

محركات الساحبات

يعتبر محرك الاحتراق الداخلي وحدة توليد القدرة في الساحبة بحيث يوفر القدرة اللازمة لادارة عجلاته و

ادارة الالات و المعدات الزراعية المختلفة:

تقسم المحركات الى نوعين رئيسيين:

1- محركات الاحتراق الخارجي **EXTERNAL COMBUSTION ENGINES** ويتم فيها

احتراق الوقود خارج اسطوانة المحرك (المحركات البخارية)و ذلك في مرجل منعزل مولدا حرارة

كبيرة تؤدي الى غليان الماء الذي يتحول بدوره الى بخار ذي ضغط عالي. هذا البخار يساق بواسطة

انابيب خاصة الى اسطوانة المحرك حيث يقوم البخار بدفع المكبس و بالتالي يسبب حركته. و نظرا

لقلة استعمال هذه المحركات بسبب رداءة مرد ودها لذا فسوف لن نتعرض لدراستها.

2- محركات الاحتراق الداخلي **INTERNAL COMBUSTION ENGINES** وهي المحركات التي

يتم بها احتراق الوقود داخل اسطوانة المحرك وهي اكثر انواع المحركات استخداما في الساحبات

الزراعية و السيارات.

تقسم محركات الاحتراق الداخلي بدورها وفق الاسس التالية:

1- حسب طريقة اشتعال الوقود:

محركات اشتعال بالشرارة - بنزين

محركات اشتعال بالضغط - ديزل

2- حسب نوع الوقود المستعمل:

(ا) محركات ديزل

(ب) محركات بنزين

ج) محركات تعمل بوقود غازي (في الظروف الاعتيادية) اما في حالة الخزن والنقل فيكون سائلا لذلك

يطلق عليه بالغاز السائل

3- حسب المحل الذي يتم فيه تحضير خليط الهواء والوقود وهذا اما يكون

ا) خارج الاسطوانة بجهاز خاص يسمى المبخرة (carburetor) وينتقل هذا الخليط جاهزا عن طريق

انابيب تغذية المحرك الى الاسطوانات كما في محركات البنزين.

ب) داخل اسطوانات المحرك وذلك بايصال الهواء اولا الى داخل الاسطوانة ثم يتم حقن الوقود الى داخل

الاسطوانة كما في محركات الديزل

4- حسب طريقة التبريد :

ا) محركات تبريد هوائي

ب) تبريد مائي

5- حسب عدد الاشواط

ا) محركات رباعية الاشواط

ب) ثنائية الاشواط

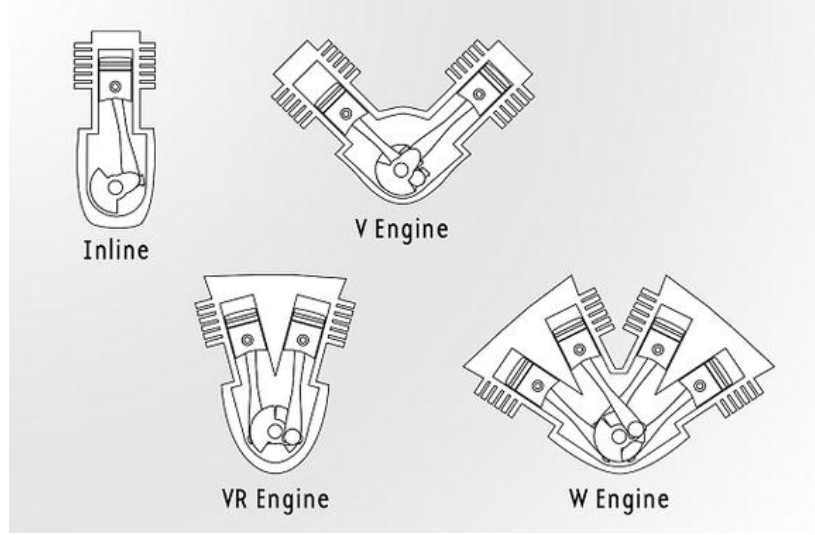
6- حسب عدد الاسطوانات

محركات احادية الاسطوانة ومتعددة الاسطوانات

(ثنائية، ثلاثية، رباعية،)

7- حسب وضع الاسطوانات

محركات بصف واحد اما عمودي او افقي ، بصفين ، على شكل حرف v او حرف W



شكل 1 يوضح تصنيف المحرك حسب وضع الاسطوانات

المفاهيم الاساسية حول مبادئ عمل المحرك

من المعروف ان احتراق الوقود يتطلب وجود الاوكسجين، لذلك يخلط الوقود بالهواء ، ويسمى الخليط المتكون من وقود و هواء بنسب وزنية محددة بمزيج الاحتراق.

