

جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بابل  
كلية التربية للعلوم الصرفة  
قسم الفيزياء



# نظرة عامة أساسية على الديناميكا الحرارية لضاغط الهواء

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة بابل  
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس التربية في علوم الفيزياء

المعد من قبل

محمد قاسم كاظم عبادي

بإشراف

د. مجيد علي حبيب

الآية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ اللَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة البقرة، رقم الآية 255

## الإهداء

- إلى صاحب السيرة العطرة، والفكر المستنير؛ وكان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي (والدي الحبيب)، أطال الله في عمره.
  - إلى التي كلما نطقت شفاها كانت بالدعاء لنا ووضعتني على طريق الحياة، نبع الحنان الصافي ورمز التقاني والتضحية وعنوان المحبة والإخلاص والدتي (حفظها الله).
  - إلى من ارتوت الأرض بدمائهم شهداء العراق الأبرار.
- نهدي هذا العمل المتواضع راجين من المولى عز وجل ان يجد القبول والنجاح.

## شكر وتقدير

أول مشكور هو الله عز وجل ثم والدي ووالدتي على كل جهوداتهم منذ ولادتي وإلى هذه اللحظات، أنتم كل شيء ويسرنني أن اوجه شكري لكل من نصحني أو أمرشدني أو وجهني أو ساهم معي في إعداد هذا البحث بإيصالي للمراجع والمصادر المطلوبة في أي مرحلة من مراحلها وأشكر على وجه الخصوص استاذي (د. مجيد علي حبيب) لمساندتي وإرشادي بالنصح والتصحيح وعلى اختيار العنوان والموضوع.

محمد قاسم كاظم عبادي

## قائمة المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	التسلسل
	أقرار المشرف	
	الآية	
	إهداء	
	شكر وتقدير	
	قائمة محتويات	
	قائمة أشكال	
	الخلاصة	

### الفصل الأول – الديناميكا الحرارية

1	المقدمة	[1-1]
2-3	تاريخ تطور الديناميكا الحرارية	[2-1]
4-5	مفاهيم أساسية في علم الديناميكا الحرارية	[3-1]
5-6	العمليات الديناميكا الحرارية	[4-1]
6	تصنيف الديناميكا الحرارية	[5-1]
7-10	الشغل الميكانيكي	[6-1]
10	الغاز المثالي	[7-1]
10-12	القانون الاول للديناميكا الحرارية	[8-1]
12	القانون الاول للديناميكا الحرارية للانظمة المفتوحة	[9-1]
12-13	المسعر الحراري	[10-1]
13-14	الحرارة الكامنة	[11-1]
14	القانون الاول للديناميكا الحرارية	[12-1]
14-15	المكافئ الميكانيكي للحرارة	[13-1]

### الفصل الثاني – ضاغط الهواء

16	ضاغط الهواء	[1-2]
16	مكونات ضاغط الهواء	1-1-2
16-17	المحرك الميكانيكي	2-1-2
18-19	المحرك الكهربائي	3-1-2
19	الخران	4-1-2
20-21	التوصيلات والمحابس	5-1-2
21	صمامات الامان	6-1-2
22	مبين (ساعة)	7-1-2
22	مفتاح التشغيل الكهربائي	8-1-2
23	الاتضاغط	[2-2]
23-24	عمل ضاغط الهواء	[3-2]
24-25	انواع ضاغطات الهواء	[4-2]
25	استخدامات ضاغط الهواء	[5-2]
26	استعادة الطاقة للضاغط	[6-2]
27	حساب كمية الهواء المضغوط	[7-2]
27-28	قواعد الامن والسلامة	[8-2]

### الفصل الثالث – المناقشة والأستنتاجات

29-33	المناقشة	[1-3]
33-34	الأستنتاجات	[2-3]

## قائمة أشكال

الصفحة	عنوان الشكل	التسلسل
<b>الفصل الأول</b>		
4	النظام المغلق ذو الحدود الثابتة	(1.1)
4	النظام المغلق ذو الحدود المتحركة	(2.1)
7	حركة مكبس تحت تأثير ضغوط الغاز	(3.1)
8	عملية تمدد أو أنكماش عند ضغط ثابت	(4.1)
9	عملية تمدد أو أنكماش عند درجة حرارة ثابتة	(5.1)
<b>الفصل الثاني</b>		
23	ضاغط الهواء	(1.2)
17	أجزاء المحرك الميكانيكي	(2.2)
18	غطاء الاسطوانة	(3.2)
19	اجزاء المحرك الكهربائي	(4.2)
20	اجزاء خزان الهواء	(5.2)
21	صمام امان	(6.2)
22	صمام امان يتحكم بالضغط الزائد داخل الخزان	(7.2)
22	مبين (ساعة)	(8.2)
23	مفتاح التشغيل	(9.2)
24	شوط السحب	(10.2)
24	شوط الضغط	(11.2)

## الخلاصة

أن الديناميكا الحرارية الحديثة هو العلم الذي يتطرق إلى دراسة قوانين التحولات المتبادلة لمختلف أشكال الطاقة، كما ويعالج العمليات أو الظواهر التي تحدث في الطبيعة من خلال تحول الطاقة من شكل إلى آخر وتختلف الديناميكا الحرارية عن الفيزياء والكيمياء بأنها لا تستند إلى أي نموذج لبناء المادة، كما لا ترتبط بأي تصور عن البنية الجزيئية لهذه المادة، ولكنه يعتمد على القوانين التي تم التوصل إليها تجريبيا. والديناميكا الحرارية هو أحد فروع الميكانيكا الإحصائية الذي يدرس خواص انتقال الشكل الحراري للطاقة وتحولاته إلى أوجه أخرى منها، وضغط الهواء هو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية (المتصلة من محرك كهربائي أو محرك ديزل أو محرك بنزين) إلى طاقة وضع يكتسبها الهواء فينضغط. ويقوم ضاغط الهواء بدفع كمية محددة من الهواء بشكل مستمر داخل خزان ضغط، وبالتالي يزداد ضغط الهواء داخل الخزان، ويستمر الضاغط بالعمل حتى يصل الضغط داخل الخزان إلى القيمة القصوى. يظل الهواء المضغوط بداخل الخزان إلى أن يحين استخدامه.

ويهدف البحث الى رصد هذه التقنية الجديدة وتحدد ملامحها المستقبلية والوقوف على تطبيقاتها الحالية والمتوقعة وذلك من خلال فصلين حيث يهدف الفصل الأول الى اعطاء فكرة عامة عن مفهوم الديناميكا الحرارية وتاريخ تطور الديناميكا الحرارية ومعرفة العمليات الديناميكية الحرارية كذلك تصنيف الطاقة في الديناميكا الحرارية والشغل الميكانيكي ومعرفة الغاز المثالي وكذلك معرفة القانون الاول للديناميكا الحرارية والمسعر الحراري والحرارة الكامنة.

كما يقدم الفصل الثاني إلى دراسة ضاغط الهواء ومعرفة مكونات ضاغط الهواء والتي تشمل المحرك الميكانيكي والمحرك الكهربائي والخزان والتوصيلات والمحابس وصمامات الامان ومبين(ساعة) ومفتاح التشغيل الكهربائي وكذلك معرفة الانضغاط وعمل ضاغط الهواء وانواع ضاغطات الهواء ومعرفة استخدامات ضاغط الهواء وحساب كمية الهواء المضغوط ومعرفة قواعد الامن والسلامة.

# الفصل الأول

الديناميكا الحرارية

## الفصل الأول

### [1-1] المقدمة

في أواخر القرن الثامن عشر ظهر علم الديناميكا الحرارية كعلم يدرس تحول الطاقة الحرارية إلى عمل ميكانيكي، واستنادا إلى ذلك وضعت الأسس النظرية لعمل الآلات الحرارية. غير أن التطور المستمر في المحركات الحرارية أعطى علم الديناميكا الحرارية أهمية كبيرة تخطت حدود الهندسة الحرارية لتلقى استخداما واسعا في فروع مختلفة من العلوم الأساسية كالفيزياء والكيمياء وتقنية الطاقة وتقنية المحركات على اختلاف أنواعها وتقنية البطاريات. والديناميكا الحرارية الحديثة هو العلم الذي يتطرق إلى دراسة قوانين التحولات المتبادلة لمختلف أشكال الطاقة، كما ويعالج العمليات أو الظواهر التي تحدث في الطبيعة من خلال تحول الطاقة من شكل إلى آخر وتختلف الديناميكا الحرارية عن الفيزياء والكيمياء بأنها لا تستند إلى أي نموذج لبناء المادة، كما لا ترتبط بأي تصور عن البنية الجزيئية لهذه المادة، ولكنه يعتمد على القوانين التي تم التوصل إليها تجريبيا. والديناميكا الحرارية هو أحد فروع الميكانيكا الإحصائية الذي يدرس خواص انتقال الشكل الحراري للطاقة وتحولاته إلى أوجه أخرى منها، مثل تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية مثلما في محرك احتراق داخلي والآلة البخارية، أو تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية مثلما في محطات القوى، وتحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية كما في توليد الكهرباء من السدود والأنهار. وقد تطورت أساسيات علم الترموديناميكا بدراسة تغيرات الحجم والضغط ودرجة الحرارة في الآلة البخارية. معظم هذه الدراسات تعتمد على فكرة أن أي نظام معزول في أي مكان من الكون يحتوي على كمية فيزيائية قابلة للقياس تسمى الطاقة الداخلية للنظام ويرمز لها بالرمز (U). وتمثل هذه الطاقة الداخلية مجموع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية للذرات والجزيئات ضمن النظام، أي جميع الأنماط التي يمكن أن تنتقل مباشرة كالحرارة، كما تنتمي الطاقة الكيميائية (المختزنة في الروابط الكيميائية) والطاقة النووية (الموجودة في نوى الذرات) إلى الطاقة الداخلية لنظام. بدأت دراسات الديناميكا الحرارية مع اختراع الآلة البخارية وترتب عليها قوانين كثيرة تسري أيضا على جميع أنواع الآلات؛ وبصفة خاصة تلك التي تحول الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي مثل جميع أنواع المحركات أو عند تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية مثلا أو العكس. نفرق في الترموديناميكا بين نظام مفتوح ونظام مغلق ونظام معزول.

## [2-1] تاريخ تطور الديناميكا الحرارية:

قام العالم الفيزيائي الفرنسي سادي كارنو عام 1824 بدراسة كمية الحرارة التي تعمل بها آلة بخارية. وتبين له أن البخار الساخن يمكن أن يسخن ماء بارد وأن يقوم بإنتاج عمل ميكانيكي في نفس الوقت. واعتقد كارنو أنه خلال تلك العملية لا يحدث فقدا في الطاقة. كما وصف كارنو العمليات الجارية في الآلة البخارية بأنها عملية دورية، أي أنها دورة تتكرر مرارا. واستطاع العالم كلابيرون بعد ذلك بصياغة تلك الدورة في صياغة رياضية وسميت تلك الطريقة دورة كارنو. ثم جاء الطبيب الألماني يوليوس ماير عام 1841 وقدم الافتراض أن الطاقة في نظام مغلق تكون ثابتة المقدار. فلا يمكن أن تفنى الطاقة، وإنما تتحول من صورة إلى أخرى. هذا الافتراض أصبح معروفا قانون بقاء الطاقة. وقام ماير بحسابات في تحويل الحرارة إلى طاقة حركة ميكانيكية. وقام بحساب كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جرام من الماء 1 درجة مئوية، وكم تبلغ تلك الطاقة عندما تتحول إلى طاقة ميكانيكية. وأتم ماير الحساب واتضح له أن تلك الكمية من الحرارة تكفي لرفع 1 جرام 367 متر إلى أعلى (في الحقيقة ترفعه 426 متر). وشكلت تلك الحسابات أساسا للقانون الأول للديناميكا الحرارية عن الحركة الحرارية (الترموديناميكا). ثم عين جيمس جول عام 1844 المكافئ الميكانيكي الحراري بدقة كبيرة.

وفي عام 1840 قام العالم الكيميائي الألماني السويسري هيرمان هاينريش هس بمقالة علمية تحت عنوان: «فحوصات حرارية كيميائية» تتعلق بظاهرة حفظ الطاقة في الجزيئات بمشاهداته الحرارة الناتجة من تفاعلات كيميائية. وبينما كان تصور «كارنو» أن كمية الطاقة تبقى كاملة لا تتغير أثناء عمل آلة بخارية، أخذ «ماير» في الحساب إمكانية تحول الطاقة من صورة إلى أخرى مثل تحولها إلى طاقة حركة عند تشغيل آلة. ثم جاء العالم الفيزيائي الألماني رودولف كلاوسيوس عام 1854 وربط بين الفكرتين: فكرة كارنو وفكرة ماير، وبين أن الآلة البخارية تعمل عندما تسري حرارة من وسط ساخن إلى وسط بارد داخل الآلة، وأيد بذلك فكرة كارنو في أن الطاقة لا تفنى وإنما يمكن أن يتحول جزء منها إلى شغل، أي طاقة ميكانيكية (طاقة حركة). أي أن الطاقة الحرارية لا تبقى بأكملها على صورتها الحرارية كما كان كارنو يعتقد مقدما وإنما يتحول جزء منها إلى شغل ميكانيكي ويتسرب الباقي إلى الجو المحيط مع العادم. واتضح ل كلاوسيوس أن الطاقة الحرارية في آلة (آلة بخارية) تتحول جزئيا إلى شغل ميكانيكي، والباقي يتسرب في الجو. وتحدد الكفاءة لآلة النسبة بين الشغل الميكانيكي الناتج إلى كمية الحرارة.

