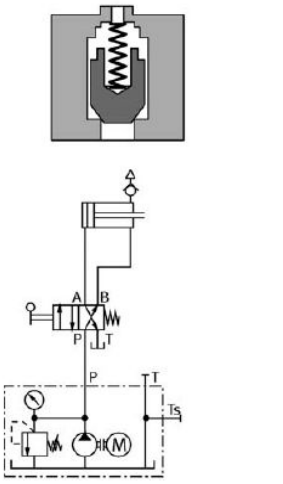
شكل (2-34)

5-4-2 صمّامات تصريف الفائض:

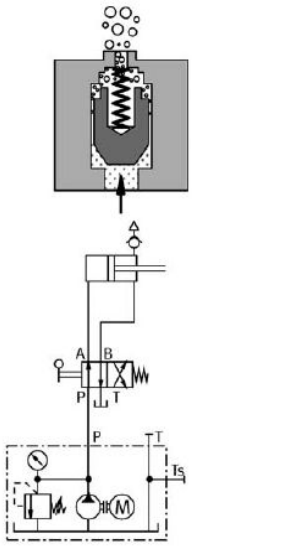
يجب أن تكون صمّامات الفائض شكل (2-35) مركّبة في أعلى نقطة من نظام الخطوط لأنّها النقاط التي يتجمّع فيها الهواء المتسرّب. يوضّح المخطّط صمّام تصريف فائض أوتوماتيكي الشكل (2-35- أ- ب- ج) وهي مبيّنة كما يلي:

- تتراجع الأسطوانة وفي نفس الوقت يُغلق صمّام تصريف الفائض، شكل (2-35- أ).
- عندما يتمدّد ذراع المكبس يفتح صمّام تصريف الفائض. ويُمكن أن يغادر الهواء عن طريق ثقب نافذ أثناء انتشار السائل ودفع المكبس نحو الأمام، شكل (2-35- ب).

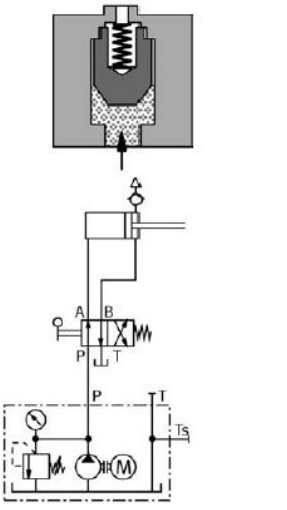
مع تمدد الأسطوانة فإنّ مكبس صمام التنفيس يندفع للأعلى بقدر المسافة المتاحة له بواسطة السائل الهيدروليكي، مغلقاً المخرج ومغلقاً مجرى هروب الهواء. وإذا هبط الضغط، فإنّ النابض يحرّر المكبس حتى تعود فوهة التنفيس إلى إعادة الفتح وتتكرّر هذه العملية، شكل (2-35- ج).



أ- صمّام تصريف فائض أوتوماتيكي



ب) صمّام تصريف فائض أوتوماتيكي

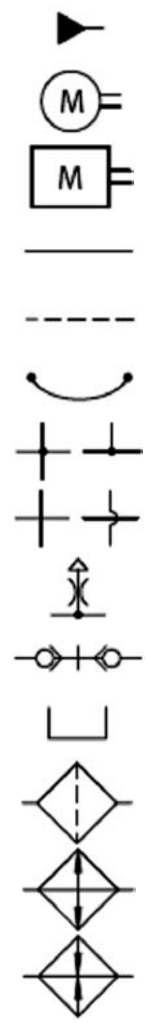


ج) صمّام تصريف فائض أوتوماتيكي

شكل (2-35)

5-2 نقل القدرة وتكييف وسط الضغط:

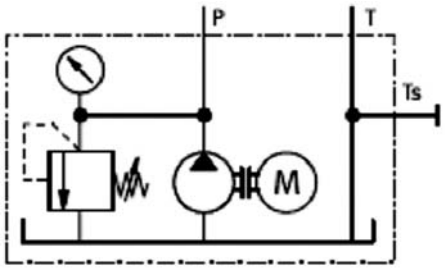
تستخدم الرموز التالية في مخططات الدارات الهيدروليكية من أجل نقل القدرة وتكييف وسط الضغط.



شكل (2-36)

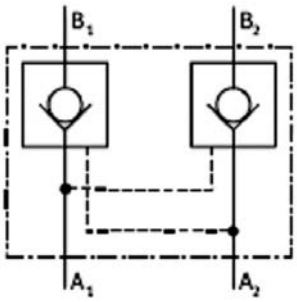
6-2 ارتباط العناصر:

إذا جمعنا العديد من المعدات في صندوق مفرد، فإن رموز العناصر الفردية توضع ضمن صندوق مرسوم بخطوط متقطعة ليدل على الارتباط بين هذه العناصر.



شكل (2-37)

مجموعة القدرة الهيدورليكية



شكل (2-38)

صماما عدم رجوع متحكم بهما عن بعد (قفل هيدروليكي)

7-2 الملحقات الخاصة بالنظام الهيدروليكي: Accessories of hydraulic system

بالإضافة للعناصر الهيدروليكية المذكورة فإنّ الملحقات من الأهمية بمكان لعمل النظام الهيدروليكي وتُستخدم هذه الملحقات بشكل أساسي لنقل الطاقة الهيدروليكية (خراطيم، أنابيب)، ولأغراض التبريد والتسخين، وكعناصر تثبيت واتصال (تجهيزات لولبية، قواعد تثبيت فرعية)، ولتحقيق مهمات الفحص (المقاييس).

1-7-2 القارنة: Couplings

توضع القارنة في وحدة تزويد الطاقة بين المحرك والمضخة وهي تنقل عزم الدوران المتولد عن المحرك إلى المضخة. وبالإضافة إلى ذلك، فإنها تخفف الصدمات الناتجة عن المحرك والمضخة. وبالتالي فهي تمنع انتقال سوء الأداء في تشغيل المحرك إلى المضخة، وتمنع انتقال تذبذبات الضغط للمضخة إلى المحرك، بالإضافة إلى ذلك فإن القارنات تعدل الأخطاء الناتجة عن التصادم لعمودي المحرك والمضخة.

ومن أنواع القارنات:

- القارنات المطاطية.
- قارنات مخروطية حلزونية الأسنان.
- قابض ذو سن مربع تركب في داخله صفائح لدنة.

2-7-2 المبردات: Coolants

ينتج عن الاحتكاك في الأنظمة الهيدروليكية ضياع في الطاقة وذلك عندما يتدفق السائل الهيدروليكي عبر الخطوط والعناصر وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة السائل الهيدروليكي.حتى الوصول إلى حد معين فإن هذه الحرارة تصرف إلى الوسط الخارجي عن طريق،خزان الزيت،الخطوط والعناصر الأخرى.

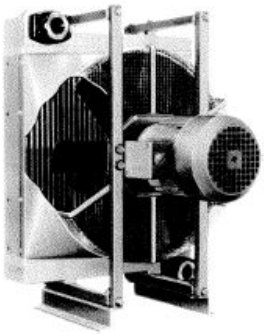
ويجب ألا تزيد درجة حرارة التشغيل عن 50-60 °C. وعندما تكون درجة الحرارة عالية تتناقص لزوجة الزيت إلى حد غير مقبول، مما يؤدي إلى نقص عمر الزيت وأيضاً تنقص فترة خدمة المانعات.

وإذا كان نظام التبريد المنشأ في النظام الهيدروليكي غير فعال بشكل كافي يتم وصل المبرد عادة إلى مثبت أوتوماتيكي لدرجة الحرارة.

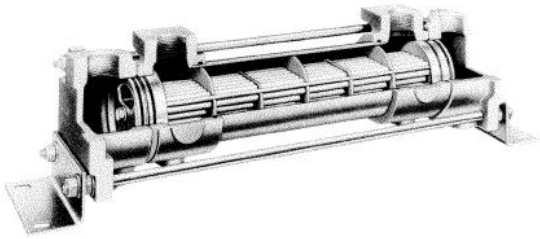
للحفاظ على درجة الحرارة ضمن الحدود المسموح بها تتوافر تجهيزات التبريد التالية في النظام:

- **مبرد هوائي**: يقلل درجة الحرارة بمقدار 25 °C.
- **مبرد مائي**: يقلل درجة الحرارة بمقدار 35 °C.
- **تبريد الزيت عن طريق مروحة تبريد هوائية**: ويستخدم عندما نريد تبديد كميات كبيرة من الحرارة.

وتكون المبردات ضرورية من أجل الأنظمة الهيدروليكية المتنقلة (المعدات الهندسية) نظراً لأن الخزانات صغيرة جداً لتقوم بإزالة الحرارة المنبعثة من النظام.



مبرد هوائي



مبرد مائي

شكل (2-39)

المبردات

والجدول (2-5) يوضح الفرق بين النوعين الهوائي والمائي.

جدول (2-5)

مواصفات المبردات

	المبرد الهوائي	المبرد المائي
المواصفات	يتدفق السائل الهيدروليكي في خط الرجوع عبر الأنبوب حيث يتم تبريده بواسطة مروحة.	تحاط أنابيب نقل الزيت بالمبرد.
الميزات	تكاليف التشغيل منخفضة. سهل التركيب.	يمكن أن تحدث ضياعات كبيرة في الحرارة. ليس له ضجيج.
المساوئ	ضجيج كبير.	تكاليف التشغيل مرتفعة. قابلة للتآكل والتلوث.

3-7-2 السخانات: Heaters

نحـتاج إلى الـسخانات شكل (2-40) غالباً لنحصل على درجة حرارة التشغيل المثلى بسرعة.الهدف من هذا هو تأمين لزوجة السائل الهيدروليكي بسرعة عندما يبدأ النظام بالعمل. وعندما تصبح اللزوجة عالية فإن زيـادة الاحـتكاك والتـي تـؤدي إلى تآكـل كبـير.نستخدم عناصر التسخين وإعادة التسخين من أجل تسخين السائل الهيدروليكي:

- درجة حرارة السائل الهيدروليكي في الأنظمة الثابتة 35- 55 °C في زيت الخزان.
- درجة حرارة السائل الهيدروليكي في الأنظمة المتنقلة 45- 65 °C في زيت الخزان.

يـتم نقـل الطاقـة في الأنظمـة الهيدروليكـية مـن المضخة إلى أجهزة الاستهلاك عن طريق خطوط مناسبة لكي نحـصل عـلى القـيم المطلـوبة قوة أو عزم أو سرعة أو عدد دورات وحتى نحافظ على ظروف التشغيل المقررة للـنظام يتم تركيب الصمامات على الخطوط كعناصر تحكم بالطاقة وهذه الصمامات تتحكم أو تنظم الضغط أو معدل التدفق بالإضافة إلى ذلك فإن كل صمام يمثل مقاومة.

شكل (2-40)

جهاز التسخين

4-7-2 المراكم الهيدروليكية: Hydraulic Accumulator

يعـرف المِـركم الهيدروليكـي على أنه خزان يستخدم لتخزين السائل الهيدروليكي تحت ضغط معين لحين الحاجة إليه. والمركم يمد الدائرة الهيدروليكية بالسائل الهيدروليكي أثناء الظروف العابرة لوقايتها من التوقف عن العمل بسبب النقص في الزيت في ضغط السائل الهيدروليكي.

أنواعها :

هناك عدة أنواع من المراكم:

- المركم الوزني: Weigh Loaded Accumulator
- المركم الزنبركي: Spring Loaded Accumulator
- المركم المكبسي: Piston Type Accumulator
- المركم المنتفخ: Bladder Type Accumulator

وتستخدم المراكم في الدوائر الهيدروليكية للأغراض التالية:

أ- مخـزن إمـداد احتياطـي: يـستخدم المـركم كمخـزن احتياطي للإمداد بالسائل المضغوط عندما تحتاج الدائرة الهيدروليكية لكمية كبيرة من السائل الهيدروليكي في فترة زمنية قصيرة.

ب- تعويض التسرب في الدائرة الهيدروليكية وبالتالي المحافظة على ضغط الدائرة الهيدروليكية.

ج- امتصاص قفزات الضغط المفاجئة عند مخارج الأسطوانات الهيدروليكية.

د- العمل كوحدة طوارئ للإمداد بالسائل الهيدروليكي أثناء تعطل وحدة القدرة الهيدروليكية.

5-7-2 الأنابيب والخراطيم والوصلات: Pipes and lines

توصل عناصر النظام الهيدروليكي مع بعضها بما يُسمّى الخراطيم أو الأنابيب.

يؤثّر المقطع العرضي للخراطيم أو الأنابيب على الفاقد الداخلية للضغط في الأنابيب. وللأشواط الطويلة يُحسب مردود النظام للتأكّد من أنّ الفاقد للضغط في الأنابيب (الانحناءات والانثناءات والوصلات المرفقية) لم تصل إلى قيم كبيرة جداً، وبنفس الوقت للتأكّد من الحِفاظ على أبعاد الخط ضمن حدود معيّنة.

يُصمّم النظام بحيث لا تُتجاوز سرعات التدفّق التالية:

- ضغط الخط:

  حتى 50 bar ضغط عمل: 4.0 m/s

  حتى 100 bar ضغط عمل: 4.5 m/s

  حتى 150 bar ضغط عمل: 5.0 m/s

  حتى 200 bar ضغط عمل: 5.5 m/s

  حتى 300 bar ضغط عمل: 6.0 m/s

- أنبوب سحب: 1.5 m/s
- أنبوب دفع: 2.0 m/s

يُحسب المقطع العرضي اللازم للتدفّق المطلوب استناداً إلى هذه البيانات الأساسية بالاعتماد على الصيغ التالية:

$$A = \frac{Q}{V}$$

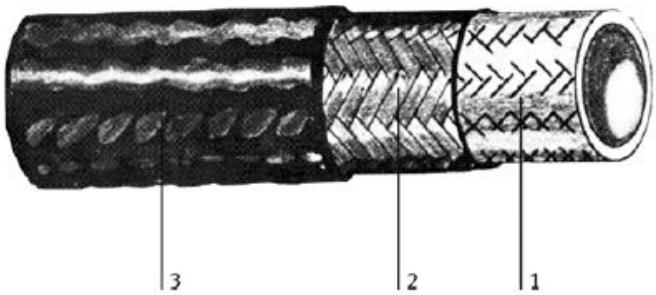
Q: معدّل الجريان (التدفّق).

V: سرعة الجريان.

هذه المعادلة يمكن أن تُستخدم لحساب القياس المطلوب (القطر) للخطوط الأنبوبية عند حساب النظام الهيدروليكي.

أ- الخراطيم المرنة: شكل (2-41)

وهـي وصلات أنبوبية مرنة تُستخدم بين التجهيزات الهيدروليكية النقّالة أو في الأماكن المحدودة الأبعاد (خاصة في الآليات الهيدروليكية). وتستخدم في الحالات التي يتعذر فيها تركيب الخطوط الأنبوبية (خاصة في الأجزاء المتحرّكة). كما تُستخدم الخراطيم كذلك لامتصاص الضجيج والاهتزازات. وتُصنع من عدة طبقات:



شكل (2-41)

بنية الخرطوم الهيدروليكي

الطبقة الداخلية (1) مصنوعة من مطاط صناعي وتيفلون وبوليستير ولدائن وبيربونان أو نيوبرين.

الطبقة الوسطى هي التي تتحمل الضغط وهي شبكة من الأسلاك الفولاذية أو بوليستير أو حرير صناعي.

المقطع العرضي للطبقة الوسطى (2) يمكن أن يتكوّن من طبقة واحدة أو أكثر بحسب الضغط.

الطـبقة العلـوية (3) تتكون من مطاط واقي مقاوم وبوليستير ولدائن البولي يوريتان أو مواد أخرى. كما يُمكن أن تتمّ حماية الخطوط الأنبوبية كذلك من الصدمات الميكانيكية بمادة داخلية ملفوفة حلزونياً أو مجدولة.

- **اختيار الخراطيم المرنة:**

عند اعتماد الخراطيم المرنة من الضروري أخذ أدائها بعين الاعتبار وتحديد مؤشراتها.

بالإضـافة إلى الطاقـة المـنقولة عـبر السائل فإنّ الخراطيم معرّضة للتأثيرات الميكانيكية والكيميائية والحرارية.

وبالأخص من المهم تحديد الضغط العامل السكوني (الاستاتيكي) والحركي (الديناميكي).

ارتفاع الضغط المفاجئ كنتيجة للإغلاق السريع للصمّامات يمكن أن يساوي أضعاف الضغط المحسوب.

و مـا دمـنا نهـتم بالبيانات التقنية كالقياس الاسمي والحمل والمقاومة الحرارية والكيميائية...إلخ كأساس فإنَّ الشركة الصانعة وحدها هي التي تحدّد المواصفات الدقيقة.

يجب أن تُراعى التوصيات المتعلّقة بالقياس الاسمي والضغط الموجودة في DIN20021 و20022 و20023.

الاختبارات التعريفية للخراطيم المرنة مطروحة في DIN 20024.

- **تعريفات:**

- **الضغط العامل الأعظمي المسموح به:**

يُحـدّد مـن الـشركة الـصانعة الضغط العامل السكوني، وبشكل عام الحركي أيضاً، للضغط أهمية خاصة. الضغط العامل السكوني يُحدّد مع عامل أمان = 4. أي أنَّ الضغط العامل هو ربع ضغط الانفجار.

- **ضغط الانفجار:**

هذا الضغط يجب أن يُلاحظ بدقّة كقيمة تجريبية، والخرطوم لن ينفجر أو يُسرّب تحت هذا الضغط.

- **الضغط التجريبي:**

تُضغط الخراطيم لضعفي الضغط العامل لمدة لا تقلّ عن 30 ثانية ولا تزيد عن 60 ثانية.

- **التغيّر في الطول:**

كـلّ خـرطوم يتغـيَّر طـوله حتى مقدار طول معيّن عند الضغط العامل، ومقدار التغيَّر يعتمد على تصميم الطبقة الوسطى الشبكية. وهذا التغيّر قد لا يزيد عن ٪2+ ولا يقلّ عن ٪4-.

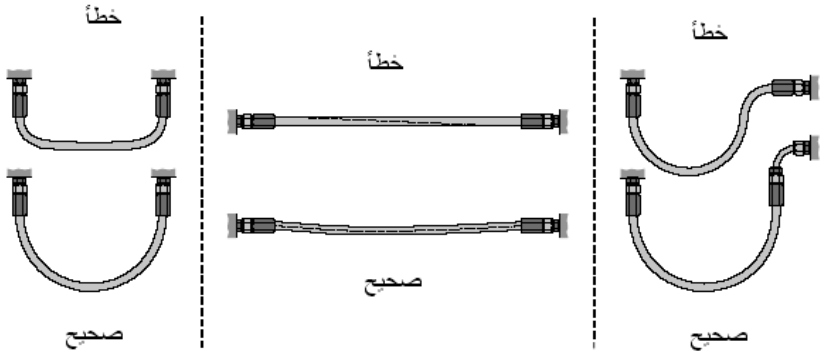
- **نصف قطر الانحناء:**

يُحدّد نصف قطر الانحناء الأصغر من أجل خرطوم معياري عند الضغط العامل الأعظم. ولأسباب أمنية من المهم عدم الهبوط عن هذه القيمة الصغرى.

- **درجة حرارة العملية:**

تُـشير درجـات حـرارة العملية المحدّدة إلى الزيت المارّ عبر النظام. درجات الحرارة العالية تُقلّل بشدة من عمر الخدمة للخرطوم.

الأمـر الأكثر أهميةً للتأكّد عند تركيب الخراطيم المرنة هو أنَّ الطول المستخدم صحيح. ويجب أن يكون تحريك الأجـزاء ممكـناً دون التأثـير عـلى الخطـوط. بالإضـافة لـذلك فإنَّ نصف قطر الانحناء يجب أن يكون كبيراً بما يكفي. والشكل (2-42) يُبيِّن بعض القواعد الأساسية عند تجميع الخراطيم:



شكل (2-42)

تجميع الخراطيم الأنبوبية

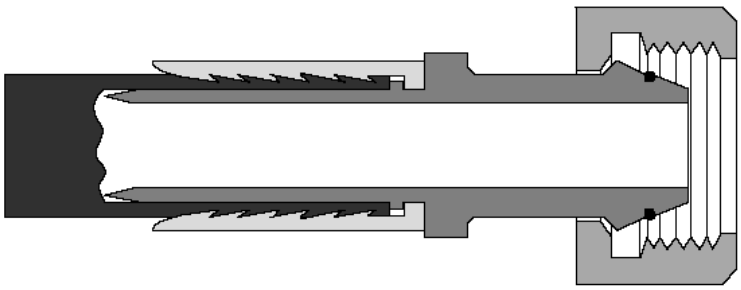
تستخدم الخراطيم عادة كعناصر وصل في الآليات الهيدروليكية النقّالة وفي عدة أنظمة ثابتة. وبالتالي من الضروري أخذ هبوط الضغط Δp بعين الاعتبار عند تحديد حجم النظام الهيدروليكي، والجدول (2-6) يوضح مقارنة هبوط الضغط في الأنابيب.

جدول (2-6)

مقاومة الجريان Δp للخراطيم الأنبوبية (Prof. Charchut)

ΔP بالبار لكل متر طول بدون تجهيزات وصل ($p = 850\ kg/m^3$; $v = 20\ mm^2/s$)											
NG	da (mm)	10 (L/min)	20	30	50	70	100	125	150	175	200 (L/min)
6	14	0.33	1.13	2.16							
	18	0.14	0.46	0.88							
8	16	0.10	0.31	0.59	1.41	1.2					
	20	0.045	0.12	0.23	0.55	0.97	0.82	1.2			
10	19	0.045	0.12	0.23	0.55	0.97	0.82	1.2			
	22	0.02	0.04	0.08	0.19	0.37	0.65	0.96	0.68	0.87	1.1
12	20	0.02	0.04	0.08	0.19	0.37	0.65	0.96	0.68	0.87	1.1
	26	0.008	0.02	0.03	0.075	0.15	0.27	0.39	0.57	0.73	0.92
16	26			0.01	0.041	0.07	0.14	0.2	0.27	0.35	0.43
	30				0.021	0.04	0.073	0.1	0.15	0.186	0.23
20	30				0.012	0.02	0.041	0.06	0.007	0.106	0.136
	34					0.013	0.025	0.035	0.05	0.106	0.083
24	36					0.009	0.016	0.023	0.032	0.06	0.051
	38.1						0.01	0.015	0.02	0.04	0.033
32	46						0.004	0.006	0.008	0.025	0.014
	50.8						0.003	0.004	0.005	0.011	0.009
40	60.3									0.003	0.004

يمكن أن توصل الخراطيم إلى الأجزاء المختلفة من التجهيزات أو حتى مع بعضها بما يُسمّى وصلات مقلوظة أو وصلات الربط السريع شكل (2-43). ووصلات الخرطوم الثابتة تضمن أنَّ الاتصالات لا تؤثّر على العملية:



شكل (2-43)

الخرطوم – الوصلة

ب- الوصلات:

a) فرّقت مواصفة DIN 24950 بين طرق التثبيت التالية للوصلة الداعمة لطرف الخرطوم:

- **وصلة الخرطوم الثابت المقلوظة:**

التثبيت المطلوب بالخرطوم يُحقّق بقلوظة محورية للأجزاء المستقلة. كما أن وصلة الخرطوم هذه يمكن أن تُركّب بشكلٍ عام بدون تجهيزات خاصة وقابلة لإعادة الاستخدام.

