ملخص محاضرات

منظومات نقل القدرة

2022-2021

طلبتنا الأعزاء
هذه الأوراق هي ملخص لمحاضرات **منظومات نقل قدرة**
تحوي العناوين العامة للمفردات الدراسية للمادة لذلك انصح بقراءة أي كتاب يحوي هذه العناوين او البحث عنها بشبكة المعلومات العالمية الانترنيت لمزيد من المعلومات.

مدرس المادة
مهند عزيز كاظم

الوحدات الأساسيَّة للنظام الدولي للوحدات

International System of Units (SI)			
	unit	**abbreviation**	**physical quantity**
Base units	meter	m	length
	second	s	time
	kilogram	kg	mass
	ampere	A	electric current
	kelvin	K	thermodynamic temperature
	candela	cd	luminous intensity
	mole	mol	amount of substance

قوانين نيوتن في الحركة

قانون نيوتن الأوّل

ينصّ قانون نيوتن الأوّل على أنَّ: **"الجسم الساكن يبقى ساكناً، والجسم المُتحرّك يبقى مُتحرّكاً ما لم تؤثِّر به قوّة خارجيّة"** فالجسم لا يمكن أن يُغيِر من حالته الحركيّة (كالوقوف أو التحرُّك) أو أن يُغيّر اتجّاه حركته إلّا إذا تمَّ التأثير عليه من قبل قوّة (أو مُحصّلة قوى) تؤدّي إلى تغيير حالته.

قانون نيوتن الثاني

ينص قانون نيوتن الثاني على أنَّ: **"القوّة المؤثِّرة على الجسم تساوي كتلة هذا الجسم مضروبةً في تسارعه"**
ويمكن التعبير عن هذا القانون من خلال العلاقة الرياضيّة التالية:
القوّة=الكتلة×التعجيل
حيثُ تُعتبر القوّةF والتعجيل a كمّيّتان متّجهتان، ويمكن اختصار العلاقة بحيث تصبح كالتالي:

$$F=m.a$$

قانون نيوتن الثالث

ينصّ قانون نيوتن الثالث على أنَّه **"لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومُعاكس له في الاتجاه"**
ومن بعض الأمثلة من حياة الإنسان اليوميّة على هذا القانون هو عند تدافع جسمان معاً، فإنَّ الجسم المدفوع يقوم بالتأثير بنفس مقدار القوّة التي أثّرها فيه الجسم الآخر ولكن باتّجاه مُعاكِس.

الحركة الخطية Linear Motion

$$V = V_o + at \quad ①$$

$$S = S_o + V_o t + \frac{1}{2}at^2 \qquad = V_o t + \frac{1}{2}at^2 \quad ②$$

$$V^2 = V_o^2 + 2aS \quad ③$$

When:
t : Time
S_o : Initial Displacement
S : Final Displacement
V_o : Initial Velocity
V : Final Velocity
a : Acceleration

الحركة الزاوية Angular Motion

$$\omega = \omega_o + \alpha t \quad ④$$

$$\theta = \omega_o t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \quad ⑤$$

$$\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\theta \quad ⑥$$

When:
t : Time
θ_o : Initial Angular Displacement
θ : Final Angular Displacement
ω_o: Initial Angular Velocity
ω : Final Angular Velocity
α : Angular Acceleration

Force القوة

تعرف بأنّها مؤثّر يؤدي او يحاول تغيير حالة الجسم الحركية، وبصيغة أخرى القوة هي الفعل الذي يؤثر على الأجسام، فيكسبها حركة ذات تسارع مُعيَّن يزيد كلما زادت القوة.

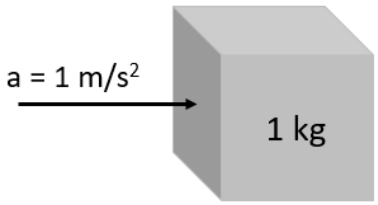
Newton النيوتن

هو وحدة قياس القوة ويساوي مقدار القوة التي لو أثرت على كتلة كيلوغرام واحد لأكسبتها تسارع مقداره 1 متر\ ثانية^2.

$$Force = mass.acceleration$$

$$1N = \frac{1kg.m}{s^2}$$

1 N =



الشغل Work

الشغل W هو مقدار الطاقة اللازمة لتحريك جسم ذي كتلة مُعينة لمسافة مُعينة يمكننا تعريف الشغل على أنه نشاط يتضمن حركة وقوة في اتجاه القوة ويمكن ان يكون الشغل بثلاث حالات (الإيجابي، السلبي والصفري) ويقاس الشغل بالجول (Joule).

$$Work = Force.displacement$$

$$W = F.d\ cos\emptyset$$

When:

$\emptyset$: The angle between the force vector and the displacement vector.

الجول Joule

الجول هو وحدة قياس في النظام المتريّ تستخدم لقياس الشغل والطاقة. هو مقدار الشغل الذي تبذله قوة مقدارها واحد نيوتن عندما تزيح جسماً ازاحة مقدارها متر واحد في اتجاهها.

$$J = N.m = \frac{kg.m}{s^2}.m = kg.\frac{m^2}{s^2}$$

ملاحظة هامة:

- الشغل المبذول بقوة لتحريك جسم ما يكون موجبا أو سالبا، أي بإشارة رياضية موجبة أو سالبة
- الشغل الموجب معناه أن اتجاه القوة في نفس اتجاه الحركة.
- الشغل السالب معناه أن اتجاه القوة المبذولة عكس اتجاه الحركة.

الطاقة Energy

هي خاصية او قدرة النظام على القيام بالشُغل، وهي من خصائص المادة.

هناك مصادر رئيسية متاحة للطاقة تستخدم في العالم لتوليد الطاقة. في حين يتم اكتشاف مصادر أخرى في كل وقت، لم يصل أي منها إلى المرحلة التي يمكن استخدامها لتوفير الطاقة للمساعدة في وظيفة الحياة الحديثة، وتستخدم كل هذه المصادر المختلفة للطاقة في المقام الأول لإنتاج الكهرباء.
العالم يعمل على سلسلة من التطبيقات الكهربائية سواء كنت تتحدث عن السيارة الانارة او التكييف او بقية التطبيقات. كل هذه المصادر المختلفة للطاقة تضاف إلى مخزون الطاقة الكهربائية التي يتم إرسالها بعد ذلك إلى مواقع مختلفة عبر خطوط النقل، يمكن تصنيف مصادر الطاقة الى مصادر متجددة ومصادر غير متجددة

مصادر الطاقة المتجددة Renewable Energy Source

مصدر الطاقة المتجددة: هو أي مورد طبيعي يمكن أن يُعوض (يتوفر) بسرعة وبشكل يعتمد عليه. ومصادر الطاقة هذه وفيرة ومستدامة ومتجددة بشكل طبيعي وجيدة للبيئة.
الأنواع الرئيسية أو المصادر الرئيسية للطاقة المتجددة هي:

- الطاقة الشمسية Solar Energy.
- طاقة الرياح Wind Energy.
- الطاقة الحرارية الجوفية Geothermal Energy.
- طاقة الهيدروجين Hydrogen Energy.
- الطاقة الكهرومائية Hydroelectric Energy
- طاقة المد والجزر Tidal Energy
- طاقة الأمواج Wave Energy
- طاقة الكتلة الحيوية Biomass Energy.

مصادر الطاقة غير المتجددة Non-renewable Energy Source

مصدر الطاقة غير المتجددة: هو مصدر مع إمدادات محدودة يمكن تنقيبه أو استخراجه من الأرض، وسوف ينفد في نهاية المطاف، تتشكل هذه المصادر على مدى آلاف السنين من بقايا مدفونة من النباتات البحرية القديمة والحيوانات التي عاشت قبل ملايين السنين. ومعظم مصادر الطاقة هذه هي وقود أحفوري ويتصف بكونه "قذر"، وهو ما يسيء عموما إلى البيئة.
الأنواع الرئيسية أو المصادر الرئيسية للطاقة غير المتجددة هي:

- الوقود الاحفوري (النفط الخام، الغاز الطبيعي، الفحم).
- الطاقة النووية.

الطاقة الشمسية Solar Energy

المصدر الرئيسي للطاقة هو الشمس. الطاقة الشمسية تحصد باستخدام الالواح الشمسية التي تحولها إلى نوع من اخر من الطاقة "الكهربائية". وغالبا ما تستخدم حقول الألواح الشمسية الكبيرة في الصحراء لجمع ما يكفي من الطاقة لشحن المحطات الفرعية الصغيرة، وتستخدم العديد من المنازل الأنظمة الشمسية لتوفير المياه الساخنة والتبريد وتعويض استهلاك الطاقة الكهربائية.

المشكلة مع الطاقة الشمسية هو أنه في حين أن هناك كميات وفيرة من أشعة الشمس المتاحة لكن فقط نطاقات جغرافية معينة من العالم يمكنها الحصول على ما يكفي من الطاقة المباشرة للشمس لفترة كافية لتوليد الطاقة القابلة للاستخدام من هذا المصدر، كما يعتمد توافرها على التغير في الفصول والطقس لذلك لا يتم استخدامها دائما. وهو يتطلب استثمارات أولية عالية للاستخدام الإنتاجي حيث أن تكنولوجيا تخزين الكهرباء بالطاقة الشمسية لم تصل إلى صورتها المثلى حتى الآن.

طاقة الرياح Wind Energy

طاقة الرياح أصبحت أكثر شيوعا. الابتكارات الجديدة وتطور تكنولوجيا المواد والمعادن سمحت لمزارع الرياح بالظهور وجعلتها مشهدا أكثر شيوعاً. باستخدام توربينات كبيرة لاستغلال الرياح المتاحة لتحويل الطاقة وإنتاج الكهرباء. لكن هذا التحويل يتطلب استثمارات عالية، وسرعة الرياح هي أيضا ليست ثابتة في كل الاوقات، مما يؤثر على توليد الطاقة. وفي حين بدا هذا الحل مثاليا للكثيرين، فإن واقع مزارع الرياح بدأ يكشف عن تأثير إيكولوجي غير متوقع قد لا يجعله خيارا مثاليا.

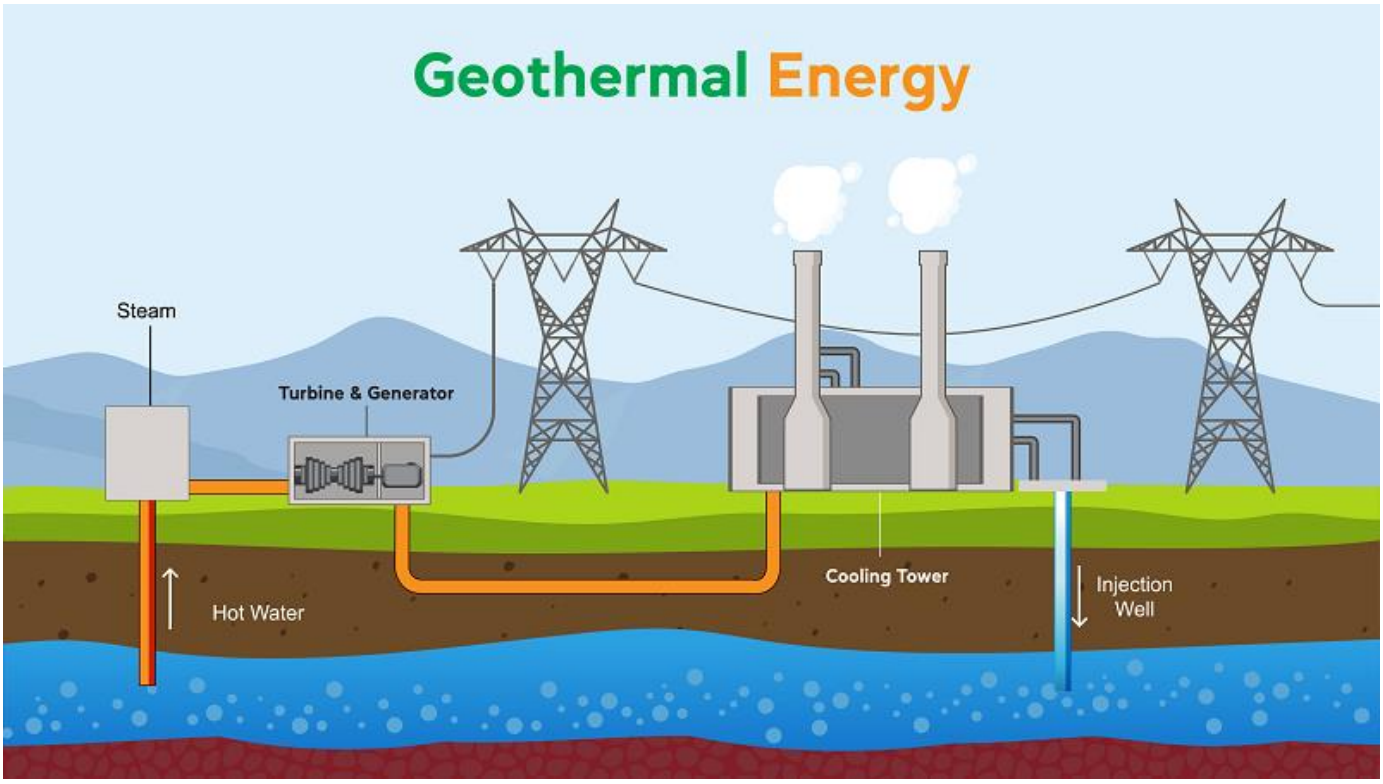
الطاقة الحرارية الجوفية Geothermal Energy

الطاقة الحرارية الأرضية هي الطاقة التي يتم إنتاجها تحت الأرض. إنها نظيفة ومستدامة وصديقة للبيئة. تنتج درجات الحرارة المرتفعة باستمرار داخل القشرة الأرضية عن طريق الانتقال البطيء للحرارة من مركز الارض. تعمل الصخور الساخنة الموجودة أسفل الأرض على تسخين المياه التي تنتج البخار. ثم يتم التقاط البخار، مما يساعد على تحريك التوربينات. ثم تقوم التوربينات الدوارة بتشغيل المولدات.

يمكن استخدام الطاقة الحرارية الأرضية بواسطة وحدة سكنية أو على نطاق واسع من خلال تطبيق صناعي. تم استخدامه خلال العصور القديمة للاستحمام وتدفئة المنازل. عادةً ما يكون لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية انبعاثات منخفضة إذا قامت بضخ البخار والماء الذي تستخدمه مرة أخرى في الخزان.

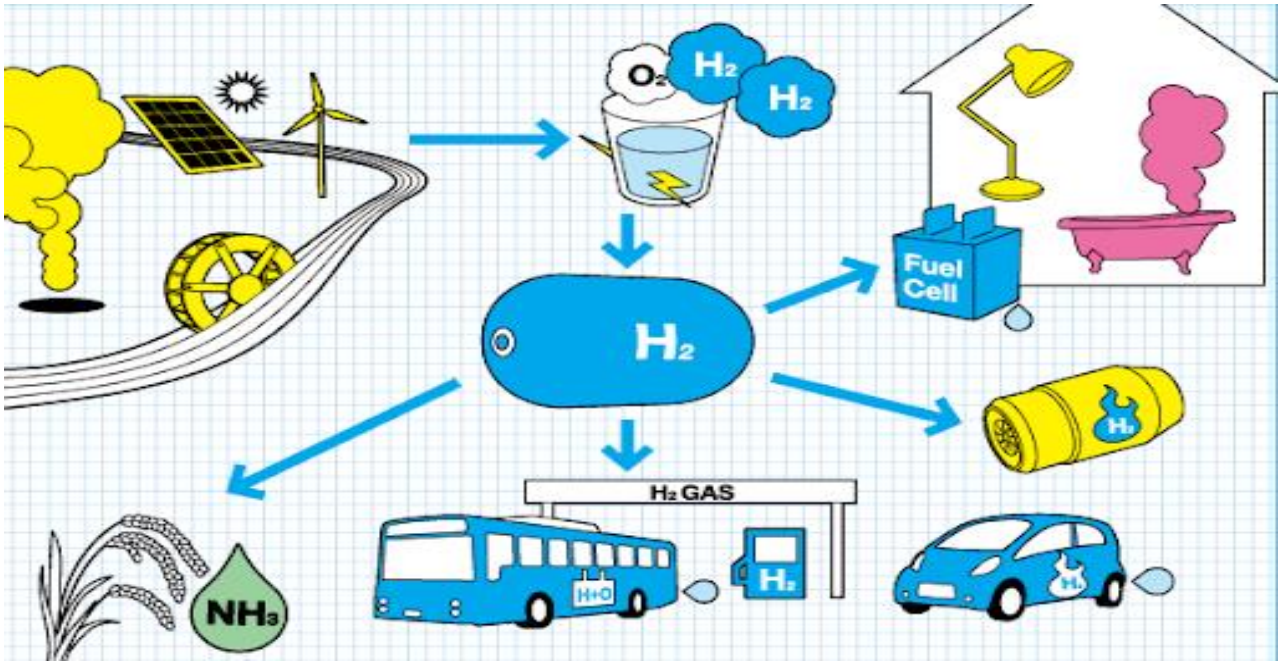
أكبر عيب للطاقة الحرارية الأرضية هو أنه لا يمكن إنتاجها إلا في مواقع مختارة في جميع أنحاء العالم. تقع أكبر مجموعة من محطات الطاقة الحرارية الأرضية في العالم في The Geysers، وهو حقل للطاقة الحرارية الأرضية في كاليفورنيا، الولايات المتحدة.

عيب آخر هو أنه في حالة عدم وجود خزانات تحت الأرض، فإن إنشاء محطات طاقة حرارية أرضية قد يزيد من خطر حدوث زلزال في مناطق تعتبر بالفعل مناطق جيولوجية ساخنة.



طاقة الهيدروجين Hydrogen Energy

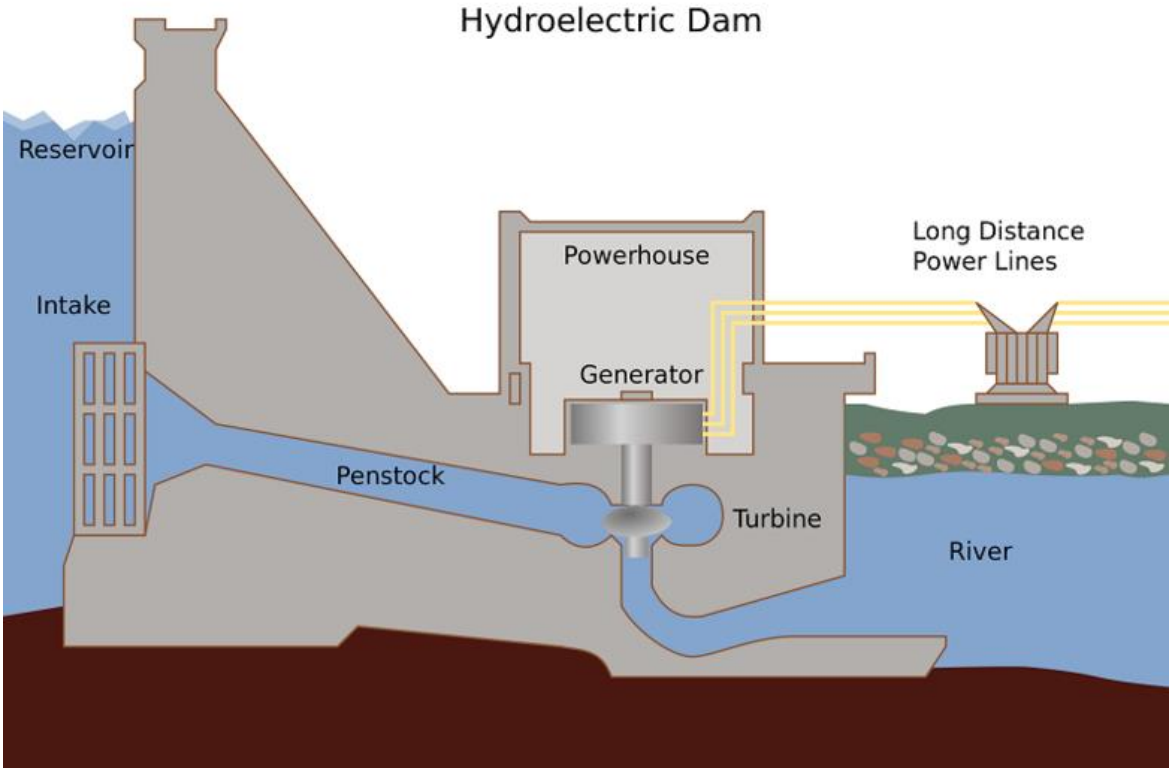
يتوفر الهيدروجين في الماء (H_2O) وهو العنصر الأكثر شيوعاً المتاح على الأرض. يشكل الهيدروجين ثلثي حجم الماء ويمكن العثور عليه مع عناصر أخرى بمجرد فصله، يمكن استخدامه كوقود لتوليد الكهرباء. الهيدروجين هو مصدر هائل للطاقة ويمكن استخدامه كمصدر للوقود لتشغيل السفن والمركبات والمنازل والصناعات والصواريخ. إنه متجدد بالكامل، ويمكن إنتاجه عند الطلب ولا يترك أي انبعاثات سامة في الغلاف الجوي.



الطاقة الكهرومائية Hydroelectric Energy

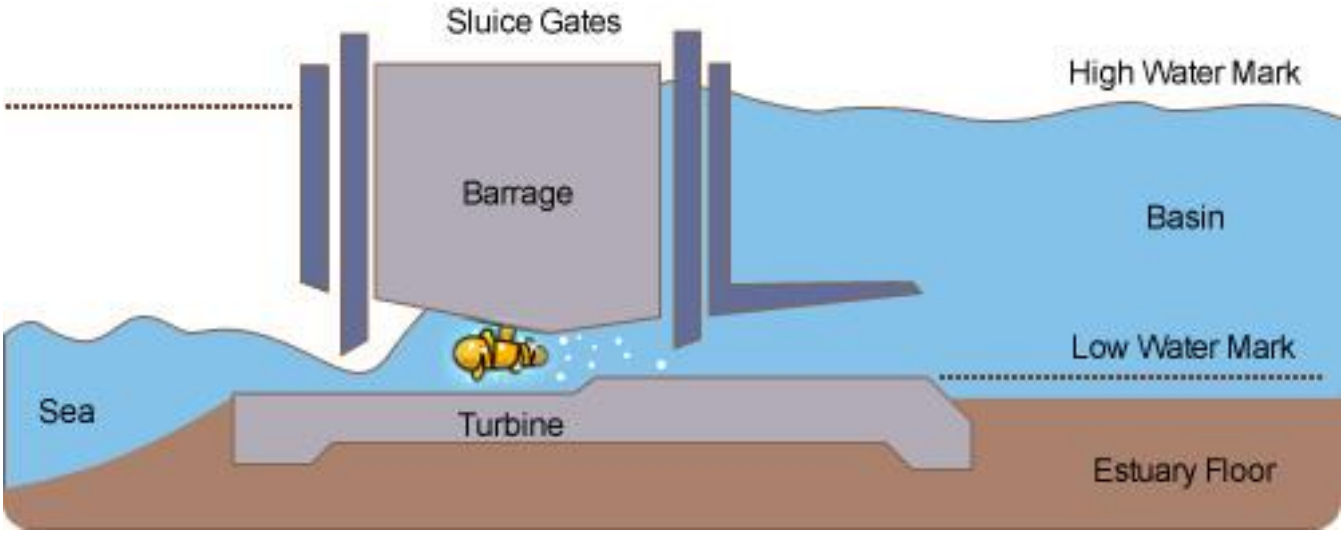
ما لا يدركه الكثير من الناس هو أن معظم المدن والبلدات في العالم تعتمد على الطاقة الكهرومائية، وقد كانت موجودة منذ القرن الماضي. في كل مرة ترى فيها سداً كبيراً، فإنها توفر الطاقة الكهرومائية لمحطة كهربائية في مكان ما. تُستخدم طاقة الماء لتدوير المولدات لإنتاج الكهرباء التي يتم استخدامها بعد ذلك. هذا النوع من الطاقة غير ملوث، ولا يترتب عليه نفايات أو ينتج غازات سامة، وصديق للبيئة.

المشاكل التي تواجه الطاقة الكهرومائية في الوقت الحالي لها علاقة بتقادم السدود. يحتاج الكثير منهم إلى أعمال ترميم كبيرة لتبقى فعالة وآمنة، وهذا يكلف مبالغ هائلة من المال. يتسبب استنزاف إمدادات المياه الصالحة للشرب في العالم أيضاً في حدوث مشكلات حيث قد ينتهي الأمر بالمدن إلى الحاجة إلى استهلاك المياه التي توفر لها الطاقة أيضاً.



طاقة المد والجزر Tidal Energy

تستخدم طاقة المد والجزر ارتفاع وانخفاض المد والجزر لتحويل الطاقة الحركية للمد والجزر الواردة والصادرة إلى طاقة كهربائية. إن توليد الطاقة من خلال طاقة المد والجزر هو الأكثر انتشاراً في المناطق الساحلية. طاقة المد والجزر هي أحد مصادر الطاقة المتجددة وتنتج طاقة كبيرة حتى عندما يكون المد والجزر بسرعة منخفضة. عندما يكون هناك ارتفاع متزايد في مستويات المياه في المحيط، ينتج المد والجزر، والتي تندفع ذهاباً وإياباً في المحيط. لأجل الحصول على طاقة كافية من إمكانات طاقة المد والجزر، يجب أن يكون ارتفاع المد العالي خمسة أمتار (حوالي 16 قدماً) أكبر من المد والجزر. والحاجة الى استثمار الضخم والتوافر المحدود للمواقع هي بعض عيوب طاقة المد والجزر.

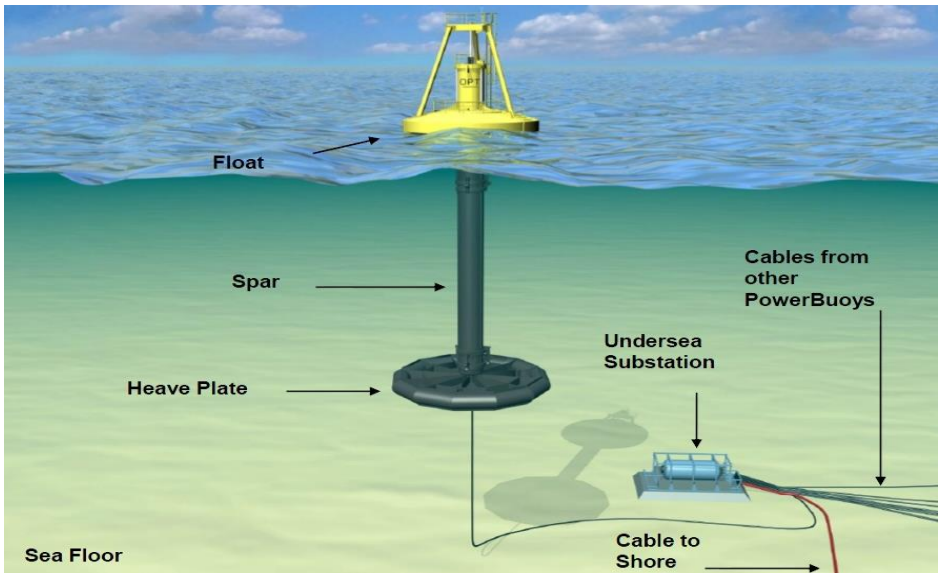


طاقة الأمواج Wave Energy

يتم إنتاج طاقة الأمواج من الأمواج التي تتكون في المحيطات. نظراً لأن المحيط تحكمه جاذبية القمر، فإنه يجعل من تسخير قوته خياراً جذاباً. تمت دراسة تقنيات مختلفة لتحويل طاقة الأمواج إلى طاقة كهربائية باستخدام هياكل تشبه السدود أو أجهزة مثبتة في قاع المحيط فوق سطح الماء أو تحته مباشرة.

