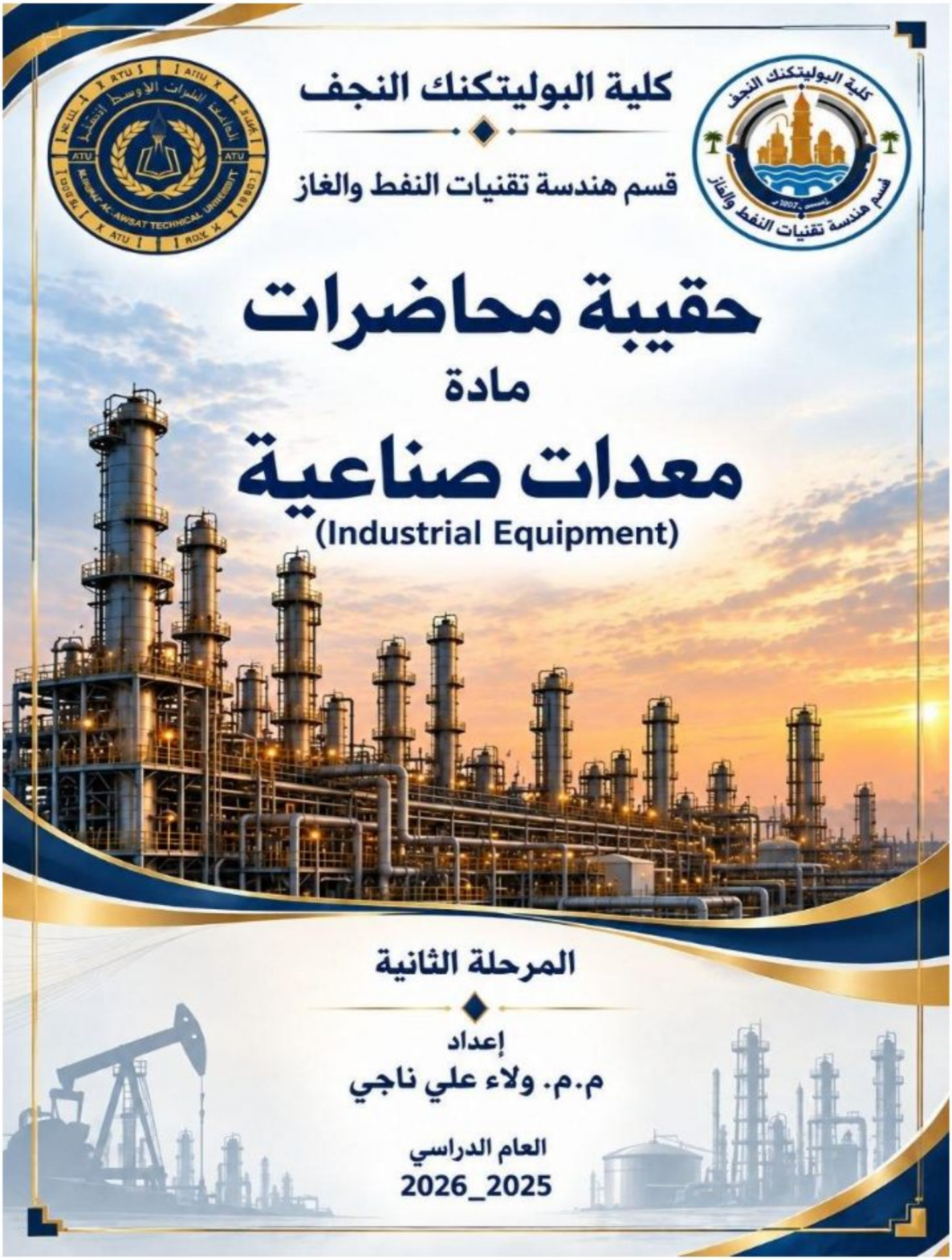

كلية البوليتكنك النجف
قسم هندسة تقنيات النفط والغاز
حقيبة محاضرات
مادة
معدات صناعية
(Industrial Equipment)
المرحلة الثانية
إعداد
م.م. ولاء علي ناجي
العام الدراسي
2026_2025

وصف المادة

تناول هذه المادة دراسة أهم المعدات الصناعية المستخدمة في المنشات الصناعية والنفطية، من حيث مبدأ العمل والتصميم التشغيل والصيانة، مع التركيز على تطبيقاتها في الصناعة النفطية والبتروكيماوية والصناعات المختلفة .

أهداف المادة

- التعرف على أنواع المعدات الصناعية ومكوناتها.
- فهم مبادي عمل المعدات الصناعية.
- اكتساب مهارات اختيار وتشغيل وصيائة المعدات.
- الربط بين الجوائب النظرية والتطبيق العملي.
- تعزيز مهارات التحليل وحل المشكلات .

مخرجات التعلم

- يكون الطالب قادرً على التعرف عل المعدات الصناعية.
- تحليل أداء المعدات واختيار المناسية منها.
- تطبيق مبادي التشغيل والصبانة.
- العمل ضمن فرق لحل المشكلات الصناعية.

المحاضرة الاولى / المضخات

الاختبار القبلي

عزيزي الطالب، أجب عن الأسئلة الآتية اعتمادًا على معلوماتك السابقة.

1- ماذا تعرف عن المضخات؟

2- ما الوظيفة التي تؤديها المضخة؟

3- اذكر مثالًا من الحياة اليومية أو المجال الصناعي تُستخدم فيه المضخات

4- هل تعرف أنواعًا مختلفة من المضخات؟ اذكر ما تعرفه منها

5- برأيك، لماذا نحتاج إلى المضخات لنقل السوائل من مكان إلى آخر؟

المضخة : تستخدم لزيادة طاقة السائل و هذه الطاقة تجعل السائل ينجز شغلاً، وبالتالي جعل السائل ينساب خلال الانابيب أو يرتفع الى موقع اعلى أي أنها تنقل السائل من مناطق ذات الضغط الواطئ الى مناطق الضغط العالي. تكون الحاجة الى المضخات لرفع الماء من بحيرة، خزان او نهر الى محطة معالجة المياه وبعد المعالجة يرفع الماء لدفعه في الانابيب الرئيسية او الى الخزان العالي.

تحتل المضخات موقعا متميزاً في الصناعة وفي مختلف المجالات وتلائم جميع الظروف والضغوط المختلفة وحسب تصميم المضخة، فالمضخات تستخدم في الصناعات النفطية والكيمياوية والمصافي وفي محطات توليد الطاقة الكهربائية ومجالات عديدة وتتحمل درجات حرارة حسب تصميم واستخدام المضخة تصنّف المضخّات إلى أنواع مختلفة.

يمكن تصنيف المضخات إلى نوعين أساسين هم المضخات الإزاحة الايجابية والمضخات لديناميكية و هناك فرقا جوهريا بين المضخات الإزاحة الايجابية والمضخات الديناميكية يكمن في أن الأولى تعطي حجما محددا من السائل في فترة معينة ثم يتوقف خروج السائل لفترة أخرى ثناء دورة تشغيل واحدة بينما تعطي المضخات الديناميكية تصرفا مستمرللسائل ويمكن تصنيف أهم هاذين النوعين من المضخات كالأتي:

1- Positive Displacement pumps : مضخات ذات إزاحة ايجابية ومن أمثلتها:

- Reciprocating piston pumps المضخات الترددية المكبسية
- المضخات الدوارة Rotary pumps
- المضخات الترسية Gear pumps

المضخات الترددية المكبسية

وهي مضخات لها أهمية كبيرة في الصناعة تسمى بهذا الاسم لكون حركتها الأساسية الى الخلف والامام إذا كانت افقية والى الأعلى والأسفل إذا كانت عمودية وتكون إنتاجية هذه المضخة باتجاه واحد وعملية الضخ في هذه المضخات تكون معتمدة على مكبس وحشوات منع التسرب التي توجد على ذراع المكبس.

*** مميزات المضخات المكبسية :-**

- تحريك السائل من نقطة الى أخرى
- تعطي ضغط عالي عند الخروج
- قوة شفط السائل فيها عالية
- لايوجد فيها إحتراق مثل المحركات
- كفاءة عالية تصل إلى 90 %
- أداء جيد يصل إلى 3000 حصان
- تعطي تدفق ثابت بالنسبة للزمن ويمكنها نقل السوائل ذات الزوجة العالية

*** عيوب المضخات المكبسية:-**

- التاكل فيها عالي بسبب إحتكاك الأجزاء بعضها وإحتكاكها مع السائل.
- تتطلب الكثير من الصيانة.
- ثقيلة وضخمة .
- عالية التكلفة.
- التدفق ليس مستمر.
- يجب أن تكون الصمامات سليمة وجيده 100% وإلا سيكون هناك تسرب للسائل.

*** طبيقاتها وإستخداماتها : -**

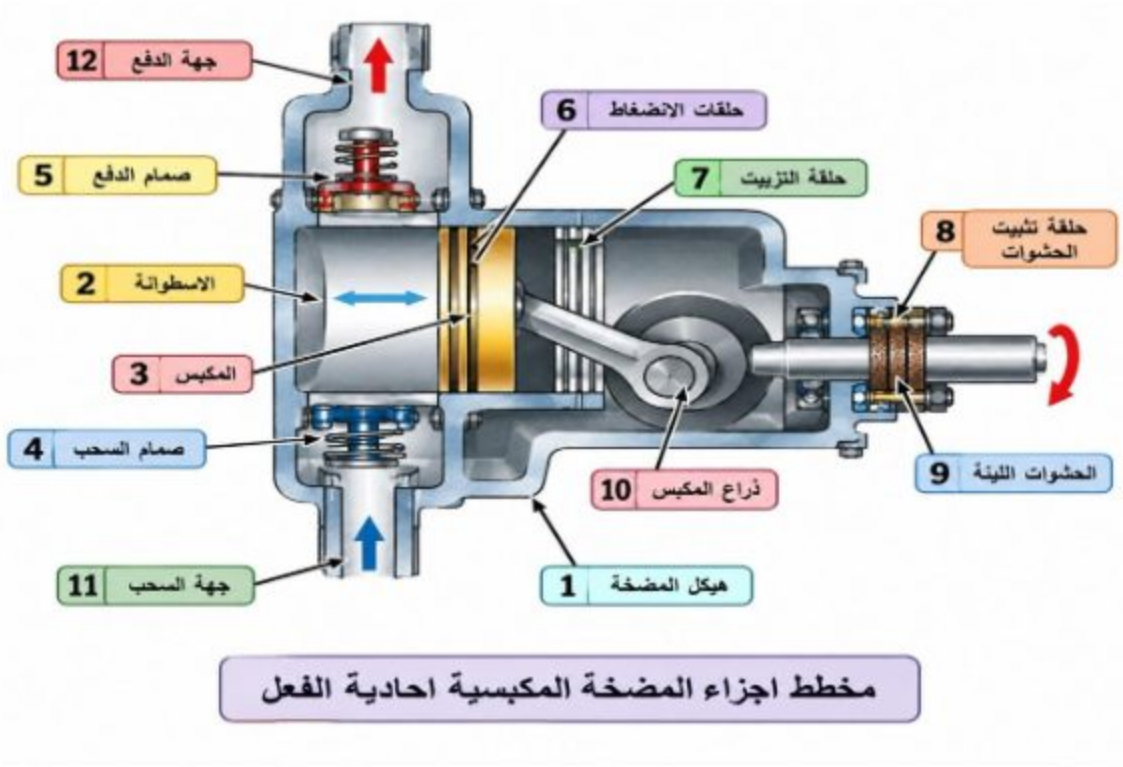
- في التشحيم لتزويد المحركات بالتشحيم المطلوب.
- لضخ السوائل الأكثر لزوجة أو في ضخ الخزان والزيوت الثقيلة.
- في مجالات حقن الوقود للمحركات.
- في صناعة الدواء.
- في النفط والغاز كمضخة تغذية المياة في الغلايات لأن الضغط العالي للماء مطلوب .
- لضخ الماء في المناطق الجبلية

* المواد التي تصنع منها المضخات الترددية:-

- سبائك الألمنيوم .
- الفولاذ المقاوم للتأكل .
- البلاستيك.

المضخة المكبسية أحادية الفعل (Piston pump)

هي نوع من المضخات الترددية التي تستخدم مكبسًا واحدًا داخل أسطوانة لضخ السوائل. تتحرك المكبس ذهابًا وإيابًا، مما يخلق منطقة ضغط منخفض (شفط) لسحب السائل إلى الأسطوانة، ثم يضغط المكبس على السائل لدفعه للخارج.



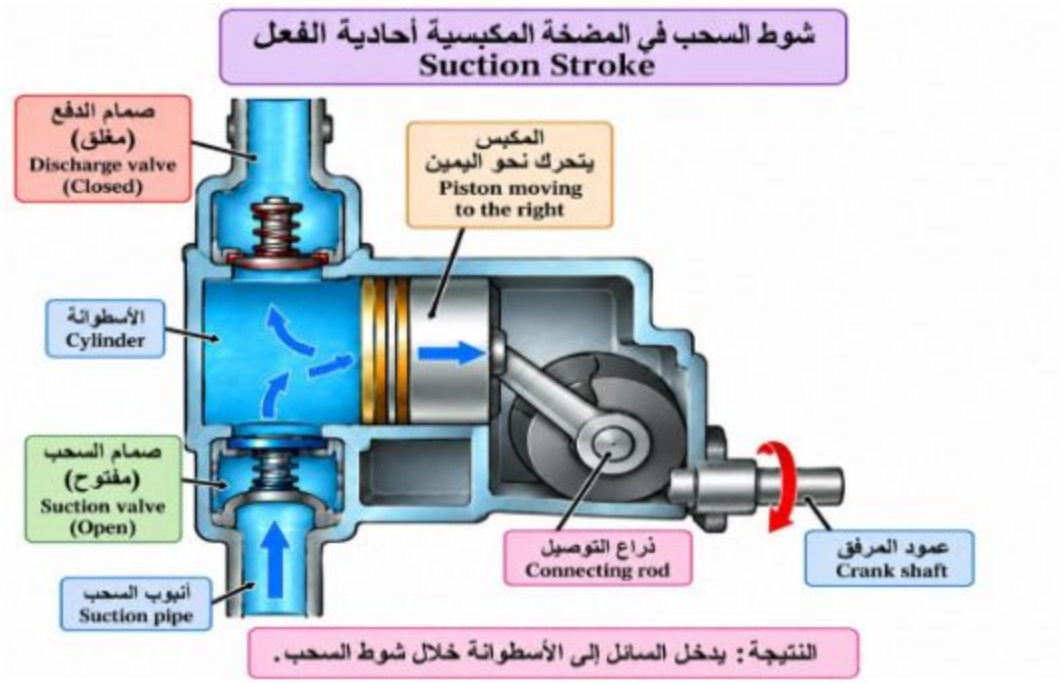
الشكل (1) : يبين اجزاء المضخة المكبسية احادية الفعل

طريقة عمل المضخة المكبسية احادية الفعل (احادية المكبس)

يعرف شوط المكبس (Piston Stroke) عبارة عن المسافة التي يقطعها المكبس بين طرفي الاسطوانة ويقوم فيها المكبس بشوطين احداهما شوط السحب والآخر شوط الدفع من خلال دورة واحدة لعمود المرفق .

A - حالة السحب:-

- يدور عمود المرفق ويحرك ذراع التوصيل.
- ينقل ذراع التوصيل الحركة من عمود المرفق إلى المكبس.
- في شوط السحب يتحرك المكبس نحو اليمين كما هو موضح في الشكل.
- تؤدي حركة المكبس نحو اليمين إلى زيادة حجم الحيز داخل الأسطوانة.
- نتيجة زيادة الحجم ينخفض الضغط داخل الأسطوانة ويتكون تفريغ نسبي.
- بسبب انخفاض الضغط داخل الأسطوانة يفتح صمام السحب.
- في الوقت نفسه يبقى صمام الدفع مغلقًا لمنع رجوع السائل.
- يدخل السائل من أنبوب السحب الموجود أسفل المضخة.
- يمر السائل عبر صمام السحب المفتوح ثم يدخل إلى الأسطوانة.
- يستمر دخول السائل ما دام المكبس يتحرك نحو اليمين حتى يصل إلى نهاية شوط السحب.
- ستمر عمود المرفق بالدوران، فتجعل آلية المرفق وذراع التوصيل المكبس يعكس اتجاه حركته ويتحرك نحو اليسار، وعندها يبدأ شوط الدفع.

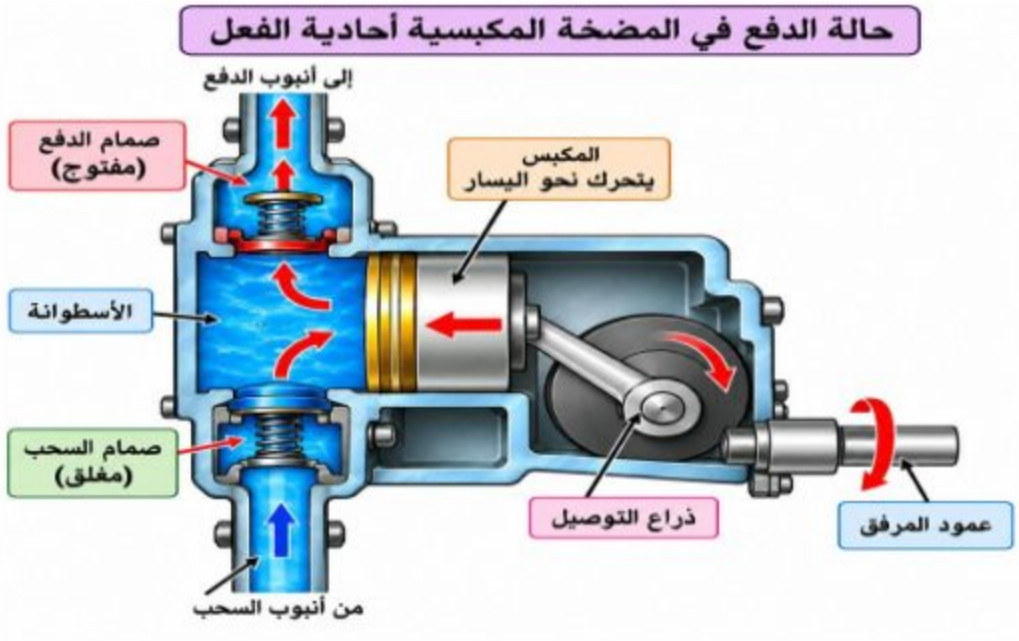


الشكل (2): يوضح عمل المضخة المكبسية في حالة السحب

B- حالة الدفع :-

- يستمر عمود المرفق بالدوران بعد انتهاء شوط السحب.
- بواسطة ذراع التوصيل ينعكس اتجاه حركة المكبس ويبدأ بالتحرك من اليمين نحو اليسار.
- حركة المكبس نحو اليسار تؤدي إلى تقليل حجم الحيز داخل الأسطوانة.
- نتيجة نقصان الحجم يرتفع ضغط السائل داخل الأسطوانة.
- ارتفاع الضغط يؤدي إلى غلق صمام السحب، وبالتالي يمنع رجوع السائل إلى أنبوب السحب.
- عندما يصبح ضغط السائل داخل الأسطوانة كافيًا، يفتح صمام الدفع.
- يقوم المكبس بدفع السائل الموجود داخل الأسطوانة باتجاه صمام الدفع.
- يمر السائل عبر صمام الدفع المفتوح ثم يخرج من المضخة عبر أنبوب الدفع.
- يستمر المكبس بالحركة نحو اليسار ويستمر خروج السائل حتى يصل المكبس إلى نهاية شوط الدفع.

- بعد ذلك ينعكس اتجاه حركة المكبس مرة أخرى ويبدأ شوط سحب جديد.



شكل (3): يوضح حالة الدفع للمضخة المكبسية

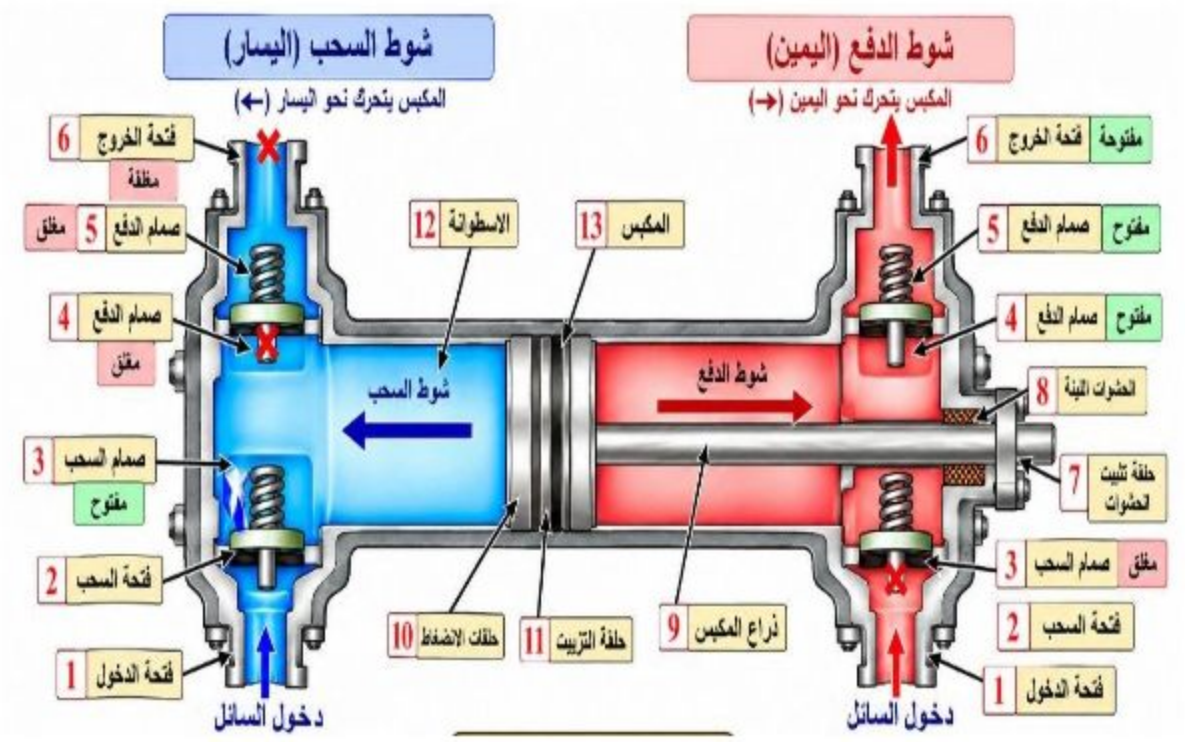
المضخة المكبسية ثنائية الفعل أحادية المكبس

المضخة المكبسية ثنائية الفعل أحادية المكبس هي نوع من المضخات الترددية التي تستخدم مكبسًا واحدًا لتحريك السائل في كلا الاتجاهين، حيث يتم سحب السائل إلى داخل الأسطوانة ودفع السائل للخارج في كل شوط للمكبس. تعني أن المكبس يقوم بعملية السحب والضغط في كل من شوطي الذهاب والإياب، مما يزيد من كفاءة المضخة.

* مبدأ عمل المضخة المكبسية ثنائية الفعل (احادية المكبس)

ان هذه المضخة تقوم بشوطي السحب والدفع اثناء حركة واحدة للمكبس ويحتوي هذا النوع من المضخات على صمامي سحب وصمامي دفع حيث يدخل السائل بصورة تلقائية الى كل جهة من جهتي المضخة فعند حركة المكبس الى اليمين يفتح صمام السحب من جهة وصمام الدفع من جهة اخرى وهذا يعني ان احد الاسطوانتين تكون في حالة الامتلاء بينما تكون الاسطوانة الثانية في حالة تفريغ وهكذا تستمر العملية بحيث يكون صمامان مغلقان من كل جانب لكل عملية, وعند حركة المكيس إلى اليسار ينفتح الصمامان المغلقان وينغلق الصمامان

اللذان كانا مفتوحين وبذلك تتم عملية الضخ من الجانب الايسر وعملية السحب من الجانب الايمن وهكذا تستمر عملية دخول وخروج السائل وبشكل مستمر. وظيفتها: ضخ السائل بصورة شبه مستمرة، لأن جانبي المكبس يعملان بالتناوب؛ فعندما يتحرك المكبس باتجاه معين يحدث السحب في أحد جانبيه والدفع في الجانب الآخر في الوقت نفسه، وعند انعكاس حركة المكبس تتبادل الجهتان وظيفتيهما.



الشكل (4): يوضح المضخة المكبسية ثنائية الفعل احادي المكبس

* الأجزاء الرئيسية للمضخة المكبسية ثنائية الفعل

هيكل المضخة :- يصنع هيكل المضخة من حديد الصليب للمضخات ذات الضغوط الواطئة ومن الفولاذ للمضخات ذات الضغوط العالية ويصنع من سبيكة الكروم والنيكل والنحاس الاصفر في حالة كون المضخة تستخدم لضخ المواد الكيمياوية ومن النحاس الاصفر للمواد ذات التأثير الحامضي الضعيف, ويستخدم الهيكل لضم كافة الأجزاء الثابتة و المتحركة.

المكبس:- يصنع المكبس من حديد الصليب وأحيانا تستخدم سبيكة البابيت وقد يصنع المكبس

من كتلة اذا كان قطره صغيرا أما إذا كان قطره اكبر من (10) فأنه يصنع من الفولاذ ويمتاز المكبس بأن طرفاه يكونان بشكل دائري لتقليل الاحتكاك أو القوة المعرقلة لتحريك السائل. ويصنع بشكل اسطواني ويترك سماح بين المكبس والاسطوانة (0.1) من قطر المكبس وتوجد عليه حلقات نابضية هي حلقات الانضغاط وحلقة التزييت.

الصمامات :- ان فائدة الصمامات هي لتسهيل عملية سحب وضخ السائل, ويجب ان يكون الصمام خفيف الوزن وذلك لنتجنب حدوث صدمات هيدروليكية أثناء عملية انغلاق الصمام هنالك نوع من الصمامات تعمل ذاتيا (أوتوماتيكيا) حيث يتفتح نتيجة لزيادة الضغط تحت الصمام بتأثير القوة النابضية وهنالك نوع آخر من الصمامات تسمى بالصمامات الكروية والتي تتكون من جسم كروي ومقعد الصمام وغطاء الصمام وتصنع الكرة من الفولاذ واحيانا تكون مجوفة, وتستخدم هذه الصمامات للمواد اللزجة والدهون.

*** العوامل التي تحدد أفضل نوعية للصمام هي مايلي:-**

- معدل الجريان للسائل
- سرعة دخول السائل
- مقدار ضغط السحب والدفع
- مواصفات السائل سائل نظيف سائل لزج
- عدد دورات المضخة
- مقدار الدفع للسحب المو جب الصافي المتوفر

*** اختيارحشوات مانعة التسرب:-**

- **نوع السائل:** يجب اختيار مادة الحشوة المناسبة لنوع السائل الذي يتم ضخه، مع مراعاة توافقها الكيميائي ودرجة حرارته.
- **الضغط:** يجب اختيار حشوات قادرة على تحمل ضغط التشغيل للمضخة .
- **درجة الحرارة:** يجب أن تكون مادة الحشوة قادرة على تحمل درجة حرارة التشغيل للمضخة .
- **الاهتزاز:** يجب أن تكون الحشوة قادرة على تحمل الاهتزازات الناتجة عن تشغيل المضخة .
- **التكلفة:** يجب الموازنة بين تكلفة الحشوة وكفاءتها وأدائها .

*** أهمية حشوات مانعة التسرب:-**

- **منع التسرب:** تمنع الحشوات تسرب السوائل، مما يحافظ على كفاءة المضخة ويمنع فقدان السوائل .
- **الحفاظ على الضغط:** تساهم الحشوات في الحفاظ على ضغط التشغيل المطلوب للمضخة .
- **حماية البيئة:** تمنع الحشوات تسرب السوائل إلى البيئة، مما يحميها من التلوث .
- **توفير الطاقة:** من خلال منع التسرب، تساعد الحشوات في تقليل استهلاك الطاقة للمضخة.

*** عطلات المضخة المكبسية وطرق علاجها: -**

1- حدوث خدوش في الجدار الداخلي للاسطوانة

الاسباب	العلاج
تكسر الحلقات النابضية (حلقات التزييت والانضغاط)	تبديل الحلقات النابضية
وجود شوائب في السائل	فحص الشبكة الوقائية(المصفي)

2- ارتفاع درجة حرارة المساند

الاسباب	العلاج
انخفاض مستوى الزيت في الخزان	مليء الخزان بالزيت وبالمستوى المطلوب
وجود مواد صلبة أو ماء في الزيت	تبديل الزيت مع فحص مصفي الزيت
وجود خلل في منظومة التبريد	فحص وتصليح العطل في منظومة التبريد
اعوجاج المحور	فحص المحور ثم استبداله في حالة وجود اعوجاج أكثر من الحد المقرر

3- حدوث أصوات أو دق في الصمامات

الاسباب	العلاج
كسر النابض	تبديل النابض
وجود كسر في ساق الصمام	تبديل الساق

4- حدوث أصوات أو اهتزاز في داخل المضخة

الاسباب	العلاج
وجود فجوات أو جيوب غازية	مراقبة الغرف الهوائية
المساند مستهلكة	استبدال المساند
اعوجاج المحور	أجراء فحص مع استبدال المحور إذا كان الاعوجاج أكثر من اللازم
تكسر الحلقات النابضية	استبدال النوابض
العدالة المحورية غير منتظمة	اجراء الاستقامة بين محوري المحرك والمضخة
وجود رخاوة في صامولات القاعدة	شد وتثبيت صامولات القاعدة بشكل جيد
سرعة المضخة أكثر من المطلوب	فحص سرعة المحرك ومنضومة نقل الحرك

5- دفع المضخة قليل

الاسباب	العلاج
تكسر الحلقات النابضية	تبديل الحلقات
السرعة الدورانية قليلة	فحص المحرك مع اصلاح الخلل في المحرك الكهربائي
انسداد المصفي	تنظيف المصفي بواسطة الهواء المضغوط
وجود خلل او استهلاك الحشوات الاعتيادية	فحص الصمامات مع اصلاح الخلل
وجود خلل في الصماما ت	تصليح او استبدال الصما م
تسرب السائل من صمام الدخول	شد وصل التثبيت بشكل جيد كذلك تثبيت حلقات التحكم

حدوث كسر في حلقات التحكم فيؤدي الى دخول الهواء الى داخل المضخة	تغيير موقع المضخة بالنسبة للمصدر الذي يسحب منه السائل

6-ارتفاع درجة حرارة الحشوة الاعتيادية

الاسباب	العلاج
البراغي مشدودة اكثر من اللازم	ارخاء البراغي
اختلال او عدم توازن في عملية شد الصامولات	الموازنة في عملية شد الصامولات
وجود عطل في منظومة التبريد	فحص منظومة التبريد
اعوجاج في ذراع المكبس	تبديل ذراع المكبس

7- المضخة لا تدفع بالرغم من اشتغالها

الاسباب	العلاج
انسداد الشبكة الوقائية	**تنظيف الشبكة الوقائية**
السرعة الدورانية قليلة او معكوسة	**فحص المحرك مع اصلاح العطل وتصحيح اتجاه الحركة**
انخفاض مستوى السائل في الخزان	**توقيف مع الخزان ومراقبة المضخة**

المضخات الدوارة

وهي تستخدم في تشغيل العديد من المعدات التي تعمل بالطاقة الهيدروليكية والمعدات الميكانيكية مثل السيارات والطائرات والمكابس الاوتوماتيكية ومعدات الحركة المختلفة . هذه المضخات متوفرة في تصميمات واسعة ومستعملة بكثرة في ضخ المواد الغذائية لما لها من

مميزات تجعلها تستعمل في نقل المواد ذات اللزوجة العالية نسبيا والمواد الغذائية التي تحتوي على عوالق .تتألف المضخة من مروحتين تدور كل واحدة منها عكس الأخرى ومحصورة في جدار المضخة.

