المحاضرة الثالثة + الرابعة

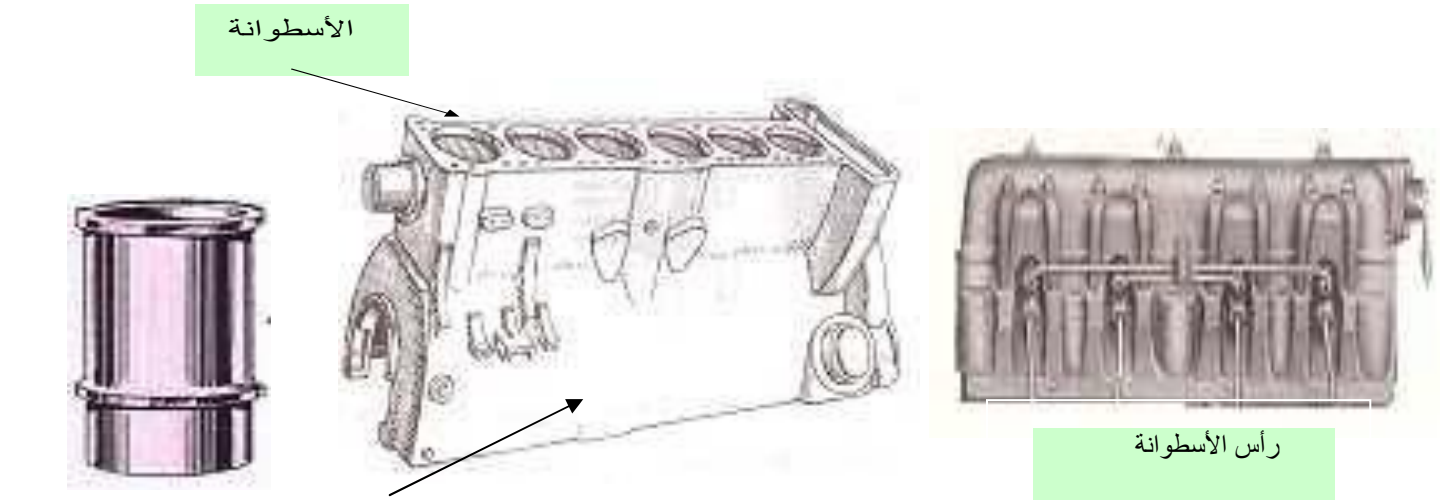
المحرك: يوجد عدة أنواع من المحركات ويمكن تصنيفها الى:
*- محركات الديزل : المحركات التي تعمل على وقود المازوت
*- محركات البنزين :المحركات التي تعمل على وقود البنزين
*- المحركات الكيروسين: لمحركات التي تعمل على وقود الكيروسين

*- المحركات الكهربائية: التي تعمل على التغذية الكهربائية

يمكن تصنيف محركات الديزل و البنزين بمحركات الاحتراق الداخلي مثل الجرارات والسيارات