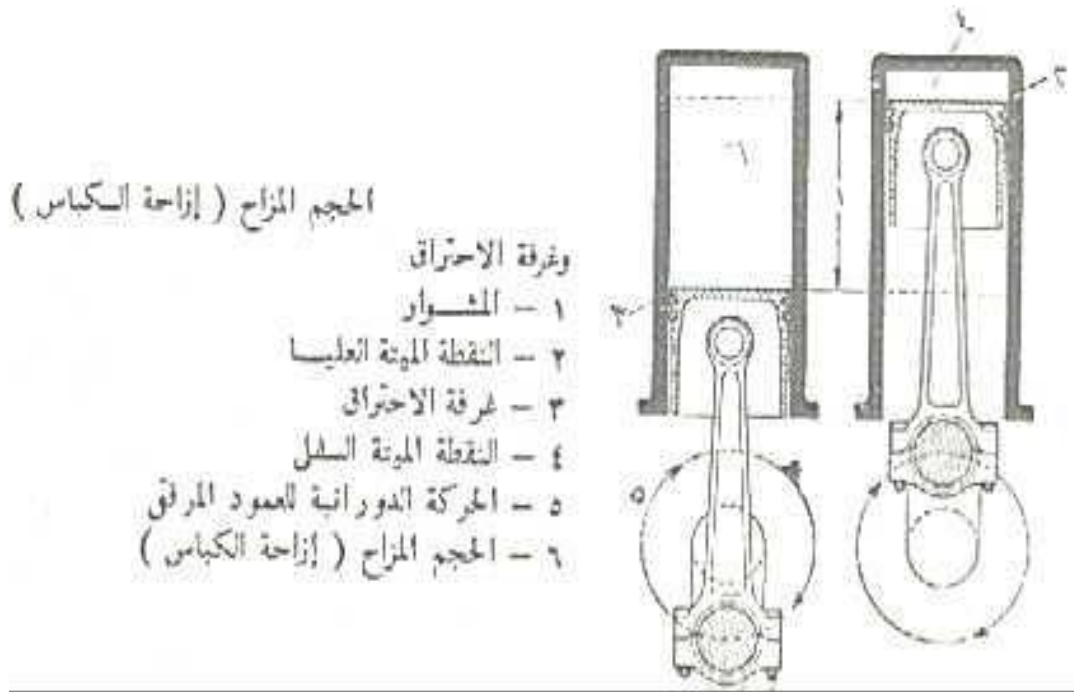
اذا كان الوقود المستخدم بنزين فان خلط البنزين مع الهواء يتم خارج اسطوانة المحرك في جهاز المبخرة (carburetor) ، و يسمى هذا المحرك بمحرك الاحتعال بالشرارة. اما اذا كان الوقود ديزل فان الخليط يتكون داخل اسطوانة المحرك ، اما اشتعاله فيتم داخل الاسطوانة ايضا نتيجة حرارة الهواء المضغوط و لذلك يسمى بمحرك الاحتعال بالضغط.

و تركيب محركات الاحتعال بالشرارة (بنزين) على السيارات الصغيرة و كذلك على السيارات ذات الحمولات المتوسطة، اما محركات الاحتعال بالضغط فتركب على الساحنات الزراعية و السيارات الحديثة ذات الحمولة العالية.

وقبل ان نتطرق الى مبدأ عمل محرك الاحتراق الداخلي لا بد من الالمام ببعض المصطلحات و المعلومات التي تساعد على فهم عمل المحرك.

طول الشوط **stroke length** وهي المسافة التي يقطعها المكبس عند حركته بين النقطتين الميتتين العليا و السفلى وتقاس بالمليمتر او السنتيمتر .

النقطة الميتة العليا: **Top Dead Center T.D.C** وهي النقطة التي يكون فيها المكبس في أعلى وضع له (ابعد نقطة عن محور دوران عمود المرفق).