كمية الحرارة المزودة بها الآلة. تلك المعلومة التي توصل إليها كلاوس سيوس شكلت صيغة القانون الثاني للديناميكا الحرارية: «لا توجد آلة تعمل دوريا وينقصر عملها فقط في تحويل الحرارة (كلها) إلى شغل ميكانيكي.» وكمية الحرارة التي لم تنتج شغلا ميكانيكيا أثناء الدورة فهي تُعطى إلى الوسط المحيط. تلك الكمية من الحرارة (طاقة) الغير مستفاد منها ربطها كلاوس سيوس بدرجة الحرارة وصاغ منها دالة جديدة أسماها إنتروبيا. جميع العمليات التي تسير طبيعيا تحتوي على جزء من الإنتروبيا الغير عكوسية، وظيفتها تصريف الحرارة الغير مستفاد منها إلى الوسط المحيط. بعد ذلك صاغ بولتزمان الإنتروبيا بطريقة يسهل تصورها بأنها مقياس لعدم الانتظام (مقياس للهرجة في نظام). . وأنه في نظام مغلق (منعزل عن الوسط المحيط) ويحدث فيه تغير عكوسي للحالة فإن فرق الإنتروبيا بين الحالة الابتدائية والحالة النهائية يكون مساويا للصفر. ثم جاء العالم الكيميائي الفرنسي «مارسلين برتلوت» في عام 1862 وبين أن القوة الدافعة وراء تفاعل كيميائي تكمن في الحرارة التي تنتج من التفاعل. وربط هرمان فون هلمهولتز الألماني الطاقة الكهربائية لبطارية بالطاقة الكيميائية والطاقة الحرارية، وتوصل في رسالته العلمية المسماة: عن حفظ القوة إلى قانون حفظ الطاقة، بدون علمه عن أعمال ماير.

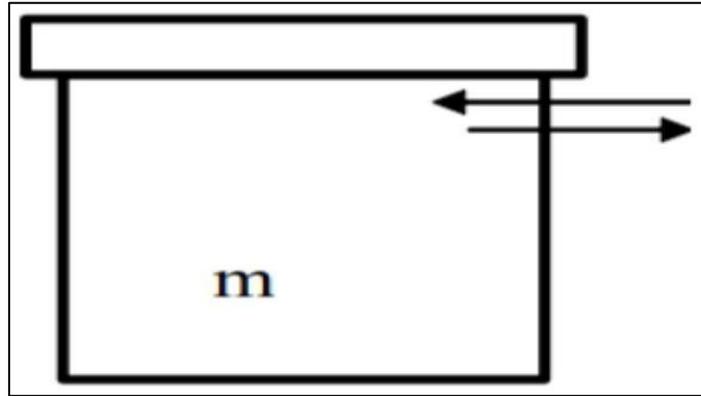
ثم تفرغ هلمهولتز خلال السنوات التالية لدراسة التفاعلات الكيميائية، وأيد أعمال برتلوت من حيث نشأة حرارة من تفاعلات كيميائية كثيرة، مع أنه وجد أيضا أن بعضها يبرد أثناء التفاعل. وقام هلمهولتز في رسالته العلمية تحت عنوان: ترموديناميكية العمليات الكيميائية بأن الطاقة تتحول خلال تفاعل كيميائي إلى طاقة حرة وطاقة داخلية، تبقى مرتبطة بالنظام. وربط هلمهولتز الطاقة الداخلية والطاقة الحرة بحاصل ضرب الإنتروبيا ودرجة الحرارة.

وطبقا لهلمهولتز يكون التفاعل الكيميائي ممكنا فقط عندما تنخفض الطاقة الحرارية. كذلك توصل العالم الفيزيائي الكيميائي الأمريكي ويلارد غيبس بين الأعوام 1875 - 1878 إلى نفس النتائج التي توصل إليها هلمهولتز. وسميت العلاقة معادلة جيبس-هلمهولتز تكريما لهذين العالمين وبواسطتها يمكن للكيميائي معرفة إمكانية سير تفاعل وتكوين جزيئات جديدة. كما يمكنه معرفة درجة الحرارة وتركيز المواد الداخلة في التفاعل والخارجة منه. بالإضافة إلى الترموديناميكا الكلاسيكية ابتكرت نظرية الحركة الحرارية. وطبقا لهذه النظرية يتكون الغاز من جسيمات ذرات وجزيئات تتحرك حرة وعشوائيا وتتصادم ببعضها البعض في فراغ بينها.

### [3-1] مفاهيم أساسية في علم الديناميكا الحرارية:

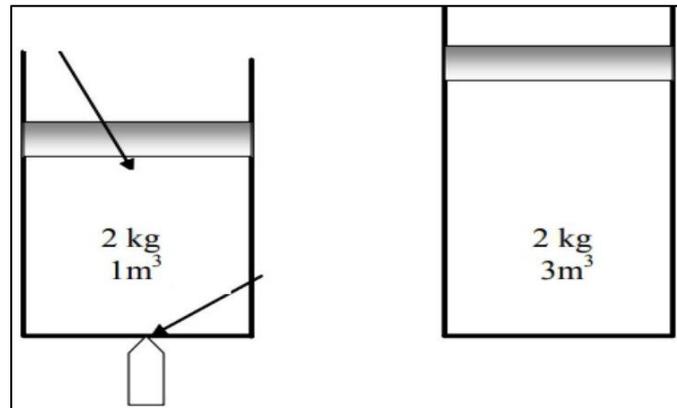
هناك عدة مفاهيم أساسية في الديناميكا الحرارية:

- 1- النظام الديناميكي الحراري: هو كمية من المادة التي تتواجد في حيز ما ونقوم بدراستها.
- 2- الوسط المحيط: هو حيز المادة خارج النظام الديناميكي الحراري.
- 3- النظام المغلق: هو الذي يحتوي على كتلة محددة من المادة ولا تخرج المادة من هذا النظام أو تدخل إليه، أي أنه لا يتبادل المادة مع الوسط المحيط وكمثال على ذلك الخزان المغلق ذو الحدود الثابتة الذي يحتوي على كتلة محددة من الغاز أو السائل.



الشكل (1.1) النظام المغلق ذو الحدود الثابتة.

لكن في المقابل يمكن أن يتبادل النظام المغلق الطاقة مع الوسط المحيط في صورة حرارة أو شغل وفي هذه الحالة لا يكون ضرورياً أن يبقى حجم النظام ثابتاً وقد يتحرك جزء من حدود النظام وكمثال نعتبر الأستوانة الرأسية ذات المكبس المتحرك والتي تحتوي على كتلة من الغاز. نطلق على الغاز المائع الشغال *working fluid* ويتكون النظام هنا من الأستوانة والمكبس والغاز. فإذا تم تسخين الأستوانة من الخارج يتحرك المكبس إلى أعلى (يتغير حجم النظام الغاز ويتحرك جزء من حدود النظام وهو السطح الداخلي للمكبس).



الشكل (2.1) النظام المغلق ذو الحدود المتحركة.

**4-النظام المفتوح:** وهي حيز محدد في الفراغ وبه سريان للكتلة مثل الضواغط والمضخات والآلة البخارية وتتميز هذه الأنظمة بتبادل كل من الطاقة والمادة مع الوسط المحيط.

**5- خواص الأنظمة:** يتميز النظام الديناميكي الحراري بعدة خواص ومن أمثلة الخواص الضغط  $P$  ودرجة الحرارة  $T$  والحجم  $V$  والكتلة  $m$  ويمكن تقسيم خواص الأنظمة إلى قسمين رئيسيين: الخواص الممتدة والخواص المركزة (extensive and intensive properties) تعتمد قيمة الخواص الممتدة على كمية المادة التي يتكون منها نظام ما مثل الحجم، الكتلة، الطاقة الكلية للنظام. أما الخواص المركزة فهي مثل درجة الحرارة والضغط والكثافة وهي لا تعتمد على كمية المادة ويجري التعامل بكثرة في الديناميكا الحرارية بالخواص النوعية أو المنسوبة لوحدة الكتل مثل الحجم النوعي ويعرف على أنه حجم وحدة الكتل أو  $V/m$ .

#### [4-1] العمليات الديناميكية الحرارية:

يسمى التغير الذي يحدث في النظام بين حالتيه الابتدائية والنهائية بالعملية الديناميكية الحرارية Thermodynamic process ويطلق على مجموعة الحالات الوسيطة التي يمر بها النظام أثناء العملية مسار العملية Path ويشمل وصف التغير تحديد الحالة الابتدائية والنهائية للنظام ومسار العملية و كذلك التداخل الذي يحدث بين النظام والوسط المحيط. ويمكن تصنيف العمليات التي تحدث بالأنظمة إلى نوعين رئيسيين:

**1- عمليات انعكاسية:** حيث يمكن عكس اتجاه هذه العمليات عند أي نقطة موضعية أو لحظة زمنية بتغيير صغير جدا في ظروف العملية فيعود كل من النظام والوسط المحيط إلى حالتهما الابتدائية.

**2- عمليات غير انعكاسية:** حيث لا يمكن عكس اتجاه التغير في هذه العمليات دون حدوث تغير دائم في الوسط المحيط. ولتوضيح طبيعة العمليات المذكورة نعتبر عدة أمثلة، فلا يمكن إعادة تسخين كوب الماء الذي برد توا و فقد حرارته إلى الوسط المحيط به باسترجاع هذه الحرارة وبالتالي فإن عملية تبريد الماء هنا غير انعكاسية. ونعود إلى المثال الخاص بتمدد الغاز (النظام) داخل الأسطوانة ذات المكبس المتحرك (أو ضغط الغاز بدلا من تمدده) . ولتبسيط عملية التمدد نعتبر أن ضغط الغاز في البداية يكون كافيا للاتزان مع مجموعة الأثقال المتساوية الكتلة الموضوعه فوق السطح الخارجي للمكبس. ويهمل الاحتكاك بين جدران الأسطوانة والأسطح

الجانبية للمكبس. ولكي يتمدد الغاز لابد أن يزال ثقل أو أكثر من على سطح المكبس، وحينئذ يتسارع المكبس متحركا إلى أعلى حتى يصل إلى وضع أقصى ارتفاع فإذا تم تثبيت المكبس عند هذا الوضع لكانت الزيادة في طاقة وضع المكبس مساوية تقريبا للشغل المبذول في دفع المكبس إلى أعلى ولكن نتيجة لانعدام أي قيود يبدأ المكبس في الهبوط إلى أسفل بحركة تذبذبية تخبو مع الزمن حتى يتوقف المكبس تماما عند موضع أعلى من موضع الاتزان الابتدائي وهذا يدل على فقد جزء من طاقة المكبس ولا يمكن العودة إلى نفس الحالة الابتدائية للنظام والوسط المحيط بإعادة الأتقال مرة أخرى إلى سطح المكبس وبالتالي تكون عملية التمدد بهذه الطريقة غير انعكاسية وفي المقابل إذا تم استخدام أثقال ذات كتل متساوية ومتناهية في الصغر وإذا أزيلت تلك الأتقال الواحدة تلو الأخرى بالتدرج وببطء ثم أعيدت مرة أخرى فإنه يمكن العودة بالنظام (الغاز) والوسط المحيط (المكبس) إلى الحالة الابتدائية.

