الباب الأول

نظام التشغيل لمحرك رباعى الأشواط ذو أربع اسطوانات

شكل (٣٤) يوضح أن المكابس تتحرك في أزواج حيث يكون المكبس رقم (١) والمكبس رقم (٤) زوجو المكبس رقم (٢) و المكبس رقم (٣) زوج آخر .

نفرض أن المكبس رقم (١) بدأ شوط التشغيل فان المكبس رقم (٤) سوف يتحرك إلى أسفل يبدأ شوط السحب ، أما المكبس رقم (٢) فيتحرك إلى أعلى إما في شوط الطرد أو شوط الكبس و بذلك المكبس رقم (٣) يتحركإلى أعلى إما شوط الكبس أو شوط الطرد . و يبين الجدول التالي مثل لمحرك أربعة اسطوانات ترتيب اشتعاله ١ ـ ٢ ـ ٣ ـ ٤

و يلاحظ أنه في هذه المحركات أنه يحدث شوط تشغيل واحد كل نصف لفة من عمود و يظهر من الجدولين أن هناك نظامين للتشغيل لهذا المحرك من الممكن استخدام أحدهما و هذين الجدولين المرفق.

١ ٢ ٤ ٣ أو ١ ٣ ٤ ٢ و هذه الأرقام تمثل ترتيب حدوث أشواط التشغيل لكل الاسطوانات.

و يعبر كل رقم من هذه الأرقام عن رقم الاسطوانة الذي يتم فيها التشغيل.

٤	٣	٢	١	اسطوانة رقم	صفر
سحب	طرد	كبس	تشغيل	الشوط الاول	١٨٠
ضغط	سحب	تشغيل	طرد	الشوط الثانى	٣٦٠
تشغيل	ضغط	طرد	سحب	الشوط الثالث	٥٤٠
طرد	تشغيل	سحب	كبس	الشوط الرابع	٧٢٠

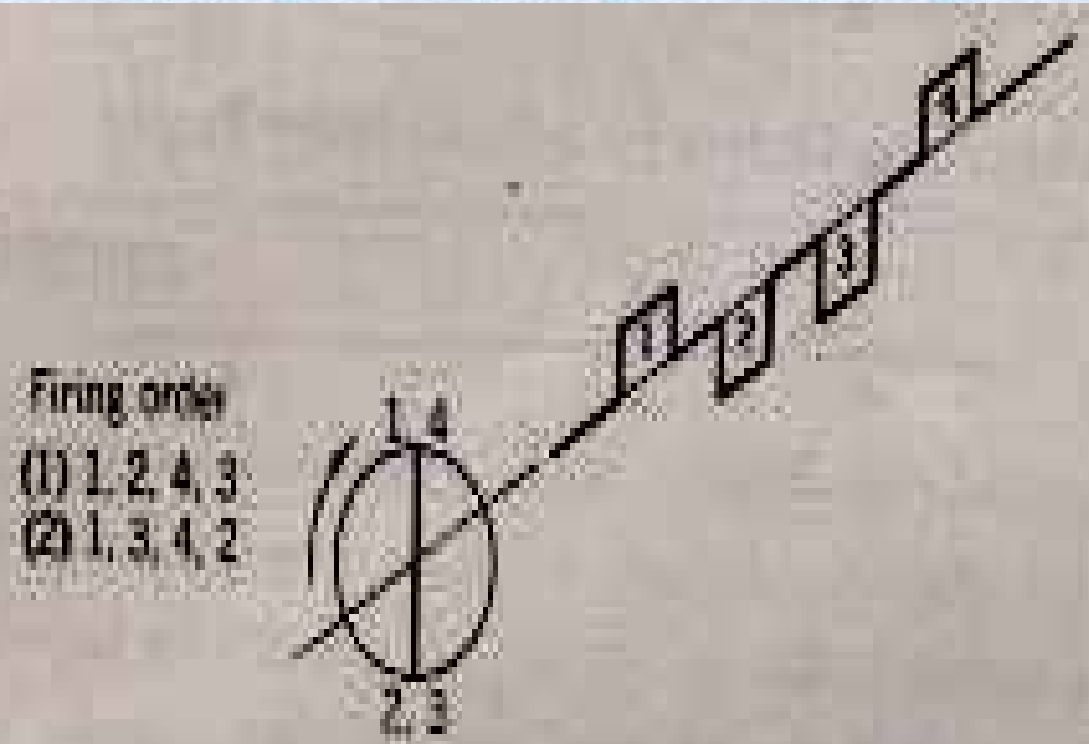


FIGURE 5.2 Crankshaft arrangement for a four-cylinder engine.