النقطة الميتة السفلى: **Bottom Dead Center B.D.C** وهي النقطة التي يكون فيها المكبس في

اخفض وضع له (اقرب نقطة عن محور دوران عمود المرفق).

حجم غرفة الاحتراق V_C Combustion Volume وهو الحجم المتشكل داخل الاسطوانة بين سطح

المكبس و رأس الاسطوانة عندما يكون المكبس في النقطة الميتة العليا ويقاس ب cm^3 .

الحجم الفعال للاسطوانة V_e Effective Volume والحجم المتشكل داخل الاسطوانة الذي يخلية

المكبس عند حركته من النقطة الميتة العليا الى النقطة الميتة السفلى ويقاس ب cm^3 .

$$V_e = (\pi d^2/4)xs \quad [\text{cm}^3]$$

سعة المحرك (الحجم اللتري للمحرك) V_L : ENGINE CAPACITY

وهو الحجم الفعال لجميع اسطوانات المحرك و يحسب كالتالي:

$$V_L = V_e \cdot i = (\pi d^2/4).s.I \quad [\text{cm}^3]$$

$$= (d^2/4000).s.I \quad [\text{litter}]$$

علما ان:

V_L الحجم اللتري للمحرك

I عدد الاسطوانات في المحرك

s طول الشوط [cm]، d قطر الاسطوانة [cm]

الحجم الكلي للاسطوانة V_a Total Volume

وهو مجموع حجم غرفة الاحتراق V_c و الحجم الفعال للاسطوانة V_e أي أن:

$$V_a = V_e + V_c$$

نسبة الضغط C_R Compression Ratio

وهي نسبة الحجم الكلي للاسطوانة الى حجم غرفة الاحتراق أي أن:

$$C_R = V_a / V_e = (V_e + V_c) / V_e = (V_e / V_c) + 1$$

وتشير نسبة الكبس الى عدد مرات تصغير حجم الخليط عند حركة المكبس من النقطة الميتة السفلى الى

النقطة الميتة العليا و تتراوح نسبة الكبس لدى محركات البنزين من 6-12 أما في محركات الديزل من 16

– 20 .

على افتراض أن الحجم الكلي للاسطوانة هو 850 cm^3 و حجم غرفة الاحتراق

50 cm³ فإن نسبة الكبس تكون: $C_R = V_a / V_e = 850 / 50 = 17$ و بالتالي فإن نوع المحرك ديزل و ذلك لان نسبة الكبس أكبر من 12.

سرعة المكبس Piston Speed

■ إذا كان طول الشوط s و عدد لفات عمود المرفق n خلال مدة زمنية معينة فإن المكبس يسير مسافة شوطين 2 s في زمن لفة واحدة لعمود المرفق لذلك فإن سرعة الكبس المتوسطة هي: $v = 2 \cdot s \cdot n$ [m / s]

■ و تصل سرعة المكبس المتوسطة لمحركات الساحبات الى 8 m / s وقد تصل الى ضعف ذلك او اكثر في محركات السيارات. و سرعة المكبس ليست منتظمة فهو يبدأ بسرعة صفر عند BDC عند بداية تحركة الى الداخل و تزداد سرعته اثناء ذلك حتى تصل الى حوالي نصف الشوط فتبدأ سرعته في التناقص ثانية لتساوي صفر مرة ثانية عندما يغير حركته عند TDC ثم تزداد ثانية اثناء حركته بعيدا عن TDC لتتناقص مرة اخرى لتساوي صفرا عند BDC وهكذا يتحرك المكبس حركة ترددية اثناء دوران عمود المرفق.

ENGINE POWER قدرة المحرك

من المعروف انه يمكن قياس القدرة الميكانيكية المتولدة داخل اسطوانة المحرك مثلا بواسطة جهاز خاص لتسجيل كل من الضغط والحجم وهذه القدرة تسمى بالقدرة البيانية **Indicated Power** و نتيجة للاحتكاك بين المكبس و كذلك بين جميع الاجزاء المتحركة في المحرك فإن القدرة الحقيقية التي يمكن الاستفادة منها على عمود المرفق تسمى بالقدرة الفعلية **Effective Power** وهي تقل عن القدرة البيانية المتولدة داخل اسطوانات المحرك و تسمى النسبة بينهما بالكفاءة الميكانيكية