### [5-1] تصنيف الطاقة في الديناميكا الحرارية:

يملك النظام الديناميكي الحراري دائما قدرا من الطاقة الكلية، وهذا القدر بالطبع يختلف حالة النظام. والطاقة الكلية لأي نظام هي مجموع طاقة حركته وطاقة وضعه وطاقته الداخلية. وهناك صور أخرى من الطاقة مثل الطاقة الكهربائية والطاقة المغناطيسية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والتوتر السطحي ولكننا لن نعتبر هذه الأنواع في هذا المقرر و طاقة الحركة والوضع تنسب إلى إطارات مرجعية خارج النظام أما الطاقة الداخلية فهي ترتبط بالتركيب الجزيئي للمادة و تعتمد على مدى نشاط الجزيئات وتشمل طاقة حركة الجزيئات وطاقة وضعها والطاقة التي تربط بين ذرات الجزيئات وكذلك طاقة الإلكترونات والنويات في الذرات. وتكمن أهمية الطاقة الداخلية في أن المحتوى الحراري أو الانتالبي للمادة هو مجموع الطاقة الداخلية لها وحاصل ضرب الضغط المؤثر عليها وحجمها. وصور الطاقة التي فرغنا توا من الحديث عنها تختزن بواسطة الأنظمة وثمة نوعان آخران من الطاقة هما الشغل والحرارة المنتقلة وهي صور متحركة للطاقة لا يمكن اختزانها وإنما يتم تبادلها مع الوسط المحيط ونقول أيضا أن الشغل والحرارة المنتقلة هما دوال مسار لا يعتمدان على حالة النظام الابتدائية والنهائية وإنما يعتمدان على مسار العملية التي غيرت في حالة النظام. و حيث إن النظام والوسط المحيط يتبادلان الشغل والحرارة فلا بد أن يكون لهما إشارة وقد جرى العرف على أن المرغوب فيه أن يكون الشغل منتجا

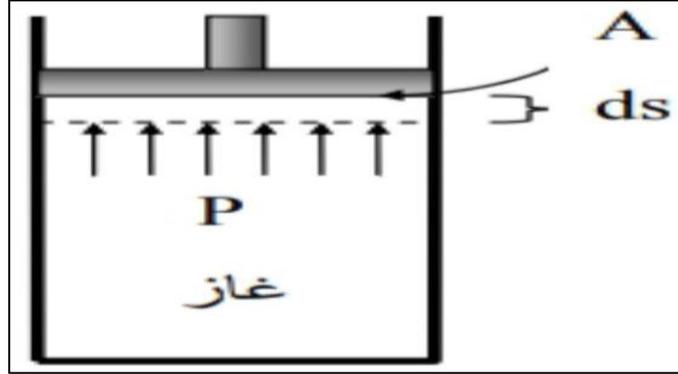
من النظام وتكون إشارته موجبة أما إذا استهلك النظام شغلا فتكون إشارة الشغل سالبة أما الحرارة المكتسبة بواسطة النظام فتكون إشارتها موجبة والحرارة المفقودة من النظام تكون إشارتها سالبة.

### [6-1] الشغل الميكانيكي:

من المبادئ البسيطة لديناميكا الأجسام المتحركة نعرف أن الشغل الميكانيكي ينتج من تأثير قوة  $F$  على جسم ما فتزيحه مسافة متناهية الصغر  $ds$  ويكون مقدار الشغل الكلي  $W$ .

$$W = \int_0^s F ds \dots \dots \dots (1.1)$$

ويتضح من المعادلة السابقة أن هناك متطلبين للحصول على شغل يمكن أن يتبادله النظام مع الوسط المحيط: قوة تؤثر على حدود النظام، وحدود تتحرك بتأثير هذه القوة. والسؤال الآن كيف تطبق المعادلة لحساب الشغل من مكبس متحرك داخل أسطوانة ونعتبر الترتيبية المكونة من أسطوانة ومكبس ويملاً غاز الحيز الداخلي للأسطوانة، حيث الضغط الابتدائي للغاز هو  $P$  وحجمه الكلي  $V$  ومساحة مقطع المكبس هي  $A$ ، وبحيث يؤثر على سطح المكبس من الخارج ضغط مقداره  $P - dP$ . فإذا تغير حجم الغاز بمقدار  $dV$  يتحرك المكبس إلى الأعلى أو إلى الأسفل ببطء شديد تحت تأثير القوة الناتجة من ضغط الغاز  $P$  مسافة مقدارها  $ds$ .



الشكل (3.1) حركة مكبس تحت تأثير ضغط الغاز.

وحسب الظروف المذكورة وما تم شرحه في السابق فإن هذه العملية تكون انعكاسية ويكون الشغل المبذول فيها:

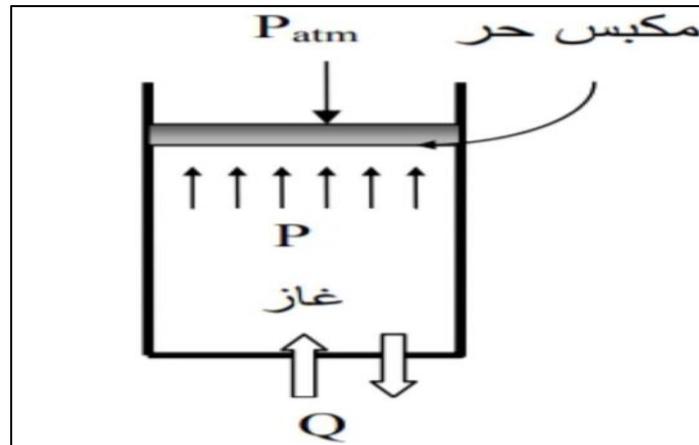
$$W_b = \int_0^s F ds = \int_0^s PA ds = \int_{V_1}^{V_2} PdV \dots \dots \dots (1.2)$$

حيث  $dV = Ads, F = PA$  والحجم الابتدائي والحجم النهائي للنظام على الترتيب  $V1, V2$  والملاحظ والملاحظ أن إشارة شغل الحدود ( $W$ ) تكون موجبة إذا كان الغاز يتمدد أي  $dV$  موجبة فيبذل المكبس شغلا على الوسط المحيط أما إذا كان الغاز ينكمش أو  $dV$  سالبة، فيبذل الوسط المحيط شغلا على الغاز وتكون إشارة شغل الحدود سالبة ويتفق ذلك ما قلناه في السابق عن إشارة الشغل. ولإجراء التكامل وحساب قيمة شغل الحدود، يلزم معرفة مسار العملية أو بطريقة أخرى العلاقة بين الضغط والحجم وعادة ما يحدث التمدد أو الانكماش بأحد العمليات الآتية:

### 1-6-1 عملية ذات ضغط ثابت:

وفيها يكون المكبس حر الحركة تحت تأثير وزنه والضغط الجوي الخارجي وغير متصل بعمود إدارة من سطحه الخارجي وبسبب ثبات كتلة المكبس والضغط الجوي يظل ضغط الغاز ثابتا أثناء هذه العملية ويمكن تمثيل هذه العملية رياضيا بالمعادلة:  $P = \text{const}$  وبالتالي يكون شغل الحدود ووحدة الشغل كما نستطيع أن نستنتجها من المعادلة هي ( $J$ ) ونلاحظ في هذه العملية أن حجم الغاز يتغير مع درجة حرارته بشكل طردي وتتغير درجة حرارة الغاز في الأصل نتيجة انتقال حرارة  $Q$  إليه (أي تسخين الغاز) أو منه (أي تبريد الغاز) ويمكن تمثيل العملية.

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} PdV = P(V_2 - V_1) \dots \dots \dots (1.3)$$



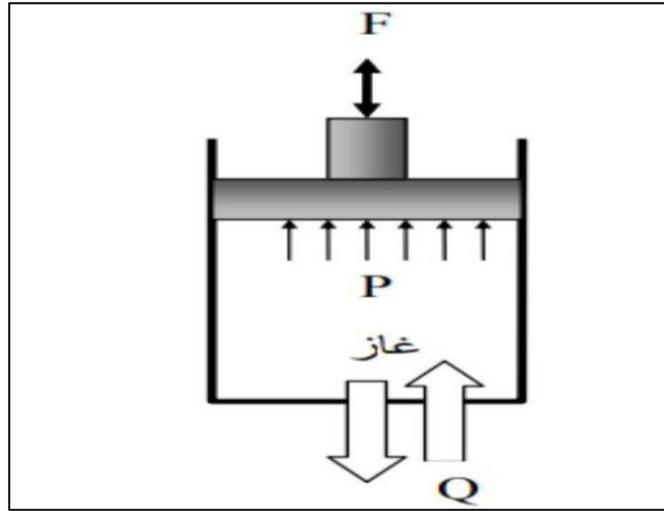
الشكل (4.1) عملية تمدد أو أنكماش عند ضغط ثابت.

### 2-6-1 عملية ذات درجة حرارة ثابتة:

هنا أيضا يحدث تمدد أو انكماش للغاز ولكن يكون المكبس متصلا بعمود للإدارة ويتأثر العمود بقوة شد أو ضغط  $F$  فيتمدد الغاز أو ينضغط ولا بد في هذه الحالة من تبريد أو تسخين الغاز حتى تظل درجة حرارته ثابتة. كما يمكن تمثيل العملية رياضيا بالمعادلة :  $P V = \text{const}$  حيث يتناسب الضغط عكسيا مع الحجم ولحساب شغل الحدود لهذه العملية يجب التعويض عن الضغط بدلالة الحجم لإجراء التكامل:

$$P = \frac{\text{const}}{V} \dots \dots \dots (1.4)$$

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\text{const}}{V} dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \text{const} \times \ln \frac{V_2}{V_1} = \text{const} \times \ln \frac{P_1}{P_2} \dots \dots (1.5)$$



الشكل (5.1) عملية تمدد أو انكماش الغاز عند درجة حرارة ثابتة.

### 3-6-1 العملية العامة:

في هذا النوع من عمليات التمدد أو الانكماش، يتغير الضغط والحجم ودرجة الحرارة معا وينتقل مقدار من الحرارة من أو إلى الغاز تماما كما في العمليتين السابقتين وتمثل العملية رياضيا بالمعادلة :  $PV^n = \text{const}$  حيث  $n$  هو أس مميز للعملية وبالتعويض عن  $P$  بدلالة  $V$  من العلاقة السابقة يمكن إجراء التكامل ونجد ان فإذا كانت  $n=0$  لرجعنا مرة أخرى للعملية ذات الضغط الثابت وإذا كانت  $n=1$  لكانت العملية ذات درجة حرارة ثابتة. ويلاحظ ظهور ثابت في المعادلتين السابقتين تعتمد قيمته على طبيعة الغاز أو المائع الشغال.

#### 4-6-1 العملية ذات الحجم الثابت:

في هذه العملية يكون  $dV=0$  وبالتالي لا يوجد شغل حدود  $W_b = 0$  ويكون المكبس هنا غير متحرك فتصبح حدود النظام كلها ثابتة كما في الخزانات المغلقة وتمثل العملية رياضيا بالمعادلة  $V = const$  ويتناسب الضغط مع درجة الحرارة.

#### [7-1] الغاز المثالي:

هو الغاز الذي تهمل قوى التجاذب أو التنافر بين جزيئاته (راجع مبادئ الغازات في مقرر الكيمياء العامة) و يتحقق ذلك إذا كان ضغط الغاز لا يختلف كثيرا عن الضغط الجوي أو إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة. ويربط بين ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته المعادلة :  $PV = nRT$ ، حيث  $P$  ضغط الغاز المطلق،  $V$  الحجم الكلي للغاز  $n$  عدد مولات الغاز،  $R$  الثابت العام للغازات  $8.314 J/mol$  بوحدة  $SI$  و  $T$  هي درجة الحرارة المطلقة بالكلفين. وباستخدام معادلة الغاز المثالي يمكن الحصول على قيمة الثابت الذي يظهر في معادلة العملية ذات درجة الحرارة الثابتة أو العملية العامة.

#### [8-1] القانون الأول للديناميكا الحرارية:

##### 1-8-1 الأنظمة المغلقة:

إن القانون الأول للديناميكا الحرارية ما هو إلا مبدأ حفظ الطاقة وهذا المبدأ ينص بناء على المشاهدات التجريبية أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن تتحول من صورة إلى أخرى. وطبقا لمبدأ حفظ الطاقة فإن النظام المغلق الذي لم يحدث به أي تغير تظل طاقته الكلية ثابتة. وعندما تتغير حالة النظام نتيجة عملية ما فإن مجموع التغيري الطاقة الكلية للنظام والتغير في الطاقة الكلية للوسط المحيط لابد أن يساوي صفرا ، أي أنه لا يمكن الفصل عند تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية بين النظام والوسط المحيط به.

$$\Delta \text{ الطاقة الكلية للنظام} + \Delta \text{ الطاقة الكلية للوسط المحيط} = 0$$

والتغير في الطاقة الكلية للنظام = مجموع التغير في الطاقة الداخلية والتغير في طاقة الحركة والتغير في طاقة وضع النظام، أما التغير في الطاقة الكلية للوسط المحيط = المجموع الجبري للشغل المبذول بكافة صورته والحرارة المنقولة من أو إلى الوسط المحيط. ولكن عادة ما يتم إهمال التغير في طاقة الحركة وطاقة الوضع للأنظمة المغلقة وباعتبار القاعدة التي تحكم إشارات

الشغل والحرارة المتفق عليها سابقا تكون الصورة النهائية للقانون الأول للديناميكا الحرارية مطبقا على الأنظمة المغلقة هي (1.6) ... ..  $\Delta U = Q - W$

### 1-8-2 الأنتالبي:

من أهم تطبيقات القانون الأول للديناميكا الحرارية حساب التغير في الأنتالبي وهي دالة الحالة التي تم تعريفها سابقا. والتغير الأنتالبي هام جدا في عمليات موازنة الحرارة وبخاصة في تحديد معدل الحرارة الذي يجب إضافته أو نزعها من مفاعل ما. من تعريفنا للأنتالبي الكلي سابقا:

$$H = U + PV \dots \dots \dots (1.7)$$

$$h = U + PV \dots \dots (1.8) \quad \text{أو أنتالبي النوعي}$$

$$dH = dU + d(PV) \dots \dots (1.9) \quad \text{وبأجراء تفاضل للمعادلة الأولى}$$

$$dH = dU + P dV + V dP \dots \dots \dots (1.10)$$

فإذا كان التغير نتيجة عملية ثابتة الضغط فإن  $V dP = 0$  وإذا كان شغل الحدود هو نوع