نظام التشغيل لمحرك رباعي الأشواط ذو ست اسطوانات

الشكل رقم (٣٥) يوضح محرك رباعي الأشواط ذو ست اسطوانات علي خط واحد. في شكل (35)نجد أن كل من المكبسين (1)، (٦) في النقطة الميتة العليا ثم يليها المكبسين (٢) و (٤) و بعد ذلك نبدأ في الوصول إلي النقطة المثبتة العليا ثم يلي ذلك المكبسين(٢) و(٥) و بعد ذلك تبدأ من جديد بالمكبس (١) و (٦) ثم (٢) و (٤) و هكذا . فيفرض أن المكبس (١) عندما كان فيالنقطة الميتة العليا فان شوط التشغيل للمحرك سوف يكون إما في الاسطوانة (٢) أو(٥) و يكون شوط التشغيل التالي لذلك إما أن يكون في الاسطوانة (٣) أو(٤) وعلى هذا الأساس فبذلك أربع نظم للتشغيل ممكنة وهى : ١٢٣٤٥٦ _ ١٢٥٤٣٦ _ ١٣٤٢٥٦ _ ١٣٥٤٢٦

في الثلاثة نظم الأولى نجد أن كل ثلاثة اسطوانات في إحدى نصفى عمود الكرنك يحدث شوط الاشتعال لها خلال لفة واحدة من عمود الكرنك و أن الثلاث اسطوانات الأخرى للنصف

الآخر من عمود الكرنك يحدثالاشتعال فيهما خلال اللفة الثانية لعمود الكرنك يلاحظ أن الفترة ما بين شوط الاشتعال في أي اسطوانة و التي تليها في الترتيب حسب نظاماالاشتعال هى ١٢٠ درجة

٤	٣	٢	١	اسطوانة رقم	صفر
سحب	ضغط	طرد	تشغيل	الشوط الاول	١٨٠
ضغط	تشغيل	سحب	طرد	الشوط الثانى	٣٦٠
تشغيل	طرد	ضغط	سحب	الشوط الثالث	٥٤٠
طرد	سحب	تشغيل	كبس	الشوط الرابع	٧٢٠