- **وصلة الخرطوم الدوّارة:**

التثبيت المطلوب بالخرطوم يُحقّق بتشويه أحد جزئي التثبيت المخروطيين على الأقل. ووصلة الخرطوم هذه يمكن أن تُركّب باستخدام أدوات خاصة وهي غير قابلة لإعادة الفكّ أو التركيب.

- **تثبيت الجلبة:**

التثبيت المطلوب بالخرطوم يُحقّق باستخدام جلب تثبيت خارجي أو بالهرس. وهذا التثبيت قابل لإعادة الفكّ والتركيب ويمكن أن يُركّب باستخدام أدوات خاصة أو بدونها حسب النمط.

- **تثبيت بالملزمة (بالكبس):**

التثبيت المطلوب بالخرطوم يُحقّق باستخدام مقّوي كاستخدام ملازم الخراطيم المحدّدة حسب DIN3017، أو باستخدام الأحزمة الأنبوبية الشكل المحدّدة حسب DIN32620. وهذا النوع من التثبيت يمكن أن يُركّب كذلك باستخدام أدوات خاصة أو بدونها حسب التصميم وتُصنّف مع قسم الوصلات القابل لإعادة الفكّ والتركيب. وعلى كلٍّ فإنّها مناسبة للضغوط العالية.

- **تثبيت الخرطوم بالحشر:**

عادةً يُصنع من أصابع تثبيت مختلفة الأشكال. التثبيت المطلوب بالخرطوم يُحقّق عادةً من خلال تشكيل مناسب للأصبع (المربط). ويُمكن أن يُركّب هذا النوع من التثبيت بدون أدوات خاصة وهو قابل لإعادة الفكّ والتركيب. وعلى كلٍّ فإنّها غير مناسبة للضغوط العالية.

b) فرّقت DIN 24950 بين الوصلات التالية:

أنواع أطراف الربط للوصلات الواقية لإطارات الوصلة: شكل (2-44)

- **وصلة مقلوظة:**

مزوّدة بسن.

- **وصلة أنبوبية:**

مزوّدة بأنبوب، لتجهيزات الضواغط.

- **وصلة فلنشة:**

مزوّدة بفلنشة.

- **وصلة حلقية:**

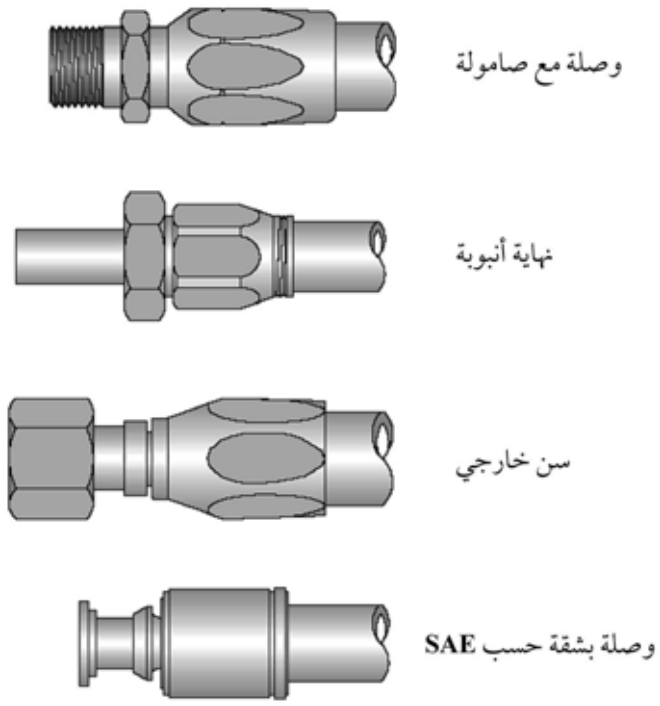
مزوّدة بحلقة.

- **وصلة قارنة:**

مـزوّدة بقارنـة نـصفية متناظـرة أو غـير متناظرة.

- **وصلة توحيد:**

مزوّدة برابط حلقي.



شكل (2-44)

أنواع أطراف الربط للوصلات الواقية لإطارات الوصلة

يبين شكل (2-45) العناصر التي تشكّل جزءاً من وصلات تثبيت الخراطيم:

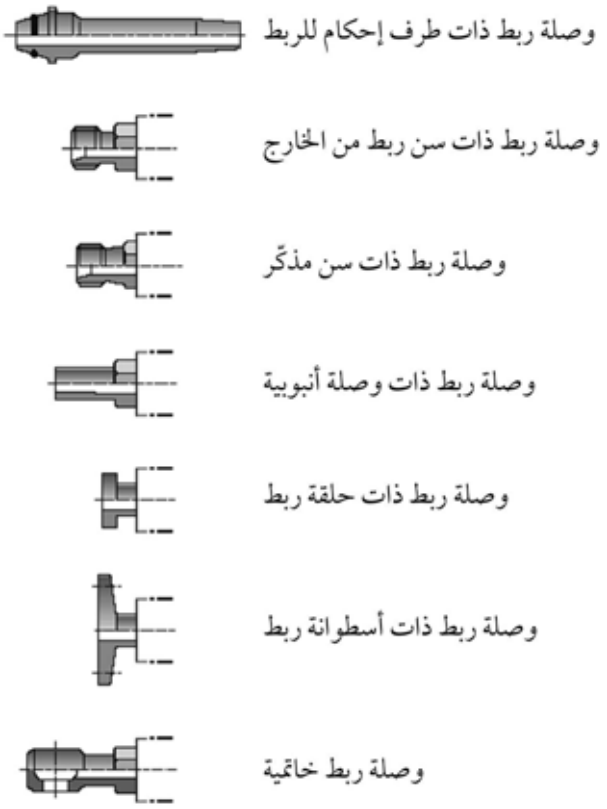
- صامولة وصل.
- جلبة:

وهـو الجـزء مـن مـربط الخـرطوم الـذي يطـوّق الخـرطوم. ويُفرّق هنا بين التثبيتات المقلوظة والتثبيتات المتأرجحة والتثبيتات الملزمية وملزمة الخرطوم.

- أصبع محشور (جلب، أنابيب تثبيت مرفقية):

وهـو العنـصر الـذي يُحشر داخل الخرطوم منفّذاً الاتّصال على طرف الوصلة. وحتّى في حالة التجهيزات المـزوّدة بـشوكة فـإنّ DIN24950 فـرّقت بـين أجـزاء الـربط الموضـوعة عـلى طـرف الخرطوم وبقيتها الموضوعة على نقطة التثبيت:

- على طرف الخرطوم من الوصلة: يتم تدوير الوصلة حتّى تنحشر بقوّة ضمن الخرطوم.
- عـلى طـرف الوصلة من المربط: يوجد وصلات مقلوظة، وصلات ذات نهايات إحكام، أنابيب تُثبّت بالتدوير نحو الداخل، أنبوب، فلنشة أو حلقة وصل.

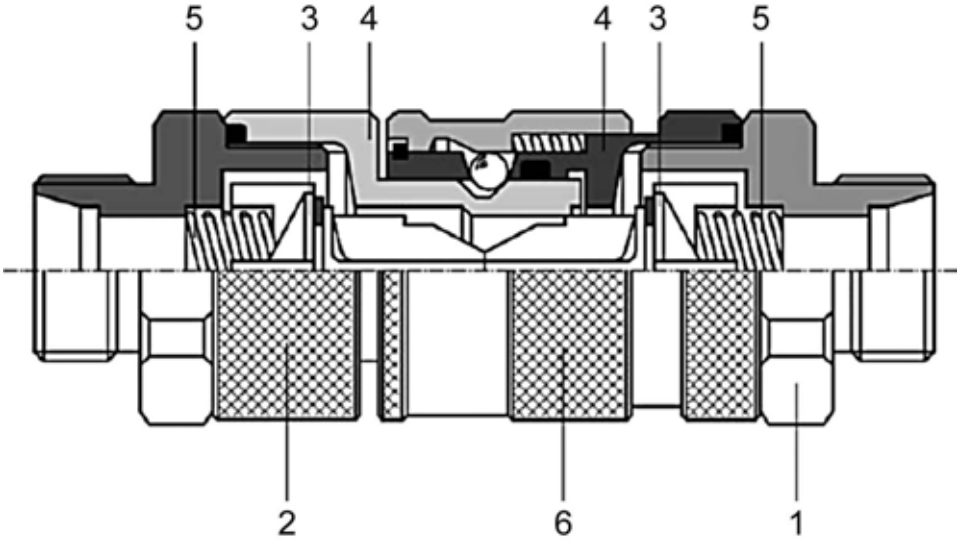


شكل (2-45)

ربط ووصل الخراطيم - الأصابع

يُمكـن أن تُـستخدم وصـلات الـربط الـسريع للوصـلات سريعـة التركـيب أو الفـك شـكل (2-46) في مختلف المعدّات.

وهـذه الوصـلات متوفـرة إمّـا مع أو بدون قابلية لفكّ صمّام عدم رجوع. فحيث لا يوجد ضغط فإنّ الوصل ممكن بواسطة صمّام عدم رجوع بدون تسرّب السائل الهيدروليكي.



1- صامولة سريعة الوصل. 3- مانعة مخروطية. 5- نابض.

2- نقطة التوصيل. 4- مكان توضّع المانعة. 6- مقبض حلقي.

شكل (2-46)

وصلة سريعة الفك

ج- الخطوط الأنبوبية الفولاذية:

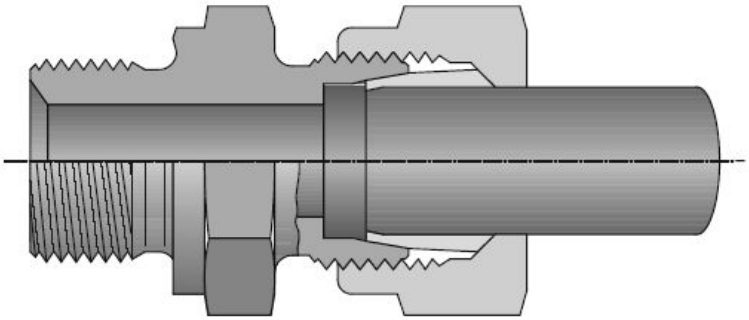
تُستخدم الأنابيب الفولاذية ناعمة الجدران غير قابلة للصدأ كخطوط أنابيب كما هو محدّد حسب DIN 2391. وتُحسب سماكة الجدران للأنابيب بالاعتماد على الضغط الأعظم في الأنبوب وعلى عامل أمان التحكّم بالصدمات.

وقبل التركيب يُمكن أن تُحنى الأنابيب إمّا على البارد أو بتسخينها وباستخدام أدوات حني مناسبة. بعد الحني وعندما تكون الأنابيب ساخنة يجب تنظيفها لإزالة الطبقات القشرية المتشكّلة أثناء هذا الإجراء. وعلى سبيل المثال: العناصر التالية مناسبة للوصلات من أنبوب لأنبوب أو من أنبوب إلى وصلة جهاز:

- وصلات الأنابيب المقلوظة: حتى القطر الاسمي 38 (يعتمد على ضغط العملية).
- الوصلات بالفلنشة: فوق القطر الاسمي 38.

فرّقت DIN 3850 بين وصلات الأنابيب المقلوظة التالية: شكل (2-47)

- وصلات عديمة اللحام.
- وصلات انضغاطية.
- وصلات حلقية ذات سن مخروطي مزدوج (من الجهتين).
- وصلات بسن وملحومة.
- وصلات نحاسية.
- وصلات بسن ذات نمط كروي.



شكل (2-47)

وصلة أنبوبية مقلوظة

لسهولة الاستخدام فإنّ الوصلات الانضغاطية هي أكثر أنماط التجهيزات المقلوظة شيوعاً. عند تعشيق سنين معاً تُدفع حلقة حشر (ويسر) إلى المخروط الداخلي للوصلة بشدّ صامولة الوصل. تثبت ويسر في الأنبوب عندما تُدفع من صامولة الإحكام.

جدول (2-7)

العناصر الأساسية للوصلات الانضغاطية

الوصف	التعريف حسب DIN
حلقة انضغاط	3816
حلقة مخروطية مزدوجة	3862
كروية مزوّدة ببطانة معدنية	3863
شفوية مزوّدة ببطانة معدنية	3864
حلقة ضغط	3867

جدول (2-8)

العناصر الأساسية للوصلات (مانعات)

العناصر الأساسية للمانعات	التعريف حسب DIN	الوصف	
حلقة انضغاط	3870	A	صامولة وصل
حلقة مخروطية مزدوجة		B	
جلبة فلنشة ملحومة بالسمكرة		C	
جلبة فلنشة ملحومة بالقوس الكهربائي			
زيتونة مع حلقة انضغاطية	3872		صامولة وصل
حلقة انضغاط	3871	A	قلووظ وصل
حلقة مخروطية مزدوجة			
كروية مزوّدة ببطانة معدنية		C	
شفوية مزوّدة ببطانة معدنية			

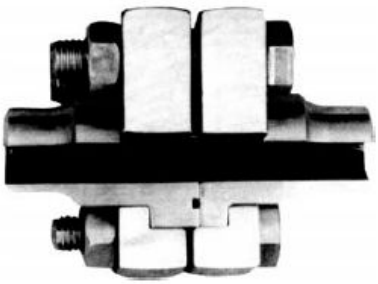
بالإضافة لذلك فإنّ الوصلات الطرفية التالية تُستخدم مع الوصلات الأنبوبية المقلوظة:

- وصلات مستقيمة.
- وصلات زاوية، بشكل حرف L، بشكل حرف T، وصلات ملحومة بالسمكرة.
- وصلات حرّة الرؤوس، وصلات مسدسة ملحومة، وصلات مسدسية نحاسية.

ويتوفر النمط المحدّد من الوصلات بأعداد مختلفة من التصاميم المدرجة في DIN 3850.

كذلك يُمكن معرفة القياسات والضغوط الاسمية للوصلات المقلوظة المعيارية في DIN 3850.

وتُستخدم الوصلات الشفوية كذلك للأنابيب الأكبر، كذلك يُمكن أن تُثبّت الشفة بالأنبوب بواسطة سن أو أن تُلحَم معه. ويُبيّن الشكل (2-48) وصلتين شفويتين: واحدة للأنابيب والأخرى للخراطيم. كما أنّ استخدام سن B.S.F (السن المتري) وسن NPT (السن المستدق) شائع في الهيدروليك كوصلات مقلوظة.

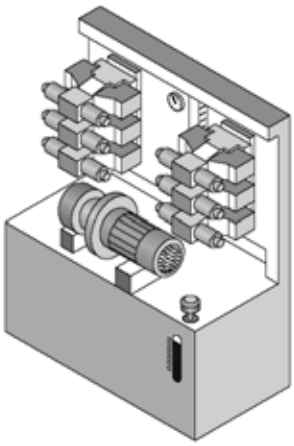


شكل (2-48)

وصلة فلنشة

- **قواعد الربط:** شكل (2-49)

إنّ الوصـل المباشر للصمّامات بالأنابيب والخراطيم لا يُحقّق دومـاً نظامـاً آمـناً واقتـصادياً معاً. ولهذا السبب تُستخدم قواعد الـربط بـشكلٍ واسـع في الهيدروليك لتجهيزات الوصل. وطرق الوصـل هـذه تتـيح تـبديلاً سريعـاً للـصمّام وتقلّل مسار التدفّق للسائل الهيدروليكي.



شكل (2-49)

قواعد الربط

وكـما الصمّامات فإنّ قواعد الربط هذه لها فتحات معيارية معرّفة حسب DIN ISO 4401.

تُثبّت الـصمّامات بأسـنان عـلى هـذه القـواعد ومن ثَمّ تُركّب في مقدمـة لـوحات أو حمّـالات وتوصـل بالأنابيب الهيدروليكية في الجانب الآخر.

وللتوفـير في ثمـن الأنابـيب تُستخدم بلاطات مختلفة للصمّامات الموصولة على التفرّع (بلاطات هيدروليكية). وتُصنع كتل تحكّم خاصّةَ من حديد الصب مع فتحات التوصيل الضرورية للتحكّم في الدارات المتكرّرة. ويُمكن أن توصل التحكّم الخاصّةَ هذه لتشكّل مجمع تحكّم (من البلاطات).

أ- الترابط الشاقولي:

توصـل الـصمّامات عـلى صـفيحة متوسطة مع بعضها على شكل برج رأسي وبقلاووظ إلى قاعدة رئيسية مشتركة. وبالتالي تكون كمية الأنابيب المطلوبة محدودة.

ب- الترابط الطولي:

في الـنظام الـذي يحوي عدة دارات تحكّم، تُمدّ صفائح طولية مفصولة عن بعضها بصفائح حاجزية. فكلّ من الصمّامات الأحادية أو صفّ من الصمّامات الرأسية يُمكن أن يُثبّت بسن مع الصفيحة الحاجزية.

6-7-2 أنواع مقاييس (أجهزة قياس) الضغط: Pressure Gauge (manometers)

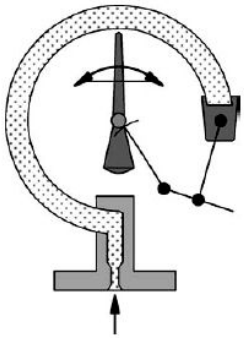
أ- مقياس أنبوبة بوردون: شكل (2-50)

المقياس الأكثر استخداماً، يعمل حسب مبدأ أنبوبة بوردون.

لأنبوبة بوردون المنحنية مقطع عرضي مسطّح بيضاوي الشكل. عندما يتدفّق السائل عبر الأنبوبة فإنّ الضغط نفسه يُؤثّر على كلّ نقطة من الوسط. وبسبب اختلاف المساحة بين السطح المنحني الخارجي والسطح المنحني الداخلي تنتج قوّة أكبر على السطح الخارجي تحني أنبوبة بوردون أكثر. هذه الإزاحة تُحوّل إلى مؤشر عن طريق عتلة وإصبع دوار موثوق. عندها يمكن أن يُقاس الضغط من المقياس المدرّج.

وهذا النوع من المقاييس ليس محميّاً ضد ارتفاعات الضغط. ويجب أن تُركّب فتحةُ تخميد على مدخل الاتّصال لحماية النابض من موجة الضغط. وتستخدم أنبوبة بوردون الحلزونية أو اللولبية للضغوط فوق 100 bar بدلاً من الدائرية. ويمكن أن تُقاس الضغوط حتّى 100 bar بأنبوبة بوردون الدائرية.

هذه المقاييس حسّاسة إذا رُكّبت في موقعها ويمكن أن تُركّب في المواقع المحدّدة لها فقط.



شكل (2-50)

مقياس أنبوبة بوردون

ب- مقياس الضغط الغشائي:

في هذا المقياس استُبدلت أنبوبة بوردون بكيس مقاوم للضغط من معدن متجعد أو غشاء مقاوم للضغط مركّب بين شفتين

عندما يُضغط السطح الداخلي للكيس أو الغشاء ينتفخ الغشاء أو الكيس. مقدار الانتفاخ هذا يُحدّد الضغط المقاس ويُحوّل إلى مؤشّر عن طريق آلية ما. تعتمد معدّلات الضغط على التصميم ويُمكن أن تصل إلى 25 bar.

ج- مقياس الضغط المكبسي:

في مقياس الضغط المكبسي يؤثّر السائل الهيدروليكي على مكبس، القوة الناتجة تؤثّر بعكس قوة ضغط النابض. المؤشّر الذي يُظهر الضغط في المقياس متّصل بشكلٍ مباشر مع المكبس. مقياس الضغط المكبسي محميّ ضد الحمولة الزائدة.

د- حسّاسات الضغط:

هناك مقاييس ضغط أكثر دقّة مصنوعة من الكوارتز تستخدم التأثير الكهروضغطي. في هذه الحسّاسات يؤثّر الضغط على غشاء وبالتالي على بلورة الكوارتز التي تُصدر جهد أو تيار مناسب للضغط المؤثّر. تُضخّم هذه الإشارة الكهربائية وتُظهر بأداة إظهار على شكل قياس للضغط.

أنماط أخرى من الحسّاسات تعمل مع مقاييس انفعالية ملصقة على غشاء. ينحني الغشاء تحت الضغط. يُحوّل تمدّد المقياس الناتج من الضغط إلى إشارة كهربائية. هذه الإشارات تُضخّم كهربائياً وتُظهرُ بأجزاء أخرى من التجهيزات (شاشة، مقياس، عدّاد). في حالة هذا النوع من الحسّاسات تُدمج شريحة التضخيم الكهربائية مباشرةً مع مقياس الانفعال.

ميّزات حسّاسات الضغط الكهربائية:

يُمكن نقل الضغط المُقاس إلى نقاط بعيدة باستخدام أسلاك توصيل ويُمكن أن تُسجّل عن طريق مسجّل عمليات.

كذلك من الممكن التحريض المباشر لصمّامات الضغط عن طريق المضخّم.

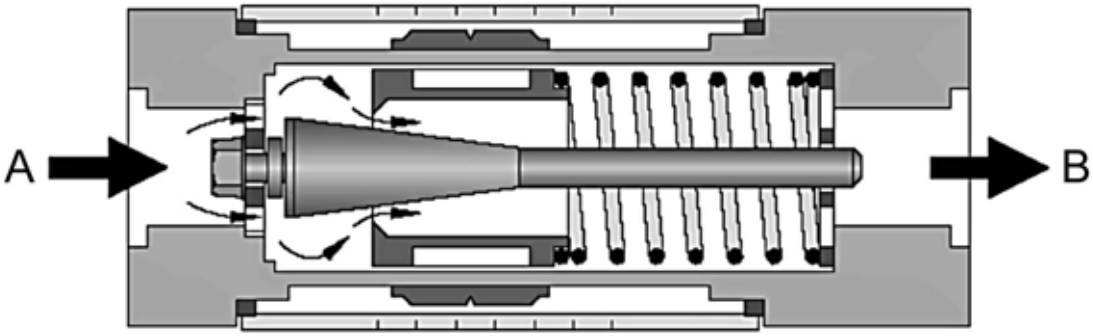
مقاييس التدفّق الحجمية:

إذا طُلب مقياس مفرد لفحص أداء مضخّة أو تحديد صمّام التحكّم بالتدفّق. فإنّ الطريقة الأبسط لفحص التدفّق الحجمي هي استخدام وعاء قياس.