الشغل الوحيد في هذه العملية يصبح القانون الأول في صيغته التفاضلية  $dU = \delta Q - \delta W_b$  حيث  $\delta W_b = PdV$  وتكون  $dH = \delta Q$  أو  $\Delta H = Q$

أما إذا كان التغير نتيجة عملية ثابتة الحجم فإن  $P dV = 0$  ويمكن أستنتاج أن

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V \dots \dots \dots (1.11)$$

$$\Delta H = \Delta u + P\Delta v \dots \dots \dots (1.12)$$

### 1-8-3 السعة الحرارية:

تعرف السعة الحرارية للمواد على أنها الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من مادة النظام بمقدار درجة واحدة وتكمن الأهمية التقنية للسعة الحرارية في كونها خاصية يمكن بها مقارنة إمكانية تخزين الحرارة بواسطة المواد المختلفة. وحسب هذا التعريف فإن هذه الحرارة المشار إليها سوف تختلف تبعا للعملية التي تغير من حالة النظام وفي الديناميكا الحرارية هناك نوعان من السعة الحرارية:

1. واحدة مع بقاء حجم النظام ثابتا السعة الحرارية عند حجم ثابت  $C_V$  وهي مقدار الحرارة

اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من مادة النظام بمقدار درجة وفي هذه الحالة تكون:

$$q = \Delta u \dots \dots \dots (1.12)$$

$$C_V = \frac{du}{dT} \dots \dots \dots (1.13)$$

السعة الحرارية عند ضغط ثابت: وهي مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من مادة النظام بمقدار درجة واحدة مع بقاء الضغط المؤثر على النظام ثابتا وفي هذه الحالة تكون:

$$C_v = \frac{dh}{dT} \dots \dots \dots (1.14)$$

التعريف المذكورة للسعة الحرارية تنطبق في حالة الغازات، أما المواد السائلة والمواد الصلبة فهي غير قابلة للانضغاط فيظل حجمها ثابتا عند حدوث أي عملية وبالتالي تتساوى السعة الحرارية عند ضغط ثابت وعند حجم ثابت لهذه المواد

### [9-1] القانون الأول للديناميكا الحرارية للأنظمة المفتوحة:

تعتبر الأنظمة المفتوحة ذات أهمية مباشرة للتقني في مجال الإنتاج الكيميائي حيث إن غالبية المعدات والأجهزة هي أنظمة مفتوحة تعمل بشكل مستقر، أي أن المادة تدخل إليها وتخرج منها بمعدل تدفق كتلي ثابت وكأمثلة على هذه الأنظمة: المضخات، الضواغط، الصمامات، الأبواق، غرف الخلط، الغلايات، المبادلات الحرارية والمفاعلات وخلال العمليات السريانية المستقرة الطاقة الكلية للنظام المفتوح ثابتة وبالتالي تكون الطاقة التي تدخل إلى النظام بكل صورها مثل الحرارة المنقولة الشغل، الانتالبي، طاقة الحركة، طاقة الوضع لابد أن تساوي الطاقة الخارجة من النظام وتتخذ المعادلة المعبرة عن القانون الأول للديناميكا الحرارية الصورة الآتية:

$$Q - W = m \left[ h_2 - h_1 + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right] \dots \dots (1.15)$$

### [10-1] المسعر الحراري:

من أحد الطرق المستخدمة في قياس الحرارة النوعية هو تسخين العينة لدرجة حرارة معروفة ولتكن  $T_x$ ، وبوضع العينة في وعاء يحتوي على كمية معروفة الكتلة من الماء ودرجة الحرارة بحيث ان  $T_w < T_x$ ، وبقياس درجة الحرارة بعد ان يحدث الاتزان الحراري بين العينة والماء. تعرف هذه التقنية بالمسعر الحراري calorimetry، وهو الاجهزة التي يحدث فيها انتقال للحرارة تسمى المسعرات الحرارية calorimeters والنتيجة انتقال الطاقة بواسطة الحرارة من الجزء الذي درجة حرارته مرتفعة في النظام إلى الجزء الذي درجة حرارته منخفضة. إذا كان النظام الذي يحتوي على العينة والماء معزولا، فان مبدأ الحفاظ على الطاقة يتطلب ان كمية الطاقة

$Q_{hot}$  التي تغادر العينة (مجهولة الحرارة النوعية) تساوي كمية الطاقة  $Q_{cold}$  التي تنتقل إلى الماء الحافظ على الطاقة يسمح لنا بان نكتب معادلة الطاقة على النحو التالي:

$$Q_{cold} = -Q_{hot} \dots \dots \dots (1.16)$$

افترض ان  $m_x$  هي كتلة عينة من مادة نرغب في تحديد حرارتها النوعية. لنفترض ان الحرارة النوعية للعينة هي  $C_x$  ودرجة حرارتها الابتدائية هي  $T_x$  وبالمثل، لتكن  $m_w$ ، و  $C_w$ ، و  $T_w$  هي القيم المقابلة للماء. إذا كانت  $T_f$  هي درجة الحرارة النهائية بعد ان حدث الاتزان الحراري بين العينة والماء في الوعاء المعزول.

$$m_w C_w (T_f - T_w) = -m_x C_x (T_f - T_x) \dots \dots (1.17)$$

### [11-1] الحرارة الكامنة:

ان المادة تتعرض لتغير في درجة الحرارة عندما تنتقل إليها طاقة من المحيط. ولكن في بعض الحالات فان انتقال الطاقة لا يؤدي إلى تغير في درجة الحرارة. هذه الحالة تحدث عندما يكون هناك تغير في الخواص الفيزيائية للمادة من حالة إلى أخرى والتي تعرف بتغير طور المادة. التغيرين في الطور الأكثر شيوعا هما تغير المادة من لحالة الصلبة إلى الحالة السائلة (الذوبان) ومن الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (الغليان) والتغير الثاني يتضمن التغير في التركيب البلوري للحالة الصلبة. في كل هذه الحالات من تغير طور المادة يكون التغير الطاقة الداخلية للنظام ولا يطرأ تغير في درجة الحرارة. الزيادة في الطاقة الداخلية في حالة الغليان على سبيل المثال تتمثل في تكسير الروابط بين الجزيئات وفي الحالة السائلة يسمح تكسر الروابط للجزيئات ان تتحرك بعيدا عن بعضها البعض وتتحول إلى الحالة الغازية، مع زيادة في مقدار طاقة وضع الجزيئات. كما هو متوقع فان المواد المختلفة تستجيب بشكل مختلف عند اكتساب او فقد طاقة من حيث تغير الطور لها لان ترتيب الجزيئات الداخلية مختلف. كذلك مقدار الطاقة المنتقلة خلال طور التحول يعتمد على كمية المادة المستخدمة. (اذبة مكعب من الثلج يتطلب طاقة أقل بالمقارنة مع اذابة بركة من الثلج)[2]. عندما نناقش طورين للمادة، سوف نستخدم مصطلح الطور الأعلى للمادة لنشير بذلك إلى المادة التي تمتلك درجة حرارة اعلى. على سبيل المثال، اذا ناقشنا طوري الماء والثلج، فان الماء مادة الطور الاعلى، في حين ان البخار هو المادة ذات الطور الأعلى في مناقشة البخار والماء، افترض نظام يحتوي على مادة في طورين في حالة اتزان حراري مثل الماء والثلج. الكمية الابتدائية للطور الاعلى هي الماء في النظام

ونرمز لها بـ  $m_i$  الآن تخيل ان طاقة مقدارها 2 تدخل إلى النظام. ونتيجة لذلك، فان درجة كمية الماء النهائية سوف تكون  $m_f$  نتيجة لذوبان بعض الثلج. لهذا فان مقدار الثلج المذاب سوف يساوي المقدار الجديد للماء،  $\Delta m = m_f - m_i$  ونعرف الحرارة الكامنة latent heat لهذا

$$L = \frac{Q}{\Delta m} \dots \dots \dots (1.18) \quad \text{التغير في الطور على انه}$$

هذا المعامل يسمى الحرارة الكامنة latent heat (أو بمعنى آخر الحرارة المختبئة hidden heat) لان هذه الاضافة او الازالة للطاقة لا تعمل على تغيير درجة حرارة النظام قيمة L للمادة تعتمد على طبيعة التغير في الطور كذلك ايضا على خواص المادة. اذا كانت كل كمية الطور الاقل للمادة تتعرض لتغير في الطور، فان التغير في الكتلة للطور الأعلى  $\Delta m$  يساوي الكتلة الابتدائية للطور الادني. على سبيل المثال، اذا كانت كتلة مكعب من الثلج على صفيحة هي  $m$  تذوب بالكامل، فان التغير في كتلة الماء هي  $m_f - 0 = m$ ، وهي كتلة الماء الجديدة وكذلك تساوي الكتلة الابتدائية لمكعب الثلج.

### [12-1] القانون الأول للديناميكا الحرارية:

نتيجة مهمة للقانون الأول للديناميكا الحرارية هو انه يوجد كمية تعرف باسم الطاقة الداخلية تحدد قيمتها بواسطة حالة النظام. ولهذا فان الطاقة الداخلية هي حالة متغيرة مثلها مثل الضغط، والحجم، ودرجة الحرارة. لنقم الآن بدراسة حالة خاصة بحيث يكون القانون الأول مطبقا عليها بداية، افترض نظاما معزولا، والذي لا يكون فيه تفاعل بين النظام والمحيط. في هذه الحالة، لا تنتقل الطاقة بواسطة الحرارة والشغل المبذول على النظام يكون صفرا، وعليه فان الطاقة الداخلية تبقى ثابتة. وذلك بسبب ان  $Q = W = 0$ ، وهذا يؤدي إلى ان  $\Delta E_{int} = 0$ ، وبهذا فان  $E_{int} = E_{intf}$ . نستنتج من ذلك ان الطاقة الداخلي  $E_{int}$  للنظام المعزول تبقى ثابتة.

### [13-1] المكافئ الميكانيكي للحرارة:

عندما يكون هناك احتكاك في النظام الميكانيكي، فان الطاقة الميكانيكية في النظام تتناقص، بمعنى آخر، ان الطاقة الميكانيكية غير محفوظة في حالة وجود قوى غير محافظة. بينت العديد من التجارب ان هذه الطاقة الميكانيكية لا تختفي ولكن تتحول إلى طاقة داخلية. ويمكنك ان تقوم بمثل هذه التجربة في البيت عندما تقوم بدق مسمار في قطعة من الخشب. ماذا يحدث لكل الطاقة الحركية للمطرقة عندما تتوقف؟ بعض من هذه الطاقة الحركية انتقل إلى المسمار كطاقة

داخلية، كما يتضح من ملمس المسمار الذي أصبح دافئ. لاحظ انه لا يوجد انتقال للطاقة بواسطة التسخين في هذه العملية. بالنسبة للمسمار وقطعة الخشب كنظام غير معزول

$$\Delta E_{int} = W + T_{MW} \dots \dots \dots (1.19)$$

حيث أن  $W$  هو الشغل المبذول بواسطة المطرقة على المسمار و  $T_{MW}$  هي الطاقة التي تترك النظام في صورة أمواج صوتية عندما يطرق المسمار بالمطرقة. بالرغم من هذا الترابط بين الطاقة الميكانيكية والطاقة الداخلية قد اقترحه العالم بنجامين طومسون، الا ان العالم جيمس جول هو من وجد المكافئ لتناقص الطاقة الميكانيكية وزيادة الطاقة الداخلية.

# الفصل الثاني

ضاغط الهواء

## الفصل الثاني

### [1-2] ضاغط الهواء:

هو جهاز يُستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية (الممتصة من محرك كهربائي أو محرك ديزل أو محرك بنزين) إلى طاقة وضع يكتسبها الهواء فينضغط. ويقوم ضاغط الهواء بدفع كمية محددة من الهواء بشكل مستمر داخل خزان ضغط، وبالتالي يزداد ضغط الهواء داخل الخزان، ويستمر الضاغط بالعمل حتى يصل الضغط داخل الخزان إلى القيمة القصوى. يظل الهواء المضغوط بداخل الخزان إلى أن يحين استخدامه. ويُمكن استخدام الطاقة المخزنة في الهواء المضغوط في العديد من الاستخدامات، فعند خروج الهواء المضغوط من الخزان ينخفض الضغط تدريجياً ويُصاحب ذلك ارتفاع في طاقة الحركة للهواء (تحول طاقة الوضع المخزنة إلى طاقة حركة) والتي يُمكن الاستفادة منها في العديد من التطبيقات. ويبدأ ضاغط الهواء بالعمل مرة أخرى عندما ينخفض الضغط داخل الخزان إلى الحد الأدنى.