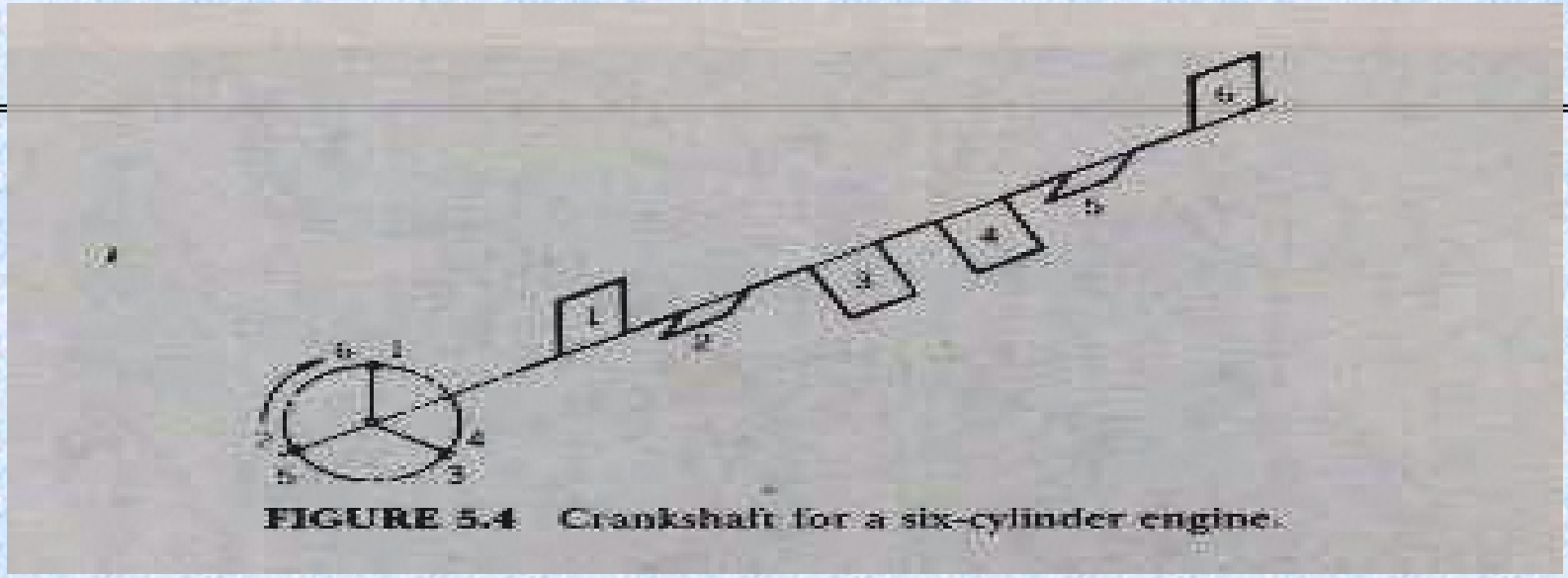


FIGURE 5.4 Crankshaft for a six-cylinder engine.

و قد سبق حسابها وفي نظام آخر للاشتعال من النظم الأربع الممكنة أن الاسطوانات على نصفى عمود الكرنك يحدث فيها الاشتعال بالتبادل . و الواقع أن هذا النظام (رابع نظام) هو المفضل حيث أنه يساعد على التوزيع الجيد لخلط الهواء و الوقودفي محركات البنزين أو الهواء فقط في محركات الديزل على جميع الاسطوانات و هو النظام الشائع الاستعمال .

أما الثلاثة نظم الأخرى فنادرا ما تستعمل

توقيت فتح الصمامات:

لقد سبق و أن ناقشنا الدورة رباعية المشاوير و يجب علينا الآن أن نناقش عمل المحرك بشيء من التفصيل خاصة بما يتعلق بتوقيت فتح الصمامات .

إن أول شيء يجب التنبيه إليه هو أن فتح الصمامات أو غلقها كليا لا يتم لحظيا أو فوريا ولكنيحتاج الى بعض الوقت وإن كان هذا الوقت قصير جدا أو أقل من الثانية بكثير والواقع أن عملية فتح و غلق الصمامات تتم أثناء عملية دوران عمود الكرنك أي يتم السحب عند بداية توزيع أوتحديد حركة عملية فتح وغلق الصمامات على درجات من لفات عمود الكرنك .ولذا فانه مثلا

للتأكد من فتح صمام شوط السحب أي عند النقطة الميتة العليا فان هذا الصمام يجب أن يبدأ حركة الفتح قبل النقطة الميتة العليا للمكبس و لكي تتأكد من أنه مازال مفتوحا تماما عند وصول المكبس الى النقطة الميتة السفلى فيجب أن يقفل هذا الصمام بعد وصول المكبس إلى النقطة الميتة السفلى .

وحتى إذا كان من الممكن فتح الصمامات لحظيا أو فوريا فان النقطة الميتة العليا . و النقطة الميتة
السفلى ليست أنسب النقط لفتح الصمامات ماعدا في المحركات ذات السرعات البطيئة جدا فالمحرك يعطى أحسن كفاءة عند دخول أكبر قدر من الشحنة إلىغرفة الاحتراق واشتعال هذه الشحنة تماما (غرفة الاحتراق هى الخلوص بين المكبس عند وصوله إلى النقطة الميتة العليا و رأس الاسطوانة و هناك تصميمات مختلفة لغرف الاحتراق، ولدراسة توقيت فتح الصمامات فسوف نبدأ دراستنا بتحريك المكبس إلى أسفل في شوط السحب من النقطة الميتة العليا عندما يكون صمام السحب مفتوح كلية.

فعند حركة المكبس إلى أسفل يحدث خلخلة وسحب داخل الاسطوانة فيقل الضغط عن الضغط الجوى،و لذا فان الهواء يندفع تحت تأثير الضغط الجوى خلال الكربيتور في حالة محركات البنزين و أنابيب السحب في كل من محركي البنزين و الديزل إلى صمام السحب ـ ولكن نظرا لمقاومة الهواء للتغير المفاجئ في سرعته يسبب هذا تأخر حركة الهواء بالنسبة لحركة المكبس. لذا فان الضغط داخل الاسطوانة يظل أقل من الضغط الجوى حتى قرب وصول المكبس نصف مشوار السحب تكون سرعة الهواء قد زادت و تبدأ سرعة المكبس في الانخفاض و يبدأ الضغط داخل الاسطوانة في الارتفاع .