إذا كان التدفّق في النظام الهيدروليكي يجب أن يبقى مراقَباً مع إظهار قيمته بشكل مستمر فيجب اختيار أحد الأدوات في الصفحة التالية لتتلاءم مع متطلبات الأداء والدقّة.

- **وسائل قياس التدفّق:** شكل (2-51)

لقياس تدفّق السائل يُمرّر السائل عبر الفتحة A حيث يُثبّت مخروط قادرٌ على التأثير على مكبس في أنبوبة القياس. إذا تدفّق السائل الهيدروليكي عبر المقياس بين المخروط والمكبس يُضغط المكبس بعكس اتجاه النابض بحسب مقدار التدفّق. المكبس يعمل كفتحة متنقلة. مساحة المقطع العرضي للجريان متوافق مع موضعه – موضع المقطع -. يتحرّك المكبس حتى يتغيّر الضغط المُؤثّر ويتوازن المكبس مع النابض. وبما أنّ التدفّق يعتمد على تغيّر الضغط عند الفتحة فإنّ إزاحة المكبس تظهر كمقياس للتدفّق. معدل الخطأ في الإظهار 4٪.



شكل (2-51)

مقياس تدفّق (مقطع عرضي)

تُستخدم عنفات القياس والمقاييس ذات القرص البيضوي والمسننة ومقاييس الفوهات وأقراص الممانعة للقياسات الأكثر دقّة لتنظيم والتحكّم بالأسطوانات التزامنية أو بالمحرّكات أو للتحكّم الموضعي.

يُحافظ على العنفات دائرةً باستخدام التدفّق. تُقدّر السرعة كنتيجة للتدفّق ويتم إظهارها (من خلال مخطّط)

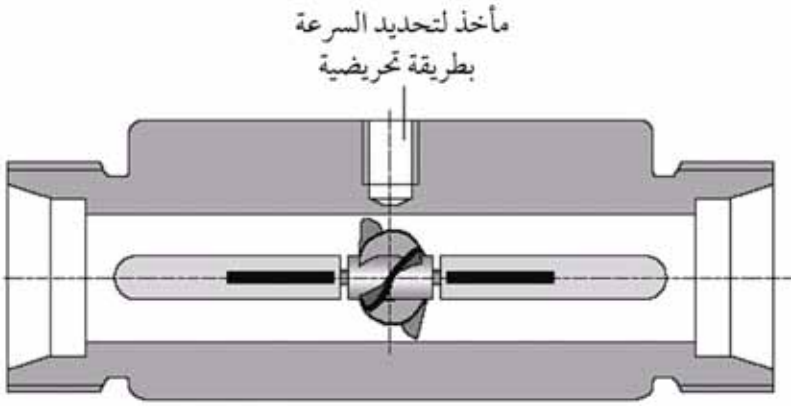
يُصنع المقياس المسنني كالمحرّك المسنني. يتم تحسس كلّ سن تحريضياً من خلال جهاز قياس. والسرعة تُظهر قيمة التدفّق من خلال محوّل الإشارة.

المقياس القرصي البيضوي يعمل بنفس المبدأ. مرّة أخرى السرعة تُقاس تحريضياً أيضاً وكما في حالة المقياس المسنني فإنّ حجم الحجرة معروف، ويمكن حساب التدفّق من حساب السرعة المقاسة.

في حالة مقياس الفوهة تُقاس Δp وتُحوّل كهربائياً وتُظهر كقيمة للتدفّق.

- **مبدأ عمل الصفيحة الفاصلة:** كما في الشكل (2-52)

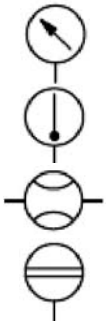
يُؤثّـر الـتدفّق عـلى الـصفيحة الفاصـلة في أنـبوب الجـريان التـي تنجز شوطاً يتناسب مع معدّل الجريان (الـتدفّق). يـتمّ تحسّس طول الشوط بطريقة لا تلامسية. إشارة الخرج الكهربائي تُحوّل وتُظهر كتدفّق. طريقة حساب السرعة تحريضية.



شكل (2-52)

مقياس توربيني

وتظهر أدوات القياس في المخططات الهيدروليكية على شكل الرموز التالية:



مقياس ضغط

ميزان حرارة

مقياس تدفق

مؤشر مستوى الملء

شكل (2-53)

8-2 احتياطات الأمان: ⚠ Safety

للنظام الهيدروليكي ننصحك بالتزام عوامل الأمان التقنية المحدّدة في DIN 24346.

مواصفات منع الحوادث للعمّال تحدّد مسؤوليات مؤسسة التأمين (VBG) التي تتعلّق بكلّ من الآلات المفردة والـنظم الكاملة مثل (المكابس الهيدروليكية) ويجب أن تؤخذ بعين الاعتبار كذلك مبادئ أمان أخرى سُطّرت هنا وهي على قدرٍ عالٍ من الأهمية:

- لا تشغّل نظاماً ولا تضغط زراً إذا كنت لا تعلم وظيفته.
- لا تشغّل دارة التغذية ما لم تتصل جميع الخطوط.
- تأكّد أنّ جميع خطوط العودة (أنابيب التسريب) تؤدي إلى الخزّان.
- قـبل التوصـيل نفّـس ضغط النظام بحذر. ثمّ غيّر عناصر التصفية. وعند التشغيل الأولّي للنظام افتح صمّام الأمان بشكل كامل تقريباً وعلى مهل ارفع ضغط النظام إلى الضغط العامل. أما صمّامات تنفيس الضغط يجب أن تركّب بطريقة لا تعطّل عملها.
- جميع الصمّامات المركّبة يجب أن تكون معروفة.
- نفّس النظام والأسطوانات.
- ركّب مفتاح الطوارئ في مكان سهل الوصول إليه.
- استخدم أجزاء قياسية فقط.
- دوّن جميع التغيّرات في مخطّط الدارة بدون إهمال شيء.
- يجب أن يُشار إلى الضغط الاسمي بوضوح.
- تأكّد أنّ التجهيزات المركّبة في النظام مقننة عند الضغط الأعظمي العامل.
- أنابيب السحب يجب أن تُصمّم بطريقة تُمكّن من التخلّص من الهواء المحتمل دخوله إلى النظام.
- درجة الحرارة في خط الامتصاص إلى المضّخة يجب ألا تتجاوز 60 °C.
- أذرع مكابس الأسطوانات يجب أن لا تنحني. ويجب ألا تتعرّض لقوى قاصّة.
- احم أذرع المكابس من التلف والتلوّث.

ملحـــق (1)

❖ الوحدات المستخدمة في القياسات الهيدروليكية وتحويلاتها:

في الهيدروليك وحدة الضغط المستخدمة عادةً هي البار لتتناسب مع الضغوط العالية.

يستخدم النظام الدولي لباسكال كواحدة للضغط وفي حالات خاصّة البار وعادةً تُتجنّب وحدات الجو (atm) والتور (Torr).

والجدول (2-9) يوضح طريقة التحويل بين الحدات المختلفة.

جدول (2-9)

التحويلات بين وحدات الضغط المختلفة حسب DIN 1314 (12.71)

$$1\text{Pascal} = 1\text{Pa} = 1\frac{\text{Nm}}{\text{m}^2} = 10^{-5}\,\text{bar}$$

	Pa	bar	mbar	Torr	at
1 Pa = 1 N/m^2	1	10^{-5}	10^{-2}	7.5×10^{-3}	1.02×10^{-5}
1 bar = 10 N/cm^2	10^5	1	10^2	750	1.02
1 mbar = 1 N/dm^2	100	10^{-3}	1	0.75	1.02×10^{-3}
1 Torr = 1 mm Hg	1.33×10^2	1.33×10^{-3}	1.33	1	1.36×10^{-3}
1 at = 1 kp/cm^2	0.981×10^5	0.981	0.981×10^3	736	1

مثال:

حول:

$$5000\,\text{kPa} = ?\,\text{bar}$$

$$P = 5000\,\text{kPa} = 5000000\ \text{Pa} = 5000000 \times 10^{-5}\ \text{bar} = \frac{5000000}{100000}\,\text{bar} = 50\,\text{bar}$$

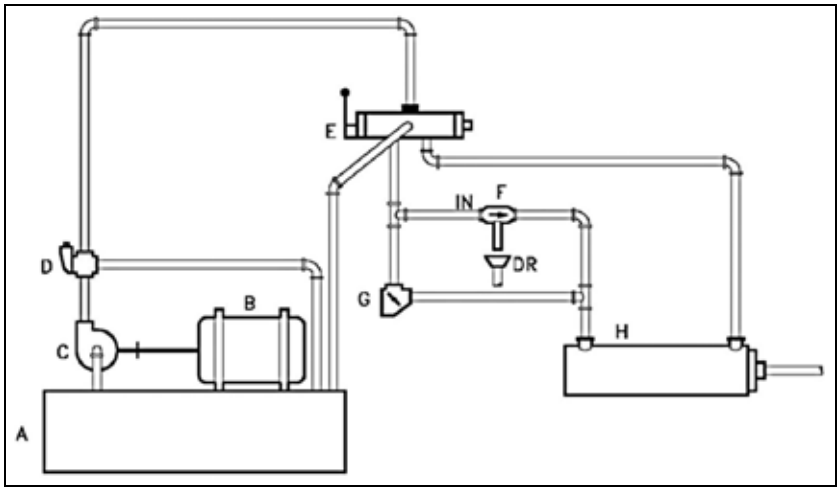
والجدول (2-10) عبارة عن مجموعة من الكميات المرتبطة بكيفية عمل الحسابات المختلفة للأنظمة الهيدروليكية ووحدات قياس كل منها.

جدول (2-10)

القيم	الرمز	الوحدة الدولية	المكافئ	
المسافة	s	متر	m	$1\text{m} = 1000\,\text{mm}$
القوة	F	نيوتن	N	$1\text{N} = 1\,\frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$
الزمن	t	ثانية	s	
السرعة	v	متر/ ثانية	m/s	$1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 60\,\frac{\text{m}}{\text{min}}$
الضغط	P	نيوتن/ مربع الثانية	N/m^2	$1\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1\text{Pa (Pascal)}$ $1\text{Pa} = 10^{-5}\,\text{bar}$ $1\text{bar} = 10^5\,\text{Pa} = 10\,\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$
الكثافة	ρ	كيلوغرام/ مكعب المتر	kg/m^3	$1000\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
المساحة	A	متر مربع	m^2	
الحجم	V	متر مكعب	m^3	$1\text{m}^3 = 1000\text{ L (Litre)}$ $1\text{L} = 1\text{dm}^3$
التدفق الحجمي	Q	متر مكعب/ الثانية	$\text{m}^3\text{/s}$	$1\,\frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 60000\,\frac{\text{L}}{\text{min}}$ $1\,\frac{\text{L}}{\text{min}} = \frac{1\text{m}^3}{60000\,\text{s}}$
الطاقة، العمل	W	نيوتن متر	Nm	$1\text{ Nm} = 1\text{J (Joule)}$
الاستطاعة	P	واط نيوتن متر/ الثانية	W Nm/s	$1\text{kW} = 1000\,\text{W} = 1.36\,\text{PS}$ $1\text{PS} = 0.763\,\text{kW}$ $1\text{W} = 1\,\frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1\,\frac{\text{J}}{\text{s}}$
معامل الاحتكاك في الأنابيب	λ			
معامل المقاومة	ξ			
اللزوجة الحركية	ν	متر مربع/ الثانية	$\text{M}^2\text{/s}$	
المردود	η			
رقم رينولدز	Re			

تقـــــويم الوحـــــدة

س1: سم الأجزاء المرقمة في شكل (**2-54**).



-A
-B
-C
-D
-E
-F
-G
-H

شكل (**2-54**)

منظومة هيدروليكية

س2: اذكر وظيفة كل من:

- الخزان.
- المرشح.
- المركم.
- الأسطوانة.
- المحرك.

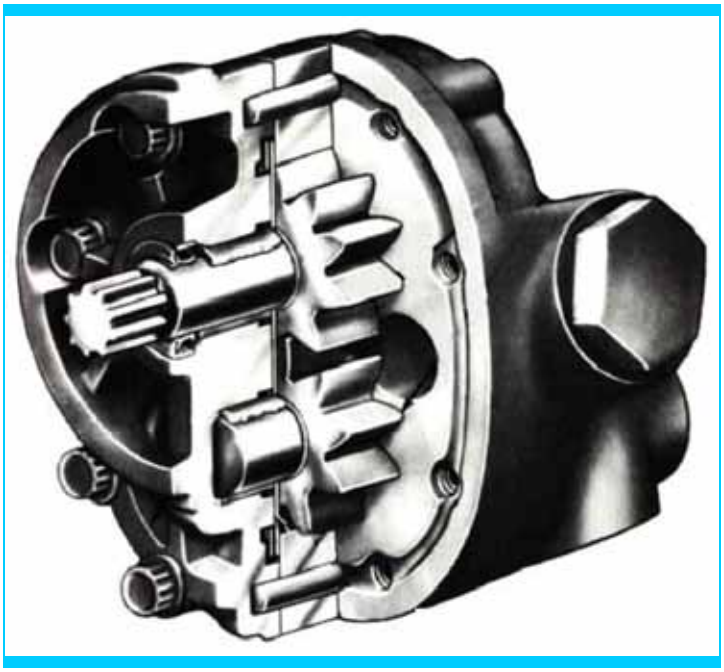
س3: أجب عن الأسئلة التالية:

1- عدد المميزات الخاصة بالنظام الهيدروليكي.
2- اذكر أنواع الأنابيب الخاصة بالهيدروليك ومواصفات كل منها.
3- عدد أنواع الصمامات اذكر وظائف ومواصفات كل نوع.
4- ماذا يقصد بملحقات النظام الهيدروليكي؟ اذكرها ووضح وظيفتها.

الوحـــدة

3

المضخات الهيدروليكية



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف وظيفة المضخة الهيدروليكية ومكوناتها.

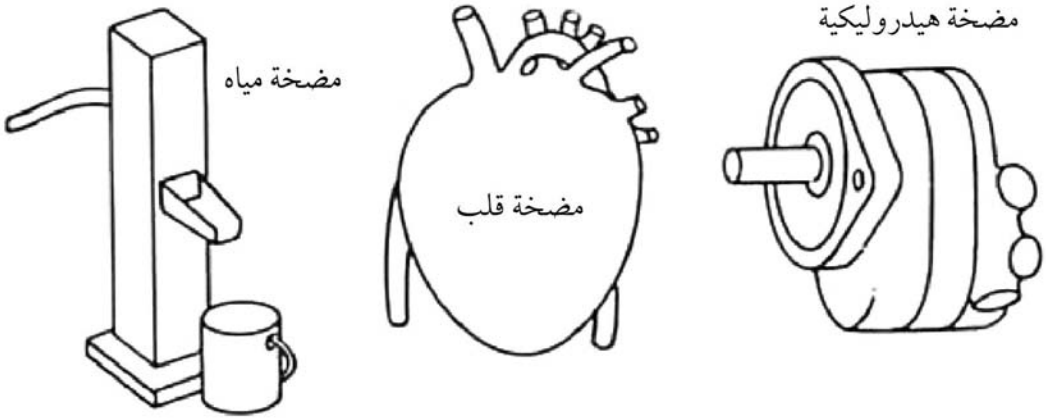
2- يتعرف التصنيفات والأنواع المختلفة للمضخات الهيدروليكية.

3- يتعرف طرق تشغيل المضخات.

4- يتعرف مشاكل تشغيل المضخات.

1.3 المضخة الهيدروليكية:

هـي قلـب الدائـرة الهيدروليكـية حـيث إنهـا المسئولة عن سريان المائع الذي يسري خلال الدائرة كلها، القلب البشري وكذلك مضخة المياه القديمة الموجودة في المزارع عبارة عن مضخة. انظر الشكل (3-1).



شكل (3-1)

ثلاثة أنواع من المضخات

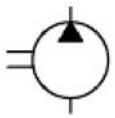
قـديماً كـان تعبـير (هيدروليكـي) يعني دراسة حركة المائع وعلى ذلك فإن أي مضخة تحرك مائعاً تعتبر مضخة هيدروليكـية. تعبير (هيدروليكياً) في الوقت الحالي يعني دراسة ضغط وسريان المائع أثناء الحركة بالإضافة إلى قـدرة عـلى عمل شغل وعلى ذلك فإن المضخة الهيدروليكية هي المضخة التي تحرك المائع وتدفعه لعمل شغل. وبتعبير آخر المضخة هي تلك الآلة التي تحول القوى الميكانيكية إلى طاقة مائع هيدروليكي.

ويـتم تمثـيل المحـركات والمـضخات الهيدروليكية بواسطة دائرة حيث تبين أين يوضع العمود القائد أو عمود الخرج.

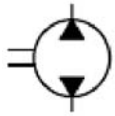
تبـين المثلـثات مـع الدائـرة اتجـاه الـتدفق وتكـون هـذه المثلـثات (مطموسة) طالما أن السائل الهيدروليكي هو المستخدم.

إذا كـان الغـاز هـو وسـط الضغط المستخدم وكذلك في حالة الهواء المضغوط، فإن المثلثات تكون فارغة. ويتم التمييـز بـين المحركات والمضخات الهيدروليكية عن بعضها البعض باعتماد أن الأسهم المشيرة إلى اتجاه التدفق ترسم إلى أعلى (إلى خارج الدائرة) في المضخات وإلى أسفل (إلى داخل الدائرة) في المحركات.

مضخات هيدروليكية ذات إزاحة حجمية ثابتة:

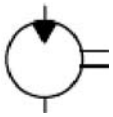


اتجاه واحد للتدفق

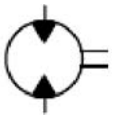


اتجاهين للتدفق

محركات هيدروليكية ذات إزاحة حجمية ثابتة:



اتجاه واحد للدوران



اتجاهين للدوران

▲ سوائل

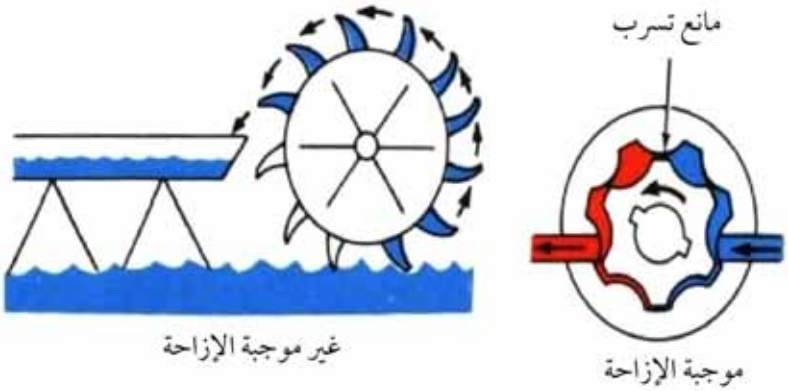
Δ غازات

شكل (3-2)

المضخات والمحركات الهيدروليكية ذات الإزاحة الثابتة

2.3 تصنيف المضخات:

تعمل المضخات طبقاً لقاعدة تسمى الإزاحة حيث تعني أخذ المائع من نقطة داخل المضخة ونقله إلى نقطة أخرى (عملية إزاحة). إجراء الإزاحة في صورتين: إزاحة موجبة، إزاحة غير موجبة، شكل (3-3) يقارن بينهما.



شكل (3-3)

متى تكون المضخة هيدروليكية

الساقية القديمة مثال واضح للمضخة غير موجبة الإزاحة، هي ببساطة تلتقط المائع وتحركه. أما المضخات موجبة الإزاحة المستخدمة في الهيدروليكا الحديثة فإنها ليست فقط تخلق السريان بل أيضاً تسانده. حينما يسري السائل خارجاً من فتحت الخروج فإنه يكون محكماً ويمنع تسربه إلى الجانب الآخر. لاحظ منطقة تلامس التروس، إنها منطقة محكمة العزل تقوم بحجز السائل ومنعه من التسرب أثناء حركته.

هذا الإحكام هو الجزء الموجب في الإزاحة وبواسطة ذلك الإحكام يستطيع السائل أن يتغلب على مقاومة الأجزاء الأخرى للسريان. وعندما يكون الضغط العالي مطلوباً في الدائرة فيجب أن تكون هناك مضخة موجبة الإزاحة وهذه حقيقة في كل النظم الهيدروليكية الحديثة التي تمد المائع بالطاقة.

وفي الدوائر ذات الضغط المنخفض مثل تبريد المياه أو رش المحاصيل فإن المضخات القديمة غير موجبة الإزاحة تصلح للعمل فيها.

3.3 الإزاحة في المضخات الهيدروليكية:

"الإزاحة" هي حجم الزيت تحرك أو أزيح بالمضخة خلال كل دورة.

تقسم المضخات تطبقاً لذلك التعريف إلى نوعين:

- مضخات ثابتة الإزاحة.
- مضخات متغيرة الإزاحة.

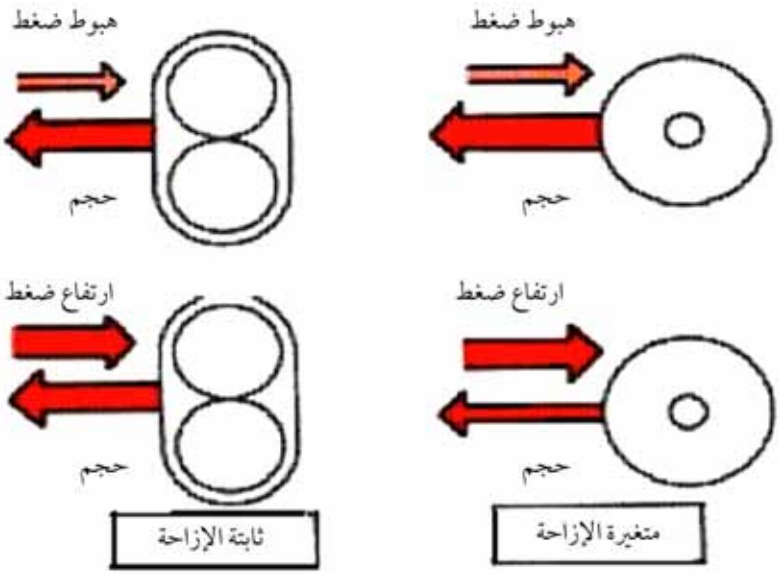
3-3-1 المضخات ثابتة الإزاحة:

تقوم تلك المضخات، خلال كل دورة، بنقل حجم ثابت من الزيت. يتغير هذا الحجم عندما تتغير سرعة المضخة فقط. ويتأثر حجم الزيت بالضغط في الدائرة نظراً لزيادة التسرب في الزيت الراجع إلى مدخل المضخة، ومن المعتاد أن يتم ذلك عند ارتفاع الضغط. لذا يشع استخدام المضخة ثابتة الإزاحة أما في دائرة ضغط منخفض أو لمساعدة مضخة أخرى في دائرة ضغط عالٍ.