Mechanical Efficiency

$$\eta_m = (P_e / P_I) \times 100\%$$

أما القدرة المتولدة فوق سطح المكبس (القدرة البيانية) فهي معدل الشغل المبذول w خلال وحدة الزمن و بالنسبة لمحركات متعددة الاسطوانات فإن:

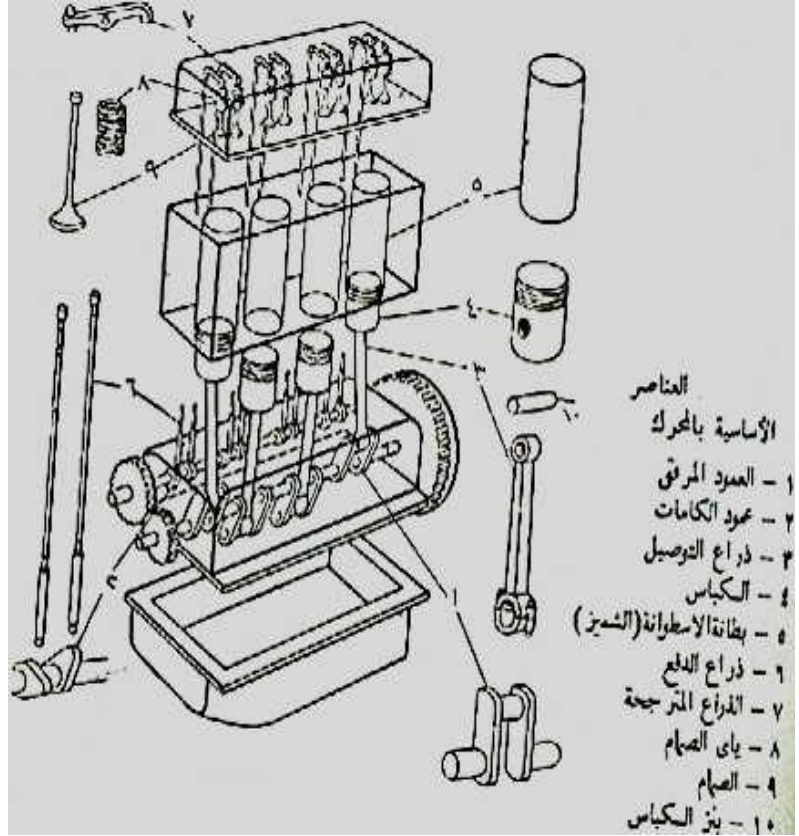
$$P_i = w \cdot I \cdot n \quad [\text{watt}]$$

علما أن I - هو عدد أسطوانات المحرك

n عدد لفات (دورات) عمود المرفق

و بالتالي فإن القدرة الفعلية:

$$P_e = w \cdot I \cdot n \cdot \eta_m$$



وتختلف الكفاءة الميكانيكية من محرك لآخر طبقا لاختلاف سرعة دوران عمود المرفق غير أنها تتراوح بين

70-95% ويمكن قياسها مباشرة بواسطة أجهزة خاصة.

المكونات الأساسية للمحرك

الأجزاء الثابتة :

1. كتلة الاسطوانة Cylinder Block وهي كتلة مصنوعة من الحديد الزهر و بها عدة تجاويف تسمى بالاسطوانات Cylinders التي يصل اليها الوقود لغرض الاحتراق.
2. رأس الاسطوانة Cylinder Head الذي يغلق باحكام فتحة رأس الاسطوانة .
3. علبة المرفق crank Box وهي الغطاء السفلي للمحرك و تحتوي على حوض للزيت لتزيت المحرك و مضخة الزيت.

الاجزاء المتحركة :

1. المكبس Piston الذي يتردد داخل الاسطوانة و يقوم بكبس مزيج الاحتراق (محركات البنزين)أو الهواء (في محركات الديزل) داخل أسطوانة المحرك و طرد غازات العادم.
2. حلقات المكبس Rings و منها العليا (حلقات الضغط) التي تمنع تسرب الغازات من الاسطوانة الى علبة المرفق و السفلى (حلقات التزيت) التي تقوم بكشط الزيت عن الاسطوانة.
3. عمود المرفق Crank Shaft الذي يدور نتيجة استلامه الحركة من المكبس أثناء شوط القدرة.
4. ذراع التوصيل Connecting Rod الذي يصل ما بين المكبس و عمود المرفق و يقوم بتحويل الحركة الترددية الى حركة دورانية لعمود المرفق ممكن الاستفادة منها.
5. مسمار المكبس Pin الذي يربط ذراع التوصيل بالمكبس
6. صمامات السحب Intake Valves الذي يسمح لمزيج الاحتراق (بنزين+هواء)أو الهواء (محركات الديزل)بالدخول الى الاسطوانة.
7. صمامات العادم Exhaust Valve الذي يسمح لغازات العادم (غازات الاحتراق) بالخروج الى المحيط الخارجي.