الشكل (1,2) ضاغط الهواء.

### [2-2] مكونات ضاغط الهواء:

يتكون ضاغط الهواء من عدة أجزاء وهي ما يلي:

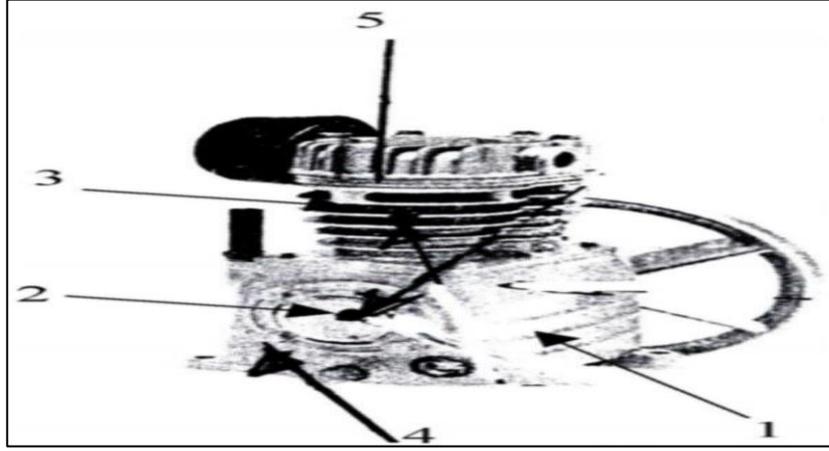
#### 1-2-2 المحرك الميكانيكي:

يتكون المحرك الميكانيكي لضاغط الهواء من:

1. الكتلة وهي تعتبر الجزء الرئيسي حيث يركب عليها الأجزاء الثابتة والمتحركة.
2. العلبة المرفقية يركب عليها عمود (كرين) مع كراسيه.

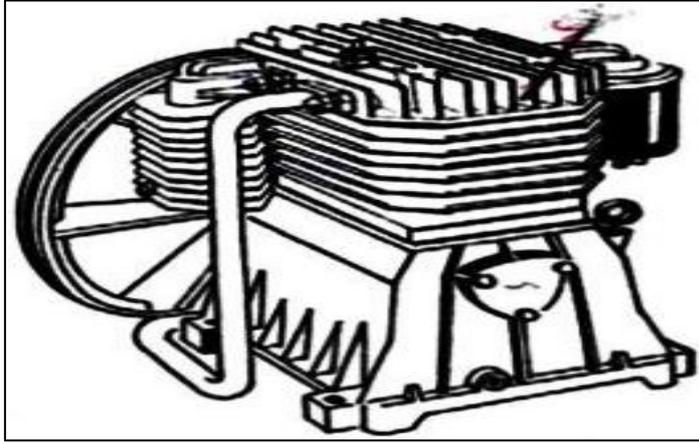
3. الاسطوانات (سلندرات) يتحرك بداخلها المكابس (بشونات) وأذرع التوصيل، كما يوجد بداخلها فتحات جانبية في بعض الأنواع لدخول الهواء المسحوب في مصفاة الهواء وتصنع الاسطوانات من الحديد الزهر المقاوم لدرجة الحرارة.

4. وعاء الزيت (خزان) يقوم هذا الوعاء بخزن كمية كافية من الزيت اللازم لتزيت عمود المرفق من الزيت اللازم لتزيت عمود المرفق وأذرع التوصيل وجزء من الجدران الداخلية للاسطوانات ويوجد أسفل الوعاء قرص زجاجي لمعرفة كمية الزيت بالوعاء وأيضا يوجد سدادة تصريف الزيت التالف (أي تغييره بجديد). ويحيط بالوعاء من الخارج زعانف لتبريد الزيت بداخل الوعاء ويصنع وعاء الزيت من سبيكة الألمنيوم لزيادة مساحة التبريد.



الشكل (2.2) أجزاء المحرك الميكانيكي.

5. غطاء الاسطوانات: يقوم هذا الغطاء بغلق الكتلة من الجزء العلوي عن طريق مسامير ربط كما توجد فيه فتحات لتركيب صمامات الخروج. ويركب بين السطح العلوي للكتلة وغطاء الاسطوانات حشوة (باكن) حريرية لمقاومة درجة الحرارة. وأن عملية التبريد للكتلة والغطاء تتم من خلال الهواء المسحوب عن طريق المروحة المركبة على بكرة ضاغط الهواء وأيضا عن طريق الهواء الجوي. يحيط بالكتلة والغطاء زعانف عميقة وتكون هذه الزعانف أفقية أو رأسية وبحسب مواصفات الشركات الصانعة لضغوطات الهواء. الكتلة مع وتصنع الغطاء من مادة واحدة (سبيكة الألمنيوم)، أو من الحديد الزهر مع سبيكة الألمنيوم.



الشكل (3.2) غطاء الأسطوانة.

### 2-2-2 المحرك الكهربائي:

يقوم ضاغط الهواء بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية تعمل على تشغيل المحرك الميكانيكي عن طريق سير يركب بين البكرتين للمحرك الميكانيكي والكهربائي ويتكون المحرك الكهربائي، من الأجزاء الآتية:

1. الغلاف الخارجي (الجسم) وهو عبارة عن شكل اسطواني مفتوح من طرفيه يركب بداخله الأقطاب مع ملفاتها ويصنع الغلاف من الحديد الزهر أو الصلب ذو الخواص المغناطيسية.

2. الأغطية الأمامية والخلفية حيث تقوم بتغطية الغلاف من الأطراف كما يستند على هذه الأغطية الكراسي المتدرجة (بيرنجات) لأن العمود المنتج (أرميشن) يركب عليها. العمود المنتج (أرميشن) يحمل مجموعة من الأسلاك الكهربائية عن طريق المجاري الخارجية، كما يركب على نهاية عمود المنتج مروحة تقوم بسحب الهواء من الخارج وإدخاله إلى الأجزاء الداخلية للمحرك الكهربائي لتبريد الأسلاك التي تتولد فيها القوة الدافعة الكهربائية والمنتج هو عبارة عن شكل أسطواني.

3. المكثف يركب في الجزء العلوي للمحرك الكهربائي، فهو يقوم بالأعمال الآتية:

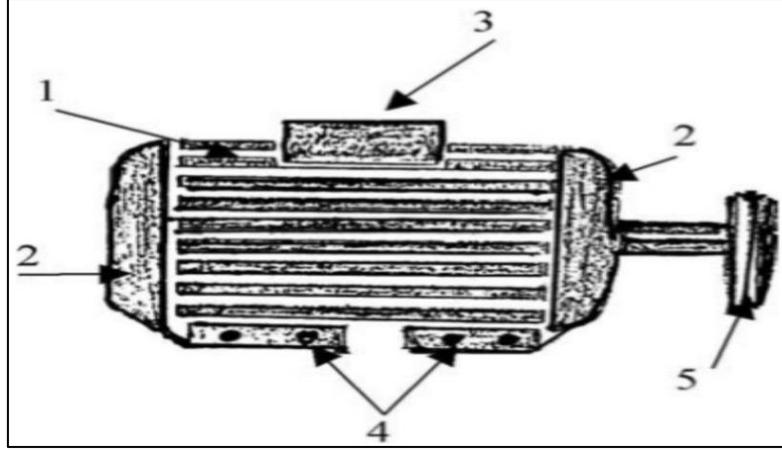
- توصيل التيار الكهربائي من المفتاح إلى المحرك الكهربائي.
- تشغيل الضاغط يدويا من خلال مفتاح التشغيل أو إعادة التشغيل.

4. قواعد التثبيت يستند عليها المحرك الكهربائي (قاعدة) وتوجد فتحات في القاعدة ليتم تثبيت

المحرك الكهربائي وشد السير عند الارتخاء أو التبديل. كما يستند على هذه القاعدة المحرك

الميكانيكي.

5. البكرة وتركب في الجزء الأمامي للمحرك الكهربائي حيث يركب عليها السير لنقل الحركة من المحرك الكهربائي إلى المحرك الميكانيكي.

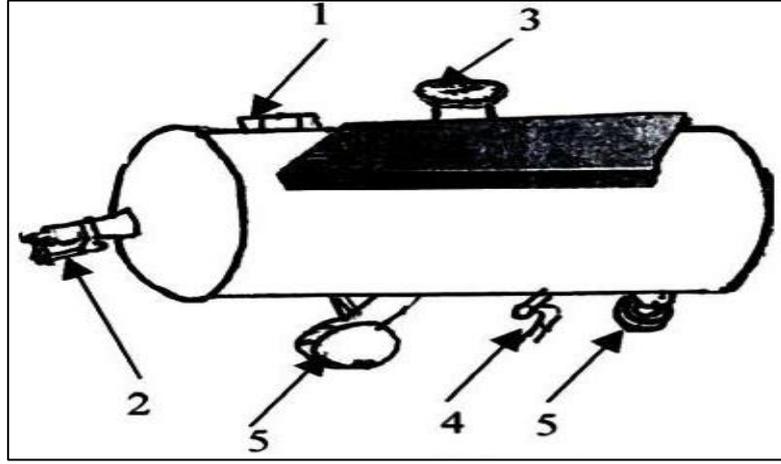


الشكل (4.2) أجزاء المحرك الكهربائي.

### 3-2-2 الخزان:

يتكون الخزان من الأجزاء التالية:

1. فتحة دخول الهواء من الضاغط إلى الخزان من خلال صمام الخروج للهواء الموجود بغطاء الاسطوانات للمحرك الميكانيكي.
2. فتحة خروج الهواء توجد في طرف الجزء الأمامي أو الخلفي للخزان وعليها يركب محبس (حنفي).
3. فتحة يركب عليها المبين (ساعة) لمعرفة مقدار ضغط الهواء داخل الخزان.
4. فتحة التصريف ويكون موضعها أسفل الخزان للتخلص من المياه التي تجمع في قاع الخزان نتيجة التغيرات في الأحوال الجوية ودرجة الحرارة للهواء. ويتوقف معدل مرات التصفية على حالة الطقس.
5. قواعد تثبيت الخزان قد يكون الضاغط ثابتا وتثبت قواعده على كراسي إسناد. أما إذا كان الضاغط متحرك فيركب عليه عجلات. يصنع الخزان من الحديد الصلب المقاوم للضغوطات والتي تكون أعلى من ضغوطات التشكيل الفعلية. حيث يتم تشكيل الخزان عن طريق اللحام.



الشكل (5.2) أجزاء خزان الهواء.

#### 4-2-2 التوصيلات والمحابس:

##### أولاً: التوصيلات

ومن المعروف أن التوصيلات الخاصة لضغط الهواء جزء مهم فهي تقوم بتوصيل الهواء من الضاغط إلى الخزان ومن الخزان إلى أماكن الاستخدام. ويستخدم نوعان من التوصيلات وهي كما يلي:

- توصيلات معدنية.
- توصيلات مطاطية.

التوصيلات المعدنية تتركب داخل الورش والمصانع على قواعد تثبيت من أجل عدم تغير وضعها والغرض من التثبيت هو حمل وزن التوصيلات والمحابس بل أيضا وزن الهواء الذي يمر فيها. ويراعي في التوصيلات القوي الخارجية المؤثرة عليها عند إجراء الإصلاح. ولمعرفة التوصيلات تظلى بواسطة طلاء أبيض لكي تكون معروفة للجميع وأن تكون بعيدة عن مرور الأحمال الثقيلة عليها. ووظيفتها تقوم بتوصيل الهواء من الخزان إلى الأماكن المختلفة للعمل. أما التوصيلات المطاطية فتستخدم في توصيل الهواء أما من خزان الضاغط إلى مكان العمل أو من التوصيلات المعدنية المركبة داخل الورش والمصانع إلى أماكن الاستخدام.