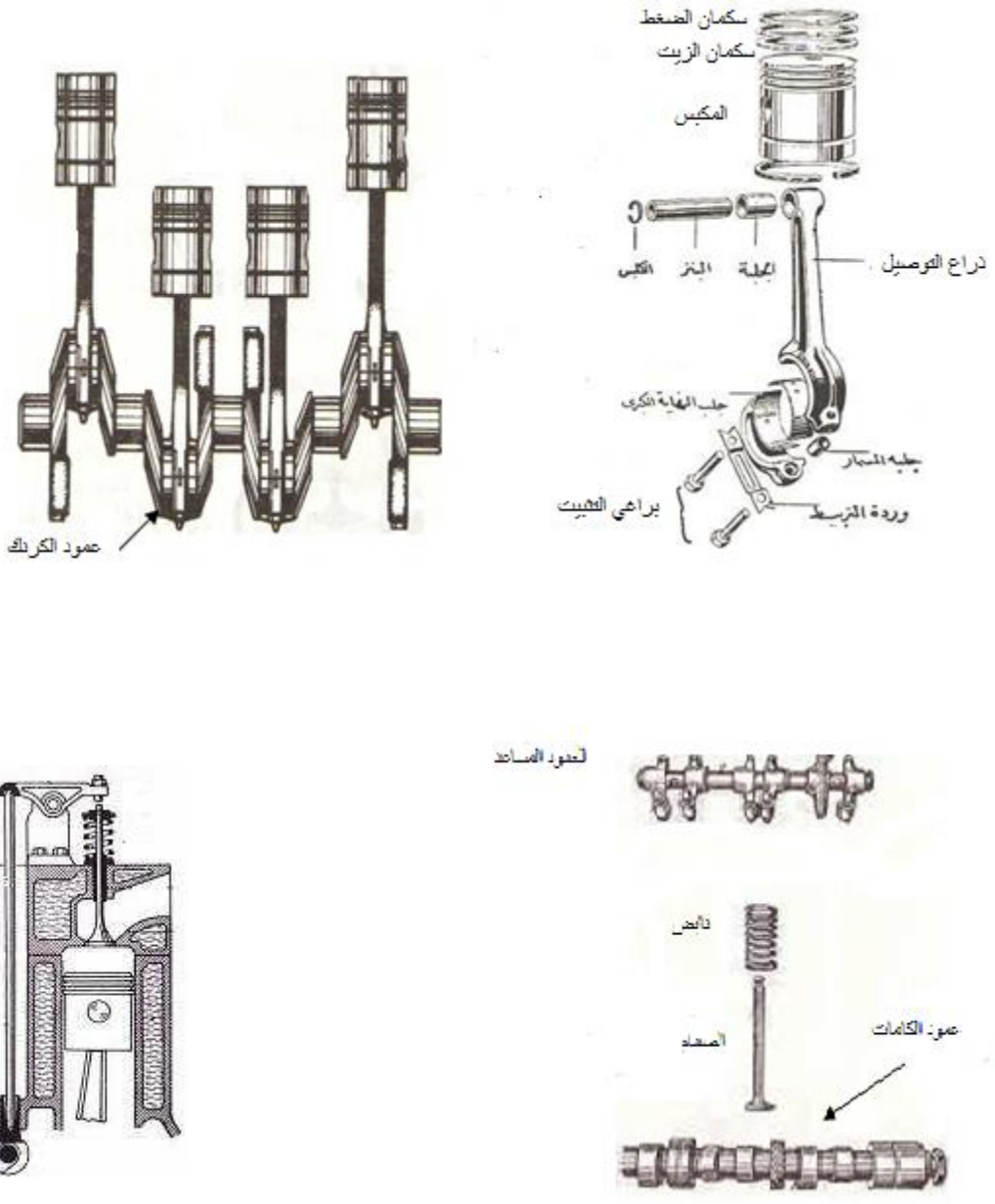
محركات الاحتراق الداخلي:

يتألف محرك الاحتراق الداخلي من الأجزاء الثابتة كما في الشكل (١): من **رأس الأسطوانة أو غطاء السيلندر** و هو غطاء محكم يركب فق الأسطوانات ويحتوي على مجاري التبريد و فتحات الصمامات و فتحة البخاخ في محرك الديزل أو فتحة شمعة الاشتعال في محركات البنزين **و الأسطوانة :** التي يركب فيها قميص الأسطوانة ويتحرك ضمنها المكبس وحولها مجاري التبريد و **صندوق المرفق** الذي يركب أسفل جسم الأسطوانات ويحتوي على عمود المرفق و على زيت التزييت ويسمى بالكارتير و **قميص الأسطوانة**: الذي يركب بالضغط ضمن الأسطوانة لحمايتها من التآكل



الشكل (١) الأجزاء الثابتة

كما يتألف من الأجزاء المتحركة : مثل البستون أو المكبس و ذراع التوصيل وعمود المرفق أو الكرنك وعمود الكامات و العمود المساعد للكامات والحدافة كما في الشكل (٢)