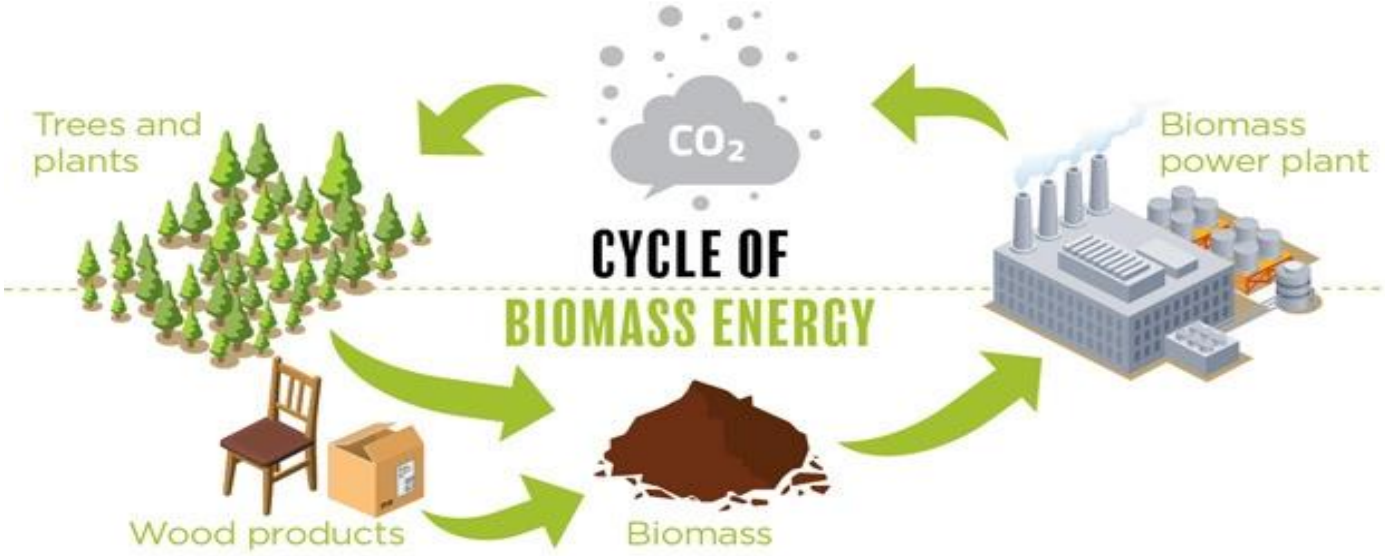
طاقة الأمواج متجددة وصديقة للبيئة ولا تسبب أي ضرر للغلاف الجوي. يمكن تسخيرها على طول المناطق الساحلية للعديد من البلدان ويمكن أن تساعد دولة ما على تقليل اعتمادها على الدول الأجنبية للحصول على الوقود.

يمكن أن يؤدي إنتاج طاقة الأمواج إلى إتلاف النظام البيئي البحري ويمكن أيضاً أن يكون مصدر إزعاج للسفن الخاصة والتجارية. يعتمد بشكل كبير على الطول الموجي ويمكن أن يكون أيضاً مصدراً للتلوث البصري والضوضاء.



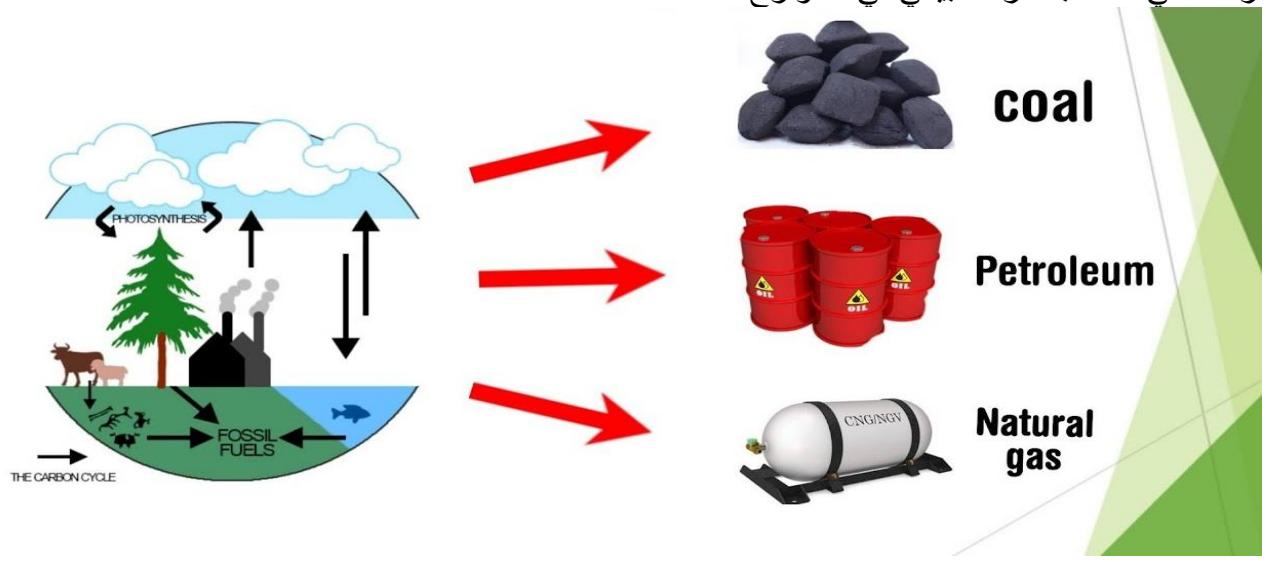
طاقة الكتلة الحيوية Biomass Energy

يتم إنتاج طاقة الكتلة الحيوية من المواد العضوية ويتم استخدامها بشكل شائع في جميع أنحاء العالم. يلتقط الكلوروفيل الموجود في النباتات طاقة الشمس عن طريق تحويل ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من الأرض إلى كربوهيدرات من خلال عملية التمثيل الضوئي. عندما يتم حرق النباتات، يتم إطلاق الماء وثاني أكسيد الكربون مرة أخرى في الغلاف الجوي. تشمل الكتلة الحيوية بشكل عام المحاصيل والنباتات والأشجار والحشائش ورقائق الخشب والمخلفات الحيوانية. تستخدم طاقة الكتلة الحيوية للتدفئة والطهي في المنازل وكوقود في الإنتاج الصناعي. ينتج هذا النوع من الطاقة كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. في حالة عدم وجود تهوية كافية، يتسبب الوقود في تلوث الهواء، وهو ما يمثل خطراً صحياً خطيراً. علاوة على ذلك، يؤدي الاستخدام غير المستدام وغير الفعال للكتلة الحيوية إلى تدمير الغطاء النباتي وبالتالي تدهور البيئة.



الوقود الاحفوري Fossil Fuels (Coal, Oil and Natural Gas)

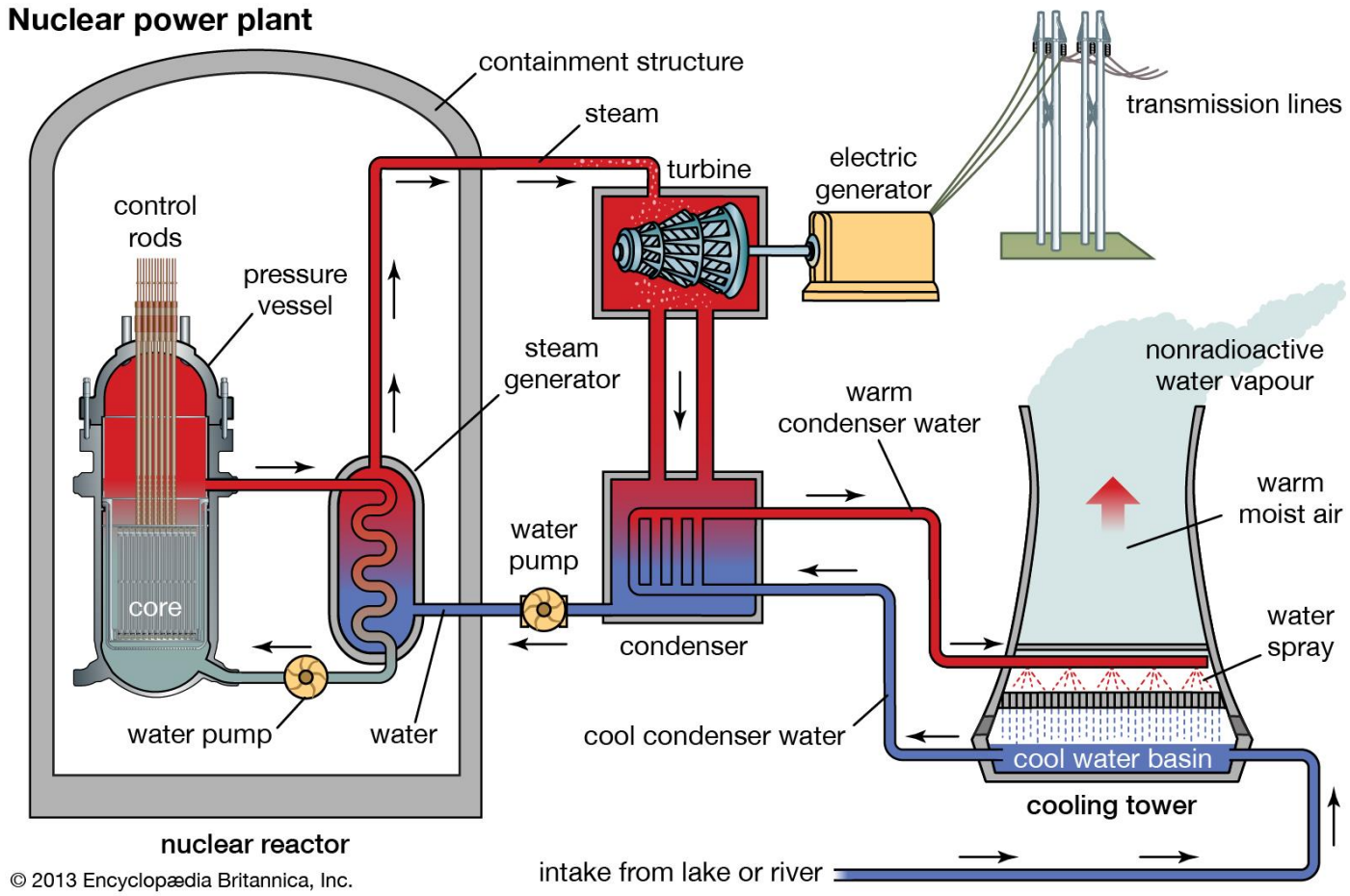
عندما يتحدث معظم الناس عن مصادر الطاقة المختلفة، فإنهم يدرجون الغاز الطبيعي والفحم والنفط الخام كخيارات - تعتبر جميعها مجرد مصدر واحد للطاقة من الوقود الأحفوري. يوفر الوقود الأحفوري الطاقة لمعظم دول العالم، باستخدام الفحم والنفط الخام بشكل أساسي. يتم تحويل النفط الخام إلى العديد من المنتجات، وأكثرها استخداماً هو البنزين. بدأ الغاز الطبيعي في أن يصبح أكثر شيوعاً ولكنه يستخدم في الغالب لتطبيقات التدفئة، على الرغم من وجود المزيد والمزيد من السيارات التي تعمل بالغاز الطبيعي في الشوارع.



الطاقة النووية Nuclear Power

بينما تظل الطاقة النووية موضوعاً كبيراً للنقاش حول مدى أمان استخدامها، وما إذا كانت فعالة في استخدام الطاقة أم لا عندما تأخذ في الاعتبار النفايات التي تنتجها - ويتم إنشاء الطاقة من خلال المفاعل النووي، والتي يتم بعد ذلك جمعها واستخدامها لمولدات الكهرباء. في حين أن الكثير من الدول لديها مولدات نووية، إلا أن هناك قيوداً على استخدامها أو بنائها حيث يحاول العلماء حل مشكلات السلامة والتخلص من النفايات.

يتم إنتاج الطاقة النووية من اليورانيوم، وهو مصدر طاقة غير متجدد تنقسم ذراته (من خلال عملية تسمى الانشطار النووي) لتوليد الحرارة، وفي النهاية الكهرباء. يعتقد العلماء أن اليورانيوم تم تكونه منذ مليارات السنين عندما تشكلت النجوم. يوجد اليورانيوم في جميع أنحاء قشرة الأرض، ولكن من الصعب جداً أو المكلف للغاية استخراج اليورانيوم ومعالجته إلى وقود لمحطات الطاقة النووية.



محركات الاحتراق الداخلي "Internal Combustion Engines"

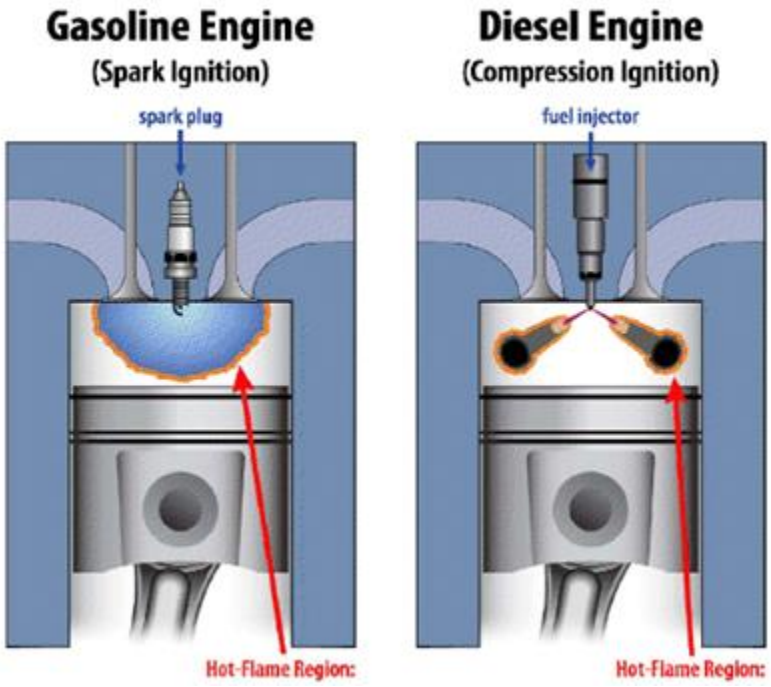
محركات الاحتراق الداخلي (ICE) هي أكثر أنواع المحركات الحرارية شيوعاً، حيث تستخدم في المركبات والقوارب والسفن والطائرات والقطارات. سميت على هذا النحو لأن اشتعال الوقود يكون داخل المحرك. وذلك بعد اشتعال الوقود والهواء او الغاز المؤكسد في غرفة الاحتراق نتيجة استخدام الشرارة كما في محركات البنزين او الگازولين والتي تدعى محركات الاشتعال بالشرارة "**S**park **I**gnition Engines" او نتيجة الضغط كما في محركات الديزل او الگازاويل والتي تدعى محركات الاشتعال بالضغط **C**ompression **I**gnition Engine .

أنواع محركات الاحتراق الداخلي Types of Internal Combustion Engines

1. **محرك الاشتعال بالشرارة Spark Ignition Engine.**
2. **محرك الاشتعال بالضغط Compression Ignition Engine.**
3. **المحركات التوربينية Turbine Engines.**
4. **المحرك النفاث التضاغطي Ramjet Engine.**
5. **المحرك الصاروخي Rocket Engine.**

مقارنة بين محرك الاشتعال بالشرارة ومحرك الاشتعال بالضغط

محرك الاشتعال بالشرارة "**SI** Engines"	محرك الاشتعال بالضغط "**CI** Engine "
• محرك البنزين يعتمد على مزج الوقود بالهواء، ثم ضغطه وإشعاله عن طريق شرارة كهربائية.	• محرك الديزل يعتمد على ضغط الهواء أولاً، ثم يحقن الوقود لأن الهواء ترتفع حرارته عند ضغطه، ويشتعل الوقود نتيجة هذه الحرارة، وتُعرف هذه العملية باسم "الحقن المباشر للوقود".
• محركات البنزين يتم تشغيلها بالوقود النقي المعروف باسم الگازولين وهذا النوع من الوقود على درجات متباينة من النقاء.	• محركات الديزل تعمل بوقود يعرف باسم زيت الغاز الگازاويل او الديزل او السولار وهو نوع أعلى كثافةً من البنزين.
• محركات البنزين غالباً محركات صغيرة الحجم، وتُستخدم هذه النوعية في السيارات الصغيرة عادةً.	• محركات الديزل أكبر حجماً وقوّة بالمقارنة بمحركات البنزين، وعادة تستخدم هذه المحركات في السيارات الكبيرة وشاحنات النقل الثقيل وعند الحاجة الى قدرات كبيرة.
• يوجد في محركات البنزين شمعات إشعال لإشعال الخليط "Spark Plug"، بالإضافة إلى نظام إشعال، كما يوجد خانق للتحكم في كمية الشحنة، إلى جانب نظام حقن وقود مع ضغط منخفض.	• يوجد في محركات الديزل مضخة حقن الوقود، إضافة إلى بخاخات حقن مباشر داخل الأسطوانة كما يوجد ضغط هواء فقط "أثناء مرحلة الضغط"، ويستخدم عند بدء إدارة المحرك شمعة تسخين.
• محركات البنزين أرخص سعرً، أقل ضجيجاً، وأكثر انتشاراً، كما إنها مصممة لتعطي قدرة أعلى من محرك الديزل، وتسارع أعلى وهي أيضاً أسهل وأقل تكلفة في الصيانة وكذلك سرعتها أعلى "عدد دورات محرك البنزين أكبر".	• محركات الديزل أكثر اقتصادا للوقود، فتستخدم وقودا أقل من محرك البنزين للحصول على نفس القدرة، كما أن وقود الديزل به طاقة حرارية بنسبة 12% أكثر من وقود البنزين حيث إن كثافة الديزل أعلى من كثافة البنزين.



المحركات التوربيني Turbine Engines

يتميز المحرك التوربيني نظرياً بالبساطة النسبية مقارنة بمحركات الاحتراق الداخلي الأخرى كالمحركات المكبسية (الديزل – البنزين)، ويتكون أي محرك توربيني عملياً من ثلاثة أجزاء رئيسية

- الضاغط: يضغط الهواء القادم إلى ضغوط عالية.
- منطقة الاحتراق: والتي تحرق الوقود وتنتج الضغط العالي، والسرعة العالية للغاز.
- العنفة أو التوربين: والتي تستخلص الطاقة من الضغط العالي، والسرعة العالية للغاز الآتي من حجرة الاحتراق.

وتعتبر العنفات الغازية من المحركات التوربينية الأكثر انتشاراً، ففي العنفة الغازية ضغط الغاز هو الذي يدور العنفة. وفي جميع المحركات التوربينية الغازية ينتج المحرك بنفسه ضغطه الغازي، وهو يقوم بذلك بحرق بعض الأشياء مثل البروبان والغاز الطبيعي والكيروسين ووقود المحركات النفاثة، والحرارة المتولدة من احتراق الوقود تجعل الهواء يتمدد، وتسرع من جريان هذا الهواء الساخن الذي يدير العنفة.
وتتم آلية العمل في المحرك التوربيني بشكل عام وفق المراحل التالية:

1. **مرحلة سحب الهواء"Air intake stage"**: وهو أول جزء في المحرك التوربيني ومن خلاله يقوم المحرك بسحب كمية من الهواء الخارجي للقيام لاحقاً بعملية ضغطه ومزجه واشعاله وقسم من الهواء يمرر للقيام بعملية التبريد للمحرك التوربيني.

2. **مرحلة ضغط الهواء"Air Compressed stage"**: وهو الجزء الامام من المحرك والذي يستقبل كميات الهواء ويعمل لها المعالجة بالضغط وعادة ما يختلف كل محرك عن الاخر بكمية ضغط الهواء، في هذه المرحلة يقوم الضاغط الذي يتكون عدة زعانف عند حركتها تقوم بتحريك الهواء بحركة انسيابية وهذا ينتج تغيير في الضغط الجوي لنسبة الهواء عادة ما تكون مكونة من 4 طبقات متحركة "Centrifugal" وطبقة ثابتة "Axial " يدار الضاغط في عملية التشغيل بواسطة الكهرباء الخارجية Starter أو بأجهزة ضخ الهواء كما هو الحال في بعض الطائرات المقاتلة ويتم تدوير الضاغط الى أن تصل سرعته ما نسبة 40-45% يكون الضاغط موصول بواسطة

عمود الادارة مع المرحلة الأخيرة للمحرك وهي التوربين او العنفة ، لكن يلاحظ أن حركة الضاغط مع اتجاه عقارب الساعة أما حركة التوربين تكون عكس اتجاه عقارب الساعة ، والعكس صحيح .

3. **مرحلة النشر"Diffuser Stage"**: ويتم فيها خلط الهواء مع الوقود، ينتج عنها خليط الاشتعال الذي يتم معادلته بنسبة 1:5 أو 1:7، أي كل جزيء من الوقود يحترق مع 5 أو 7 جزيئات من الهواء ويتم التحكم بضغط الهواء عن طريق صمامات تسمى Bleed Valve فالهواء الزائد يتم طرده خارج المحرك.

4. **مرحلة الاحتراق "Composition Stage"**: يتم حرق خليط الاشتعال "الهواء والوقود" في داخل غرفة الاحتراق"Composition Champers " , بداية الاحتراق يتم عن طريق شرارة كهرباء بواسطة شمعة الشرر" Spark plug" وعادة ما تكون غرفة الاحتراق تحتوي من واحد الى اكثر من شمعات الشرر اعتماداً على المحرك و قدرته الاستيعابية ، و بعد وصول المحرك الى نسبة 40-45% من سرعة الدوران ، فأن شمعات الشرر تتوقف عن انتاج الشرارة الكهربائية والسبب يعود الى ان الاشتعال يبقى مستمر داخل غرفة الاحتراق عادة ما تكون درجة الحرارة بين 470 إلى 850 درجة مئوية الى أعلى من ذلك أو أقل بقليل من ذلك تختلف على نسبة ضغط المحرك و كمية الوقود المحترقة في بعض المحركات تضاف دوائر كهربائية حول غرفة الاحتراق كي تعطي قياس درجة حرارة المحرك ، والبعض الأخر من المحركات يكون قياس درجة حرارة المحرك في الجزء الأمامي من منطقة العادم .

5. **مرحلة عمل العنفة "Turbine Stage"**: تقوم الغازات المضغوطة والناتجة بتدوير العنفة التي تتكون من شفرات ثابتة ومتحركة وبدوران العنفة تنتقل الحركة الدورانية الى عبر عمود الإدارة الى الضاغط الموجود في مقدمة المحرك.
6. **مرحلة العادم"Exhaust Stage"**: تختلف هذه المرحلة من محرك إلى أخر، وحسب تصميم المحرك واستخدامه حيث يكون تصميم العادم كالاتي:
- طويل مقارنة بالمحرك كما في الطائرات المقاتلة مثل ميراج وميج والسوخوي عادة ما يكون طويل جداً حيث تنتج عنه كمية الدفع للطائرة.
- قصير أو شبه معدوم مقارنة بالمحرك كما في محركات طائرات الهيلوكوبتر وطائرات النقل وبعض محركات الدبابات، حيث أنه لا يعطي كمية دفع للطائرة المركبة المثبت عليها وقد يحتوي العادم على تروس ومسننات تكون موصلة بعمود الإدارة تربط بها مضخات الزيت ومراوح التبريد ومضخات الوقود.
- تضاف نفاثات وقود في منطقة العادم كما في المقاتلات مثل التورنادو، الميراج،F15 وغيرها، عادة ما يتم احراق كمية إضافية من الوقود في منطقة العادم خلال عمليات المناورة والاقلاع لهذا النوع من الطائرات وتسمى (After burn أو Reheat) وهذه العملية من شأنها أنتاج طاقة عالية من الاحتراق للهواء الساخن، وبذلك تزيد أو تضاعف من عملية الدفع للمحرك.

أنواع المحركات التوربينية:

1. المحرك النفاث التوربيني Turbojet

محرك مثالي للمحركات التوربيني حيث المروحة والضواغط وغرفة الاحتراق والتوربين وفوهة العادم، كل الهواء المسحوب إلى داخل الضواغط من المروحة يمر عبر نواة المحرك ثم يحرق ثم يتم إفلاته، وهنا ينشأ الدفع المقدم من قبل المحرك عن قوة سرعة إفلات غازات العادم من المؤخرة.
ولزيادة قوة الدفع لبعض المحركات النفاثة لدى الطائرات المقاتلة يوجد هناك قسم ما بعد الإحراق ويسمى (Afterburner) ويوضع قبل العادم وهو عبارة عن أنابيب صغيرة موزعة بشكل منتظم لنشر رذاذ الوقود على الهواء المحترق والقادم من المحرك مما يزيد من حرارة الهواء وتمدده، وبزيادة هذه الحرارة تزيد قوة الدفع بحوالي 40% أثناء الإقلاع وتزيد أكثر أثناء الطيران بسرعات عالية.

2. المحرك التوربيني ذو المروحة Turbofan

وهو المحرك الشائع لدى أغلب الطائرات المدنية في يومنا هذا، حيث تمت إضافة مروحة كبيرة في مقدمة قسم الضواغط، تسحب هذه المروحة كميات هائلة من الهواء إلى داخل غلاف المحركات إلا أن كمية صغيرة نسبياً منه فقط تذهب عبر النواة للقيام بعملية الاحتراق وأما الباقي فيندفع خارج غلاف النواة وضمن غلاف المحرك (وهذا ما يجعله مختلف عن المحرك النفاث) ليساعد في خفض صوت المحرك ويختلط مع الهواء الحار في العادم مما يزيد قوة الدفع ويقلل استهلاك الوقود، وتكون محركات Turbojet، Turbofan فعالة للسرعات فوق 800 كم/س.

3. المحرك المروحي التوربيني Turboprop

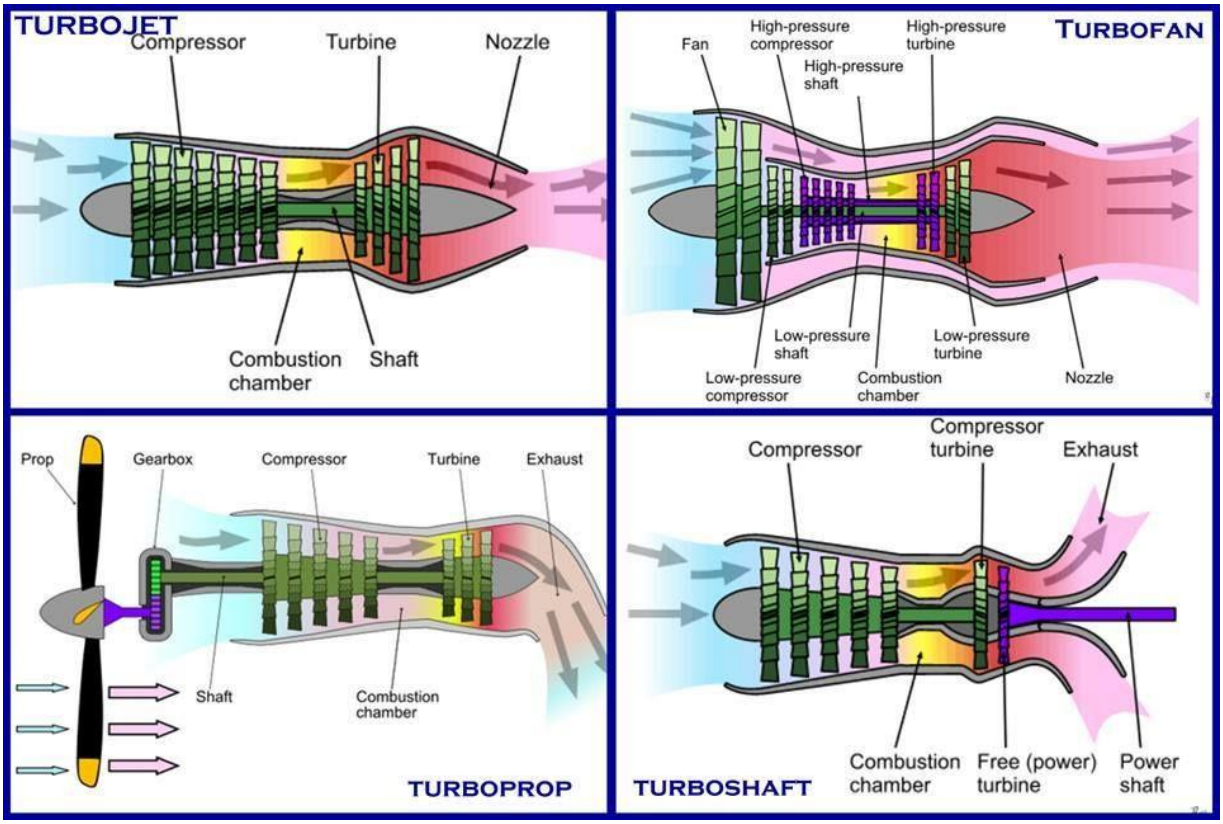
وهو محرك نفاث يدير عمود موصل بمروحة كمروحة المحرك المكبسي، وكثير من الطائرات الصغيرة الاستثمارية تستخدم المحرك المروحي التوربيني، وهذه المحركات فعالة عند الارتفاعات المنخفضة والسرعات المتوسطة حوالي 640 كم/س (400 ميل بالساعة).