##### ثانياً: المحابس ( الحنفيات )

المحابس بغلاق وفتح مخرج الهواء من الخزان إلى التوصيلات عند الاحتياج. وتختلف المحابس من حيث الشكل والغرض المستعمل من أجله. وتصنع المحابس من النحاس الأخضر أو البرونز مع مراعاة أن تكون صماماتها من البرونز وأن تكون قواعدها مكونة معها جسماً

واحد. وتكون الأجزاء المتحركة فيها مصنوعة على شكل مخروط من النحاس. وتكون مصقولة أو مطلية بالنيكل أو الكروم تبعاً لمكان استعمالها أما أنواع المحابس فهي:

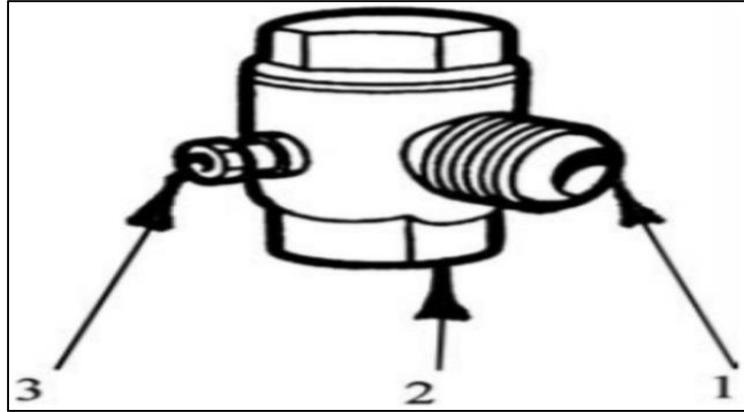
- محابس ذات الضغط العالي
- محابس البخار
- محابس مياه الرش

## 5-2-2 صمامات الأمان:

تقوم بحماية جهاز ضاغط الهواء من التلف عند زيادة ضغط الهواء. ويوجد نوعان من الصمامات:

أولاً: صمام يسمح بدخول الهواء من المحرك الميكانيكي ولا يسمح بعودته إليه: ويتكون هذا الصمام، من الأجزاء التالية:

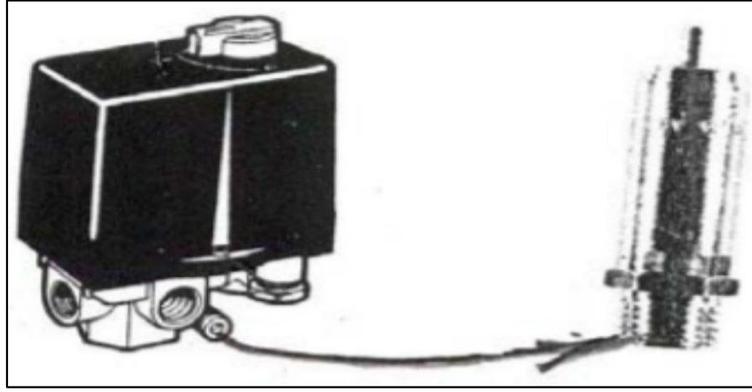
1. فتحة متصلة بالضاغط.
2. فتحة متصلة بالخزان.
3. فتحة متصلة بالمفتاح الكهربائي.



الشكل (6.2) صمام أمان.

ثانياً: صمام يتحكم بالضغط داخل الخزان:

يركب على الخزان لحمايته من الانفجار عند زيادة الضغط حيث يفتح ولا يعود إلى مقعده إلا بعد أن ينخفض الضغط داخل الخزان إلى المستوى المأمون الذي حددته الشركة الصانعة كما تنص المواصفات الدولية على وجوب تزويد صمام الأمان بوسيلة خارجية لاختبار وتشغيل الصمام يدوياً بصرف النظر عن الضغط داخل الخزان ويركب هذا الصمام مع مفتاح التشغيل.



الشكل (7.2) صمام أمان يتحكم بالضغط الزائد داخل الخزان.

### 6-2-2 مبيّن (ساعة):

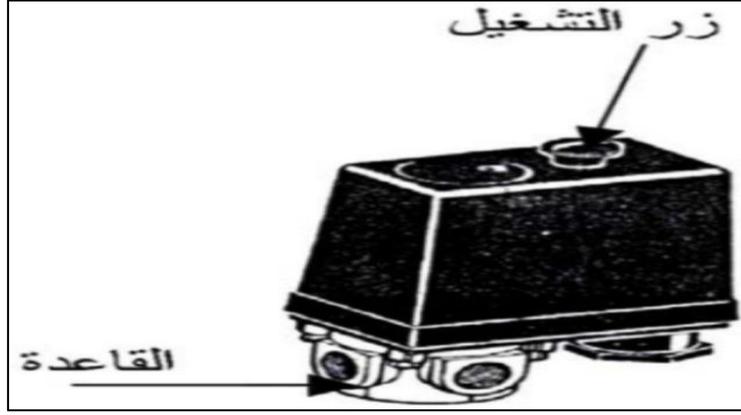
من خلال المبيّن يتم معرفة كمية الهواء داخل الخزان. ويركب المبيّن مع أنبوبة الهواء المتصلة بالخزان أو تتركب مع المفتاح الكهربائي.



الشكل (8.2) مبيّن (ساعة).

### 7-2-2 مفتاح التشغيل الكهربائي:

يقوم هذا المفتاح بتوصيل التيار الكهربائي من مفتاح المصدر إلى المحرك الكهربائي كما يقوم بفصل التيار من المصدر عند الانتهاء من العمل ويشغل يدويا، حيث زر التشغيل: في الجزء العلوي للغطاء: ويركب المفتاح الكهربائي على قاعدة عازلة مصنوعة من البلاستيك وفي الجزء السفلي من قاعدة الغطاء توجد ثلاثة توصيلات: التوصيلة الأولى متصلة بالمصدر الكهربائي والتوصيلة الثانية متصلة بالمحرك الكهربائي. والتوصيلة الثالثة متصلة بالمنظم الذي يسمح بدخول الهواء إلى الخزان وكذلك متصلة بالمنظم الذي يسمح بخروج الهواء الزائد من الخزان. وهذا المنظم يركب على قاعدة معدنية مصنوعة من الألمنيوم.



الشكل (9.2) مفتاح التشغيل.

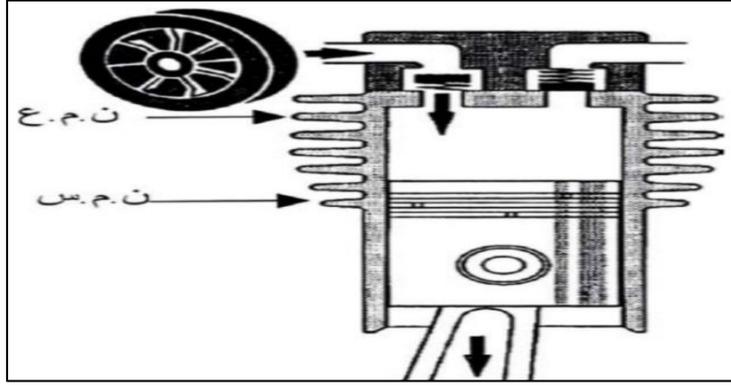
### [3-2] الأنضغاط:

الانضغاط هو التأثير بقوى دفع منتظمة في عدة نقاط مختلفة على جسم أو هيكل نحو الداخل وذلك بدون تولد عزم دوران، لتقليل الحجم في اتجاه أو أكثر. ويعد الانضغاط هو عكس عملية الشد أو السحب، والتي يُؤثّر فيها بقوى منتظمة أيضًا لكن في اتجاه خارج الجسم (سحب)، فيعمل إجهاد القص على تحريك طبقات المادة بالتوازي مع لبعضها. وتعد المواد والهياكل المقاومة للانضغاط هامة جدًا في الهندسة. في الانضغاط أحادي المحور، تؤثر القوى في اتجاه واحد فقط وعليها تواجه القوى بعضها البعض مما يقلل من طول الجسم في ذلك الاتجاه. يمكن أيضًا التأثير بقوى الانضغاط في عدة اتجاهات، فعلى سبيل المثال يمكن التأثير بقوى على جوانب اسطوانة للداخل لتقليل مساحتها (يسمى هنا انضغاط ثنائي المحور)، أو التأثير على السطح الكلي للأسطوانة (أعلاها وأسفلها وجوانبها) لتقليل حجمها.

### [4-2] عمل ضاغط الهواء:

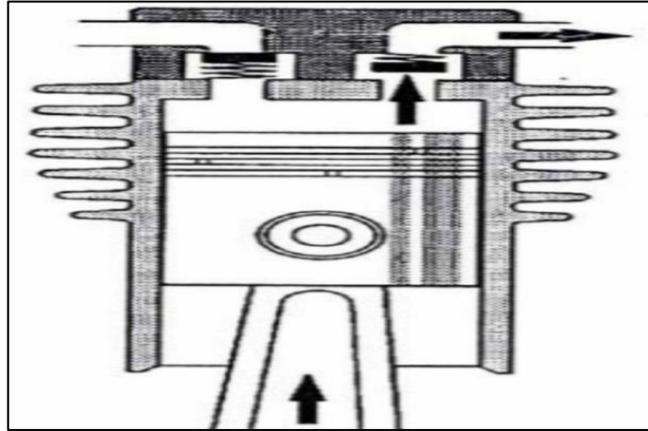
عندما يعمل ضاغط الهواء هناك خطوات متبعة يعمل بها الضاغط وهي على النحو الآتي:

1. عندما يتحرك المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلي وعندما يصل المكبس إلى أدنى نقطة له يفتح المكبس الفتحات الجانبية الموجودة على الجدران الداخلية للأسطوانة حيث يدخل الهواء إلى فوق المكبس في النوع الأول، وفي النوع الثاني توجد صمامات تفتح لدخول الهواء وخروجه عندما يتحرك المكبس من نقطة ميتة العليا إلى نقطة المستة السفلي يفتح الصمام ويدخل الهواء عبر المصفاة والصمام إلى داخل الاسطوانة وعندما يصل المكبس إلى أدنى نقطة له يغلق الصمام. وهذا يسمى شوط السحب.



الشكل (10.2) شوط السحب.

2. عندما يتحرك المكبس من النقطة الميتة السفلى باتجاه النقطة الميتة العليا يغلق المكبس الفتحات ويقوم المكبس بدفع الهواء باتجاه صمام الخروج حيث يبدأ الصمام بالفتح الجزئي ثم يفتح كلياً عندما يكون الضغط كبيراً ويخرج الهواء من خلال صمام الخروج وعبر الأنبوبة إلى الخزان. وسمي بشوط الضغط. أما في النوع الثاني أيضاً يفتح الصمام ويخرج الهواء وتكرر عملية السحب والضغط ما دام الضاغط في حالة عمل.



الشكل (11.2) شوط الضغط.

## [5-2] أنواع ضاغطات الهواء:

توجد عدة أنواع من ضاغطات الهواء وهي كالاتي:

1. ضاغط هواء يعمل بوقود الديزل
2. ضاغط هواء يعمل بوقود البنزين ويستخدمان في المناطق التي ينعدم فيها الكهرباء والفرق بينهما من ناحية الخليط وطرق الاحتراق. في ضاغط الهواء الذي يعمل بالديزل يجهز الخليط داخل الاسطوانات ويتم احتراقه بالإنضغاط. أما في محرك البنزين لضاغط الهواء يتم تجهيز الخليط خارج الاسطوانات ويحترق عن طريق شمعة الاشتعال.

3. ضاغط الهواء الإلكتروني واستخدامه قليلا.
4. ضاغط الهواء الذي يعمل بالتيار الكهربائي
5. ضاغط الهواء أحادي المرحلة يقوم بسحب الهواء من الغلاف الجوي المحيط به عبر مصفاة الهواء وتركب في مدخل الهواء حيث يتم سحب الهواء وتبريده وضغطه مباشرة إلى الخزان عند نهاية كل مشوار . وقد يكون لضاغط الهواء أكثر من اسطوانة عندئذ تورد كل اسطوانة الهواء مباشرة إلى الخزان مستقلة عن الاسطوانة الأخرى وتكون اسطوانات ضاغط الهواء أحادي المرحلة سعة  $65 \text{ Kg/cm}^3$  وفي ضاغط الهواء أحادي المرحلة تنخفض درجة الحرارة بزيادة سطح التبريد الخارجي عن طريق إضافة زعانف عميقة مصبوبة مع الكتلة والرأس حيث يتم تصريف الحرارة بسرعة عالية
6. ضاغط الهواء ثنائي المرحلة يقوم بسحب الهواء من الجو المحيط عبر مصفاة لتنقية الهواء من الأتربة العالقة بالهواء والغازات والتي قد تؤدي إلى حدوث انفجار بالخزان. وبعد سحب الهواء يمر من خلال الاسطوانة (الأولى) المنخفضة الضغط وخلال مبرد بزعانف إلى اسطوانة الضغط العالي ثم إلى الخزان وسعة هذا النوع أكثر من  $65 \text{ Kg/cm}^3$  كما تستخدم بعض محطات الخدمات ضاغطات بسعة  $90 \text{ Kg/cm}^3$  وعملية التبريد يتم عن طريق الزعانف المصبوبة على الكتلة والرأس لضاغط الهواء.

## [2-6] استخدامات ضاغط الهواء:

- يعتبر ضاغط الهواء من أهم الأجهزة في الورش والمصانع ويكون بسعة تكفي لمواجهات جميع الاحتياجات اللازمة لتشغيل المعدات التي تعمل بالهواء وهو يستخدم في الأماكن التالية:
1. الضاغط في ورشات صيانة السيارات، والذي يستخدم لتعبئة الإطارات.
  2. الضاغط المستخدم في نفث الهواء لتنظيف السيارات.
  3. الضاغط في محطات توليد الطاقة الحرارية.
  4. الهواء المضغوط يستخدم لدفع الريشة في المطارق اليدوية للحفر.
  5. يستخدم الهواء المضغوط لرفع الرافعات.
  6. الهواء المضغوط يستخدم لرش الدهان على المنتجات مثل صناعات الشيلرات.
  7. عمليات التنظيف للماكينات والأرضيات باستخدام الهواء المضغوط.