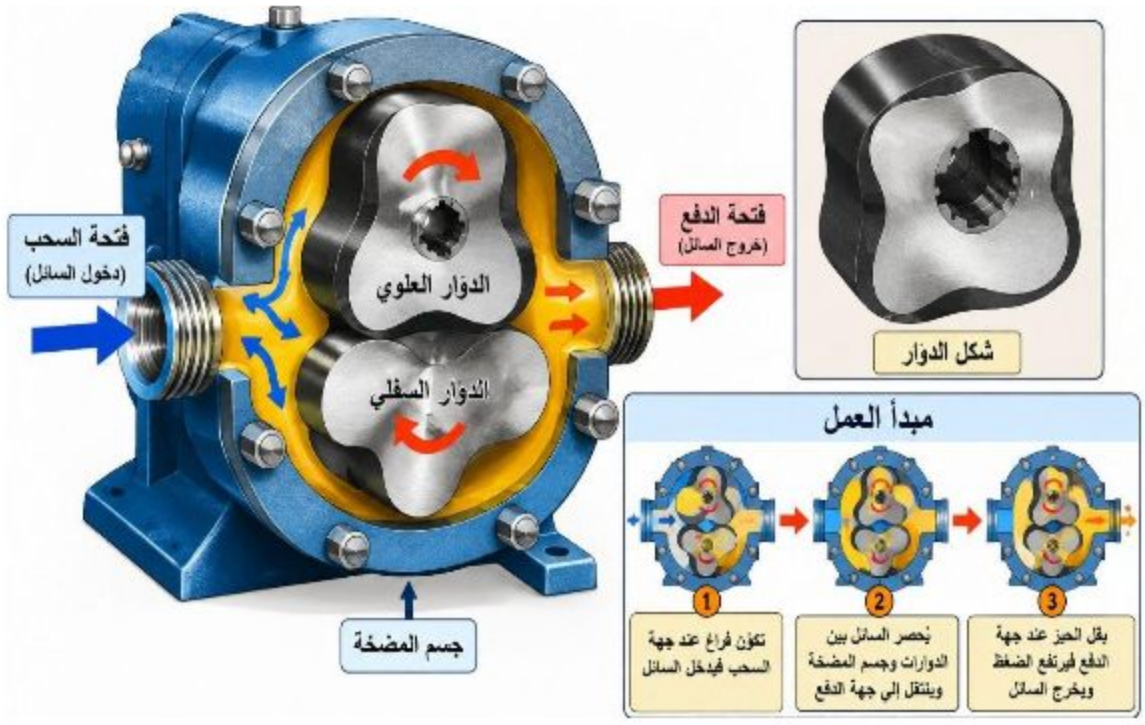
*** تمتاز المضخات الدوارة بأنها:-**

- ليست فيها صمامات عدم رجوع.
- الحركة الميكانيكية التي تنقل الى السائل تنتج من جراء دوران جزء داخل هيكل المضخة بالمقارنه مع المضخة المكبسية.
- بصغر حجمها.
- سهولة صيانتها.
- انها تحتوي على صندوق حشوات محكم الغلق من نوع الحشوات الميكانيكية وبالامكان استخدام حشوات مصنوعة من بولي تترا فلورا اثلين.
- انها تستخدم بصورة عامة لضخ السوائل اللزجة النقية.

عيوب المضخة الدورانية

- تكلفتها مرتفعة نسبيًا بسبب دقة تصنيع الدوّارات والأجزاء الداخلية.
- تحتاج إلى دقة عالية في الخلوص بين الدوّارات وجسم المضخة.
- يحدث تآكل للأجزاء الداخلية مع مرور الزمن، خصوصًا عند ضخ السوائل المحتوية على جسيمات صلبة.
- انخفاض الكفاءة عند حدوث تسرب داخلي بين مناطق الضغط العالي والمنخفض.
- تحتاج إلى صيانة وضبط دوري للمحافظة على الخلوص الصحيح.
- لا يُفضّل تشغيلها بدون سائل لفترات طويلة؛ لأن ذلك قد يؤدي إلى ارتفاع الحرارة وتلف بعض الأجزاء.

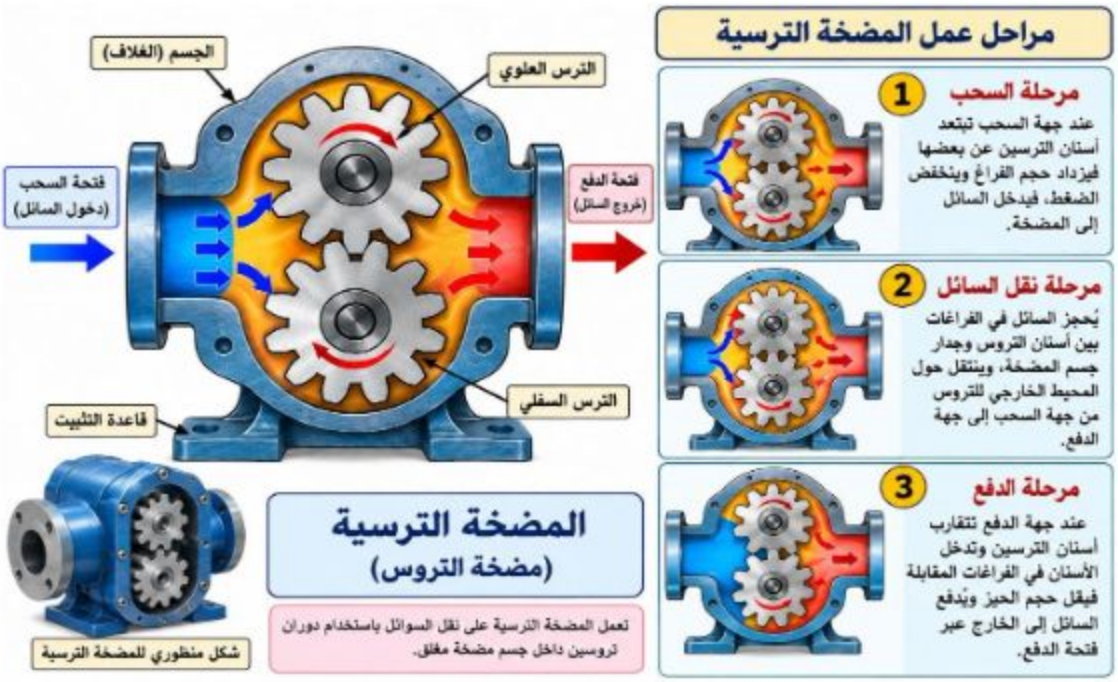
- قدرتها على الوصول إلى ضغوط عالية جدًا محدودة مقارنة ببعض أنواع مضخات الإزاحة الموجبة الأخرى.



الشكل (5): يوضح المضخة الدورانية

المضخات الترسية

مضخات التروس هي نوع من المضخات الإزاحة الإيجابية تستخدم التروس المتشابكة لنقل السوائل. تعمل هذه المضخات عن طريق احتجاز السائل بين أسنان التروس وتمريره من جانب الشفط إلى جانب التفريغ. تتميز مضخات التروس بالعديد من الميزات، بما في ذلك القدرة على ضخ السوائل عالية اللزوجة، وتوفير تدفق ثابت، وسهولة الصيانة.



الشكل (6): المضخة الترسية

* نواع مضخات التروس:-

مضخات التروس الخارجية: تستخدم ترسًا رئيسيًا وآخر تابعًا يدوران معًا لنقل السائل .

مضخات التروس الداخلية: تتكون من ترس داخلي وآخر خارجي يدوران معًا، وتستخدم عادة للسوائل ذات اللزوجة العالية.

* استخدامات مضخات التروس:-

- الصناعات البترولية والكيميائية: لضخ الزيوت والمذيبات والمواد الكيميائية الأخرى.
- صناعة الأغذية: لضخ الزيوت والدهون والمواد الغذائية الأخرى.
- صناعة السيارات: لضخ الزيوت في المحركات وناقلات الحركة.
- الأنظمة الهيدروليكية: لضخ الزيت في الأنظمة الهيدروليكية المختلفة .

* مميزات مضخات التروس:-

- تدفق ثابت: توفر تدفقًا ثابتًا للسائل دون نبضات.
- القدرة على ضخ السوائل عالية اللزوجة: يمكنها ضخ السوائل ذات اللزوجة العالية بكفاءة.
- سهولة الصيانة: تتميز بتصميم بسيط يسهل صيانتها.
- التشغيل الذاتي: تتطلب عمومًا القليل من الصيانة الذاتية.
- الكفاءة: توفر كفاءة جيدة في نقل السوائل.
- العمر الافتراضي الطويل: عند صيانتها بشكل صحيح، تتميز بعمر افتراضي طويل

*** عيوب مضخات التروس:-**

- **محدودية الضغط والسرعة:** لا تناسب المضخات الترسية التطبيقات التي تتطلب ضغوطًا عالية جدًا أو سرعات دوران عالية جدًا.
- **زيادة التحميل على عمود الدوران:** قد يؤدي الضغط الزائد إلى زيادة التحميل على عمود الدوران والمحامل، مما قد يقلل من عمر المضخة.
- **ارتفاع تكلفة الصيانة:** قد تكون تكلفة إصلاح وصيانة المضخات الترسية مرتفعة.
- **تاثير درجات الحرارة :** قد تتأثر المضخات الترسية بشكل سلبي بدرجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة.
- **اختيار المضخة المناسبة:** يجب اختيار مضخة ترسية مناسبة لنوع السائل المراد ضخه والضغط والسرعة المطلوبة.

الاختبار البعدى

عزيزي الطالب، بعد دراستك للمحاضرة أجب عن الأسئلة الآتية:

1- عرّف المضخة وبيّن وظيفتها الأساسية.

2- كيف تُصنَّف المضخات بصورة رئيسية؟

3- ما المقصود بمضخات الإزاحة الإيجابية؟ اذكر أنواعها.

4- وضّح مبدأ عمل المضخة الترددية المكبسية.

5- اذكر أهم مميزات وعيوب واستخدامات المضخات المكبسية.

المحاضرة الثانية / انواع المضخات

الاختبار القبلي

1- ما المقصود بالمضخات الديناميكية؟

2- اذكر نوعين من المضخات الديناميكية.

3- ما المقصود بمضخة الطرد المركزي؟

4- ما الجزء المسؤول عن إكساب السائل الطاقة داخل مضخة الطرد المركزي؟

5- ما الغرض من استخدام مضخة الطرد المركزي؟

2- المضخات الديناميكية :-

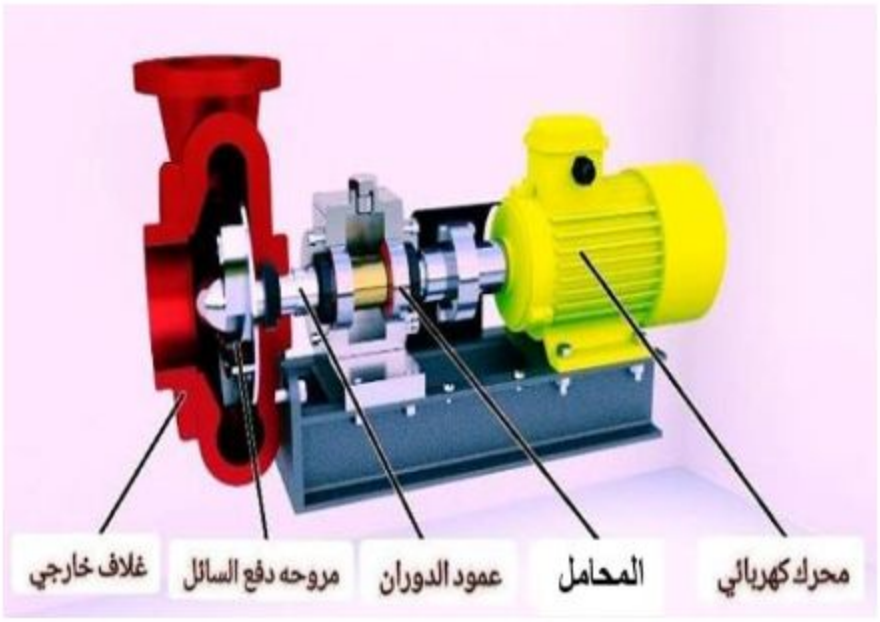
- مضخات الطرد المركزي.
- مضخات نفاثة.
- مضخات رفع الهوائي.
- مضخات مروحية.

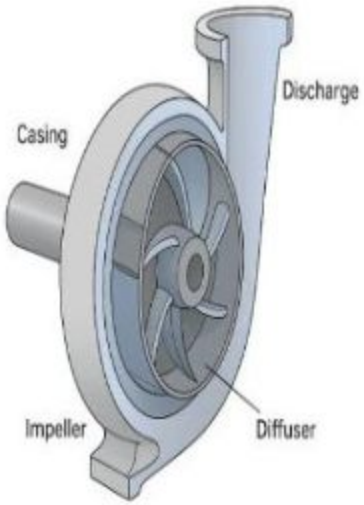
المضخات الطرد المركزي

هي معدة هيدروليكية تستخدم لزيادة طاقة السائل أي تحويل الطاقة الحركية المكتسبة في الدفاعة البشارة المروحية إلى طاقة ضغط وتكون ذات انسيابية مستمرة وذات ضغوط مختلفة متوسطة وعالية وعدم وجود المكابس وملحقاتها أعطاها بساطة بالتصميم بالإضافة إلى الإنتاجية العالية وسرعة التشغيل والإيقاف وسهولة ضبط كمية السائل المطلوب ضخه ومن استخداماتها إنها تستخدم في الوحدات الإنتاجية النفطية في المصافي ومجالات نقل المواد الثقيلة وأغراض السقي والري ومجالات الإطفاء وتستخدم في مجالات عديدة أخرى.

مبدأ عمل المضخات الطاردة المركزية

عندما تدور(البشارة) المروحية تتحول الطاقة الميكانيكية الداخلة إليها من المحرك إلى طاقة هيدروليكية فتزداد الطاقة الحركية وطاقة الضغط للسائل عند مروره خلال مجاري البشارة المروحية وحتى يخرج إلى الجسم الحلزوني أو(الناشر) يرتفع الضغط مرة أخرى بينما تنخفض الطاقة الحركية تدريجيا حتى يصل إلى مخرج المضخة .من ذلك نرى أن ارتفاع الضغط بين مدخل المضخة ومخرجها حدث على مرحلتين أحدهما خلال البشارة المروحية والأخرى (الجسم الحلزوني) أو(الناشر) بينما انخفضت السرعة بعد زيادتها في البشارة المروحية الى نفس قيمتها عند مدخل المضخة.







الشكل (1,2):- يوضح أجزاء مضخة الطرد المركزي

أجزاء المضخة الطاردة المركزية

- **هيكل المضخة :**

ان هيكل المضخة يكون اما مفتوحا افقيا او مفتوح عموديا وتكون في معظم التصاميم مفتوحا افقيا وذلك لسهولة الوصول الى الاجزاء الداخلية لأجل الصيانة والفحص. ويتلخص عمل الهيكل في تجميع السائل من البشارة وتحويل الطاقة الحركية الى طاقة ضغط اثناء الانسياب في الغرفة الحلزونية وكذلك فا نه يقوم بحماية الاجزاء الداخلية للمضخة ويمكن ان تكون المضخة ذات هيكل مزدوج او ذات هيكل حلقي.

- **محور المضخة :**

ان محور المضخة هو الذي يحمل جميع الاجزاء الدوارة للمضخة ويتحدد قطره بعدد من العوامل منها السرعة والطول والقدرة الحصانية. ان قطر المحور متغير فهو عريض في المنتصف والمناطق التي يوجد فيها محامل (Bearing) ومناطق الارتكاز حيث يتحمل اجهادات اكثر ـ ونحيف (اقل قطرا) في النهاية وذلك لسهولة ربطه بالمحرك. وفائدة المحور هو انه يقوم بنقل العزم الدوراني من المحرك الى الدفاعة (البشارة) المروحية ويصنع من معادن مختلفة منها الفولاذ المقسى وحديد الصلب ويتم عادة استخدام البطانات التي تسمى (Shaft sleeve) وهي قطع معدنية تصنع عادة من الفولاذ من النوع المقاوم للصدأ وتوضع بين المحور والحشوة وهي تحمي المحور من السوائل التي تسبب التآكل في الحشوات.

- **البشارة :**

تصنع البشارة او (Impeller) من البرونز او الحديد الزهر المقاوم للصدأ ويعتمد ذلك على نوع السائل المراد ضخه لكي يتحمل الاجهادات الكبيرة الناتجة من جراء الاحتكاك بين جزيئات السائل وهي مصممة للدوران السريع لكي تتمكن من اكساب السائل الطاقة الحركية العالية وتصنف الى عدة انواع منها المغلق ويتميز هذا النوع بكفاءة تشغيل عالية بينما نوع المفتوح تستخدم في حالة وجود رواسب عالقة في الماء. ونصف المفتوح يعمل عندما يكون صمام التفريغ مفتوح جزئي, ويتكون من مدخل واحد او مدخلين حسب طريقة دخول السائل. واحيانا تصنف حسب اتجاه

جريان السائل الى نصف قطرية (Radial) او محورية (Axial) أو مختلط (Mix) وتصنف احيانا حسب زاوية الريش حادة او قائمة او منفرجة حسب الاشكال الموضحه .



الشكل (3,4) :- يوضح اشكال الزوايا وعضودوران المضخة

- **الناشر :**

ان الناشر عبارة عن ريش ثابته تحيط بالبشارة وفائدتها توجيه السائل ولزيادة الطاقة حيث تحول الطاقة الحركية الى طاقة ضغط عن طريق زيادة المقطع من المدخل الى المخرج حيث تقل السرعة ويزداد الضغط.

- **حلقة واقية لعين البشارة :**

وهي عبارة عن حلقة معدنية فائدتها حماية البشارة من التآكل والاحتكاك وتصنع من مادة البرونز او الحديد الفولاذي.

- **صندوق الحشوات :**

يعمل صندوق الحشوات على منع التسرب من المضخات فاذا كانت المضخات تعمل على رفع سالب اي ان خزان السحب يقع أسفل المضخة فان الضغط داخل المضخة يكون اقل من الضغط الجوي وبذلك فان صندوق الحشوات يمنع تسرب الهواء من الخارج الى الداخل واذا كان الضغط داخل المضخة اعلى من الضغط الجوي فان صندوق الحشوات يمنع تسرب السائل من داخل المضخة الى الخارج في غالبية المضخات يكون شكل الصندوق اسطوانيا مملوء بالحشوات يحيط بالمحور أو بطانة المحور.

- **المساند والمحامل :**

ان جميع انواع المحامل يمكن ان تستخدم في المضخات الطاردة عن المركز حيث يستخدم محملين

خارجيين في حالة المضخة ذات السحب الثنائي ذات المرحلة الواحدة واحد عند كل نهاية من الغطاء وهناك انواع من المحامل المقاومة للاحتكاك والتي تستعمل الزيت او الكريز للتزييت ويثبت المحمل في مكانه بواسطة ماسكات او يثبت في الهيكل المضخة اثناء التصميم. وبسبب الحرارة المتولدة من المحمل او الحرارة المتولدة من دوران السائل فانه في بعض الاحيان يتم استخدام وسائل تبريد اخرى غير الاشعاع الى الهواء وذلك لخفض درجة حرارة المحمل ضمن الحد المطلوب فاذا استعمل المحمل نظام قسري يتم التبريد عادة بتدوير الزيت خلال مبادل حراري (ماء – زيت).

❖ **الملحقات الثانوية ومنظومة حماية المضخة**

1- المصفي او الفلتر

2- المقاييس بأنواعها

3 - فتحتي الدخول والخروج

4 - الصمامات بأنواعها

5 - مكبس الموازنة

ميزايا وعيوب مضخات الطرد المركزي

الميزات:

- ✓ شائعة جداً وسهلة الصيانة.
- ✓ تعطي تدفقاً مستمراً ومنتظماً.
- ✓ تعمل بكفاءة جيدة في السوائل منخفضة اللزوجة.
- ✓ تصميم بسيط ومرن: تتميز بتصميم بسيط نسبيًا، وتتوفر بأحجام وسعات مختلفة لتناسب احتياجات متنوعة.

العيوب:

- ✓ لا تعمل جيداً مع السوائل اللزجة.
- ✓ تحتاج إلى ملء المضخة بالسائل قبل التشغيل (عملية التحضير).
- ✓ استهلاك الطاقة :قد تستهلك طاقة عالية، خاصة في التطبيقات التي تتطلب معدلات تدفق وارتفاع عاليين.

الاستخدامات:

- ✓ نقل المياه : تستخدم على نطاق واسع في أنظمة إمدادات المياه وري الزراعة.
- ✓ الصرف الصحي : تستخدم في محطات معالجة مياه الصرف الصحي لضخ المياه العادمة.

- ✓ الصناعة : تستخدم في مختلف الصناعات لنقل المواد الكيميائية، الزيوت، والمواد الأخرى في المصافي ومحطات الطاقة.
- ✓ التبريد والتكييف : تستخدم في دورات التبريد وأنظمة مناولة الهواء.

مضخة الرفع الهوائي (Air Lift Pump)

هي مضخة بسيطة تستخدم فقاعات الهواء المضغوط لرفع السائل. تعمل عن طريق ضخ الهواء في قاع أنبوب رفع مملوء بالماء، مما يقلل من كثافة الخليط ويدفع الماء إلى الأعلى. تتميز بعدم وجود أجزاء متحركة، مما يجعلها موثوقة وقليلة الصيانة ومناسبة لرفع المياه والنفايات السائلة.

مبدأ العمل

يتم ضخ الهواء عبر أنبوب إلى أسفل أنبوب الرفع الرئيسي، الذي يكون مغموراً في السائل .تتجمع فقاعات الهواء في قاع أنبوب الرفع، حيث تتحد مع الماء .يقلل الهواء من كثافة الخليط (الماء والهواء)، مما يجعل كتلة الخليط أخف وأقل كثافة من الماء المحيط .بسبب فرق الكثافة، ترتفع فقاعات الهواء والماء المختلط بها إلى الأعلى عبر أنبوب الرفع يخرج الخليط المرفوع من أعلى المضخة.

الميزات:

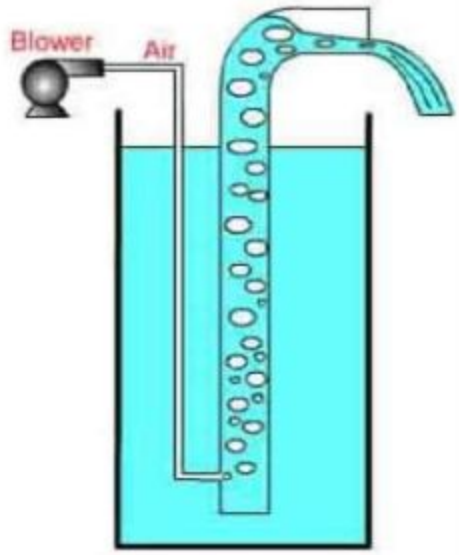
- لا تحتوي أجزاء ميكانيكية متحركة داخل الماء.
- يمكنها ضخ المياه المحتوية على رمال أو شوائب.
- سهلة الصيانة.

العيوب:

- كفاءتها منخفضة.
- تحتاج مصدر هواء مضغوط.

الاستخدامات:

رفع المياه من الآبار، نقل الطين أو المياه الملوثة.



الشكل (5):- يوضح مضخة الرفع الهوائي

المضخات النفاثة (Jet Pumps)

هي جهاز يُستخدم لسحب السوائل أو ضغطها أو خلطها عن طريق استخدام تيار سائل أو غازي دافع. تعمل عن طريق استخدام فوهة لزيادة سرعة السائل الدافئ وتسبب انخفاضًا في الضغط، مما يؤدي إلى شفط السائل الأصلي، ثم يختلط السائلان في أنبوب الخلط ويخرجان من المضخة بضغط كافٍ.

المكونات الرئيسية:

- ✓ (Impeller): يخلق تدفق الماء ويساعد في توليد الضغط .
- ✓ غلاف المضخة :(Pump Casing) يضم المروحة ومجموعة النفاثات ويوفر الدعم الهيكلي .
- ✓ الناشر : (Diffuser) يوجه تدفق المياه من المروحة إلى منفذ التفريغ .
- ✓ المحرك: يقوم بتحريك المروحة، وغالبًا ما يكون محركًا كهربائيًا .
- ✓ صمام القدم :(Foot Valve) يُثبّت في قاع البئر، يمنع الماء من التدفق عائدًا ويحافظ على سلامة المضخة من الجفاف .

الميزات:

- لا تحتاج أجزاء متحركة داخل السائل.
- يمكنها العمل على أعماق كبيرة.

- بسيطة التركيب.

العيوب:

- كفاءتها منخفضة نسبياً.
- تحتاج إلى مصدر ضغط عالي للتشغيل.

الاستخدامات:

✓ إمدادات المياه المنزلية: في المنازل لضخ المياه من الآبار أو الخزانات.
✓ الري: لري الحدائق وأنظمة الزراعة.
✓ الاستخدامات الصناعية: لرفع المواد الكيميائية ونقلها في قطاعات صناعية مختلفة.
✓ الأنظمة البحرية: لدفع المركبات المائية مثل القوارب والعبّارات.
✓ صناعة النفط: كجزء من نظام للرفع الاصطناعي في آبار النفط.



الشكل (6):- المضخة النفاثة

المضخات المروحية (Axial Flow Pumps)

هي مضخات تدفق ذات ضغط منخفض وكميات كبيرة من السائل، تتكون من مروحة داخل أنبوب تدفع السائل في مسار موازٍ لمحور المضخة. تُستخدم بشكل شائع لرفع المياه من الفيضانات، وفي أنظمة الري الزراعي، أو في محطات معالجة المياه، حيث تُدار إما بواسطة محرك كهربائي أو ديزل متصل مباشرة أو بعمود إدارة. مبدا عملها تعمل مثل المروحة، حيث تدفع السائل في اتجاه موازٍ لمحور الدوران.

المكونات الرئيسية:

✓ تتكون من مروحة (دفاعة محورية) موضوعة داخل أنبوب، ويمكن توجيهها عموديًا أو أفقيًا .
✓ طريقة الدفع: تدفع المروحة السائل في نفس اتجاه محورها، بدلاً من دفعه شعاعيًا نحو الخارج كما في المضخات الطاردة المركزية .

- ✓ مكونات مساعدة: قد تحتوي على شفرات توجيه ثابتة في المدخل والمخرج لتوجيه السائل إلى المروحة وتقليل الدوامات عند الخروج، مما يزيد من كفاءة المضخة .
- ✓ مصدر الطاقة: يمكن أن تكون المروحة مدفوعة بمحرك كهربائي داخل الأنبوب، أو بمحرك خارجي .

الميزات:

- ✓ تحقق معدل تدفق عالٍ جداً.
- ✓ مناسبة للضغوط المنخفضة.
- ✓ كفاءة جيدة مع السوائل النظيفة.

العيوب:

- ✓ لا تصلح لضغوط عالية.
- ✓ تتأثر بتغيرات اللزوجة.

الاستخدامات الشائعة

- ✓ التطبيقات الزراعية: تُستخدم لري المحاصيل بكميات كبيرة من المياه.
- ✓ رفع المياه: تستخدم لإزالة المياه من المناطق المغمورة أو في أنظمة الري.
- ✓ معالجة المياه: تستخدم لنقل كميات كبيرة من المياه في محطات المعالجة.
- ✓ التطبيقات الصناعية: تستخدم في الصناعات المختلفة لضخ المياه أو السوائل الأخرى.



الشكل (7):- مضخة المحورية

المحاضرة الثالثة / العطلات في المضخات – مقدمة في الضاغطات

الامتحان القبلي

1- ما وظيفة المضخة؟

2- ماذا تلاحظ إذا كانت المضخة تعمل ولكن السائل لا يخرج منها؟

3- ما الأسباب التي قد تؤدي إلى صدور صوت غير طبيعي من المضخة؟

4-هل تُستخدم الضاغطة للسوائل أم للغازات؟ وما وظيفتها؟

أبرز أعطال مضخات الطرد المركزي وكيفية اكتشافها

1- المضخة لا تعمل (توقف مفاجئ)

الأسباب المحتملة:

- ضعف في التغذية الكهربائية أو تلف الكيبل .
- أعطال في المحرّك.
- انسداد داخلي أو جسم غريب يعيق دوران المروحة.

كيفية الاكتشاف:

- فحص الكهرباء والتوصيلات.
- تجربة تشغيل يدوي للمروحة بعد فصل الكهرباء.
- استخدام جهاز اختبار المحرك .

2- أصوات غريبة واهتزازات غير معتادة

الأسباب المحتملة:

- تكهف ناتج عن سحب غير كافٍ للسوائل.
- تآكل في المحامل.

- عدم محاذاة بين المضخة والمحرك.

كيفية الاكتشاف:

- استخدام سماعات كشف الاهتزاز.
- تحليل الاهتزازات بشكل دوري.
- فحص بصري للمحاذاة وشد المسامير.

3- ضعف أو انعدام التدفق

الأسباب المحتملة:

- انسداد في المروحة أو الأنابيب.
- دخول الهواء عبر خط السحب.
- دوران المضخة في الاتجاه المعاكس.

كيفية الاكتشاف:

- فحص مؤشر التدفق
- اختبار اتجاه دوران المحرك.
- فك غطاء المروحة للتأكد من سلامتها.

4- ارتفاع حرارة المضخة أو المحرك

الأسباب المحتملة:

- تحميل زائد على المضخة.
- تشحيم غير كافٍ للمحامل.
- انسداد في نظام التبريد.

كيفية الاكتشاف:

- استخدام ميزان حرارة بالأشعة تحت الحمراء.

- مراقبة ارتفاع الأمبير الكهربائي.
- فحص نظام التهوية أو التبريد المحيط بالمضخة.

5- انخفاض الضغط في خط السحب

الأسباب المحتملة:

- تسرب في الانابيب او الصمامات .
- تاكل المروحة.
- انخفاض سرعة الدوران .

كيفية الاكتشاف:

- اصلاح التسربات.
- استبدال المروحة.
- فحص المحرك ومصدر الطاقة.

أبرز أعطال مضخات الرفع الهوائي وكيفية اكتشافها

1- انخفاض معدل الرفع (تدفق ضعيف)

الأسباب المحتملة:

- ضغط الهواء غير كافٍ.
- نسبة الهواء إلى السائل غير مناسبة.
- انسداد جزئي في أنبوب السحب أو أنبوب الرفع بالرواسب أو الرمل.
- مستوى السائل في البئر منخفض جداً.

كيفية الاكتشاف:

- زيادة ضغط الهواء إلى الحد الموصى به.
- ضبط نسبة دخول الهواء (عادة بين 35–45 % من عمق الغمر).
- تنظيف الأنابيب من الرواسب أو الرمل.
- التأكد من أن أنبوب السحب مغمور بعمق كافٍ داخل السائل.

2- توقف الضخ تماماً

الأسباب المحتملة:

- انقطاع مصدر الهواء المضغوط.
- انسداد تام في فتحة دخول الهواء أو الأنبوب.
- تلف في خطوط الهواء أو تسرب.

كيفية الاكتشاف:

- فحص ضاغط الهواء وتشغيله.
- تنظيف فتحة دخول الهواء والأنبوب.
- إصلاح التسربات أو استبدال الخراطيم التالفة.

3- خروج هواء فقط بدون سائل

الأسباب المحتملة:

- أنبوب السحب غير مغمور في السائل (امتصاص هواء فقط).
- ضغط الهواء مرتفع جداً فيمنع دخول السائل.