3-3-2 المضخات متغيرة الإزاحة:

من أهم خصائصها على تغيير حجم الزيت المنقول في كل دورة برغم ثبات سرعة المضخة أحياناً.

تتميز هذه المضخات أيضاً بآلية داخلية تمكنها من تغيير خرج المضخة للمحافظة على ثبات ضغط الدائرة في المعتاد. الشكل (3-4) يوضح الآتي: عندما ينخفض ضغط الدائرة يزداد الحجم وحينما يرتفع الضغط يقل الحجم.



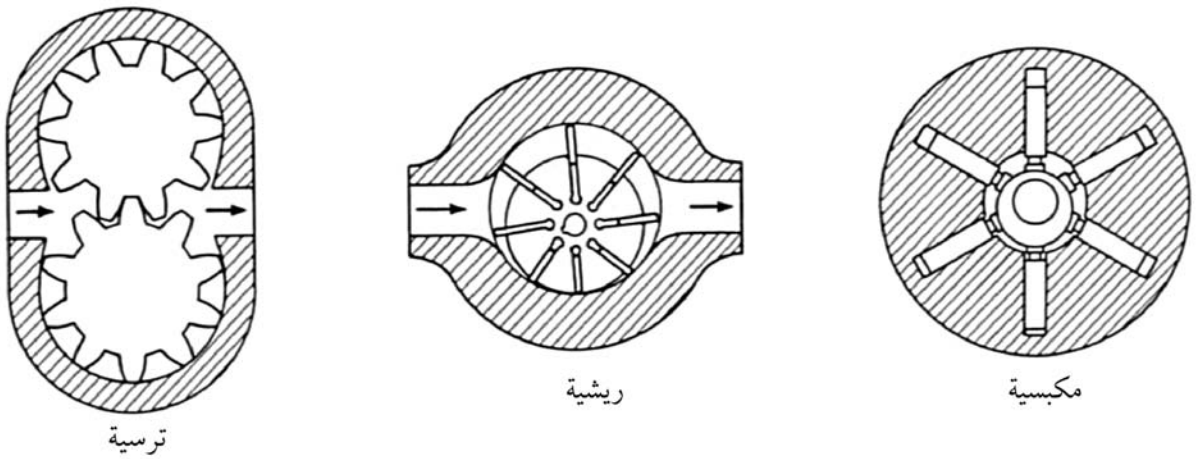
شكل (3-4)

مقارنة بين المضخات متغيرة الإزاحة وثابتة الإزاحة

4.3 تصميمات مختلفة من المضخات:

فيما سبق تم التعرف على ماهية المضخات الهيدروليكية وماذا تستطيع أن تفعل. ومن المهم أيضاً معرفة المكونات الداخلية للمضخات. يمكن تقسيم أهم تصميمات المضخات المستخدمة بالمعدات الحديثة إلى ثلاثة أنواع أساسية: شكل (3-5).

مضخة ترسية – مضخة ريشية – مضخة مكبسية.



شكل (3-5)

ثلاثة أنواع من المضخات الهيدروليكية

فيما يلي نوضح: كيف تعمل المضخات؟ وما هي استخدامات كل نوع منها؟

يمكـن للدائـرة الهيدروليكـية أن تستخدم إحدى هذه المضخات أو اثنتين أو أكثر معاً. فكرة عمل أنواع المـضخات الـثلاثة واحدة وتتلخص في أن الجزء الدوار داخل المضخة يقوم بنقل السائل داخل المضخة محكمة البناء وبتالي فهي صغيرة جداً، بالكاد تستطيع نقل الحجم المطلوب من المائع وهذا هو الهدف الأول والأهم من وراء نظام يتحرك في حيز محدود.

فيما يلي نوضح مكونات وكيفية عمل كل نوع من هذه المضخات:

3-4-1 مضخة الطرد المركزي:

تعتـبر المـضخات الطـاردة المركـزية وصـف عـام لـلآلات ذات المـراوح التي تعمل على إزاحة السائل بواسـطة عـزم الحـركة والـترحال الميكانيكي الموجب مع نظام السريان للسائل الذي يعتمد على خاصية العلو والتـسليم حيث تتركب هذه المضخات من مروحة قد تكون جانبية أو مزدوجة المدخل، لها غلاف حلزوني قد يصنع من جزئين ليمكن فك المضخة وتركيبها بسهولة وعمود المضخة محمل على كرسيين قد يكونان من جلبة ذات التزييت الحلقي أو محمل كريات، ويوجد على كل من جانبي المروحة صندوق حشو لمنع تسريب المائع من خلال الخلوص بين العمود والغلاف.

ومـن الـصواب تعـريف هـذه المضخات بأنها آلات توربينية حيث إنها آلات لها مراوح وبأشكال مختلفة وهي تعمل على إزاحة السائل من خلال المضخة بطرق مختلفة.

يمـتاز هـذا الـنوع مـن المـضخات بأنـه يعطـي ضخاً مستمراً للسائل، وليس ضخاً على شكل دفعات متعاقبة (ضـخ نبـضي) كـما هو الحال في أنواع أخرى، كما تمتاز هذه المضخات بعدم إمكانية تحميلها بأكثر من طاقتها في حالـة ازديـاد الـضغط، وذلـك لأنـه عـند زيـادة الـضغط يـبدأ الـسائل داخل المضخة في الدوران للحواجز، لذلك لا تستعمل هذه المضخة للحصول على الضغط ولكنها تستعمل لنقل السائل من مكان إلى آخر.

ويشيع استعمال هذه المضخات في جهاز تبريد السوائل حيث يدفع السائل من خلال ممرات جهاز التبريد تحت ضغط منخفض.

3-4-2 المضخة الترددية:

تتكون هذه المضخة من أربع أجزاء رئيسية، وهي رأس المحرك، والأسطوانة، وقضيب المضخة، ومكبس المضخة.

- **مميزاتها:**

أ- تعطي المضخات الترددية كفاءة أعلى من المضخة الطاردة المركزية.

ب- لها قابلية للضغوط المختلفة بدون ضبط السرعة والعامل المهم هنا هو أن علو السائل غير أكيد.

ج- لها ميزة التحضير الذاتي ولذلك فهي قادرة على تداول كمية معينة من الهواء أو أي بخار آخر دون أن تفشل في الضخ.

د- لها القدرة على استخدام الطاقة الحركية أو الدورانية لإعطاء الضغوط ونتيجة لذلك فهي قادرة للتغلب على العقبات المفاجئة في خط التصريف الرئيسي للسائل.

- **مبدأ العمل:**

الجزء الفعال في المضخة هي الأسطوانة، والتي توجد عند مدخلها من الأسفل محبس عدم رجوع، يتحرك المكبس خلال شوطين، أحدهما للأسفل والآخر للأعلى، أثناء التشغيل تكرر هذه الحركة داخل الأسطوانة.

في الدورة الواحدة للحركة، فإنه خلال الشوط السفلي يفتح محبس المكبس، لينتقل السائل من الحيز الموجود أسفله ويمر إلى أعلى المكبس، وفي الشوط العلوي يغلق محبس المكبس ويصعد السائل الموجود فوقه خلال ماسورة الطرد لتخرج من نهايتها العليا، وفي أثناء الشوط العلوي يفتح محبس عدم الرجوع ليدخل السائل من خلاله ويملأ الحيز الموجود فوقه حتى المكبس.

3-4-3 المضخة الدورانية:

تتكون أساساً من الغلاف الخارجي، العضو الدوار، ووحدات الضخ.

يتصل العضو الدوار بالمحرك حيث يأخذ حركته الدائرية منه ويرتكز داخل الغطاء الحاوي، ومن ثم يقوم بإدارة وحدات الضخ فقط أو تكون حركة دورانية انتقالية لهذه الوحدات.

والمضخات الدورانية هي مضخات ذات إزاحة موجبة، حيث إن الفعل الرئيسي للضخ يتم بواسطة حركة نسبية بين العناصر الدوارة والثابتة للمضخة، والحركة الدورانية لتلك المضخات تميزها عن المضخات الترددية ذات الإزاحة الموجبة حيث إن الحركة الرئيسية للعناصر المتحركة هي حركة ترددية.

3-4-4 المضخات الترسية:

تعتبر المضخات الترسية عماد الدوائر الهيدروليكية، وتستخدم على نطاق واسع؛ لأنها مضخات بسيطة واقتصادية. ومع أنها غير قادرة على تحقيق الإزاحة المتغيرة إلا أنها تستطيع إنتاج الحجم المطلوب لمعظم النظم التي تستخدم الإزاحة الثابتة. تستخدم المضخات الترسية غالباً كمضخات شحن المضخات من أنواع أخرى تعمل في دائرة أكبر. يشيع استخدام نوعين أساسيين من المضخات الترسية، هما:

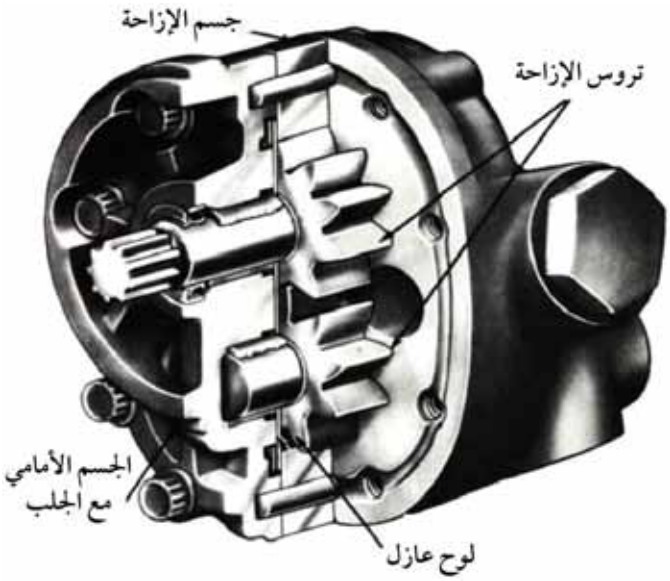
- مضخة ترسية خارجية.
- مضخة ترسية داخلية.

فيما يلي نوضح مكونات وكيفية عمل كل منها:

أ- المضخة الترسية الخارجية:

تتركب المضخة الترسية الخارجية عادةً من ترسين معشقين متوافقين بدقة داخل جسم المضخة (الغلاف أو المبيت)، شكل (3-6).

يدير عمود الإدارة أحد الترسين (الترس القائد) الذي بدوره يدير الترس الآخر (الترس المنقاد). تستخدم جلب العود وألواح العزل ذات الأسطح الملساء لإحكام تركيب التروس الشغالة ومنع تسريب المائع.

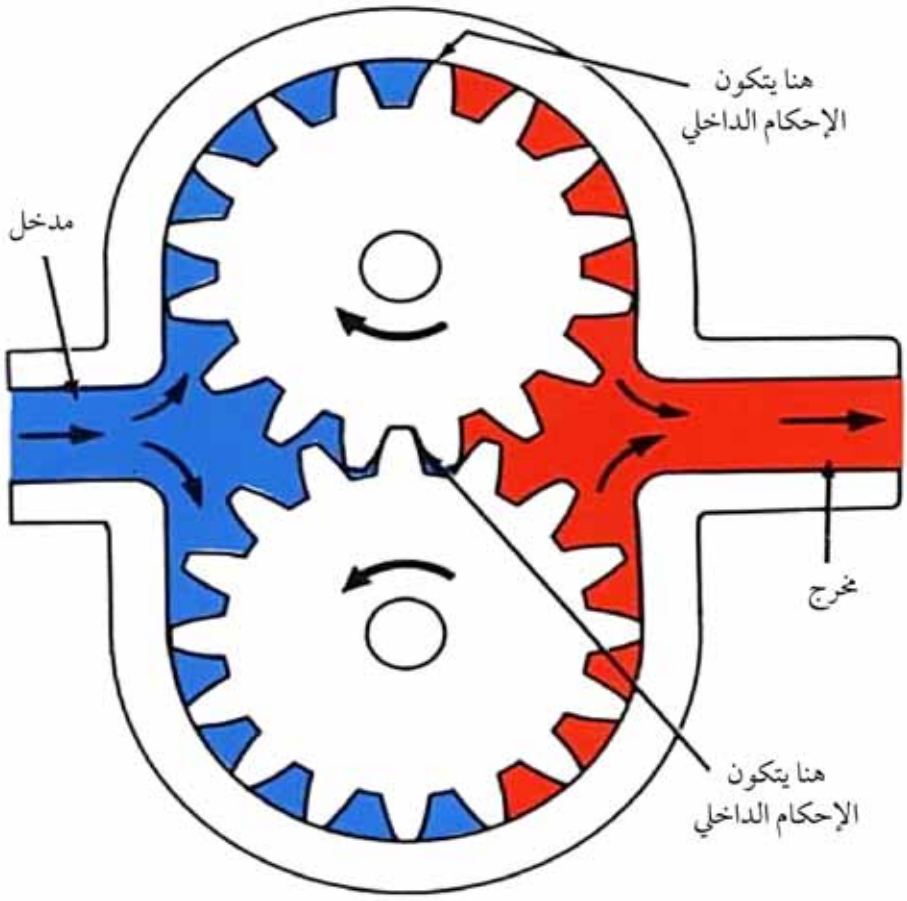


شكل (3-6)

مكونات مضخة تروس خارجية

شكل (3-7) يوضح بساطة التشغيل. عند دوران الترسين تقوم السنان غير المعشقة بحجز الزيت فيما بين أسنان التروس وجسم (غلاف أو مبيت) المضخة. تحمل أسنان التروس الزيت المحبوس إلى غرفة الخرج. حينما يعشق الترسين مرة ثانية وفي منطقة تلامس الأسنان تتكون بينهما منطقة محكمة العزل تمنع الزيت من الرجوع إلى مدخل المضخة مما يجبر الزيت ودفعه للتدفق من فتحة الخروج وينساب إلى باقي أجزاء الدائرة. يستمر تدفق الزيت المحجوز بين أسنان التروس وجسم المضخة إلى غرفة الخرج مع كل دورة للتروس وبالتالي تستمر عملية إرغام الزيت على التدفق إلى غرفة الخرج. يتم إمداد مدخل المضخة بالزيت من الخزان بالتثاقل ليحل محل الزيت الذي تم سحبه من المضخة عند دوران التروس.

تستخدم بعض المضخات الترسية أطباق (أقراص) ضغط، محكمة أمام التروس، لزيادة كفاءة المضخة ودفع كمية صغيرة من الزيت المضغوط خلف طبق (قرص) الحشو يؤدي إلى ضغط الطبق أمام التروس مكوناً إحكاماً تاماً ومانعاً جيداً ضد التسرب.



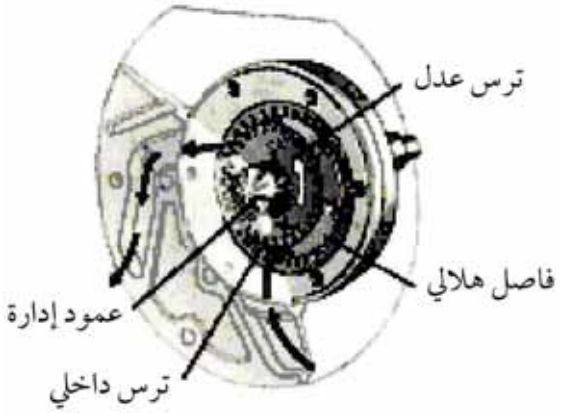
شكل (3-7)

تشغيل مضخة تروس خارجية

ب- المضخات الترسية الداخلية:

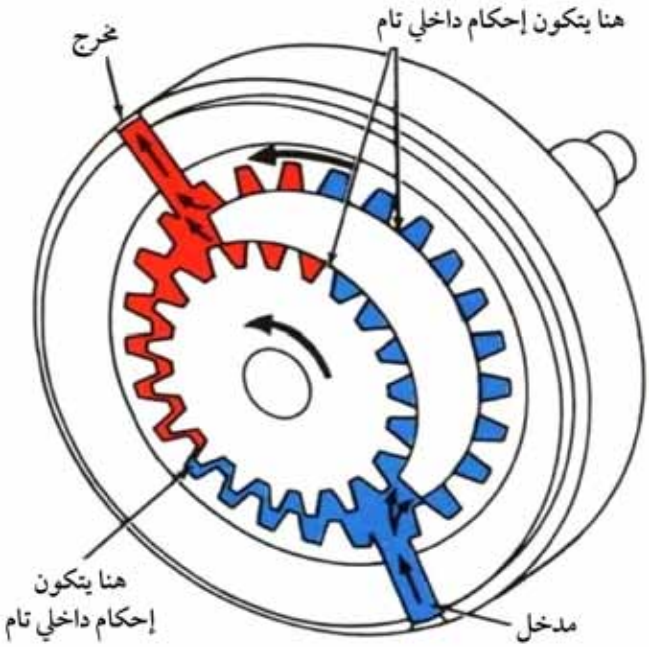
تستخدم المضخات الترسية الداخلية ترسين أيضاً، إلا أن أحدهما، وهو عبارة عن ترس عدل أسطواني صغير، يتم تركيبه داخل ترس أكبر الترس الصغير معشق في جانب واحد من الترس الكبير. في الجانب الآخر كل الترسين منفصلين عن بعضيهما بفاصل على شكل هلال يدير عموداً لإدارة الترس الأسطواني العدل الصغير والذي بدوره يدير الترس الأكبر.

تشغيل المضخات الترسية الخارجية والداخلية متماثل والفرق الرئيسي بينهما أنه في حالة التعشيق الداخلي يدور الترسان في نفس الاتجاه، انظر الشكل (3-9). عندما تكون أسنان الترسين خارج التعشيق يحجز الزيت، بين أسنان الترسين والفاصل الهلالي، ثم ينتقل هذا الزيت إلى غرفة الخرج. وعندما تعشق التروس مرة أخرى يتكون إحكام يمنع الزيت من الرجوع.



شكل (3-8)

مكونات مضخة التروس الداخلية



شكل (3-9)

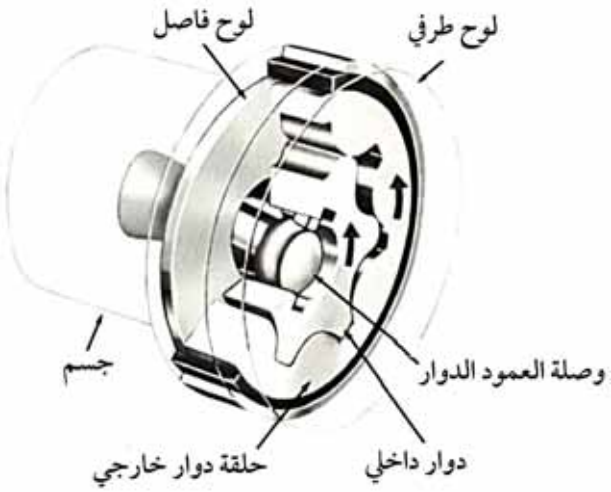
تشغيل مضخة تروس داخلية

تواصل تدفق الزيت إلى خارج المضخة يدفع للسريان إلى بقية أجزاء الدائرة.

تعمل الجاذبية (التثاقل) إلى إمداد مدخل المضخة (ذي الضغط السالب) بالزيت لتملأ التفريغ الجزئي الناجم عن سحب الزيت إلى التروس.

ج- المضخة الترسية الداخلية الدوارة:

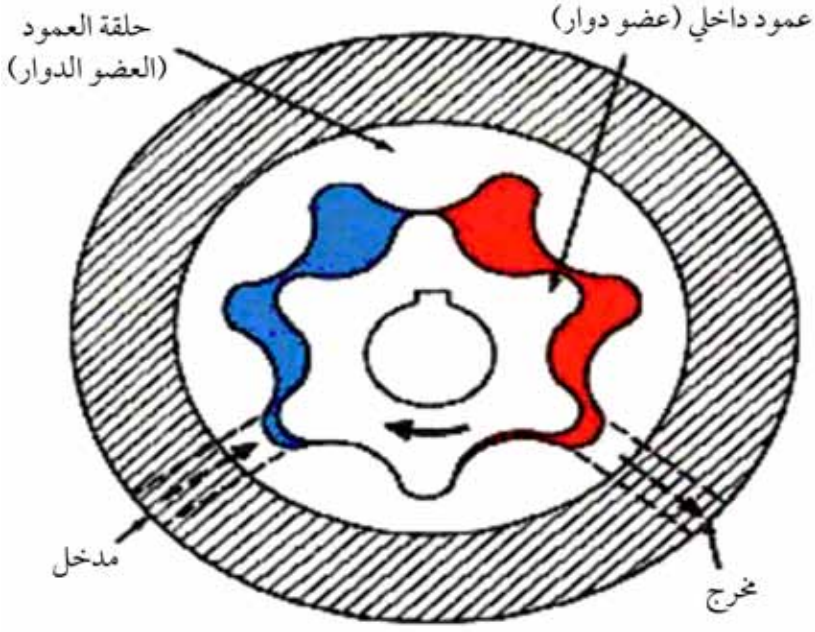
المضخة الدوارة الموضحة في الشكل (3-10) شكل آخر للمضخة الترسية الداخلية. يدور العنصر الدوار الداخلي والخارجي معاً داخل مبيت المضخة. للعناصر الدوارة فصوص دائرية (ملفوفة) تعمل كأسنان. لا يوجد بالمضخة فاصل.



شكل (3-10)

مضخة ترسية داخلية ذات عمود دوار

شكل (3-11) يوضح تشغيل المضخة، تدير وصلة العمود الدوار والعضو الدوار الداخلي الذي بدوره يرتكز على أحد الجوانب الداخلية لحلقة العضو الدوار الخارجي. يجهز العضو الدوار الخارجي.،ولهذا يوجد بصفة دائمة فص واحد فقط في حالة تعشيق كامل مع الخارجية مما يسمح للفصوص بالانزلاق.