الفرق بين Turbofan وTurbopropهو أن Turbofan في مروحته Fan ليست لتوليد الدفع وإنما لسحب الهواء أما الدفع ناتج عن نفث الغازات، أما المروحة الدافعة Propeller فوظيفتها إنتاج الدفع فيما يكون لنفث الغازات من المحرك دفعاً صغيراً يصل إلى 15% من دفع المحرك بشكل عام.

والمحركات الجديدة من هذا النوع زودت بمراوح قصيرة الطول لكن كثيرة العدد وعدل في حوافها لأكثر فعالية في السرعات العالية.

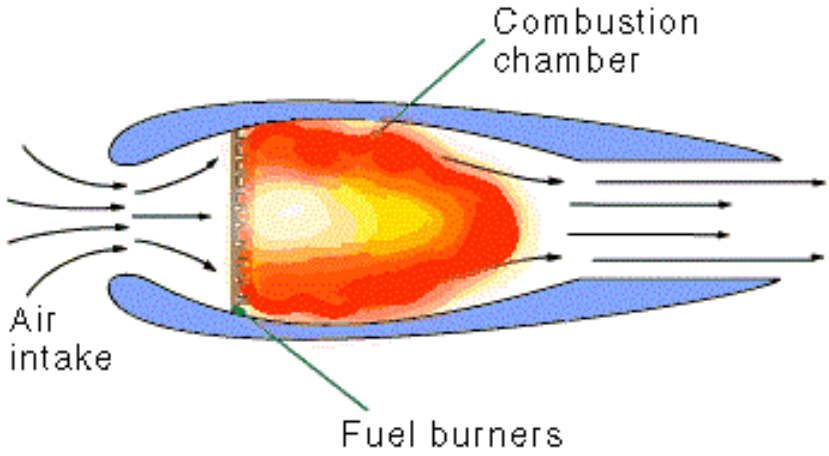
4. محرك عمود الإدارة التوربيني Turboshaft

محرك شبيه بالمحرك المروحي التوربيني لكنه لا يدير المروحة بل لإدارة مراوح الهيلوكوبتر، وهو يستخدم بأكثر طائرات الهيلوكوبتر الموجودة حالياً، والمحرك مصمم بحيث أن سرعة المراوح مستقلة عن سرعة المحرك مما يتيح لسرعة المراوح أن تكون ثابتة حتى لو تغيرت سرعات المحرك ليتكيف مع الطاقة المنتجة، وبما أن أغلب الطائرات المستخدمة لهذا المحرك تكون على ارتفاعات منخفضة فإن الغبار والأتربة قد تسبب عائقاً له لذا فقد أضيف له عند مدخل الهواء عازل ومصفي من الأتربة.



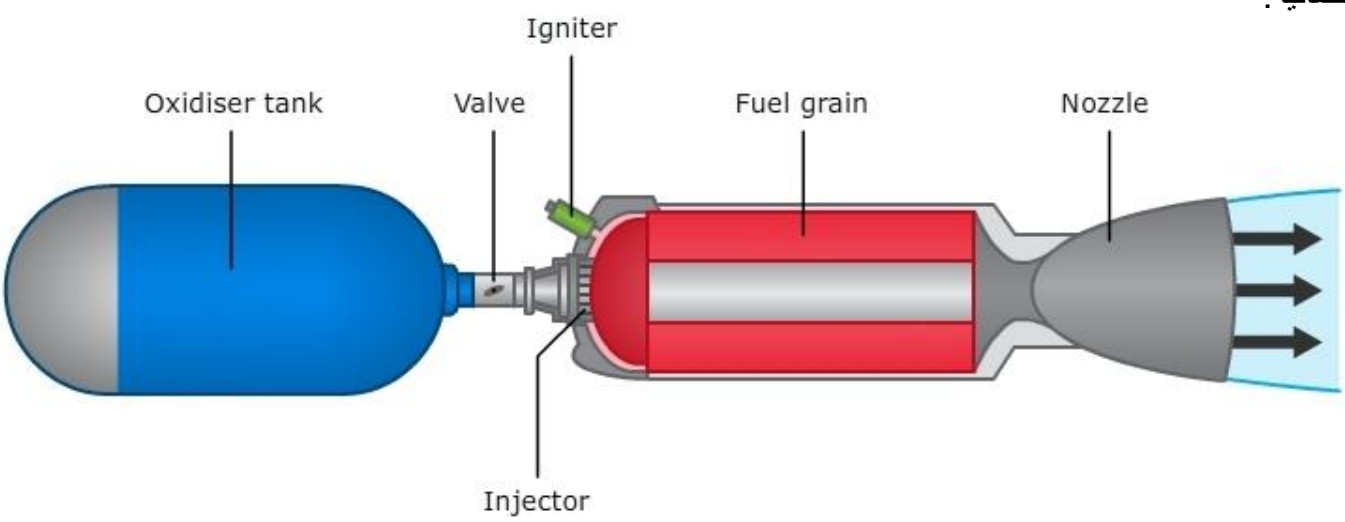
المحرك النفاث التضاغطي Ramjet Engine

فكرة هذا المحرك بسيطة وهي الاستغناء عن الضواغط والتوربين، والسماح للمحرك بنفسه بالتعامل مع الهواء بضغطه وتسخينه ودفعه إلى الخلف، وهذا النوع من المحركات لا يعمل إلا أن يكون متحركاً بسرعة 485 كم/س تقريباً (للسماح بالهواء للدخول بسرعة وضغطه)، وهو جداً فعال في السرعات العالية تقريباً 3 ماخ (حوالي 3600 كم/س) ويستخدم غالباً في الصواريخ طويلة المدى والمركبات الفضائية.



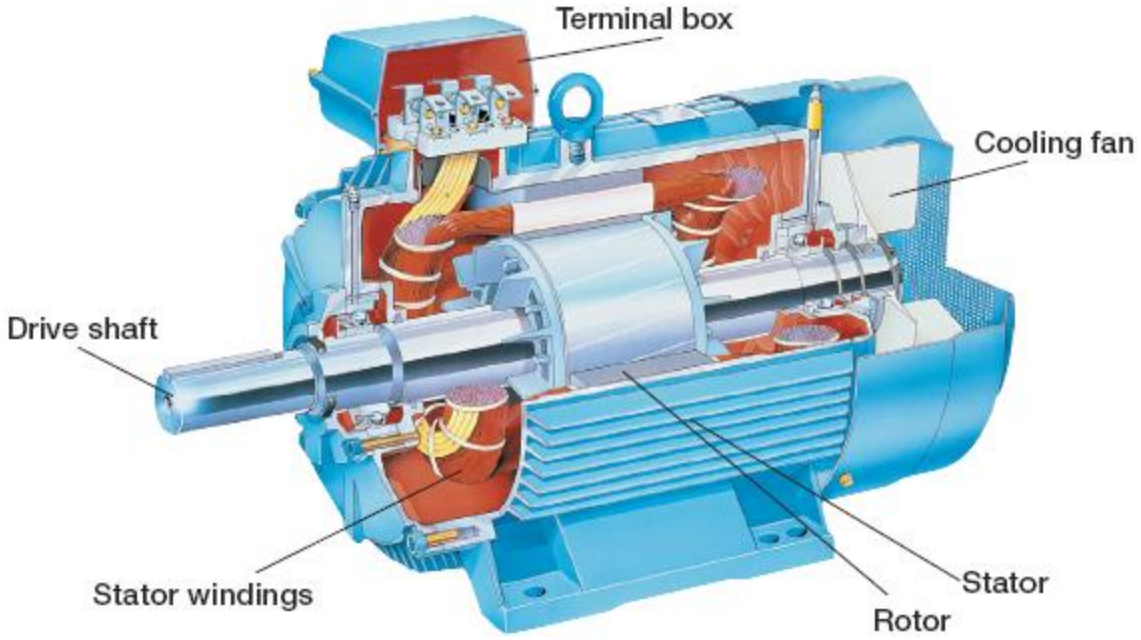
المحرك الصاروخي Rocket Engine

ويعمل محرك الصاروخ بنفس المبدأ، عدا أنه في مجال عديم الهواء في الفضاء لذا يجب على الصاروخ أن يحمل معه المؤكسد اللازم للاحتراق بشكل وقود صلب أو سائل قابل للتأكسد من أجل القيام بعملية الانفجار. ويستخدم في المركبات الفضائية.



المحرك الكهربائي Electric Motor

هو آلة تحوّل الطاقة الكهربائية إلى قدرة ميكانيكية على شكل حركة دورانية او خطية لإنجاز عمل. وتُستَخدم المحركات الكهربائية لتشْغيل عدة أنواع من آلات والمعدات الميكانيكية ويتغير حجمه حسب استخدامه من الصغير كالمستخدم في ساعة اليد او الكبير المستخدم في القاطرات وجميع أنواع المحركات الكهربائية تعتمد على مبدأ الحث والمجال المغناطيسي، وهناك نوعان من المحركات الكهربائية محركات تعمل بالتيار المتناوب، ومحركات تعمل بالتيار المستمر.



المحرك الهوائي Pneumatic Motor

المحرك الهوائي أو محرك الهواء المضغوط هو نوع من المحركات التي تقوم بأعمال ميكانيكية عن طريق توسيع الهواء المضغوط. تحول المحركات الهوائية عموماً طاقة الهواء المضغوط إلى العمل الميكانيكي من خلال الحركة الخطية أو الدورانية، وهناك نوعين من المحركات الهوائية هما:

1. المحركات الهوائية الترددية"Reciprocating air motors".
2. المحركات الهوائية الدوارة"Rotary air motors" وتنقسم إلى:
   - محركات ريشية Vane Motors
   - محركات ترسية Gear motors

المحامل Bearings

المحمل هو أداة تسمح بحركة مقيدة نسبيا بين جزئين أو أكثر، وخصوصا الحركة الدورانية أو الخطية. وتصنف المحامل وفقا للحركات التي تسمح بها ووفقا لمبدأ عملها بالإضافة إلى اتجاهات الأحمال المطبقة التي تتعرض لها.

أنواع المحامل

هناك أنواع مختلفة من المحامل، يستخدم كل منها لأغراض محددة ومصممة لتحمل أنواعاً معينة من الأحمال، مثل الأحمال الشعاعية أو أحمال الدفع أو مزيج من الاثنين.

1.محامل كروية Ball Bearings

تعتبر المحامل الكروية شائعة للغاية لأنها تستطيع التعامل مع الأحمال الشعاعية والدفع، ولكن يمكنها فقط التعامل مع كمية صغيرة من الوزن. يتم تصنيفها كذلك إلى:

- محامل الكرة ذات الأخدود العميق **Deep-Groove Ball Bearings**: النوع الأكثر استخداماً في العالم بسبب تعدد استخداماتها وأدائها العام. تتميز بوجود أخاديد عميقة في مجرى السباق تكون فيها الحلقات الداخلية والخارجية لها أقواس دائرية نصف قطرها أكبر قليلاً من تلك الموجودة في الكرات. لديهم أيضاً حلقات غير قابلة للفصل.

- محامل كروية ملامسة الزاوية **Angular Contact Ball Bearings**: يمكن للمحامل الكروية ذات التلامس الزاوي أن تتحمل الأحمال المحورية الشعاعية العالية وتصل إلى سرعات عالية. فهي غير متماثلة لأسباب التصنيع ويمكن أن تتحمل الأحمال المحورية أحادية الاتجاه فقط. عادة ما يتم تركيب المحامل الزاويّة في مجموعة من وحدتين أو أكثر محملة مسبقاً مع فواصل صلبة أو مرنة.

- المحامل الكروية ذاتية المحاذاة **Self-Aligning Ball Bearings**: في محمل المحاذاة الذاتية، يكون للحلقة الداخلية مساران مجريان والحلقة الخارجية لها مسار سباق كروي واحد مع مركز انحناء يتطابق مع محور المحمل. هذا يسمح لمحور الحلقة الداخلية والكرات والقفص بالانحراف حول مركز المحمل لتصحيح اختلال المحاذاة الناتج عن تصنيع الهيكل والعمود أو خطأ التثبيت تلقائياً.

2. المحامل المتدحرجة المائلة **Tapered Roller Bearings**

أسطوانية مدببة تسمح الزوايا المستدقة للمحامل بالتحكم بكفاءة في مجموعة من الأحمال الشعاعية والدفع. كلما كانت زاوية الحلقة الخارجية أكثر انحداراً، زادت قدرة المحمل على التعامل مع أحمال الدفع. لتوفير حركة دوران حقيقية للبكرات على المجاري، تتحد امتدادات المجاري والأسطح المستدقة للبكرات معاً عند نقطة مشتركة، القمة، على محور الدوران.

3. محامل متدحرجة كروية **Spherical Roller Bearings**

محمل أسطواني كروي هو محمل ذو عنصر متدحرج يسمح بالدوران مع احتكاك منخفض ويسمح بمحاذاة زاويّة غير صحيحة. عادةً ما تدعم هذه المحامل عموداً دواراً في تجويف الحلقة الداخلية والذي قد يكون غير محاذي فيما يتعلق بالحلقة الخارجية. المحاذاة الخاطئة ممكنة بسبب الشكل الداخلي الكروي للحلقة الخارجية والبكرات الكروية. على الرغم مما قد يوحي به اسمها، فإن المحامل الكروية ليست كروية الشكل حقاً. تكون العناصر المتدحرجة للمحامل الدوارة الكروية أسطوانية الشكل بشكل أساسي ولكن لها مظهر جانبي يجعلها تبدو مثل الأسطوانات التي تم تضخيمها قليلاً.

4.محامل متدحرجة أسطوانية **Cylindrical Roller Bearings**

تم تصميم محامل أسطوانية لتحمل الأحمال الثقيلة - عنصر التدحرج الأساسي هو الأسطوانة، مما يعني أن الحمولة موزعة على مساحة أكبر، مما يتيح للحمل التعامل مع كميات أكبر من الوزن. ومع ذلك، فإن هذا الهيكل يعني أن المحمل يمكنه التعامل مع الأحمال الشعاعية بشكل أساسي، ولكنه غير مناسب لأحمال الدفع. بالنسبة للتطبيقات التي تكون المساحة فيها مشكلة، يمكن استخدام محمل الإبرة. تعمل محامل الإبرية مع أسطوانات ذات قطر صغير، لذلك يسهل وضعها في التطبيقات الصغيرة.

5. المحامل الابرية المتدحرجة **Needle Roller Bearings**

المحامل الابرية المتدحرجة هي نوع خاص من المحامل المتدحرجة الأسطوانية الذي يستخدم طويلة، والتي تكون اطوالها أكبر بقليل من قطرها على خلاف المحامل الابرية التي تكون اطوالها أكبر بأربعة مرات من قطرها.

6. المحامل الدورانية **Slewing Bearings**

المحامل الدورانية او الحلقات الدورانية هي عبارة عن محمل ذو عنصر دوراني متدحرج والذي يدعم عادةً حمولة ثقيلة ولكن بطيئة الدوران أو بطيئة التأرجح، وغالباً ما تكون منصة أفقية مثل الرافعة التقليدية أو ذراع التأرجح أو عنفة الرياح منصة مواجهة لطاحونة هوائية ذات محور أفقي. (تعني كلمة "slew" الدوران حول محور دون تغيير المكان.) غالباً ما تُصنع محامل الدوران بأسنان تروس متكاملة مع السن الداخلي أو الخارجي، وتستخدم لتحريك المنصة بالنسبة إلى القاعدة.

7. محامل الدفع الكروية **Thrust Ball Bearings**

يسمح محمل الدفع بالدوران بين الأجزاء، لكنها مصممة لدعم حمولة محورية عالية تؤثر بشكل متوازي مع العمود. تتطلب التطبيقات عالية السرعة تزييت عالي. بشكل عام، تتكون من فلكتين tow washers (ذات اخدود) والتي يمكن أن تُجمع مع الكرات المتدحرجة التي عادة ما تكون في أقفاص. على عكس محامل الدفع المتدحرجة، يمكن لمحامل الدفع الكروية أن تعمل بشكل عام بسرعات أعلى ولكن بأحمال أقل.

محامل الدفع المتدحرجة، مثل محامل الدفع الكروية، تتعامل مع أحمال الدفع. ومع ذلك، يكمُن الاختلاف في مقدار الوزن الذي يمكن للمحمل تحمله: يمكن لمحامل الدفع المتدحرجة أن تدعم كميات أكبر بكثير من حمل الدفع، وبالتالي توجد في عمليات نقل الحركة، حيث يتم استخدامها لدعم التروس الحلزونية. دعم التروس، بشكل عام، هو تطبيق شائع لمحامل الدفع المتدحرجة.

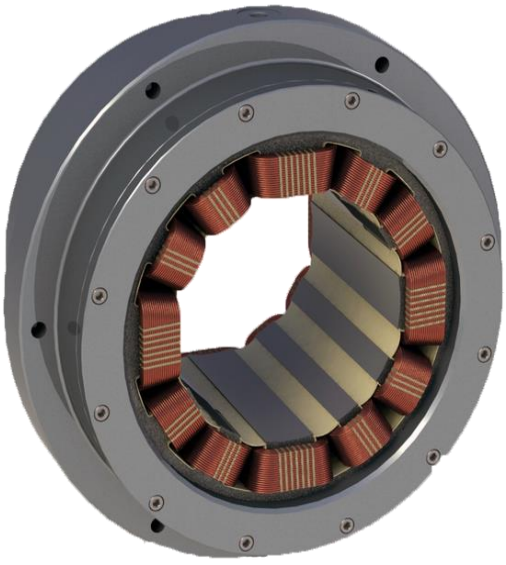
8.المحامل المستوية **Plain Bearings**

المحامل المستوية هي أبسط أنواع المحامل وتتكون من سطح مُحمل فقط بدون عناصر متدحرجة. يتصف هذا النوع من المحامل بقدرة تحميل عالية، وعادة ما تكون أقل تكلفة، اعتماداً على المواد المستخدمة في تصنيعها، ولها عمر أطول بكثير من الأنواع الأخرى.

9. المحامل المتخصصة **Specialized Bearings**

هناك، بالطبع، عدة أنواع من المحامل التي يتم تصنيعها لتطبيقات محددة، مثل المحامل المغناطيسية والمحامل الأسطوانية العملاقة.

- المحامل المغناطيسية **Magnetic Bearings**: المحمل المغناطيسي هو نوع من المحامل التي تدعم الحمل باستخدام الرفع المغناطيسي. تدعم المحامل المغناطيسية الأجزاء المتحركة بدون ملامسة فيزيائية. على سبيل المثال، فهي قادرة على رفع عمود الدوران والسماح بالحركة النسبية مع احتكاك منخفض جداً وبدون تآكل ميكانيكي. تدعم المحامل المغناطيسية أعلى سرعات لجميع أنواع المحامل وليس لها حد لأقصى سرعة نسبياً.



- محامل الجواهر **Jewel Bearings**: عبارة عن محمل مستوي يكون فيه الجزء الدوار معدني والجزء الثابت عبارة عن جوهرة تحوي ثقب محوري في ثقب محوري مبطن بالجواهر. يتخذ الثقب عادةً شكل طارة ويكون أكبر قليلاً من قطر العمود. مادة الجوهرة عادة ما تكون الياقوت الصناعي الأزرق أو الاحمر (اوكسيد الالمونيوم). تُستخدم محامل الجواهر في الأدوات الدقيقة حيث يكون الاحتكاك المنخفض والعمر الطويل ودقة الأبعاد مهمة.

- محامل الموائع **Fluid Bearings**: هي محامل يتم فيها دعم الحمل بواسطة طبقة رقيقة مضغوطة وسريعة الحركة من السائل أو الغاز بين أسطح المحامل. نظراً لعدم وجود اتصال بين الأجزاء المتحركة، لذا لا يوجد احتكاك انزلاقي، مما يسمح لمحامل الموائع أن يكون لها احتكاك وتآكل واهتزاز أقل من العديد من أنواع المحامل الأخرى.

- محامل الانثناء او الطي **Flexure Bearings**: تم تصميم المحامل المرنة لتكون متوافقة في درجة زاوية واحدة أو أكثر من درجات الحرية. غالباً ما تكون المحامل المرنة جزءاً من الآليات المتوافقة. تؤدي المحامل المرنة إلى حد كبير نفس وظيفة المحامل أو المفصلات التقليدية في التطبيقات التي تتطلب الامتثال الزاوي. ومع ذلك، لا تتطلب محامل الانثناء أي تزييت وتظهر احتكاكاً منخفضاً جداً أو لا يوجد احتكاك تقريباً.

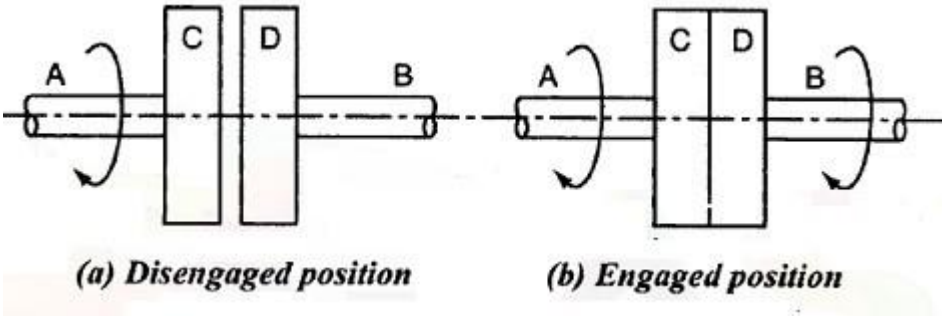
القابض Clutch

هو الية mechanism ربط بين جزئين بينهما حركة نسبية حيث يقوم بوصل او فصل الحركة بين الجزء القائد Driving والجزء المُقاد Driven، وهو على عدة أنواع أشهرها القابض الاحتكاكي.

مبدأ عمل القابض Principle Of Clutch

يعمل القابض على مبدأ الاحتكاك. في الشكل ادناه، في حالة **بدون التعشيق** يدور العمود القائد Driving Shaft **A** مع الشَفِير او الشفة في نهايته Flange **C** بمقدار **N** دورة\دقيقة، اما العمود المُقاد Driven Shaft **B** مع الشَفِير او الشِفة في نهايته Flange **D** الذي يكون في وضع ثابت عندما لا يتم تعشيق القابض.

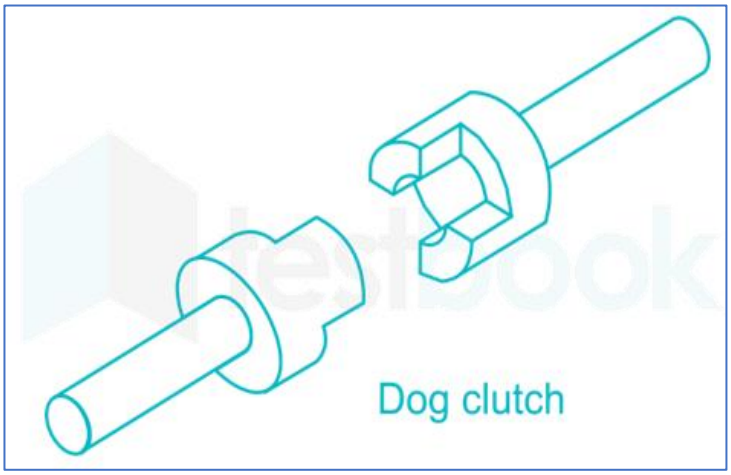
في حالة **التعشيق** يتم تطبيق قوة خارجية على الشِفة **D** بحيث تتلامس مع الشِفة **C** بمجرد حدوث التماس، يتم توحيدهما بسبب الاحتكاك بينهما وتبدأ الحافة **D** بالدوران مع الحافة **C**. وتعتمد سرعة دوران الحافة **D** على الاحتكاك بين الأسطح **C** و**D** والتي بدورها تتناسب مع القوة الخارجية المُطبقة، إذا زادت القوة تدريجياً، فستزداد القوة المنقولة تدريجياً أيضاً. يعتمد عزم الدوران الذي ينقله قابض الاحتكاكي على الضغط المطبق على الشِفة، ومعامل الاحتكاك لمواد السطح، ونصف قطر الشِفة. من خلال زيادة أي منها، يمكن أن تزداد القوة المنقولة.

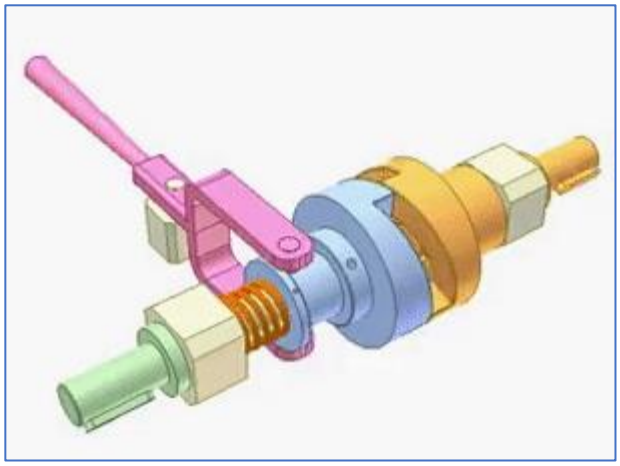


أنواع القوابض Types of Clutches

اولاً: القابض الإيجابي Positive clutch ويشمل Spline Clutch، Dog Clutch، Jaw Clutch

يعتمد نقل القدرة والحركة في هذا النوع من القوابض على التعشيق بين فكين او أكثر بطريقة مباشرة كما موضحة في الشكل ادناه، ويتميز هذا القابض بالقدرة على نقل القدرات والعزوم الكبيرة وتحديد اتجاه الحركة الدورانية ويستخدم في صندوق التروس العادي وفي الماكينات الإنتاجية.





ثانياً: القابض الاحتكاكي Friction clutch ويشمل الأنواع الشائعة التالية:

- قابض مفرد القرص Single plate clutch
- قابض متعدد الأقراص Multiplate clutch
- القابض المخروطي Cone clutch
- القابض الكهرومغناطيسي Electromagnetic clutch
- قابض الطرد المركزي Centrifugal Clutch

يعتمد نقل القدرة والحركة في هذا النوع من القوابض على الاحتكاك المتولد على سطحي قرص القابض Clutch plate الموجود بين الدولاب الطيار Flywheel وقرص الضغط Pressure plate، ويتميز هذا القابض بالقدرة على نقل القدرات والعزوم الكبيرة نسبياً ويستخدم في السيارات ذات صندوق التروس العادي وفي بعض التطبيقات الصناعية.

أجزاء القابض الاحتكاكي Friction clutch الأساسية

1. الدولاب الطيار Flywheel

وهو قرص معدني كبير وثقيل نسبياً مثبت في نهاية العمود القائد وذو سطح صقيل ومستوي ويثبت عليه مجموعة غطاء القابض Clutch cover بواسطة براغي التثبيت

2. قرص، صفيحة او لوحة القابض Clutch plate

يثبت قرص او أقراص القابض "الاحتكاك" بين السطح الناعم للدولاب الطيار وقرص الضغط Pressure plate وقرص الاحتكاك معشق من المركز مع العمود المُقاد "عمود نقل القدرة" حيث يعمل قرص الضغط على تثبيت قرص الاحتكاك بالدولاب الطيار اثناء عمل القابض وذلك لنقل الحركة والقدرة من العمود القائد الى العمود المُقاد باستمرار.

يصنع قرص الاحتكاك من رقائق الصلب المثبتة مع بعضها بمسامير خاصة "برشام" rivets ومثبت على وجهي القرص بطانات من الاسبستوس المخلوط ببرادة النحاس والالمنيوم حيث تتميز بارتفاع معامل الاحتكاك الذي يساعد على نقل القدرة والحركة بكفاءة عالية وبمعدل تآكل منخفض يساعد على زيادة العمر التشغيلي للقرص ويتم عمل نتوءات او مجاري من المركز باتجاه المحيط لمنع التصاق القرص بسطح الدولاب الطيار الاملس كما يزود بنوابض لامتصاص الصدمات عند التعشيق.

3. مجموعة غطاء القابض وقرص الضغط Clutch cover& Pressure plate

وهي مجموعة متكاملة ووحدة واحدة تتكون من غطاء القابض وقرص الضغط ذو الوجه الناعم والذي يقابل الوجه الناعم بالدولاب الطيار حيث يقع قرص الاحتكاك بين الوجهين ويدور معهما كوحدة واحدة اثناء نقل القدرة والحركة اما في حال عدم نقل القدرة فتبتعد الأقراص الناعمة عن قرص الاحتكاك وبذلك ينفصل التعشيق.