كيفية الاكتشاف:

- إنزال الأنبوب أكثر داخل السائل.
- تقليل ضغط الهواء حتى يبدأ السائل بالصعود مع الفقاعات.

4-خروج سائل متقطع أو متذبذب

الأسباب المحتملة:

- تغير ضغط الهواء بشكل غير منتظم.
- وجود فقاعات هواء كبيرة جداً غير متجانسة.
- انسداد جزئي في أنبوب السحب.

كيفية الاكتشاف:

- تثبيت ضغط الهواء.
- تركيب منظم تدفق للهواء.
- تنظيف أنبوب السحب بانتظام.

5- ارتفاع استهلاك الهواء أو الطاقة

الأسباب المحتملة:

- تسرب في نظام الهواء.
- تشغيل المضخة عند ضغط أعلى من المطلوب.

كيفية الاكتشاف:

- فحص جميع التوصيلات والأنابيب بالرش بالماء والصابون للكشف عن التسرب.
- ضبط الضاغط على الضغط المثالي حسب عمق البئر.

أبرز أعطال مضخات النفاثة وكيفية اكتشافها

1- ضعف في التصريف أو قلة في الرفع

الأسباب المحتملة:

- انسداد فتحة أو الأنبوب النفاث بالأوساخ أو الرواسب.
- انخفاض سرعة السائل الدافع.
- وجود هواء داخل الخطوط.
- ضغط المضخة الدافعة غير كافٍ.

كيفية الاكتشاف:

- تنظيف فتحة والأنابيب جيدًا.
- التأكد من إحكام الوصلات لمنع دخول الهواء.
- فحص المضخة الدافعة وزيادة ضغط التشغيل.
- استبدال الأجزاء المتآكلة أو التالفة.

2- توقف المضخة عن السحب كليًا

الأسباب المحتملة:

- وجود تسرب هواء في خط السحب.
- انسداد في صمام السحب أو في الفوهة.
- مستوى السائل أقل من حد التشغيل.

كيفية الاكتشاف:

- فحص جميع الوصلات وإزالة التسرب.
- تنظيف الفوهة والصمامات.
- رفع مستوى السائل إلى الحد المطلوب.

3- اهتزازات أو ضوضاء غير طبيعية

الأسباب المحتملة:

- دخول هواء مع السائل (ظاهرة التجويف).
- رخاوة في تثبيت الأنابيب أو القواعد.
- تشغيل المضخة خارج مجالها التصميمي.

كيفية الاكتشاف:

- تقليل ارتفاع السحب وتحسين ظروف التدفق.
- تثبيت الأنابيب والمضخة بإحكام.
- ضبط تشغيل المضخة حسب المنحنى التصميمي.

4- تسرب من خطوط أو وصلات المضخة

الأسباب المحتملة:

- تلف في الحشوات.
- ارتخاء في البراغي أو الوصلات.

- تآكل الأنابيب أو الصمامات.

كيفية الاكتشاف:

- استبدال الحشوات المتضررة.
- شدّ الوصلات جيدًا.
- تغيير الأجزاء المتآكلة.

5- زيادة استهلاك الطاقة أو انخفاض كفاءة المضخة

الأسباب المحتملة:

- تآكل في فتحة النفث أو أنبوب الخلط.
- ترسيب الأوساخ في الفوهة مما يقلل الكفاءة.
- التشغيل بضغط غير مناسب.

كيفية الاكتشاف:

- تنظيف أو استبدال الفتحة.
- ضبط ضغط المضخة المساعدة.
- إجراء صيانة دورية للمكونات الداخلية.

أبرز أعطال مضخات المروحية وكيفية اكتشافها

1- انخفاض التصرف (كمية السريان أقل من المطلوب)

الأسباب المحتملة:

- انسداد جزئي في المدخل أو البشارة.
- تآكل أو تلف شفرات المروحة.
- سرعة دوران المضخة أقل من السرعة التصميمية.
- انخفاض مستوى السائل في الخزان (سحب هواء).
- انعكاس اتجاه دوران المحرك.

كيفية الاكتشاف:

- تنظيف مدخل المضخة والمروحة من الرواسب.
- استبدال أو إصلاح الشفرات التالفة.
- التأكد من سرعة دوران المحرك وضبطها.
- رفع مستوى السائل أو تحسين نظام السحب.
- التأكد من اتجاه الدوران الصحيح.

2- الاهتزاز والضوضاء الزائدة

الأسباب المحتملة:

- عدم اتزان المروحة بسبب تراكم الأوساخ أو التآكل.
- تلف في المحامل (Bearings).
- اختلال في المحاذاة بين المحرك والمضخة.
- وجود ظاهرة التجويف.

كيفية الاكتشاف:

- تنظيف المروحة وإعادة توازنها.
- فحص واستبدال المحامل التالفة.
- إعادة محاذاة العمود مع المحرك.
- معالجة التجويف (تحسين السحب، رفع الضغط عند المدخل مضخة).

4- تسرب السائل من أختام العمود

الأسباب المحتملة:

- تلف الأختام الميكانيكية أو الحشوات.
- ضغط زائد في المضخة.
- اهتزازات مفرطة تؤدي إلى تلف الأختام.

كيفية الاكتشاف:

- استبدال الأختام أو الحشوات.
- فحص ضغط التشغيل وضبطه.

- تقليل الاهتزاز عبر إعادة المحاذاة والصيانة الدورية .

5- ارتفاع درجة حرارة المحرك أو المضخة

الأسباب المحتملة:

- تشغيل المضخة بدون سائل (جفاف).
- زيادة الاحتكاك في المحامل أو المكونات.
- انسداد في مجرى التبريد أو ضعف التهوية.
- حمل زائد على المحرك.

كيفية الاكتشاف:

- التأكد من وجود السائل قبل التشغيل.
- تشحيم المحامل حسب التعليمات.
- تنظيف مجاري التبريد أو المروحة.
- تقليل الحمل أو فحص سبب ارتفاع المقاومة.

مقارنة بين المضخة المكبسية ومضخة الطرد المركزي

مضخة الطرد المركزي	المضخة المكبسية
1-بسيطة في تركيبها بسبب عدد اجزائها القليل	1-صعبة في تركيبها بسبب عدد اجزائها الكثيرة
2-الوزن الكلي للمضخة اقل ليعطي نفس الدفع	2-الوزن الكلي للمضخة اكبر ليعطي نفس الدفع
3-مناسبة لكميات كبيرة من التصريف وبضغوط منخفضة	3-مناسبة لكميات صغيرة من التصريف وبضغوط مرتفعة
4-تحتاج الى مساحة صغيرة وأساس بسيط	4-تحتاج الى مساحة كبيرة وأساس قوي
5- قليلة التآكل	5- سريعة التآكل
6-كلفة الصيانة اقل	6-كلفة الصيانة أكبر
7-يمكن ان تحمل الماء المحمل بالأوساخ	7- تحمل ماء اقل كمية اوساخ
8-يمكنها الدوران بسرعات عالية	8- لا يمكنها الدوران بسرعات عالية
9-تدفقها مستمر	9-تدفقها متقطع
10- لا تحتاج الى غرفة هوائية	10- تحتاج الى غرفة هوائية
11- تشغيلها بسيط	11- تحتاج الى دقة في التشغيل
12- تحتاج الى التحضير	12-لا تحتاج الى تحضير
13- كفاءتها قليل	13- كفاءتها عالية

مقدمة: الضاغطات

الضاغط: جهاز ميكانيكي يقوم بزيادة ضغط الغاز عن طريق تقليل حجمه .أهميته يلعب دورًا حيويًا في العديد من الصناعات مثل التبريد، ومعالجة الغاز، وإنتاج الهواء المضغوط .والضاغطات بصورة عامة هي معدات تستخدم لرفع ضغط الغازات وذلك بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة ضغط يكتسبها الغاز أو الهواء أثناء عملية الانضغاط وتستخدم في مجالات عديدة.

آلية العمل:

- يعمل على امتصاص الطاقة الميكانيكية من محرك (كهربائي أو ديزل) وتحويلها إلى طاقة وضع يتم تخزينها .
- يتم ضخ الغاز بشكل مستمر داخل خزان، مما يزيد ضغطه تدريجيًا حتى يصل إلى القيمة القصوى المطلوبة .

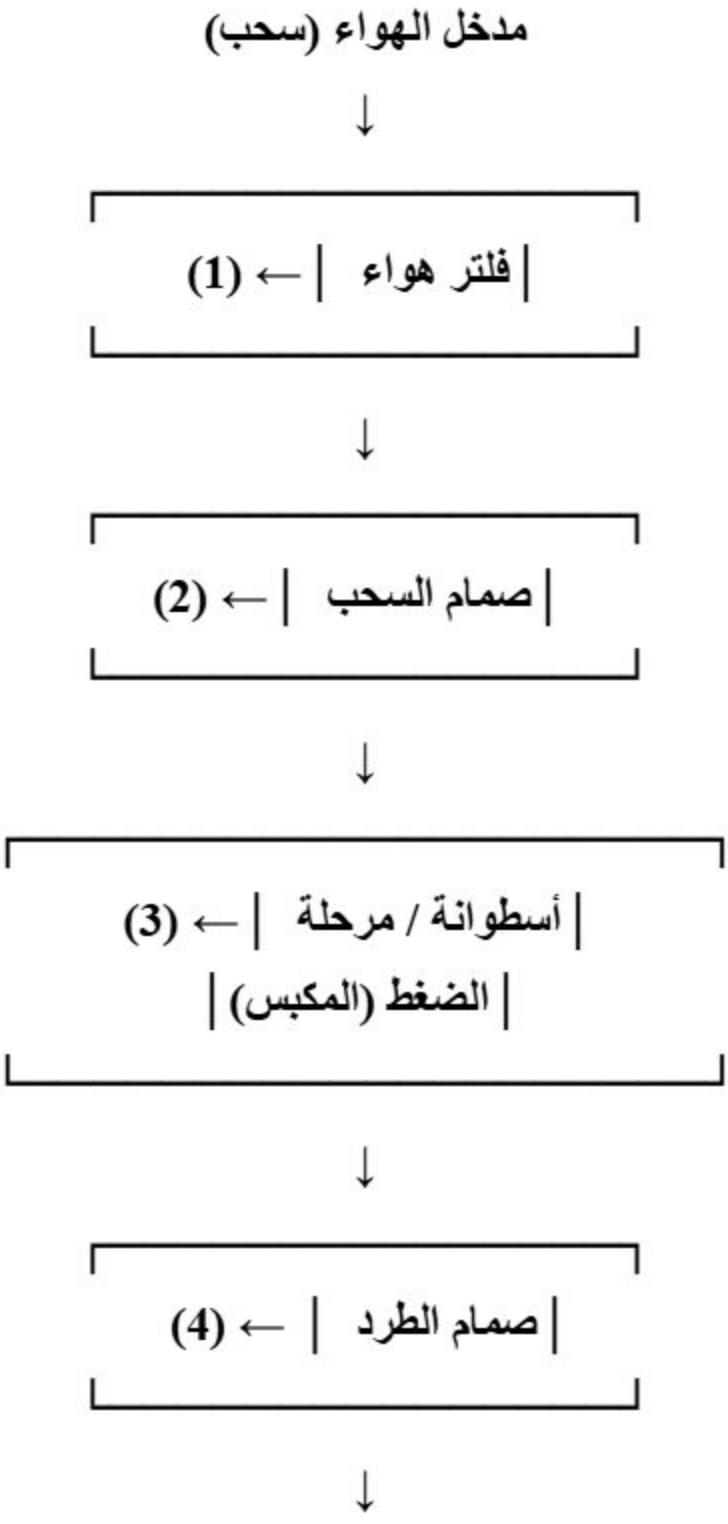
أنواع الضاغطات:

1. ضاغطات الطرد المركزي :(Centrifugal Compressors) مناسبة لتدفقات الغاز الكبيرة .
2. ضاغطات الدفع المحوري :(Axial Compressors) تستخدم في تطبيقات الضغط العالي .
3. ضاغطات ترددية :(Reciprocating Compressors) تعمل بالتبادل في حركة مكبس .
4. ضاغطات مائلة أو مختلطة التدفق :(Mixed Flow Compressors) مزيج من خصائص طرد المركزية والمحورية .

تطبيقات الضاغطات:

- التبريد والتكييف: تعتبر قلب نظام التبريد وتعمل على ضخ مادة التبريد (المبرد) عبر النظام .
- الهواء المضغوط: تستخدم لتشغيل الأدوات الهوائية والأجهزة الصناعية .
- الصناعات الكيميائية والنفطية: تستخدم في عمليات المعالجة المختلفة للغازات.

- اسالة الغاز لتقليل حجمه بواسطة رفع ضغطه.
- دفع الغازات خلال خطوط الأنابيب.





الشكل التخطيطي العام للضاغط

الأجزاء الرئيسية وتأشيرها:

1- فلتر الهواء :(Air Filter) لتنقية الهواء الداخل.

2- صمام السحب :(Inlet Valve) يسمح بدخول الهواء للأسطوانة.

3- الأسطوانة والمكبس :(Cylinder & Piston) تضغط الهواء داخلها.

4- صمام الطرد :(Discharge Valve) يفتح لخروج الهواء المضغوط.

5- المبرد :(Cooler) يخفض درجة حرارة الهواء بعد الضغط.

6- خزان الهواء (Receiver Tank): يخزن الهواء قبل الاستخدام.

الامتحان البعدي

1- اذكروا ثلاثة أعطال شائعة في المضخات.
2- ما الأسباب المحتملة لعدم ضخ السائل رغم تشغيل المضخة؟
3- ما سبب ارتفاع حرارة المضخة؟ وكيف يمكن التعامل مع هذا العطل؟
4- عرّفوا الضاغطة واذكروا أحد استخداماتها.
5- وضّحوا الفرق بين المضخة والضاغطة من حيث المائع الذي تتعامل معه كل منهما.

المحاضرة الرابعة / الضاغطات

الامتحان القبلي

1- ما وظيفة الضاغطة؟

2- ما أنواع الضاغطات التي تعرفونها؟

3- أين تُستخدم الضاغطات في حياتنا اليومية أو في الصناعة؟

4- هل تعمل جميع الضاغطات بالطريقة نفسها؟ وضّحوا ما تعرفونه.

انواع الضاغطات

يمكن تقسيم الضاغطات الى نوعين:-

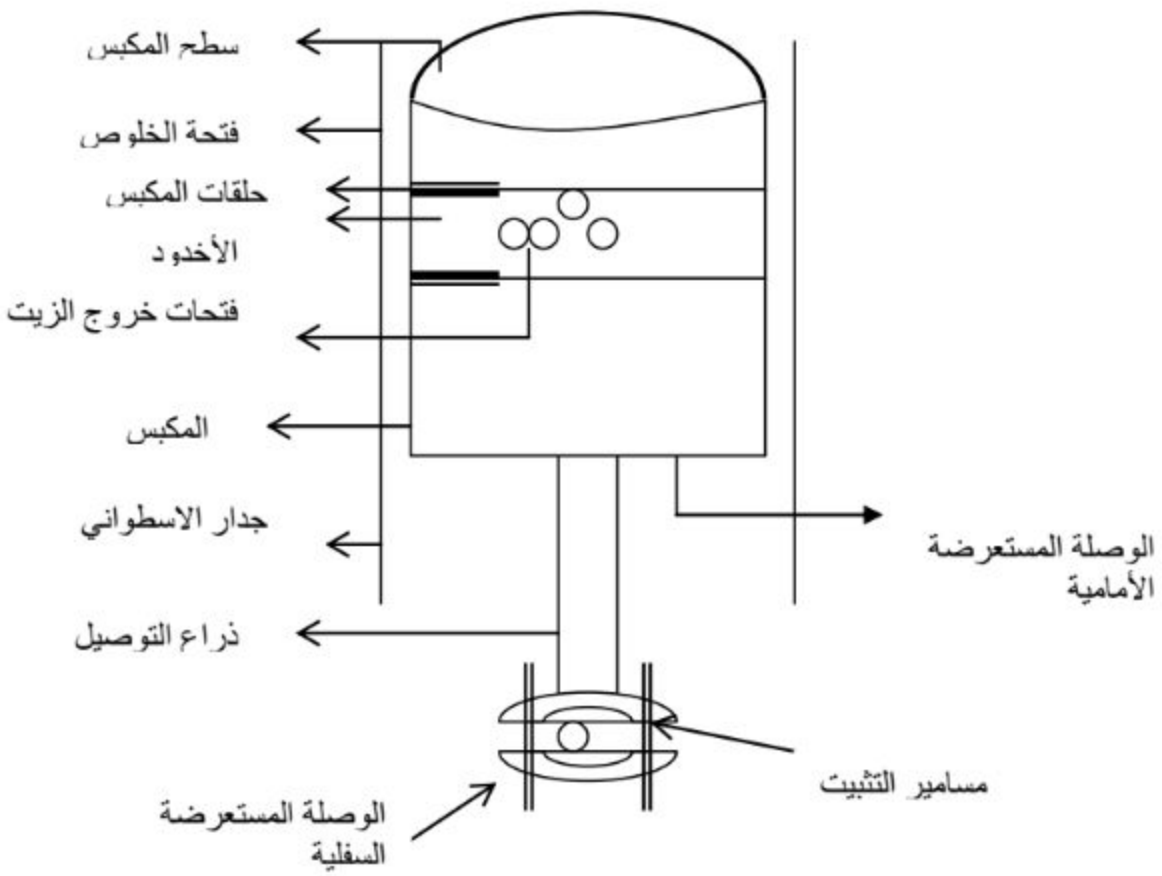
1- ضاغطات ذات الإزاحة الموجبة

تنقسم الضواغط ذات الإزاحة الموجبة إلى عدة أنواع رئيسية، تعتمد جميعها على مبدأ حبس كمية من الغاز داخل حيز ثم تقليل حجمه لزيادة الضغط. هذه الأنواع تُستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية والتجارية، وتختلف فيما بينها في مبدأ الحركة، التصميم، ومجالات الاستخدام. تقسم الى

- الضواغط الترددية (المكبسية) Piston Compressor
- الضواغط الدورانية (الحلزونية) Rotary Screw Compressor
- الضواغط ذات الريشة الدوارة Rotary Vane Compressor

الضواغط الترددية (المكبسية)

تمتاز الضاغطات الترددية بأنها ذات ازاحة موجبة ومن نوع المكبسية حيث تعمل تبعا" لمبدأ الإزاحة بفعل اجبار غاز ذو حجم معين على الدخول الى حيز ذي حجم أصغر وذلك بزيادة ضغطه.



الشكل (1) المقطع العرضي للضاغطة المكبسية

مبدأ عمل الضاغطة الترددية

يتم في الضاغطة الترددية (المكبسية) سحب الهواء ودفعه أمام المكبس ويتحرك حركة ترددية داخل اسطوانة معدنية في الضاغطة الأحادية الفعل حيث يتغير حجم الهواء الذي تتم ازاحته بواسطة المكبس من خلال حركته أثناء شوط الانضغاط .

الأجزاء الرئيسية والثانوية للضاغطة (الترددية) المكبسية

تتكون الضاغطة الترددية كما في الشكل (1) من الأجزاء التالية :-

1- المكبس وذراع المكبس

يختلف المكبس من حيث الحجم باختلاف الضاغطة. ففي الضاغطات الصغيرة الحجم تصنع من سبيكة خفيفة الوزن ليتمكن من اداء السرعة العالية أثناء الحركة

الترددية . وفي الضاغطات كبيرة الحجم يصنع المكبس من حديد الصلب ويترك سماح (الخلوص) بين المكبس والأسطوانة حفاظا " من التمدد الحاصل نتيجة ارتفاع درجات الحرارة ويحاط المكبس بحلقات من سبيكة أقل متانة من معدن الأسطوانة والمكبس و بالإمكان استبدالها حفاظا على المكبس والأسطوانة من التآكل كما وتمنع هذه الحلقات الغاز من التسرب خلال السما حية المذكور.

وتوجد حلقات تزييت على سطح المكبس مهمتها توزيع الزيت على جدران الأسطوانة أن قضيب المكبس (Piston Rod) هو الجزء الذي ينقل الحركة من عمود المرفق الى المكبس.

2- الأسطوانة

يحتوي رأس الأسطوانة على صمامين أحدهما للدخول الغاز والآخر لخروج وأن عمل هذين الصمامين تلقائي ويختلف تصميمه من شكل لآ خر . أن سرعة فتح الصمامات وغلقها يعتمد على عدة عوامل منها نسبة الانضغاط والسماح بين المكبس والاسطوانة وخواص ومواصفات الغاز وكذلك المعدن الذي يصنع منه الصمام.

اجزاء الصمام هي:

- قاعدة الصمام: - وهو الجزء الذي يحتوي على صفيحة الصمام ويعمل سوية " مع هذه الصفيحة على تهيئة ارتكازا" لفرق الضغط بين داخل وخارج الأسطوا نة.
- صفيحة الصمام: - وهو الجزء الذي يفتح ويغلق ممرات سريان الغاز في قاعدة الصمام.
- النابض: - وهو الجزء الذي يقوم بأرجاع الصفيحة على قاعدة الصمام.
- غطاء النابض : - وهو الجزء الذي يحدد حالة الرفع للسدادة أثناء عملية الانفتاح وكذلك يحدد حالة النزول للسدادة أثناء مرحلة الانغلاق.

3- محور الدوران وعمود المرفق

أن محور الدوران هو الجزء الذي بدورانه ينقل الحركة الى المكبس عبر أذرع التوصيل أما ذراع المكبس فهو الذي يربط المكبس الى عمود المرفق حيث ينزلق ويثبت الحركة الترددية والهدف من ذلك هو لجعل حركة المكبس الترددية

تسير بخط مستقيم . أن عمود المرفق يرتبط بمحور الدوران نقل الحركة الدورانية الى حركة ترددية بواسطة ذراع التوصيل.

4- الهيكل

يربط كل من محور الدوران وعمود المرفق وذراع التوصيل ضمن هيكل الضاغطة. أن الهيكل هو جسم يصنع ذو متانة عالية جدا" مثل الحديد الصلب أو الفولاذ الصلب لكي يتحمل الضغوط العالية. والسرع الكبيرة, وهو يحتوي على جميع الأجزاء المتحركة والتابعة للضاغطة.

الأجزاء الثانوية للضاغطة :-

1- المرشحات : - هي عبارة عن منظومة تستخدم لتنقية الهواء والغازات من الشوائب ويكون موقع المرشح في بداية فتحة دخول الهواء أو الغاز.

2- المخمدات :- أن المخمدات ضرورية خاصة أذا كان الهواء المضغوط الخارج من الضاغطة المكبسية يسبب رنين في أنابيب الدفع حيث يؤدي هذا الاهتزاز في الأنبوب وهذا الاهتزاز يؤثر تأثيرا مباشرا" على صمام الضاغطة وعليه يجب تصميم أنبوب الدفع لتلافي التذبذب المتعاقب.

3- المبادلات الحرارية: - عبارة عن جهاز يستخدم لأغراض تسخين المائع وتكثيفه وتتم عملية التبريد الحراري بين المادتين دون حدوث اختلاط بينهما. تتم عملية التبريد ما بعد عملية الانضغاط .ومبادل حراري يستخدم لتبريد الهواء أوالغاز وأن هذا الجهاز يوضع ما بين الضاغطة وخزان الهواء .

4 - مصائد البخار : - أن معظم الضاغطات مجهزة بمصائد لغرض فصل البخار المتكثف من الهواء المضغوط وتكون كفاءة الفصل تصل ما بين(% 80 – 90) أما ما تبقى من بخار الماء المتكثف فأنه يخرج مع الهواء المضغوط بشكل ضباب يدخل خزان الهواء وان سرعة الهواء تتقلص داخل الخزان فأن معظم ما تبقى من الماء المتكثف سيستقر على جدران الخزان ثم ينساب الى القعر بحيث يتم التخلص منه عن طريق صمام التصريف (Drain valve).

5 - مجمعات الهواء :- تتصف الضاغطات المكبسية بتغذيتها الغاز أو الهواء بصورة متقطعة ولغرض الحصول على استقرار التدفق سواء كان هواء أو غاز يوضع بشكل

مجمع للهواء أو الغاز حيث يشابه في تصميمه اسطوانة مغلقة مصنوعة من الحديد بسمك يتراوح بين 20 ملم وذلك بسبب مقدار الضغط المطلق ويزود بصمام أمان وظيفته تفريغ صمام ومقياس ضغط (مانوميتر).

6- أجهزة قياس درجة الحرارة: - تستخدم عندما يراد معرفة درجة حرارة جزء معين أو أكثر من جزء في عمليات الانضغاط الاعتيادية أو متعددة المداخل.

7- مقياس الضغط :- تستخدم أجهزة لقياس ضغط الهواء الداخل والهواء الخارج من الضاغطة وكذلك بين مرحلة وأخرى في حالة الضاغطات متعددة المراحل ليتسنى معرفة عمل تلك الضاغطة ويجب مراقبة عمل تلك الأجهزة واستبدال العاطل منها بين الحين والآخر ليسهل السيطرة كليا على عمل الضاغطة.

منظومة التزييت

يلعب عنصر الزيت دورا مهما في الضاغطات وله وظائف عديدة أهمها تقليل الاحتكاك والتأكل بين الأجزاء المتحركة وامتصاص الحرارة (التبريد) الناجمة من الاحتكاك بفعل حركة الأجزاء المتحركة وحماية الأجزاء من التأكل وتنظيف أجزاء الضاغط من الترسبات الكربونية وبرادة الحديد التي قد تنتج نتيجة العمل المستمر, وتقليل الضوضاء الناتجة من الضاغط. ويجب المحافظة على خصائص الزيت ومنها (اللزوجة، درجة الوميض، نقطة الانسياب).

طرق التزييت في الضاغطة:-

1 - التزييت بطريقة التناثر:- هذا النظام شائع في الضاغطات صغيرة الحجم حيث يتناثر أثناء دوران محور الدوران وتقوم بتزييت الأجزاء المختلفة.

2 - التزييت الإجباري: - ويعتبر من أكثر الطرق المستخدمة حيث يجري التوزيع للزيت الى جميع الأجزاء المتحركة بفعل مضخة مسننة.

3 -التزييت بطريقة الجاذبية: - وهي الطريقة التي يتم بواسطتها تزييت أجزاء مختلفة من الضاغطة بفعل الجاذبية أي عودة الزيت الى أسفل خزان الزيت.

منظومة الأحكام

أن الغاية من منظومة الأحكام هي منع تسرب الغاز أو الهواء من اسطوانة الضاغطة الى المحيط الخارجي.

منظومة التبريد

يتم التبريد في الضاغطات الصغيرة باستعمال الهواء وامراره على زعانف في جدران الضاغطة الخارجية لزيادة المساحة السطحية للتخلص من الحرارة بطريقة الإشعاع والحمل في آن واحد بفعل تيارات الهواء المباشر أو باستعمال مروحة أو منفاخ. أما في الضاغطات الكبيرة فأن الماء هو الوسيلة الوحيدة لاستخدامه كوسيط لتبريد هواء الضاغطة، حيث تتسرب الحرارة الى الماء. وفي الضاغطات متعددة المراحل تستخدم التبريد المرحلي.

تشغيل الضاغطة الترددية

1 - فحص مرشحات الزيت ومنظومة التزييت.

2 - تشغيل مضخة الزيت الابتدائية والتأكد من وصول الزيت الى كافة نقاط الضاغطة في صمامات الزيت العاكسة.

3 - يجب أن تكون صمامات الدفع مغلقة لغرض الحصول على أقصى مقدار للضغط في المراحل الأخيرة.

4 - التأكد من المحرك التشغيلي.

5 - تشغيل المحرك والضاغط والتحميل التدريجي من المرحلة الأولى وعند الحصول على الضغط المحدد في المرحلة الأخيرة يجب فتح الصمام على خط الدفع .

المكونات الأساسية للضاغطة الترددية هي:

المكبس :(Piston) الجزء الذي يتحرك ذهابًا وإيابًا لضغط الهواء.

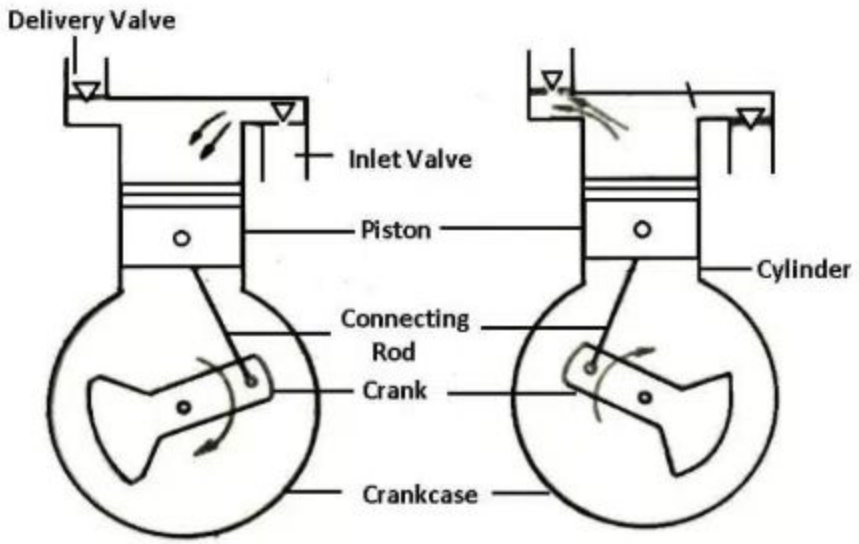
الأسطوانة :(Cylinder) الحجرة التي يتحرك فيها المكبس.

صمام السحب :(Intake Valve) يسمح بدخول الهواء.

صمام التفريغ :(Discharge Valve) يسمح بخروج الهواء المضغوط.

عمود المرفق :(Crankshaft) يحول الحركة الدورانية إلى حركة ترددية.

ذراع التوصيل (Connecting Rod): يربط بين المكبس وعمود المرفق.



Reciprocating Air Compressor

الأجزاء الرئيسية للضاغطة الترددية وطريقة عملها :

1 .شوط السحب (Intake Stroke)

يتحرك المكبس إلى الأسفل. يفتح صمام السحب (الدخول)، مما يسمح بدخول الهواء إلى الأسطوانة يكون صمام التفريغ (الخروج) مغلقًا.

2 .شوط الضغط (Compression Stroke)

يتحرك المكبس إلى الأعلى. يغلق صمام السحب، ويُضغط الهواء داخل الأسطوانة يزداد ضغط الهواء حتى يصل إلى مستوى معين.

3 .شوط التفريغ (Discharge Stroke)

يستمر المكبس في الحركة للأعلى. يفتح صمام التفريغ (الخروج)، مما يسمح بخروج الهواء المضغوط من الأسطوانة.

أن كفاءة النقل في هذا النوع من الضواغط تصل إلى 98%، ويمكن استخدامه مع التوربينات البخارية.

مزايا الضواغط الترددية

تكلفة منخفضة: تعتبر الضواغط الترددية رخيصة نسبيًا في التصنيع والشراء .

سهولة الصيانة وقطع الغيار: تقنية معروفة ومفهومة جيدًا، مما يسهل عملية العثور على قطع الغيار المتوفرة بأسعار معقولة .

تحقيق ضغوط عالية: يمكن للضاغط الترددي تحقيق نسبة ضغط هواء عالية، مما يجعله مناسبًا للتطبيقات التي تتطلب هواءً عالي الضغط .

قابلية التعديل والتحكم: تتميز بسهولة التحكم والسرعة القابلة للتعديل .

قابلة للنقل: الضواغط الأصغر حجمًا قابلة للنقل، مما يفيد في التطبيقات التي تتطلب التنقل .

بساطة التصميم: مبدأ عملها بسيط، مما يعني أن الماكينة أقل تعقيدًا .