شكل (3-11)

تشغيل المضخة ذات العمود الدوار

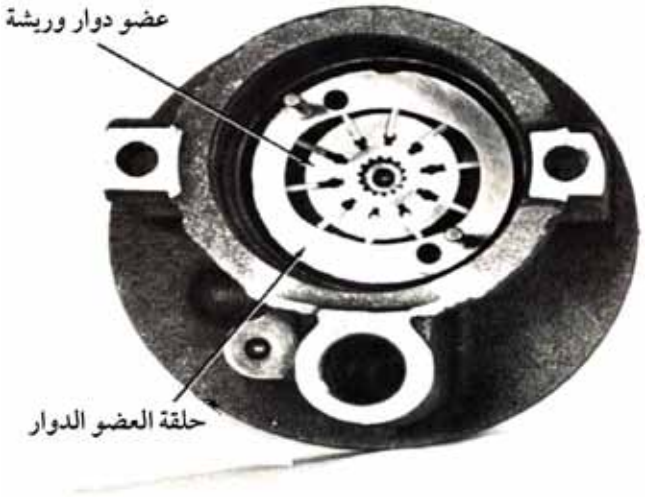
انزلاق الفصوص الداخلية على الفصوص الخارجية يؤدي إلى إحكام الزيت ومنعه من الارتداد. أثناء انزلاق الفصوص إلى أعلى يتم سحب الزيت فوق فصوص الحلقة الخارجية حينما تقع فصوص الدوار الداخلي داخل فراغات الحلقة ستضغط الزيت للخارج.

3-4-5 المضخات ذات المراوح:

المضخة ذات المراوح أو الريشية هي مضخة متعددة الاستعمال بمعنى الكلمة، يمكن أن تصمم مفردة أو مزدوجة أو حتى ثلاثية الوحدات. تتكون من عضو دوار ذو مجاري (شقوق) عميقة محفورة على السطح حيث تنزلق خلال ريش.كل ريش المضخة تحرك الزيت، وهناك نوعان من تلك المضخات هما الأكثر استخداماً: مضخة الريش المتزنة، مضخة الريش غير المتزنة.

مضخة الريش المتزنة: هي مضخة إزاحتها ثابتة دائماً.

مضخة الريش غير المتزنة: هي مضخة إما ثابتة أو متغيرة الإزاحة.



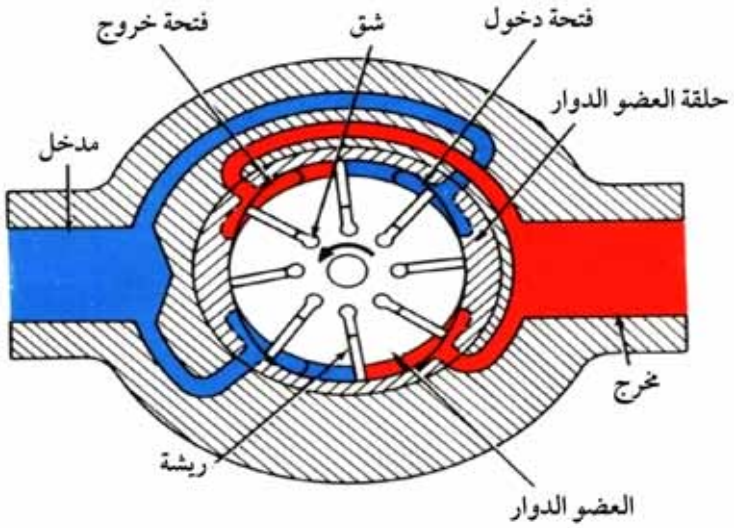
شكل (3-12)

مضخة ريش متزنة

مضخة الريش المتزنة:

شكل (3-12) يوضح مضخة ريش متزنة. يدور العضو الدوار داخل حلقة بيضاوية عن طريق عمود إدارة. تركب الريش بإحكام داخل شقوق العضو الدوار. تنزلق الريش حرة الحركة داخل أو خارج الشقوق. الجزء المتزن في تلك المضخة يوضح مواضع فتحات الزيت شكل (3-13) المضخة لها فتحتان للدخول موضوعتان أمام بعضهما ولها فتحتان للخروج وأيضاً أمام بعضهما (في جانبي المضخة). فتحتا الدخول متصلتان بمدخل المضخة المركزي وفتحتا الخروج متصلتان بمخرج المضخة المركزي.

شـكل (3-13) يوضـح تـشغيل المضخة. عندما يدور العضو الدوار تدفع الريش إلى الخارج في جهة السطح الداخلي للحلقة بالقوة الطاردة المركزية، فتلامس الريش سطح الحلقة البيضاوية. تقسم الريش المساحات التي على شكل هلال بين العضو الدوار والحلقة البيضاوية إلى حجرتين منفصلتين. يتغير حجم الحجرتين باستمرار مـا بـين الاتـساع والـضيق إلى ما يقرب من ضعف الحجم أثناء كل دورة. توضح فتحات الدخول بحيث تبدأ عـندها كـل حجرة في التمدد والاتساع وفتحات الخروج موضوعة بحيث تبدأ عندها كل حجرة في الانكماش والـضيق. حينما تبدأ الحجرة في الاتساع يندفع الزيت الداخل ليملأ التفريغ الجزئي ويحمل هذا الزيت بواسطة الـريش وبيـنما يـبدأ زيـت الحجـرة في التـناقص فـإن الـزيت في المكان الضيق المحكم يدفع خارجاً عند فتحة الخروج. في النصف الثاني من الدورة يتكرر ما سبق للمجموعة الثانية من فتحات الدخول والخروج.



شكل (3-13)

تشغيل مضخة ريش متزنة

3-4-6 المضخات المكبسية:

يفضل استخدام المضخات المكبسية غالباً في الدوائر الهيدروليكية الحديثة ذات السرعات والضغوط العالية. علماً بأن المضخات المكبسية أكثر تعقيداً وأعلى سعراً من نوعي المضخات السابقة.

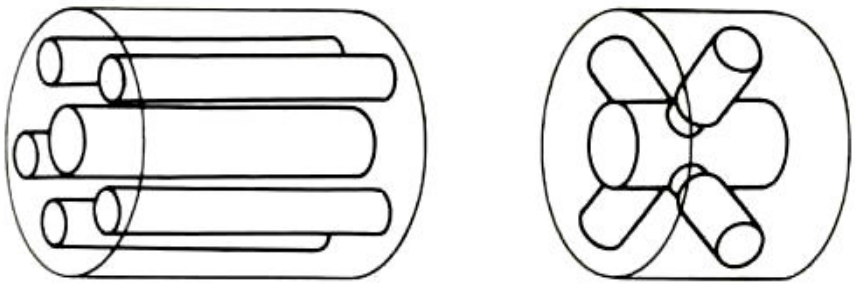
يمكن تصميم المضخات المكبسية لتكون إما ثابتة أو متغيرة الإزاحة وأغلب المضخات المكبسية تندرج تحت نوعين:

أ- مضخات مكبسية محورية.

ب- مضخات مكبسية قطرية.

كلمة محوري تعني أن المكابس مرتبة في خطوط متوازية مع محور المضخة (خط المركز) شكل (3-14) وكلمة قطري تعني مكابس المضخة مرتبة نصف قطرياً بالنسبة لمحور العمود أي أنها مركبة عمودياً على مركز المضخة مثل أشعة الشمس. كلا التصميمين للمضخة المكبسية يستخدم مكابس ترددية تضخ الزيت أي مكابس تتحرك في الاتجاهين إلى الأمام والخلف، في تجاويف داخلية أسطوانية.

شكل (3-15) يبين المضخة المكبسية الترددية المعروفة وهي المضخة الهيدروليكية الأكثر كفاءة لكنها كبيرة الحجم وتشغل حيزاً كبيراً لذلك لا يشع استخدامها في الماكينات الهيدروليكية.



مكبسية محورية　　مكبسية قطرية

شكل (3-14)

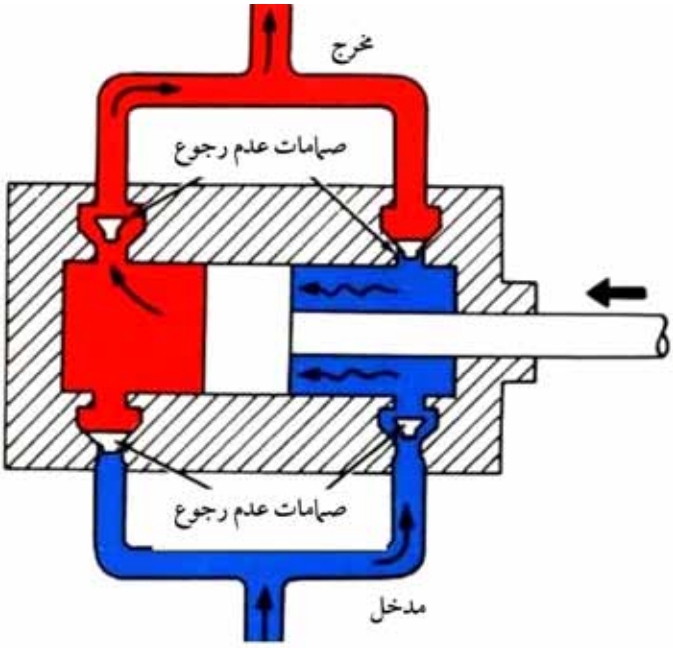
أسس عمل المضخات المكبسية المحورية والقطرية

تستخدم المضخات المكبسية المحورية والقطرية مكابس ترددية وبهذه الطريقة توفر لها الكفاءة العالية للمضخة الترددية مع صغر الحجم (الاندماجية) المضخات الدورانية. والنتيجة مضخة ذات كفاءة عالية ويسهل وضعها داخل دائرة ماكينة هيدروليكية.

أ- المضخات المكبسية المحورية: شكل (3-15)

ويمكن تقسيم هذه المضخات المكبسية إلى نوعين كبيرين:

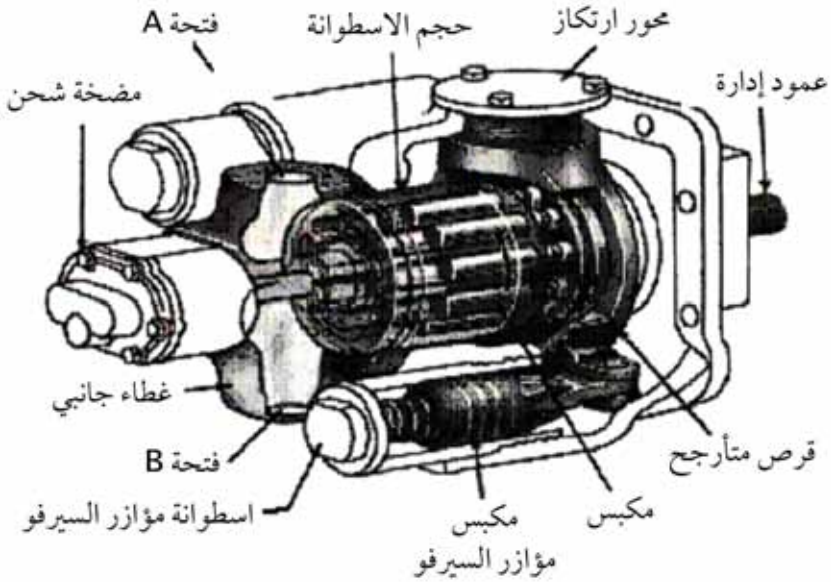
- مضخات مكبسية على خط مستقيم ومضخات مكبسية ذات محور مائل:



شكل (3-15)

مضخة مكبسية ترددية

- مضخة مكبسية محورية على خط مستقيم: شكل (3-16)

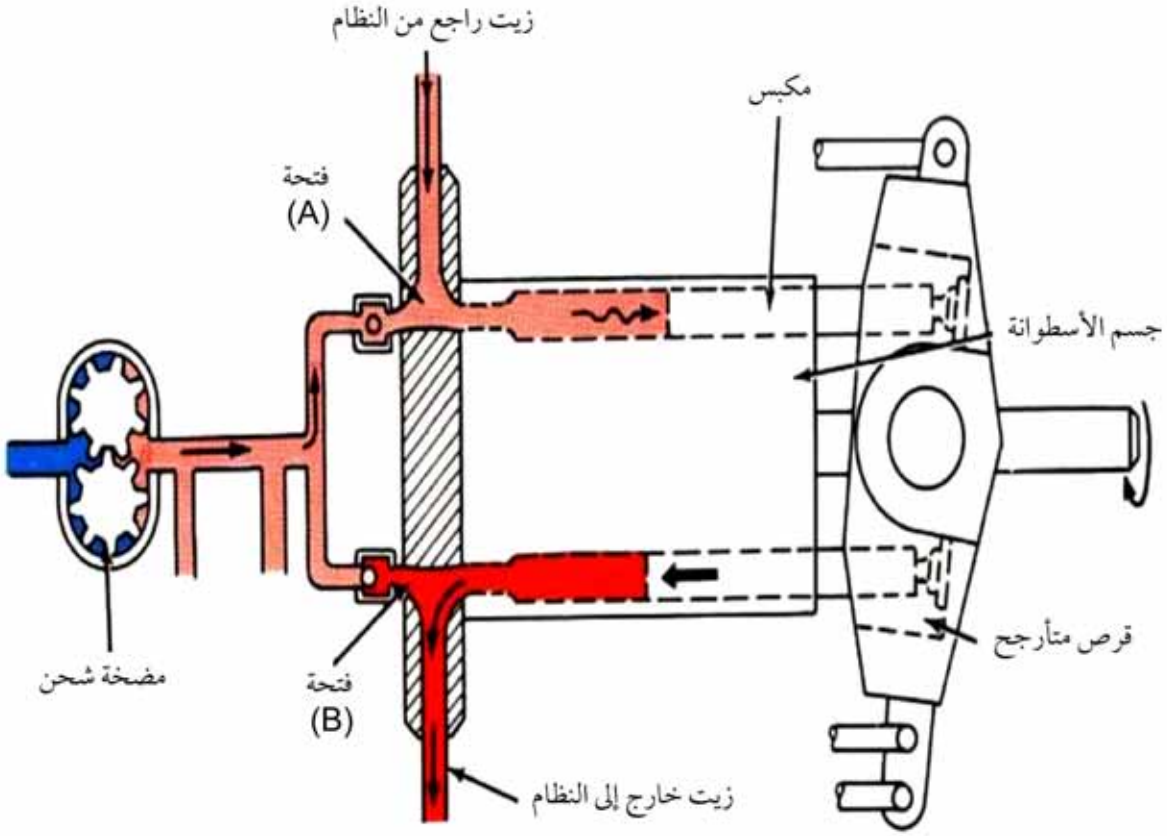


شكل (3-16)

مضخة متغيرة الإزاحة وذات مكابس

تتحـرك المكـابس في تجاويـف داخـل جسم الأسطوانة. محاور المكابس متوازية مع محور الجسم و رؤوس هذه المكابس تلامس قرصاً مائلاً يسمى المتأرجح.

القرص المتأرجح لا يدور ولكنه يميل في الاتجاهين حيث إنه على مفصل. يتم التحكم في القرص المتأرجح عن طـريق جهـاز "مؤازر" (مساعد) آلي، انظر شكل (3-17). يتحكم القرص المتأرجح في خرج المكابس لذلك تعتـبر مـضخة ذات إزاحـة متغـيرة. تذكـر أن زاوية القرص المتأرجح تتحكم في المسافة التي يمكن أن تحركها المكـابس خـلال تجاويفهـا في الاتجاهـين. كلـما زادت الـزاوية تزداد المسافة التي تحركها المكابس وبالتالي يزداد الزيت المزاح بواسطة المضخة.

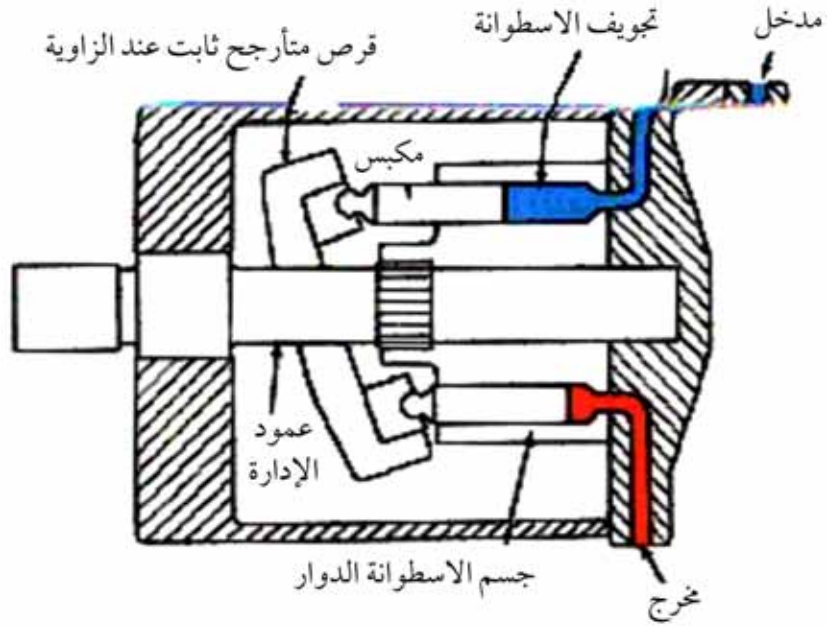


شكل (3-17)

تشغل مضخة مكبسية محورية خطية

الفـتحة A هـي فـتحة دخـول الزيت، ونظراً لدوران جسم الأسطوانة فإن تجاويف المكابس تتحاذى مع تلك الفـتحة ويـدخل الزيت إلى التجاويف بواسطة مضخة الشحن الصغيرة. يدفع الزيت المكابس في اتجاه القرص المـتأرجح وبينما تدور هذه المكابس مع جسم الأسطوانة تتبع هذه المكابس ميل القرص المتأرجح فتدفع الزيت للخروج من التجاويف إلى فتحة المخرج B.

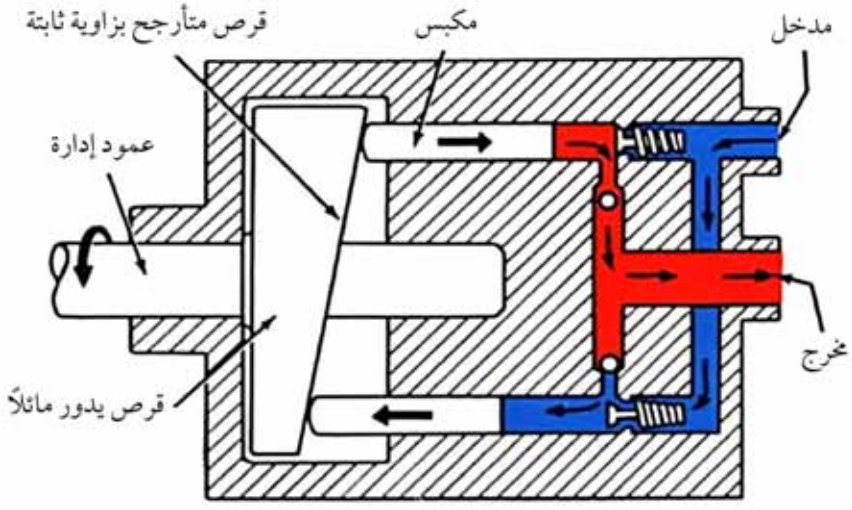
إذا كانت زاوية ميل القرص المتأرجح ثابتة عندئذ ستعمل المضخة كمضخة ثابتة الإزاحة شكل (3-18) وتضخ نفس كمية الزيت في كل دورة. إذا أمكن تحريك القرص المتأرجح لهذا المضخة حينئذ ستصبح مضخة متغيرة الإزاحة مع ضرورة استخدام جهاز مؤازرة وهو عبارة عن صمام التحكم في الإزاحة.



شكل (3-18)

مضخة ثابتة الإزاحة وذات مكابس خطية وحورية

المضخة الثانية يوضحها الشكل (3-19) وهي مختلفة تماماً فجسم الأسطوانة ثابت بينما يدور القرص المتأرجح. عند الدوران تلامس المكابس القرص المتأرجح وتنزلق المكابس في الاتجاهين داخل تجاويفها لضخ الزيت.

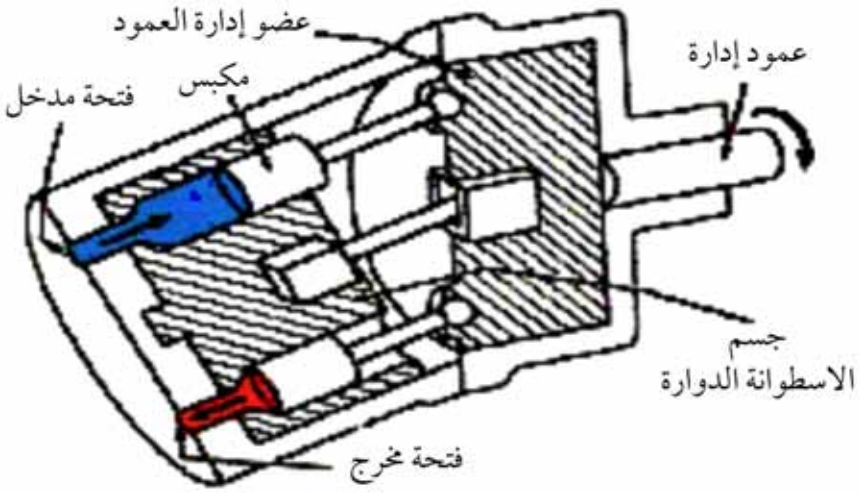


شكل (3-19)

مضخة ذات مكابس محورية على خط مستقيم وإزاحة ثابتة

تعمل الصمامات على عزل فتحات دخول وخروج الزيت الخاصة بكل مكبس لتشغيل مسارات مدخل ومخرج الزيت ولكل تجويف مكبس وتمنع صمامات عدم الرجوع الزيت من العودة للمسار العمومي والخارجي حتى يدفع بواسطة المضخة. يعمل كل مكبس كأنه مضخة مستقلة تفتح وتغلق صماماتها ليستمر سريان الزيت مع كل دورة.