8. يستخدم الهواء المضغوط في عمليات التبريد للعمليات الصناعية.
9. يستخدم الهواء المضغوط للتحكم في الروبوتات في عمليات التجميع.

## [2-7] استعادة الطاقة للضواغط:

توفر الكثير من عمليات التركيب التي تؤدي إلى إنتاج هواء مضغوط إمكانات توفير طاقة مهمة ومستخدمة كثيرًا في شكل استعادة طاقة مهدرة. يمكن أن تصل تكاليف الطاقة في القطاعات الصناعية الكبيرة إلى 80% من التكلفة الإجمالية لإنتاج الهواء المضغوط. ومع ذلك يمكن استعادة الكثير من هذه الطاقة وتتشكل الحرارة عندما يتم ضغط الهواء. قبل أن يخضع الهواء المضغوط للتوزيع إلى نظام الأنابيب، يتم استخراج الطاقة الحرارية ومن ثم تصبح الحرارة مهدرة. بالنسبة إلى كل تركيب للهواء المضغوط، يجب معالجة مشكلة سعة التبريد الكافية والموثوق بها من أجل عملية التركيب. كما يمكن أن يحدث التبريد إما عن طريق الهواء الخارجي أو نظام ماء التبريد الذي يستخدم ماء الصنبور أو ماء البخار أو الماء المعالج ضمن نظام مفتوح أو مغلق. تقدم محطة ضاغط مركزية في قطاع صناعي كبير يبلغ معدل استهلاكها 500 كيلو واط على مدار ما يزيد على 8000 ساعة تشغيل سنويًا معدل استهلاك طاقة سنويًا يبلغ 4 ملايين كيلو واط في الساعة. وتمثل إمكانية استعادة كميات كبيرة من الحرارة المهدرة عبر الهواء الساخن أو الماء الساخن أمرًا حقيقيًا. يمكن استعادة ما يصل إلى 94% من الطاقة التي يستهلكها الضاغط، على سبيل المثال، في صورة ماء ساخن بدرجة حرارة 90 درجة مئوية من الضواغط الحلزونية الخالية من الزيت. توضح هذه الحقيقة أن إجراءات التوفير تتيح عائدًا كبيرًا بشكل سريع. عادةً ما تكون دورة عائد الاستثمار لاستعادة الطاقة بين سنة إلى 3 سنوات. بالإضافة إلى ذلك، تحسّن الطاقة التي يتم استعادتها بواسطة نظام تبريد مغلق ظروف تشغيل الضاغط وموثوقيته وفترة خدمته نظرًا إلى مستوى درجة الحرارة المتعادل وجودة مياه التبريد العالية، وهذه الميزات هي على سبيل المثال لا الحصر. وتُعد بلدان الشمال إلى حد ما رائدة في هذا المجال وتمثل عملية استعادة الطاقة ممارسة مُتَّبعة منذ فترة كبيرة الآن فيما يخص عمليات تركيب الضاغط. ويتم الآن تعديل معظم الضواغط ذات الحجم المتوسط إلى الكبير الآتية من الموردين الرئيسيين لتتوافق مع المعدات القياسية بغرض تيسير استعادة الحرارة المهدرة.

## [8-2] حساب كمية الهواء المضغوط:

يتم تحديد متطلبات الهواء المضغوط من قبل مستهلكي الهواء كل على حدة. ويتم حسابه من خلال إضافة كمية استهلاك الهواء من كل الأدوات والآلات والعمليات المتصلة، ثم تقدير عامل استخدامها الفردي حسب التجربة. ومن الضروري وضع عامل التسرب المحتمل والتآكل والتغيرات المستقبلية لمتطلبات الهواء في الاعتبار منذ البداية. يتضمن تحليل التشغيل قياس بيانات التشغيل التي يمكن تكملتها بفحص تركيب الهواء المضغوط الحالي على مدار فترة زمنية مناسبة. ويجب أن يتناول هذا التحليل أسبوعًا واحدًا على الأقل من عمليات التشغيل، ويجب تحديد فترة القياس بعناية حتى تمثل حالة نموذجية وتوفر بيانات ذات صلة. توفر البيانات المخزنة أيضًا فرصة لمحاكاة المقاييس والتغيرات المختلفة في عمليات تشغيل الضاغط وتحليل التأثير في القيمة الاقتصادية الكلية للتركيب.

تدخل عوامل مثل أوقات التحميل وأوقات التفريغ، في التقييم الإجمالي لعمليات تشغيل الضاغط أيضًا فتوفر هذه العوامل الأساس اللازم لتقييم عامل التحميل ومتطلبات الهواء المضغوط على مدار يوم أو أسبوع عمل. وبناءً على ذلك، لا يمكن قراءة عامل التحميل من عداد ساعات تشغيل الضاغط فحسب. كذلك يوفر تحليل التشغيل أساسًا لاستعادة الطاقة المحتملة. وفي الكثير من الأحيان، يمكن استعادة أكثر من 90% من الطاقة التي تم التزويد بها. وعلاوة على ذلك، قد يقدم التحليل إجابات تتعلق بتحديد الأبعاد فضلًا عن طريقة التشغيل الخاصة بالتركيب. على سبيل المثال، يمكن تقليل ضغط التشغيل غالبًا في أوقات معينة ويمكن تعديل نظام التحكم لتحسين استخدام الضاغط مع التغيرات في الإنتاج. ومن المهم بصورة أساسية أيضًا التحقق من التسرب. ولإنتاج كميات صغيرة من الهواء في أثناء الليل وفي عطلات نهاية الأسبوع، يجب التفكير في ما إذا كان تركيب ضاغط أصغر حجمًا لتلبية هذا المطلب خيارًا عمليًا.

## [9-2] قواعد الأمن والسلامة المهنية:

قواعد الأمن والسلامة المهنية: السلامة المهنية جزء حيوي وأساسي في مختلف المعاهد والمراكز المهنية وكذلك في مختلف الورش والمصانع للقطاعين العام والخاص إن الحوادث التي تحدث نتيجة الإهمال في عدم اتباع قواعد الأمن والسلامة المهنية. يجب على المتدرب أو العامل على ضاغط الهواء عمل الآتي:

1. لبس الملابس الخاصة بالوقاية، بدلة العمل وكمامات وكفوف وصدريّة وأحذية

2. وضع ضاغط الهواء في مكان ذات تهوية جيدة وتنظيف الضاغط من الزيوت والأوساخ والأتربة.
3. بعض الضاغطات تكون ثابتة لهذا يجب ربطها بشكل جيد عن طريق ابوال، كما يجب تثبيت التوصيلات المعدنية الناقلة للهواء في قوابض تثبيت.
4. عند مفارقة الضاغط يجب أن يكون في حالة السكون لكي لا يحدث أضرار للعامل أو المتدرب.
5. المحافظة على سلامة التوصيلات المطاطية وعدم سحبها على الأرض حتى لا يحدث لها تلف عن طريق المسامير أو أجزاء بارزة على الأرض، كما يجب لفها على شكل حزمة ووضعها في مكانها المخصص.
6. المحافظة على سلامة التوصيلات المطاطية من الزيوت والشحوم والبنزين والديزل لأنها تؤثر عليها والتفقد الدوري لمفتاح المصدر الكهربائي وتفقد مصفاة الهواء من الانسداد.
7. يمنع توجيه الهواء المضغوط إلى جسم العامل أو المتدرب نظرا لأن الهواء المضغوط يصل إلى قيمة مرتفعة قد تصيبه في الأماكن الحساسة مثل العيون والأذن.
8. يجب تعليم خطوط التوصيلات للهواء حتى يمكن تمييزها ويكون اللون معروف للجميع. يجب عمل حواجز لبكرات المحرك الميكانيكي والكهربائي لأنها أجزاء متحركة إذا مر العامل أو المتدرب بجانبها تسحب أطراف الملابس أو الأيدي.

# الفصل الثالث

## المناقشة والأستنتاجات

## الفصل الثالث

### [1-3] المناقشة

في أواخر القرن الثامن عشر ظهر علم الديناميكا الحرارية كعلم يدرس تحول الطاقة الحرارية إلى عمل ميكانيكي، واستنادا إلى ذلك وضعت الأسس النظرية لعمل الآلات الحرارية، والديناميكا الحرارية الحديثة هو العلم الذي يتطرق إلى دراسة قوانين التحولات المتبادلة لمختلف أشكال الطاقة، كما ويعالج العمليات أو الظواهر التي تحدث في الطبيعة من خلال تحول الطاقة من شكل إلى آخر وتختلف الديناميكا الحرارية عن الفيزياء والكيمياء بأنها لا تستند إلى أي نموذج لبناء المادة، كما لا ترتبط بأي تصور عن البنية الجزيئية لهذه المادة، ولكنه يعتمد على القوانين التي تم التوصل إليها تجريبيا، والديناميكا الحرارية هو أحد فروع الميكانيكا الإحصائية الذي يدرس خواص انتقال الشكل الحراري للطاقة وتحولاته إلى أوجه أخرى منها، مثل تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية مثلما في محرك احتراق داخلي والآلة البخارية، أو تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية مثلما في محطات القوى، وتحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية كما في توليد الكهرباء من السدود والأنهار، وقد تطورت أساسيات علم الترموديناميكا بدراسة تغيرات الحجم والضغط ودرجة الحرارة في الآلة البخارية. معظم هذه الدراسات تعتمد على فكرة أن أي نظام معزول في أي مكان من الكون يحتوي على كمية فيزيائية قابلة للقياس تسمى الطاقة الداخلية للنظام ويرمز لها بالرمز (U). وتمثل هذه الطاقة الداخلية مجموع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية للذرات والجزيئات ضمن النظام، أي جميع الأنماط التي يمكن أن تنتقل مباشرة كالحرارة، كما تنتمي الطاقة الكيميائية (المختزنة في الروابط الكيميائية) والطاقة النووية (الموجودة في نوى الذرات) إلى الطاقة الداخلية لنظام. بدأت دراسات الديناميكا الحرارية مع اختراع الآلة البخارية وترتب عليها قوانين كثيرة تسري أيضا على جميع أنواع الآلات؛ وبصفة خاصة تلك التي تحول الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي مثل جميع أنواع المحركات أو عند تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية مثلا أو العكس. نفرق في الترموديناميكا بين نظام مفتوح ونظام مغلق ونظام معزول. وبدأ تاريخ تطور الديناميكا الحرارية حيث قام العالم الفيزيائي الفرنسي سادي كارنو عام 1824 بدراسة كمية الحرارة التي تعمل بها آلة بخارية وتبين له أن البخار الساخن يمكن أن يسخن ماء بارد وأن يقوم بإنتاج عمل ميكانيكي في نفس الوقت، ثم جاء الطبيب

الألماني يوليوس ماير عام 1841 وقدم الافتراض أن الطاقة في نظام مغلق تكون ثابتة المقدار فلا يمكن أن تفتنى الطاقة، وإنما تتحول من صورة إلى أخرى. هذا الافتراض أصبح معروفاً قانون بقاء الطاقة. وقام ماير بحسابات في تحويل الحرارة إلى طاقة حركة ميكانيكية وقام بحساب كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جرام من الماء 1 درجة مئوية، وكم تبلغ تلك الطاقة عندما تتحول إلى طاقة ميكانيكية وفي عام 1840 قام العالم الكيميائي الألماني السويسري هيرمان هاينريش هس بمقالة علمية تحت عنوان: «فحوصات حرارية كيميائية» تتعلق بظاهرة حفظ الطاقة في الجزيئات بمشاهداته الحرارة الناتجة من تفاعلات كيميائية. وبينما كان تصور «كارنو» أن كمية الطاقة تبقى كاملة لا تتغير أثناء عمل آلة بخارية، أخذ «ماير» في الحساب إمكانية تحول الطاقة من صورة إلى أخرى مثل تحولها إلى طاقة حركة عند تشغيل آلة. ثم جاء العالم الفيزيائي الألماني رودولف كلاوسيويس عام 1854 وربط بين الفكرتين: فكرة كارنو وفكرة ماير، وبين أن الآلة البخارية تعمل عندما تسري حرارة من وسط ساخن إلى وسط بارد داخل الآلة، وأيد بذلك فكرة كارنو في أن الطاقة لا تفتنى وإنما يمكن أن يتحول جزء منها إلى شغل، أي طاقة ميكانيكية (طاقة حركة). أي الطاقة الحرارية لا تبقى بأكملها على صورتها الحرارية كما كان كارنو يعتقد مقدماً وإنما يتحول جزء منها إلى شغل ميكانيكي ويتسرب الباقي إلى الجو المحيط مع العادم. واتضح لكلاوسيويس أن الطاقة الحرارية في آلة (آلة بخارية) تتحول جزئياً إلى شغل ميكانيكي، والباقي يتسرب في الجو. وتحدد الكفاءة لآلة النسبة بين الشغل الميكانيكي الناتج إلى كمية الحرارة، في عام 1862 وبين أن القوة الدافعة وراء تفاعل كيميائي تكمن في الحرارة التي تنتج من التفاعل. وربط هرمان فون هلمهولتز الألماني الطاقة الكهربائية لبطارية بالطاقة الكيميائية والطاقة الحرارية، وتوصل في رسالته العلمية المسماة: عن حفظ القوة إلى قانون حفظ الطاقة، بدون علمه عن أعمال ماير، كذلك توصل العالم الفيزيائي الكيميائي الأمريكي ويلارد غيبس بين الأعوام 1875 - 1878 إلى نفس النتائج التي توصل إليها هلمهولتز. وسميت العلاقة معادلة جيبس-هلمهولتز تكريماً لهذين العالمين وبواسطتها يمكن للكيميائي معرفة إمكانية سير تفاعل وتكوين جزيئات جديدة. كما يمكنه معرفة درجة الحرارة وتركيز المواد الداخلة في التفاعل والخارجة منه. بالإضافة إلى الترموديناميكا الكلاسيكية ابتكرت نظرية الحركة الحرارية. وطبقاً لهذه النظرية يتكون الغاز من جسيمات ذرات وجزيئات تتحرك حرة وعشوائياً وتتصادم ببعضها البعض في فراغ بينها.