ويصنع قرص الضغط من حديد الزهر وبأسلوب خاص يجعله قادر على تبديد الحرارة الناتجة من احتكاك الأقراص عند التعشيق وكذلك مقاومة الانحناء.

اما غطاء القابض فتتعدد انواعه ويصنف طبقاً لنوع النوابض المستخدمة في تفعيل عملية الضغط على قرص الاحتكاك الى نوعين هما:

- غطاء القابض ذو النوابض الورقية Clutch cover with leaf springs
- غطاء القابض ذو النوابض اللولبية Clutch cover with coil springs

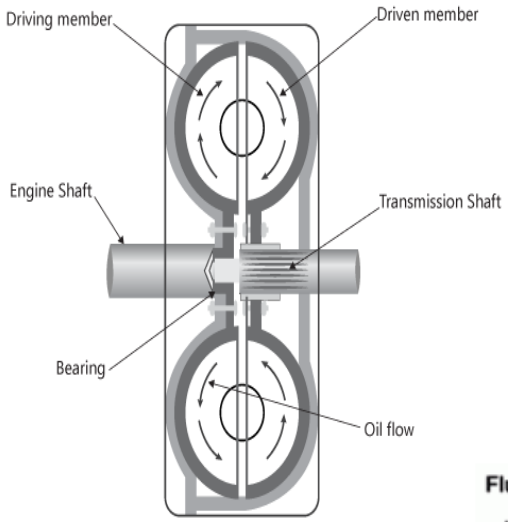
4. محمل القابض Clutch Bearing

عبارة عن محمل دفع كروي Thrust Ball Bearing مصمم لدعم الاحمال المحورية الكبيرة وهو الجزء المسؤول عن دفع نوابض قرص الضغط لتحرير قرص الاحتكاك حيث يستمد حركته بموازاة محور الدوران من عتلة التحرير "الشوكة" Release Leaver (Fork).

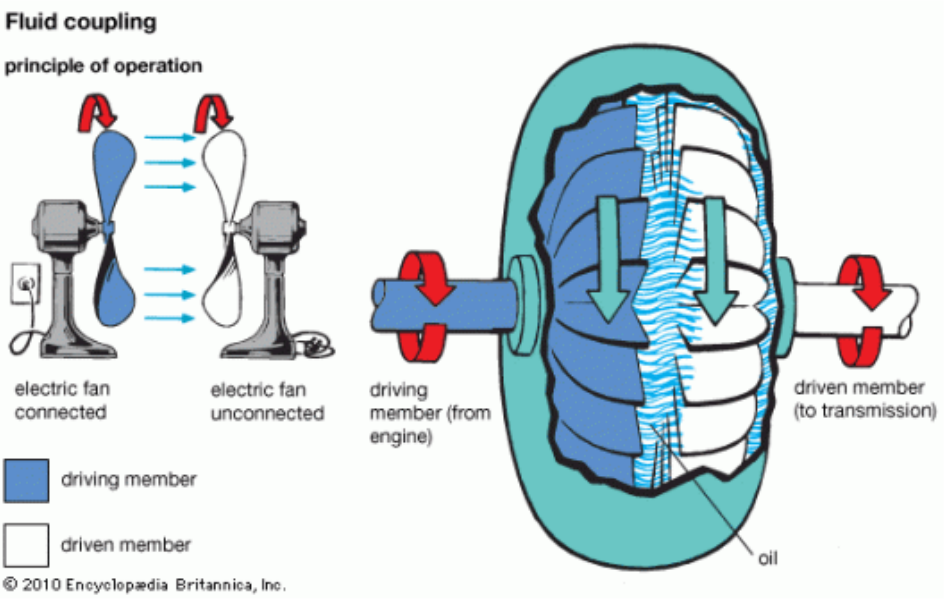
5. عتلة التحرير "الشوكة" Release Leaver (Fork)

هي عتلة من النوع الأول يقع مركزها بين نقطة تأثير المقاومة "محمل القابض" ونقطة تأثير القوة "الطرف المرتبط بدواسة القابض.

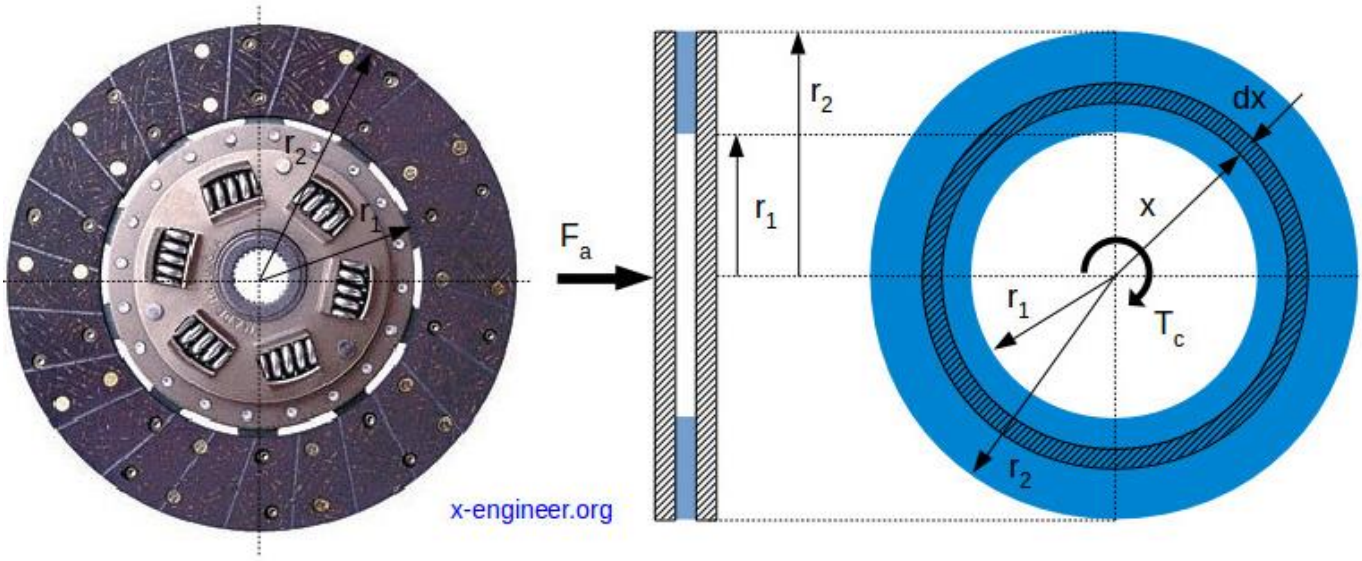
ثالثاً: القابض الهيدروليكي او الوصلة الهيدروليكية Hydraulic clutch or Fluid coupling



تتكون الوصلة الهيدروليكية من قرصين منفصلين على شكل نصف دائرة يعملان في حركة دورانية وجهاً لوجه، أحدهما مثبت على الدولاب الطيار ويسمى العضو الدوار او القائد والأخر مثبت على عمود نقل القدرة يسمى العضو المُقاد والذي لا يدور الا بعد التعشيق الذي يتم عند دوران العضو الدوار حيث يدفع الزيت الموجود بين العضوين والذي يعمل على تثبيت حركة العضوين المتقابلين من خلال اندفاع الزيت بفعل قوة الطرد المركزية التي تتولد في الزيت نتيجة سرعة دوران العضو الدوار حيث يصطدم هذا الزيت بالريش الداخلية للقرصين متخللاً الفجوات الموجودة فيهما مما يجعلهما يدوران بنفس عدد الدورات تقريباً.



Clutch Torque Capacity Calculation حساب سعة او قدرة عزم القابض



عندما:

- القوة العمودية التي تضغط لوحة القابض تقاس بـ النيوتن
- قدرة او سعة عزم القابض تقاس بـ النيوتن. متر
- نصف القطر الداخلي لسطح الاحتكاك تقاس بـ المتر
- نصف القطر الخارجي لسطح الاحتكاك تقاس بـ المتر
- الضغط الذي المؤثر على القابض يقاس بـ الباسكال
- مساحة سطح الاحتكاك وتقاس بـ المتر المربع

F_a: The normal force pressing the clutch plate [m]
T_c: The torque capacity of the clutch [N.m]
r_1: The inner radius of the friction surface [m]
r_2: The outer radius of the friction surface [m]
p: The pressure acting on the clutch [Pa]
A_s: The area of the friction surface [m^2]

$$p = \frac{F_a}{A_s} \qquad (1)$$

مساحة سطح الاحتكاك = مساحة القرص الكلية – المساحة الخالية من مادة الاحتكاك

$$A_s = A_{s2} - A_{s1} = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \pi(r_2^2 - r_1^2) \qquad (2)$$

مع ملاحظة اهمال مساحة برشام التثبيت المستخدم في تثبيت مادة الاحتكاك لصغرها.

وعند تعويض المعادلة 2 في المعادلة 1 نحصل على

$$p = \frac{F_a}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} \qquad (3)$$

لحساب المساحة لإزاحة معينة تبعد عن المركز بمقدار x فأن المساحة A

$$A = \pi x^2$$

عندما تتغير الازاحة عن المركز بمقدار dx فأن المساحة dA

$$dA = 2\pi x dx \quad (4)$$

القوة العمودية التي تؤثر على سطح الاحتكاك هي N

$$N = pA$$

عندما تتغير القوة العمودية تبعاً لتغير المساحة dA فنحصل على المعادلة التالية

$$dN = pdA \quad (5)$$

وبتعويض المعادلتين 3 و4 في المعادلة 5 نحصل على

$$dN = \frac{F_a}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} . 2\pi x dx$$

$$dN = \frac{2F_a x dx}{r_2^2 - r_1^2} \quad (6)$$

قوة الاحتكاك F تساوي حاصل ضرب معامل الاحتكاك في القوة العمودية التي تؤثر على سطح الاحتكاك

$$F = \mu N$$

قوة الاحتكاك اللحظية dF تتغير تبعاً لتغير القوة العمودية dN فنحصل على العلاقة التالية

$$dF = \mu dN \quad (7)$$

وبتعويض المعادلة 6 في المعادلة 7 نحصل على

$$dF = \frac{2\mu F_a x dx}{r_2^2 - r_1^2} \quad (8)$$

يعرف العزم بإنه حاصل ضرب القوة في ذراعها

$$T = xF$$

العزم اللحظي dT يتغير تبعاً لتغير القوة dF فنحصل على العلاقة التالية

$$dT = xdF \quad (9)$$

عند تعويض المعادلة 8 في المعادلة 9 نحصل على

$$dT = \frac{2\mu F_a x^2 dx}{r_2^2 - r_1^2} \quad (10)$$

ان قيمة عزم القابض T_c يتم الحصول عليها من خلال تكامل المعادلة رقم 10

$$T_c = \int_{r_1}^{r_2} dT$$

$$T_c = \int_{r_1}^{r_2} \frac{2\mu F_a x^2 dx}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$T_c = \frac{2\pi F_a}{r_2^2 - r_1^2} \int_{r_1}^{r_2} x^2 dx$$

$$T_c = \frac{2}{3} . \mu F_a . \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \qquad (11)$$

تستخدم المعادلة (11) لحساب عزم القابض المؤثر على جهة واحدة من القرص

$$T_c = 2 . \frac{2}{3} . \mu F_a . \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \qquad (12)$$

تستخدم المعادلة (12) لحساب عزم القابض المؤثر على جهتي القرص

$$T_c = 2 . z . \frac{2}{3} . \mu F_a . \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \qquad (13)$$

تستخدم المعادلة (13) لحساب عزم القابض المؤثر على عدد (z)من الاقراص

صندوق التروس The gearbox

صندوق التروس هو المرحلة الثانية في نظام نقل القدرة، يأتي ترتيبه بعد القابض clutch. هو غالبا ما يثبت في نهاية المحرك، ويكون القابض بينهما.

صندوق التروس عبارة عن جهاز ميكانيكي يستخدم لزيادة عزم الدوران الناتج أو لتغيير السرعة المحرك. يتم توصيل عمود المحرك بأحد طرفي صندوق التروس ومن خلال التكوين الداخلي لتروس صندوق التروس، يتم توفير وإخراج عزم دوران معين وسرعة محددة من خلال نسبة التروس "نسبة التعشيق", ويؤدي نفس الوظيفة سواء أُستخدم في المركبات او في الماكينات وفي المركبات يطلق عليه اسم ناقل الحركة Transmission.

وظائف صندوق التروس Functions of Gearbox

- تجهيز المركبة بالسرعة او بالعزم المطلوب لتحريكها بحسب ظروف الطريق والاحمال، ويتم ذلك بتغيير نسبة التروس بين عمود المرفق وعمود إدارة العجلات.
- تغيير تعشيقة التروس الى وضع الحياد Neutral عند بدء تشغيل المحرك المركبة ودورانه دون دوران العجلات.
- تغيير تعشيقة التروس للسماح بإمكانية سير المركبة في الاتجاه الخلفي Reverse (التعشيقة الخلفية).

أنواع صناديق التروس

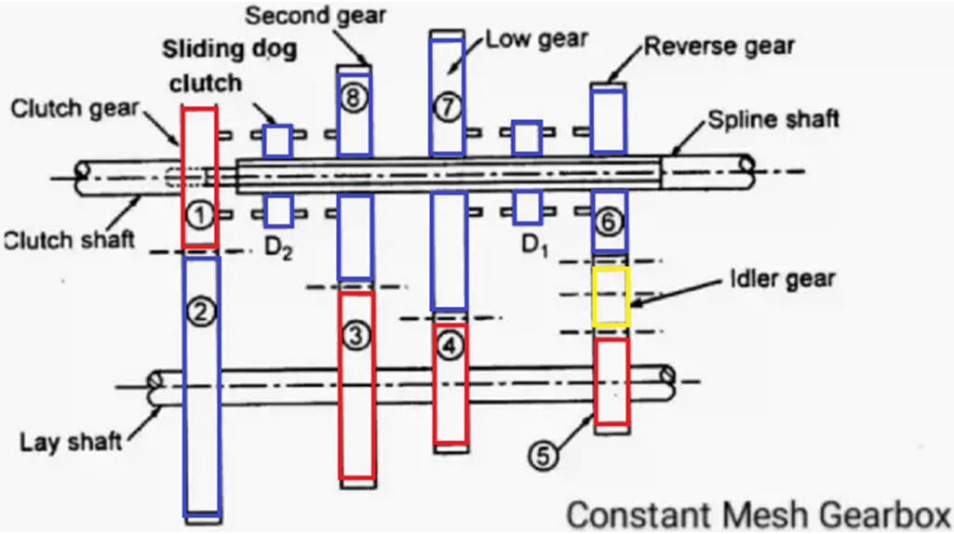
1. ناقل الحركة اليدوي Manual Transmission

السيارات الحديثة ذات ناقل الحركة اليدوي لها أربع، خمس او ست نقلات امامية Forward gear وواحدة خلفية Reverse gear بالإضافة إلى وضع الحياد Neutral.

ذراع النقل او تغيير التعشيق، يُشغل عن طريق السائق، يتصل بعدد من اعمدة الاختيار في أعلى او في جانب صندوق التروس. اعمدة الاختيار تكون موازية للأعمدة التي تحمل التروس. التصميم الاكثر انتشاراً هو صندوق التروس ذات التعشيق الثابت constant-mesh gearbox, له ثلاثة اعمدة: عمود الدخل Input shaft, عمود الحياد Lay shaft, والعمود الرئيسي Main shaft, وجميعها تدور على كراسي تحميل bearings مثبتة في هيكل صندوق التروس. وهناك أيضاً عمود مركب عليه الترس الوسطي Idler pinion للنقلة الخلفية. المحرك يقوم بإدارة عمود الدخل (عن طريق القابض)، الذي يدير عمود الحياد. عمود الحياد يدير التروس في العمود الرئيسي، التي تدور بحرية على العمود، حتى يتم تعشيقها مع العمود حسب الاختيار، عن طريق جهاز تعشيق متزامن synchromesh device, الذي مركب على مراود splined بالعمود. جهاز التعشيق المتزامن هو ما يقوم السائق في الواقع بتشغيله، من خلال ذراع النقل، عن طريق تحريكه على عمود اختيار عن طريق شوكة به والتي تقوم بتحريك جهاز التزامن لتعشيق الترس.

بعض صناديق التروس بها ترس إضافي، يطلق عليه ترس فوق السرعة Overdrive, يوفر سرعة اعلى من سرعة النقلة العالية (تزيد من سرعة الخرج وتقلل العزم).

(النقلات 1, 2, 3 لها نسبة نقل أقل من 1, تقلل السرعة، وتزيد العزم. النقلة المباشرة Direct drive (يتم نقل السرعة والعزم كاملا من المحرك).



2. ناقل الحركة الذاتي Automatic Transmission

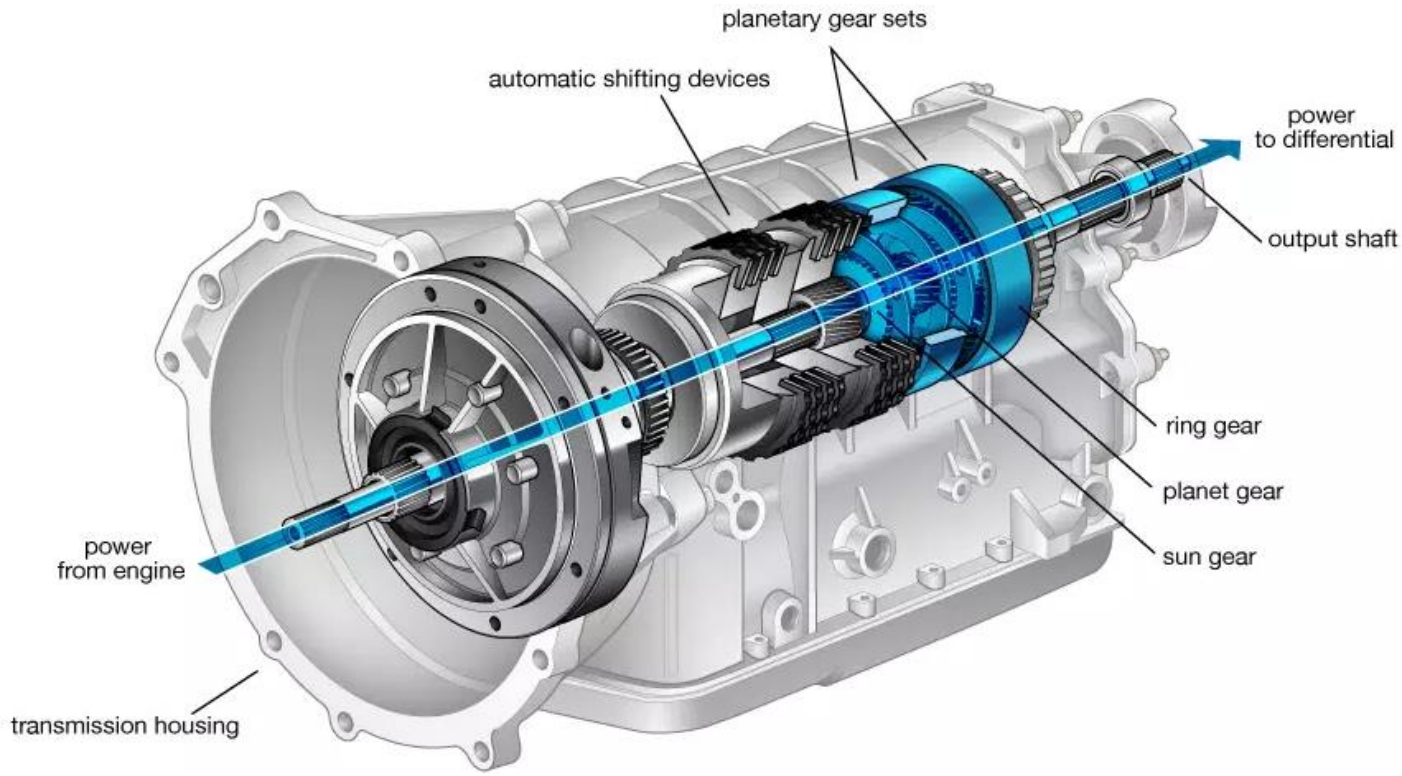
ناقل الحركة الذاتي أو علبة التروس الآلية هو تطوير لصندوق التروس اليدوي الذي يتم استخدامه في نقل الحركة من محرك السيارة إلى المحور الدوار ثم العجلات، وبذلك يعفي السائق من مهمة نقل السرعات بنفسه.

جهاز ناقل الحركة الذاتي المعروف برمز AT يقوم إذا بتغيير السرعات بصورة ذاتية أو آلية بحسب حركة السيارة وحاجتها للقوة، وبذلك يعطي السائق حرية تغيير السرعة يدويا أم عدمها. وبالتالي، يحتاج هذا الأمر إلى استخدام بعض الملحقات الإضافية.

يتألف ناقل الحركة الذاتي الحديث من مجموعة من التروس تسمى قاطرة او سلسلة التروس كوكبية Planetary gear train. وتتكون مجموعة التروس الكوكبية هذه من:

1. ترس مركزي يسمى الترس الشمسي Sun gear.
2. الطوق الخارجي مع أسنان الترس الداخلية المعروف أيضا باسم الترس الحلقي Ring gear.
3. اثنين أو ثلاث من التروس المعروفة باسم التروس الكوكبية Planet gears التي تدور بين الترس الشمسي والترس الحلقي.

ويجب أن تقترن سلسلة التروس إلى آلية تعرف باسم محول عزم الدوران Torque converter، الذي يعمل بمثابة محرك سوائل بين المحرك وناقل الحركة.



معلومات أساسية

- إذا تم قفل الترس الشمسي (Sun gear) وأخذت التروس الكوكبية (Planet gears) حركتها من حاملة هذه التروس (Planet carrier)، يتم إرسال الحركة عبر الترس الحلقي (Ring gear) لتحقيق زيادة في السرعة.
- عندما يتم قفل الترس الحلقي وأخذت التروس الكوكبية حركتها من الترس الشمسي، يتم إرسال الحركة عبر حاملة التروس الكوكبي فتنخفض السرعة.
- إذا تم قفل حامل التروس الكوكبي وأخذت التروس حركتها من الترس الشمسي، يتم إرسال الحركة إلى الترس الحلقي ولكن في الاتجاه المعاكس مخولا بذلك القيادة إلى الوراء.
- لتحقيق النقل المباشر للسرعة، أي من دون تغيير سرعة أو اتجاه دوران، يتم قفل الترس الشمسي مع الترس الحلقي ليدور الاثنان كوحدة كاملة.

الأوضاع المتاحة في ناقل الحركة الذاتي

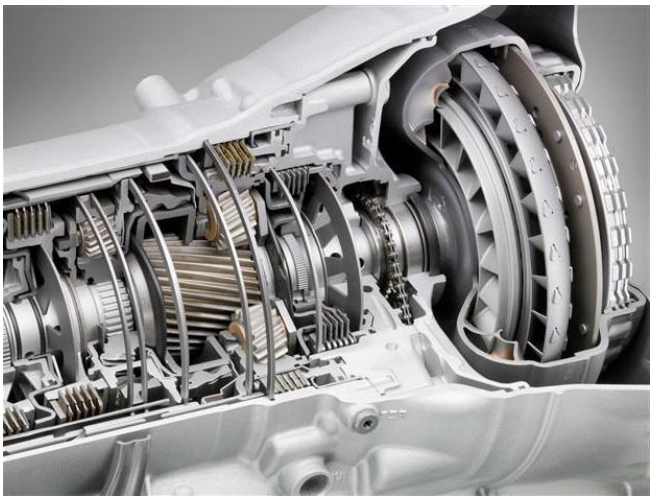
أثناء اختيار الموضع الملائم لعتلة ناقل الحركة الذاتي، يقوم السائق بتحريك الذراع أو القابض المثبت على عامود القيادة إلى الموضع المطلوب. ونستعرض الترتيبات شبه الموحدة بين جميع الصانعين:

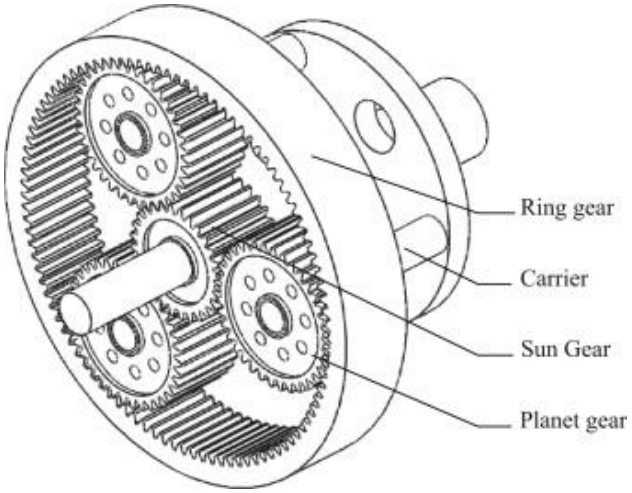
1. **حالة التوقف P – Park**
   هذا الاختيار يقوم بقفل ناقل الحركة الذاتي ميكانيكيا ويقيد حركة السيارة في أي اتجاه ولكن تبقى حركة الإطارات غير مقيدة، لذلك يوصى باستخدام الفرامل اليدوية hand brake قبل الخروج من السيارة.

2. **الحركة إلى الخلف R – Reverse**
   هذا الاختيار يشغل ترس الحركة الخلفية بما يسمح للمركبة بالرجوع إلى الخلف. ومن الضروري على السائق قبل اختيار هذا الوضع توقيف المركبة كليا عن الحركة لتجنب إحداث أضرار في الجهاز.

3. **وضع الحياد N – Neutral**
   هنا يتم فصل ناقل الحركة الذاتي عن العجلات بما يسمح للسيارة بالتحرك بحرية وفقا لوزنها ولتضاريس الطريق.

4. **وضع القيادة D – Drive**
   الأكثر شهرة والبديهي بأنه يسمح بالحركة إلى الأمام والتسارع، فيما تختلف أعداد التروس المستخدمة بين المصنعين وطرازات السيارات.





مميزات ومساوئ صندوق التروس Advantages and Disadvantages of Gearbox

مزايا ناقل الحركة اليدوي Advantages of Manual Transmission

- يتمتع السائق بالتحكم الكامل في التروس ومتى يتم تغيير التروس.
- تكلفة ناقل الحركة اليدوي أقل من تكلفة ناقل الحركة الذاتي.
- الاستفادة القصوى من قدرة المحرك.
- توفير في استهلاك الوقود.

مساوئ ناقل الحركة اليدوي Disadvantages of Manual Transmission

- صعوبة التعامل مع السيارة في ظروف الازدحام المروري، للحاجة لاستخدام القابض والنقل اليدوي المستمر.
- صعوبة التحكم بالنسبة للمبتدئين.
- يحتاج إلى تغيير الزيت بمعدل أعلى من ناقل الحركة الذاتي.
- تأكل أكثر، وخاصة القابض.

مزايا ناقل الحركة الذاتي Advantages of Automatic Transmission

- من السهل القيادة في ظروف الازدحام المروري.
- هذا النقل سريع وسلس.
- ناقل الحركة الذاتي مريح للغاية للسائق أثناء القيادة.
- يضع حمل أقل على المحرك وأجزاء نقل الحركة، ولهذا تكون تكلفة الصيانة أقل بالنسبة للعمر التشغيلي للسيارة.

عيوب ناقل الحركة الذاتي Disadvantages of Automatic Transmission

- ناقل حركة أوتوماتيكي أغلى من ناقل حركة يدوي.
- الأجزاء المتحركة والتقنيات المستخدمة في ناقل الحركة الذاتي، تزيد من تكلفة التصليح.
- يستغرق تغيير التروس والانتقال الى سرعة اعلى بعض الوقت ويمكن ملاحظة تغيير التروس على شكل صدمة طفيفة.