وعند النقطة الميتة السفلى يبدأ المكبس في عكس حركته والصعود إلي أعلى لبداية شوط الضغط و يستمر الهواء في اندفاعه داخل الاسطوانة تحت تأثير قوة الاندفاع التي اكتسبتها نتيجة لشوطالسحب(حيث يكون صمام السحب مازال مفتوحا) إلي أن يرتفع الضغط داخل الاسطوانة ويصبح أعلى من الضغط الجوى نتيجة لحركة المكبس إلي أعلى وهنا يتوقف الهواء عن الدخول إلي الاسطوانة بل تنعكس حركته و يبدأ في الخروج

و هنا يجب إقفال صمام السحب و ذلك لحبس أكبر كمية ممكنة من الشحنة داخل الاسطوانة و هذا يعنى قفل صمام السحب قبل النقطة الميتة السفلى بفترة معينة هذه الفترة تتوقف على سرعة المحرك و طول وقطر أنابيب السحب . وعند نهاية شوط الضغط تقريبا تشتعل الشحنة و تتولد غازات الاحتراق التي تضغط على المكبس إلي أسفل ليتم شوط التشغيل وينتج عن هبوط المكبس إلي أسفل أن يقل الضغط داخل الاسطوانةوإذاماظل صمام العادم مغلق حتىوصول الكبس للنقطة الميتة السفلى داخل الاسطوانة سوف يكون أعلى من الضغط الجوى.

هذا الضغط سوف يشكل مقاومة لحركة المكبس إلي أعلى عند بداية شوط الطرد عما لوكان صمام الطرد قد فتح ويجب أن يلاحظ أن عند اقتراب المكبس من النقطة الميتة السفلى في شوط التشغيل فان تأثير الغازات بالضغط على المكبس يقل بدرجة كبيرة وبالتالي فان تأثيرها في إدارة عمود الكرنك سوف يقل ولكن بفتح صمام الطرد قبل وصول المكبس إلي النقطة الميتة السفلى في شوط التشغيل فان هذا يعطى فرصة كبيرة لغازات العادم تهرب من صمام الطرد قبل أن يبدأ المكبس ثانيا في الارتفاع بادئا شوط الطرد

وسوف يؤدى ذلك لانخفاض ضغط الغازات فوق المكبس وبالتالى تقل مقاومتها لحركة المكبسلأعلى. والوقت الذى يفتح فيه صمام العادم قبيل وصول المكبس الى النقطة الميتة السفلى يجب أن يختاربدقة حتى لا يؤدى إلي فقد جزء كبيرمن طاقات غازات العادم و يجب أن يكون هذا الفاقد أقل ما يمكن . أثناء صعود المكبس لأعلى في شوط العادم يؤدى ذلك إلي زيادة سرعة غازات العادم و قبل وصول المكبس إلي النقطة الميتةالعليا فان سرعته تقل بينما تحتفظ الغازات بقوة الضغط فى أنابيب السحب فان الشحنة الجديدة تندفع داخل الاسطوانة قبل أن تخرج جميع غازات العادم ذلك إذا كان صمام السحب مفتوحا .

وهذا يعنىأن صمام العادم والسحب سوف يكونان مفتوحان في نفس الوقت قبل وصول المكبس إلي النقطة الميتة العليا وسوف يستفاد من قوة اندفاع غازات العادم في سحب الشحنة الجديدة داخل الاسطوانة دون الاستعانة بالمكبس حيث أنه مازال في شوط الطرد أي متحركا إلي أعلى، وعند دخول الشحنة الجديدة فإنها بالطبع سوف تتجه صمام العادم للهروب مكتسحة في طريقها غازات العادم ،لذا يجب في تصميم المحرك أن يكون صمام العادم وصمام السحب متقابلين على جانبى الاسطوانة

وهذا سوف يساعد علىأن تكتسح الشحنة الجديدة أمامها جميع الغازات للعادم المتبقية في غرفة الاحتراق. والوقت المناسب لقفل صمام العادم وقت وصول الشحنة الجديدة إليه .وعلى هذا فان صمام السحب يفتح عادة قبل النقطة الميتة العليا. ولذا فان درجات معينة من لفات عمود الكرنك يكون كل من الصمامين مفتوحين في نفس الوقت

و على ذلك يمكن تلخيص ما سبق فى التالى :-

١ـ يظل صمام السحب مفتوح بعد وصول المكبس الي النقطة الميتة السفلى في شوط السحب.