وأن العمليات الديناميكية الحرارية تنقسم إلى عمليات انعكاسية حيث يمكن عكس اتجاه هذه العمليات عند أي نقطة موضعية أو لحظة زمنية بتغيير صغير جدا في ظروف العملية فيعود كل من النظام والوسط المحيط إلى حالتها الابتدائية، وكذلك تنقسم إلى عمليات غير انعكاسية حيث لا يمكن عكس اتجاه التغيير في هذه العمليات دون حدوث تغيير دائم في الوسط المحيط ولتوضيح طبيعة العمليات المذكورة نعتبر عدة أمثلة، فلا يمكن إعادة تسخين كوب الماء الذي برد توا و فقد حرارته إلى الوسط المحيط به باسترجاع هذه الحرارة وبالتالي فإن عملية تبريد الماء هنا غير انعكاسية. ويمكن تصنيف الطاقة في الديناميكا الحرارية حيث يمتلك النظام الديناميكي الحراري دائما قدرا من الطاقة الكلية، وهذا القدر بالطبع يختلف حالة النظام. والطاقة الكلية لأي نظام هي مجموع طاقة حركته وطاقة وضعه وطاقته الداخلية وهناك صور أخرى من الطاقة مثل الطاقة الكهربائية والطاقة المغناطيسية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والتوتر السطحي ولكننا لن نعتبر هذه الأنواع في هذا المقرر وطاقة الحركة والوضع تنسب إلى إطارات مرجعية خارج النظام أما الطاقة الداخلية فهي ترتبط بالتركيب الجزيئي للمادة وتعتمد على مدى نشاط الجزيئات وتشمل طاقة حركة الجزيئات وطاقة وضعها والطاقة التي تربط بين ذرات الجزيئات وكذلك طاقة الإلكترونات والنويات في الذرات. وأن الشغل الميكانيكي من المبادئ البسيطة لديناميكا الأجسام المتحركة نعرف أن الشغل الميكانيكي ينتج من تأثير قوة  $F$  على جسم ما فتزيحه مسافة متناهية الصغر  $ds$  ويكون مقدار الشغل الكلي  $W$ . وأن الغاز المثالي هو الغاز الذي تهمل قوى التجاذب أو التنافر بين جزيئاته ويتحقق ذلك إذا كان ضغط الغاز لا يختلف كثيرا عن الضغط الجوي أو إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة. وإن القانون الأول للديناميكا الحرارية ما هو إلا مبدأ حفظ الطاقة وهذا المبدأ ينص بناء على المشاهدات التجريبية أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن تتحول من صورة إلى أخرى وطبقا لمبدأ حفظ الطاقة فإن النظام المغلق الذي لم يحدث به أي تغيير تظل طاقته الكلية ثابتة. وعندما تتغير حالة النظام نتيجة عملية ما فإن مجموع التغيري الطاقة الكلية للنظام والتغير في الطاقة الكلية للوسط المحيط لا بد أن يساوي صفرا ، أي أنه لا يمكن الفصل عند تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية بين النظام والوسط المحيط به. وتعرف السعة الحرارية للمواد على أنها الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من مادة النظام بمقدار درجة واحدة وتكمن الأهمية التقنية للسعة الحرارية في كونها خاصية يمكن بها مقارنة إمكانية تخزين الحرارة بواسطة المواد المختلفة. وحسب هذا التعريف فإن هذه الحرارة

المشار إليها سوف تختلف تبعاً للعملية التي تغير من حالة النظام. وأن الحرارة الكامنة هي ان المادة تتعرض لتغير في درجة الحرارة عندما تنتقل إليها طاقة من المحيط ولكن في بعض الحالات فان انتقال الطاقة لا يؤدي إلى تغير في درجة الحرارة. هذه الحالة تحدث عندما يكون هناك تغير في الخواص الفيزيائية للمادة من حالة إلى أخرى والتي تعرف بتغير طور المادة التغيرين في الطور الأكثر شيوعاً هما تغير المادة من حالة الصلبة إلى الحالة السائلة (الذوبان) ومن الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (الغليان) والتغير الثاني يتضمن التغير في التركيب البلوري للحالة الصلبة.

وأن ضاغط الهواء هو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية (المتصلة من محرك كهربائي أو محرك ديزل أو محرك بنزين) إلى طاقة وضع يكتسبها الهواء فينضغط. ويقوم ضاغط الهواء بدفع كمية محددة من الهواء بشكل مستمر داخل خزان ضغط، وبالتالي يزداد ضغط الهواء داخل الخزان، ويستمر الضاغط بالعمل حتى يصل الضغط داخل الخزان إلى القيمة القصوى. يظل الهواء المضغوط بداخل الخزان إلى أن يحين استخدامه. ويمكن استخدام الطاقة المخزنة في الهواء المضغوط في العديد من الاستخدامات، فعند خروج الهواء المضغوط من الخزان ينخفض الضغط تدريجياً ويصاحب ذلك ارتفاع في طاقة الحركة للهواء (تحول طاقة الوضع المخزنة إلى طاقة حركة) والتي يمكن الاستفادة منها في العديد من التطبيقات ويبدأ ضاغط الهواء بالعمل مرة أخرى عندما ينخفض الضغط داخل الخزان إلى الحد الأدنى. ويتكون ضاغط الهواء من المحرك الميكانيكي والمحرك الكهربائي والخزان والتوصيلات والمحابس وصمامات الأمان والساعة ومفتاح التشغيل الكهربائي. ويعرف الانضغاط هو التأثير بقوى دفع منتظمة في عدة نقاط مختلفة على جسم أو هيكل نحو الداخل وذلك بدون تولد عزم دوران، لتقليل الحجم في اتجاه أو أكثر ويعد الانضغاط هو عكس عملية الشد أو السحب، والتي يؤثر فيها بقوى منتظمة أيضاً لكن في اتجاه خارج الجسم (سحب)، فيعمل إجهاد القص على تحريك طبقات المادة بالتوازي مع لبعضها وتعد المواد والهياكل المقاومة للانضغاط هامة جداً في الهندسة. في الانضغاط أحادي المحور، تؤثر القوى في اتجاه واحد فقط وعليها تواجه القوى بعضها البعض مما يقلل من طول الجسم في ذلك الاتجاه ويمكن أيضاً التأثير بقوى الانضغاط في عدة اتجاهات، فعلى سبيل المثال يمكن التأثير بقوى على جوانب اسطوانة للداخل لتقليل مساحتها (يسمى هنا انضغاط ثنائي المحور)، أو التأثير على السطح الكلي للأسطوانة (أعلاها وأسفلها وجوانبها) لتقليل حجمها.

أن عمل ضاغط الهواء وهي على النحو الآتي عندما يتحرك المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلي وعندما يصل المكبس إلى أدنى نقطة له يفتح المكبس الفتحات الجانبية الموجودة على الجدران الداخلية للاسطوانة حيث يدخل الهواء إلى فوق المكبس في النوع الأول وفي النوع الثاني توجد صمامات تفتح لدخول الهواء وخروجه عندما يتحرك المكبس من نقطة ميتة العليا إلى نقطة المستة السفلي يفتح الصمام ويدخل الهواء عبر المصفاة والصمام إلى داخل الاسطوانة وعندما يصل المكبس إلى أدنى نقطة له يغلق الصمام. وهذا يسمى شوط السحب. وعندما يتحرك المكبس من النقطة الميتة السفلي باتجاه النقطة الميتة العليا يغلق المكبس الفتحات ويقوم المكبس بدفع الهواء باتجاه صمام الخروج حيث يبدأ الصمام بالفتح الجزئي ثم يفتح كلياً عندما يكون الضغط كبيراً ويخرج الهواء من خلال صمام الخروج وعبر الأنبوبة إلى الخزان وسمي بشوط الضغط. أما في النوع الثاني أيضاً يفتح الصمام ويخرج الهواء وتكرر عملية السحب والضغط ما دام الضاغط في حالة عمل.

وأن حساب كمية الهواء المضغوط من خلال يتم تحديد متطلبات الهواء المضغوط من قبل مستهلكي الهواء كل على حدة. ويتم حسابه من خلال إضافة كمية استهلاك الهواء من كل الأدوات والآلات والعمليات المتصلة، ثم تقدير عامل استخدامها الفردي حسب التجربة. ومن الضروري وضع عامل التسرب المحتمل والتآكل والتغيرات المستقبلية لمتطلبات الهواء في الاعتبار منذ البداية. يتضمن تحليل التشغيل قياس بيانات التشغيل التي يمكن تكملتها بفحص تركيب الهواء المضغوط الحالي على مدار فترة زمنية مناسبة. ويجب أن يتناول هذا التحليل أسبوعاً واحداً على الأقل من عمليات التشغيل، ويجب تحديد فترة القياس بعناية حتى تمثل حالة نموذجية وتوفر بيانات ذات صلة. توفر البيانات المخزنة أيضاً فرصة لمحاكاة المقاييس والتغيرات المختلفة في عمليات تشغيل الضاغط ولتحليل التأثير في القيمة الاقتصادية الكلية للتركيب.

### [2-3] الأستنتاجات

1. من اهداف البحث رصد هذه التقنية الجديده وتحدد ملامحها المستقبلية والوقوف على تطبيقاتها الحالية والمتوقعة.
2. التعرف على العمليات الحرارية بأنواعها والانظمة الديناميكية وتصنيفها

3. دراسة مكونات ضاغط الهواء بالتفصيل والتعرف على أجزائه وامكانية تطويرها وصيانتها وحمايتها من التلف.
4. تعريف عملية الانضغاط والاستفاده من الهواء المضغوط وحساب كميتة في ضاغط الهواء.
5. معرفة الانواع المختلفه لضاغط الهواء وكفاءة كل نوع منها والاستخدام المخصص لكل نوع.
6. من العوامل المؤثره على عمل ضاغط الهواء هو وضعه في مكان مغلق ذو درجة حراره مرتفعه ولكي يعمل بصورة جيدة وضعه في مكان ذات تهوية جيدة.

## المصادر

- [1] د. حازم فلاح سكيك، القانون الأول في الديناميكا الحرارية، قسم الفيزياء، جامعة الأزهر، 2013.
- [2] ف. بوش، أساسيات الفيزياء، ترجمة د. سعيد الجزيري و د. محمد أمين سليمان، دار ماكجروهيل للنشر، 1997م.
- [3] إبراهيم إبراهيم شريف، الفيزياء منشورات الراتب للأبحاث الجامعية، بيروت، 1983.
- [4] د. علاء الدين عبد الله النعيمي و د. قاسم محمود علي، الفيزياء التطبيقية الحديثة، قسم الفيزياء، 1989م.
- [5] د. رأفت كامل واصف، فيزياء المادة والديناميكا الحرارية، جامعة القاهرة، دار النشر للجامعات، 2009م.
- [6] أ. غالب سيف الحمادي، ضاغط الهواء وتشغيله، جامعة صنعاء، الطبعة الأولى، 2007م.
- [7] INTRODUCTION TO MODERN STATISTICAL MECHANICS (David Chandler).
- [8] STATISTICAL MECHANICS (KERSOH HUAHG).
- [9] M. Tarascon, L.H. Greene, W.R. Mckinnon, G.W. Hull and T.H Geballe, Science 235, 1373 1987.
- [10] A.Shilling, M.Cantoni, J.D. Guo and H.R. Ott, Nature 363, 56 S.N.Putiling, E.V. Antipov, Chmaissen and M. Marezio, Nature (1993).
- [11] B.A. Hunter, J.D. Jorgensen, J.L. Wanger, R.L. Hitterman and R.B. Von Dreele, Physica C 221, 1994.
- [12] R.W.B. Stephens and A. E. Bate Acoustics and Vibrational Physics Arnold London – 1966.
- [13] W.T. Thomson Vibration Theory and Applications George Allen and Unwin–London– 1969.
- [14] A.P. Frank Vibrations and Waves Nelson–London – 1971.
- [15] J.P.G Richards R.P. Williams Waves Penguin–U.K. – 1972.