الشكل (٢) الأجزاء المتحركة

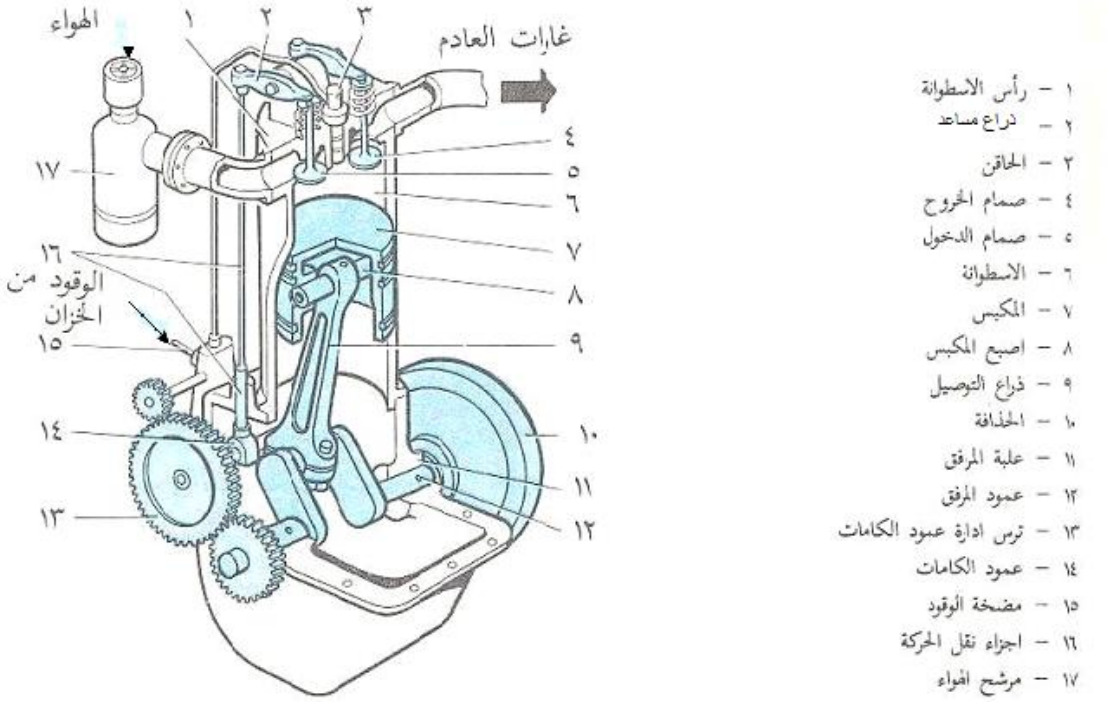
وظائف الأجزاء المتحركة:

١- البستون (المكبس): يقوم بضغط الهواء في محركات الديزل و ضغط مزيج الهواء مع الوقود في محركات البنزين في شوط الضغط ويركب فيه نوعان من السكمانات :

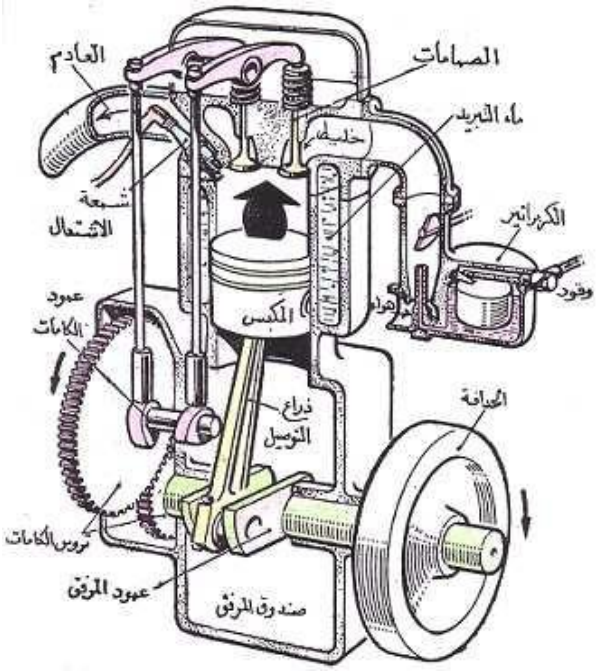
* - سكمان الضغط: ويستخدم لمنع التسرب الغازات من الأسطوانة في اشوط المحرك

*- سكمان الزيت: يقوم بتوزيع الزيت على جدران الأسطوانة خلال حركة الصعود للمكبس وكشط

الزيت خلال حركة الهبوط للمكبس.