الفرامل Brakes

الفرامل هي جهاز ميكانيكي يمنع الحركة عن طريق امتصاص الطاقة من نظام متحرك. يتم استخدامه لإبطاء أو إيقاف حركة مركبة أو عجلة أو محور أو لمنع حركتها، ويتم ذلك غالباً عن طريق الاحتكاك.
تستخدم معظم الفرامل الاحتكاك بين سطحين يتم ضغطهما لتحويل الطاقة الحركية للجزء المتحرك إلى حرارة، على الرغم من أنه يمكن استخدام طرق أخرى لتحويل الطاقة. على سبيل المثال، تحول منظومات الكبح المتجددة الكثير من الطاقة إلى طاقة كهربائية يمكن تخزينها للاستخدام لاحقا.
طرق أخرى تحويل الطاقة الحركية وخزنها على هيئة طاقة كامنة مثل الهواء المضغوط أو السائل المضغوط. تستخدم فرامل المجالات المغناطيسية (Eddy Current Brakes) لتحويل الطاقة الحركية إلى تيار كهربائي في قرص الفرامل أو الزعنفة أو السكك الحديدية، وتتحول إلى حرارة.
ومع ذلك، فإن طرق الكبح الأخرى تحول الطاقة الحركية إلى أشكال مختلفة، على سبيل المثال عن طريق نقل الطاقة إلى عجلة دوارة.
يتم تطبيق الفرامل بشكل عام على المحاور الدوارة أو العجلات، ولكنها يمكن أن تتخذ أشكالا أخرى مثل سطح المائع المتحرك (الصمامات المستخدمة في السوائل أو الغازات).
تستخدم بعض المركبات مزيجاً من آليات الفرملة، مثل مظلة السحب التي تستخدم مع فرامل العجلات في بعض أنواع الطائرات وسيارات السباق عالية السرعة او استخدام جنيحات السحب او كابلات السحب أثناء الهبوط في أنواع أخرى من الطائرات.

نظام الفرملة او الكبح Braking system

في سيارة، نظام الكبح هو ترتيب من مختلف الروابط والمكونات (انابيب الفرامل أو الروابط الميكانيكية، طبل الفرامل drum brakes أو قرص الفرامل disc brakes، اسطوانة رئيسية أو نقطة ارتكاز، الخ) التي يتم ترتيبها بطريقة أنه يحول الطاقة الحركية للسيارة إلى طاقة حرارية التي بدورها تؤدي الى تباطؤ او توقف السيارة.
تستخدم فرامل مجرى إيدي Eddy current brake المجالات المغناطيسية لتحويل الطاقة الحركية إلى تيار كهربائي في قرص الفرامل أو السكك الحديد، والتي بدورها يتم تحويلها إلى حرارة.

أجزاء من نظام الفرامل Parts of Brake system

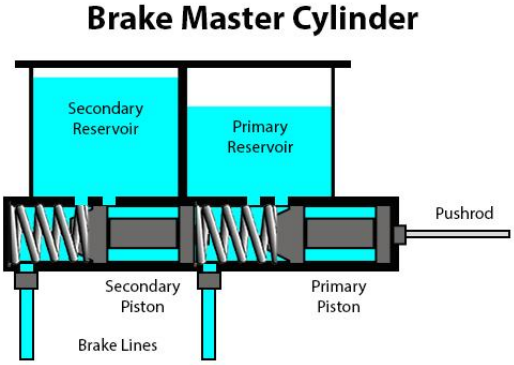
- دواسة الفرامل Brake Pedal
- الأسطوانة الرئيسية Master Cylinder
- انابيب او خطوط الفرامل Brake Lines
- أسطوانات العجلات Wheel Cylinders
- وسائد الفرامل Brake Pads
- وحدة التحكم "أي بي اس" ABS Control Module
- معزز الفرامل Brake Booster
- فرامل القرص Disc Brakes
- فرامل الطبل Drum Brakes
- فرامل الطوارئ Emergency Brake
- أجهزة استشعار سرعة العجلة Wheel Speed Sensors

1- دواسة الفرامل Brake Pedal

الدواسة هي عتلة تُدفع بواسطة قدم السائق لتنشيط الفرامل وبحركتها تضغط على الاسطوانة الرئيسية وبالتالي يتدفق سائل الفرامل عبر النظام للضغط على وسائد الفرامل.

2- الأسطوانة الرئيسية Master Cylinder

الاسطوانة الرئيسية هي أساساً المكبس الذي يتم تنشيطه بواسطة دواسة الفرامل. والتي تحوي بداخلها سائل الفرامل الذي من خلال خطوط الفرامل عند ضغطها، ومن خلالها يتم تحويل الضغط غير الهيدروليكي إلى ضغط هيدروليكي تستخدمه أسطوانات العجلات للضغط على وسادات الفرامل لتمنع الدوران او الحركة لإيقاف السيارة.

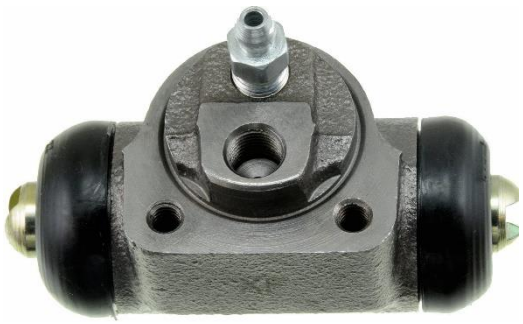


3- انابيب او خطوط الفرامل Brake Lines

هي انابيب توصيل زيت الفرامل او المكابح عموماً تصنع من الصلب في الاماكن الثابتة او الخالية من الاهتزازات، وخطوط الفرامل هي ما تحمل سائل الفرامل من خزان اسطوانة رئيسية إلى العجلات حيث يتم تطبيق الضغط لوقف السيارة، اما عند وجود الاهتزازات او المفاصل فيتم استخدام الانابيب المطاطية المسلحة.

4- أسطوانات العجلات Wheel Cylinders

ترتبط وسائد الفرامل بأسطوانات العجلات التي تضغط إما (فرامل القرص) أو تدفع (فرامل الطبل) وسائد الفرامل عندما يتدفق السائل إليها.



5- وسائد الفرامل Brake Pads

وسائد الفرامل هي الجزء الذي يعيق حركة قرص وطبل الفرامل، وتتكون ألواح او وسائد الفرامل من ألواح فولاذية خلفية مع مواد احتكاكية مرتبطة بالسطح الذي يواجه السطح المتحرك.

6- وحدة التحكم "أي بي اس" ABS Control Module

توجد في المركبات التي تحوي ABS (Antilock Braking System)، وتقوم هذه الوحدة بإجراء فحص التشخيصي لنظام الكبح وتحديد الوقت المناسب لإرسال الضغط الصحيح إلى كل عجلة لمنع العجلات من الانغلاق.

7- معزز الفرامل Brake Booster

يقلل من مقدار الضغط اللازم للكبح لتسهيل عملية تشغيل الفرامل. يستخدم تخلخل ضغط المحرك والضغط لزيادة القوة دواسة الفرامل المؤثر على الاسطوانة الرئيسية.

8- فرامل القرص Disc Brakes

عادة ما توجد على العجلات الامامية، تحتوي المكابح على وسائد الفرامل التي تضغط على قرص (دوار) عندما تُدفع دواسة الفرامل لإيقاف المركبة.

9- فرامل الطبل Drum Brakes

غالباً تستخدم في العجلات الخلفية وفي المركبات الكبيرة، وتستخدم أحذية الفرامل فعندما تُضغط دواسة الفرامل، يجبر حذاء الفرامل على دفع أسطوانة الفرامل مما يوقف المركبة.

10- فرامل الطوارئ Emergency Brake

تعمل بشكل مستقل عن نظام الفرامل الرئيسي للحفاظ على السيارة من التدحرج بعيداً. تعرف أيضا باسم فرامل وقوف السيارات parking brake، وفرامل اليد hand brake، والفرامل الإلكترونية e-brake، وتستخدم فرامل الطوارئ بشكل رئيسي للحفاظ على السيارة في مكانها عند إيقافها.

11- أجهزة استشعار سرعة العجلة Wheel Speed Sensors

هي جزء من نظام ABS، تقوم أجهزة استشعار السرعة بمراقبة سرعة كل إطار وترسل المعلومات إلى وحدة التحكم ABS.

أنظمة النقل Conveyor System

نظام النقل هو جهاز مناولة ميكانيكي سريع وفعال لنقل الأحمال والمواد تلقائياً داخل منطقة ما. يقلل هذا النظام من الخطأ البشري، ويقلل من مخاطر مكان العمل ويقلل من تكاليف العمالة - من بين مزايا أخرى. إنها مفيدة في المساعدة في نقل العناصر الضخمة او الثقيلة من نقطة إلى أخرى. قد يستخدم نظام النقل حزاماً او عجلات او بكرات او سلسلة لنقل الأشياء.

مواصفات أنظمة النقل Conveyor Systems Specifications

تُصنف أنظمة النقل وفق خصائص اساسية يُعتمد عليها في التصميم وعند الاختيار.

1. **سِعة التحميل لكل وحدة طول Load Capacity per Unit Length**
يُراعى عند التصميم حساب وزن وأبعاد القطعة او الكمية الواحدة التي سينقلها نظام النقل في المرة الواحدة مع حساب هوامش التحميل.
2. **سِعة التحميل القصوى Maximum Load Capacity**
اقصى حِمل يستطيع النظام نَقله بالوقت المحدد دون ان يفشل.
3. **السرعة المُقدرة Rated Speed**
يتم تصنيف أنظمة النقل عادةً من حيث سرعة الحزام بـ المتر\الدقيقة، او وحدات مماثلة للحزمة package والكرتون carton خلال دقيقة او حسب الوقت المُحدد للنقل.
4. **المُخرجات Throughput**
المُخرجات تقيس قدرة الناقلات التي تتعامل مع المساحيق والمنتجات غير المعبئة. غالباً ما يتم إعطاؤه كحجم لكل وحدة زمنية.
5. **تركيب الهيكل Frame Configuration**
يشير تكوين الإطار إلى شكل الهيكل الناقل. يمكن أن تكون الهياكل مستقيمة، منحنية، هياكل Z، أو أشكال أخرى.
6. **موقع المُشغِل او المُحرِك Drive Location**
يمكن وضع المحركات في أماكن مختلفة على الأنظمة الناقلة. يوجد مُشغل للرأس أو النهاية على جانب التفريغ في الناقل وهو النوع الأكثر شيوعا. لا توجد المحركات المركزية دائما في المركز الفعلي للناقل، ولكن في مكان ما على طوله، ويتم تركيبها أسفل النظام وتستخدم لعكس اتجاه الناقل.

فوائد أنظمة النقل Conveyor Systems Benefits

- يمكن نقل المواد بأمان من مستوى إلى آخر من خلال ناقلات الرافعة.
- يمكن تثبيته في معظم الحالات مع القدرة عادةً على إضافة ملحقات وزيادة أمان مكان العمل بسبب الأتمتة وتأمين الفشل failsafe.
- يمكن للناقلات نقل كميات كبيرة من العناصر بأشكال وأحجام وأوزان مختلفة.
- تتمتع بميزات أمان متقدمة تمنع الحوادث والإصابات مع زيادة إنتاجية النظام.
- مجموعة متنوعة من الخيارات لتشغيل أنظمة النقل، بما في ذلك الأنظمة الهيدروليكية والميكانيكية والمؤتمتة بالكامل والمجهزة لتناسب الاحتياجات الفردية.

تأمين الفشل failsafe: هو نظام أو خطة يتم تشغيلها في حالة حدوث خطأ ما أو توجد لمنع حدوثه. وغالباً يقوم بإرجاع قطعة من الماكينة او الآلية إلى حالتها الآمنة في حالة حدوث عطل ليمنع الانهيار breakdown او العطل malfunction.

أنواع أنظمة النقل Types of Conveyor Systems

1. الحزام الناقل Belt Conveyor
إنها أجهزة بسيطة تتألف من حزام متحرك يتم تشغيله بواسطة بكرات. يتم استخدام محرك لتدوير البكرات، وبالتالي تحريك الحزام.

2. الشلال او المنحدر الناقل Chute Conveyor
وهو قناة أو شريحة منحدرة تستخدم لنقل الأشياء إلى مستوى أدنى باستخدام الجاذبية.

3. متدحرجات الجاذبية الناقلة Gravity Roller Conveyor
بدلاً من الحزام، يستخدم هذا الجهاز بكرات أسطوانية. ويحوي الهيكل على انخفاض طفيف في نهايتها، لذا تنزلق الأجزاء لأسفل من تلقاء نفسها بفعل الجاذبية.

4. متدحرجات الطاقة الناقلة Powered Roller Conveyor
تشبه متدحرجات الجاذبية الناقلة باستثناء استخدام الطاقة لتدوير البكرات، لذلك لا يتعين خفض نهايتها. في بعض الأحيان يمكن رفع نهايتها.

5. الدلو الناقل Bucket Conveyor
تُستخدم أنظمة الدلو الناقل لنقل المواد عمودياً، عن طريق تجريفها بمجموعة من الجرافات او الدلاء المتصلة بحزام أو سلسلة أو كابل. يقوم الناقل بتحريك الدلاء لأعلى، ويأخذ المواد ويحملها إلى الأعلى قبل تفريغها.

6. كرات التحويل الناقلة Balls Transfer Conveyor
تستخدم طاولات أو ناقلات كرات التحويل مجموعة من العجلات الكروية المُركبة للسماح بنقل المنتج غير المزود بالطاقة وباتجاهات متعددة. حيث تركب عدة صفوف من الكرات المعدنية على طاولة يمكنها الدوران في أي اتجاه. هذا يسمح بدفع المواد في اتجاهات مختلفة، على عكس المتدحرجات التي يمكن أن تتحرك للأمام والخلف فقط.

7. الشرائح الناقلة Slats Conveyor
إن ناقل الشرائح هو في الأساس ناقل متكون من سلسلتين تُربط بينهما شرائح بلاستيكية او معدنية او من مواد أخرى ونظام توجيه للشرائح. يؤدي هذا إلى إنشاء سطح ملائم يمكن تركيب تفاصيل الأدوات أو التركيبات عليها لتثبيت الأجزاء في الموضع المطلوب.

8. السلاسل الناقلة Chain Conveyor
بدلاً من وجود بكرات أو حزام، تستخدم سلاسل متحركة لنقل المنتجات. عادة ما تكون منخفضة على الأرض وتستخدم لحمل أغراض أكبر.

9. العربات الناقلة Trolley Conveyor
هناك مجموعة كاملة من الناقلات او السكك المثبتة من الأعلى والتي تحمل حمولتها تحتها بواسطة عربات بدلاً من فوقها. في بعض الأحيان يتم تعليق الحمولة من عارضة علوية ودفعها على طول المسار. او قد تكون مزودة بمحركات. في بعض الأحيان، كما هو الحال مع ناقل Power-and-Free، لديهم مساران - أحدهما بمحرك والآخر غير مزود بمحرك.

10. السكة الأحادية المقلوبة الناقلة Inverted Monorail Conveyor
هي سكة أحادية مثبتة على الارضية تحمل المواد من الأسفل. ولفهم ذلك اقلب عربة النقل رأساً على عقب، وثبتها بالأرضية بدلاً من السقف.

11. المغناطيس الناقل Magnetic Conveyor

تستخدم الناقلات المغناطيسية مغناطيساً متحركاً مُركباً أسفل ألواح ثابتة أو طاولات أو احزمة غير المغناطيسية، لتحريك المواد المغناطيسية (الحديدية).

12. الهزاز الناقل Vibrating Conveyor

يهتز هذا الناقل قليلاً لتحريك المواد السائبة "غير المعبئة" على طوله. يمكن أن يكون أنبوباً أو قمة مسطحة أو حوضاً صغيراً.

13. حزام الحوض الناقل Troughed Belt Conveyor

هو حزام نقل نهايتيه مائلة للأعلى على شكل حرف U او V مما يقلل من احتمالية سقوط المواد المنقولة.

14. البرغي او اللولب الناقل Screw Conveyor

هو أنبوب مع جهاز على شكل برغي ينقل المواد عند دوران البرغي حول محوره.

15. حبل السحب الناقل Towline Conveyor

هو عبارة عن حبل سحب (أحياناً سلسلة في الأرضية) يسحب العربات أو الشحنات. ويعمل بشكل رائع لمسافات طويلة، وهناك أيضاً ناقل السحب الأنبوبي الذي يستخدم سلسلة لسحب العناصر غير المعبئة داخل أنبوب.

16. انظمة الفرز الناقلة Sortation Systems Conveyor

تستخدم أنظمة الفرز الناقلة لدمج وتعريف وفصل المنتجات التي سيتم نقلها إلى وجهات محددة. وتستخدم أساليب مختلفة لفرز الحزم الواردة.

17. الأنظمة الهوائية/الفراغية الناقلة Pneumatic/Vacuum Systems Conveyor

تستخدم هذه الناقلات الفراغ أو ضغط الهواء لنقل المواد.

18. العجلات الناقلة Wheel Conveyor

وهي تشبه تركيب وأنواع ناقل البكرات الأسطوانية باستثناء استخدام العجلات الصغيرة الفردية بدلاً من البكرات الأسطوانية الطويلة.

19. العوارض المتحركة الناقلة Walking Beam Conveyor

تقوم الناقلات ذات العوارض المتحركة بنقل المواد بشكل تدريجي على طول المسار المحدد باستخدام دعامات متحركة وثابتة. تكون مثالية عند الحاجة لوضع المادة في مكان محدد.

أنواع وسائل نقل الحركة

تستعمل وسائل مختلفة لنقل الحركة في المكائن الا انها تقع ضمن أربع مجاميع رئيسية هي:

الوسائل المعتمدة على الاحتكاك.
الوسائل المعتمدة على التعشيق.
الوسائل المعتمدة على النقل المباشر.
الوسائل المعتمدة على تحويل الحركة.
الوسائل المعتمدة على الموائع.

الوسائل المعتمدة على الاحتكاك (السيور والبكرات)

تعتمد في نقلها للحركة على قوة الاحتكاك بين سطحين يكون معامل احتكاكهما عالياً مثل ملامسة الإطارات للأرض يسمى بالاحتكاك المباشر الا ان هناك طريقة أخرى لنقل الحركة بشكل غير مباشر يطلق عليها الاحزمة والبكرات.

مزايا نقل الحركة بالاحتكاك:

- تكلفة الصيانة والادامة قليلة.
- قلة التكلفة التصنيعية للجهاز نظراً لبساطة القطع المكونة له.
- الاشتغال بدون ضوضاء.
- إمكانية استعمالها لنقل الحركة السريعة.
- إمكانية استخدامها لنقل الحركة من بكرة قائدة واحدة الى عدة بكرات مقادة.
- تحملها وامتصاصها الصدمات والضربات الفجائية نظراً لقابلية البكرات على الانزلاق عند حدوث الصدمات.

مساوئ نقل الحركة بالاحتكاك:

- استحالة الحصول على نسبة نقل للحركة بشكل متقن مساوي للنسبة النظرية لوجود الاحتمال الكبير للانزلاق باستثناء سير التوقيت.
- ضرورة توفير ضغط متبادل جانبي بين البكرات في حالة النقل المباشر او بين البكرات والحزام والسير في النقل غير المباشر بغرض زيادة الاحتكاك الا ان هذا الضغط المتبادل يؤدي الى سرعة استهلاك كراسي التحميل.

أنواع السيور او الاحزمة

1. سير مستطيل المقطع "مسطح": يستعمل مع البكرات الاسطوانية الشكل ويعاب عليه عدم إمكانية استعماله لنقل الحركة بنسبة 1:5 أي لا يمكن استعماله بين بكرتين يكون التفاوت بين قطريهما أكثر من خمس مرات لصغر سطح التماس.
2. سير اسفيني المقطع "V": يكون مقطعه على شكل شبه منحرف ويحتاج الى بكرات مخندقة "تحوي اخدود" بشكل اسفيني.
3. سير دائري المقطع: يكون دائري وهو قليل الاستعمال لكثرة انزلاقه ولذا يستخدم في الحالات التي لا تشكل الانزلاقات عائقاً كبيرا لعملها.
4. سير التوقيت "مسنن": يشابه الجنازير بالوظيفة والسير المسطح بالشكل باستثناء وجود اسنان بسطح السير الداخلي حيث يمتاز بمرونة الحركة وعدم الانزلاق ويستخدم في نقل القدرات والسرعات الكبيرة، ويمتاز بعدة مميزات هي:

- قدرته العالية على نقل القدرات والسرعات بين الاعمدة المتوازية لمسافات كبيرة نسبياً بكفاءة عالية بدون انزلاق.
- نسبة نقل الحركة ادق مقارنةً بالأنواع الأخرى.
- إمكانية إدارة مجموعة أعمدة متوازية بسير واحد في آن واحد.
- التشغيل الهادئ بدون حدوث أدنى ضجيج اثناء التشغيل.
- لا يتعرض للتآكل السريع الناتج من الاحتكاك.
- رخيص الثمن.
- سهولة التركيب.

الوسائل المعتمدة على التعشيق (التروس والجنازير)

مميزات نقل الحركة بالتعشيق

- نسبة نقل الحركة فيها تكون متقنة بشكل تام ومساوية للنسبة الحسابية وذلك لعدم وجود انزلاق.
- مدة خدمتها طويلة مع قلة متطلبات الصيانة والإدامة خلال فترة استعمالها.
- إمكانية العمل بسرعات مختلفة فهي تستخدم من اقل سرعة محيطية ولغاية 150 m/s.
- صلاحيتها لنقل الحركة بين الاعمدة وبمختلف الوضعيات فهي تقوم بنقل الحركة بين الاعمدة المتوازية باستعمال تروس مخروطية او بين الاعمدة المتعامدة بمستويات مختلفة.
- إمكانيتها نقل القوى المسلطة على الاسنان لمدى واسع جداً.

مساوئ نقل الحركة بالتعشيق

- صعوبة تصنيعها وخاصة بالنسبة للآلات الدقيقة.
- تحتاج مهارة عالية في تركيبها وعند إتقان صناعتها او عدم إتقان تركيبها يؤدي الى ظهور اهتزازات وضوضاء.
- عدم إمكانية استعمالها لجميع نسب نقل الحركة المطلوبة إذ لا يمكن استعمالها في حالة احتواء النسبة على كسر وهذا ناتج من كون كل ترس من التروس يحوي عدداً صحيحاً من الاسنان.
- عدم إمكانية هذه الوسيلة من حفظ سلامة أجزاء المكائن والمعدات المستعملة فيها من الضربات والتحميل المفاجئ.

الوسائل المعتمدة على النقل المباشر

يتطلب الامر في كثير من الأحيان نقل الحركة بين عمودين أحدهما قائد والأخر مقاد بشكل مباشر، أي نقل الحركة بنفس سرعة الدوران وبنفس الاتجاه. إلا ان هذه الحركة قد يتطلب نقلها بنفس المستوى أي يكون محورا العمودين على امتداد واحد وعندها تستخدم القارنات. او نقلها بمستويات مختلفة للأعمدة وعندها تستعمل الوصلة المرنة (الصليب).

الوسائل المعتمدة على تحويل الحركة

تستعمل التوصيلة اللامركزية في تحويل الحركة الدائرية الى الترددية وبالعكس كما في العمود المرفق في حين تستخدم الحدبة لتحويل الحركة الدائرية الى ترددية ولا تستطيع عكس الحركة من ترددية الى دائرية.

الوسائل المعتمدة على الموائع

تختلف هذه الوسيلة عن الوسائل السابقة بقيام وسط مائع ان كان سائلاً او غازياً بنقل الحركة وتحويلها. وتعتمد إذا كان الوسط سائلاً على صفات السوائل بكونها غير قابلة للانضغاط وان الضغط ينتقل الى جميع الجهات بالتساوي وابسط مثال على ذلك المكبس الهيدروليكي وقد تعتمد على الطاقة الحركية او الكامنة للمائع في الإدارة وعندها يطلق عليه التوربين.

قاعدة باسكال Pascal's rule

الضغط المسلط على سائل محصور ينتقل بالتساوي في جميع الاتجاهات.

المنظومات الهيدروليكية

الهدف من المنظومات الهيدروليكية هو نقل القوة من المصدر (سواء كان كهربائي او ميكانيكي) الى موقع العمل الذي يحتاج لتلك القوى بعد تعديلها بصورة مختلفة مقارنة بالطرق الميكانيكية (التروس، السيور او الجنازير) او الكهربائية وهما أكثر طرق نقل القوى شيوعا.

مميزات المنظومات الهيدروليكية

- المرونة:

قابلية الالتواء وسهولة الثني عكس الطريقة الميكانيكية لنقل القوى حيث الأوضاع النسبية للمحرك وموقع الشغل يجب ان تظل ثابتة نسبياً، ومع مرونة الوصلات او الخطوط الهيدروليكية فإن الطاقة او القوى يمكن ان تتحرك او تنتقل تقريبا لأي مكان.

- مضاعفة القوى:

في النظم الهيدروليكية تستخدم قوى صغيرة جداً لتحريك احمال كبيرة جداً ببساطة بتغيير احجام الأسطوانات.

- البساطة:

النظم الهيدروليكية لها أجزاء متحركة اقل وبالتالي نقاط تآكل اقل خصوصاً وان هذه النظم تقوم بتزييت نفسها بنفسها.

- الاندماجية:

(إحكام وتماسك البناء) النظم الهيدروليكية يمكن ان تعطي قدرة أكبر بحجمها المحدد وهو أصغر من أي نظام مماثل من النظم الأخرى. وذلك بمقارنة حجم المحرك الهيدروليكي صغير مع محرك كهربائي لهما نفس القدرة الحصانية، او المقارنة بين حجم التروس والاعمدة المطلوبة لتوليد قوى مساوية لما يولده مكبس هيدروليكي صغير.

- الاقتصاد:

هي النتيجة الطبيعية للبساطة والاندماجية التي توفر تكلفة منخفضة نسبيا للقدرة المنقولة. وأيضاً فإن القدرة والفقد الاحتكاكي قليلة مقارنة بالوسائل الأخرى.

- سهولة التحكم:

الأجزاء المتحركة مثل التروس والجنازير والسيور والتلامسات الكهربائية اقل مقارنة بالنظم الأخرى ويمكن التحكم بها بسهولة في الاحمال العالية باستخدام صمامات تصريف الضغط بطريقة أسهل من استخدام أجهزة التحكم في الاحمال العالية في النظم الأخرى.

عيوب المنظومات الهيدروليكية

- الكفاءة:

بالرغم من ان كفاءة المنظومات الهيدروليكية أفضل بكثير من المنظومات الكهربائية، لكنها اقل من كفاءة النظم الميكانيكية لنقل القوى.

- حساسية المائع:

ان وجود الصدأ والتآكل والاوساخ وكذلك ارتفاع درجة حرارة المائع العالية او انهياره يمكن ان يدمر المنظومة ايضاً لذلك فإن النظافة والصيانة السليمة في الدوائر الهيدروليكية تكون أكثر أهمية وضرورة منها في الوسائل الأخرى لنقل القوى.

اجزاء الدائرة الهيدروليكية

تتكون المنظومة الهيدروليكية بصورة عامة من الأجزاء التالية:

1. السائل الهيدروليكي (Hydraulic Fluid).
2. الخزان (Tank or Reservoir).
3. التوصيلات او الانابيب (Connectors "Piping or Lines").
4. المضخة (Pump).
5. المحرك (Motor "Mechanical or Electrical").
6. المُرشّح (Filter).
7. الصمامات (Valves).
8. المُشغلات (Actuators "Linear or Rotary").

السائل الهيدروليكي (Hydraulic Fluid)

السائل الهيدروليكي يجب ان يحقق الوظائف الأساسية التالية

- نقل القدرة (To transmit power).
- تزييت الأجزاء المتحركة (To lubricate moving parts).
- يغلق الخلوص بين الأجزاء المتقابلة (To seal clearances between mating parts).
- تشتيت الحرارة (To dissipate heat).

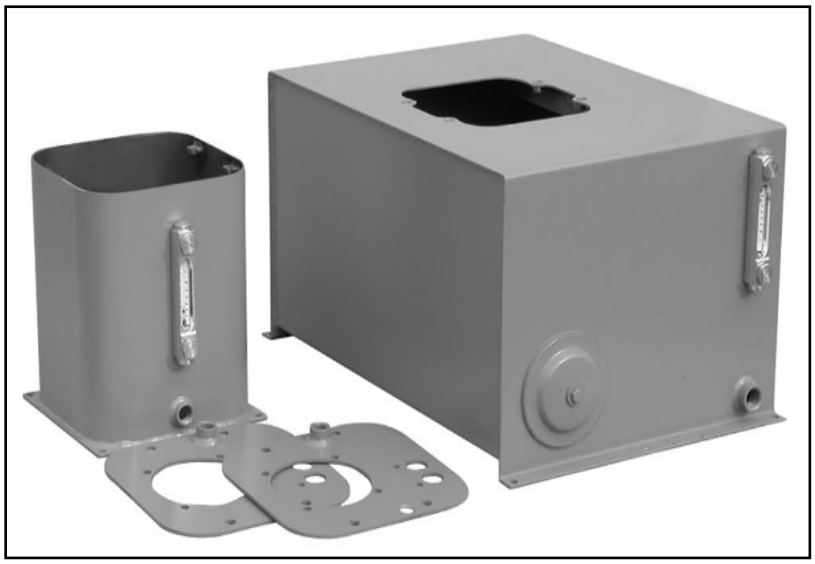
خصائص السائل الهيدروليكي

1. تزييت جيد (Good lubricity).
2. لزوجة مثالية (Ideal viscosity).
3. ثبات كيميائي (Chemical stability).
4. توافقية مع مواد المنظومة (Compatibility with system materials).
5. غير قابل للانضغاط بدرجة عالية (High degree of incompressibility).
6. مقاومة الاحتراق (Fire resistance).
7. قابلية نقل حراري جيدة (Good heat transfer capability).
8. كثافة منخفضة (Low density).
9. مقاومة تكون الرغوة (Foam resistance).
10. غير سام (Nontoxicity).
11. منخفض التطايرية (Low volatility).