8. عمود الكامات Cam Shaft الذي يقوم بفتح الصمامات التي يدخل عن طريقها الهواء

ويطرد منها نواتج الاحتراق.

9. تروس التوقيت Timing Gears وتقوم بنقل عزم الدوران من عمود المرفق الى عمود الكامات بنسبة

تخفيض 1/2

10. نوابض الصمامات Valve Springs التي تقوم بغلق الصمامات

11. التاكيات Rocker Arms التي تقوم بفتح الصمامات

12. الدولاب الطيار Fly Wheel الذي يثبت بنهاية عمود المرفق و الذي يخزن الطاقة الفائضة اثناء شوط

القدرة و يعيدها في الاشواط الثلاث الاخرى غير الفعالة (غير منتجة للقدرة) و بذلك يساعد على اتزان عمل و

حركة المحرك و كلما زاد عدد الاسطوانات زاد اتزان المحرك.

الدورة الحرارية لمحرك لحتراق داخلي رباعي الاشواط

تتضمن الدورة ادخال مزيج الاحتراق (في محرك البنزين) او الهواء في (محرك الديزل) الى

الاسطوانة ثم عملية كبس مزيج الاحتراق ثم الاشتعال و تمدد الغازات ثم تفريغ غازات الاحتراق.

و تحدث هذه العمليات وفق الاشواط الاربعة التالية:

1. شوط السحب Intake Stroke

في بداية هذا الشوط يكون صمام السحب مفتوحا حيث يتحرك المكبس من النقطة الميتة العليا الى

النقطة الميتة السفلى محدثا تخلخلا بالضغط داخل الاسطوانة بسبب اندفاع مزيج الاحتراق (بنزين) او

الهواء (ديزل) الى داخل الاسطوانة مارا

بقناة صمام السحب و يكون الضغط داخل الاسطوانة خلال هذا الشوط أقل من الضغط الجوي 0.7-

0.9 ضغط جوي في محركات البنزين و 0.75- 0.95

ضغط جوي في محركات الديزل و عند وصول المكبس الى النقطة الميتة السفلى يغلق صمام السحب و يبقى صمام العادم مغلقا لملء الاسطوانة بالشحنة الجديدة تستعمل أجهزة سحب خاصة مثل المراوح التوربينية التي تسبب زيادة في قدرة المحرك قدرها 20-250% لان قدرة المحرك تتناسب طرديا مع معدل ملء الاسطوانة بالشحنة الجديدة.

2. شوط الضغط Compression Stroke

في هذا الشوط عند أنتهاء شوط السحب مباشرة و يكون صمام السحب و العادم مغلقا اذ يتحرك المكبس من BDC ضاغطا معه الخليط او الهواء بحجم صغير محدود في أعلى الاسطوانة و تزداد درجة حرارة الخليط او الهواء بدرجة محسوسة في نهاية هذا الشوط و يصل الضغط في نهاية هذا الشوط الى 6-12 ضغط جوي في محركات البنزين و 30-40 ضغط جوي في محركات الديزل اما الحرارة فتصل الى 250-300 درجة مئوية في محركات البنزين و 600-700 درجة مئوية في محركات الديزل.