مضخة المكابس المحورية ذات المحور المائل: شكل (3-20)



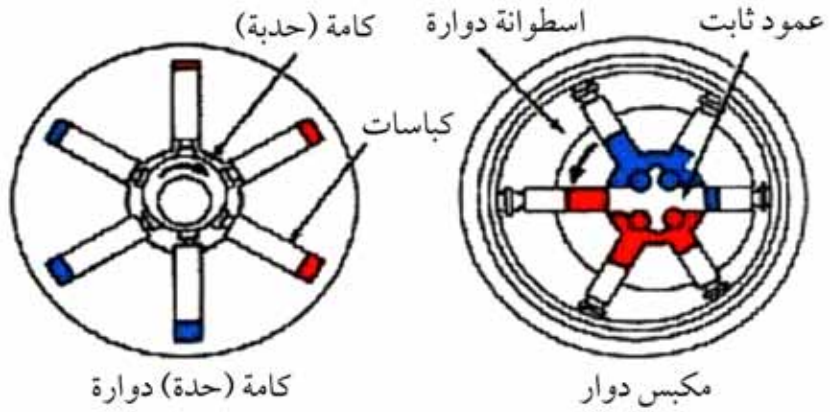
شكل (3-20)

مضخة مكابس محورية ذات محور مائل وإزاحة ثابتة

ب- مضخات المكابس القطرية:

مـضخات المكـابس القطـرية مـن أكثر المضخات تطوراً وهي قادرة على الدوران بسرعات عالية، ونقل الـسوائل بأحجـام كبـيرة وضغوط عالية بالإضافة أنها مضخات ذات إزاحة متغيرة. تشغل المضخة بسيط مع ضرورة اسـتخدام صـمامات وأجهـزة إضـافية أخـرى. هذه المضخات يمكنها التوافق وتلبية جميع احتياجات كثيرة من الأنظمة الهيدروليكية.

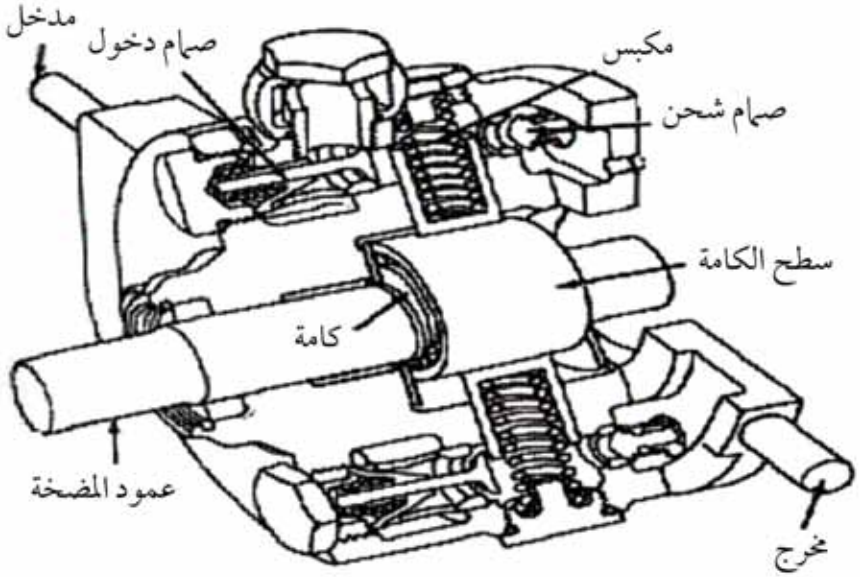
أجـزاء المـضخة عـلى درجـة عالـية مـن الدقـة لـذا مـن المهـم ليس فقط المحافظة باستمرار على نظافة الزيت المـستخدم، بـل أيـضاً ضرورة التأكـيد مـن نوعـية الـزيت لضمان قدرته على التغلغل خلال تلك الخلو صات الـضيقة التـي بـين أجزاء المضخة المختلفة من أجل الحد من التآكل الذي يمكن أن يسبب مشاكل كبيرة. هناك طـريقتان لتـشغيل مـضخات المكـابس القطـرية أحـدهما طـريقة الحدبـة (الكامة) الدوارة والطريقة الأخرى المكابس الدوارة، انظر شكل (3-21) في مضخة " الحدبة (الكامة) الدوارة" توضع المكابس في جسم المضخة الـثابت. العمـود المركـزي لـه حدبـة (كامـة) تديـر المكابس عندما تدور. وفي مضخة المكابس الدوارة توضع المكابس داخل أسطوانة دوارة. حينما تدور الأسطوانة تدفع المكابس للخارج في اتجاه الجسم الخارجي، وبما أن الأسـطوانة الـدوارة موضوعه في الجانب البعيد من الجسم فأن المكابس تتحرك في الاتجاهين لأنها تتبع الجسم. وفيما يلي يتم توضيح أسس تشغيل المضختين:



شكل (3-21)

أسس تشغيل مضخة المكابس القطبية

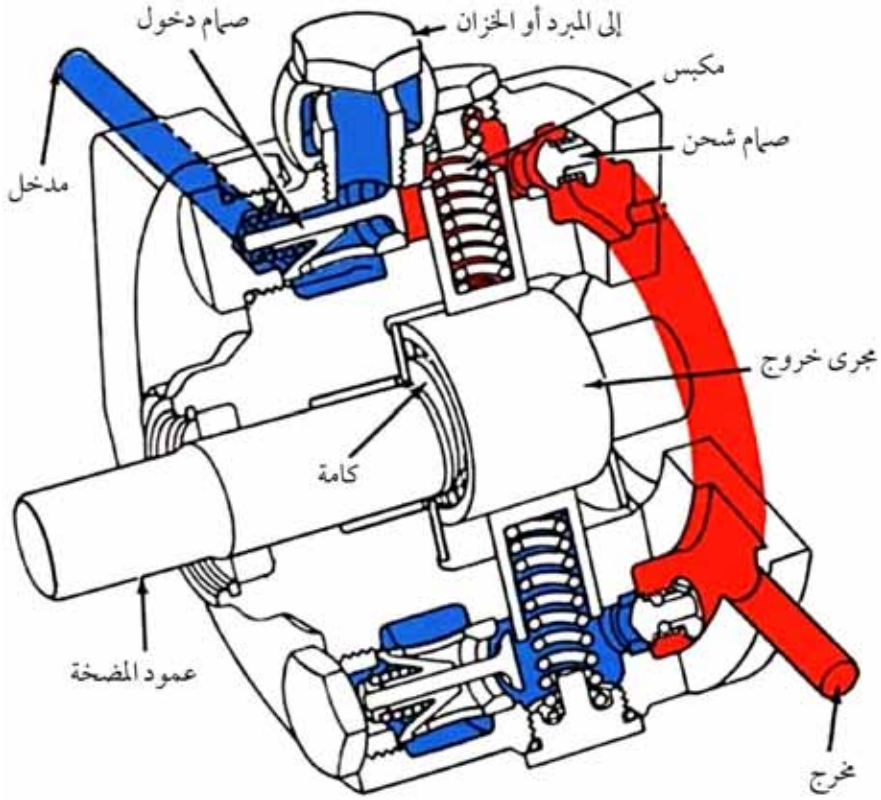
- **مضخة المكابس القطرية (النوع ذو الكامة الدوارة):** شكل (3-22)



شكل (3-22)

مضخة مكبسية قطرية ذات كامة دوارة

شكل (3-23) يوضح مقطع نموذجي لمضخة مكبسية تستخدم نظرية " الكامة الدوارة". تصمم غالباً بأربعة أو ثمانية مكابس. المكابس مرتبة في اتجاه قطر محور الدوران وتأخذ حركتها الترددية من لا مركزية عمود المضخة.



شكل (3-23)

تشغيل مضخة مكبسية قطبية

وتوضع المكابس القطرية في تجاويف جسم المضخة الثابت عمود الإدارة له كامة لا مركزية تتلامس مع المكابس. عندما تدور الكامة تتحرك المكابس للخارج فتضخ الزيت. يتم دخول وخروج الزيت من خلال مجاري حلقية في جهتين متقابلتين بجسم المضخة. في كل جهة من تجويف المكبس توجد فتحات متصلة بهذه المجاري الحلقية عن طريق صمامات. عبارة عن مكابس بأسفلها سُستات، موجودة في تلك الفتحات يمكن السماح للزيت بالدخول أو الخروج من تجاويف المكابس. من الواضح أن تشغيل تلك المضخة بتلك الكيفية سيعطي إزاحة ثابتة وهو أمر قابل للتطبيق والتحقيق وبطريقة أفضل وبتكلفة أقل عن طريق استخدام مضخة ريش أو تروس.

تستخدم مضخة المكابس القطرية فقط عند الاحتياج إلى سمات إضافية مثل الإزاحة المتغيرة. لتحقيق الإزاحة المتغيرة تستخدم آلية التحكم في المشوار.

فيما يلي سنرى أولاً كيف تعمل مضخة المكابس القطرية كمضخة ثابتة الإزاحة بدون استخدام آلية التحكم في المشوار.

مشوار سحب المكابس:

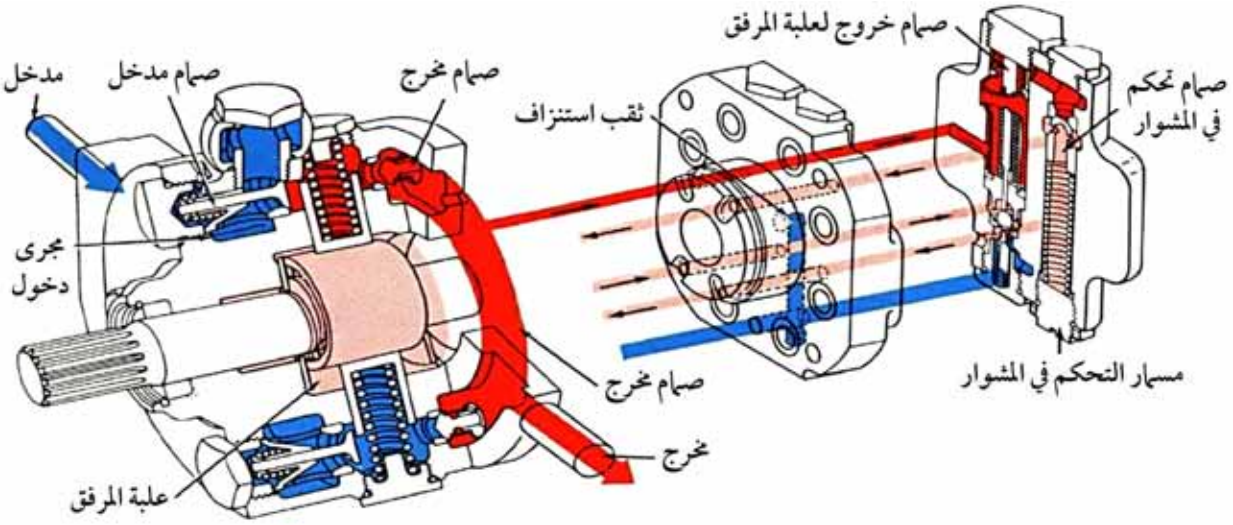
عندما تقوم السوستة بإعادة المكبس إلى مركز المضخة يحدث تفريغ جزئي داخل التجويف، محصلة هذا التفريغ بالإضافة إلى ضغط الزيت المرتفع يؤدي إلى فتح صمام الدخول ودخول الزيت ليملأ تجويف المكبس. وعندما يمتلئ هذا التجويف يتلاشى ذلك التفريغ (الضغط السالب) ويتغلب ضغط السوستة فتغلق صمام الدخول، شكل (3-24).

من المعتاد استخدام مضخة شحن صغيرة لتعمل على إمداد مضخة المكابس القطرية بضغط زيت أعلى من الضغط الجوي.

مشوار طرد المكابس:

ترتكز المكابس على سطح الكامة الدوارة وعند دورانها ستدفع المكابس إلى لخارج بقوة. تفتح هذه القوة صمام الخروج وتطرد الزيت إلى أنبوبة الخروج العمومية. وعندما يصل المكبس إلى قمة المشوار يتوقف السريان ويغلق الصمام بواسطة السوستة. عند ذلك يبدأ المكبس في مشوار سحب جديد وتتكرر الدورة مرة ثانية. وتعمل دورة كل مكبس في تتابع سريع عندما تدور الكامة وينتج هذا سرياناً ثابتاً للزيت. وتعتمد كمية الزيت الخارجة على سرعة المضخة وحدها إذا كانت مضخة ثابتة الإزاحة.

استخدام آلية التحكم في المشوار:



شكل (3-24)

مضخة مكابس قطبية تستخدم آلية تتحكم في المشوار

كيف تقوم آلية التحكم في المشوار بتغيير إزاحة المضخة ؟

إحدى الطرق هو إبعاد أو إيقاف عمود إدارة المضخة ولكن هذا يتطلب جهازاً يدوياً أو ميكانيكياً مما يعني تأخيراً في زمن الاستجابة أو أخطاء بشرية. والطريقة الأخرى للتحكم في الخروج هي إبعاد المكابس عن كامة الإدارة وهذا ما تفعله آلية التحكم في المشوار آلياً باستخدام الهيدروليكاً. يسمح صمام التحكم في المشوار للزيت بالدخول إلى المرفق (منطقة عمود الإدارة) في مركز المضخة، انظر شكل (3-24)، ويكون هذا الزيت تحت ضغط كاف بحيث يثبت المكابس بعيداً عن الكامة ويكون صمام خروج علبة المرفق مغلقاً حاجزاً هذا الزيت المضغوط. تبطئ المضخة ضخها وتعود لوضع الاحتياطي (الاستعداد) حتى لو كان عمود الإدارة مستمراً في الدوران.

وعندما تكون هناك حاجة لوظيفة هيدروليكية فإن الضغط ينخفض عند صمام مخرج علبة المرفق ويسمح للسوستة أن تفتح هذا الصمام وهذا يحرر الزيت من علبة مرفق المضخة إلى ممر الدخول. وعندما ينقص الضغط داخل المضخة فإن المكابس تتلامس مع الكامة مرة أخرى وتبدأ المضخة في ضخ الزيت وتبدأ المضخة في عمل "مشوار الضخ".

عندما يتم عمل الوظيفة المطلوبة من الزيت في الدائرة وتنتهي الحاجة إليه يتناقص السريان ويغلق الضغط الخلفي صمام خرج علبة المرفق ويفتح صمام التحكم في المشوار وتستمر المضخة في الضخ حتى يقوم ضغط

علبة المرفق بإبعاد المكبس عن الكامة. تبدأ المضخة في الدوران "بدون مشوار ضخ" بينما في حالة الاحتياط "الاستعداد" تستمر المضخة في نقل كمية بسيطة من الزيت ويوجد هذا الزيت خلال فتحة الاستنزاف (لفصد) إلى مسار الدخول لتبريد وتزيت المضخة.

يتم التحكم في الضغط المبدئي (الأساسي) في الدائرة بواسطة مسمار ضبط في صمام التحكم في المشوار ويتحكم هذا المسمار في ضغط الدائرة الذي عنده يتحرك الزيت ويدخل إلى علبة مرفق المضخة ليزيد الضغط وذلك بالتحكم في المسافة التي تتحركها المكابس باتجاه الكامة ويتحكم هذا في كمية المائع الذي يسري إلى تجويف المكابس ليتم ضخه في الدائرة.

5.3 تشغيل المضخات:

نسبة الأعطال التي تحدث بسبب تخطي حدود التشغيل ضئيلة، لكنها ما زالت مشكلة يجب منعها. المضخة جهاز دقيق وحساس والسرعة الزائدة أو الحمل الزائد سوف يخل بالتوازن ما بين طول العمر الفعلي للمضخة والكفاءة العالية لها، مما يؤدي إلى تشغيل رديء وتلف المضخة.

أ- فوق القدرة اللازمة:

تصمم معظم المضخات للعمل بمعدلات أقل كثيراً من سعتها القصوى وذلك لضمان قدرتها على القيام بالخدمة المستمرة. ويسمح للمضخات بالعمل بأقصى سعة لفترات قصيرة للمحافظة على عمر تشغيل مقبول.

على سبيل المثال:

افترض أن ضغط تشغيل المضخة حوالي 700 نيوتن/ سم^2 (1000 رطل/ بوصة مربعة). العمر الافتراضي لكراسي المحاور 4800 ساعة. والآن إذا تم رفع ضغط التشغيل إلى 1400 نيوتن / سم^2 (2000 رطل / بوصة مريعة)، كم عدد الساعات التي نتوقعها لكراسي المحاور أن تستمر في العمل.

هناك قاعدة يمكن استخدامها لتحديد ذلك كالتالي:

العمر الجديد لكرسي المحاور = العمر القديم للكراسي/ (الضغط الجديد ÷ الضغط القديم)^3

(الضغط الجديد ÷ الضغط القديم)^3 = (1000 ÷ 2000)^3 = (2)^3 = 8

العمر الجديد لكراسي المحاور = 4800 / 8 = 600 ساعة

مـن هـذا المـثال يتـضح أنـه بمـضاعفة ضغط التشغيل على المضخة، نقص عمر كراسي المحاور، وبالتالي عمر المضخة، إلى الثمن (من 4800 إلى 600 ساعة).

هـناك ظـروف تـشغيل كثـيرة تـؤدي إلى رفـع ضـغط المضخة مثل الصيانة الرديئة، الحمل الزائد على المضخة والإعاقات غير الظاهرة في الدائرة، وفيما يلي نوضح تأثير كل منها.

ب- السرعة المفرطة للمضخة:

بزيادة سرعة المضخة تقلل عمر كراسي المحاور وهنا أيضاً قانون (قاعدة) تبين ذلك لنأخذ نفس المضخة المـستخدمة في الحالـة السابقة ونضاعف سرعتها، تذكر أن الافتراضي لكراسي المحاور 4800 ساعة والمعادلة كالتالي:

العمر الجديد لكراسي المحاور = العمر القديم للكراسي × السرعة القديمة / السرعة الجديدة للمضخة

العمر الجديد = (4800 ساعة × 2000 لفة/ دقيقة) / (4000 لفة/ دقيقة)

= (9600000 /4000) = 2400 ساعة.

من الواضح أن مضاعفة سرعة المضخة قد نقص من عمرها بمقدار النصف.

والآن، وكما هو يتضح من الأمثلة الفعلية السابقة أن انهيار المضخات ينتج عن عدم أخذ مواصفات المضخة في الاعتبار.

ج- فراغات الهواء:

التكهف في المضخات هو "شر" آخر ينتج إما من الصيانة الرديئة أو التشغيل الرديء.

ينـتج الـتكهف عندما لا يقوم المائع بالملء التام للفراغ المخصص له داخل المضخة، فتحدث فجوات هوائية في المائع وذلك ضار بالمضخة.

تـضافر ضـخ الـسائل بـسرعة عالية مع انسداد خط الدخول بين الخزان والمضخة لوجود موانع تعوق سريان المائـع يـؤدي إلى انخفـاض ضـغط السائل الداخل إلى المضخة. وعندما يحدث هدا الانخفاض في الضغط فلا يـستطيع الضغط الفعلي أن يدفع سائلاً كافياً لمقابلة احتياجات المضخة، والنتيجة النهائية كما ستتضح فيما بعد، هي تكوِّن فجوات (تكهفات) في السائل الداخل.

ينخفض الضغط حتى يصل إلى ضغط البخار، ضغط البخار هو ضغط يتحول السائل عنده وبجمعه إلى بخار. يملأ هذا البخار الفراغات (الفقاقيع) في السائل (كهوف).

يحدث التلف للمضخة عندما تتقابل هذه الفراغات المملوءة بالبخار ـ التي تتكون في منطقة الضغط المنخفض ـ مع منطقة ضغط عال بالمضخة وتجبر هذه الفراغات (الفقاقيع) على الانهيار ويخلق هذا فعلاً مماثلاً للانفجار الذي يفتت أو يقشر الجزيئات الصغيرة من الأجزاء المعدنية للمضخة ويحدث أيضاً زيادة في الضوضاء والاهتزازات.

إن المضخة التي يحدث بها تكهف بصفة مستمرة سوف تتآكل أجزاؤها بسرعة وبصورة خطيرة ويحدث بطء في الحركة وعدم انتظامها، وأخيراً فإن الأجزاء المتحركة بالمضخة سوف تزرجن (تلصص).

فيما يلي بعض مشاكل المضخات الناجمة من وصلات سليمة بالدائر وتؤثر على كفاءة التشغيل.

تذكر أن مخطط أي نظام هيدروليكي يتم تصميمه بدقة، يتم تحديد المسافات التي يتحركها السائل وزوايا الخطوط (المواسير والخراطيم) وأقطار الخطوط ووضع الصمامات والفلاتر والخزانات كل ذلك قد تم تخطيطه بعناية لإعطاء أفضل أداء للدائرة ككل.

وإذا تم تغيير (استبدال) جزء في النظام أو تم استخدام أجزاء بمواصفات أقل من الأصلية (دون المعيارية) فيمكن أن تؤثر على المضخة وتدمرها وعلى سبيل المثال فإن استبدال جزء من الأنابيب بقطر أقل من الأصلي (العياري) يمكن أن يخلق انخفاضاً في الضغط ويسبب حدوث تكهف للمضخة. أيضاً وضع الخزان في موضع أبعد عن المضخة يمكن أن يقلل من إمداد الزيت للمضخة وكذلك الخزان الصغير جداً يجعل من الصعب الوفاء باحتياجات المضخة وكذلك استخدام خطوط مصنوعة من مواد غير عيارية (قياسية) للدائرة فيمكن أن تنفجر هذه الخطوط بسبب حدوث اندفاع مفاجئ بسبب علو الضغط مما يسبب تدمير المضخة.

د- سوء الصيانة:

الصيانة الرديئة يمكن أن تدمر المضخة لذا يجب مراجعة الخطوط الهيدروليكية باستمرار لاكتشاف التسرب فمن الممكن أن يدخل الهواء للنظام الذي يعمل على حدوث رغاوي في السائل أو يسبب تكهف.

نفس النتيجة المذكورة سابقاً يمكن أن يسببها انخفاض مستوى الزيت في الخزان. عدم تنظيف الدائرة ككل عندما كان الزيت ملوثاً وتم تغيير الزيت فقط مما يؤدي إلى سرعة تلوث الزيت الجديد. الزيت الملوث هو السبب الرئيس لدمار المضخة.

6.3 أعطال المضخات:

تتعرض أجزاء المضخة نتيجة للتشغيل الطبيعي إلى التآكل وهناك حالات قليلة جداً من الانهيارات تنسب إلى قدم المضخة. الغالبية العظمى لأسباب انهيار المضخات الهيدروليكية بسبب: أخطاء بشرية، وسوء الصيانة، وسوء الإصلاح، وأحمال التشغيل الزائدة، والسبب الأكبر استخدام مائع متسخ أو ذي خواص تزييتية ضعيفة. فيما يتم توضيح أهم تلك الأعطال:

أ- الخطأ البشري.

ب- المائع الملوث.

ج- المائع غير المناسب.

د- الموائع الضارة لموانع التسرب.

ه- المائع غير ملائم لظروف تشغيل المضخة.