عيوب الضواغط الترددية

كفاءة منخفضة في الأحمال المنخفضة: تكون أقل كفاءة عند التشغيل بأحمال منخفضة مقارنة بالتشغيل عند التحميل الكامل .

الضوضاء والحرارة: تولد هذه الضواغط ضوضاء وحرارة أكثر من أنواع أخرى، مما يجعلها غير مناسبة للاستخدام المستمر طويل الأمد في بعض التطبيقات .

الحجم الكبير: نظرًا لاحتوائها على أجزاء كبيرة مثل خزانات الغاز الكبيرة، يمكن أن يكون حجمها كبيرًا نسبيًا، مما يمثل مشكلة في المساحات المحدودة .

استخدامات الضواغط الترددية

معالجة الغاز الطبيعي: تُستخدم لضغط الغاز الطبيعي لتسهيل نقله من مواقع الإنتاج إلى أنظمة التوزيع .

التطبيقات الصناعية: مناسبة للاستخدامات الصناعية التي تتطلب هواء عالي الضغط.

الأدوات اليدوية: مناسبة لتشغيل الأدوات اليدوية نظرًا لاستهلاكها المنخفض للطاقة وإمكانية نقلها .

التشغيل والتوقف المتكرر: مناسبة لخطوط الإنتاج الصناعية التي تحتاج إلى بدء التشغيل والتوقف بشكل متكرر نظرًا لقدرتها على بدء التشغيل بسرعة.

الضواغط الدورانية (الحلزونية)

الضواغط الحلزونية الدوارة هي آلات تستخدم لضغط الغاز أو الهواء عن طريق دوران حلزونين متداخلين. تعمل عن طريق سحب الغاز بين مساحات الحلزون، ثم يضغط هذا الغاز مع تضييق المساحة، وأخيرًا يخرج مضغوطًا من المنفذ المخصص له. والضواغط الدورانية الحلزونية هي نوع من ضواغط الإزاحة الإيجابية التي تستخدم حلزونيين لضغط الغاز أو الهواء. يعمل أحدهما بشكل ثابت بينما يتحرك الآخر في حركة مدارية، ويتم ضغط الغاز بينهما في أثناء دوران الحلزون. تُعرف هذه الضواغط بفعاليتها، وكفاءتها في التشغيل، وهدوئها النسبي، وتستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية والتجارية والسيارات .

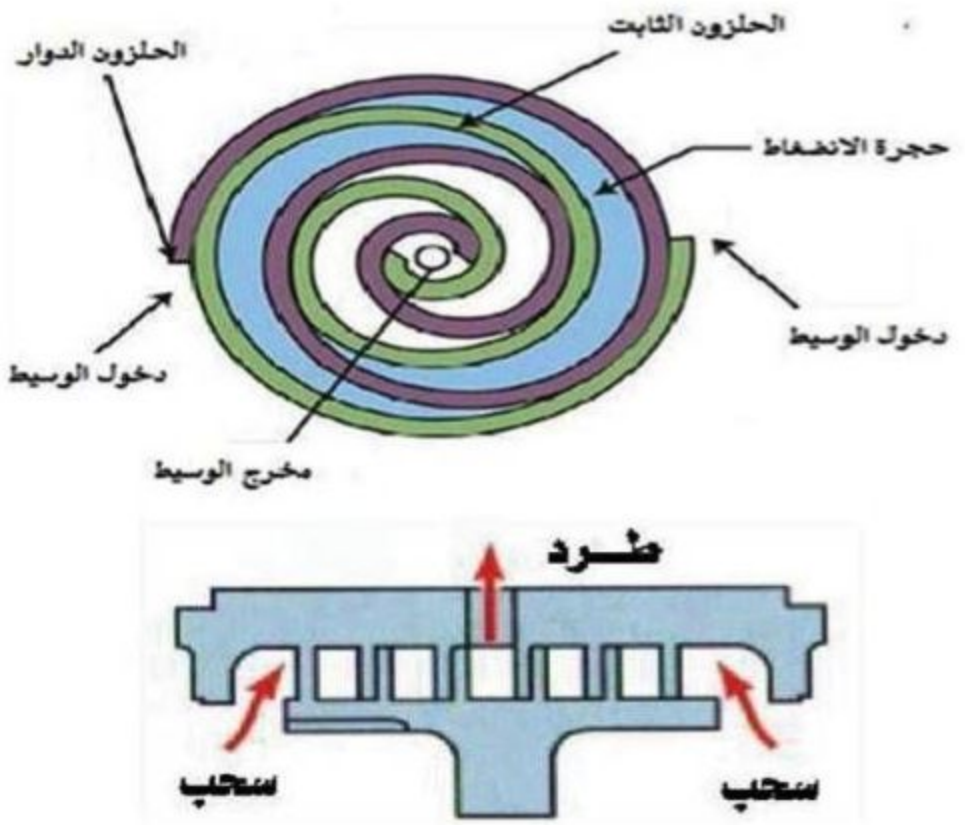
مبدأ العمل

يتكون الضاغط الحلزوني من زوج من الأسطوانات الحلزونية المتشابكة، أحدهما يدور والآخر ثابت (أو كلاهما يدوران).

السحب: يدخل الغاز إلى الأسطوانات من خلال مدخل.

الضغط: مع دوران الحلزونات، يتم احتجاز الغاز في مساحات مغلقة بين أسنانها، وتقلص هذه المساحات تدريجيًا مع استمرار الدوران، مما يؤدي إلى ضغط الغاز.

التفريغ: يُفرغ الغاز المضغوط من منفذ تفريغ خاص عند وصوله إلى الضغط المطلوب.



الشكل (3) الضواغط الدورانية (الحلزونية)

المزايا

كفاءة عالية: تُعد أكثر كفاءة من الضواغط المكبسية في تطبيقات معينة، حيث يمكنها ضغط المزيد من الهواء باستخدام طاقة أقل، ويرجع ذلك إلى تصميمها الميكانيكي الفريد.

تشغيل هادئ: تنتج ضوضاء واهتزازات أقل بكثير مقارنة بالضواغط المكبسية، وهذا يجعلها مناسبة للاستخدام في المناطق السكنية أو الأماكن التي تتطلب مستوى صوت منخفض.

أجزاء متحركة أقل: تحتوي على عدد قليل من الأجزاء المتحركة، مما يقلل من التآكل والتلف ويؤدي إلى عمر افتراضي أطول.

موثوقية عالية: تصميمها المتين يضمن موثوقية عالية وأداء سلس حتى في الاستخدام المستمر لساعات طويلة.

العيوب

تكلفة أولية عالية: يكون سعر شراء الضواغط الحلزونية الدوارة أعلى من بعض أنواع الضواغط الأخرى.

صعوبة الإصلاح: لا يمكن إصلاح الضواغط الحلزونية ذات الأغلفة المغلقة، مما يعني أنه عند حدوث تلف كبير، يجب استبدال الضاغط بأكمله.

الاستخدامات

التطبيقات الصناعية: تستخدم بشكل واسع في المصانع والورش التي تتطلب ضغط هواء مستمر، حيث يمكنها العمل بشكل متواصل لساعات طويلة.

أنظمة التبريد وتكييف الهواء: شائعة الاستخدام في أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء التجارية والصناعية.

نقل المواد السائبة: تُستخدم لنقل المواد مثل الحبوب أو المساحيق في المصانع.

صناعة النفط والغاز: تدخل في عمليات استخراج النفط والغاز وتكريره.

أنواعها

المحقونة بالزيت: تستخدم الزيت في غرفة الضغط للتشحيم والتبريد .

الخالية من الزيت: توفر هواء مضغوط خالٍ من الزيت، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات التي تتطلب نقاءً عاليًا للهواء مثل المستشفيات .

متغير السرعة: تحافظ على كفاءة الطاقة عن طريق تغيير سرعتها بناءً على متطلبات العمل.

الضواغط ذات الريشة الدوارة

ضواغط ذات الريشة الدوارة هي نوع من ضواغط الإزاحة الإيجابية التي تعمل عن طريق دوار مركزي به ريش تنزلق في فتحات. يدور هذا الدوار بشكل لا مركزي داخل غلاف ثابت، مما يؤدي إلى إنشاء حجرات متغيرة الحجم تضغط الهواء. تُعرف هذه الضواغط بكفاءتها، وعمرها الطويل، وموثوقيتها، وعملها الهادئ والمستمر،

وتستخدم في تطبيقات متنوعة مثل أنظمة تكييف الهواء بالسيارات والتطبيقات الصناعية الخفيفة .

آلية العمل

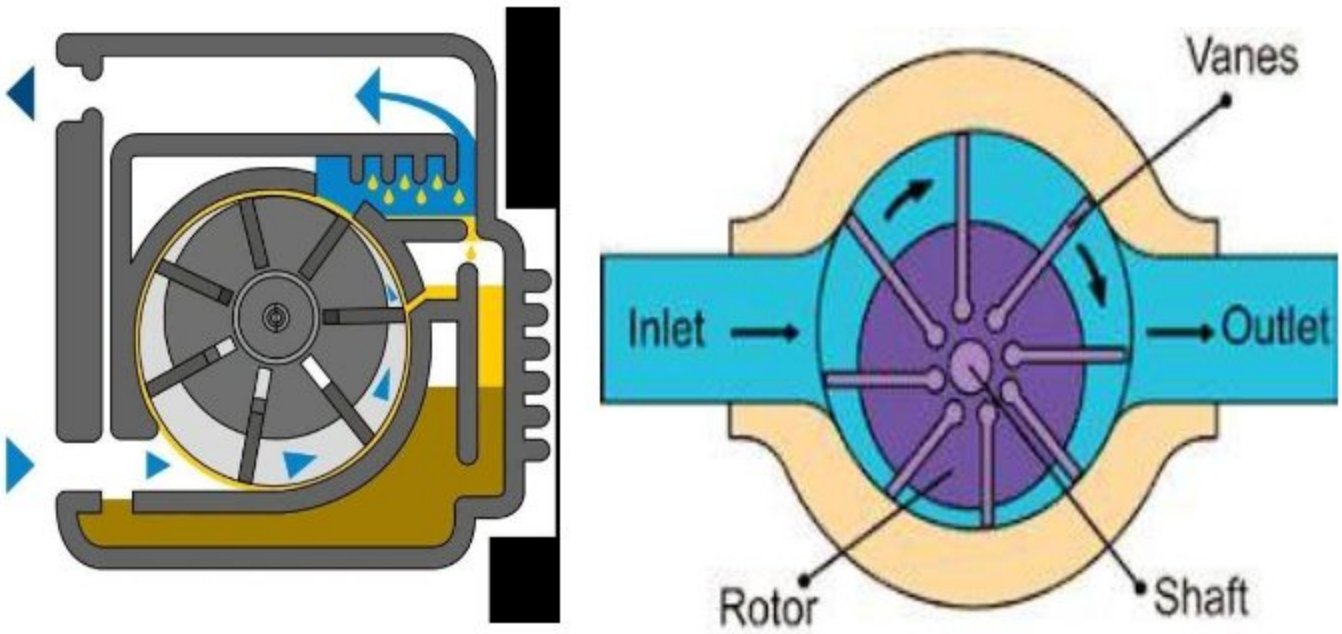
الدوران :يتم تثبيت دوار يحتوي على ريش قابلة للحركة بشكل لا مركزي داخل مبيت ثابت .

توليد حجرات :أثناء دوران الدوار، تُسحب الريش للخارج بفعل القوة الطاردة المركزية، مما يُشكل حجرات ضغط منفصلة ومغلقة .

سحب الهواء :مع دوران الدوار، تزيد المسافة بينه وبين المبيت، مما يسمح بسحب الهواء إلى الحجرات .

ضغط الهواء :مع دوران الدوار، يقل حجم الحجرات تدريجياً، مما يضغط الهواء الموجود بداخلها بشكل مستمر .

تفريغ الهواء :عندما تصل الحجرات إلى منفذ المخرج، يتم تفريغ الهواء المضغوط .



الشكل (4) الضواغط ذات الريشة الدوارة

المميزات

كفاءة عالية :تولد حرارة أقل مقارنة ببعض الأنواع الأخرى، مما يؤدي إلى كفاءة أعلى في استخدام الطاقة وتكاليف تشغيل أقل .

عمر طويل وموثوقية :تتميز بعمر تشغيل طويل ودورة عمل مستمرة بنسبة 100%، مما يجعلها موثوقة للغاية .

تدفق هواء ثابت :توفر تدفقًا ثابتًا ومستمرًا للهواء المضغوط .

ضوضاء واهتزاز منخفض :تعمل بهدوء واهتزاز منخفض، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات التي تتطلب مستوى ضوضاء منخفضًا .

حجم صغير :تتميز بتصميم مدمج وصغير الحجم، مما يسهل تركيبها في المساحات الضيقة .

عيوبها

تآكل الريش: تعد الريش المنزلقة أكثر عرضة للتآكل مع مرور الوقت، خاصة عند السرعات العالية، مما يتطلب صيانتها أو استبدالها بشكل متكرر.

كفاءة منخفضة: قد تكون هذه الضواغط أقل كفاءة مقارنة بأنواع أخرى، خصوصًا عند السرعات المنخفضة، حيث لا تتمكن الريش من إحكام الغلق بالكامل على جدار الساكن، مما يؤدي إلى تسرب الهواء وانخفاض الكفاءة.

تلوث الزيت: تحتاج معظم الضواغط ذات الريشة الدوارة إلى تزييت بالزيت، مما قد يؤدي إلى دخول بعض الزيت إلى الهواء المضغوط، الأمر الذي يستدعي استخدام فاصل هواء/زيت.

ضغط محدود: لا تكون هذه الضواغط مناسبة للتطبيقات التي تتطلب ضغوطًا عالية جدًا، حيث إن ضغط التفريغ لها محدود نسبيًا.

صعوبة التحكم في السعة: لا تتمتع هذه الضواغط بمرونة عالية في التحكم في سعتها، مما قد يجعلها غير مناسبة لبعض التطبيقات.

الاستخدامات

أنظمة تكييف الهواء في السيارات, التطبيقات الصناعية الخفيفة مثل النجارة والطباعة, العديد من التطبيقات الصناعية المتنوعة.

الامتحان البعدي:

1- صنّفوا الضاغطات إلى مجموعتين رئيسيتين حسب مبدأ عملها.

2- اذكروا نوعين من الضاغطات الإزاحية ونوعين من الضاغطات الديناميكية.

3- اشرحوا باختصار كيف تعمل الضاغطة المكبسية.

4- ما الفرق في طريقة العمل بين الضاغطة الطاردة المركزية والضاغطة المكبسية؟

5- أي نوع من الضاغطات تختارون لتوفير تدفق هواء مستمر وكبير؟ علّلوا إجابتكم.

المحاضرة الخامسة / الضاغطات التوربينية

الامتحان القبلي

1- ما وظيفة الضاغطة في المنظومات الصناعية؟

2- ماذا تعرفون عن الضاغطة الطاردة المركزية؟

3- ماذا يُقصد باتجاه الجريان المحوري؟

4- هل تتوقعون أن يكون مسار الهواء داخل الضاغطة الطاردة المركزية مماثلًا لمساره داخل الضاغطة المحورية؟ وضّحوا إجابتكم.

2- ضاغطات التوربينية Dynamic Compressor

الضاغطات التوربينية : هي آلات تستخدم توربينًا دوارًا لضغط الغاز أو الهواء، وتتكون أساسًا من توربين ومروحة ضغط مربوطين ببعضهما. الهدف منها هو زيادة كمية الهواء الداخل إلى المحرك لتوليد المزيد من القوة، وهي تتوفر بأنواع رئيسية مثل الضواغط الطاردة المركزية والمحورية.

تقسم الى

- **الضاغطات الطرد المركزي Centrifugal Compressor**
- **الضاغطات المحورية Axial Flow Compressor**

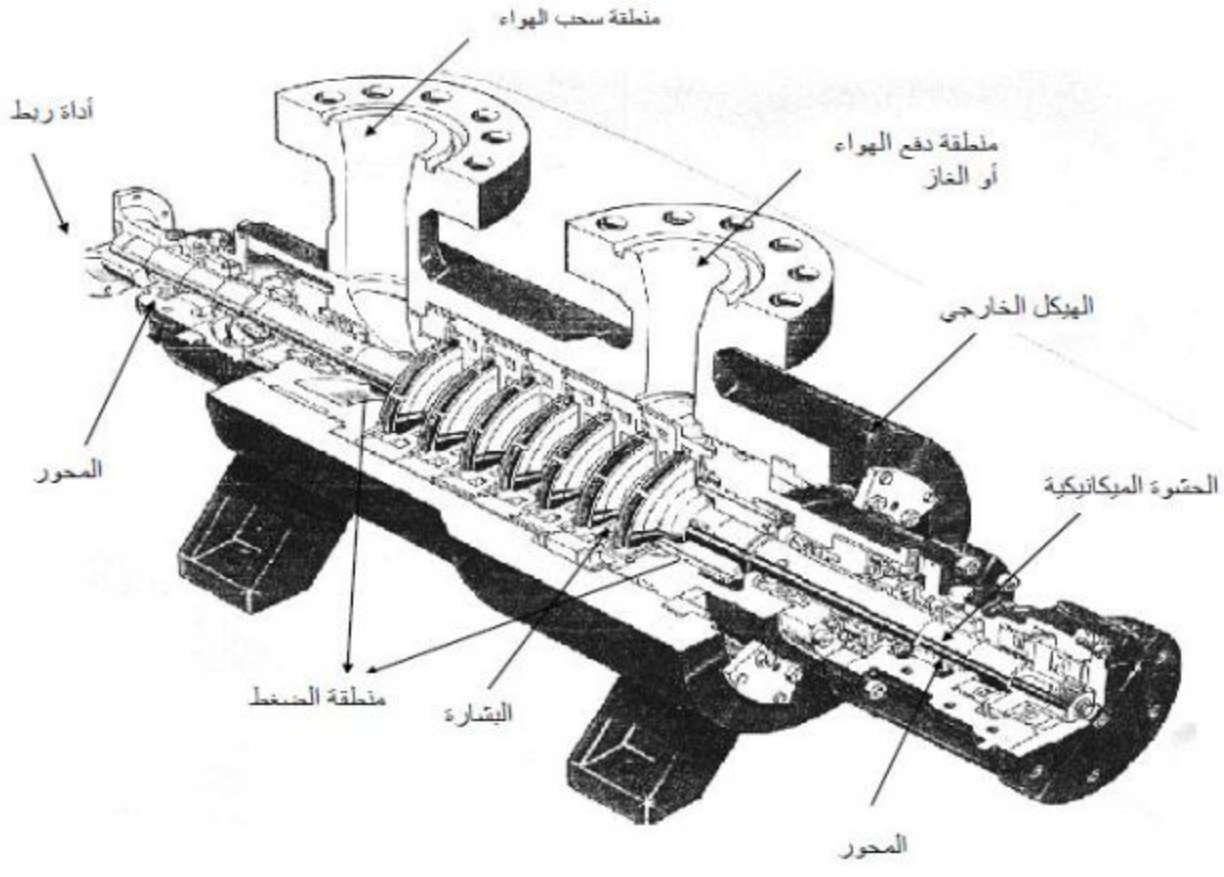
الضاغطات الطرد المركزي

ضاغطة الطاردة المركزية (أو الضاغط الطارد المركزي) هي آلة ديناميكية تزيد من ضغط الهواء عن طريق تسريع تدفقه باستخدام البشارة (impeller) وتوجيهه شعاعيًا للخارج باستخدام قوة الطرد المركزي، ثم تحويل هذه الطاقة الحركية إلى طاقة ضغط من خلال ناشر (diffuser) وغلاف حلزوني. تُستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية مثل إنتاج النفط والغاز وتكييف الهواء.والضاغط الطردي المركزي هو نوع من ضواغط الهواء السريعة التي تختلف عن ضاغط الهواء الإزاحي الإيجابي، فهو

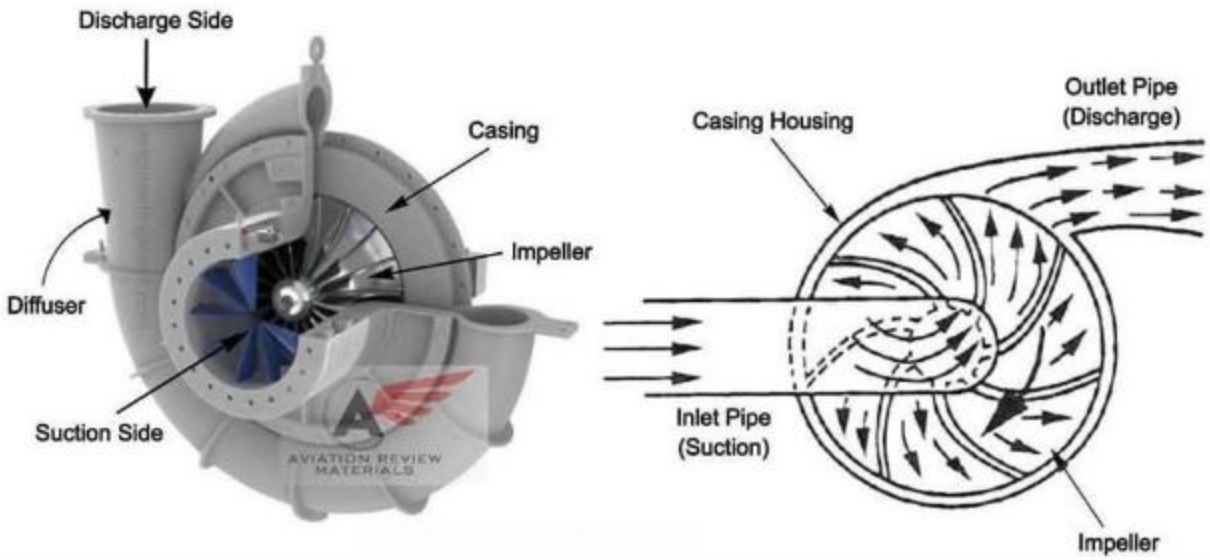
يزيد من سرعة تدفق الهواء ويحول الطاقة الحركية للهواء إلى ضغطه من خلال ناشر، وبالتالي يتم ضغط الهواء. جميع ضواغط الطرد المركزي هي ضواغط خالية من الزيت لأنها تدفع تدفقات الهواء بسرعة عالية باستخدام البشارة فقط في الضغط متعدد المراحل ولا يوجد زيت متضمن. يعتمد مبدأ ضاغط الطرد المركزي على استخدام قوة الطرد المركزي لزيادة طاقة الغاز الحركية، ومن ثم تحويلها إلى طاقة ضغط. يعمل الضاغط عن طريق دفع الغاز بسرعة عالية عبر دافع دوار، مما يزيد من طاقته الحركية، ثم يتم إبطاء سرعة الغاز في ناشر، حيث يتم تحويل هذه الطاقة الحركية إلى زيادة في ضغطه .

مبدا عمل الضاغطة

أن عملية الانضغاط تتم بفعل ديناميكي بواسطة ريش الدفاعة المروحية (impeller) حيث يدخل الغاز الى الدفاعة المر وحية باتجاه محوري ثم بتغير الجريان فيصبح باتجاه نصف قطري عندما يتحرك الغاز داخل الدفاعة المروحية تزداد طاقته الحركية الى أقصاها . والمرحلة التالية تقليل س رعة الغاز العالية أي تحويل الطاقة الحركية (Kinetic energy) الى ضغط مستقر (Static pressure) وهذا تم في الناشرة.



(Diffuser) الذي هو عنصر التوجيه الثابت وشكله يشبه الغرف الضيقة. يعتمد مبدأ عمل ضاغط الطرد المركزي على استخدام عناصر عمل ميكانيكية (دوافع دوارة عالية السرعة) للعمل على الغاز، بحيث تزداد الطاقة الحركية للغاز تحت تأثير قوة الطرد المركزي، ويزداد ضغطه أيضًا بشكل كبير. بعد ذلك، يتم تحويل هذا الجزء من الطاقة الحركية إلى طاقة ضغط ثابتة في قناة تدفق الناشر، مما يزيد من ضغط الغاز.



الشكل (2,1) يوضح الضاغطة الطرد المركزية

أجزاءه الرئيسية للضاغطة الطرد المركزية

1- هيكل الضاغطة : Casing يصنع من الفولاذ ويتكون من جزئين مثبتين بإحكام احدهما مع الآخر بواسطة مسامير (bolt) وصامولات (nets) وتكون مهمة الهيكل هو حمل أجزاء الضاغطة وتثبيت محور الضاغطة والمحامل في نهايتي الجزئين وفتحات الدخول والخروج لغرض الارتباط بالمحرك الى منظومة العزل التام لمنع تسرب الغاز خارج الهيكل .

2- المحور : Shaft fort Rotor يصنع من سبائك الفولاذ في الضاغطات ذات المرحلة الواحدة بتأثر المحور بقوى محورية تعادل مجمع الفرق بين ضغط السحب وبين ضغط لدفع في كل دفاعه مروحية أو كل مرحلة أما في الضاغطات متعددة

المراحل تتم عملية الموازنة باستخدام مكبس الموازنة أو يكون ترتيب البشارات باتجاهين متعاكسين الدوران . ويتم تركيب الدفاعه المروحية ومكبس الموازنة بواسطة التسخين .

3- العازلات أو الحواجز : Diaphragms العازل هو الجدار الذي يفصل بين مرحلة انضغاط وأخرى وأن شكله يؤهله لتحويل الطاقة الحركية للغاز الخارج من الدفاعه المروحية الى طاقة ضغط. ويتكون العازل من قسمين، قسم علوي يرتبط بالجزء العلوي للضاغطة والقسم السفلي يرتبط بالجزء السفلي للضاغطة. ويحتوي كل عازل على حلقات لمنع التسرب ومنع رجوع الغاز لى المرحلة التي تركها. وتقسم العازلات الى ثلاثة أقسام هي :

- **عازل السحب:-** الذي يقود الغاز الى مدخل الدفعه المروحية الأولى ويمكن تزويده بريش توجيه لتغيير زاوية الميلان.
- **العازل المتوسط:-** الذي يقوم بعملين حيث يشكل قناة الناشر التي يتم فيها تغيير الطاقة الحركية الى طاقة ضغط.
- **عازل التوزيع:-** ويعمل عمل قناة ناشر الدفاعه المروحية في المرحلة الأخرة في الضاغطة متعددة لمراحل ويشبه الحلزون حيث يقوم بزيادة تحويل الطاقة الحركية الى طاقة ضغط .
- **البشارة أو الدفاعه المروحية -:** Impeller تكون الدفاعه المروحية أما من النوع المفتوح أو المغلق وأن النوع المغلق يصنع بطريقة اللحام حيث يتم لحام الريش على القرص ثم يتم لحام القرص لمعاكس على الريش. أن الدفاعه المروحية المغلقة تستخدم في الضاغطات (المتعددة المراحل) أما لدفاعه المروحية المفتوحة تستخدم في الضاغطات(ذات المرحلة الواحدة) حيث إنها تعطي معدل جريان بسيط وضغط عالي وهناك الدفاعه المروحية نصف المغلقة أو نصف المفتوحة فأنها تستخدم في المرحلة الأولى من الضاغطات لمتعددة المراحل لغرض الحصول على كميات كبيرة من الغاز أو الهواء.

انواع المنظومات-:

1- منظومات الأحكام بالزيت:-

انواع مانعات التسرب هي:-

- **حلقات منع التسرب للغاز نوع Labyrinth**

توجد عدة أنواع من مانعات التسرب في ضواغط الطرد المركزي ذات Labyrinth (حلقات متعرجة)، وهي مصممة لمنع تسرب الغاز أو الزيت عن طريق إنشاء مسارات معقدة ومتعرجة تقلل من معدل التدفق. تختلف الأنواع بناءً على التصميم والمواد المستخدمة ومتطلبات التطبيق، وتشمل الأختام ذات الحلقات المعدنية أو الحلقات البلاستيكية، بالإضافة إلى مانعات التسرب الميكانيكية ذات التصميمات المعقدة . تتكون هذه الأختام من مجموعة من الحلقات المعدنية التي يتم تركيبها في مواضع متقاربة حول عمود الضاغط. تعمل هذه الحلقات على خلق ممرات متعرجة ومعقدة للغاز لتقليل سرعته وضغطه.

أسباب استخدام حلقات «labyrinth»

1- منع تسرب الغازات: تعمل هذه الأختام على منع تسرب الغازات من خلال ممرات متعرجة تقلل من معدل التدفق.

2- الحماية من دخول الأتربة: تساعد على منع دخول الغبار والأوساخ إلى الأجزاء الداخلية للضاغط.

3- الحماية من سوائل العملية: تُستخدم لحماية المحامل والمكونات الحساسة من سوائل التشغيل في التطبيقات الكيميائية والبترولية.

- **مانعة تسرب الزيت:**

تتكون من حلقات أو بطانات مصنوعة من الفولاذ ومبطنة بمعدن مقاوم للاحتكاك وتكون موضوعة على نهايتي محور الضاغطة, حيث تمنع التسرب من خارج الهيكل. ومانعة التسرب مصممة بحيث تكون بحركة مركزية مع المحور باستمرار.وعادة تكون هناك حلقتنين أحدهما تمثل جهة لضغط العالي والثانية جهة الضغط الواطئ. أن الزيت الذي يتسرب من منطقة الضغط العالي يطرد من خلال المصائد الأوتوماتيكية لمنع امتزاج الزيت مع الغاز بوجود (حلقات labyrinth) أما الزيت الذي يتسرب من منطقة الضغط الواطئ فأنه يعود عادة الى الخزان.

- **الحلقات الكربونية Carbon Rings :-**

تتكون الحلقة الواحدة من مجموعة قطع تجمع مع بعضها بواسطة (نابض) وتستخدم هذه في حالات الضغط في الضاغطة لايزيد فيها الضغط عن (1375 kpa) ويقتصر استخدام هذه الحلقات مع غازات نظيفة لكونها سريعة التكسر، هذه الحلقات تساعد على تقليل الاحتكاك بينها وبين المحور وبهذا قل مقدار مجال السماح بين حلقات الحشوة ومحور الضاغطة مما يؤدي الى تقليل تسرب الزيت او الغاز.

- **حشوة وصلة الازدواج العائمة :-**

هي وصلة مرنة تربط بين عمود الضاغط (Compressor Shaft) وعمود المحرك أو التوربين (Driver Shaft) وظيفتها نقل العزم (Torque) بشكل مرن بحيث تسمح بانحراف بسيط في المحاذاة, وحركة محورية صغيرة دون التأثير على توازن الضاغط. سُمّيت "عائمة" لأنها غير مثبتة بشكل صلب، بل تتحرك قليلاً داخل حدود معينة لتخفيف الأحمال على المحامل.

2- منظومة التبريد Cooling System :-

يتم التبريد بواسطة المبادلات الحرارية ويكون موقعها بالقرب من الضاغطة وبواسطة أبراج التبريد المفتوحة والمعرضة للضغط الجوي وأيضا" بواسطة الهواء الجاف (المراوح) ، ويعتمد الاختيار بالدرجة الأولى على طبيعة التصميم وموقع الاشتغال وتوفر الماء البارد .

الفحوصات اليومية الواجب أجر اءها على الضاغطة الطاردة المركزية

1- فحص كل من درجة حرارة، الضغط للزيت ومراقب الاهتزاز.

2- مراقبة أجهزة قياس ضغط المراحل.

3- قراءة كل من درجة حرارة لدخول للغاز المراد ضغطه و درجة حرارة ماء التبريد عند المداخل والمخارج .

4- مر اقبة مصائد التكثف. أن مصائد التكثف تقوم بتكثيف الرطوبة الموجودة بالهواء والتي لها دور كبير في تقليل ال تأكل للدفاعات المروحية .