3. شوط القدرة Power Stroke

في هذا الشوط يكون صمام السحب و العادم مغلقا . في نهاية شوط الضغط توصل شرارة كهربائية عن طريق شمعة الاشتعال الى غرفة الاحتراق (في محركات البنزين) فتؤدي الى اشتعال مزيج الاحتراق المتكون من الهواء و البنزين مما يسبب ارتفاع ضغط غازات الاحتراق التي تدفع بالمكبس للاسفل اما في محركات الديزل فيحقن وقود الديزل على شكل رذاذ من البخاخ الى داخل غرفة الاحتراق حيث عند تلامس وقود اليزل مع الهواء الساخن يشتعل مسببا ارتفاع ضغط غازات الاحتراق التي ترفع المكبس الى الاسفل فتنتقل الحركة من ذراع التوصيل الى عمود المرفق مجبرا اياه على الدوران و القيام بالعمل الميكانيكي . عند

وصول المكبس الى BDC أو قبلها بقليل يفتح صمام العادم و تصل درجة الحرارة داخل الاسطوانة في نهاية الاشتعال الى 2000-2500 درجة مئوية و نتيجة لهذا الارتفاع يرتفع ضغط الغازات الى 20-40 ضغط جوي في محركات البنزين والى 60-90 ضغط جوي في محركات الديزل.

شوط العادم Exhaust Stroke

يبدأ هذا الشوط عند انتهاء شوط القدرة حيث يفتح صمام العادم و يبقى صمام السحب مغلقا و يتحرك المكبس من BDC الى TDC و للمرة الثانية خلال الدورة ذاتها ضاغطا غازات الاحتراق عبر فتحة صمام العادم الى المييط الخارجي و تصل درجة حرارة الغازات داخل الاسطوانة في نهاية شوط العادم الى 600-700 درجة مئوية و يصل الضغط الى 1.1-2.1 ضغط جوي في محركات البنزين و 0.05-1.2 ضغط جوي في محركات الديزل. و بعد هذا تبدأ الدورة من جديد. وهنا نلاحظ ان عمود المرفق يدور دورتين خلال الاشواط الاربعة المذكورة اما اذا دار عمود المرفق دورة واحدة خلال الدورة الحرارية فيسمى المحرك بمحرك ثنائي الاشواط .

اما عمود الكامات فيتم تدويره بواسطة ترس متصل مع ترس اخر مركب على عمود المرفق حيث يكون عدد اسنان الترس المركب على عمود المرفق نصف اسنان الترس المركب على عمود الكامات، وهذا يعني ان عمود الكامات يدور دورة واحدة خلال الدورة الحرارية الواحدة الرباعية الاشواط.

المحركات ثنائية الاشواط

ثبت نجاح الدورة ثنائية الاشواط في مجالات التطبيق العملي، فالمحرك الثنائي الاشواط لا يزيث بنفس الطريقة التي يزيث فيها المحرك الرباعي الاشواط، أي عن طريق دورة تزييت مستقلة و انما يتم تزييته بخليط من زيت المحركات و الوقود بنسبة 1:25 او 1:20 او 1:33 و يدخل هذا الخليط من الوقود و الزيت و الهواء الى غرفة الاحتراق بطريق السحب الطبيعي او السحب الجبري.

لا توجد صمامات في المحرك الثنائي الاشواط و انما يدخل الخليط فيه عن طريق فتحة السحب الى علبة المرفق-المحكمة ضد تسرب الهواء-حيث يتم ضغطه ضغطا متقدما، ثم يدفع الى غرفة الاحتراق عن طريق قنوات و فتحات تسمى قنوات الفائض، و فتحات الانتقال و تنصرف الغازات عن طريق فتحة العادم.

الشوط الاول- شوط السحب و الانضغاط

يتحرك المكبس الى النقطة الميتة العليا ضاغطا الخليط الموجود في غرفة الاحتراق، وفي الوقت نفسه يفتح المكبس من طرفه السفلي فتحات السحب، و ينشأ تخلخل في علبة المرفق نتيجة حركة المكبس الى الاعلى بحيث يتمكن الهواء من الدخول. و في هذه الحالة يكون عمود المرفق قد اتم دورة واحدة من دوراته.

الشوط الثاني-التمدد والعادم

قبل وصول المكبس الى النقطة الميتة العليا مباشرة يشعل الخليط بواسطة الشرارة المنبعثة من شمعة الاشتعال و يدفع المكبس الى الاسفل نتيجة ضغط الغازات المتمدده عليه. وهذا يعني اداء الشغل المطلوب. و بانزلاق المكبس الى اسفل فانه يضغط الخليط في علبة المرفق كاشفا في الوقت نفسه فتحات الانتقال و بالتالي يدخل الوقود المخلوط الى غرفة الاحتراق فيملؤها، في حين تنصرف الغازات المحترقة المضغوطة عن طريق فتحة العادم، وفي هذه الحالة يكون عمود المرفق قد اتم دورة كاملة.