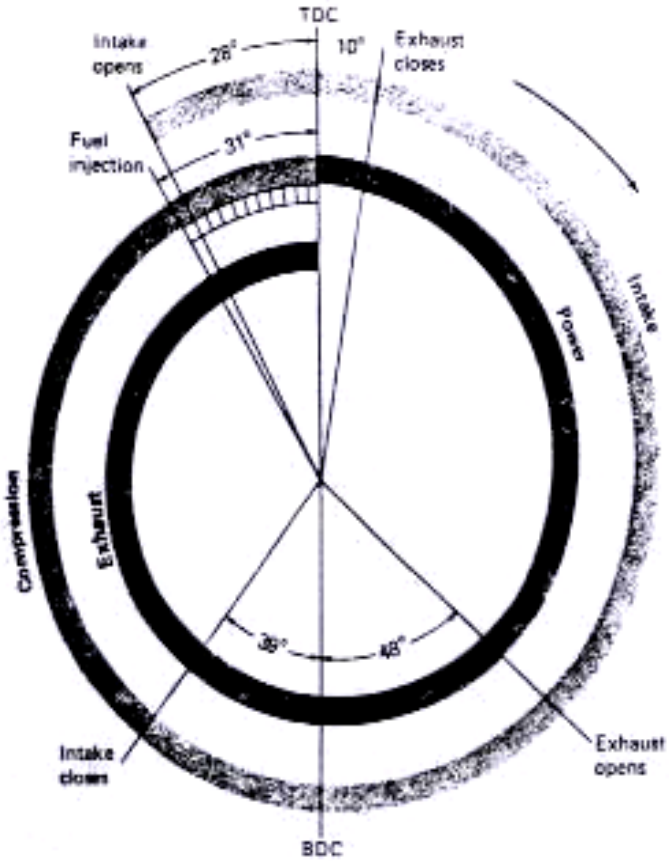
٢ـ يفتح صمام الطرد قبيل وصول المكبس الي النقطة الميتة السفلى فى شوط التشغيل .

٣ـ عادة ما يظل صمام الطرد مفتوح بعد وصول المكبس الي النقطة الميتة العليا في شوط الطرد

٤ـ عادة ما يفتح صمام السحب قبل أن يفتح صمام الطرد و قبل أن يصل المكبس الي النقطة
الميتة العليا في شوط الطرد

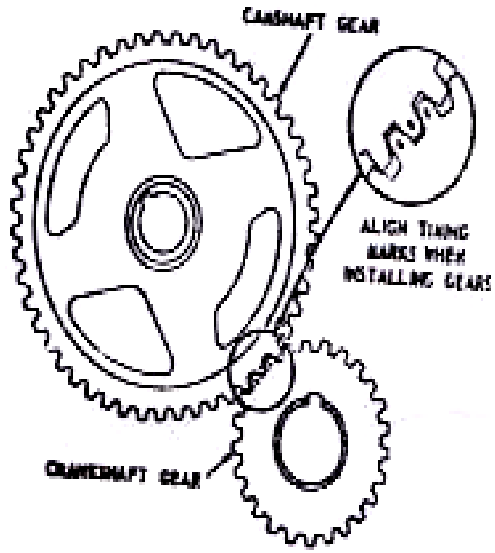
٥ـ مقدار تأخير أو تبكير فتح أو غلق الصمامات أو مقدار تداخل الصمامات سوف يعتمد على تصميم المحرك أى وضع صمام الطرد و صمام السحب بالنسبة لبعضها و طول و قطر أنابيب السحب و الطرد

٦ـ و لضبط عملية توقيت فتح الصمامات فان الشركات المنتجة تضع علامات مميزة على تروس التوقيت الناقلة للقدرة بين عمود الكرنك و عمود الكامات و يجب إتباع تعليمات الشركة المنتجة لضبط هذه العلامات للحصول على التوقيت الصحيح لفتح الصمامات عند إصلاح المحركات شكل (٣٧).