5- مراقبة كل من فرق الضغط في مرشح دخول الهواء ومبردات هواء التنفيس وكذلك مراقبة فرق لضغط في مرشحات الزيت.

ميزايا ضواغط الطرد المركزي

1- يكون الجريان الغاز خارج الضاغطة وبدون تقطع.

2- الأساس الكونكريتي الذي تنصب عليه الضاغطة يكون رخيص التكاليف والمكان والحجم.

3- حدود التشغيل المستقر ضيقة وتعتمد نسبة دفع الضغط لكل مرحلة من مراحل الضاغطة على كثافة الغاز المضغوط.

4- يمكن ربطها بسهولة على المحركات الكربائية أو التوربينات الغازية أو البخارية والتي تسمح بتغيير السرعة وتجنب الاهتزاز.

5- تكون تكاليف الصيانة أقل بكثير من المكبسية.

عيوب ضواغط الطرد المركزي

1- استهلاك الطاقة: تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، خاصة النماذج عالية السرعة.

2- التآكل: تتعرض المروحة والأختام او الحلقات للتآكل عند ضخ السوائل التي تحتوي على جسيمات صلبة أو ذات لزوجة عالية.

3- التقلبات في الأداء: تتأثر كفاءتها بشكل كبير بالتشغيل خارج نقطة الكفاءة المثلى .

4- التشغيل الجاف: لا تعمل بشكل صحيح إذا كانت السوائل غير متوفرة، ويجب ملؤها بالكامل قبل البدء.

5- عدم الكفاءة في السوائل عالية اللزوجة: تصبح أقل كفاءة عند ضخ السوائل عالية اللزوجة، وتتطلب طاقة أكبر للحفاظ على معدل تدفق معين .

استخدامات ضواغط الطرد المركزي:

1- التطبيقات الصناعية: تشمل عمليات معالجة المياه، والكيمياويات، والنفط، والغاز، والنسيج.

2- أنظمة التبريد: تُستخدم في أنظمة التبريد الصناعية الكبيرة.

3- نواقل السوائل: تُستخدم لنقل كميات كبيرة من السوائل ذات الضغط المنخفض واللزوجة المنخفضة، مثل المياه.

4- تهوية الهواء: تُستخدم في ضواغط الهواء التي توفر هواءً خاليًا من الزيت في التطبيقات الحساسة.

5- توليد الطاقة: تستخدم في توربينات الغاز لزيادة كفاءة المحركات.

الضاغطات المحورية

الضواغط المحورية (Axial Compressors) هي نوع من الضواغط التوربينية التي تعمل على ضغط الهواء أو الغاز أثناء مروره بشكل موازٍ لمحور الدوران، أي أن حركة الهواء تكون في الاتجاه المحوري من بداية الضاغط إلى نهايته. تستخدم هذه الضواغط بشكل واسع في محركات الطائرات النفاثة والتوربينات الغازية ومحطات توليد الطاقة. تعتبر ضواغط التدفق المحورية مناسبة للتطبيقات ذات التدفق الكبير والمناسبة للضغوط المتوسطة والمنخفضة.

مبدا عمل الضاغطات المحورية

يعتمد مبدأ عمل الضاغط المحوري على زيادة ضغط الهواء تدريجيًا أثناء مروره عبر سلسلة من الريش الدوارة والثابتة:

1 .الريش الدوارة:(Rotor Blade)

تقوم بتدوير الهواء وتسريعه، مما يزيد من طاقته الحركية.

2 .الريش الثابتة:(Stator Blade)

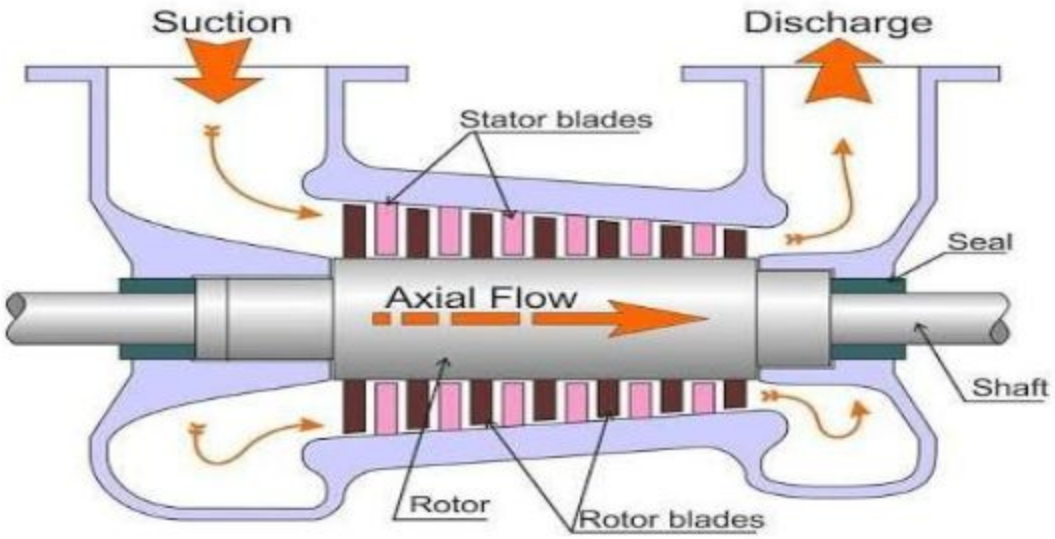
تحول جزءًا من هذه الطاقة الحركية إلى طاقة ضغط عن طريق تقليل سرعة الهواء وتوجيهه نحو المرحلة التالية بالاتجاه الصحيح.

يتكرر هذا التسارع والانضغاط على عدة مراحل حتى يصل الهواء إلى ضغط مرتفع عند مخرج الضاغط.

تسلسل العمل داخل الضاغط:

- يدخل الهواء من مدخل الهواء (Inlet) إلى أول مجموعة من الريش الدوارة.

- تقوم الريش الدوارة بتسريع الهواء وزيادة طاقته.
- تمرر الريشة الثابتة الهواء وتقلل سرعته لرفع الضغط.
- تنتقل العملية من مرحلة إلى أخرى حتى الوصول إلى الضغط المطلوب.
- يخرج الهواء المضغوط إلى غرفة الاحتراق في المحرك أو إلى التوربين في أنظمة أخرى.



الشكل (3) يوضع عمل الضاغطة المحورية

المكونات الأساسية:

- ❖ عمود الدوران :(Shaft) ينقل الحركة من التوربين إلى ريش الضاغط.
- ❖ الريش الدوارة :(Rotor) تضيف طاقة حركية للهواء.
- ❖ الريش الثابتة :(Stator) تحول طاقة الحركة إلى ضغط.
- ❖ الغلاف الخارجي :(Casing) يحتوي على الأجزاء الداخلية ويحافظ على المسار الهوائي.
- ❖ الناشر :(Diffuser) يستخدم أحيانًا لزيادة الضغط في نهاية الضاغط.

المميزات:

- ♠ كفاءة عالية في السرعات الكبيرة.
- ♠ تدفق هواء مستمر ومنتظم.

♠ خفيف الوزن ومناسب للمحركات التوربينية.

العيوب:

- تصميم معقد وحساس لتغيرات التدفق.
- صعوبة العمل بكفاءة عند السرعات المنخفضة.
- احتمال حدوث الانفصال (Stall) أو الاختناق (Choking) عند اضطراب تدفق الهواء.

الاستخدامات:

❖ محركات الطائرات النفاثة(Jet Engines) .
❖ التوربينات الغازية لتوليد الكهرباء.
❖ أنظمة التهوية والضواغط الصناعية التي تتطلب تدفقًا كبيرًا.

مقارنة بين ضاغطة الطرد المركزية والضاغطة المحورية

ضاغط الطرد المركزي	ضاغط محوري	الخاصية
عمودي تقريبًا على محور الدوران	موازية تقريبًا لمحور الدوران	اتجاه تدفق الهواء في الضاغط
يؤدي دوران الدوار إلى تأثر الغاز بقوة الطرد المركزي، وتقل المسافة بين جزيئات الغاز، ويزداد الضغط، ويكتسب الغاز سرعة. عندما يتدفق الغاز عبر قنوات التمدد مثل الناشرات ، يتباطأ معدل التدفق ويزداد الضغط بشكل أكبر	بسبب دوران الدوار، تزداد سرعة الغاز، ويتم توسيع قنوات الشفرات المتحركة والثابتة، وبالتالي يتباطأ معدل تدفق الغاز وتتحول الطاقة الحركية إلى طاقة ضغط الغاز	مبدأ زيادة ضغط الهواء
أقل من 1200م^3/دقيقة	م^3/دقيقة أو أكثر 1000	التدفق المطبق
متوسط وعالي	متوسط ومنخفض	مستوى الضغط
(80 ~ 83)٪	(89 ~ 92)٪	الكفاءة
ضبط خنق المدخل أو ضبط السرعة	ضبط زاوية شفرة الجزء الثابت أو ضبط السرعة	طريقة التعديل
تقلبات كبيرة في حجم الهواء والضغط	تقلبات صغيرة في حجم الهواء والضغط	ضبط الاستقرار
مرتفع	منخفض	مستوى الضوضاء
استهلاك منخفض وعالي للطاقة	استهلاك منخفض وعالي للطاقة	اقتصادي
بسيط نسبيًا	معقدة نسبيا	الهيكلية
منخفض	مرتفع	تكلفة التصنيع

اولا: أعطال شائعة وأسبابها وحلولها في الضواغط ذات الإزاحة الإيجابية

العطل الشائع	الأسباب المحتملة	الحلول المقترحة
ارتفاع درجة الحرارة	- انسداد فلتر الهواء - انخفاض مستوى الزيت - عدم عمل مبرد الزيت بشكل صحيح - ارتفاع درجة حرارة الهواء المحيط	-تنظيف أو استبدال فلتر الهواء - فحص مستوى الزيت وإعادة تعبئته إذا لزم الأمر - فحص وصيانة مبرد الزيت - تبريد البيئة المحيطة بالضاغط
عدم التشغيل	- انقطاع التيار الكهربائي أو عطل في قاطع الدائرة - عدم صحة إعدادات الضغط - تعطل مستشعر الضغط	- التأكد من توصيل الضاغط بمصدر طاقة يعمل بشكل صحيح - مراجعة وضبط إعدادات الضغط - فحص واستبدال مستشعر الضغط
عدم التوقف	- تسرب في النظام أو الخراطيم - تعطل مستشعر الضغط - استهلاك هواء عالي يفوق قدرة الضاغط على التخزين	- تحديد وإصلاح جميع التسربات في النظام - فحص مستشعر الضغط واستبداله إذا كان معطلاً - تقليل استهلاك الهواء أو زيادة حجم خزان التخزين
انخفاض كفاءة الضاغط	- فلتر هواء مسدود - تسرب في النظام الهوائي	- تنظيف أو استبدال فلتر الهواء - فحص وإصلاح جميع التسربات في الشبكة الهوائية

نصائح للصيانة الدورية

- ❖ افحص مستوى الزيت بانتظام وأعد تعبئته حسب الحاجة.
- ❖ استبدل فلتر الهواء بشكل دوري حسب توصيات الشركة المصنعة.

❖ افحص الخراطيم والصمامات للتأكد من عدم وجود أي تسريبات، وقم بإصلاحها فورًا.
❖ تأكد من أن إعدادات الضغط صحيحة لضمان عمل الضاغط بكفاءة.
❖ راجع دليل التعليمات الخاص بجهازك للحصول على إرشادات إضافية لاستكشاف الأعطال وإصلاحها.

ثانيا: أعطال شائعة في الضواغط التوربينية

العطل	الأسباب المحتملة	الحلول
انخفاض ضغط الهواء أو ضعفه	• انسداد مرشحات الهواء • تسرب في خطوط الهواء أو صماماتها • استخدام هواء يتجاوز قدرة الضاغط • صمام السحب لا يفتح بالكامل	• استبدال مرشحات الهواء • إصلاح أو استبدال الصمامات • فحص وإصلاح التسربات في خطوط الهواء • التحقق من استهلاك الهواء وتعديله
ارتفاع درجة حرارة الضاغط	• سوء تهوية غرفة الضاغط • انسداد مبردات الهواء أو الزيت • نقص مستوى الزيت في الضاغط • انسداد أو تلوث نظام تبريد الماء	• تحسين تهوية غرفة الضاغط • تنظيف أو استبدال مبردات الهواء والزيت • التحقق من مستوى الزيت وتصحيحه • تنظيف نظام تبريد الماء وزيادة تدفقه إذا لزم الأمر
زيادة الضوضاء والاهتزازات	• تلف المحامل • تلف أو اتساخ البكرات • وجود خلل في المكونات الداخلية للضاغط	• استبدال المحامل التالفة • شد أو استبدال البكرات • فحص وإصلاح المكونات الداخلية بواسطة فني مختص

• التأكد من أن نظام التبريد يعمل بكفاءة • السماح بفترات راحة للضاغط إذا كان يعمل بشكل مفرط • استشارة فني مختص للتحقق من المشاكل الداخلية أو الكهربائية	• مشكلة في نظام التبريد • استخدام مستمر للضاغط لفترات طويلة دون راحة • خلل في نظام الكهرباء أو المحرك	**توقف الضاغط المتكرر (تعثر التحميل الزائد)**

نصائح للوقاية

- **الصيانة الدورية** :التنظيف المنتظم للفلاتر والفتحات الهوائية.
- **الفحص المنتظم** :التحقق من مستوى الزيت وحالة الخراطيم بانتظام.
- **البيئة التشغيلية** :ضمان تهوية جيدة لغرفة الضاغط.
- **استشارة فني** :في حال وجود مشاكل معقدة أو داخلية، يجب الاستعانة بفني متخصص.

الامتحان البعدي:

1- اشرحوا باختصار مبدأ عمل الضاغطة الطاردة المركزية.

2- اشرحوا باختصار مبدأ عمل الضاغطة المحورية.

3- قارنوا بين الضاغطتين من حيث اتجاه جريان الهواء والأجزاء التي ترفع ضغطه.

4- ما وظيفة الناشر في الضاغطة الطاردة المركزية؟

5- ما وظيفة الريش الدوّارة والريش الثابتة في الضاغطة المحورية؟

6- اذكروا استخدامًا صناعيًا واحدًا لكل نوع من الضاغطتين.

المحاضرة السادسة / المحركات

الامتحان القبلي

1- ما المقصود بالمحرك؟

2- ما أشكال الطاقة التي يمكن أن يحوّلها المحرك إلى حركة؟

3- اذكروا مثالًا على محرك يُستخدم في المعدات الصناعية.

4- ما وظيفة المحرك في تشغيل المضخة أو الضاغطة؟

المحركات (Motors)

المحرّك هو جهازميكانيكية يقوم بتحويل الطاقة الحرارية اوالطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية على شكل حركة دورانية أو خطية، ويُعد من أهم مكوّنات الأنظمة الصناعية والمنزلية. تُستخدم المحركات في السيارات، الطائرات، المصانع، المضخات، والآلات الهندسية.

مبدأ عمل المحرك الكهربائي

يعتمد مبدأ عمل المحرك الكهربائي بشكل أساسي على تفاعل المجال المغناطيسي والكهربائي، جميع المغناطيسات لها قطب شمالي وجنوبي , و الأقطاب المتعاكسة للمغناطيس تجذب بعضها البعض بينما الإقطاب المتماثلة تتنافر، تستخدم المحركات مبدأ الجذب والتنافر هذا للدوران. تشكل مجموعات الملفات الموضوعة في فتحات في مادة كهرومغناطيسية الجزء الثابت للموتور. وتسمى هذه اللفات بملفات العضو المنتج Armature Windings. وتسمى الملفات الموضوعة في الجزء المتحرك بملفات المجال Field Windings.

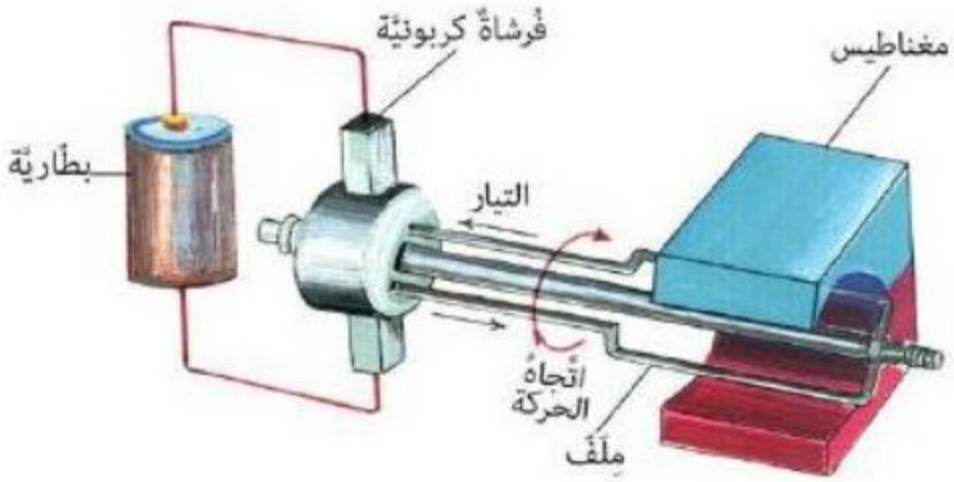
يعتمد اشتغال المحرك على القاعدة الأساسية المسماة بقاعدة اليد اليمنى (Right-Hand Rule).

كيف يعمل المحرك؟

- ❖ عندما يمر تيار كهربائي في موصل (سلك) مستقيم.
- ❖ يكون هذا الموصل موضوعًا داخل مجال مغناطيسي خارجي.
- ❖ تنشأ قوة ميكانيكية تُدعى قوة لورنتز تؤثر على الموصل.
- ❖ اتجاه القوة يُحدَّد باستخدام قاعدة اليد اليمنى:
  - الإبهام ← اتجاه القوة (الحركة)
  - السبابة ← اتجاه المجال المغناطيسي
  - الوسطى ← اتجاه التيار الكهربائي

نتيجة ذلك:

يتعرض الموصل إلى قوة دفع تدفعه للحركة، وهذا هو الأساس في توليد العزم الدوراني في المحركات الكهربائية.



يوضح الشكل (1) محرك كهربائي بسيط يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركة



يوضح الشكل (2) قاعدة الكف اليمنى

اجزاء المحرك الكهربائي

تُستخدم أنواع كثيرة من المحركات الكهربائية في التطبيقات المختلفة، وليست كلها متشابهة. ومع ذلك، تحتوي جميع المحركات على بعض الأجزاء الأساسية، وأهمها العضو الثابت ويتكون من قلب مغناطيسي ويحتوي على ملفات نحاسية، والعضو المتحرك وهو الجزء الذي يدور في المحرك.

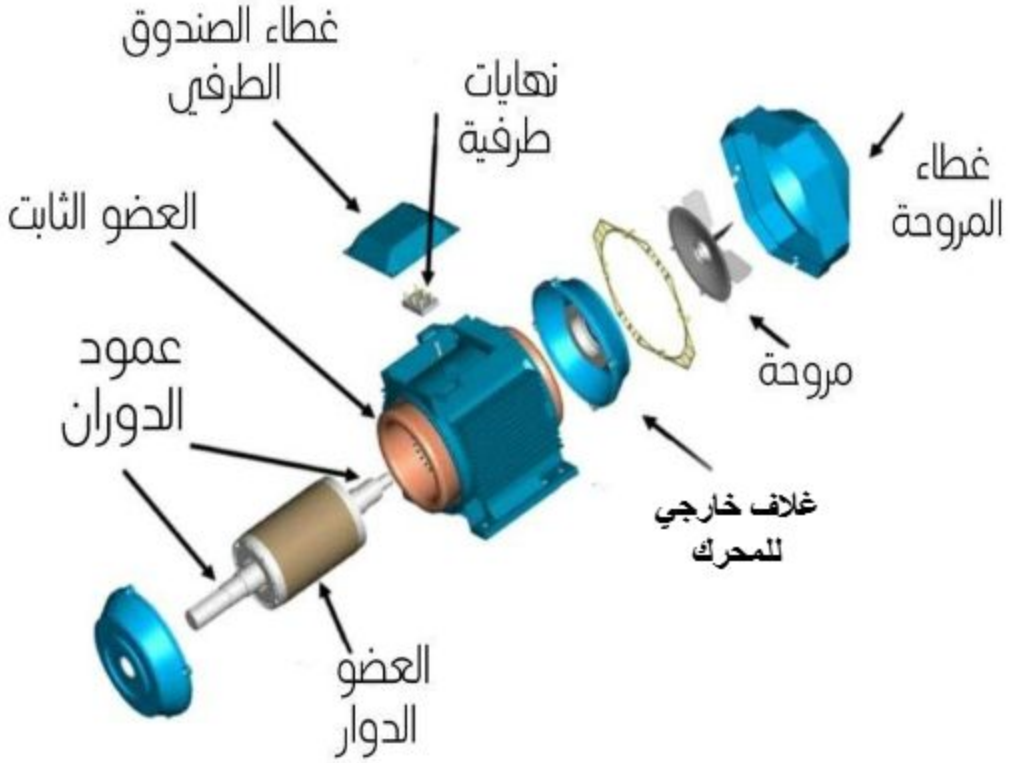
1. **العضو الثابت (Stator) :** العضو الثابت هو قلب مغناطيسي مصفح أي مقسم لشرائح رقيقة مضغوطة، ويحتوي على (فتحات) تحتوي على ملفات نحاسية، التيار الكهربائي المتدفق عبر هذه الملفات ينتج مجالًا مغناطيسيًا.
2. **العضو الدوار (Rotor) :** العضو الدوار هو الجزء الذي يدور ، وفي معظم المحركات لا يحتوي على لفات ويمتد عمود الدوران من أحد طرفي

المحرك للتوصيل بالجهاز أو الآلة المدارة. بعض المحركات، لها عمود يمتد من كلا الطرفين. تحتوي محركات التيار المستمر (DC) وبعض محركات التيار المتردد (AC) على ملفات في العضو الدوار تسمى بالمنتج armatures.ويحتوي أحد طرفي المحرك على مبدل وفرش كربونية.

3. **الفجوة الهوائية (Air gap) :** توجد فجوة هوائية (فراغ) بين الجزء الثابت والدوار تسمح للعضو المتحرك بالدروان، وبما أنه من المعروف أن الهواء ينقل المجالات المغناطيسية بشكل سيئ، فلا يمكن للفجوة أن تكون كبيرة جدًا. وفي نفس الوقت لا يمكن أن تكون الفجوة الهوائية صغيرة جدًا نظرًا لأن الأجسام المعدنية تتمدد عند تسخينها وعندما يصبح الجزء الدوار ساخنًا لن يكون هناك مساحة كافية لتدويره داخل الجزء الثابت.
4. **المبدل (Commutation) :** يعد جزءًا مهمًا في محركات التيار المستمر إذ يعمل على تحويل التيار المتردد الداخل إلى المحرك إلى تيار مستمر.
5. **عمود الدوران (Shaft) :** يمتد من أحد أطراف المحرك عمود دوراني إلى الخارج ينقل عزم الدوران من المحرك إلى التطبيق المراد تحريكه.
6. **المحامل (Bearings) :** تعمل على حمل عمود الدوران وتسمح للعمود بالدوران بحرية وتوجد أنواع مختلفة منها الأسطوانة والكروية.
7. **إطار المحرك (Frame) :** يعمل على حمل وتثبيت أجزاء المحرك ويحمي الأجزاء الداخلية من تأثيرات البيئة المحيطة. ويعمل الإطار أيضًا على نقل

الحرارة الناتجة داخل المحرك إلى الهواء المحيط. تحتوي بعض المحركات على زعانف للمساعدة في التخلص من الحرارة بشكل أسرع.

8. **الصندوق الطرفي (Terminal Box) :** يوجد في الجزء العلوي من المحرك صندوق يحتوي على أطراف الموصلات المستخدمة لتوصيل المحرك بالتيار الكهربائي. كما أنه يعمل على حماية الموصلات من الماء والغبار والحماية من ملامسة الأجزاء الكهربائية الحية.
9. **مروحة كهربائية (fan) :** تعمل على تبريد المحرك من ارتفاع درجة الحرارة الناتجة عن عمل المحرك، وتكون مثبتة على عمود الدوران من الجهة الأخرى، وكلما زادت قدرة المحرك زاد حجم المروحة، ويوجد حولها غطاء لحماية المروحة، وأيضًا لتوجيه تدفق الهواء الناتج عن المروحة فوق جسم المحرك. وفي الوقت نفسه، تحمي البشر والحيوانات من ملامسة المروحة الدوارة.



يوضح الشكل (3) اجزاء المحرك الكهربائي

أنواع المحركات الكهربائية

تنقسم المحركات إلى نوعين رئيسيين هما محركات التيار المستمر ومحركات التيار المتردد والتي تنقسم إلى المحركات التزامنية والحثية، وتعد المحركات الحثية أكثر الأنواع استخدامًا.

1- محركات التيار المستمر (DC Motors)

(Direct-current Motor) هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية ويتم ذلك عن طريق تنافر المجال المغناطيسي، بحيث يتكون من جزئين هما الجزء الثابت والجزء الدوار، يولد الجزء الثابت مجال مغناطيسي عن طريق مرور التيار المستمر من خلاله يتنافر مع المجال المغناطيسي المتولد من الجزء الثابت الذي قد يسببه مغناطيس دائم أو بسبب تيار كهربائي، مما يجعل الجزء الدوار ببدء الحركة وإنتاج عزم الدوران.

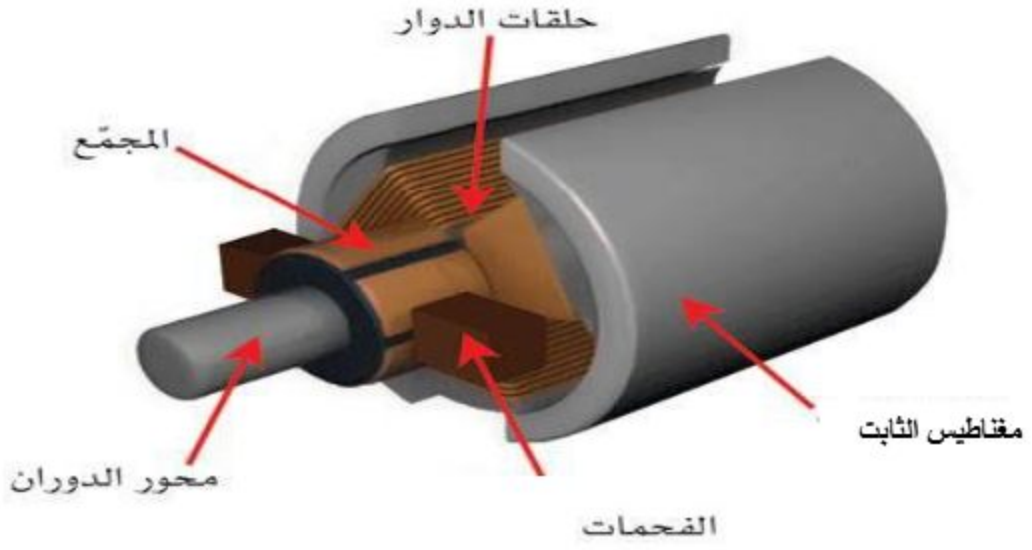
تستخدم محركات التيار المباشر في السيارات الكهربائية، وللتطبيقات التي تتطلب سرعة متغيرة. على الرغم من أن محركات التيار المباشر تتطلب تيارًا مستمرًا، إلا أن مصدر التغذية عادة ما يكون تيار متناوب اومتذبب. ويوجد دائرة تقويم في المحرك تعمل على تحويل التيار المتردد إلى تيارمستمر.

مبدأ العمل الأساسي

المكونات: يتكون من جزء ثابت (Stator) يولد مجالاً مغناطيسياً وجزء دوار (Rotor/Armature) يولد عزم الدوران.

القاعدة: يعمل وفقاً لقاعدة اليد اليسرى , حيث تتحدد اتجاه القوة المؤثرة على الملف (وبالتالي اتجاه الدوران) بناءً على اتجاه المجال المغناطيسي (من N إلى S) واتجاه التيار الكهربائي في الملف.

التحويل: عند توصيله بجهد DC، يتحول إلى طاقة ميكانيكية، وعندما يُدار ميكانيكياً، يمكن أن يعمل كمولد يولد طاقة كهربائية (DC).



يوضح الشكل (4) محرك التيارالمستمر

أنواع محركات التيار المستمر تتنوع المحركات ذات التيار المستمر بحيث توجد أربعة أنواع رئيسية منها وهي:

- **محركات ذات مغناطيس دائم** : يُستخدم في هذا النوع مغناطيس دائم لعملية إنتاج الحقل المغناطيسي، ويمتاز بقدرته على تنظيم سرعة الدوران وتحصيل عزم دوران عند التشغيل بشكل جيد، كما يستخدم في التطبيقات التي تحتاج لقدرة منخفضة.
- **محركات التوازي** : تُستخدم في هذه المحركات طريقة التوازي لتوصيل الملفات القطبية مع مُنتج الحركة.
- **محركات التوالي** : على عكس محركات التوازي فإن الطريقة المستخدمة لتوصيل الملفات القطبية مع مُنتج الحركة هي التوالي.
- **المحركات المركبة** : تُستعمل كلتا الطريقتين لعملية توصيل الملفات القطبية مع مُنتج الحركة.

مميزات المحرك التيارالمستمر

سهل في الاستخدام مع الأجهزة المحمولة.

مناسب للأجهزة التي تتطلب تيارًا ثابتًا.

أكثر كفاءة في بعض التطبيقات مثل الطاقة الشمسية.

عيوب المحرك التيار المستمر

صعوبة نقله لمسافات طويلة بسبب الخسائر في المقاومة.

يحتاج إلى أنظمة معقدة لتحويل الفولتية.

استخدامات المحرك التيار المستمر

الصناعة: خطوط التجميع، الروبوتات.

النقل: السيارات الكهربائية، الدراجات الكهربائية.

الأجهزة المنزلية: المكانس الكهربائية، الأدوات الكهربائية.

المعدات الطبية: طاولات العمليات، أجهزة التنفس.

2- المحرك التيارالمتناوب (AC Motor)

هو محرك كهربائي يحول الطاقة الكهربائية من مصدر تيار متردد إلى طاقة ميكانيكية (حركة دورانية)، ويعمل عن طريق توليد مجال مغناطيسي دوار يحرك الجزء الدوار، ويُقسم بشكل أساسي إلى نوعين رئيسيين:

المحركات الحثية (Induction Motors) ، وهي الأكثر شيوعاً وتعتمد على الحث الكهرومغناطيسي وتتغير سرعتها قليلاً مع الحمل (مثل محرك قفص السنجاب)، والمحركات التزامنية التي تدور بنفس سرعة المجال المغناطيسي ولا تتأثر بالحمل، وتستخدم في تطبيقات تتطلب سرعات ثابتة ودقيقة .

أنواع محركات التيار المتناوب الرئيسية

- **المحركات الحثية** : مبدأ العمل: يعتمد على توليد تيار حثي في الجزء الدوار نتيجة للمجال المغناطيسي الدوار للجزء الثابت، مما يولد عزم دوران.

أنواعها الفرعية: تشمل المحرك ذو القفص السنجابي (الأكثر شيوعاً) والمحرك ذو الحلقات الانزلاقية.

الاستخدامات: ضخ المياه، المراوح، والأجهزة المنزلية.

- **المحركات التزامنية** : مبدأ العمل: يدور الجزء الدوار بنفس سرعة المجال المغناطيسي للجزء الثابت (سرعة متزامنة)، بغض النظر عن الحمل.

الخصائص: توفر سرعة ثابتة جداً، وتستخدم لتحسين معامل القدرة الكهربائية في الأنظمة الصناعية.