7.3 مشاكل التشغيل وكيفية تلافيها:

كما سبق وأن أشرنا إلى حدوث بعض المشاكل عند دخول الفقاعات الهوائية داخل المضخة في مرحلة السحب، والتي تسمى بالتكهف. ويعتبر من أهم أسباب حدوث هذه الظاهرة، هي أن ينخفض الضغط في مرحلة السحب بصورة شديدة وزائدة عن المطلوب في درجات الحرارة الاعتيادية مما يؤدي إلى تبخر المائع وتحوله إلى بخار يقوم بنفس عمل الفقاعات الهوائية إذا ما دخلت إلى المضخة في مرحلة السحب. وتتسبب هذه الفقاعات البخارية في ارتفاع صوت المضخة بصورة ملحوظة للغاية كما أنها تتسبب في تدمير المروحة الدّوارة والتي تعتبر هي الأساس في عملية الضخ. كذلك يُلحظ الانخفاض الشديد الفجائي في الارتفاعات المطلوبة. ولتلافي هذه المشكلة، يتم حساب ارتفاع معين من السائل يوضع فوق المضخة في خزان ليعادل النقص المحتمل في الضغط عند مرحلة السحب، ويسمى بالارتفاع السحبي الموجب. ويكون هذا الخزان في النصف العلوي للمضخة فوق خط التماثل أي أنه يكون في مرحلة التوصيل ولكنه يغذي مرحلة السحب. ولذلك يسمى الارتفاع الموجب نظراً لأنه في مرحلة التوصيل يعتبرُ ارتفاعاً موجباً بالنسبة للارتفاع في مرحلة السحب. ولكل مضخة ارتفاع سحبي مختلف عن الأخرى طبقاً لتصميمها، ويمكن معرفته بواسطة المواصفات الفنية لكل مضخة، وفي حالة التركيب يراعى أن يكون الارتفاع السحبي الفعلي في الخزان أكبر من الارتفاع السحبي المطلوب طبقاً للمواصفات الفنية، وذلك لضمان عدم الدخول في مرحلة التكهف.

تقـــــويم الوحـــــدة

س1: املأ الفراغ بالكلمة المناسبة:

1- المضخات الهيدروليكية تحول القوة ..... إلى قوة .....

2- المضخة الريشية ..... يمكن إنشاؤها كمضخة ذات إزاحة ثابتة أو متغيرة.

3- المضخة ..... عادة لها أجزاء متحركة أقل من النوعين الآخرين.

4- يشيع استعمال المضخات الطاردة المركزية في جهاز ..... حيث يدفع السائل من خلال ممرات الجهاز تحت ضغط منخفض.

5- المضخات الدورانية هي مضخات ذات إزاحة .....

س2: ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

1- المضخات الهيدروليكية تنتج سرياناً ولا تنتج ضغطاً. ( )

2- المضخات غير موجبة الإزاحة أفضل المضخات لأنها تنتج سرياناً مستمراً للسائل. ( )

3- اضغط ينخفض نتيجة المعوقات التي تقاوم تدفق السائل داخل الدائرة. ( )

4- تقوم المضخات الطاردة المركزية بإزاحة السائل بواسطة عزم الحركة. ( )

س3: أجب عن الأسئلة التالية:

1- ما هو الفرق الرئيسي بين المضخة الترسية الداخلية والمضخة الترسية الخارجية؟

2- ما هو السبب الأكثر شيوعاً في انهيار المضخات الهيدروليكية؟

3- ما هو تأثير مضاعفة التشغيل على عمر المضخة؟

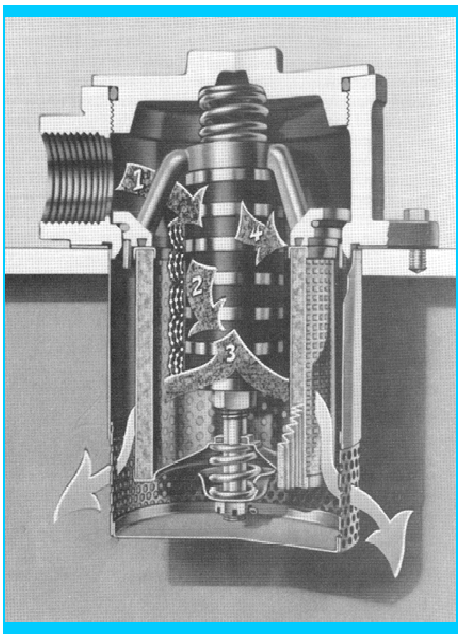
4- ما هي مميزات المضخة الترددية؟

5- تقسّم المضخات المكبسية إلى نوعين محوري وقطري، ماذا تعني هاتان التسميتان؟

الوحـــدة

4

الزيوت الهيدروليكية وأنواعها



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف وظيفة السوائل الهيدروليكية وأنواعها.

2- يتعرف متطلبات موائع نقل القدرة وتطبيقاتها.

3- يتعرف وظائف الزيوت الهيدروليكية وخصائصها.

4- يتعرف مواصفات اختيار زيت الهيدروليك المناسب وطرق تخزينها.

5- يحدد لزوجة بعض السوائل الهيدروليكية.

1-4 وظيفة السوائل الهيدروليكية وأنواعها:

1-1-4 الوظيفة:

الهـدف الأساسي من الموائع الهيدرولية في المنظومات هو نقل القدرة الهيدرولية إلى المشغلات على شكل قـوة أو حركة. تلك السوائل تشفط من الخزان عن طريق المضخة، ليتم إرسالها إلى صمامات التحكم ومن ثم إلى الأسـطوانات أو المحـركات الهيدرولية (موضع خرج الطاقة) ومن ثم تعود إلى الخزان مرة أخرى لتبريدها واستقرارها قبل استخدامها مرة أخرى.

مـا هـو مقـياس جودة نقل المائع الهيدرولي لنقل الطاقة ؟ يعتمد ذلك على سهولة ضخة، ومدى تحمله لعناصر أخرى تبين مدى مواءمة هذا المائع للتطبيق المستخدم لأجله والبيئة المحيطة به

هـناك خصائص معينة تؤثر على كفاءة السائل الهيدروليكي تشتمل على: اللزوجة ـ القابلية للانضغاط ـ تخميد الرغاوى ـ المقدرة على فصل الماء وإعتاق الهواء ـ مقاومة الأكسدة ـ مقاومة التآكل ـ المقدرة على مقاومة القدم ـ نقـاط الـتجمد- الوميض- الغلـيان- مـدى الملائمـة مـع الخـراطيم. هـذه العـوامل لا تحدد ملائمة السائل للاستخدام فحسب، بل مقاومته خلال وقت استخدامه في المنظومة.

وتـستخدم الفلاتـر لحفـظ الـسائل نظـيفا، ويجري تغييرها من قبل عمال الصيانة لضمان استخدام هذا السائل لأطـول فـترة ممكـنة في مـستوى مقـبول. وبين الفترة والأخرى، تؤخذ عينات من هذا السائل لاختباره لمعرفة حالـته: هـل يحـتاج إلى تنظيف، تغيير أو إعادة إصلاح ؟ وعند تعطل إحدى مكائن الهيدروليك، يتم اكتشاف المشكلة ـ عادة ـ من طبيعة زيتها.

وقـد تـم مؤخـراً إدخال التكنولوجيا لضمان صلاحية السائل أثناء وجوده في دائرة العمل لضمان عمل الدائرة بشكل إنتاجي صحيح في الماكينة المستخدمة.

2-1-4 أنواع السوائل الهيدروليكية:

هناك عدة أنواع من السوائل، بما فيها الماء، استخدمت على أنها موائع هيدروليكية.

وتستخدم الصناعة خمسة أنواع رئيسية من هذه الموائع الهيدروليكية هي:

أ- زيوت هيدروليكية بترولية الأصل.

ب- زيوت مركبة (صناعية).

ج- موائع تحتوي على ماء مجلسر.

د- مستحلبات الزيت في الماء والماء في الزيت.

ه- موائع محتوية على نسب عالية من الماء (HWCF).

تقريباً 80٪ من 250- 275 جالون من الزيوت يتم بيعها سنويا من الزيوت الهيدروليكية بترولية الأصل 20٪ من باقي الأنواع الأربعة الأخرى كونها زيوت مقاومة للحريق.

كان الماء هو المائع الهيدروليكي الأول في الاستخدام، ولكن لوجود عدة خصائص غير مرغوب بها استبدل بالزيوت البترولية. وذلك لأن الماء يتجمد ويتبخر إضافة إلى أنه عامل رئيسي بتصدية النظام المستخدم فيه بالإضافة إلى أنه رديء التزييت.

لذلك استخدمت الزيوت البترولية كونها رخيصة الثمن مع امتلاكها خصائص جيدة كثيرة.

ولضمان جودة عمل الأنظمة الهيدروليكية، لابد من اختيار المائع الهيدرولي ذي الخصائص الآتية:

أ- نقل الطاقة الهيدروليكية بكفاءة.

ب- تزييت المنظومة المستخدم فيها.

ج- يبدد الحرارة المتولدة من المنظومة.

د- لا يفسد مانعات التسرب (الصوف) وأجزاء المنظومة.

ه- أن يضل صامدا لفترة طويلة مع تغير درجة الحرارة وتغير ظروف العمل.

وإذا كان هناك احتمالية حدوث حريق في المنظومة، فيجب استخدام نوع من الموائع يكون مقاوماً لدرجة الحرارة بالإضافة إلى الخصائص المذكورة.

وقد ثبت بالتجربة أن الحرائق الهيدروليكية تبدأ عندما ينفجر أحد أهواز المنظومة ويرش الزيت على الأسطح الساخنة.

2-4 متطلبات موائع نقل القدرة:

يجب أن يتمتع موائع نقل الحركة والقدرة بالمميزات الآتية:

- التزييت ومكافحة التآكل، بمعنى أن يكون المائع قادراً على تغطية الأجزاء بطبقة رقيقة تحميه من التآكل نتيجة الاحتكاك ولذلك يقوم بتزييت كافة أجزاء العنصر.
- أن لزوجته معقولة وجيدة ومناسبة لنوع العمل، بحيث لا يشكل مقاومة عالية لحركة الجزء أو يؤدي إلى التسريب.

- أن يكون تغير اللزوجة مع تغير درجة الحرارة قليل جداً، بحيث لا تتغير مواصفات الزيت.
- أن يكون اختيار اللزوجة مناسباً للضغط، حيث إن اللزوجة تتأثر بالضغط وعند استعمال ضغط أكبر من 200 بار يجب الأخذ بعين الاعتبار زيادة اللزوجة الكبيرة تحت تأثير الضغط.
- مناسبة السائل للمواد المختلفة المستخدمة في تصنيع الأجزاء بحيث لا يكون مناسباً لمادة ومضراً للأخرى(المحامل والصوف وغيرها).
- أن يكون لديه مقاومة عالية لقوى القص؛ لأن وجود هذه القوى يؤدي إلى نقص في لزوجة السائل وبالتالي فقدان خواصه.
- أن يكون الزيت قابلاً لتحمل الحرارة العالية وتغيرها باستمرار.
- أن يكون مقاوماً للأكسدة، بمعنى أن يكون قادراً على امتصاص الأكسجين بسرعة وبالتالي منع عملية تأكسد المعادن.
- أن تكون انضغاطيته منخفضة بحيث لا يؤثر على سرعة الاستجابة وألا تتواجد أي فقاعات هوائية تؤدي عند انفقاعها إلى أضرار كثيرة منها تكهف المضخة.
- أن يكون معامل تمدد السائل صغيراً عند ارتفاع درجة حرارته، حيث إن الزيوت المعدنية تتمدد بـ 0.7 لكل 10 درجات مئوية مثلاً.
- عدم أو قلة تشكل الرغوة وذلك عن طريق ضبط السائل في خط الرجوع.
- أن تكون درجة غليان الزيت عاليةً وضغط التبخير قليلاً جداً.
- أن تكون كثافة السائل عاليةً قدر الإمكان بحيث يمكن نقل القدرة الهيدروليكية بحجم قليل من المائع.
- أن يكون قادراً على التخلص من الحرارة الزائدة بسرعة في الخزان أو في المبادل الحراري.
- أن يكون غير ناقل للتيار الكهربائي.
- أن تكون مقاومة المائع للاحتراق عالية جداً.
- ألا يكون ساماً في الحالة السائلة أو عند التبخر.
- أن يكون مانعاً للصدأ.
- أن يكون قابلا للترشيح والتنظيف.

- أن يكون سهل الخدمة.
- أن يكون غير ضار بالبيئة.
- أن يكون رخيص الثمن ومتوفر بشكل دائم.

3-4 تطبيقات الموائع الهيدروليكية:

من أهم المهام التي تواجه فني موائع نقل الطاقة هو كيفية اختيار المائع الهيدرولي المناسب للعمل المناسب لـه في المـنظومة الهيدروليكـية. والـسؤال المطـروح هـنا: مـا هو المائع المناسب للمنظومة المناسبة التي أعطيت خصائصها وظروفها وفي أي الظروف تعمل ؟

للإجابة على هذا السؤال على الفني أن يتبع عدة خطوات منها:

- أن يـرجع إلى المـصنع والتوصيات التي يرغب تشغيل الآلة عليها، وهل هناك من توصيات على بعض أنواع الموائع من غيرها لهذه الآلة.
- قـبل اختـيار أي مائـع هيدروليكـي وملء خزان الآلة الجديدة أو أي آلة في حالة الاستخدام، عليه أن يـرجع إلى الكتـيب الخاص بتلك الآلة، كما يجب التأكد من نوعية الزيت الموجود في الآلة قبل التغيير؛ لأن بعـض الـزيوت لا توافق مع مواصفات تلك الآلة مما يسبب بعض المشاكل بها. على سبيل المثال، إذا تـم اسـتخدام زيـوت مـركبة (صـناعية) في آلـة يفترض استخدام زيوت ذات أساس بترولي، فإن النتيجة ستكون تلف صوف (مانعات التسرب) لتلك الآلة.

4-4 خواص الزيوت الهيدروليكية:

أ- الزيوت الهيدروليكية البترولية الأصل أقل كلفة من جميع الزيوت الهيدروليكية الأخرى.

ب- موائع مركبة (صناعية):

تمـتلك خاصـية التـزييت الجـيد للأجـزاء المتحركة، توجد على نطاق واسع للزوجة مختلفة. تستخدم للسرعات العالية التي تحتاج إلى لزوجة منخفضة.

ج- موائع تحتوي على ماء مجلسر:

صـممت للاسـتخدام في الأنظمـة الهيدروليكـية التـي يكـون بها مصدر الحرارة والاشتعال ومخاطر الحـريق. تحـتوي على ماء مع جلسرين وزيوت عالية اللزوجة ومقاومة للصدأ. يمكن استخدامها في

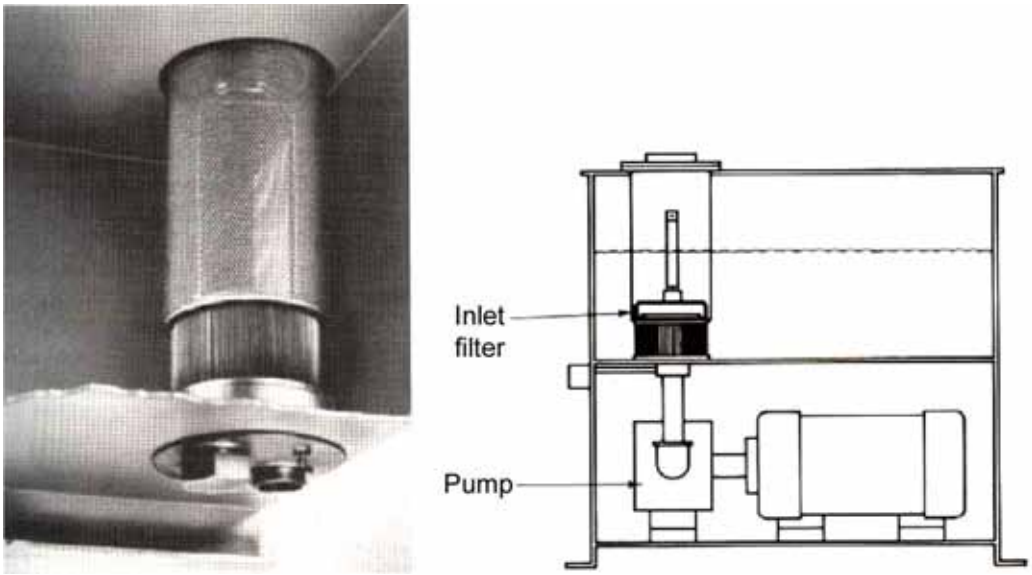
المضخات الترسية بكفاءة عالية دون الخوف من مشاكل الحريق. كما يستخدم للضغوط العالية ولا ينصح باستخدامه في المنظومات ذات الضغوط المنخفضة أو المتوسطة؛ لأن احتواءها على الماء يحد من جودة التزييت في تلك الظروف. ويجب عند استخدام هذا النوع من الزيت استخدام صوف خاصة ملائمة مع معجون خاص بها.

د- مستحلبات الزيت في الماء والماء في الزيت.

ه- موائع محتوية على نسب عالية من الماء (HWCF):

زيوت غير غالية الثمن نسبيا ولها مقاومة عالية للحرارة. وجودة التزييت بها تعتمد على نوعية المائع المضاف إليها. لأنه يحتوي على 90 ٪ من تركيبتها ماء، لذا فإنه يعتبر مائع جيد لتبديد الحرارة المتولدة من المنظومة. يجب أن تعمل في درجة حرارة بين (4.4و 48.9 درجة مئوية) لتفادي تجمدها وتبخرها عند الاستخدام مما يؤدي إلى تغير تركيز حالة المائع.

ينصح باستخدام نظام فلترة لهذا النوع. كون هذا النوع يحتوي على مركبات كيميائية في نسبة عالية من الماء، كما أنها سوف تنفصل عن بعضها البعض إذا وضع خزان المنظومة أسفل المضخة بل يجب وضعه أعلاها لمنع تكهف أرياش المضخة وضمان جودة المزج ووضع الفلتر عند أسفل الخزان. كما نشاهد في الشكل (4-1).



شكل (4-1)

وضع الخزان في المنظومات التي تستخدم زيت من نوع HWCF

5-4 اللزوجة والزيوت الهيدروليكية:

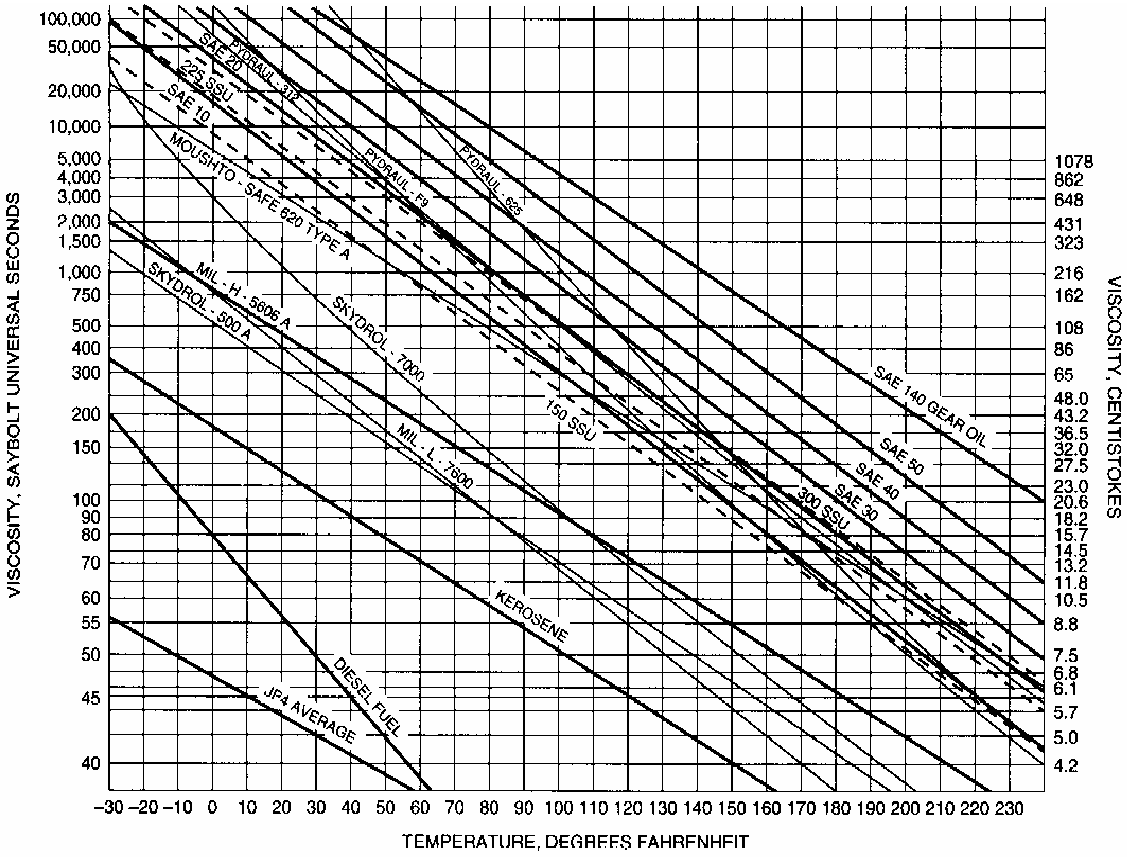
تعتبر اللزوجة من أهم الخواص التي تؤثر على أداء الزيوت الهيدروليكية ومن ثم اختيارها للتطبيق المناسب لاستخدامها.

في تشغيل الدوائر الهيدروليكية، تسبب الزيوت ذات اللزوجة العالية تقليل في كفاءة نقل قدرة المائع كما أنها تولد حرارة عالية في المائع، وذلك ناتج من الاحتكاك الداخلي في جزيئات الزيت الهيدروليكي. لذلك في درجات الحرارة المتدنية واللزوجة العالية للزيت، سوف تتعرض المضخة والمحرك الكهربائي إلى التلف من جراء المقاومة العالية للمائع للدوران.

كما أن الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة تحسن وتزيد في كفاءة المضخة والمحرك، إلا أنها تسبب انزلاقاً وانحشاراً في الأجزاء الصغيرة في المنظومة مما يسبب التسرب في بعض الأجزاء مثل الصمامات.

وعليه يتحتم الاختيار المناسب للزوجة المناسبة للزيت حسب طبيعة عمل المنظومة بالشكل المجدي مع الأخذ في الاعتبار تبريد وتزييت المنظومة في نفس الوقت بدون أي تسرب أو نقص للزيت.

ويمكن اختيار اللزوجة لعدد من الزيوت الهيدروليكية في درجات الحرارة مختلفة حسب طبيعة عمل المنظومة من الشكل (4-2).



شكل (4-2)

لزوجة عدد من الموائع الهيدروليكية وتغيرها بتغير درجة الحرارة

نستنتج من الشكل (4-2) أن لزوجة السوائل تنحدر بزيادة درجة الحرارة.