Valve and fuel-injection timing for a diesel engine.

شكل (٣-٤١): توقيت فتح وغلق الصمامات



شكل (٣٧) ضرورة تقابل العلامتين على ترس عمود الكونك وعمود الكامات

دورة المحركات ثنائية المشاوير:

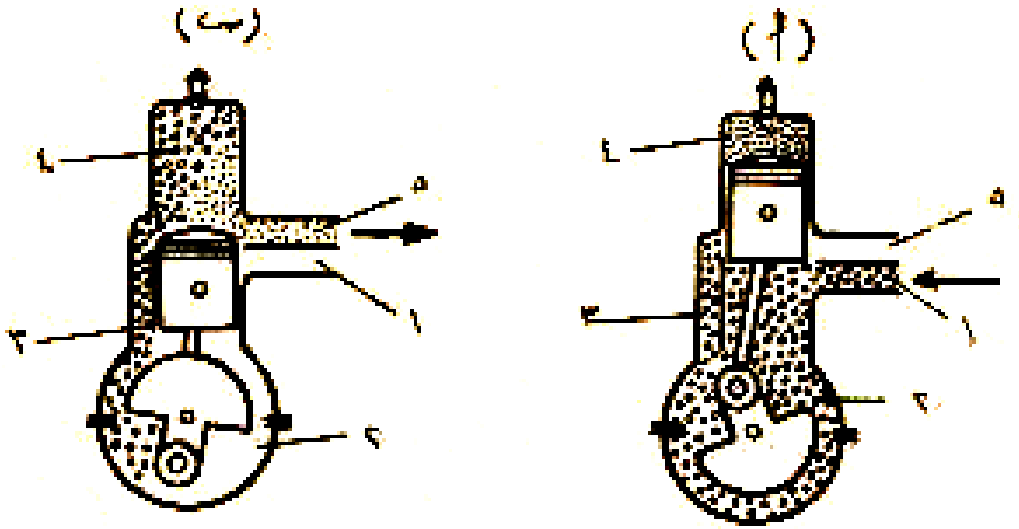
دورة هذه المحركات تتم فى مشوارين اثنين فقط للمكبس أى فى لفة واحدة فقط لعمود الكرنك ولذا فان هذه المحركات ـ نظريا ـ سوف تنتج ضعف القدرة التى ينتجها محرك رباعى الأشواط مساوله في قطرالمكبس وطول المشوار وعدد الاسطوانات وعدد لفات عمود الكرنك ، لكن الذى يحدث من الناحية العملية هو أن المحركات ثنائية المشاوير تعطى قدرة تساوى مرة و نصفقدرة المحرك رباعى الأشواط تقريبا و المحركات ثنائية المشاويرلا توجد فيها جهاز الصماماتبما فيه من الكامات و التاكيهات وتروس التوقيت

ولذا فهذه المحركات مرغوبة في الآلات النقالى والمحمولة على الظهر لصغر حجمها ولخفة وزنها. و شكل (٣٨) يبين محرك ديزل ثنائى الأشواط ، ففى محرك البنزين توجد بجدران الاسطوانة ثلاث فتحات :

الأولى للعادم و الثانية لشحن الاسطوانة و تتصل بعلبة الكرنك و الثالثة تقع الى أسفل لشحن صندوق المرفق وفي حالة الديزل يستبدل الفتحتان الثانية والثالثة بفتحة واحدة لشحن الاسطوانة مباشرة بالهواء وهذه المروحة مزودة بمروحة لدفع الهواء داخل الاسطوانة أما فتحة العادم فقد تستبدل بصمام العادم خاصة في المحركات ذات السرعات العالية و يكون الدورة لمحرك البنزين كالآتى :(شكل ٣٩)

الشوط الأول: يتحرك المكبس لأسفل فاتحا فتحة العادم فتخرج غازات العادم المتبقية من الشوط السابق . ثم بفتح شحنة الاسطوانة فتندفع الشحنة الموجودة بصندوق المرفق نظرا لانضغاطهابواسطة الحركة السفلية المكبس و في أثناء حركة المكبس لأسفل يقفل شحن علبة الكرنك .