الاستخدامات: تطبيقات تحتاج إلى دقة عالية في السرعة، مثل بعض آلات الطحن والضاغطات الكبيرة .

حسب عدد الأطوار

أحادية الطور :(Single-Phase) تستخدم في التطبيقات المنزلية والمنخفضة الطاقة (مثل الثلاجات والمراوح المنزلية).

ثلاثية الأطوار (Three-Phase): تستخدم في التطبيقات الصناعية الكبيرة وتوفر كفاءة وعزم دوران أعلى (مثل المصانع والمضخات الكبيرة).

ميزايا التيار المتناوب

يمكن نقله لمسافات طويلة بكفاءة أعلى.

إمكانية تغيير مستوى الفولتية بسهولة باستخدام المحولات.

عيوب التيار المتناوب

غير مناسب للأجهزة الصغيرة التي تتطلب تيارًا ثابتًا.

قد يتسبب التذبذب في حدوث مشاكل في بعض الأجهزة الدقيقة.

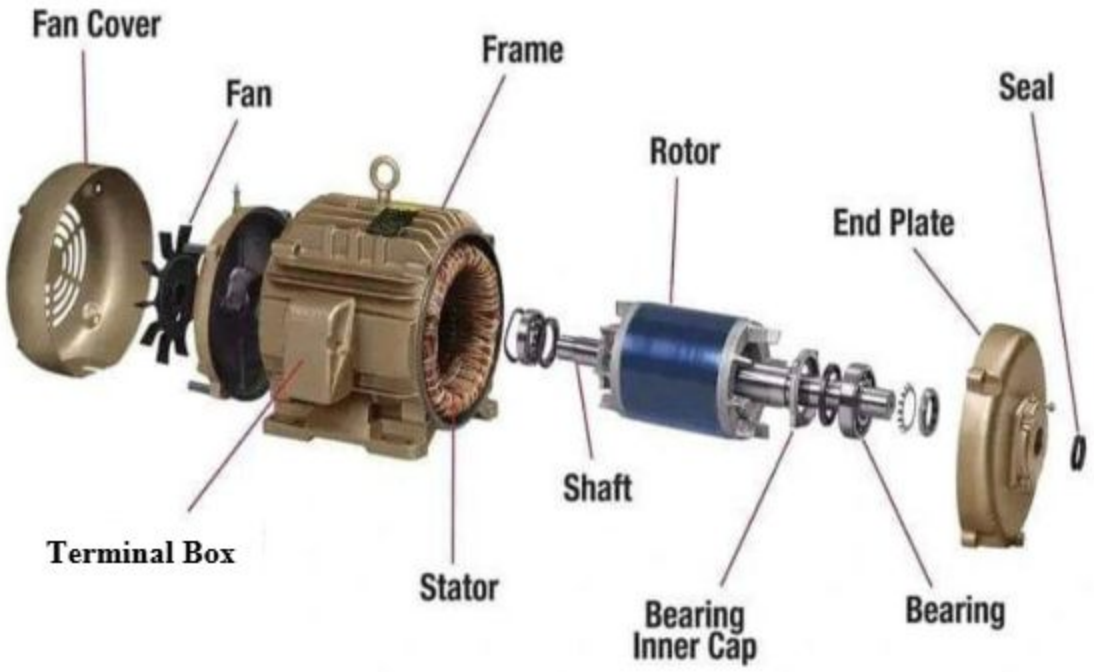
الاستخدامات

1. الكفاءة العالية: خاصة في التطبيقات الصناعية، حيث توفر كفاءة ممتازة في تحويل الطاقة إلى حركة.
2. الموثوقية والمتانة: تصميمها بسيط وقوي يجعلها تتحمل ظروف التشغيل القاسية.
3. سهولة النقل: يمكن نقلها لمسافات طويلة بكفاءة، وهي الطاقة المستخدمة في شبكات الكهرباء العامة.
4. التحكم بالسرعة: يمكن التحكم في سرعتها بدقة باستخدام محولات التردد لتناسب تطبيقات مختلفة.

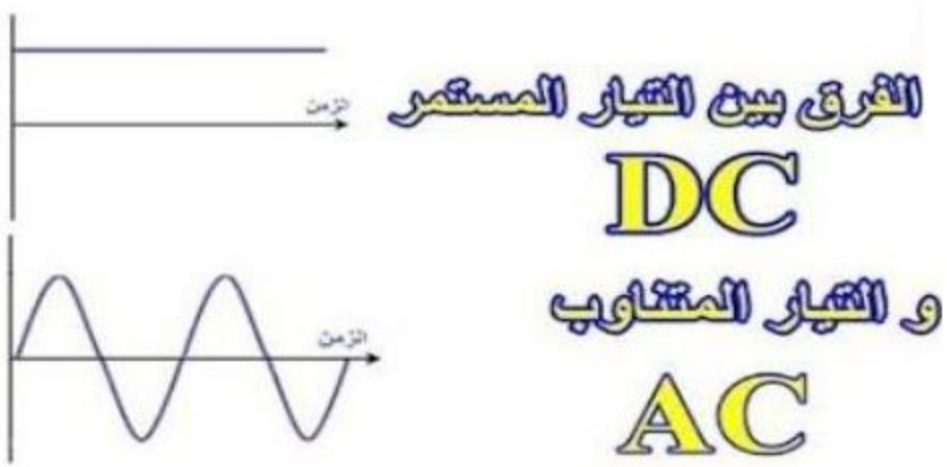
الأجزاء الرئيسية:

- الجزء الثابت :(Stator) ملفات ثابتة تولّد مجالاً مغناطيسياً دوّاراً.

- الجزء الدوّار :(Rotor) يدور نتيجة تأثير المجال المغناطيسي.
- المراوح :(Fan) لتبريد المحرك.
- درع أمامي / خلفي :(End Shield) يثبت المحامل ويحمي الدوّار.
- محامل :(Bearings) تسمح للدوّار بالدوران السلس.
- صندوق التوصيل :(Terminal Box) توصيل خطوط الكهرباء.
- الهيكل الحديدي (Frame): جسم المحرك الخارجي.



يوضح الشكل (5) اجزاء محرك التيارالمتناوب



يوضح الشكل (6) مخطط رمز التيار

مقارنة بين محركات التيار المستمر ومحركات التيار المتناوب

وجه المقارنة	محركات التيار المستمر (DC)	محركات التيار المتناوب (AC)
نوع التيار	تيار مستمر ثابت الاتجاه	تيار متناوب يغير اتجاهه
التحكم بالسرعة	سهل جداً ودقيق	يحتاج Inverter للتحكم
العزم الابتدائي	عزم ابتدائي عالٍ جداً	أقل من محركات DC
الصيانة	عالية (وجود فرش ومبدل)	قليلة جداً (لا توجد فرش)
السعر	أعلى نسبياً	أقل تكلفة
الكفاءة	جيدة	عالية
تحمّل السرعات العالية	أقل	ممتاز
التطبيقات	روبوتات – أدوات دقيقة	مضخات – مراوح – ضواغط – مكيفات
الموثوقية والمتانة	أقل	عالية جداً

مقارنة بين التيار المستمرو التيارالمتناوب

المعيار	التيار المتردد (AC)	التيار المستمر (DC)
القيمة والاتجاه	متغير القيمة والاتجاه	ثابت القيمة والاتجاه
المجال المغناطيسي	يمكنه توليد مجال مغناطيسي	لا يمكنه توليد مجال مغناطيسي (ثابت المجال)
التردد	يولد تردد بقيمة 50 أو 60 هرتز حسب نظام الشبكة	لا يوجد تردد (التردد يساوي صفر)
معامل القدرة	معامل القدرة لديه بين الصفر إلى الواحد	معامل القدرة لديه دائماً واحد صحيح
التوليد	يتم توليده بواسطة المولدات الكهربائية	يتم توليده بواسطة الخلايا الشمسية والبطارية
نوع الحمل	حمل التيار المتردد يكون سعوي أو حثي أو أومي	حمل التيار المستمر يكون عادة مقاومة بطبيعتها

المحاضرة السابعة / المحركات التوربينية

الامتحان القبلي:

1- أعزائي الطلبة، أجيبوا عن الأسئلة الآتية قبل بدء المحاضرة:

2- ما المقصود بالمحرك التوربيني؟

3- ما مصدر الطاقة الذي تتوقعون استخدامه لتدوير التوربين؟

4- أين تُستخدم المحركات التوربينية؟

5- ما الفرق الذي تتوقعونه بين المحرك التوربيني والمحرك المكبسي؟

المحركات التوربينية

مقدمة عن المحركات التوربينية الغازية والبخارية

تُعد المحركات التوربينية من أهم أنظمة تحويل الطاقة المستخدمة في مجالات توليد القدرة والطيران والصناعة، إذ تعتمد على مبدأ تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية ثم إلى طاقة كهربائية أو قدرة مفيدة. وتمتاز هذه المحركات بكفاءتها العالية وقدرتها على العمل عند سرعات ودرجات حرارة وضغوط مرتفعة.

تنقسم المحركات التوربينية من حيث وسط التشغيل إلى نوعين رئيسيين هما:

المحركات التوربينية الغازية والمحركات التوربينية البخارية، ويختلف كل منهما في طريقة توليد الطاقة الحرارية ودورة التشغيل والتطبيقات العملية.

- **المحركات التوربينية الغازية** : تعتمد على احتراق الوقود مع الهواء لإنتاج غازات ساخنة تدير التوربين مباشرة، وتتميز بسرعة التشغيل وخفة الوزن، مما يجعلها مناسبة للطائرات ومحطات الطاقة السريعة الاستجابة.
- **المحركات التوربينية البخارية** : فتعتمد على بخار الماء عالي الضغط الناتج من تسخين المياه في الغلايات، وتتميز باستقرارها وكفاءتها العالية عند الأحمال الكبيرة، لذلك تُستخدم على نطاق واسع في محطات توليد الكهرباء الحرارية والنووية.

المحركات التوربينية الغازية (Engines Gas Turbine)

المحرك التوربيني الغازي يُستخدم لحرق الوقود الغازي أو السائل بهدف تشغيل مولد كهربائي وإنتاج الطاقة. يمتاز عن باقي المحركات بقلة حاجته إلى مياه التبريد، مما يجعله مناسبًا جدًا لتوليد الكهرباء في المناطق التي تعاني من شحّ المياه، خاصةً عندما يكون الغاز الطبيعي متوفرًا ورخيصًا.

يمكن استغلاله إما لتوليد الطاقة الكهربائية أو لتحريك آلات أخرى عبر ربط محور الحركة مباشرة أو باستخدام جهاز تعشيق (Gear) لتقليل السرعة. يتميز بسرعات دوران عالية تصل إلى (500–50000) دورة/دقيقة، لذلك فهو ملائم للآلات ذات السرعات العالية مثل المضخات الطاردة المركزية.

كما أن المحركات التوربينية الغازية صغيرة الحجم، خفيفة الوزن، ذات بناء متكامل، وتحتاج إلى حيز وقاعدة تركيب أقل مقارنةً بالمحركات الأخرى.

أساس عمل المحركات التوربينية الغازية

اعتمادًا على القانون الأول لحفظ الطاقة، فإن الطاقة لا تفنى ولا تُستحدث وإنما تتحول من شكل إلى آخر. في المحرك التوربيني تتحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ضغط، ثم تتحول طاقة الضغط إلى طاقة سرعة عند مرور الهواء عبر المنفث، حيث يخرج الهواء بسرعة عالية. تقوم هذه السرعة العالية بضرب ريش الدوار، مما يؤدي إلى تدوير الدوار وتحويل طاقة السرعة إلى طاقة ميكانيكية (شغل). نتيجة لاستخلاص جزء من طاقة الهواء لتدوير الدوار، ينخفض ضغط الهواء الخارج مقارنة بالهواء الداخل. ويعبّر الفرق بين ضغط الدخول والخروج عن مقدار الطاقة المحولة إلى شغل ميكانيكي في المحرك التوربيني.

يعتمد على :

1- قسم الكابسة الضاغطة

تُستعمل الكابسة في المحرك التوربيني الغازي لضغط الهواء ودفعه بضغط عالٍ نحو التوربينة، حيث يزداد ضغطه ليصبح قادرًا على تدوير دوار التوربينة ثم يندفع إلى الجو بضغط مقارب للضغط الجوي. ترتبط الكابسة ميكانيكيًا بمحور التوربينة، إذ يوفر

دوران التوربينة الطاقة اللازمة لتشغيل الكابسة، بينما يستخلص المحرك التوربيني طاقته من الغاز المضغوط.

2- حيز الاحتراق

في المحركات التوربينية ذات حيز احتراق الوقود السائل : أن الطاقة اللازمة لتدوير المحرك تجهز من حرق الوقود وحيث أن حرق الوقود يؤدي الى تسخين الهواء القادم من الكابسة وبعد تسخين الهواء في حيز الاحتراق لا يؤدي الى زيادة ضغطه، بل حجمه ثم تندفع في الحال الى المحرك التوربيني.

العوامل التي يعتمد عليها حيزالاحتراق

- سرعة دخول الهواء من الكابسة الى حيز الاحتراق.
- كمية تمدد الهواء نتيجة امتصاص الحرارة في حيز الاحتراق.
- سرعة خروج الهواء من المحرك التوربيني الى الخارج.

3- التوربينية

يمر الهواء الحار الخارج من حيز الاحتراق عبر ممر انتقال واسع يضمن تجانس الجريان ومنع تكون جيوب هوائية. يتكون دوار التوربينة من عدة أقراص مزودة بريش ومثبتة على عمود نقل الحركة. يدخل الهواء إلى التوربينة بضغط عالٍ، ويُحوَّل هذا الضغط إلى سرعة عبر المنفث، فتزداد سرعة الهواء ويقل ضغطه، مما يؤدي إلى اندفاعه بقوة على الريش وتدوير الدوار.

ملحقات المحرك التوربيني الغازي

1- بدء التشغيل (Starting System)

يبدأ تدوير المحرك حتى سرعة الاشتعال.

يعمل قبل دخول الوقود.

ينفصل تلقائياً بعد التشغيل.

2- محكّم السرعة (Speed Governor)

ينظّم سرعة دوران المحرك.

يتحكم بكمية الوقود.

يمنع زيادة السرعة المفاجئة.

توجد ثلاث أنواع من أجهزة التحكم بالسرعة

1 -المحكم الهيدروليكي .2 -المحكم الكهربائي .3 -المحكم ذو الكرتان الدوارة.

3- المحامل (Bearings)

تحمل العمود الدوّار.

تقلل الاحتكاك والاهتزاز.

تعتمد على التزييت المستمر.

4- العازل (Insulation)

يعزل الحرارة العالية.

يحمي الهيكل الخارجي.

يقلل الفقد الحراري.

مبدأ عمل المحرك التوربيني الغازي

- **سحب الهواء**

يدخل الهواء من الجو عبر مدخل الهواء.

- **ضغط الهواء**

يقوم الضاغط بزيادة ضغط الهواء بشكل كبير.

- **الاحتراق**

يحقن الوقود داخل غرفة الاحتراق ويحترق مع الهواء المضغوط.

- **تحويل الطاقة**

الغازات الساخنة تتمدد وتندفع نحو التوربين بسرعة عالية.

- **توليد القدرة**

دوران التوربين يولّد قدرة ميكانيكية تُستخدم لتشغيل الضاغط أو إنتاج كهرباء.

- **طرح العادم**

تخرج الغازات إلى الجو بعد فقدان جزء كبير من طاقتها.

مكوّنات المحرك التوربيني الغازي

- **مدخل الهواء (Air Intake)**

يسحب الهواء من الجو ويوجهه بسلاسة إلى الضاغط.

- **الضاغط / الكابسة (Compressor)**

يضغط الهواء ويرفع ضغطه وحرارته قبل دخوله غرفة الاحتراق.

- **غرفة الاحتراق (Combustion Chamber)**

يختلط الهواء المضغوط مع الوقود ويحترق ليُنتج غازات عالية الحرارة والضغط.

- **التوربين (Turbine)**

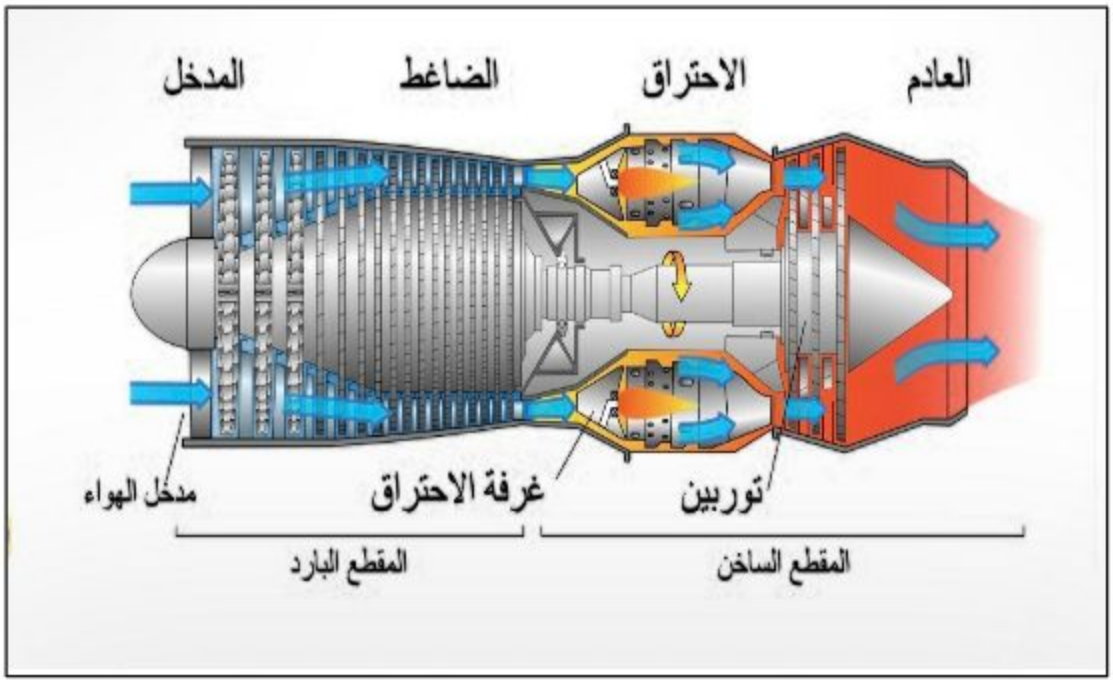
تستغل طاقة الغازات الساخنة لتدوير ريش التوربين.

- **عمود الدوران (Shaft)**

ينقل الحركة من التوربين إلى الضاغط أو إلى الحمل (مولد كهرباء مثلاً).

- **منفث العادم (Exhaust Nozzle)**

يطرح الغازات إلى الخارج بعد استغلال طاقتها.



الشكل (1): يوضح المكونات الرئيسية للمحرك التوربيني الغازي

السيطرة على عملية تشغيل المحرك التوربيني الغازي

تتم السيطرة على عملية تشغيل المحرك التوربيني الغازي بصورة أوتوماتيكية ومن خلال لوحة السيطرة حيث تقوم أجهزة السيطرة بإعطاء المشغل المعلومات حول كيفية عمل التوربينية. و من خلال التحكم بعملية البدء وكمية الوقود وسرعة الدوران ودرجة الحرارة لضمان عمل المحرك بشكل آمن ومستقر. حيث يتم تنظيم الوقود بما يتناسب مع كمية الهواء لمنع ارتفاع الحرارة أو انطفاء اللهب، كما تُراقَب سرعة المحرك ودرجة حرارة غازات العادم باستمرار لمنع تجاوز الحدود المسموح بها. وفي حال حدوث أي خلل تقوم أنظمة الحماية بتقليل الوقود أو إيقاف المحرك تلقائياً، مما يضمن كفاءة التشغيل وسلامة المحرك.

السيطرة على درجة الحرارة

1- الكفاءة الحرارية

السيطرة على درجة الحرارة ضرورية لتشغيل التوربينية بكفاءة، إذ يجب تبريد الهواء الداخل إلى الكابسة قدر الإمكان لتقليل القدرة المطلوبة لتشغيلها، لأن القدرة التي

تحتاجها الكابسة أكبر من قدرة التوربينية. كما أن جزءًا كبيرًا من الحرارة يخرج مع هواء العادم من التوربينية، ويمكن استغلاله كمصدر حراري. تزداد الكفاءة الحرارية بزيادة درجة حرارة حيز الاحتراق، مما يؤدي إلى زيادة سرعة التوربينية، لكن الارتفاع المفرط في درجة الحرارة قد يسبب انصهار معدن حيز الاحتراق، لذلك يجب التحكم بدرجة حرارته لتبقى أقل من درجة الانصهار.

2- مسترجع الحرارة

تسحب التوربينيات الغازية الهواء من الجو بواسطة الكابسة ثم يُسخَّن في حيز الاحتراق ويدور التوربينية قبل خروجه إلى الجو. تستعمل التوربينية أقل من 25% من الطاقة المعطاة للهواء، لذلك تكون درجة حرارة العادم عالية ويمكن الاستفادة منها. يُستغل الهواء الحار الخارج من التوربينية لتسخين الهواء المضغوط الخارج من الكابسة قبل دخوله حيز الاحتراق باستخدام مسترجع الحرارة، مما يقلل كمية الوقود اللازمة لعملية الاحتراق.

3- تاثير التسخين المفاجئ

سقوط قطرات الوقود أو شوائب الاحتراق في حيز الاحتراق قد يؤدي إلى وصولها إلى ريش التوربينية مما يسبب تلفها أو حدوث تسخين موضعي يؤدي إلى انصهار المعدن. وبما أن قوة شد المعدن الساخن أقل من المعدن البارد، فإن ارتفاع درجة الحرارة مع دوران الدوار يولد قوة طرد مركزي قد تغيّر شكل الريش، لذلك يجب تجنب التسخين الفجائي للتوربينية.

4- السيطرة وقياس درجة الحرارة

تكون درجة حرارة الهواء الخارج من التوربينية أقل من درجة حرارة الهواء الخارج من حيز الاحتراق، كما أن قياسها أسهل وأكثر انتظامًا. لذلك يمكن اعتماد درجة حرارة هواء التوربينية للتحكم بها، ومن خلالها تتم السيطرة على درجات حرارة المحرك التوربيني بالكامل.

المولدات

إن أساس عمل المولدات الكهربائية يعتمد على قاعدة فيزيائية مهمة تنص على أن أي موصل يقطع فيضًا مغناطيسيًا تتولد فيه قوة دافعة كهربائية. يتكوّن المولد من ملف

دوّار مكوَّن من لفة واحدة أو عدة لفات موضوع داخل مجال مغناطيسي ثابت. وعند دوران هذا الملف حول محوره، فإن مقدار الفيض المغناطيسي الذي يقطعه الملف يتغير بشكل مستمر من قيمة عظمى إلى قيمة صغرى وبالعكس. إن هذا التغيّر المستمر في الفيض المغناطيسي نتيجة دوران الملف يؤدي إلى تولّد قوة دافعة كهربائية متغيرة (فولتية) في الملف، وهي الأساس في إنتاج التيار الكهربائي.

وتعتمد قيمة هذه الفولتية المحتثة على أربعة عوامل هي:

- عدد لفات الملف.
- معدل سرعة ودوران الملف داخل المجال المغناطيسي.
- مقدار الفيض المغناطيسي.
- مقدار الزاوية المحصورة بين مستوى اللفة الواحدة للملف مع اتجاه المجال المغناطيسي.

انواع المولدات الكهربائية

1- مولدات التيار المتناوب.A.C Generators

تولّد تيارًا مستمرًا وتحتوي على مبدّل ، وتُستخدم في شحن البطاريات وبعض التطبيقات الصناعية الخاصة.

2- مولدات التيار المستمر.D.C Generators

تولّد تيارًا متناوبًا، وهي الأكثر استخدامًا في المنازل والمصانع ومحطات توليد الطاقة الكهربائية.

انواع مولدات التيارالمتناوب

- **مولدات ذات طور واحد Single phase generators**

تصنع هذه المولدات لإعطاء فولتية خارجة على شكل موجات جيبية قدر الإمكان، لأنها الأكثر استعمالًا في التطبيقات اليومية. تتكوّن من جزء ثابت (Stator) يضم ملفات الإنتاج (Armature) الثابت ، وجزء دوّار (Rotor) يحتوي أقطابًا مغناطيسية مرتبة بتناوب القطبية أي موجب ثم سالب . تُوصل ملفات الجزء الدوار بحلقتين

معدنيتين تلامسهما فحمات تستعمل لنقل التيار الكهربائي. وتُستعمل مولدات التيار المتناوب أحادية الطور بكثرة ولكنها اقل كفاءة من ثلاثية الاطوار.

- **مولدات ذات ثلاثة أطوارThree Phase generators**

هي مولدات تعطي ثلاث فولتّيات متناوبة مختلفة الأطوار، وتُستخدم في التطبيقات الصناعية والأحمال الكبيرة لأنها أعلى كفاءة، أكثر استقرارًا، وتوفر قدرة منتظمة مقارنة بمولدات الطور الواحد. و مولدات التيار المتناوب ثلاثية الطور هي الأكثر استخدامًا. تتكوّن من ثلاث مجموعات من ملفات الإنتاج موضوعة بحيث يفصل بينها فرق زاوي مقداره (60°)، وينتج عنها ثلاث فولتّيات مختلفة الأطوار يفصل بين أطوارها أيضًا فرق زاوي (60°).

مولدات التيار المستمر

تتشابه مولدات التيار المستمر مع مولدات التيار المتناوب في أن الفولتية المتولدة داخل ملفات جزء الإنتاج (Armature) تكون متناوبة، إلا أنهما تختلفان في طريقة نقل التيار إلى الخارج. ففي مولدات التيار المستمر يُحوَّل التيار المتناوب إلى تيار مستمر باستخدام المبدّل والفحمات. يتكوّن مولد التيار المستمر من جزء ثابت (Stator) يحتوي أقطابًا مغناطيسية تولّد الفيض، وجزء دوّار (Rotor) مصنوع من صفائح حديدية رقيقة يحتوي على عدة شقوق توضع فيها ملفات جزء الإنتاج، وتُنقل الفولتية إلى الخارج عبر المبدّل والفحمات.

وتُقسَّم مولدات التيار المستمر بحسب طريقة ربط ملفات الفيض مع جزء الإنتاج إلى: مولدات ربط توالي، ومولدات ربط توازي، وأنواع مركبة تجمع بين الطريقتين.

الامتحان البعدي:

1- اشرحوا مبدأ عمل المحرك التوربيني باختصار.
2- اذكروا نوعين من المحركات التوربينية حسب المائع المستخدم لتدوير التوربين.
3- وضّحوا كيف تتحول طاقة المائع إلى حركة دورانية في المحرك التوربيني.
4- اذكروا تطبيقًا صناعيًا واحدًا لكلٍّ من التوربين الغازي والتوربين البخاري.

المحاضرة الثامنة / المحركات البخارية والديزل

الاامتحان القبلي:

1- ما مصدر الطاقة المستخدم في تشغيل المحرك البخاري؟

2- ما الوقود المستخدم في محرك الديزل؟

3- ماذا تعرفون عن طريقة توليد الحركة في كلٍّ من المحرك البخاري ومحرك الديزل؟

4- اذكروا استخدامًا واحدًا لأحد هذين المحركين.

المحركات التوربينية البخارية Steam Turbine

هو محرك يمكن الحصول منها على قدرة عالية حيث تستغل الطاقة الحرارية الممتصة من بخار الماء وتتحول الى طاقة حركية ومن ثم الى طاقة ميكانيكية على شكل حركة دوارة .القرص الدوار يبدأ بالدوران بعد اصطدام البخار الخارج من النوزل (Nozzle) وبسرعة تفوق سرعة الصوت بالريش (Vanes) ونتيجة لقانون حفظ الزخم يبدأ القرص الدوار بالدوران. ويمكن استخدامه في تدوير توربينات ضخمة تحرك مولدات كهربائية ، وعابرات محيطات عملاقة. وتدار بالبخار أيضاً المضخات الكبيرة، ومعدات الحفر وأنواع أخرى كثيرة من الآلات القوية.

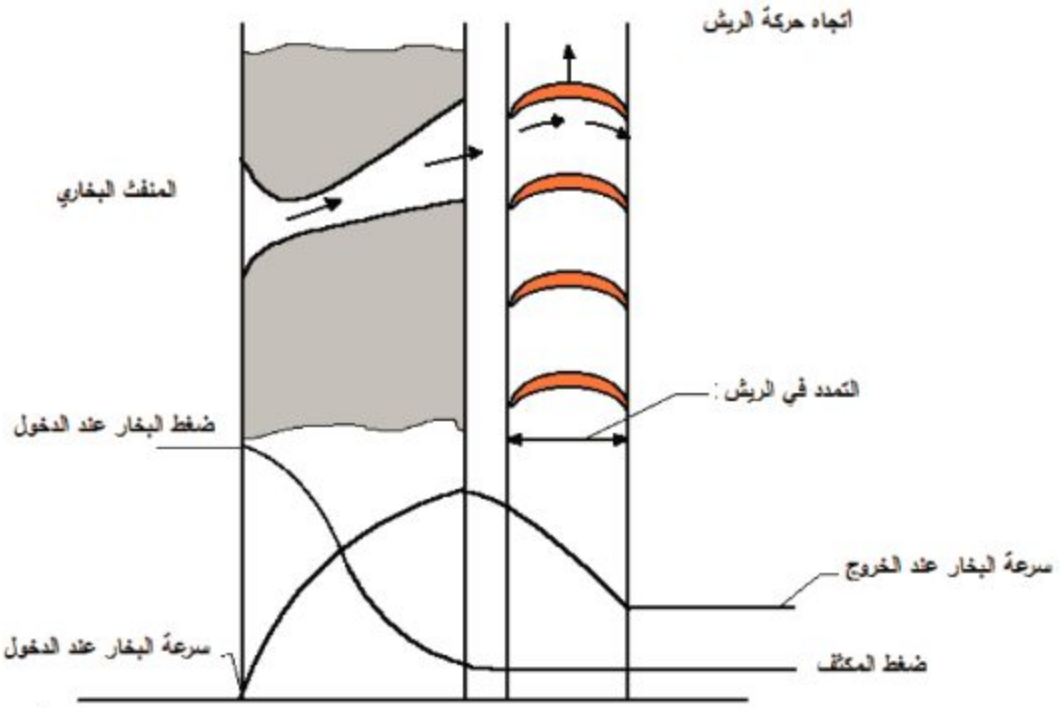
وهي التوربينات المُستَخدمة في محطات توليد الطاقة الحرارية والنووية، حيث تتضمن العملية باختصار تسخين المياه لتكوين بخار، ثم تدفُّق هذا البخار عبر التوربين، وتشغيله لإنتاج الكهرباء، والتوربينات البخارية عمومًا تدور بسرعات مذهلة، ذلك لأن البخار ينتج تحت ظروف ضغط عالٍ.

تُصنف التوربينات البخارية إلى نوعين:

اولا: حسب نوع تحويل الطاقة الحركية

1- التوربين البخاري الاندفاعي (الزخم) Impulse Turbine

2- التوربين البخاري رد الفعل Reaction Turbine



الشكل (1) التوربين الدفعي

التوربين البخاري الاندفاعي (الزخم)

المنافث في التوربين الدفعي بتحويل الطاقة الحرارية العالية للبخار القادم من المراجل الى طاقة حركية عالية عن طريق تخفيض ضغطه ويكون هبوط الضغط في المنافث بينما يبقى الضغط ثابت داخل التوربين، يندفع البخار من المنافث بسرعة عالية ليوجه الى مجموعة من الريش مثبتة على محيط قرص التوربين لتعمل على تدويره وعند مروره خلال الريش فان سرعته تقل، لان قسما من الطاقة الحركية قد جرى استعمالها لانتـاج شغل. تكون سرعة البخار

الخـارج مـن المنافث عالية جـدا ممـا يـؤدي الـى دوران التوربين بسرع عالية تـراوح بـين (300-400) دورة / دقيقة .