مثال:

أوجد لزوجة الزيت الهيدروليكي من نوع (SAE 50) عند درجة حرارة 170 F بوحدتي CENTISTOKES و SAYBOLT UNIVERSAL SECONDS

الحل:

باستخدام الشكل (4-2) والنظر للزيت من النوع (SAE 50) عند درجة حرارة 170 F، نجد أن اللزوجة تساوي: 48.0 CENTISTOKES ويقابلها على نفس الخط الأفقي 250 SAYBOLT UNIVERSAL SECONDS

مثال:

منظومة هيدروليكية درجة حرارة عمل مضختها وبالتالي المنظومة ككل 100 F أراد فني الزيوت الهيدروليكية استبدال الزيت بآخر جديد ولا يعرف الزيت المستخدم، وبعد قياس لزوجته عند نفس الدرجة وجد أنها تساوي: 7.5 centistokes ما هو نوع الزيت الهيدروليكي الذي يجب أن يستخدمه هدا الفني في هذه المنظومة ؟

الحل:

من معطيات السؤال أن اللزوجة 7.5 centistokes عند درجة حرارة 100 F، بالرجوع إلى الشكل (4-2) يتضح أن المائع الذي يجب أن يستخدمه الفني لهذه المنظومة هو من نوع (kerosene).

6-4 درجات الحرارة ومجالات اللزوجة لبعض المكونات الهيدروليكية:

بعـد التعرف على خصائص الزيوت الهيدروليكية، لابأس من التعرف على بعض المكونات الهيدروليكية واللزوجة التي تتطلبها في الزيت الناقل للقدرة في منظومتها عبر الجدول الآتي:

جدول (4-1)

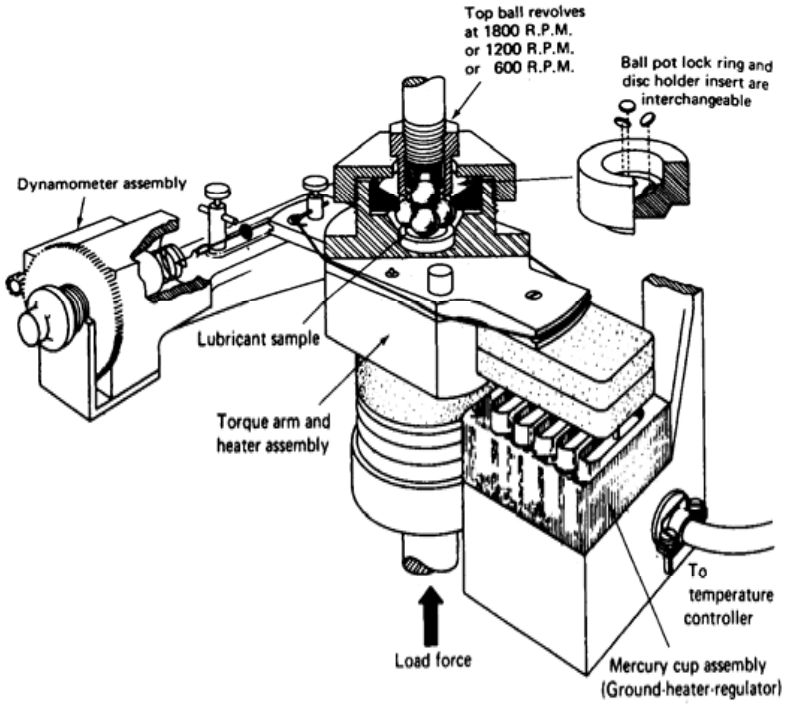
درجات الحرارة ومجالات اللزوجة لبعض مكونة الهيدروليكية

مسمى العنصر	درجة الحرارة c^0	اللزوجة الكينماتيكية (mm / sec)
مضخة ترسيه ثابتة الإزاحة	80 ـ 15	300 ـ 10
مضخة ريشية V2 ثابتة الإزاحة	70 ـ 10	160 ـ 16
مضخة ريشية V4 متغيرة الإزاحة أقل من ضغط 63 بار	70 ـ 10	160 ـ 16
مضخة ريشية V4 متغيرة الإزاحة أكبر من ضغط 63 بار	70 ـ 10	160 ـ 25
صمام عازل S	80 ـ 30	380 ـ 28
صمام اتجاهي WE	80 ـ 30	500 ـ 28
صمام تخفيض الضغط DBD	80 ـ 30	800 ـ 10

4-7 اختبار الزيوت الهيدروليكية:

بعـد اسـتخدام الزيت لفترات طويلة في المنظومة الهيدروليكية وقبل استبداله بزيت آخر كونه استهلك، يتم اختيار عينة منه بطريقة اختبار تسمى: (اختبار بلى الزيوت الهيدروليكية ذو الأربع كرات).

يـتكون جهاز الاختبار بصورة مبسطة من أربع كرات يتم تثبيت ثلاث منها وتدور الرابعة التي تعلوها بسرعة دورا نية معينة ويكون الزيت المراد اختباره في منطقة احتكاك الكرة المتحركة مع الكرات الثابتة، وعند حساب معدل الاحتكاك بينها نستخلص نتيجة مدى صلاحية هدا الزيت من عدمه كما هو موضح بالشكل (4-3).



شكل (4-3)

جهاز اختبار صلاحية الزيوت الهيدروليكية ذو الأربع كرات

4-8 تخزين ومناولة الزيوت الهيدروليكية:

معـرفة كيفـية مـناولة وأيـن تحفـظ الـزيوت الهيدروليكـية يعطي انطباعاً مبدئياً عن تاريخ وجودة تلك الـزيوت قـبل الاسـتخدام. وعلـيه يجـب الوضع في الاعتبار عدة نقاط على أهمية حفظ تلك الزيوت بالشكل الـصحيح وفي المكـان المناسـب الخـالي مـن الغـبار والرطوبة وعوامل الجو المتغيرة التي سوف تؤثر على جودة الزيت وبالتالي على أداء المنظومة الهيدروليكية بشكل عام.

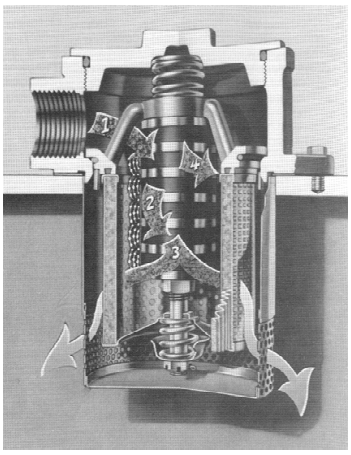
كـما أن الطرق الصحيحة في المناولة والوضع الصحيح لخزانات الزيوت المخزنة قبل الاستخدام تعطي انطباعاً على جودة ذلك الزيت وما به من شوائب واختلاطه بالماء من جراء الرطوبة وما إلى ذلك.

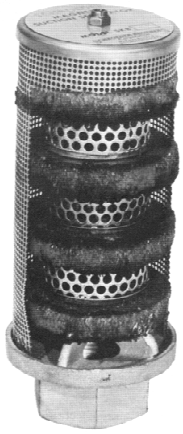
كل تلك الأمور يجب أن توضع في الاعتبار لضمان أداء جيد للمنظومة المراد استبدال زيتها الهيدروليكي.

9-4 ترشيح الزيوت الهيدروليكية:

يمكن التعبير عن مستوى نقاوة الزيوت الهيدروليكية بعدد وحجم الأجسام الغريبة الموجودة بها. عملية الفلـترة كفـيلة بإزالـة هذه الأجسام الكبيرة والكثيرة الغريبة في الزيوت الهيدروليكية مما يؤدي لإزالة البلى عن المـنظومة الهيدروليكـية عـلى المـدى البعـيد. يتم التخلص من الأجسام الغريبة في كل دورة يكملها الزيت من الخزان حتى يعود إليه مرة أخرى.

يـتم تـصميم الفلـتر بحيث يكون متعدد الطبقات كما أنه يحتوي على مغناطيس لجذب المعادن المتطايرة في المنظومة وحمايتها منها كما في الشكل (4-4).



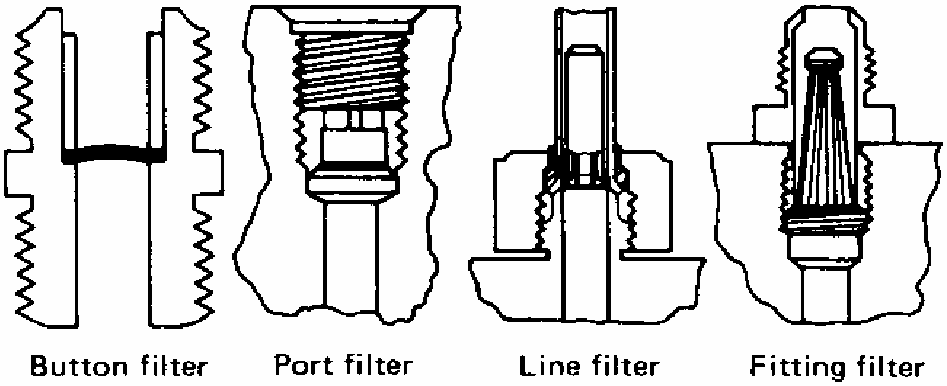


شكل (4-4)

فلتر الزيوت الهيدروليكية المتعدد الطبقات ذو المغناطيس وموقعة عند مدخل الخزان

يوضع الفلتر عادة عند مدخل خزان الزيت العائد له من المنظومة بعد أن يكمل دورته، ولا يوضع أمام مدخل المـضخة حتـى لا يـسبب لهـا الـتكهف (التآكل لأجزائها) كون ضغط الزيت الخارج من الفلتر يكون أقل من الضغط الداخل له وذلك لطبقاته المتعددة التي تقلل من الضغط بشكل ملحوظ.

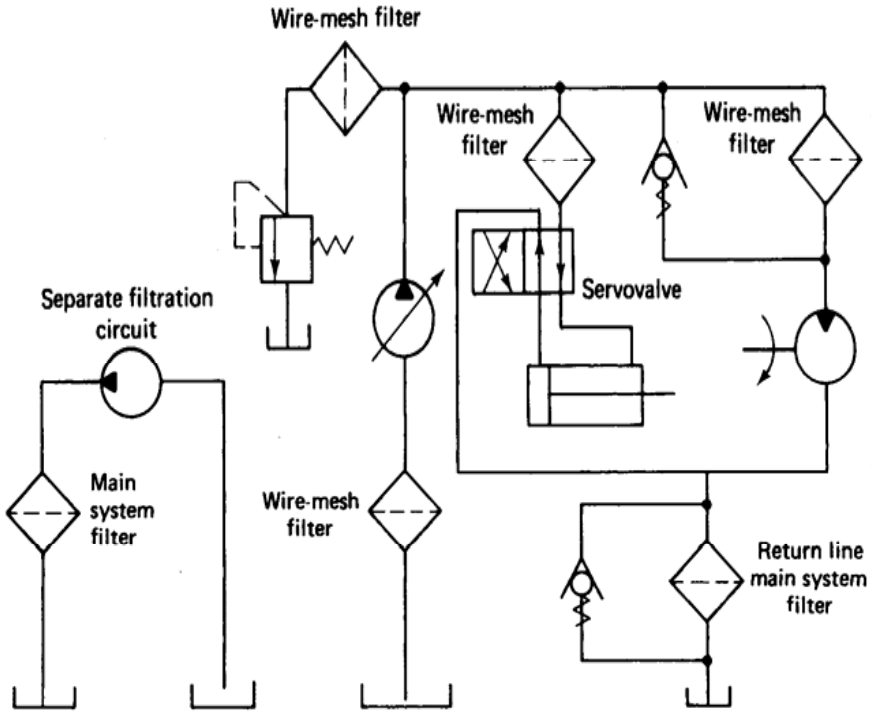
هـناك بعـض الفلاتـر تحتوي على حساسات، يتم توصيلها بجرس إنذار أو إضاءة تستخدم للكشف عن زيادة الأجـسام الغـريبة في المنظومة تسمى – فلاتر الفرصة الأخيرة – وتنذر بتغيير الفلتر الرئيس أو استبدال الزيت قبل أن تبلى المنظومة. ويمكن مشاهدة بعض هذا الأنواع من الفلاتر في الشكل (4-5).



شكل (4-5)

أنواع متعددة من فلاتر الإنذار الأخير المتصلة بحساسات إنذار

كما أنه ـ في بعض الحالات ـ يتم استخدام الفلاتر ذات الحساسات عند كل عنصر من عناصر المنظومة للحفاظ عـلى جمـيع أجـزاء المـنظومة مـن الـتلف. والـشكل (4-6) يبـين مواقـع تلك الفلاتر عند كل أجزاء المنظومة الهيدروليكية.



شكل (4-6)

مواقع الفلاتر الرئيسة في المنظومة الهيدروليكية

تقـــويم الوحـــدة

س1: املأ الفراغ بالكلمة المناسبة:

1- في درجات الحرارة العالية يصبح قوام الزيت.....

2- يعتبر الزيت الأكثر لزوجة..... من الزيت ذي اللزوجة المنخفضة.

3- عندما يتأكسد المائع الهيدروليكي تتكون..... ضارة.

4- يجب حفظ الزيوت الهيدروليكية بالشكل الصحيح وفي المكان المناسب الخالي من..... و..... وعوامل الجو المتغيرة التي تؤثر على جودة الزيت.

5- يتم تصميم المرشح بحيث يكون متعدد..... كما أنه يحتوي على..... لجذب المعادن المتطايرة في المنظومة.

س2: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس:

1- يجب أن يكون المائع قادراً على تغطية الأجزاء بطبقة (رقيقة – سميكة) تحميه من التآكل نتيجة الاحتكاك.

2- لنقل القدرة بشكل جيد يجب أن تكون انضغاطية الزيت (عالية – منخفضة) بحيث لا يؤثر على سرعة الاستجابة.

3- تستخدم الزيوت البترولية في الصناعة كونها (رخيصة الثمن – عالية اللزوجة).

4- من متطلبات موائع نقل القدرة أن تكون درجة غليان الزيت (عالية – منخفضة) وضغط التبخير (كبيرة – قليلة).

س3: أجب عن الأسئلة التالية:

1- اذكر خواص الزيوت الهيدروليكية.

2- كيف يتم وضع المرشح في المنظومة؟

3- كيف يتم اختيار الزيوت الهيدروليكية؟

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
أحادية التأثير	Single Type
الأنابيب والخراطيم	Pipes And Lines
الأنواع	Types
أنواع المرشحات	Kind Of Filters
احتياطات الأمان	Safety
الانسياب (التدفق)	Flow
انسياب دوامي	Turbulent Flow
انسياب سلس	Laminar Flow
التسرب (اللمد)	Seat Oils
التهوية	Ventilation
ثنائية التأثير	Dual Effect
حجم الخزان	Volume
الخزان	Reservoir
درجة الترشيح	Nomination Degree
زمن دورة الزيت	Time Of Oil Cycle
زيوت هيدروليكية	Hydraulic Oil
السخانات	Heaters
السرعة	Velocity
سرعة الضغط	Velocity Pressure
الشغل المبذول	Work Done
شكل الخزان	Frame Of Tank
الصمامات	Valves
صمامات التحكم بالاتجاه	Directional Control Valve

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
صمامات التحكم بالتدفق	Flow Control Valve
صمامات الضغط	Pressure Valve
صمامات عدم الرجوع	Check Valve
صميم	Design
الضغط	Pressure
الطاقة	Power
الطاقة الحرارية والاحتكاك	Heat Energy And Friction
الطاقة الحركية	Kinetic Energy
الطاقة الكامنة	Potential Energy
طريقة عمل الأسطوانة الهيدروليكية	Principle Of Operation Method Of Cylinder
غزارة أو قدرة المضخة	Power Of Pump
القارنة	Couplings
قانون باسكال	Pascal's Law
القدرة (الاستطاعة)	Power
القوة	Force
كاشف التلوث قي الزيت	Reagent Of Dirty Oil
لزوجة	Viscosity
لوظيفة	Function
مائع	Fluid
المبردات	Coolants
المحركات	Drivers
المراكم الهيدروليكية	Hydraulic Accumulator
المرشح	Filter
مرشح	Filter

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
مرشح السحب	Flowing Filter
مرشحات الضغط	Pressure Filter
المركم الزنبركي	Spring Loaded Accumulator
المركم المكبسي	Piston Type Accumulator
المركم المنتفخ	Bladder Type Accumulator
المركم الوزني	Weigh Loaded Accumulator
مسببات تلوث الزيت	Reasons Of Oils Dirty
مضخة ترددية	Rotary Pump
مضخة ترسية	Gear Pump
مضخة ترسية خارجية	External Gear Pump
مضخة ترسية داخلية	Internal Gear Pump
مضخة طرد مركزية	Centrifugal Pump
مضخة مكبسية	Piston Pump
مضخة هيدروليكية	Hydraulic Pump
مقاييس (أجهزة قياس) الضغط	Pressure Gauge (Manometers)
مكان الاستخدام	Using Location
المكونات	Contents
مكونات نظام التشغيل الهيدروليكي	Hydraulic Systems Components
الملحقات الخاصة بالنظام الهيدروليكي	Accessories Of System
المواصفات المطلوبة	Specification Of Tank
الوحدة العاملة (الأسطوانات الهيدروليكية)	Operation Unit Cylinders And Motors
وسادة تخميد نهاية شوط المكبس	Ring Oil

أولاً: المراجع العربية:

1- **أساسيات قدرة الموائع**- تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتيكية- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج- المملكة العربية السعودية.

2- **أسس الآلات الهيدروليكية**- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج- المملكة العربية السعودية- تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتيكية.

3- **مكونات هيدروليكية ونيوماتيكية**- تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتيكية- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج- المملكة العربية السعودية.

4- المهندس/ أحمد عبد المتعال- **التحكم الهيدروليكي وتطبيقاته**- دار النشر للجامعات- مصر- الطبعة الأولى- 1418هـ/ 1997م.

5- المهندس/ إياد الداهوك- **الهيدروليك**- دار صفاء للنشر والتوزيع- الأردن- الطبعة الأولى- 1423هـ/ 2003م.

6- المهندس/ فاروق عبد اللطيف- **المضخات- الجزء الثاني**- دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع- القاهرة- 2005م.

7- **نظم هيدروليكية ونيوماتيكية**- تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتيكية- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج- المملكة العربية السعودية.

8- **الهيدروليك والأنظمة الهيدروليكية**.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

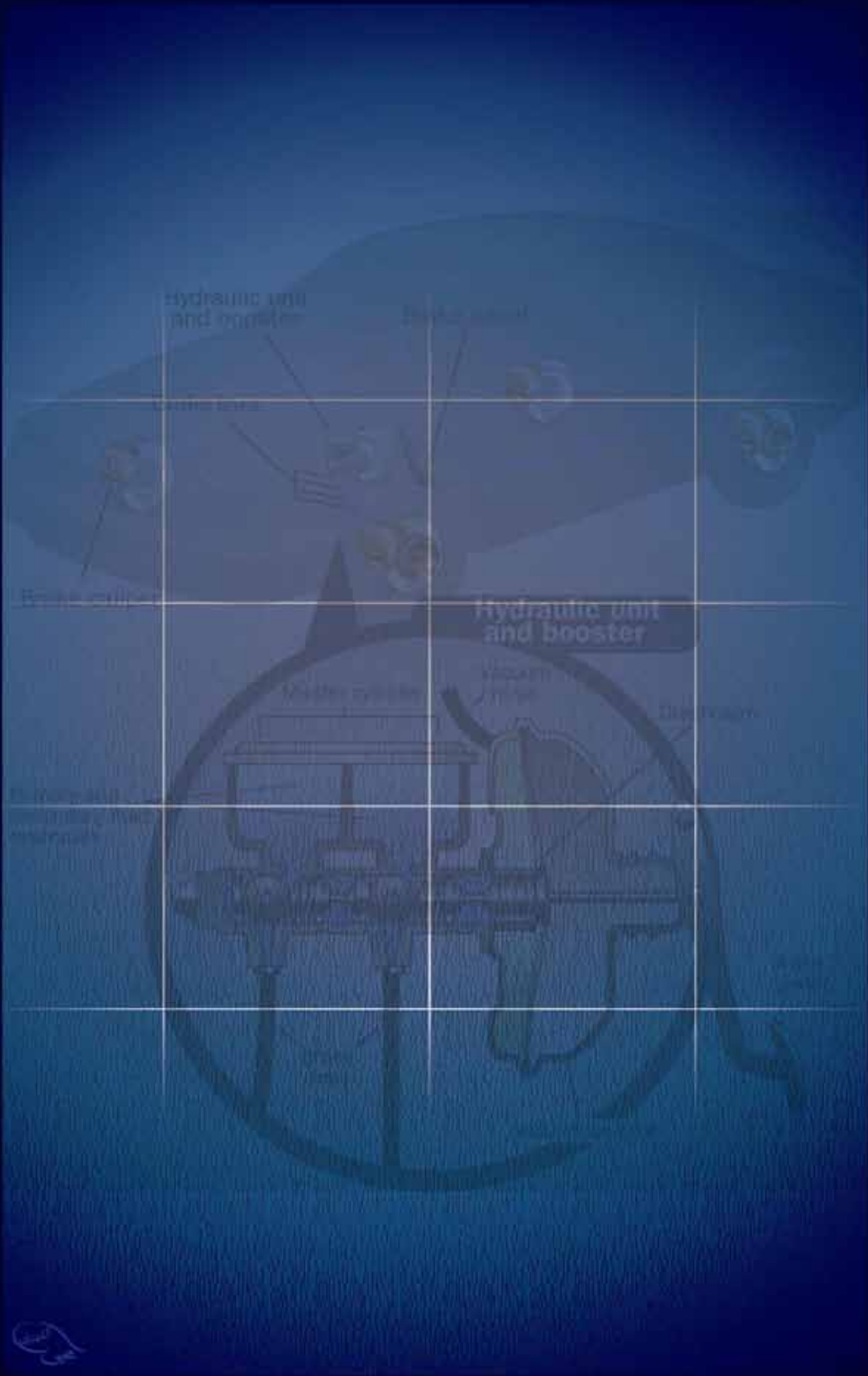
1. Basic Principals & Components of Fluid Technology, H. E xnor Mannesman 1991.

2. Hydraulics, headquarters, department of the army, published 31murch 1997, USA of Army.

3. Fluid Power, prepared by MMC Albert Beasley, Jr. 1990. NAVAL EDUCATION AND TRAINING PROFESSIONAL DEVELOPMENT AND TECHNOLOGY CENTER.

4. Practical Hydraulic Systems, Elsevier (2005), Publisher: Elsevier Science Technology Books: March 2005.

5. Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, Paresh Girdhar BEng (Mech. Eng), Girdhar and Associates published 2004 AMSTERDAM • BOSTON


Hydraulic unit
and booster