الشوط الثانى: يتحرك المكبس لأعلى فاتحا فتحة شحن صندوق المرفق فتندفع الشحنة داخلة آليا تحت التفريغ الذى يحدث نتيجة لحركة المكبس ثم يغلق فتحتى شحن الاسطوانة والعادم . ويستمر المكبس في حركته ضاغطا الشحنة. وعند نهاية الشوط يحدث الانتقال نتيجة الشرارة الكهربية أو حقن الوقود حسبما كان المحرك من نوع لاشتعال بالشرارة أو بالضغط



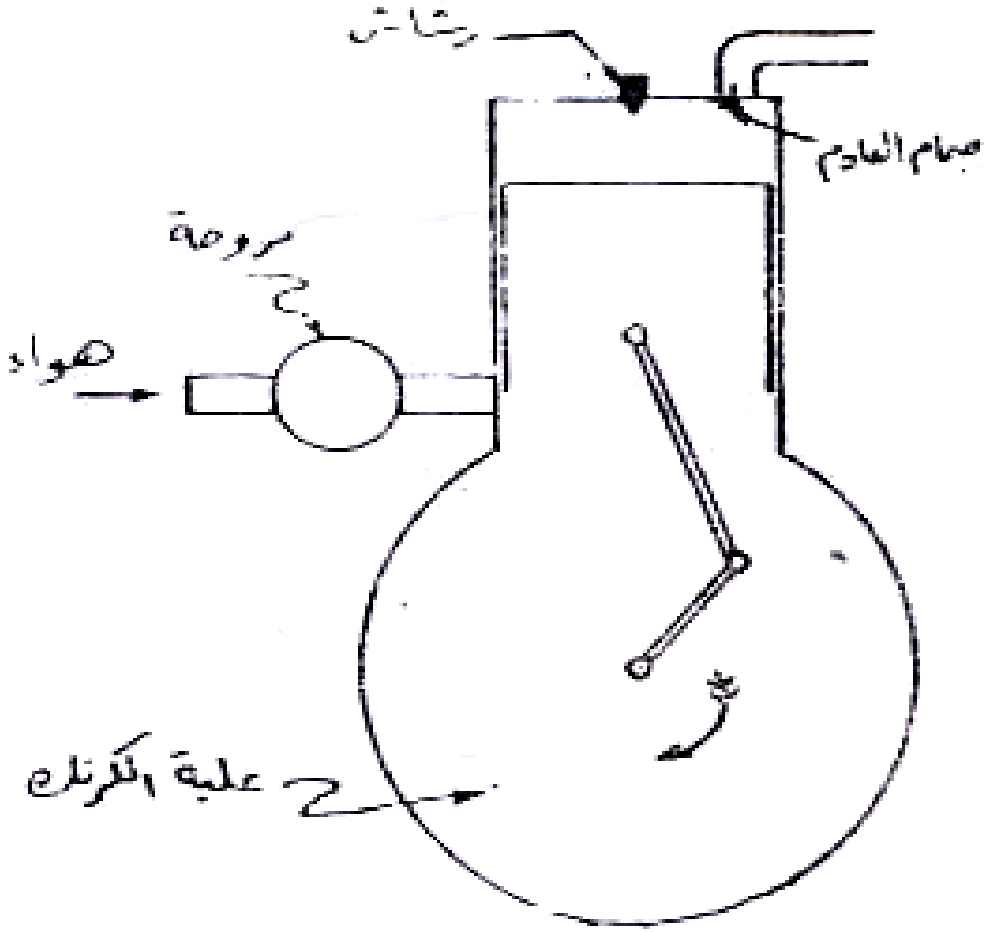
شكل (٣١) : دورة المحرك البنزين الثنائية الأشواط

(أ) فتحة السحب مفتوحة ، ويمر خليط الوقود والهواء إلى علبة المرفق حيث يضغط انضغاطا متقدما .

(ب) فتحة العادم مفتوحة ، ويمر خليط الوقود والهواء خلال فتحة الانتقال إلى غرفة الاحتراق .

١ – فتحة السحب ٣ – فتحة الإنتقال ٥ – فتحة العادم

٢ – علبة المرفق ٤ – غرفة الاحتراق



شكل (٣٩) محرك اشتعال بالضغط ثنائي الشاوير