الخزان (Tank or Reservoir)

هو الجزء الذي يحوي السائل في النظام الهيدروليكي ويصنع غالباً من المعدن ويحوي على بصورة عامة على فتحة للملئ وفتحة لسحب السائل وفتحة لإرجاع السائل الزائد وفتحة للتفريغ لغرض الصيانة ومُبين لمعرفة مستوى السائل في الخزان ويؤدي الأدوار التالية:

- يخزن الزيت الهيدروليكي.
- يساعد في الحفاظ على الزيت نظيفاً وخالياً من الهواء.
- يعمل كمبادل حراري للمساعدة في تبريد الزيت.



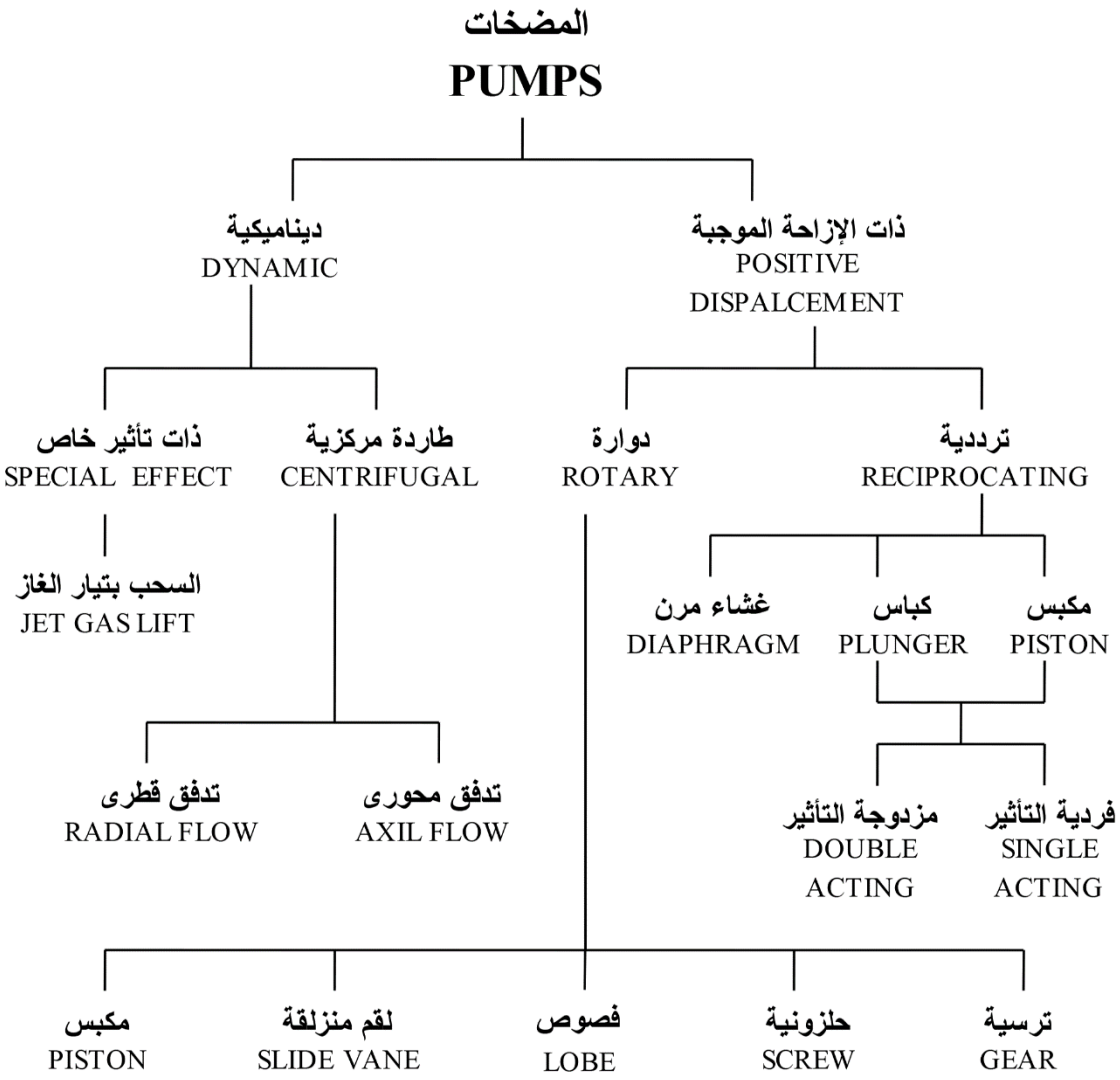
التوصيلات او الانابيب (Connectors "Piping or Lines")

من اجل نقل السائل الهيدروليكي إلى مكونات المنظومة المختلفة، تستخدم المعدات الهيدروليكية الرابطة مثل الانابيب والخراطيم كموصلات هيدروليكية والتي تحوي نهاية طرفيها على تجهيزات الربط " pipe fittings" وتؤدي الانابيب والخراطيم الوظائف التالية:

- نقل السائل والحفاظ على ارتفاع الضغط.
- السماح للحركة والثني.
- تمتص الاهتزازات.
- تمكين التوجيه والاتصال السهل على الهيكل.

المضخة (Pump)

المضخة عبارة عن جهاز يحرك الموائع (السوائل أو الغازات) أو في بعض الأحيان العجائن عن طريق الفعل الميكانيكي. تأتي المضخات بأحجام متنوعة لمجموعة واسعة من التطبيقات. يمكن تصنيفها بصورة عامة وفقاً لمبدأ التشغيل الأساسي كمضخات ديناميكية أو إيجابية إزاحة.



المحرك (Motor "Mechanical or Electrical")

هو الجزء المسؤول عن تزويد الطاقة للمضخة سواء كانت الطاقة ميكانيكية (عضلية، محركات احتراق داخلي او خارجي وغيرها) او طاقة كهربائية.

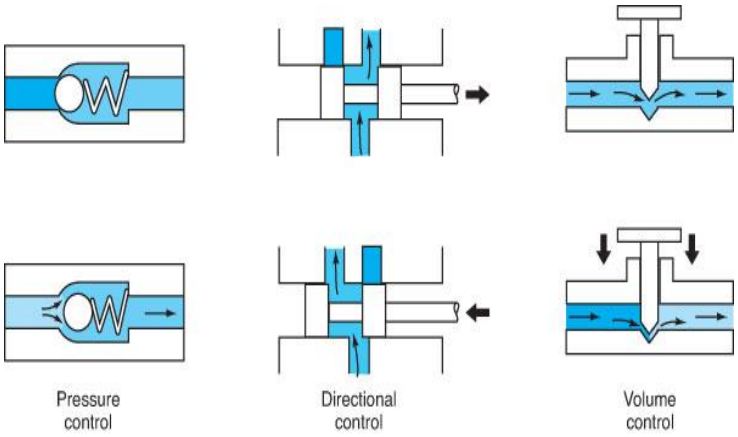
المُرشّح (Filter)

يمنع المُرشح مرور الجسيمات الصغيرة التي تؤدي الى تآكل الاسطح المتداخلة الداخلية للمكونات مما يؤدي إلى التدهور والفشل.

الصمامات (Valves)

تستخدم الصمامات لإدارة التدفق والضغط في الدوائر الهيدروليكية، هناك ثلاثة أنواع أساسية من الصمامات المستخدمة في الدوائر الهيدروليكية.

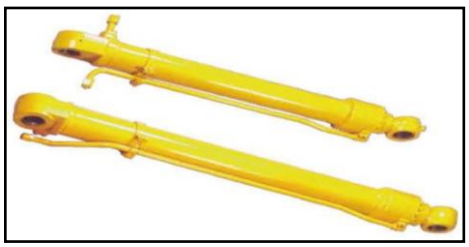
- التحكم في الضغط Pressure control.
- التحكم في الاتجاه Directional control.
- التحكم في الجريان (الحجم) Flow (Volume) control.

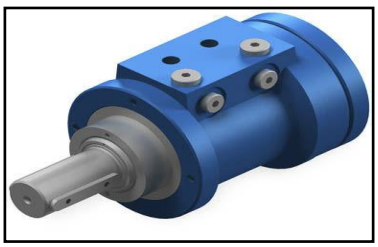


المُشغلات (Actuators "Linear or Rotary")

تقوم المُشغلات الهيدروليكية بتحويل طاقة السوائل من المضخة إلى شغل ميكانيكي.

- الاسطوانة الهيدروليكية هي مُشغِل خطي Linear Actuator.
- المحرك الهيدروليكي هو مُشغِل دوار Rotary Actuator.

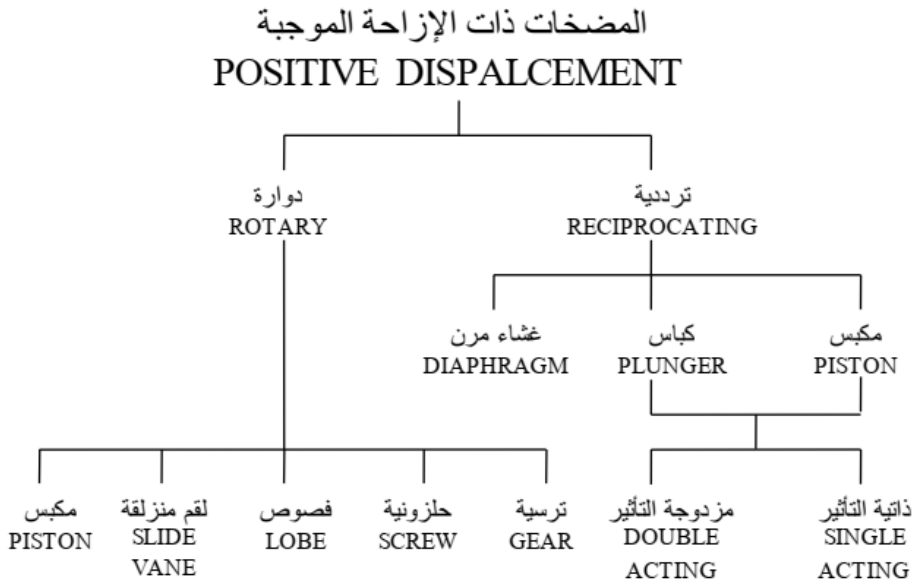




المضخات ذات الازاحة الموجبة Positive Displacement Pumps

للمضخات الإيجابية الازاحة قسمين رئيسيين

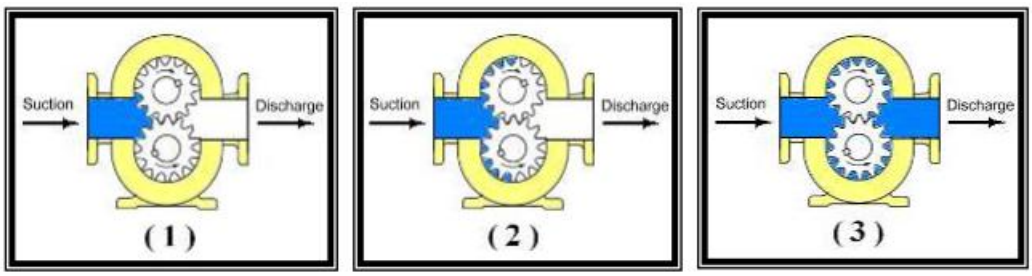
1. مضخات ذات حركة دورانية Rotary Pumps
2. مضخات ذات حركة ترددية Reciprocating Pumps



اولاً: مضخات ذات حركة دورانية Rotary Pumps

سميت هذه المضخات بهذا الاسم لأنها تعتمد على الحركة الدورانية للسائل من جهة السحب إلى جهة التفريغ حيث يملئ السائل القادم من جهة السحب غرف صغيرة موزعة على العضو الدائر وبدورانه تنغلق هذه الغرف بإحكام على السائل وباستمرار الدوران تصل هذه الغرف إلى جهة التفريغ فتنفتح بصورة تلقائية لتدفع السائل الموجود بها جهة التفريغ ثم تعود فارغة مرة ثانية جهة السحب وتتكرر هذه الدورة على ثلاث مراحل هي على الترتيب

1. غرفة السائل مفتوحة جهة السحب فقط.
2. غرفة السائل مغلقة عن السحب والتفريغ.
3. غرفة السائل مفتوحة جهة التفريغ فقط.



المضخات الترسية Gear Pump

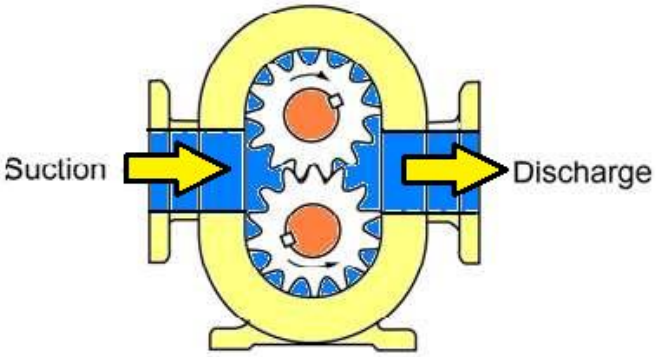
مضخة التروس هي مضخة دوارة يستخدم فيها ترس أو أكثر معشقين معا لإتمام عملية الضخ ويستقبل أحد هذه التروس الحركة من المحرك وبواسطة التعشيق يقوم بإدارة التروس الأخرى والترس يدور في غلاف محكم يحول دون عودة السائل المضغوط من خلال السطح الداخلي للغلاف من جهة التفريغ إلى جهة السحب كما أن التعشيقة بين أسنان الترسين تقوم بعمل مانع تسرب من جهة السحب إلى جهة التفريغ من بين الترسين ويوجد نوعان من هذه المضخات هما:

1. مضخات التروس الخارجية External Gear Pumps

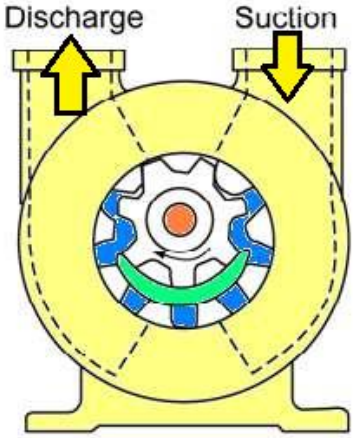
وسميت المضخة بهذا الاسم لأن أسنان التروس المستخدمة في ضخ السائل تكون متراصة على المحيط الخارجي للترس حيث يدخل السائل إلى المضخة من جهة السحب ويملئ التجويف بين أسنان الترسين المواجهة له عندما يدور أحد الترسين يدور الأخر في عكس اتجاهه ويغلق التجويف بواسطة السطح الداخلي للغلاف ويحبس السائل داخل التجويف حتى يبدأ السطح الخارجي للسن الأول للتجويف في الابتعاد عن سطح الغلاف عند مخرج التفريغ فيزاح السائل الموجود بالتجويف إلى خارج المضخة.

2. مضخات التروس الداخلية Internal Gear Pumps

وسميت المضخة بهذا الاسم لأن أسنان التروس المستخدمة في ضخ السائل تكون متراصة على المحيط الداخلي للترس لخارجي مع ملاحظة وجود جزء ثابت من جسم المضخة على شكل هلالCrescent يفصل تجاويف خمسة أسنان من الترس الخارجي عن تجاويف ثلاثة أسنان للترس الداخلي و في هذه المضخة يدخل السائل من جهة السحب ليملئ التجاويف المقابلة له في الترسين الداخلي و الخارجي و عندما يدور الترس الداخلي يدور معه الترس الخارجي في نفس اتجاه الدوران من خلال التعشيقة المواجهة للهلال من الناحية الأخرى لمركز الدوران و التي تلامس الغلاف لتحول دون رجوع السائل من جهة التفريغ الى جهة السحب و باستمرار الدوران تتحرك التجاويف حتى تبدأ في مواجهة الهلال فتغلق تماماً و تستمر مغلقة حتى نهاية الهلال حيث تنفتح تجاويف كلا الترسين بجهة التفريغ فتزيح ما بها من سائل و باستمرار الدوران تعود التروس للتعشيق و إحكام غلق المسار أمام السائل للعودة إلى جهة السحب و باستمرار الدوران ينفصل التعشيق ليكشف عن التجاويف لتمتلئ ثانية من جهة السحب و هكذا تتكرر العملية و تستمر المضخة في السحب و الضخ.



مضخة ترسية خارجية



مضخة ترسية داخلية

ثانياً: مضخات ذات حركة ترددية Reciprocating Pumps

تعتمد فكرة هذه المضخات على تخلخل الضغط في غرفة محكمة يتحرك فيها عضو بشكل ترددي بحيث يتحكم أثناء تردده في حجم هذه الغرفة فإذا تحرك هذا العضو حركة تسببت في نقصان الضغط داخل الغرفة عن خط السحب قام بسحب السائل لداخل الغرفة من خلال صمام السحب حتى تنعكس الحركة ليقوم العضو بتقليل حجم الغرفة طاردة بذلك ما بداخل الغرفة من سائل إلى خط التفريغ عبر صمام التفريغ ومن الأنواع الرئيسية فيها المضخة ذات المكبس وذات الكباس والمضخة ذات الغشاء.

- مضخات الكباس Plunger Pumps
- مضخات المكبس Piston Pumps
- مضخات ذات الغشاء Diaphragm Pumps

فكرة العمل

تتكون هذه المضخات من غرفة اسطوانية Cylinder يتردد داخلها عمود أسطواني أو الكباس وتسمى في هذه الحالة Plunger Pump أو مكبس وتسمى في هذه الحالة Piston Pump فإذا ما تحرك العمود خارجاً من الاسطوانة يزداد حجم الغرفة و ينخفض ضغطها ويتخلخل فينفتح صمام السحب و ينغلق صمام التفريغ فيدخل المائع للغرفة فيملاها وتدعى هذه الحركة شوط السحب Suction Stroke و عندما يتحرك العمود داخلاً الى الاسطوانة فيقل حجم الغرفة و يزداد ضغطها فينغلق صمام السحب و ينفتح صمام التفريغ و يخرج السائل من الأسطوانة وتدعى هذه الحركة شوط التفريغ Discharge Stroke.

طريقة العمل

عندما يتحرك عمود المرفق Crank Shaft حركة دورانية يقوم ذراع التوصيلConnecting Rod بتحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية لرأس التوصيل Cross Head الذي يدفع معه الكباس Plunger أو المكبس Piston إلى داخل الاسطوانة Cylinder و أثناء الحركة لخارج الاسطوانة (شوط السحب Suction Stroke) ينخفض ضغط الاسطوانة عن ضغط السائل في انبوب السحب فينفتح صمام السحب و ينغلق صمام التفريغ و يملأ السائل الأسطوانة أثناء الحركة لداخل الاسطوانة (شوط التفريغ Discharge Stroke) يزداد ضغط الاسطوانة عن ضغط السائل في انبوب التفريغ فينفتح صمام التفريغ و ينغلق صمام السحب و يخرج السائل من الاسطوانة عبر خط التفريغ .

المضخة الترددية مزدوجة التأثير Double Acting Reciprocating Pump

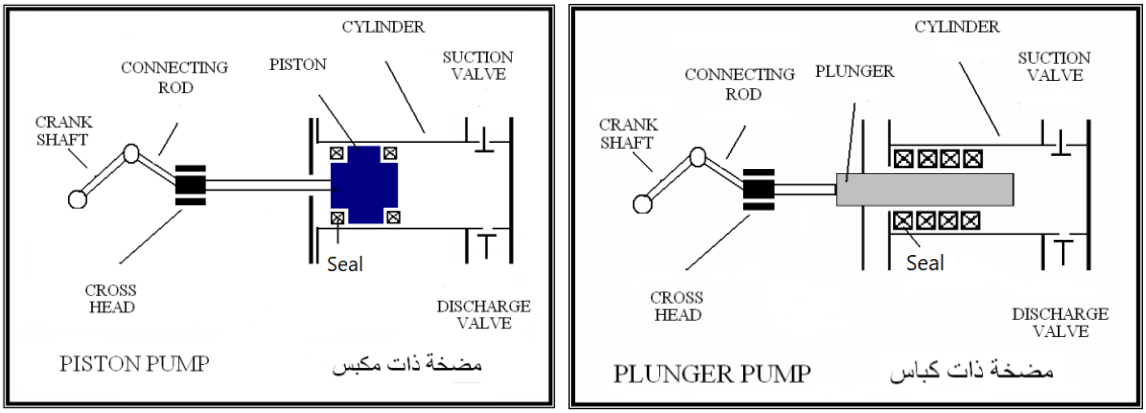
نظرا لوجود شوطين (سحب و تفريغ) في عمل المضخة الترددية فإن التصريف الناتج عنها متقطع و لحل هذه المشكلة تم تصميم المضخة الترددية مزدوجة التأثير و تطلق كلمة مزدوجة التأثير على المضخة التي تقوم بإجراء عمليتي السحب و التفريغ في آن واحد في الشوط الواحد بدلا من شوطين حيث يتميز تركيبها بوجود الكباس بوسط الاسطوانة ليقوم بتقسيمها لقسمين كل قسم فيهما يحتوي على صمامين أحدهما للسحب و الآخر للطرد وبذلك عندما يتحرك الكباس داخلاً لأحد نصفي الاسطوانة ضاغطة لها و في نفس الوقت يخرج من نصف الأسطوانة الآخر ليقوم بعملية السحب في النصف الآخر ثم العكس و هكذا.

الأجزاء الرئيسية للمضخة الكباس او المكبسية

- المكبس أو الكباس Piston or Plunger
- عمود المرفق Crank Shaft
- الأسطوانة Cylinder
- رأس التوصيل او الرأس المنزلقة Cross Head
- ذراع التوصيل Connecting Head
- صمام التفريغ Discharge Port (Valve)
- صمام السحب Suction Port (Valve)
- حلقات الحشو او مانع التسرب Seal

ملحقات المضخات المكبسية الترددية

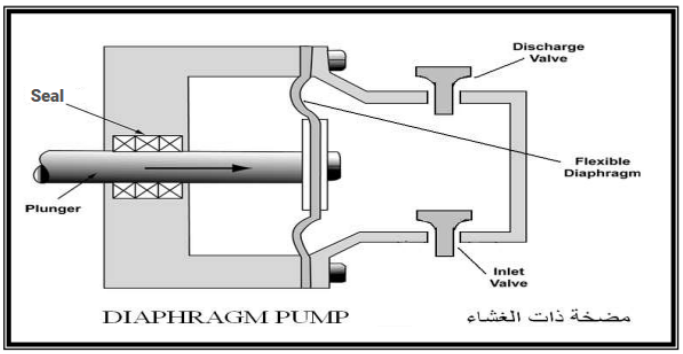
صمام التصريف Relief Valve: تتعرض المضخات أثناء التشغيل إلى زيادة في ضغط التشغيل عما صممت عليه المضخة ولهذا يجب تزويد المضخة الترددية بصمام تخفيف الضغط التفريغ عندما تتخطى الزيادة المتوقعة لضغط التشغيل.
صمام التجاوز Bypass Valve: عند بدء إدارة المضخة الترددية فإنها تواجه الحمل مباشرة وبالتالي تواجه الأجزاء المتحركة بها إجهادات شديدة قد تتسبب في كسرها كما أن محرك المضخة لا يمكن تحميله بحمل مفاجئ قد يتسبب في خلل لأدائه ولذلك يجب تركيب صمام تجاوز بين خطي السحب والتفريغ بحيث تبدأ المضخة في الدوران وصمام السحب مفتوح وصمام التفريغ مغلق وصمام التجاوز مفتوح ثم يتم فتح صمام التفريغ تدريجياً مع غلق صمام التجاوز وبالتالي يتم تحميل المضخة تدريجياً.



مضخات ذات الغشاء Diaphragm Pumps

تم تصنيف هذه المضخات ضمن مضخات الإزاحة الموجبةPositive Displacement Pumps حيث تعتمد هذه المضخات على غشاء مطاط مرن مثبت من محيطه بشكل محكم ضد التسريب و هذا الغشاء يكون بمثابة غطاء حاكم لغرفة ضغط معدنية بها سائل و بها فتحتين إحداهما لدخول السائل و الأخرى لخروج السائل و الغشاء يتحرك حركة ترددية من خلال وسيلة ميكانيكية مثل عمود المرفق Crank Shaft أو حدبة لا مركزية Eccentric Cam أو سائل أو هواء متردد الضغط و يتحكم في دخول السائل و خروجه من غرفة الضغط صمامي عدم رجوع أحدهما في جهة السحب و الآخر في جهة التفريغ و الخاصية المميزة لهذه المضخات أنها لا يحدث فيها تسريب للسائل وذلك لعدم الحاجة إلى مانع للتسرب لعدم وجود مكبس أو كباس يتردد داخل غرفة الضغط لذلك يمكن استخدامها في التطبيقات التي تشترط عدم تسرب السائل

أثناء عملية الضخ كما إنها تعتبر مضخة ذاتية التحضير و يمكنها أن تعمل دون وجود سائل في خط السحب بدون أن يحدث فيها تلف و يتم تحريك الغشاء عن طريق حركة ميكانيكية أو بواسطة الهواء المضغوط.



المضخات الغشائية التي تعمل ميكانيكياً

المضخات الغشائية المدارة ميكانيكية تشبه لحد كبير المضخات المكبسية في وجود مكبس مثبت في خلف الغشاء ليقوم بتحريكه الحركة الترددية المطلوبة وكما في المضخة تتم دورة مضخة الغشاء على شوطين أحدهما شوط السحب عندما يتحرك الغشاء ويزداد حجم غرفة الضغط فينخفض الضغط داخلها عن ضغط خط السحب فيفتح صمام السحب ويغلق صمام التفريغ وتمتلئ بذلك غرفة الضغط

والشوط الآخر هو شوط التفريغ عندما يتحرك الغشاء للجهة العكسية ويقل حجم غرفة الضغط فيزداد الضغط داخلها عن ضغط خط التفريغ فيفتح صمام التفريغ ويغلق صمام السحب ليتم طرد السائل في خط التفريغ وقد تصمم هذه المضخات بحيث يتم استغلال الحركة الترددية للكباس في تشغيل غشاء ليكون شوط السحب في أحد الغشاءين هو طرد في الغشاء الآخر وهكذا وتستخدم هذه المضخات في نزح المياه والرواسب عند صب الخرسانات في المياه وفي محطات معالجة الصرف الصحي وفي ضخ الطين الجيري.

المضخات الغشائية التي تعمل بالهواء المضغوط

عادة ما تكون هذه المضخات ذات غشاء مزدوج وتعتمد طريقة عملها على وجود غرفتان للمضخة مثبت في كل منهما من حافته الخارجية غشاء مطاطي والغشاءين متصلان من منتصفهما بعمود والمضخة مزودة بصمام رباعي لتوزيع الهواء على الغرفتين بشكل تبادلي حتى يحقق السحب في أحد النصفين بينما النصف الآخر يكون في حالة تفريغ وهكذا.

مميزات المضخات ذات الغشاء

- لا تحتاج الى عملية تحضير (ملئ بالمائع قبل التشغيل).
- لا تحتاج إلى تجهيزات معقدة وعمليات صيانتها بسيطة.
- لا ينتج عنها أي تسريب.
- يمكن أن تعمل وخط التفريغ مغلق تماما.
- يمكن استخدامها في الأماكن المحدودة.
- يمكنها ضخ السوائل اللزجة جدا والعجائن.
- يمكنها ضخ السوائل التي تحتوي على حبيبات صلبة.
- يمكنها ضخ المواد الكيميائية المركزة.

عيوب المضخات ذات الغشاء

- لا يمكنها ضخ معدلات كبيرة.
- الضغوط الناتجة ضعيفة.