محركات الديزل ثنائية الاشواط:

يتميز عن المحرك البنزين الثنائي الاشواط بوجود صمام ادم يجري التحكم فيه بوساطة حذبة (كامة) و يتكون المحرك الديزل الثنائي الاشواط عادة من ثلاثة اسطوانات الى سبع اسطوانات و الحجم المزاح فيه هو 1.5 لتر لكل اسطوانة في المتوسط.

يفضل في هذه المحركات الحقن المباشر ، ويتراوح ضغط الحقن بين 175 ضغط جوي و بين 230

ضغط جوي.

أجهزة تشغيل المحرك أجهزة تشغيل المحرك

تعرضنا فيما سبقا أسميناه بالمكونات الأساسية للمحرك و الدورة الحرارية له و سنتناول فيما يلي

شرا مختصرا للأجهزة اللازمة لتشغيل المحركات. وبعض هذه الأجهزة متشابهة في كل من محركات

الديزل و البنزين فيما يختلف البعض الآخر تبعا للدورة الحرارية.

1. جهاز تنقية الهواء Air Cleaning System

تحتاج محركات الاحتراق الداخلي الى كميات كبيرة جدا من الهواء لامدادها بالاكسجين اللازم لحق

الوقود داخل اسطواناتها. ولذلك لا بد من وجود جهاز يقوم بامداد المحرك بالهواء اللازم للاحتراق و تنظيفه

و تنقيته من الشوائب والأتربة العالقة به على الاحمال المختلفه للمحرك.

2. جهاز الوقود Fuel System

وظيفة هذا الجهاز هي امداد الوقود في محركات الديزل او مخلوط الهواء و البنزين الى الاسطوانات

في الوقت المناسب و بكميات تتناسب مع قدرة المحرك و الاحمال التي يعمل عليها.

3. جهاز التبريد Cooling System

ان عملية احتراق الوقود تتم داخل اسطوانات المحرك فتكون درجة حرارة الغازات وقت الاحتراق

عالية جدا وقد تصل الى 2000 درجة مئوية احيانا و بهذا تكون الاسطوانات و رأس الاسطوانة و الصمامات

معرضة لدرجات حرارة عالية و يجب ان يبرد و الا تمددت بنسب مختلفة لاختلاف المعدن لكل منهما، فقد يتمدد المكبس أكثر من من الاسطوانة فيزداد الاحتكاك او يتوقف المكبس عن الحركة او تتمدد الصمامات فلا تكون مقفلة جيدا اثناء القفل....

4. جهاز التزييت Lubrication System

سبق و ان اشرنا الى وجود اجزاء ثابتة و اجزاء متحركة بالمحرك و لتسهيل الحركة بين جسمين متلاصقين لا بد من وجود طبقة من الزيت بينهما لمنع التلامس بين معدني الجسمين و بالتالي يقل الاحتكاك بينهما و يقل تاكل هذه الاجزاء و تقل بالتالي القدرة المفقودة في الاحتكاك و تزداد الكفاءة الميكانيكية. و وظيفة هذا الجهاز هي التقليل من احتكاك الاجزاء المتلامسة في المحرك و علاوة على ذلك فان التزييت له فوائد مثل المساعدة في التبريد و منع تسرب الغازات حول المكبس و التقليل من صوت حركة اجزاء المحرك كما انه يمنع اكسدتها.

5. جهاز الكهرباء Electric System

يختلف نظام الكهرباء من ساحة لآخرى وذلك حسب نوع المحرك (بنزين-ديزل) فالمنظومة الكهربائية لاي ساحة تتكون من عدد من الدورات الكهربائية فنظام الكهرباء لمحركات البنزين يتكون من الدورات الكهربائية التالية (دورة الشحن، دورة الاشتعال، دورة بدء الحركة، دورة الاضاءة).

اما في محركات الديزل فيتكون من الدورات التالية (دورة الشحن، دورة بدء الحركة ، دورة الاضاءة). نلاحظ ان الاختلاف بين محركات البنزين والديزل من حيث نظام الكهرباء يكمن في دورة الاشتعال. اما الوظيفة الاساسية لجهاز الكهرباء فهي امداد الساحة بالطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحرك و تشغيل الاجهزة الكهربائية الأخرى.