مكونات التوربين البخاري الدفعي

أولاً: المنفث البخاري (Nozzle)

- يدخل البخار إلى المنفث بضغط عالي وسرعة قليلة.
- داخل المنفث يحدث تمدد للبخار.
- نتيجة التمدد:
- ينخفض ضغط البخار.
- تزداد سرعة البخار بشكل كبير.
- وظيفة المنفث: تحويل طاقة الضغط إلى طاقة حركة.

ثانياً: دخول البخار إلى الريش الدوارة

- يخرج البخار بسرعة عالية من المنفث.
- يصطدم بالريش الدوارة داخل التوربين.
- يغيّر اتجاه حركته داخل الريش.
- تنتقل طاقة حركة البخار إلى الريش فتدور.

ثالثاً: التمدد داخل الريش

- التمدد داخل الريش قليل جداً.
- لأن التمدد الرئيسي يحدث داخل المنفث فقط.
- وهذا يميز التوربين الدفعي عن التوربين رد الفعل.

رابعاً: تغير ضغط البخار

- ضغط البخار يكون عالي عند الدخول.
- ينخفض فجأة داخل المنفث.
- يبقى تقريباً ثابت أثناء مروره في الريش.

خامساً: تغير سرعة البخار

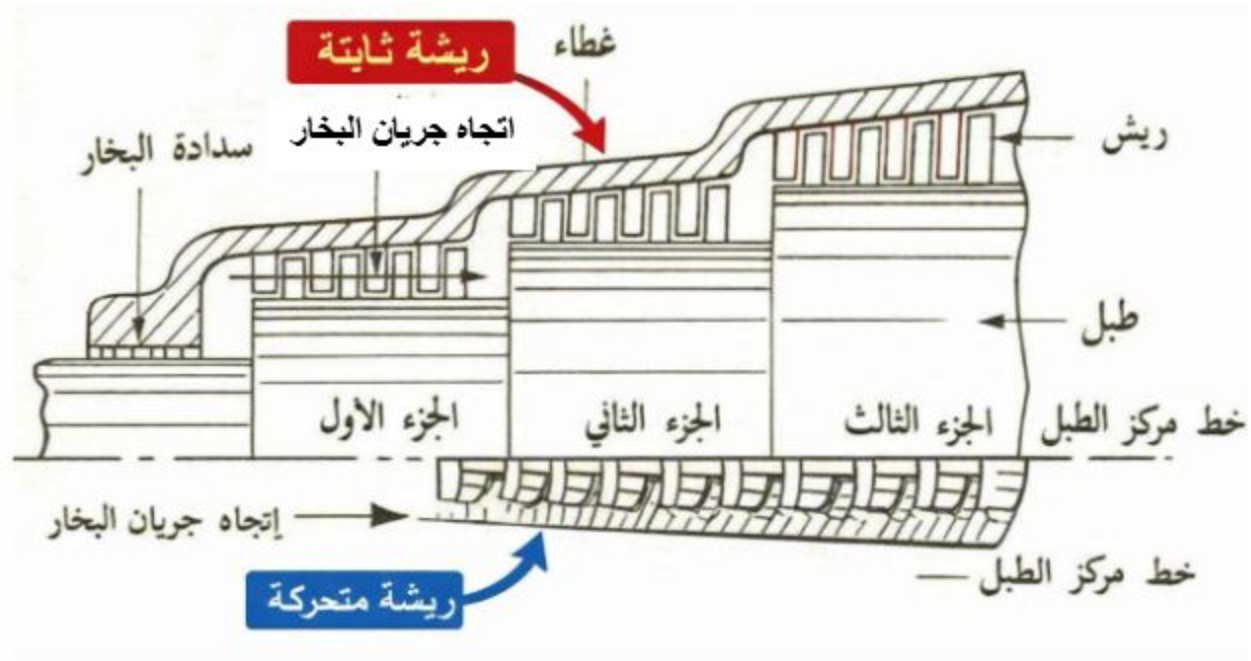
- سرعة البخار تكون قليلة عند الدخول.
- تزداد كثيراً بعد المنفث.
- تقل تدريجياً بعد اصطدامه بالريش بسبب انتقال الطاقة.

سادساً: حالة البخار عند الخروج

- يخرج البخار بسرعة أقل.
- يكون ضغطه منخفض.
- يكون قد فقد جزءاً من طاقته بعد تحويلها إلى طاقة ميكانيكية.

التوربين البخاري رد الفعل

يتكون توربين رد الفعل من صفوف من الريش مثبتة على عمود دوار وتفصل هذه الريش الدوارة بصفوف من الريش الثابتة مثبتة داخل الغطاء الخارجي وان تركيبه يختلف إلى حد ما عن تركيب التوربين الدفعي حيث لا توجد منافث مثبتة في توربين رد فعل. الريش الثابتة تعمل بصفة منافث حيث فيها تزداد سرعة البخار وكذلك تعمل على توجيه البخار توجيها" صحيحا" إلى الريشة المتحركة. وان صفة توربين رد الفعل ناتجة عن هبوط الضغط باستمرار خلال التوربين وهذا ليس كما في التوربين الدفعي حيث يهبط الضغط في المنافث فقط وليس في التوربين. ويزداد قطر مقطع التوربين بسبب الزيادة في الحجم النوعي كلما قل ضغط البخار، وسرعة البخار في توربين رد الفعل ليس عاليا"جدا" وعليه فسرعة التوربين واطئة نسبيا.



الشكل (2) التوربين رد الفعل

أجزاء التوربين البخاري ردّ الفعل

سدادة البخار

هي جزء يمنع تسرب البخار إلى خارج التوربين ويحافظ على الضغط داخل الجهاز، مما يزيد كفاءة التشغيل.

اتجاه جريان البخار

يوضح السهم اتجاه حركة البخار داخل التوربين، حيث يتحرك البخار من جهة الدخول إلى جهة الخروج مارّاً عبر مراحل التوربين المختلفة.

الغطاء (الغلاف الخارجي)

- هو الهيكل الخارجي للتوربين، ووظيفته:
- احتواء البخار داخل التوربين
- حماية الأجزاء الداخلية

- توجيه مسار البخار بين المراحل

الريشة الثابتة (Stator Blades)

- توجد مثبتة في الغلاف، ووظيفتها:
- توجيه البخار نحو الريش الدوارة
- زيادة سرعة البخار
- تنظيم مسار الجريان

الريش الدوارة (Rotor Blades)

- مثبتة على الطبل أو العمود، ووظيفتها:
- استقبال البخار القادم من الريش الثابتة
- تحويل طاقة البخار إلى حركة دورانية
- توليد القدرة الميكانيكية

الطبل (Rotor Body)

هو الجزء الأسطواني الذي تثبت عليه الريش الدوارة، ويرتبط مباشرة بالعمود لنقل الحركة.

خط مركز الطبل

يمثل محور دوران التوربين، وهو الخط الذي يدور حوله العمود والريش.

مراحل التوربين في الشكل

الجزء الأول

يدخل البخار بضغط ودرجة حرارة عالية ويبدأ بالتمدد وفقد جزء من طاقته.

الجزء الثاني

يستمر تمدد البخار وتنخفض طاقته تدريجياً مع استمرار تدوير الريش.

الجزء الثالث

يكون ضغط البخار أقل وسرعته مناسبة لإكمال تحويل الطاقة قبل خروج البخار من التوربين.

مميزات محرك التوربين البخارى

يمتاز محرك التوربين البخاري بكفاءته العالية في تحويل الطاقة الحرارية للبخار إلى طاقة ميكانيكية، كما يتميز بقدرته على إنتاج طاقات كبيرة تجعله مناسباً لمحطات توليد الكهرباء والصناعات الثقيلة، ويعمل بشكل مستمر وبسرعة دوران منتظمة مما يقلل الاهتزاز والضوضاء ويزيد من عمره التشغيلي، إضافة إلى أن عدد أجزائه المتحركة قليل نسبياً لذلك يحتاج إلى صيانة أقل مقارنة ببعض المحركات الأخرى، كما يمكن تشغيله باستخدام مصادر حرارية متعددة مثل الوقود الأحفوري أو الطاقة النووية أو الطاقة الشمسية الحرارية، ويتميز أيضاً بإمكانية تشغيله بسرعات عالية مع حجم مناسب مقارنة بالقدرة التي ينتجها.

ثانيا : حسب عدد المراحل

1- Single Stage توربين مرحلة مفردة

2- Two Stage توربين مرحلة ثنائية

3- Multi Stage توربين مرحلة متعددة

توربين مرحلة مفردة

التوربين ذو المرحلة المفردة هو التوربين الذي يحتوي على مرحلة واحدة فقط من الريش الثابتة والدوارة، حيث يتم تحويل طاقة البخار إلى طاقة ميكانيكية في مرة واحدة داخل التوربين. يدخل البخار عالي الضغط إلى المنفث فتتحول طاقة الضغط إلى سرعة عالية، ثم تصطدم نفاثات البخار بالريش الدوارة مما يؤدي إلى دوران العمود وإنتاج القدرة الميكانيكية. يتميز هذا النوع ببساطة

التصميم وقلة الكلفة وسهولة الصيانة، ويستخدم غالباً في التطبيقات الصغيرة والأجهزة ذات القدرة المحدودة.

توربين مرحلة ثنائية

التوربين ذو المرحلتين يحتوي على مرحلتين متتاليتين من الريش، حيث يتم استخراج طاقة البخار على مرحلتين بدلاً من مرحلة واحدة. يدخل البخار إلى المرحلة الأولى فيفقد جزءاً من طاقته ثم ينتقل إلى المرحلة الثانية لاستغلال الجزء المتبقي من طاقة البخار، وبذلك تزداد القدرة الناتجة وترتفع كفاءة التوربين مقارنة بالتوربين المفرد. يستخدم هذا النوع في الأنظمة الصناعية المتوسطة ومحطات القدرة متوسطة الحجم بسبب قدرته على تحقيق توازن بين الكفاءة والتكلفة.

توربين متعدد المراحل

التوربين متعدد المراحل يحتوي على عدد كبير من المراحل المتتالية من الريش الثابتة والدوارة، حيث يتم استغلال طاقة البخار بشكل تدريجي خلال مروره عبر عدة مراحل داخل التوربين. يدخل البخار إلى المرحلة الأولى ثم يستمر بالمرور عبر مراحل متعددة يتم خلالها استخراج جزء من طاقته في كل مرحلة حتى يخرج البخار بطاقة منخفضة. يتميز هذا النوع بأعلى كفاءة تشغيل وقدرة إنتاج كبيرة جداً، لذلك يستخدم بصورة رئيسية في محطات توليد الكهرباء الكبيرة والصناعات الثقيلة التي تحتاج إلى إنتاج طاقة عالية وبكفاءة مرتفعة.

أهم أجزاء التوربين البخاري

- **المنفث (Nozzle)**

هو الجزء الذي يقوم بتحويل طاقة ضغط البخار إلى طاقة سرعة عالية قبل دخول البخار إلى الريش، ويساعد على توجيه البخار بالاتجاه الصحيح داخل التوربين.

- **الريش الثابتة (Stator Blades)**

هي الريش المثبتة داخل جسم التوربين ولا تتحرك، وتعمل على توجيه البخار نحو الريش الدوارة وتنظيم حركة البخار.

- **الريش الدوارة (Rotor Blades)**

هي الريش المرتبطة بالعمود الدوار، حيث تصطدم بها نفاثات البخار فتتحول طاقة البخار إلى حركة دورانية.

- **العمود الدوار(Rotor Shaft)**

هو العمود الذي تثبت عليه الريش الدوارة، وينقل القدرة الميكانيكية الناتجة من التوربين إلى المولد الكهربائي أو الأجهزة الأخرى.

- **غلاف التوربين (Casing)**

هو الهيكل الخارجي الذي يحيط بالتوربين، ويعمل على احتواء البخار وتنظيم مروره وحماية الأجزاء الداخلية.

- **المحامل (Bearings)**

تعمل على تثبيت العمود الدوار وتقليل الاحتكاك أثناء الدوران لضمان تشغيل سلس للتوربين.

- **المسيطر على السرعة (Governor)**

هو جهاز يُستخدم للتحكم بسرعة دوران التوربين البخاري والمحافظة عليها ثابتة عند تغير الحمل. يعمل عن طريق تنظيم كمية البخار الداخلة إلى التوربين، فعند زيادة السرعة يقلل دخول البخار، وعند انخفاض السرعة يزيد كمية البخار، وبذلك يحافظ على استقرار التشغيل ويحمي التوربين من السرعات العالية.

- **حشوة مانع النضوح**

هي جزء يُستخدم في التوربين البخاري لمنع تسرب البخار من حول العمود الدوار أثناء التشغيل. توضع هذه الحشوة بين العمود والغلاف الخارجي للتوربين، وتعمل على تقليل فقدان البخار والمحافظة على كفاءة التشغيل، كما تساعد على حماية الأجزاء الداخلية من التسرب والتلف.

المشاكل المتوقع حدوثها في المحرك البخاري

المشكلة	السبب	الحل
انخفاض الكفاءة	ترسب شوائب وأملاح على الريش	تنظيف الريش وتحسين جودة البخار
تآكل أو كسر الريش	وجود ماء أو شوائب في البخار	تجفيف البخار وفحص الريش
تسرب البخار	تلف الحشوات أو الوصلات	استبدال الحشوات وإحكام الإغلاق
اهتزاز العمود	عدم الاتزان أو تلف المحامل	موازنة العمود وصيانة المحامل
ارتفاع حرارة المحامل	نقص التزييت أو احتكاك عالي	تحسين التزييت وفحص المحامل
زيادة السرعة	خلل في جهاز السيطرة على السرعة	ضبط وصيانة المسيطر على السرعة
التآكل والصدأ	رطوبة أو رداءة نوعية البخار	معالجة البخار ومراقبة التشغيل

الإجراءات المهمة قبل تشغيل المحرك البخاري يجب إتباع ما يلي:

- التأكد من منظومة التزييت والتبريد ونظام ضخ الزيت وكذلك التأكد من الجزء المراد تزويده.
- التأكد من عمل جميع الصمامات السيطرة حيث يجب أن تكون منتظمة.
- غلق صمام البخار الرئيسي.
- تشغيل مضخة الزيت الثانوية وذلك من خلال مراقبة حركة الزيت في البوابات الزجاجية على أنابيب الزيت.
- إحماء المحرك البخاري قبل تشغيله وهو بارد.

المحركات الديزل Diesel Engine

محركات الديزل هي نوع من محركات الاحتراق الداخلي تعمل على تحويل الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق وقود الديزل إلى طاقة ميكانيكية تُستخدم في تشغيل المركبات والمولدات والمعدات الصناعية.

مبدأ عمل محرك الديزل

يعتمد محرك الديزل على الاشتعال الذاتي للوقود نتيجة الضغط العالي داخل الأسطوانة، وليس باستخدام شمعة إشعال مثل محركات البنزين.

تتم دورة العمل في محرك الديزل (أربع مراحل) رئيسية:

محرك الديزل يعمل وفق دورة رباعية الأشواط داخل الأسطوانة، حيث تتحول طاقة الوقود إلى طاقة ميكانيكية.

1- شوط السحب (Intake Stroke)

- يتحرك المكبس من الأعلى إلى الأسفل داخل الأسطوانة.
- ينفتح صمام السحب.
- يدخل الهواء النقي فقط إلى الأسطوانة (لا يدخل الوقود في هذه المرحلة).

2- شوط الانضغاط (Compression Stroke)

- يتحرك المكبس من الأسفل إلى الأعلى.
- تكون صمامات السحب والعادم مغلقة.
- يتم ضغط الهواء بشدة مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارته بشكل كبير.

3- شوط القدرة أو الاحتراق (Power Stroke)

- يتم حقن وقود الديزل داخل الهواء الساخن المضغوط.
- يشتعل الوقود تلقائياً بسبب الحرارة العالية (بدون شمعة إشعال).
- ينتج ضغط كبير يدفع المكبس إلى الأسفل ويولد القدرة الميكانيكية.

4- شوط العادم (Exhaust Stroke)

- يتحرك المكبس من الأسفل إلى الأعلى مرة أخرى.
- ينفتح صمام العادم.
- تخرج الغازات الناتجة من الاحتراق إلى خارج الأسطوانة.



الشكل (3) دورة العمل في محرك الديزل

تقسم محركات الديزل إلى نوعين حسب نوع الوقود

1- محركات الزيوت الخفيفة

محركات الزيوت الخفيفة هي محركات ديزل تعمل باستخدام وقود الديزل الخفيف قليل اللزوجة وسهل الاحتراق. تمتاز بسهولة التشغيل وسرعة الاستجابة عند بدء العمل، كما لا تحتاج إلى منظومات تسخين للوقود قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق. تستخدم هذه المحركات عادة في السيارات والشاحنات والجرارات الزراعية والمولدات الصغيرة، وتتميز بكفاءة جيدة واستهلاك اقتصادي للوقود.

2- محركات الزيوت الثقيلة

محركات الزيوت الثقيلة هي محركات ديزل تعمل باستخدام وقود عالي اللزوجة والكثافة، لذلك تحتاج هذه الزيوت إلى التسخين قبل ضخها إلى المحرك لتسهيل انسيابها وتحسين عملية الاحتراق. تستخدم هذه المحركات في التطبيقات التي تتطلب قدرات تشغيل كبيرة مثل السفن البحرية ومحطات توليد الطاقة والمعدات الصناعية الثقيلة، وتمتاز بقدرتها العالية على تحمل الأحمال والعمل لفترات طويلة.

الامتحان البعدي:

1- اشرحوا باختصار كيف يُنتَج البخار المستخدم لتشغيل المحرك البخاري.
2- كيف يحدث اشتعال الوقود داخل أسطوانة محرك الديزل؟
3- قارنوا بين المحرك البخاري ومحرك الديزل من حيث مكان توليد الحرارة وطريقة تحويلها إلى حركة.
4- اذكروا الأجزاء الرئيسة لمحرك الديزل، وبيّنوا وظيفة المكبس.
5- اذكروا استخدامًا صناعيًا لكلٍّ من المحرك البخاري ومحرك الديزل.

المحاضرة التاسعة / الخزانات

الامتحان القبلي:

1- ما وظيفة الخزان في المنشآت الصناعية؟

2- ما المواد التي يمكن تخزينها في الخزانات؟

3- ما الأشكال التي تعرفونها للخزانات؟

4- لماذا تحتاج بعض الخزانات إلى فتحة تهوية؟

مقدمة عن الخزانات

تعد الخزانات من المعدات الأساسية في مختلف الصناعات، حيث تستخدم لتخزين السوائل أو الغازات لفترات معينة إلى حين استخدامها أو نقلها إلى مراحل أخرى من العمليات الصناعية. وتنتشر الخزانات في العديد من المجالات مثل الصناعات النفطية والبتروكيميائية ومحطات المياه والصناعات الكيميائية، نظراً لأهميتها في تنظيم عمليات التخزين والإنتاج. وتعد الخزانات النفطية من المكونات الأساسية في صناعة النفط والغاز وفي المصافي النفطية، حيث تستخدم لتخزين النفط الخام والمنتجات النفطية المختلفة خلال مراحل الإنتاج والتكرير والنقل. ويهدف استخدام هذه الخزانات إلى تنظيم عمليات التشغيل داخل المنشآت النفطية وضمان توفر كميات كافية من المواد النفطية لتلبية متطلبات الاستهلاك أو المعالجة الصناعية.

تصمم الخزانات وفق معايير هندسية تأخذ بنظر الاعتبار نوع المادة المخزنة والضغط ودرجة الحرارة والسعة التخزينية المطلوبة، وذلك لضمان كفاءة التشغيل وتحقيق أعلى درجات السلامة. كما تختلف الخزانات في أشكالها وأنواعها تبعاً لطبيعة الاستخدام، فقد تكون خزانات ضغط جوي أو خزانات

ضغط عالي أو خزانات ذات سطوح عائمة. وتسهم الخزانات بشكل كبير في تحقيق التخزين الآمن للمواد وتنظيم العمليات الصناعية وتقليل الفاقد وضمان استمرارية الإنتاج. وتتنوع الخزانات النفطية حسب طبيعة المادة المخزنة وظروف التشغيل، حيث تشمل خزانات الضغط الجوي التي تستخدم لتخزين السوائل منخفضة التطاير، والخزانات ذات السطوح العائمة التي تقلل من فقدان السوائل نتيجة التبخر، وخزانات الضغط العالي التي تستخدم لتخزين الغازات المسالة والمواد سريعة التطاير.

خزانات الضغط الجوي

خزانات الضغط الجوي هي خزانات تستخدم لتخزين السوائل التي لا تحتاج إلى ضغط مرتفع للحفاظ عليها في الحالة السائلة، حيث يعمل الخزان عند ضغط قريب من الضغط الجوي. وتعد من أكثر أنواع الخزانات استخداماً في الصناعات النفطية والمصافي ومحطات التخزين. واشكال الخزان غالباً يكون الخزان أسطواني الشكل ,عمودي , مزود بسقف ثابت ,مصنوع من الفولاذ الكربوني.

مبدا عمل الضغط الجوي

يعتمد مبدأ عمل خزان الضغط الجوي على تخزين السوائل عند ضغط قريب من الضغط الجوي دون الحاجة إلى ضغط مرتفع للمحافظة على المادة في حالتها السائلة. لذلك يستخدم هذا النوع من الخزانات لتخزين السوائل ذات التطاير المنخفض أو المتوسط مثل النفط الخام والديزل وزيت الوقود. عند دخول السائل إلى الخزان عبر أنبوب الدخول يرتفع مستوى السائل داخل الخزان، وفي هذه الحالة يخرج الهواء أو الأبخرة الموجودة في الفراغ العلوي عبر صمام التنفيس الموجود في سقف الخزان، وذلك للمحافظة على توازن الضغط داخل الخزان ومنع ارتفاعه.

أما عند سحب السائل من الخزان عبر أنبوب الخروج فإن مستوى السائل ينخفض، مما يؤدي إلى دخول الهواء من خلال صمام التنفيس إلى داخل الخزان لتعويض الفراغ المتكون ومنع حدوث ضغط منخفض أو فراغ قد يؤثر على سلامة الخزان. وبذلك يعمل خزان الضغط الجوي على موازنة الضغط الداخلي مع الضغط الجوي الخارجي أثناء عمليات التعبئة والتفريغ، مما يسمح بتخزين السوائل بطريقة آمنة ومستقرة دون حدوث تغيرات كبيرة في الضغط داخل الخزان.

يوضح الشكل الخزان الضغط الجوي المستخدم لتخزين السوائل في الصناعات النفطية والبتروكيميائية. ويكون هذا الخزان أسطواني الشكل ويعمل عند ضغط قريب من الضغط الجوي، ويستخدم عادة لتخزين السوائل منخفضة أو متوسطة التطاير مثل النفط الخام والديزل وزيت الوقود.

يتكون الخزان من عدة أجزاء رئيسية موضحة في الشكل (1) :

1 .السقف الثابت

وهو الجزء العلوي من الخزان ويكون غالباً على شكل مخروطي أو قبابي، ويعمل على حماية السائل المخزن من العوامل الجوية مثل الأمطار والغبار.

2 .صمام التنفيس

يوجد في أعلى الخزان، ووظيفته موازنة الضغط داخل الخزان من خلال السماح بدخول أو خروج الهواء عند تعبئة الخزان أو تفريغه، وذلك لمنع حدوث زيادة في الضغط أو تكوّن فراغ داخل الخزان.

3 .جدار الخزان

وهو الجدار الأسطواني الذي يشكل الهيكل الرئيسي للخزان ويحتوي السائل المخزن. عادة يصنع من الفولاذ القادر على تحمل وزن السائل والظروف التشغيلية.

4 .أنبوب الدخول

يستخدم لنقل السائل إلى داخل الخزان أثناء عملية التعبئة.

5 .أنبوب الخروج

يوجد عادة في الجزء السفلي من الخزان ويستخدم لتصريف السائل أو نقله إلى وحدات أخرى.

6 .فتحة التفتيش

وهي فتحة دائرية موجودة في جدار الخزان تستخدم لدخول العاملين إلى داخل الخزان أثناء عمليات الفحص والصيانة والتنظيف.

7 .السائل المخزن

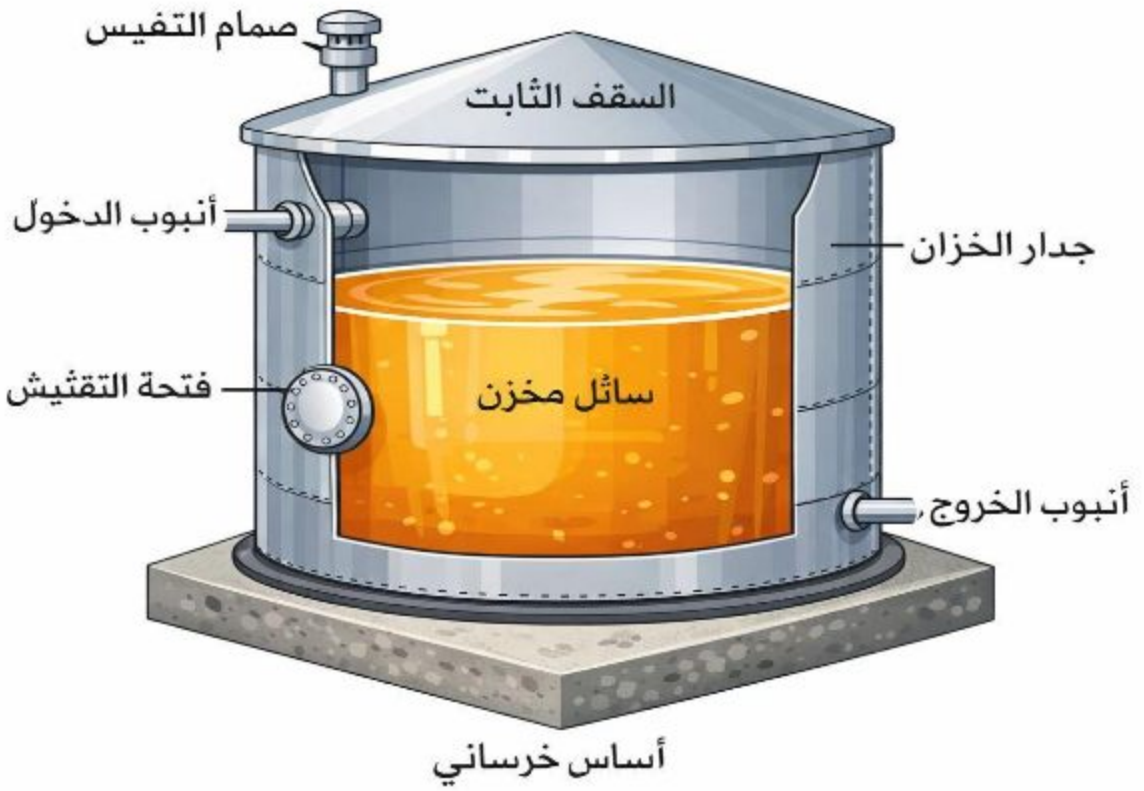
يمثل المادة السائلة التي يتم تخزينها داخل الخزان مثل النفط أو المنتجات النفطية.

8 .الأساس الخرساني

وهو القاعدة التي يستند عليها الخزان، وتعمل على تثبيته وتحمل وزنه ووزن السائل المخزن داخله.

وبذلك يوضح الشكل التركيب الأساسي لخزان الضغط الجوي والأجزاء الرئيسية التي تضمن عملية التخزين الآمنة والفعالة للسوائل الصناعية.

خزان الضغط الجوي



مميزات خزانات الضغط الجوي

بساطة التصميم

- تتميز خزانات الضغط الجوي بتصميمها البسيط مقارنة بخزانات الضغط العالي.
- كلفة تصنيعها وتركيبها أقل من الخزانات المضغوطة.
- سهولة التشغيل والصيانة.
- يمكن فحصها وصيانتها بسهولة نسبياً.
- إمكانية تصنيعها بسعات كبيرة.
- ملائمة لتخزين العديد من المنتجات النفطية مثل النفط الخام والديزل وزيت الوقود.

عيوب خزانات الضغط الجوي

- فقدان جزء من السائل بالتبخر خاصة عند تخزين السوائل ذات التطاير العالي مثل البنزين.
- غير مناسبة لتخزين الغازات أو السوائل سريعة التبخر لأنها تعمل عند ضغط قريب من الضغط الجوي.
- احتمال حدوث مخاطر الحريق أو الانفجار بسبب تجمع الأبخرة القابلة للاشتعال داخل الخزان.
- تأثر السائل بالعوامل الجوية مثل تغير درجات الحرارة، مما قد يؤدي إلى زيادة التبخر أو تغير خصائص السائل.

استخدامات خزانات الضغط الجوي

تستخدم خزانات الضغط الجوي في العديد من المجالات الصناعية، وخاصة في الصناعات النفطية والبتروكيميائية، وذلك لتخزين السوائل التي لا تحتاج إلى ضغط مرتفع. ومن أهم استخداماتها:

- تخزين النفط الخام في المصافي النفطية أو في محطات التجميع قبل دخوله إلى وحدات التكرير.
- تخزين المنتجات النفطية مثل الديزل وزيت الوقود والزيوت الثقيلة بعد عملية التكرير.
- تخزين بعض المواد الكيميائية التي تكون في الحالة السائلة ولا تحتاج إلى ضغط مرتفع.
- تخزين المياه الصناعية المستخدمة في العمليات الصناعية أو في أنظمة التبريد.

خزانات الضغط العالي

خزانات الضغط العالي هي خزانات مصممة لتخزين الغازات أو المواد سريعة التبخر تحت ضغط مرتفع، وذلك للحفاظ عليها في الحالة السائلة ومنع تحولها

إلى غاز. وتستخدم هذه الخزانات في الصناعات النفطية والبتروكيميائية، حيث تتطلب بعض المواد ضغطاً عالياً للبقاء في حالتها السائلة أثناء التخزين. تصنع خزانات الضغط العالي عادة من فولاذ عالي المقاومة قادر على تحمل الضغوط المرتفعة، ويتم تصميمها وفق معايير هندسية دقيقة لضمان السلامة ومنع حدوث تسرب أو انفجار. كما تزود هذه الخزانات بعدة أجهزة أمان مثل صمامات الأمان وأجهزة قياس الضغط والحرارة ومراقبة ظروف التشغيل.

توجد خزانات الضغط العالي بعدة أشكال هندسية، ومن أهمها:

1 .الخزانات الكروية

تكون على شكل كرة وتستخدم غالباً لتخزين الغازات المسالة مثل غاز البترول المسال(LPG) ، ويعد هذا الشكل مناسباً لتحمل الضغط العالي لأن الضغط يتوزع بشكل متساوٍ على جميع أجزاء الخزان.