تشغيل المضخات وصيانتها

التشغيل Operation

يتم اختيار المضخة لضخ معدل معين بضغط تصريف معين عندما تدور بالسرعة التقديرية ويتم تحديد هذه المؤشرات وفقا لحالات التشغيل التي تغطي معظم وقت تشغيل المضخة والمضخات ذات الإزاحة الايجابية لا تستطيع تغيير معدلات ضخها إلا بتغيير سرعاتها كما يمكن تقليل معدلاتها بتركيب وصلة ترجيع جزء من معدل الضغط من جهة التصريف إلى جهة السحب أما المضخات الريشية (الطاردة المركزية) فتعمل لمدى واسع من معدلات الضخ ابتداء من الصفر تقريباً حتى أقل معدل لها ويتوقف معدل ضخ المضخة الريشية على مقاومات التصريف أمامها فإذا زادت هذه المقاومات قل معدل ضخ المضخة و إذا قلت زاد معدل الضخ و لهذا يمكن تقليل معدل ضخ هذه المضخة بخنق تيار الضخ وذلك بغلق صمام التصريف جزئياً فتزداد مقاومات التصريف و هناك طريقة أخرى لتغيير معدل الضخ وذلك بتغيير سرعة المضخة.

تحضير المضخات Priming of Pumps

لا يتغير الضغط الناتج عن عمل المضخة بتغير نوع السائل وعلى هذا فإنه إذا دارت المضخة وبداخلها هواء فإنها لا تعطى الضغط المانومتر المطلوب منها لذلك يجب أن تكون المروحة مغمورة بالسائل المطلوب ضخه وبالتالي نجد أن المضخة تدور بدون سحب أو تصريف للسائل لذلك يجب في هذه الحالة تحضير المضخة.
تحضير المضخة: هي عملية ملئ المضخة بالسائل المطلوب ضخه قبل تشغيلها.

المضخات ذاتية التحضير Self-Priming Pumps

في هذا النوع تكون دائما مروحة المضخة مغمورة ولو جزئية في الماء عند توقف المضخة وبالتالي فإنه عند إعادة التشغيل تبدأ في تقليب هذا الماء داخل المضخة أو بين الغلاف وانبوب السحب باستخدام عدد من الصمامات ومع استمرار عملية التقليب تبدأ فقاعات الهواء في الغلاف وانبوب السحب في الخروج من انبوب التصريف وعندما يتم تصريف الهواء تكون المضخة جاهزة للتشغيل العادي.

إجراءات بدء وإيقاف المضخات Starting and Stopping Procedures

خطوات تشغيل المضخات

1. قبل تشغيل المضخة يجب التأكد أن كراسي المضخة وزيت التزييت في حالة نظيفة وصالحة للاستعمال كما يجب التأكد من أن اتجاه دوران المحرك هو الاتجاه المحدد للمضخة وذلك قبل تركيب القارنة Coupling وبعد تركيب القارنة يجب التأكد أن العمود يمكن إدارته باليد بسهوله وإذا كانت المضخة تنقل سائل ساخن يجب محاولة إدارة المضخة بعد وصول المضخة إلى حرارة التشغيل باليد قبل تشغيل المحرك.
2. تحضير المضخة إذا كانت فوق مستوى سطح السحب.
3. فتح مياه التبريد للكراسي والحشو وسائل منع التسرب.
4. إذا كانت المضخة كبيرة ويخشى من ارتفاع درجة الحرارة إذا تم التشغيل ومحبس التصريف مغلق فيجب أن تكون للمضخة دائرة عكسية Recycle Line تفتح قبل تشغيل المحرك.

5. بدأ تشغيل المحرك مع ضرورة إغلاقه إذا كان هناك أي صوت عالي أو إذا لم تدر المضخة فورا ثم فتح محبس التصريف تدريجيا بعد التأكد من عدم وجود اي ظواهر غير عادية.
6. ملاحظة أن التسرب من صندوق الحشو معقول بحيث يقوم بتبريد الحشو وتشرب بسيط ولكن مستمر.
7. ملاحظة أن جميع العدادات التي على المضخة تقرأ القيم المتوقعة وأن مستوى صوت واهتزازات المضخة وحرارة الكراسي هو المستوى العادي.
8. إغلاق الدائرة العكسية Recycle Line.
9. أما إذا كانت المضخة ترددية فهناك استثناء وحيد أنه لا تبدأ المضخة مطلقاً وخط التصريف مغلق

خطوات وقف تشغيل المضخات

1. فتح الدائرة العكسية إذا كانت موجودة Recycle Line.
2. إغلاق محبس التصريف تدريجيا.
3. وقف المحرك.
4. إغلاق سوائل التبريد وسائل منع التسرب.
5. تصفية المضخة من السائل إذا كانت ستترك لمدة طويلة أو سيتم بها أي عمليات إصلاح أو صيانة.

الصيانة Maintenance

نظرا للتنوع الكبير للمضخات فلا يوجد برنامج صيانة ثابت للمضخات ولهذا يلزم دراسة وإتباع تعليمات الصانع بعناية عند متابعة وصيانة المضخات

1. الملاحظة اليومية لتشغيل المضخة Daily Observation

يجب على العامل المراقب لتشغيل المضخات أن يركز اهتمامه يومية على

- عند حدوث أي تغيير في صوت المضخة
- ظهور أي تسريب حول المضخة
- ارتفاع درجة حرارة كراسي المضخة والمحرك
- مراجعة مبينات (عدادات الضغط والتصرف كل ساعة

وإن اختلف أي شيء مما سبق ذكره فيجب أن تفحص المضخة جيدة لمعرفة السبب

2. الفحص النصف سنوي Semi Annual Inspection

يجب مراجعة الآتي كل ستة أشهر للمضخة

- مراجعة الضبط المحوري Alignment للمضخة وإعادة ضبطه إذا لزم ذلك.
- تغيير زيت كراسي التحميل.
- فحص حلقات الحشو وتغييرها إن لزم.
- تنظيف مانع التسرب الميكانيكي.
- قياس الذبذبات واهتزازات المضخة.

3. الفحص سنوي Annual Inspection

بالإضافة إلى الفحص النصف سنوي يجب عمل الآتي

- تغيير حلقات الحشو بالكامل.
- اختبار استقامة العمود والجلب.
- اختبار وصلات التبريد والتزييت.
- قياس القدرة الميكانيكية وكفاءة المضخة.

4.العمرة الكاملة COMPLET OVERHAUL

تتوقف مدة عمل العمرة الكاملة حسب نوع المضخة ومدى تحميلها ومكان خدمتها ونوع السائل التي تضخه وتكون العمرة عندما يحدث

- انخفاض كفاءة المضخة.
- ظهور أصوات واهتزازات عالية عن الحد المسموح.

تشخيص أعطال المضخة

تنقسم المسببات للأعطال في المضخة إلى:

1. **أعطال هيدروليكية مثل**
   - عدم قدرتها على ضخ التصرف المطلوب.
   - عدم قدرتها على إكساب السائل الضغط المطلوب.
   - فقد تحضير المضخة عند التشغيل.
   - تكهف.

2. **أعطال ميكانيكية**
   - استهلاك قدرة أكبر من المحرك.
   - تسرب في نظام مانع التسرب.
   - خلل في عمل كراسي التحميل.
   - اهتزازات عالية.
   - كسر لأي جزء في المضخة.

3. **أعطال متداخلة**

قد يوجد تداخل في تشخيص العطل مثل زيادة التآكل عند أماكن الخلوص بين الأماكن المتحركة والدوارة

بعض المشكلات وأسبابها وطرق حلها

المشكلة	الأسباب المحتملة	الحلول
المضخة تدور ولا تضخ سائل	المضخة لم يتم تحضيرها	أعد تحضير المضخة
	خط السحب به شوائب	قم بإزالة الشوائب وتأكد أن الخط خالي من الشوائب
	المروحة بها شوائب تسببت في سدد الغلاف	قم بتنظيف المروحة الغلاف من الشوائب
المضخة لا تنتج الضغط والتصريف المطلوبين	تسريب هواء للمضخة من خلال جوان	قم بتغيير جوان
	تسريب هواء للمضخة من خلال مانع التسرب	قم بتغيير مانع التسرب
	المروحة بها شوائب تسببت في سدد جزئي للغلاف	قم بتنظيف المروحة الغلاف من الشوائب
	مسافة الخلوص بين المروحة والغلاف كبيرة	ضبط مسافة الخلوص بين المروحة والغلاف
	ضغط السحب اقل من المطلوب	تأكد من أن محبس السحب مفتوح تماما وأن الخط غير مسدود
	تأكل أو كسر في المروحة	افحص المروحة وقم بتغيرها لو كان بها كسر أو تآكل
المضخة بدأت في العمل	المضخة لم يتم تحضيرها بشكل مناسب	أعد تحضير المضخة بشكل مناسب
	تكون جيوب هواء وأبخرة في خط السحب	أتصريف الهواء من فتحة التنفيس Vent
	تسرب هواء لخط السحب	أمنع تسرب الهواء لخط السحب
حرارة الكراسي عالية	عدم محاذاة Misalignment	أعد محاذاة المضخة مع المحرك
	تشحيم الكراسي غير مناسب أو قليل	تأكد من الشحم وكميته في الكراسي
	نظام التبريد لا يعمل بصورة جيدة	تأكد من وصول التبريد للكراسي
صوت واهتزازات المضخة عالية	عدم محاذاة Misalignment	أعد محاذاة المضخة مع المحرك
	المروحة بها سدد جزئي أدى إلى عدم الاتزان	قم بتنظيف المروحة
	كسر أو انحناء في المروحة أو العمود	غيّر الأجزاء التي بها انحناء أو كسر
	تآكل في الكراسي	غيّر الكراسي التي بها التآكل
	خطوط السحب أو التصريف غير مثبته جيدة	قم بالتأكد من التثبيت وثبت الأماكن السائبة
	تكهف في المضخة cavitation in pump	افحص المضخة ونظامها وتعرف على سبب التكهف وقم بالعلاج
تسرب عالي من صندوق مانع التسرب	جلاند مانع التسرب غير مربوط بصورة جيدة	قم بربط صواميل الجلاند حتى يتوقف التسرب
	حلقات حشو مائع التسرب Seal غير مرصوص بشكل صحيح	قم بفحص مانع التسريب وأعد الرص بشكل صحيح
	تآكل الأجزاء الميكانيكية في مانع التسرب	قم بتغيير الأجزاء المتآكلة
	تعرض مانع التسرب الميكانيكي لحرارة عالية	افحص التزييت والتبريد الخاص بمانع التسرب الميكانيكي
	جلبة العمود فقدت استدارتها	أعد تشغيل الجلبة أو غيّرها
المحرك يحتاج القدرة زيادة	الضغط الناتج قليل والتصرف عالي	قم بتركيب محبس يقوم بخنق التصرف
	السائل أصبحت لزوجته أعلى من المتوقع	قم بفحص اللزوجة والوزن النوعي
	صندوق الحشو مربوط بصورة عالية على العمود فيعيق حركته	أعد ربط صندوق الحشو بشكل صحيح
	أحد الأجزاء الدوارة في المضخة بها انحناء	قم بفحص الأجزاء الميكانيكية داخل المضخة وغيّر الأجزاء التي بها انحناء

مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية

تعطي المضخات الديناميكية معدلات تصرف عالية (حتى400,000 لتر\دقيقة) وذلك على حساب ضغط معقول للماء الخارج من المضخة (3-9 بار) بينما تعطي مضخات الإزاحة الموجبة ضغوطاً عالية (تصل الى أكثر من 300 bar في بعض الاحيان) عند معدلات تصرف منخفضة (قد يصل إلى 25 l/min) تحتاج المضخات الديناميكية إلى عملية تحضير لكي تمتلئ المضخة بالسائل قبل بدء تشغيلها بينما تتميز مضخات الإزاحة الموجبة بأنها ذاتية التحضير في كثير من التطبيقات.
يختلف أداء مضخات الإزاحة عن المضخات الديناميكية تماما حيث يعتمد الارتفاع في ضغط الماء عبر مضخات الإزاحة الإيجابية على أبعاد المضخة وسرعتها ولا يتأثر كثيراً بمعدل تصرف او التصريف السائل بينما يتأثر الضغط كثيرة بمعدل التصرف في حالة المضخات الديناميكية.

مصطلحات المضخات Pumps Terminologies

معدل تصرف المضخة Pump volume flow rate (Q)

ويطلق عليه (التصريف) على سبيل الاختصار، ويعرف بأنه حجم الماء الذي تعطيه المضخة في ثانية واحدة، ويقاس بوحدة m^3/s (متر مكعب لكل ثانية). ويمكن تقديره عملياً بقياس الزمن اللازم لملء حجم معين بالماء الخارج من المضخة ثم قِسمة الحجم على الزمن.

$$\mathbf{Q = \frac{V}{t}}$$

حيث ان:
(V) يشير الى الحجم ويقاس بوحدة (m^3).
(t) يشير الى الزمن ويقاس بوحدة (s).

السرعة Velocity (v)

هي المسافة التي تقطعها نقطة ما من السائل في زمن قدره ثانية واحدة، وتقاس بوحدة (m/s) ويمكن حسابها من القانون التالي:

$$\mathbf{v = \frac{Q}{A}}$$

حيث ان:
(Q) يشير الى التصريف ويقاس بوحدة (m^3/s).
(A) يشير الى مساحة مقطع الجريان ويقاس بوحدة (m^2).

تحسب المساحة في حالة مقطع الجريان الدائري من العلاقة

$$\boldsymbol{A = \frac{\pi}{4}.d^2}$$

(d) يشير الى قطر مقطع الجريان ويقاس بوحدة (m).

السَمت Head (H)

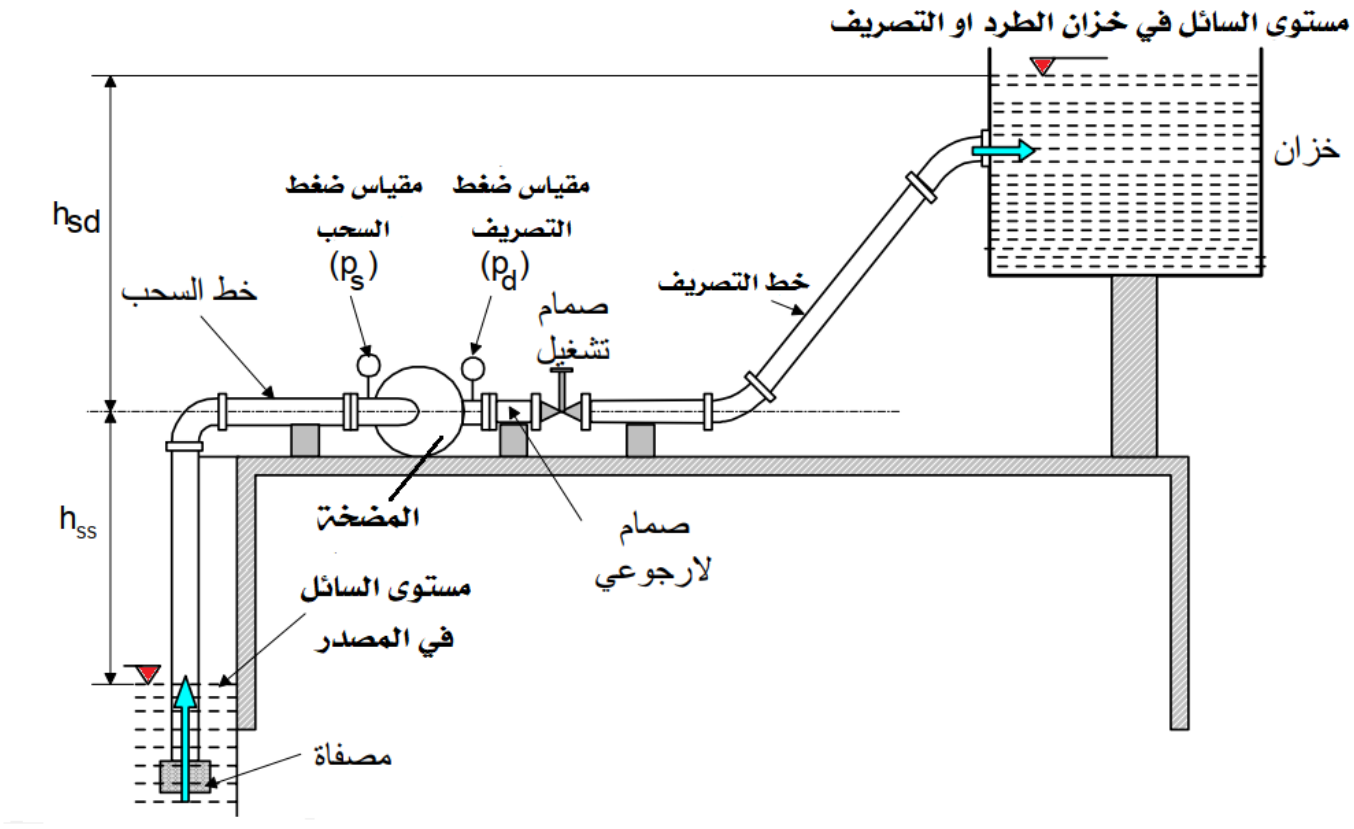
هو ارتفاع عمود الماء عند مستوى معين، ويقاس بوحدة المتر(m)، كما يطلق أيضاً على ارتفاع عمود الماء المناظر لطاقة الماء (سَمت طاقة الوضع + طاقة الحركة + طاقة الضغط) عند نقطة معينة.

$$H = h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$$

حيث
h يمثل سمت طاقة الوضع
$p/\rho g$ تمثل سمت الضغط
$v^2/2g$ تمثل سمت السرعة

سَمت السحب الاستاتيكي Static suction head(h_{ss})

المسافة الرأسية بين سطح السائل الحر في المصدر ومركز المضخة، كما موضح في الشكل التالي:



سَمت التصريف او الطرد الاستاتيكي Static discharge head(h_{sd})

المسافة الرأسية بين السطح الحر للسائل في خزان الطرد ومركز المضخة، كما موضح في الشكل السابق.

السَمت الاستاتيكي الكلي Total static head(h_{ts})

هو المجموع الجبري لكل من سَمتي السحب والطرد.

$$h_{ts} = h_{ss} + h_{sd}$$

سَمت الاحتكاك (h_f) Friction head

هو فاقد الضغط بالاحتكاك خلال سريان الماء في مسار معين سواء في خط السحب أو الطرد ويعبر عنه بوحدة المتر يصنف هذا الفقد إلى نوعين أساسيين هما فقد الضغط في الأنابيب وفقد الضغط في الوصلات (مثل العكوس والتحويلات والصمامات وغيرها). ويمكن حساب قيمة فاقد الاحتكاك في الأنابيب من المعادلة التالية:

$$\mathbf{h_{f,p}} = \mathbf{f}.\frac{\mathbf{L}}{\mathbf{d}} + \frac{\boldsymbol{v^2}}{\boldsymbol{2g}}$$

حيث

f : هو معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع السريان وخشونة سطح الأنبوب.

L : هو طول الأنبوب بوحدة(m)

d: هو قطر الأنبوب بوحدة(m)

v: هي سرعة الماء داخل الأنبوب بوحدة(m/s)

g: التعجيل او التسارع نتيجة الجاذبية acceleration due to gravity (m/s^2)

كما يمكن حساب فاقد الاحتكاك في الوصلات من المعادلة التالية:

$$\mathbf{h_{f,c}} = \mathbf{k}.\frac{\boldsymbol{v^2}}{\boldsymbol{2g}}$$

حيث

k : هو ثابت الاحتكاك في الوصلة أو الصمام.

سَمت المضخة (h_p) Pump head

المجموع الجبري للسَمت الاستاتيكي الكلي وسَمتي الاحتكاك في كل من خطي السحب والطرد.

$$\boldsymbol{h_p} = \mathbf{h_{ss}} + \mathbf{h_{sd}} + \mathbf{h_{f,p}} + \mathbf{h_{f,c}}$$

حيث

$h_{f,s}$: هو فاقد الضغط في خط السحب

$h_{f,d}$: هو فاقد الضغط في خط الطرد

ويسمى احياناً سَمت أفضل نقطة كفاءة Head Best Efficiency Point ويرمز له بـ h_{BEP}

قدرة الضخ (P_{liquid}) Pumping Power

هي طاقة الوضع التي يكتسبها معدل معين من سائل (Q) لرفعه مسافة معينة(h_p) ، ويعبر عنها بوحدة (W)وتحسب كالتالي:

$$\mathbf{P_{liquid}} = \gamma Q h_p$$

حيث:

γ هي الوزن النوعي للسائل ووحدتها N/m^3

Temperature(C°)	Specific weight (kN/m³)
0	9.805
5	9.807
10	9.804
15	9.798
20	9.789
25	9.777
30	9.765
40	9.731
50	9.690
60	9.642
70	9.589
80	9.530
90	9.467
100	9.399

قدرة المضخة الفرملية Pump brake Power (P_b)

هي القدرة اللازمة لتشغيل المضخة، وهي تزيد عن قدرة ضخ السائل بمقدار الاحتكاك داخل الأجزاء المتحركة بالمضخة.

كفاءة المضخة Pump efficiency (η_p)

هي نسبة قدرة ضخ السائل إلى القدرة الفرملية.

$$\eta_p = \frac{P_{liquid}}{P_b} = \frac{\gamma Q h_p}{P_b}$$

وهي تعبر عن مدى الاستفادة من طاقة المضخة في ضخ الماء.

السرعة النوعية Specific speed (N_s)

نظرا لتوافر أنواع عديدة من المضخات بأبعاد وسرعات لا حصر لها فإن مهمة اختيار المضخة المناسبة التي تعمل بكفاءة عالية عند مدى التشغيل المطلوب في تطبيق معين يصبح أمرا عسيرة، لذا فقد تم تصنيف المضخات تبعاً لمجموعة لا بعدية تسمى السرعة النسبية يمكن من خلالها تحديد نوع المضخة .تعرف السرعة النوعية تبعاً للمعادلة التالية:

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{h_p^{3/4}}$$

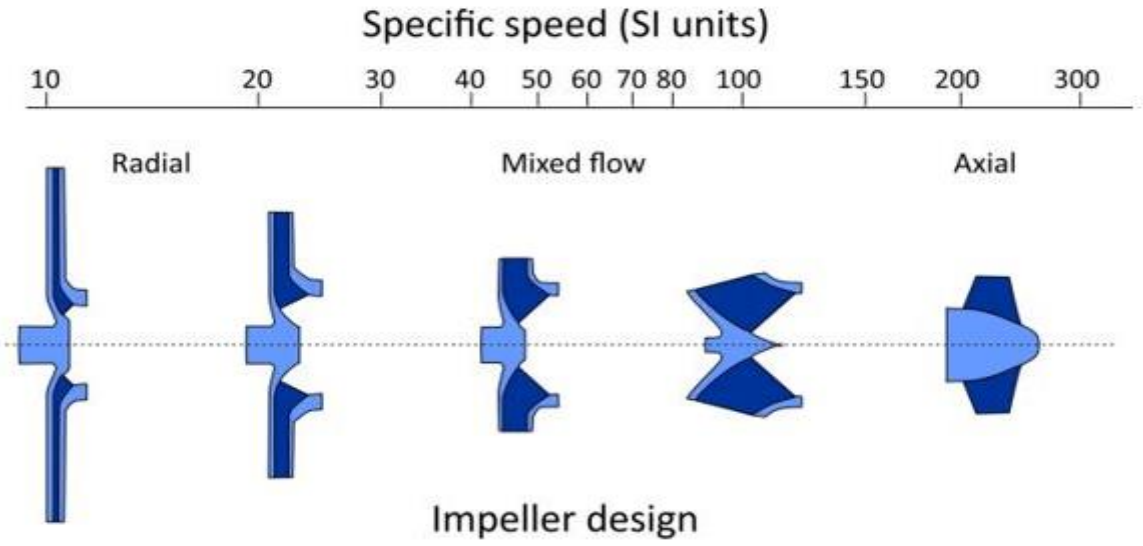
حيث:

N هي سرعة دوران المضخة أي عدد الملفات في الدقيقة rpm

Q هو تصرف المضخة بوحدة.(m^3/s)

h_p هو سمت المضخة بوحدة (m)

يبين شكل التالي مدى السرعات النسبية لكل نوع من أنواع المضخات.



Typical Suction Speed values for various impeller designs (units used are rpm, m^3/s, m)

N_s	is the specific speed (often shown as 'S' when used with US units)
N	is the rotation or shaft speed of the impeller (rpm)
Q	is the flow rate, per impeller eye, at the BEP (US units: gpm; SI units: m^3/hr); flow is taken for the largest impeller diameter available for a pump and should be halved for double inlet pumps)
h_p, h_{BEP}	is the Pump head (US units: ft; SI units: m)

عند إجراء العمليات الحسابية، من المهم التأكد من استخدام الوحدات المتوافقة. لذلك يجب تحويل القيم بين الوحدات الأمريكية (US units) والوحدات العالمية القياسية (SI units) باستخدام العوامل التالية:

1 inch =0.0254 m=2.54 cm= 25.4 mm
1 foot = 0.3048 meter
1 gallon = 3.785412 liter = 0.003785412 cubic meter

سَمت السحب الصافي الموجب Net positive suction head (NPSH)

عندما تركب مضخة فوق مستوى سطح السائل بارتفاع معين فإن ضغط السائل عند مدخل المضخة يكون أقل من الضغط الجوي. فإذا تصادف أن تساوت قيمة هذا الضغط مع ضغط تبخر السائل المناظر لدرجة حرارته فإنه يتحول إلى بخار، وعندئذ لا تستطيع المضخة أداء عملها بطريقة مرضية حيث إن وجود فقاعات بخار السائل وسط السائل تجعل دوران المضخة مضطربة. تسمى هذه الظاهرة ظاهرة التكهف (Cavitation) وهي غير مرغوب فيها لأنها تحدث اهتزازات خطيرة وتسبب تآكل معدن المضخة كما تقلل من سريان السائل وكفاءة المضخة. ويمكن تجنب حدوث هذه الظاهرة بتقدير أقصى عمق آمن لسطح السائل أسفل المضخة والذي يسمى سمت السحب الصافي الموجب ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$\mathbf{NPSH} = \frac{\mathbf{p_a}}{\boldsymbol{\gamma}} - \frac{\mathbf{p_v}}{\boldsymbol{\gamma}} - \mathbf{h_f} - \mathbf{h_{ss}}$$

حيث:
p_a هو الضغط الجوي المطلق بوحدات (N/m^2)
p_v هو ضغط تشبع السائل المناظر لدرجة حرارته عند مدخل المضخة بوحدات (N/m^2)

ولضمان تشغيل آمن للمضخة يجب أن نحافظ على قيمة معينة لسَمت السحب الصافي الموجب والذي يعتمد على تصميم المضخة نفسها بالإضافة إلى ظروف التشغيل. لذا يزود صانع المضخة المُشغل بمعامل تجريبي يسمى معامل التكهف $\boldsymbol{\sigma_c}$ (دالة في السرعة النوعية للمضخة) يمكن عن طريقه حساب أقصى ارتفاع آمن للمضخة عن مستوى سحب السائل

$$\boldsymbol{\sigma_c} = \frac{\boldsymbol{NPSH}}{\mathrm{h_p}} = \frac{\frac{\mathbf{p_a}}{\boldsymbol{\gamma}} - \frac{\mathbf{p_v}}{\boldsymbol{\gamma}} - \mathbf{h_f} - (\mathbf{h_{ss}})_{\boldsymbol{max}}}{\mathrm{h_p}}$$

وعليه يكون سَمت السحب الأقصى المسموح به هو

$$(\mathbf{h_{ss}})_{\boldsymbol{max}} = \frac{\mathbf{p_a}}{\boldsymbol{\gamma}} - \frac{\mathbf{p_v}}{\boldsymbol{\gamma}} - \boldsymbol{\sigma_c}\mathbf{h_p} - \mathbf{h_f}$$

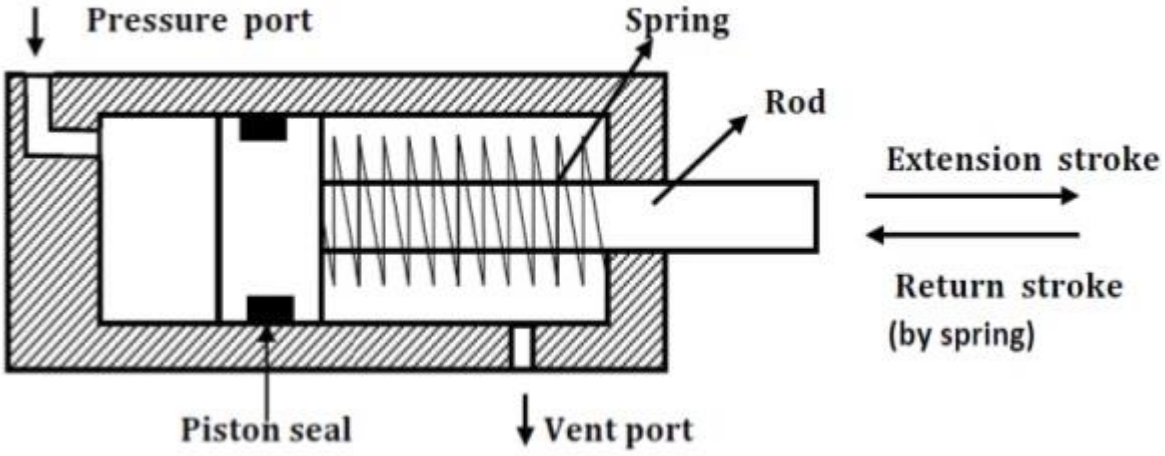
بعض قيم معامل التكهف وكذلك بعض القيم المطلقة لضغط تبخر الماء

$\mathbf{N_s}$ rpm	$\boldsymbol{\sigma_c}$	**T** C˚	$\mathbf{p_v}$ N/m^2
1000	0.05	20	2337
2000	0.1	30	4242
4000	0.3	40	7375

أنواع الأسطوانات Types of cylinders

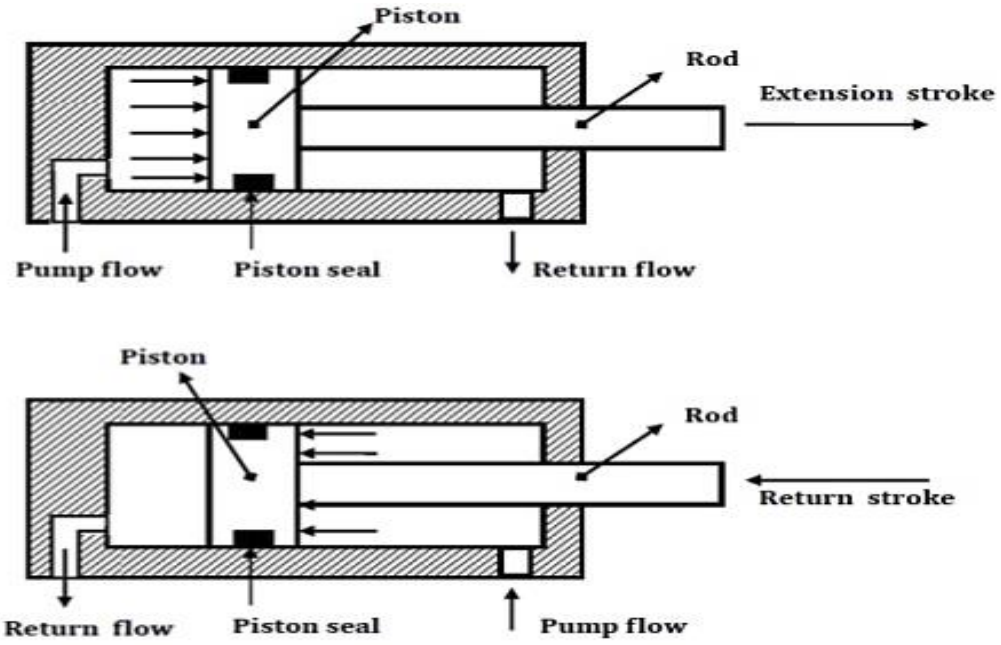
الأسطوانات أحادية الفعل Single acting cylinders

تعمل الأسطوانات أحادية الفعل في اتجاه واحد فقط، وبالتالي فإن الزيت له منفذ وصول واحد فقط إلى الأسطوانة.
يقع المنفذ في نهاية الأسطوانة، عندما يتم ضخ الزيت في المنفذ، فإنه يدفع المكبس وبالتالي عمود المكبس، مما يتسبب في تمدده وينتج الحركة. عندما تفرغ الأسطوانة من الزيت، يعود المكبس إلى الموضع الأصلي نتيجة لقوة خارجية مثل الحمولة أو النابض.
تتمثل مزايا الأسطوانات أحادية الفعل في أنها تتميز بأحجام مدمجة وفعالة من حيث المساحة وهيكل البسيط، ولها قدرة وقوة عالية نتيجة تحملها للضغوط العالية.
تعتبر الأسطوانات أحادية المفعول اقتصادية وبسيطة التصميم ومن السهل الحفاظ على الأسطوانات أحادية الفعل، ويمكن الاعتماد عليها في أداء وظيفتها.
اما عيوب الأسطوانات أحادية الفعل هي الرجوع الى الموضع الأصلي حيث تحتاج لقوة خارجية غالباً لذا يتم إضافة نوابض ارجاع لكنها تكون عرضة لفشل المكونات نتيجة فقدان النابضية وتآكل النوابض يظهر فقدان النابضية على أنه انخفاض تدريجي في القوة على حركة التراجع حيث يصعب إغلاقها ويمكن أن تتلف بمرور الوقت من خلال التعرض للسوائل المسببة للتآكل. تستخدم الأسطوانات أحادية الفعل بشكل أساسي في مصانع البناء، ومحركات الاحتراق الداخلي، والمضخات والرافعات.



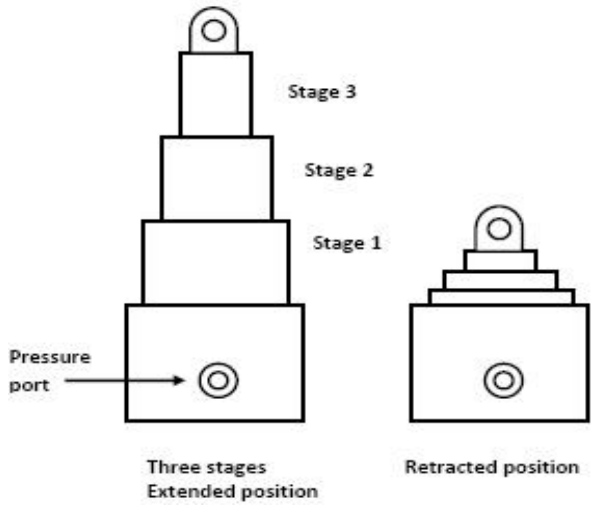
الأسطوانات ثنائية او مزدوجة الفعل Double-acting cylinders

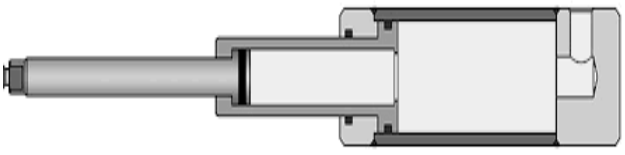
على عكس الأسطوانة أحادية الفعل، فإن الأسطوانة مزدوجة الفعل تحتوي على منفذين، أحدهما لتمديد المكبس والآخر للتراجع. يتم وضع هذه المنافذ على طرفي الأسطوانة. يتم استخدام كلا المنفذين عند تحريك عمود المكبس، حيث يتم تمديد عمود المكبس وارجاعه باستخدام المنفذين في نفس الوقت.
يمكن للأسطوانة ذات الفعل المزدوج أن تمارس الضغط على جانبي المكبس بشكل متبادل. يمكن تحقيق حركات التمديد وحركات التراجع بدون مصادر طاقة خارجية عندما تكون الأسطوانة تحت الضغط. يمكن للضغط أن يعيد المكبس إلى موضع البداية.
وتمتاز الأسطوانات مزدوجة الفعل في أنها أكثر الأسطوانات الهيدروليكية شيوعاً. فهي متينة وموثوقة وموفرة للطاقة.
تحتاج الأسطوانات مزدوجة الفعل إلى عدد أقل من السوائل الهيدروليكية، ولها تسارع متحكم فيه، وتعمل بشكل جيد بشكل متكرر.
تُستخدم الأسطوانات المزدوجة الفعل بشكل أساسي في المحركات الكبيرة الحجم، مثل محركات السفن والأفران الصناعية وآلات الحفر وأعمدة الرفع وآليات التوجيه.



الأسطوانات التلسكوبية Telescopic cylinders

تعتبر الأسطوانات التلسكوبية تصميماً خاصاً لأسطوانة هيدروليكية أو أسطوانة تعمل بالهواء المضغوط حيث يوفر هذا التصميم انتقالاً طويلاً بشكل استثنائي من الطول الأصلي (طول الأسطوانة وهي مغلقة). عادةً ما يكون الطول الاصلي للأسطوانة التلسكوبية (20-40%) من الطول الممتد (اقصى طول يصله مكبس الأسطوانة المدفوع بواسطة الزيت او الهواء) اعتماداً على عدد المراحل.
يتم تصنيع بعض وحدات التلسكوب الهوائية بأطوال اصلية أقل من 15٪ من إجمالي طول الوحدة الممتدة. هذه الميزة جذابة للغاية للمصممين عندما لا يتناسب المُشغل الخطي أحادي المرحلة مع تطبيق ما لإنتاج شوط الإخراج المطلوب.
عادةً ما يتم تشغيل الأسطوانات التلسكوبية شديدة التحمل بواسطة الهيدروليك، بينما يمكن أيضاً تشغيل بعض وحدات الخدمة الأخف بواسطة الهواء المضغوط.
يشار إلى الأسطوانات التلسكوبية أيضاً باسم الأسطوانات المتداخلة والأسطوانات متعددة المراحل.





دور الأنظمة النيوماتية PNEUMATIC SYSTEMSفي المنظومة الصناعية

لعبت الخصائص النيوماتية منذ فترة طويلة دوراً مهماً في أداء العمل الميكانيكي .يتم استخدامها أيضاً في تطوير حلول الأتمتة. الأنظمة النيوماتية تشبه الأنظمة الهيدروليكية ولكن بفارق جوهري في هذه الأنظمة، حيث يتم استخدام الهواء المضغوط بدلاً من السائل الهيدروليكي.

المنظومة النيوماتية هي نظام يستخدم الهواء المضغوط لنقل الطاقة والتحكم فيها. تستخدم الأنظمة النيوماتية على نطاق واسع في مختلف الصناعات. تعتمد معظم أنظمة الهواء المضغوط على الإمداد المستمر للهواء المضغوط لجعلها تعمل. يتم توفير ذلك بواسطة ضاغط هواء.

يسحب الضاغط الهواء من الغلاف الجوي ويخزنه في خزان ضغط عالي يسمى جهاز الاستقبال. يتم بعد ذلك توفير هذا الهواء المضغوط للنظام من خلال سلسلة من الأنابيب والصمامات.

كلمة 'Pneuma' هي كلمة يونانية قديمة تعني "نَفَس" وفي سياق ديني لكلمة "روح"، بينما **Pneumatic** تعني علم الهواء المضغوط والذي يدرس كل شيء عن استخدام الهواء المضغوط للقيام بالاعمال.

الهواء المضغوط هو الهواء القادم من الغلاف الجوي والذي يتم تقليل حجمه عن طريق الضغط وبالتالي زيادة ضغطه. يتم استخدامه كوسيط عمل عادة بضغط (6-8 bar) لاستخدام الأنظمة النيوماتية، يمكن أن يكون تشغيل أدوات التحكم في المنظومات النيوماتية يدوياً أو ميكانيكياً أو كهربائياً. يستخدم الهواء المضغوط بشكل أساسي للقيام بالعمل بشكل مكبس أو محرك دوار.

مزايا الأنظمة النيوماتية

تستخدم الأنظمة النيوماتية على نطاق واسع في صناعات مختلفة لقيادة الآلات الأوتوماتيكية. تتمتع الأنظمة النيوماتية بالكثير من المزايا.

1. يمكن الحصول على الهواء المضغوط في أي مكان وبأي كمية مطلوبة.
2. يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الأنابيب حتى لمسافات بعيدة.
3. الهواء المضغوط قابل للتخزين.
4. لا حاجة إلى التخلص من بقايا الهواء المضغوط حيث إنه يمكن تسريب الهواء إلى الجو المباشر بعد الانتهاء من العمل به.
5. عدم تأثر اللزوجة بارتفاع درجة الحرارة.
6. لا يوجد في النظم النيوماتية مخاطر الحريق أو الانفجار.
7. الهواء المضغوط مادة نظيفة مما يجعله مناسبا لصناعات المواد الغذائية والأدوية.
8. الأجهزة الخاصة بالهواء المضغوط رخيصة وسهلة الاستعمال.
9. الهواء المضغوط سريع وبذلك يمكن الوصول إلى سرعات عالية في الإنتاج.
10. أجهزة العمل بالهواء المضغوط مؤمنة تماما ضد الضغط الزائد.

حدود الأنظمة النيوماتية

على الرغم من أن الأنظمة النيوماتية تمتلك الكثير من المزايا، إلا أنها تخضع أيضاً لعدة قيود ترد هذه القيود أدناه.

- **دقة منخفضة نسبياً**

الأنظمة النيوماتية تعمل بالقوة التي يوفرها الهواء المضغوط، لذا فإن تشغيلها يخضع لحجم الهواء المضغوط. وبما ان حجم الهواء قد يتغير عند ضغطه أو تسخينه، فقد لا يكون إمداد الهواء للنظام دقيقاً، مما يتسبب في انخفاض الدقة الكلية للنظام.

- **تحميل منخفض**

لا يمكن للنظام الهوائي دفع الأحمال الثقيلة جداً بسبب ان اقطار الأسطوانات المستخدمة في الأنظمة النيوماتية ليست كبيرة جدا وقابلية الهواء للانضغاط عالية.

- **المعالجة المطلوبة قبل الاستخدام**

يجب معالجة الهواء المضغوط قبل الاستخدام لضمان عدم وجود بخار الماء أو الغبار. خلاف ذلك، قد تبلى الأجزاء المتحركة من المكونات النيوماتية بسرعة بسبب الاحتكاك.

- **سرعة الحركة غير المتكافئة**

نظراً لأنه يمكن ضغط الهواء بسهولة، فإن سرعات حركة المكابس غير متساوية نسبياً.

- **الضجيج**

ينتج الضجيج عادة عندما ينطلق الهواء المضغوط من المكونات النيوماتية.

عمليا يتم استخدام النظم الهيدروليكية في بعض التطبيقات بينما يتم استخدام النظم النيوماتية في تطبيقات أخرى وذلك للاعتبارات التالية:

1. إذا كان التطبيق يتطلب السرعة، ضغط متوسط، ودقة تحكم نسبية فيمكن استخدام النظم النيوماتية.
2. أما إذا كان التطبيق يتطلب ضغطاً متوسطاً، ودقة تحكم أكبر فيمكن استخدام كل من النظم النيوماتية والنظم الهيدروليكية.
3. أما إذا كان التطبيق يتطلب ضغط كبير، ودقة تحكم عالية فيجب استخدام النظم الهيدروليكية.

للمنظومات النيوماتية مكونات شبيهة بتلك المستعملة في الدوائر الهيدروليكية وجوهريا يتطلب وجود المكونات الأساسية الستة التالية:

1. **ضاغط**: لضغط ودفع الهواء الوارد مباشرة من الجو.
2. **خزان**: لتخزين الهواء المضغوط.
3. **محرك**: كهربائي أو احتراق داخلي لتشغيل الضاغط.
4. **صمامات**: صمامات تحكم في الاتجاه في الضغط، ونسبة التدفق.
5. **مشغل**: لتحويل طاقة الهواء إلى طاقة ميكانيكية أو عزم.
6. **انابيب التوصيل**: لنقل الهواء المضغوط من مكان إلى آخر.

أنواع الضواغط في الأنظمة النيوماتية

1. **ضواغط الازاحة الموجبة.**

وتشمل عدة أنواع منها:

- ضواغط مكبسية Piston Compressors
- ضواغط لولبية Screw Compressors
- ضواغط الريشة Vane Compressors
- ضواغط الفص Lobe Compressors
- ضواغط التمرير Scroll Compressors
- مضخات التفريغ Vacuum Pumps

2. **ضواغط الازاحة الديناميكية.**

وتشمل عدة أنواع منها:

- ضواغط الطرد المركزي Axial Centrifugal Compressors
- ضواغط الطرد المحوري Radial Centrifugal Compressors

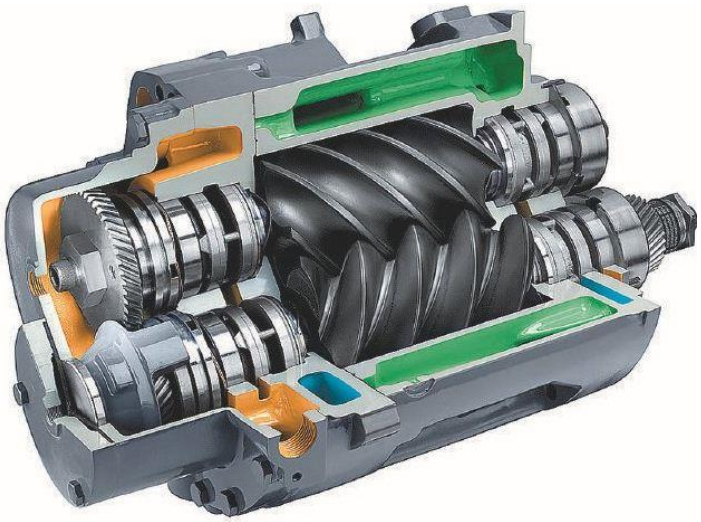
اولاً: ضواغط الازاحة الموجبة.

ضواغط مكبسية Piston Compressors

في ضاغط المكبس يُمتص الهواء إلى أسطوانة بفعل حركة المكبس الناتجة من حركة ذراع توصيل وعمود المرفق. وعند حركة المكبس بالاتجاه المعاكس يقوم بضغط الهواء داخل الأسطوانة ويرسل الهواء المضغوط الى الخزان بواسطة الانابيب.

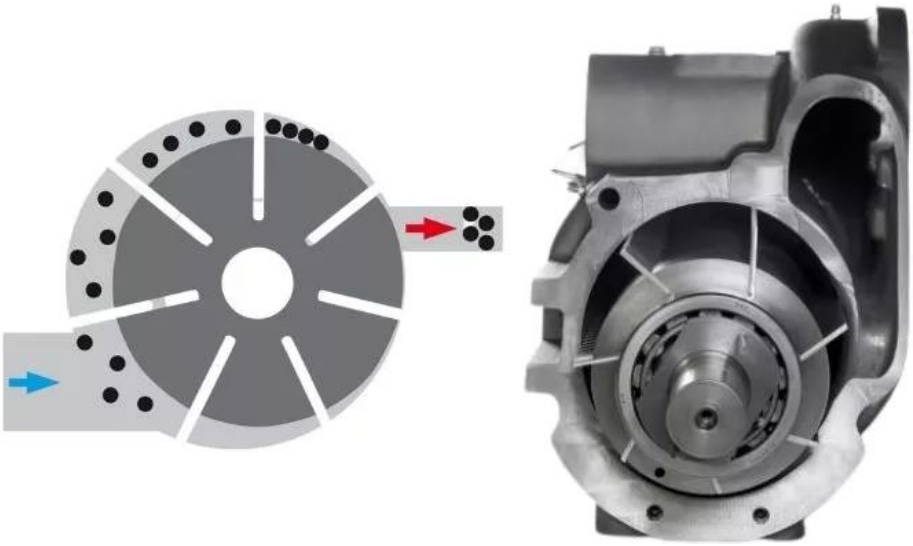
ضواغط لولبية Screw Compressors

تعتمد تقنية الضواغط اللولبية على إزاحة الهواء من خلال الغرف التي تم إنشاؤها بالتناوب المتزامن وفي الاتجاه المعاكس من لولبين "برغيين". يملأ الهواء الفراغات المتكونة بين كلا اللولبين مما يزيد الضغط مع انخفاض الحجم في الحجرات المذكورة، يكون اتجاه إزاحة الهواء خطياً من جانب الشفط إلى جانب الضغط حيث توجد فوهة المخرج.



ضواغط الريشة Vane Compressors

يتكون النظام من تركيب من جزء دوار لا مركزي يحوي على اخاديد تندفع منها شفرات بواسطة النوابض وهذه الشفرات تشكل غرفاً بين الجزء الدوار والغلاف تمتلئ بالهواء وعند دوران الجزء الدوار تحدث عملية شفط للهواء بواسطة وضغطه ثم ادفعه من جهة الدفع.

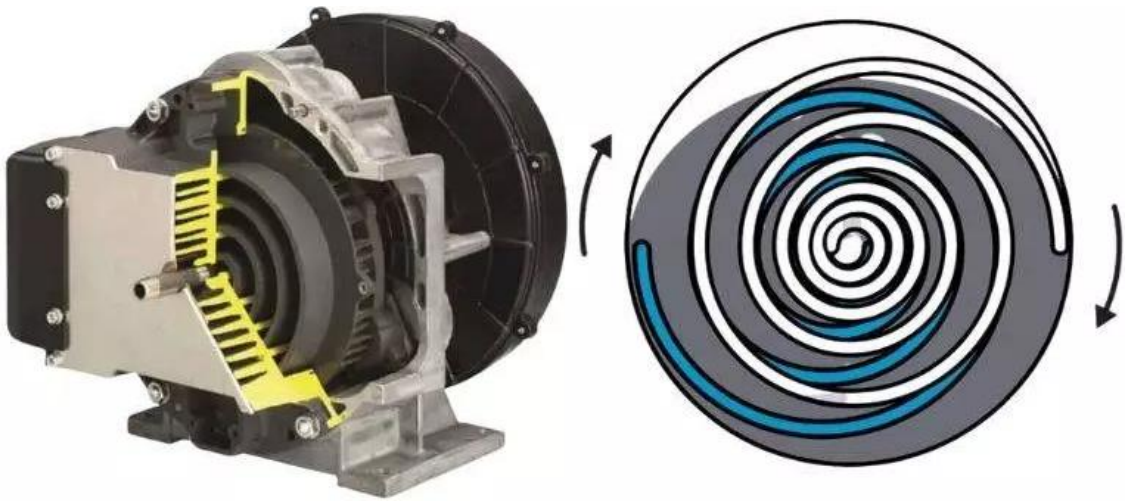


ضواغط الفص Lobe Compressors

يتم تشغيل ضاغط الفص الدوار بواسطة المحرك، عندما يدور أحد الفصوص يدور الآخر في الاتجاه المعاكس بتوقيت وتسامحات دقيقة للغاية. يتم امتصاص الهواء في المدخل، ويتم إجباره على الالتفاف حول الفصوص، ثم يتم دفعه خارجاً نحو فتحة التفريغ. يمكن لكمية صغيرة جداً التسرب مرة أخرى من خلال الخلوص في الدوارات، ويمكن تقليل تأثيره بالتزييت او التشحيم.

ضواغط التمرير Scroll Compressors

ضاغط التمرير له إزاحة مدارية. حيث يتم الضغط عن طريق تقليل الحجم. تتكون مجموعة الضاغط من جزئين دوارين على شكل حلزوني أحدهما مثبت في الغلاف والآخر متحرك بواسطة المحرك. يتم تثبيتهما بزاوية 180 درجة مما يسمح بإنشاء غرف هوائية تصغر اثناء حركها



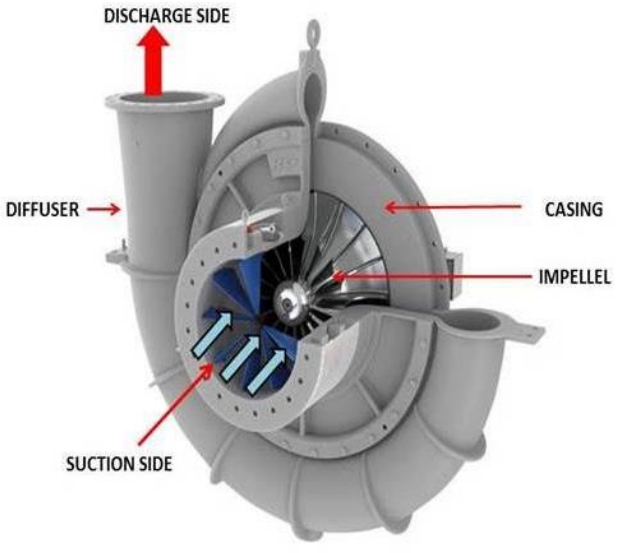
مضخات التفريغ Vacuum Pumps

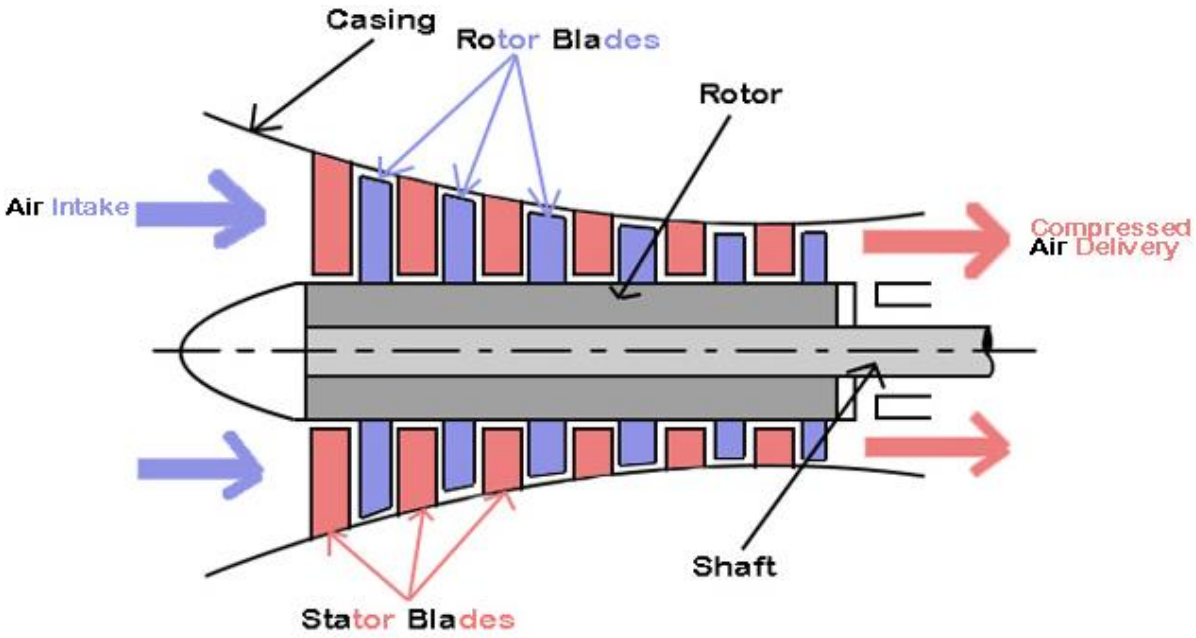
مضخة التفريغ عبارة عن قطع من المعدات المصممة لاستخراج الغازات من داخل الحاويات أو شبكات الأنابيب أو في أي عملية حيث يكون مطلوباً لتقليل الضغط الداخلي للنظام إلى قيم أقل من الضغط الجوي. هناك تصميمات مختلفة وأكثرها شيوعاً هي مضخات المكبس أو اللولب أو الريشة أو الفص أو الحجاب الحاجز، تشبه عملية التفريغ عملية الضاغط ولكن مع اختلاف أنه مصمم لسحب الهواء أو الغاز الذي يمتصه واطلاقه وليس لضغطه.

ثانياً: ضواغط الازاحة الديناميكية.

ضواغط الطرد المركزي الشعاعية Radial Centrifugal Compressors

يتميز هذا الضاغط بتدفق التفريغ الشعاعي. حيث يتم سحب الهواء إلى مركز دفاعة دوارة ذات ريش شعاعية ويتم دفعه للخارج باتجاه متعامد مع عمود الضاغط بفعل الطرد المركزي. يَنتج عن الحركة الشعاعية للهواء ارتفاع الضغط وتوليد طاقة حركية على الفور.



ضواغط الطرد المركزي المحورية Axial Centrifugal Compressors

يتضمن الضاغط المحوري تدفقاً محورياً، حيث يمر الهواء أو الغاز بموازاة عمود الضاغط عبر صفوف من الشفرات الدوارة والثابتة. وبهذه الطريقة، تزداد سرعة الهواء تدريجياً في الوقت نفسه الذي تحول فيه الشفرات الثابتة الطاقة الحركية إلى ضغط.