2 .الخزانات الأسطوانية الأفقية

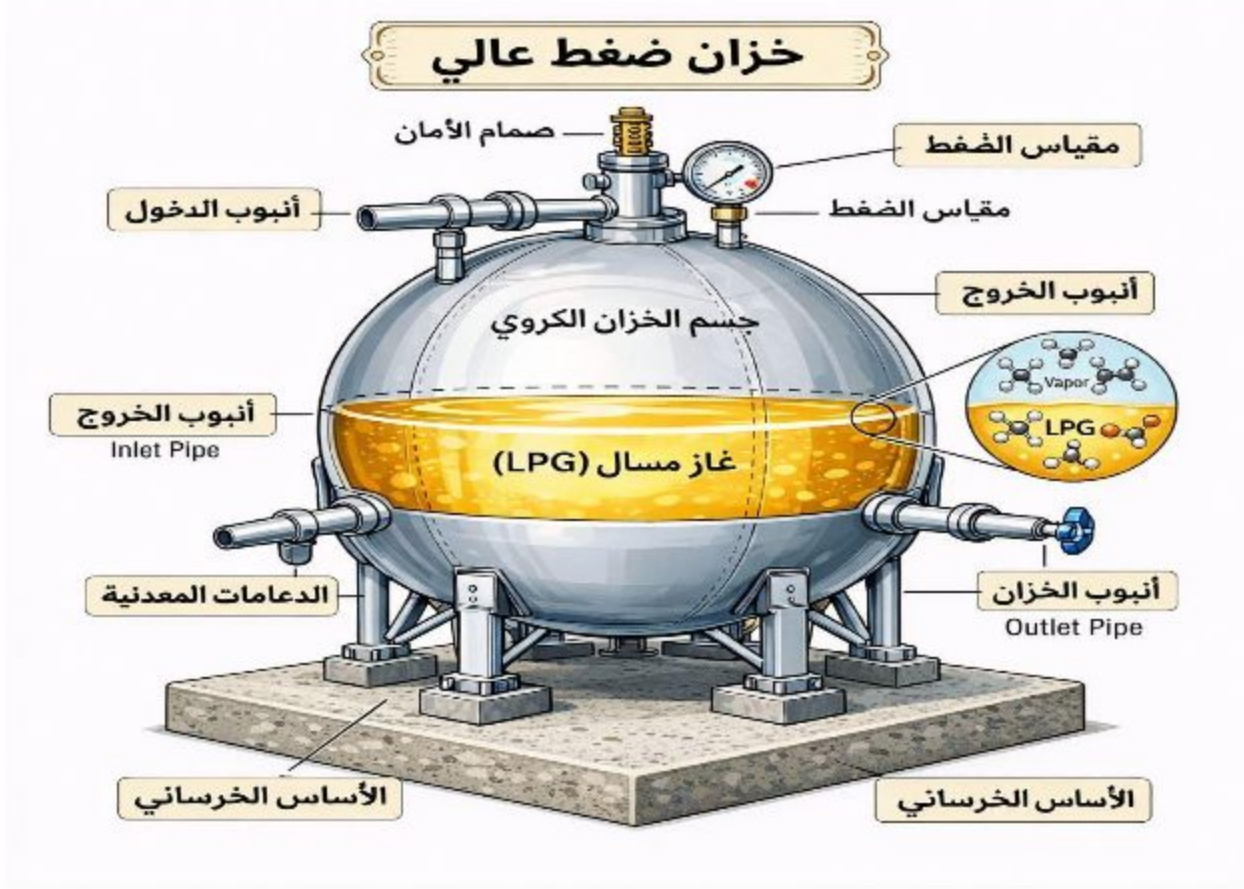
تكون أسطوانية الشكل وتوضع أفقياً فوق دعامات معدنية، وتستخدم لتخزين كميات متوسطة من الغازات المسالة مثل البروبان والبيوتان.

مبدأ عمل خزانات الضغط العالي

يعتمد مبدأ عمل هذه الخزانات على حفظ المادة تحت ضغط مرتفع داخل الخزان، مما يمنع تحولها إلى غاز ويحافظ عليها في الحالة السائلة. وعند نقل المادة أو استخدامها يتم تقليل الضغط تدريجياً لتتحول إلى الحالة الغازية حسب الحاجة.

يستخدم الشكل الكروي في خزانات الضغط العالي لأن الإجهادات الناتجة عن الضغط الداخلي تتوزع بشكل متساوٍ على سطح الخزان، مما يجعله أكثر قدرة على تحمل الضغوط العالية مقارنةً بالأشكال الأخرى. خزان ضغط عالي كروي يستخدم عادة لتخزين غاز البترول المسال (LPG) في المصافي

النفطية أو محطات تعبئة الغاز. يتكون الخزان الضغط العالي الكروي من عدة أجزاء رئيسية موضحة في الشكل (2) :



1. صمام الأمان (Safety Valve)

يوجد في أعلى الخزان، ووظيفته تفريغ الضغط الزائد تلقائياً عند ارتفاع الضغط داخل الخزان لحمايته من الانفجار أو التلف.

2. مقياس الضغط (Pressure Gauge)

جهاز يستخدم لقياس الضغط داخل الخزان ومراقبة ظروف التشغيل لضمان أن الضغط ضمن الحدود الآمنة.

3. أنبوب الدخول (Inlet Pipe)

يستخدم لإدخال الغاز المسال أو السائل إلى داخل الخزان أثناء عملية التعبئة.

4. أنبوب الخروج (Outlet Pipe)

يستخدم لسحب الغاز أو السائل من الخزان عند الاستخدام أو عند نقل المادة إلى وحدة أخرى.

5. جسم الخزان الكروي (Spherical Tank Body)

هو الهيكل الرئيسي للخزان ويصنع عادة من فولاذ قوي مقاوم للضغط، ويكون شكله كروياً لأن هذا الشكل يساعد على توزيع الضغط بالتساوي على جميع أجزاء الخزان.

6. الغازالبترول المسال (LPG)

المادة المخزنة داخل الخزان وهي غاز البترول المسال، ويكون جزء منه في الحالة السائلة وجزء آخر في الحالة الغازية بسبب الضغط داخل الخزان.

7. الدعامات المعدنية (Metallic Support)

هي الأرجل الحديدية التي تحمل الخزان وتثبته فوق القاعدة، وتعمل على نقل وزن الخزان إلى الأساس.

8. الأساس الخرساني (Concrete Foundation)

قاعدة خرسانية قوية تثبت عليها الدعامات المعدنية وتعمل على تثبيت الخزان وتحمل وزنه ووزن المادة المخزنة داخله.

مميزات خزانات الضغط العالي

- القدرة على تحمل الضغوط المرتفعة.

- إمكانية تخزين الغازات المسالة بكفاءة.
- تقليل احتمال تسرب الغازات.
- توفير مستوى عالٍ من السلامة عند التصميم الصحيح.

عيوب خزانات الضغط العالي

- ارتفاع تكلفة التصنيع والإنشاء مقارنة بالخزانات الأخرى.
- الحاجة إلى مواد قوية ومقاومة للضغط.
- ضرورة إجراء فحوصات وصيانة دورية لضمان السلامة.
- في حال حدوث خلل قد تكون المخاطر كبيرة بسبب الضغط المرتفع.

استخدامات خزانات الضغط العالي

- تستخدم هذه الخزانات في عدة مجالات، منها:
- تخزين غاز البترول المسال(LPG).
- تخزين البروبان والبيوتان.
- تخزين الأمونيا.
- استخدامها في المصافي النفطية.
- استخدامها في محطات تعبئة الغاز والصناعات البتروكيميائية.

خزانات ذات سطوح العائمة

الخزانات ذات السطوح العائمة هي خزانات تخزين نفطية يكون فيها السقف عائماً فوق سطح السائل المخزن ويتحرك صعوداً وهبوطاً حسب مستوى

السائل داخل الخزان. ويهدف هذا التصميم إلى تقليل الفراغ بين السائل والسقف وبالتالي تقليل فقدان المادة بسبب التبخر. ويستخدم الخزان ذو السقف العائم لتقليل تبخر المشتقات النفطية وخسارة المواد المتطايرة وكذلك لتقليل خطر الانفجار.

مبدأ العمل خزانات ذات سطوح العائمة

يعتمد عمل هذا النوع من الخزانات على أن السقف العائم:

يرتفع عند زيادة كمية السائل داخل الخزان.

ينخفض عند سحب السائل من الخزان.

وبذلك يبقى السقف ملاصقاً تقريباً لسطح السائل، مما يقلل من الأبخرة المتكونة داخل الخزان.

يتكون الخزان ذات سطوح العائمة من عدة أجزاء رئيسية موضحة في الشكل (3) :

1. السلم المتحرك

سلم مائل يتحرك مع حركة السقف العائم صعوداً ونزولاً. يستخدم للوصول إلى السقف العائم لغرض الفحص والصيانة.

2. السقف العائم

سقف معدني يطفو فوق سطح السائل داخل الخزان. يرتفع وينخفض حسب مستوى السائل المخزون. وظيفته تقليل تبخر الأبخرة النفطية وتقليل الفاقد.

3. دعامات السقف

أعمدة أو ركائز معدنية تثبت السقف العائم. تساعد على حمل السقف والمحافظة على توازنه داخل الخزان.

4. حلقات الإحكام

حلقات مانعة للتسرب موجودة بين السقف العائم وجدار الخزان. وظيفتها منع تسرب الأبخرة النفطية إلى الجو.

5. التصريف الأوتوماتيكي

نظام لتصريف مياه الأمطار المتجمعة فوق السقف العائم. يمنع تراكم المياه التي قد تؤثر على توازن السقف.

6. جدار الخزان

الهيكل الأسطواني الخارجي للخزان. يصنع غالباً من الفولاذ ويعمل على احتواء السائل المخزن.

7. السائل المخزون

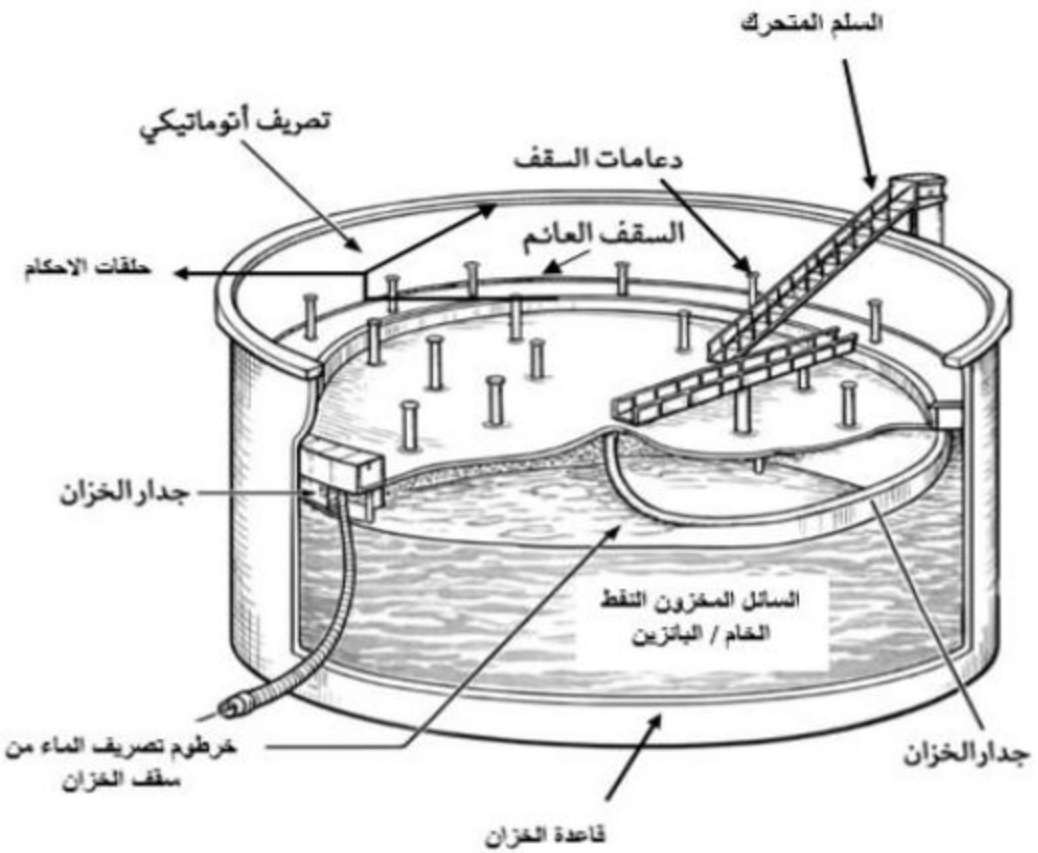
المادة المخزنة داخل الخزان مثل: النفط الخام ,البنزين, الكيروسين.

8. خرطوم تصريف الماء من السقف

أنبوب أو خرطوم يقوم بنقل مياه الأمطار من السقف إلى خارج الخزان.

9. قاعدة الخزان

الجزء السفلي الذي يستند على الأساس الخرساني. يوفر الثبات والدعم الهيكلي للخزان.



مميزات خزانات ذات سطوح العائمة

- تقليل فقدان السوائل بالتبخر.
- تقليل التلوث البيئي.
- تقليل خطر الحريق والانفجار.

عيوب خزانات ذات سطوح العائمة

- تكلفة إنشائها أعلى من خزانات السقف الثابت.
- تحتاج إلى صيانة دورية للسطح العائم.
- قد تتجمع مياه الأمطار على السطح الخارجي.

استخدامات الخزانات ذات السطح العائم

- تخزين النفط الخام.
- تخزين البنزين.
- تخزين النفتا.
- تخزين المنتجات النفطية سريعة التبخر.

الامتحان البعدي:

1- عرّفوا الخزان واذكروا وظيفتين له في المنشآت الصناعية.

2- صنّفوا الخزانات حسب موقع تركيبها، مع مثال لكل نوع.

3- ما الفرق بين الخزان المفتوح والخزان المغلق؟

4- اذكروا أربعة أجزاء أو ملحقات للخزان، وبيّنوا وظيفة اثنين منها.

5- ما إجراءات السلامة التي يجب مراعاتها عند تخزين المواد القابلة للاشتعال؟

المحاضرة العاشرة / المجمدات الصناعية

الامتحان القبلي:

1- ما المقصود بالتجميد الصناعي؟

2- لماذا تُجمَّد بعض المنتجات الغذائية؟

3- ما الفرق بين التبريد والتجميد؟

4- ما مصدر الطاقة اللازم لتشغيل المجمدات الصناعية؟

المجمدات الصناعية

هي أجهزة تبريد تُستخدم لتجميد وحفظ المنتجات بكميات كبيرة في الصناعات الغذائية والطبية والكيميائية، وتتميز بقدرتها العالية على خفض درجة الحرارة بسرعة والحفاظ على جودة المنتج. التبريد هو خفض درجة حرارة الجسم أو حيز الى درجة أقل من درجة حرارة الجو المحيط به والمحافظة على برودته بغض النظر ع الوسيلة المستخدمة لتحقيق ذلك. ويمكن أن يكون هذا الحيز متسعا مثل مخازن لتبريد والتجميد أو ساحات الانزاق على الجليد. كما يجوز أن يكون هذا الحيز محدودا أو صغيرا مثل (ثلاجة المنزلية الكهربائية) أو أي حيز محكم الغلق يراد الاحتفاظ بدرجة الحرارة داخلة، بحث تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة الجو المحيط به, الحرارة هي إحدى صور الطاقة التي لا تفني، وعلى ذلك فإذا تم سحبها من الحيز أو مادة ما، لتبريد حرارتها الى درجة أقل فلابد من نقل تلك الحرارة الى الجهة الأخرى.

مثال ذلك ما يحدث فيصندوق الثلج إذ تستخدم ألواح التلج في امتصاص الحرارة، فإذا انصهر الثلج وتحول من حالة الصلابة الى السيولة وعند خروجه من الصندوق يحمل معه الحرارة التي امتصها من فراغ الصندوق ثناء عملية

الانصهر. أما في دورة التبريد بالانضغاط فتكون مادة التشغي أحد الموائع التي تمتص الحرارة ن الحيز المرغوب تبريده، ثم يحملها المائع معه خارج حيز التبريد الموائع المستعملة في التبريد هي مواد تحول بسهولة من (سائل الى بخار أو بالعكس) تسمى عملية التبريد بعملية التمدد المباشربمعني أننا نعرض الوسط المراد تبريده لتاثير سائل التبريد مباشرة.

انواع المجمدات الصناعية

1. مجمدات الهواء القسري

هذا النوع من أكثر الأنواع شيوعًا في الصناعات الغذائية. فكرته الأساسية تعتمد على تمرير هواء شديد البرودة وبسرعة عالية حول المنتج، مما يؤدي إلى سحب الحرارة منه بسرعة وتجميده خلال زمن قصير نسبيًا.

مبدأ العمل

يُوضع المنتج داخل حجرة التجميد على رفوف أو عربات أو صوانٍ، ثم تقوم مراوح قوية بدفع الهواء البارد حوله. كلما زادت سرعة الهواء، زاد معامل انتقال الحرارة بالحمل الحراري، وبالتالي يزداد معدل التجميد. هذا النوع يعتمد بشكل كبير على:

- سرعة الهواء.
- درجة حرارة الهواء.
- حجم المنتج.
- ترتيب المنتج داخل الحجرة.
- فإذا كان توزيع الهواء غير منتظم، فإن التجميد سيكون غير متساوٍ بين المنتجات.

المميزات

- تجميد سريع نسبيًا.

- مناسب لأنواع كثيرة من المنتجات.
- سهل التشغيل والتنظيم.
- جيد للمصانع الصغيرة والمتوسطة والكبيرة.

العيوب

- قد يسبب فقدان رطوبة من سطح المنتج إذا لم تكن ظروف التشغيل مضبوطة.
- قد يحدث جفاف سطحي أو ما يسمى حرق التجميد لبعض المنتجات.
- استهلاك الطاقة يكون ملحوظًا بسبب المراوح والضاغط.

الاستخدامات

- اللحوم
- الدواجن
- الخضروات
- الفواكه
- الوجبات الجاهزة



الشكل (1) : مجمدات الهواء القسري

2. مجمدات الأنفاق

هذا النوع يُستخدم عادة في المصانع ذات الإنتاج المستمر والكبير وهو عبارة عن نفق طويل تمر بداخله المنتجات على سير ناقل بينما تتعرض لهواء شديد البرودة.

مبدأ العمل

يدخل المنتج من أحد طرفي النفق، ثم يتحرك تدريجيًا على السير حتى يخرج من الطرف الآخر بعد أن يكون قد تجمد. خلال مروره داخل النفق، يتعرض لتيار هوائي بارد جدًا قد يكون متعاكسًا أو موازيًا لحركة المنتج.

المميزات

- مناسب للإنتاج المستمر.
- يعطي إنتاجية عالية.
- يقلل الحاجة إلى المناولة اليدوية.
- يمكن دمجه بسهولة مع خطوط الإنتاج.

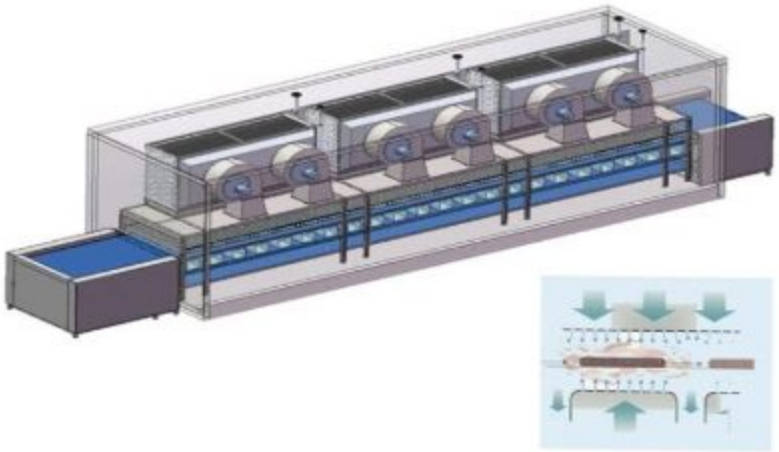
العيوب

- يحتاج إلى مساحة كبيرة.
- كلفته الابتدائية مرتفعة.
- يحتاج إلى تحكم جيد جدًا في سرعة السير ودرجة الحرارة.

الاستخدامات

- مصانع الدواجن.
- مصانع الأسماك.
- البطاطا المجمدة.
- الخضروات المجمدة.

- المنتجات المغلفة أو نصف المصنعة.



الشكل (2) : مجمدات الأنفاق

3. مجمدات الألواح

هذا النوع يعتمد على التلامس المباشر بين المنتج وألواح معدنية باردة، لذلك يكون انتقال الحرارة فيه أسرع من بعض الأنواع الهوائية. يكون ذات كفاءة عالية, لأن التوصيل الحراري بالتلامس أسرع غالبًا من الحمل الحراري بالهواء، خاصة عندما يكون سطح التماس جيدًا.

مبدأ العمل

يُوضع المنتج بين ألواح معدنية مجوفة يمر داخلها وسيط تبريد أو مبرد. عند ملامسة المنتج لهذه الألواح، تنتقل الحرارة منه مباشرة إلى الألواح، فيحدث التجميد بسرعة وكفاءة. كفاءة هذا النوع تتأثر بـ:

- مساحة التلامس بين المنتج واللوح.
- الضغط المطبق على المنتج.
- سماكة المنتج.
- درجة حرارة الألواح.

المميزات

- معامل انتقال حرارة عالٍ.
- تجميد متجانس نسبيًا.
- استهلاك طاقة أقل نسبيًا من بعض الأنواع الهوائية.
- مناسب للمنتجات ذات الأشكال المنتظمة.

العيوب

- غير مناسب للمنتجات غير المنتظمة الشكل.
- يحتاج إلى تعبئة أو ترتيب دقيق.
- استعماله محدود بنوع معين من المنتجات.

الاستخدامات

- الأسماك.
- شرائح اللحم المنتظمة.
- المنتجات المعبأة في عبوات مستوية.
- الكتل الغذائية المضغوطة.



الشكل (3) : مجمدات الألواح

4. مجمدات الصناديق

هذا النوع يُستخدم أكثر في الخزن والحفظ وليس بالضرورة في التجميد الأولي السريع. وهو شائع في المخازن والمطاعم والمراكز التجارية وبعض الاستخدامات الصناعية الصغيرة.

مبدأ العمل

هو عبارة عن صندوق معزول حراريًا، يبرد داخله الهواء إلى درجات منخفضة جدًا، فتُحفظ المواد المجمدة داخله.

المميزات

- بسيط في التركيب والتشغيل.
- جيد جدًا في حفظ البرودة.
- الفقد الحراري فيه قليل لأن فتح الباب العلوي لا يسمح بخروج كثير من الهواء البارد.
- مناسب للتخزين طويل المدة.

العيوب

- ليس الأفضل للإنتاج الصناعي المستمر.
- صعوبة ترتيب ومناولة المواد مقارنة بالأنواع الخطية.
- الوصول إلى المواد قد يكون أقل سهولة.

الاستخدامات

- التخزين.
- المطابخ الصناعية.

- المختبرات.
- المخازن الغذائية.
- المستشفيات.
- المنازل.



الشكل (4) : مجمدات الصناديق

الأجزاء الرئيسية الأربعة للمجمدات الصناعية

تعتمد المجمدات الصناعية في عملها على دورة التبريد الانضغاطية للبخار، وتتكون بصورة أساسية من أربعة أجزاء رئيسية هي:

- الضاغط
- المكثف
- صمام التمدد

- المبخر

وهذه الأجزاء تعمل معًا ضمن دائرة مغلقة لنقل الحرارة من داخل المجمد إلى الوسط الخارجي.

1.الضاغط

الضاغط هو الجزء المسؤول عن سحب وسيط التبريد على شكل بخار منخفض الضغط ودرجة الحرارة من المبخر، ثم ضغطه إلى ضغط ودرجة حرارة عالية لكي يصبح قابلاً لطرح حرارته في المكثف.

الوظيفة الأساسية

وظيفة الضاغط لا تقتصر على الضغط فقط، بل يقوم أيضًا بـ:

- تحريك وسيط التبريد خلال الدورة.
- المحافظة على فرق الضغط بين جانبي النظام.
- ضمان استمرار سريان المبرد داخل الدائرة.
- رفع درجة حرارة المبرد لتسهيل تكثيفه لاحقًا.
- لذلك يقال غالبًا إن الضاغط هو قلب نظام التبريد.

مبدأ العمل

عندما يخرج المبرد من المبخر يكون عادة:

- بخارًا
- منخفض الضغط
- منخفض درجة الحرارة نسبيًا

يقوم الضاغط بسحب هذا البخار ثم ضغطه. وعند الضغط:

- يزداد الضغط
- ترتفع درجة الحرارة
- تزداد طاقة المبرد.
- وبعدها ينتقل المبرد إلى المكثف.

أهميته في المجمدات الصناعية

في المجمدات الصناعية تكون الأحمال الحرارية كبيرة، لذلك يجب أن يكون الضاغط قادرًا على:

- العمل المستمر.
- تحمل الأحمال العالية.
- توفير معدل تدفق مناسب للمبرد.
- الحفاظ على درجات تجميد منخفضة.

أنواع الضواغط الشائعة

- **الضاغط الترددي**

✓ يعتمد على حركة مكبس داخل أسطوانة.

✓ مناسب لأحمال متوسطة.

✓ شائع في كثير من أنظمة التبريد.

- **الضاغط الحلزوني**

✓ يستخدم عناصر حلزونية لضغط الغاز.

✓ هادئ نسبيًا.

✓ كفاءته جيدة.

- **الضاغط اللولبي**

✓ يستخدم مسمارين حلزونيين.

✓ مناسب للقدرات الكبيرة.

✓ شائع في التبريد الصناعي.

- **الضاغط الطردي المركزي**

✓ يستخدم في الأنظمة الكبيرة جدًا.

✓ مناسب للقدرات العالية جدًا.

الخصائص المطلوبة في الضاغط

✓ كفاءة عالية.

✓ قدرة على العمل لساعات طويلة.

✓ تحمل ظروف التشغيل القاسية.

✓ قلة الاهتزاز والضوضاء.

✓ سهولة الصيانة.



الشكل (5) : الضاغط

2. المكثف

المكثف هو الجزء الذي يستقبل بخار المبرد عالي الضغط وعالي الحرارة من الضاغط، ثم يقوم بالتخلص من حرارته إلى الوسط الخارجي، فيتحول المبرد من بخار إلى سائل.

الوظيفة الأساسية

وظيفة المكثف هي:

- طرح الحرارة المكتسبة من المبخر.
- طرح حرارة الضغط الناتجة من الضاغط.
- تحويل المبرد من الحالة الغازية إلى السائلة.
- بالتالي فإن المكثف هو الجزء الذي يتخلص فيه النظام من الحرارة غير المرغوبة.

مبدأ العمل

عند دخول المبرد إلى المكثف يكون:

✓ غازًا ساخنًا

✓ عالي الضغط

يمر هذا المبرد داخل أنابيب المكثف، بينما يمر حوله:

هواء في المكثف الهوائي أو ماء في المكثف المائي فتنتقل الحرارة من المبرد إلى الوسط الخارجي، وعندما يفقد المبرد كمية كافية من الحرارة يبدأ بالتكثف ويتحول إلى سائل عالي الضغط.

أنواع المكثفات

- **المكثف الهوائي**

✓ يتم التبريد بواسطة الهواء باستخدام مراوح.

✓ سهل التركيب.

✓ لا يحتاج ماء.

✓ شائع في أنظمة التبريد المتوسطة والصناعية.

- **المكثف المائي**

✓ يتم التبريد بواسطة الماء.

✓ كفاءة عالية.

✓ يحتاج مصدر ماء ونظام تبريد مساعد.

- **المكثف التبخيري**

✓ يجمع بين الماء والهواء.

✓ كفاءة جيدة.

✓ يستخدم في التطبيقات الصناعية الكبيرة.

أهمية المكثف

إذا لم يعمل المكثف بكفاءة:

- ✓ لا يتحول المبرد إلى سائل بشكل جيد.
- ✓ يرتفع ضغط الطرد.
- ✓ تزداد الأحمال على الضاغط.
- ✓ تنخفض كفاءة النظام بالكامل.

العوامل المؤثرة على أدائه

- ✓ نظافة الزعانف أو الأنابيب.
- ✓ سرعة الهواء أو الماء.
- ✓ درجة حرارة الوسط المحيط.
- ✓ مساحة السطح الحراري.
- ✓ كمية المبرد.



الشكل (6) : المكثف

3. صمام التمدد

صمام التمدد هو الجزء الذي يقوم بخفض ضغط سائل المبرد القادم من المكثف بشكل مفاجئ، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارته قبل دخوله إلى المبخر.

الوظيفة الأساسية

وظيفة صمام التمدد هي:

- خفض الضغط.
- خفض درجة الحرارة.
- تنظيم كمية المبرد الداخلة إلى المبخر.
- المحافظة على ظروف تشغيل مناسبة للمبخر.

مبدأ العمل

يخرج المبرد من المكثف على شكل:

- سائل عالي الضغط.
- متوسط أو منخفض نسبيًا في درجة الحرارة مقارنة ببخار الضاغط.

يمر عبر فتحة ضيقة في صمام التمدد، فيحدث:

- هبوط مفاجئ في الضغط.
- هبوط في درجة الحرارة.
- يتحول جزء من السائل إلى بخار لحظيًا.
- يدخل خليط بارد إلى المبخر.

لماذا هو مهم؟

لأن المبخر يحتاج مبردًا:

- منخفض الضغط

- منخفض درجة الحرارة
- لا يمكن تحقيق هذا الشرط بدون صمام التمدد.

أنواع صمامات التمدد

أ) الصمام الحراري

يتحكم بالتدفق حسب درجة حرارة خرج المبخر.

ب) الأنبوب الشعري

بسيط ورخيص، لكن تحكمه محدود.

ج) الصمام الإلكتروني

أدق في التحكم، ويستخدم في الأنظمة الحديثة.

تأثيره في كفاءة النظام

- إذا دخل مبرد قليل جدًا إلى المبخر:

تقل قدرة التبريد

- إذا دخل مبرد أكثر من اللازم:

قد يرجع سائل إلى الضاغط

يحدث ضرر للضاغط

لذلك فصمام التمدد جزء حساس جدًا في التحكم.

4. المبخر

المبخر هو الجزء الذي يتم فيه امتصاص الحرارة من داخل المجمد أو من المنتج المراد تجميده، وفيه يتحول المبرد من سائل/خليط بارد منخفض الضغط إلى بخار.

الوظيفة الأساسية

- امتصاص الحرارة من الوسط المراد تبريده.
- تبخير وسيط التبريد.
- خفض درجة حرارة الهواء أو المنتج داخل المجمد.

مبدأ العمل

يدخل المبرد إلى المبخر عادة على شكل:

خليط سائل وبخار.

منخفض الضغط.

منخفض درجة الحرارة.

عندما يمر داخل أنابيب المبخر:

- يمتص الحرارة من الهواء أو المنتج يتبخر تدريجيًا.
- يخرج على شكل بخار منخفض الضغط.
- ثم يعود إلى الضاغط لتبدأ الدورة من جديد.

أهميته في المجمدات الصناعية

قدرة المجمد على سحب الحرارة.

فإذا كان المبخر غير كفوء يصبح التجميد بطيئًا وترتفع درجة حرارة المجمد وايضا تقل جودة حفظ المنتجات.

انواع المبخرات

أ) مبخر مزود بمراوح

يستخدم في مجمدات الهواء القسري.

الهواء يمر بسرعة على المبخر

تبريد سريع

ب) مبخر ثابت

في بعض المجمدات البسيطة أو الصندوقية.

يعتمد على الحمل الطبيعي

ج) ألواح تبخير

- انتقال مباشر للحرارة بالتلامس.
- العوامل المؤثرة على أداء المبخر.
- مساحة سطح التبادل الحراري.
- سرعة الهواء.
- فرق درجات الحرارة.
- نظافة السطح.
- تكون الثلج على الأنابيب أو الزعانف.



الشكل (7) : المبخر

الامتحان البعدي:

1- عرّفوا المجمدات الصناعية، واذكروا استخدامين لها.

2- اذكروا الأجزاء الرئيسة لدورة التبريد في المجمد الصناعي.

3- ما وظيفة كلٍّ من الضاغطة والمبخر في عملية التجميد؟

4- لماذا يجب الحفاظ على درجة حرارة المنتج المجمد أثناء التخزين والنقل؟

5- اذكروا عطلين شائعين في المجمدات الصناعية، مع سبب محتمل لكل منهما.