الشكل (٣) : محرك ديزل ذو أسطوانة واحدة



الشكل (٤) محرك بنزين ذو أسطوانة واحدة

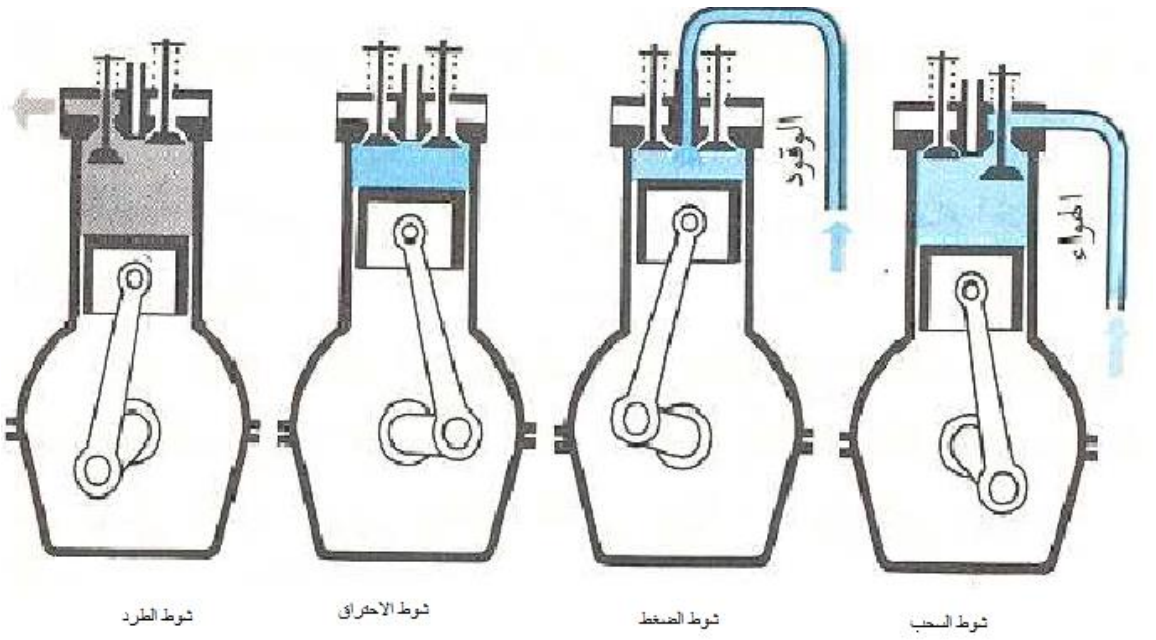
ويتم وصل البستون مع ذراع التوصيل بشكل مفصلي من خلال مسمار
*- ذراع التوصيل: ويقوم بنقل الحركة الترددية من المكبس الى عمود المرفق.
*- عمود المرفق: ويقوم بتحويل الحركة الترددية للمكبس الى دورانية و تؤخذ على هذا العمود القدرة الناتجة من المحرك.
*- الصمامات و يوجد نوعين وهي صمام السحب و صمام الطرد
*- عمود الكامات : ويقوم بتحويل الحركة الدورانية الى حركة ترددية غير منتظمة للتحكم في عمل الصمامات.
*- العمود المساعد للكامات) : وهو العمود المساعد للتحكم في فتح واغلاق الصمامات.
*- دولاب المعدل (الحدافة) : وهو دولاب ثقيل يركب في نهاية عمود المرفق لامتصاص القدرة في أشواط العمل واعطائها للمرفق في بقية الأشواط للقيام بعملية تنظيم السرعة ومن الملاحظ كلما زادت عدد الأسطوانات قل حجم الدولاب

- الدورة الحرارية لمحرك الديزل :

الدورة الحرارية: وهي المراحل المختلفة التي يمر بها المكبس لإنجاز حرق شحنة وقود وقد تكون رباعية الأشواط كما في الشكل (5) وفي الشكل (٦)

الشوط: وهو المسافة التي يقطعها المكبس من النقطة الميتة السفلى (ن م س) الى النقطة الميتة العليا (ن م ع)

١- شوط السحب: وفيه صمام السحب مفتوح وصمام الطرد مغلق ويتم سحب شحنة الهواء فقط بحركة المكبس للأسفل من (ن م ع) الى (ن م س) وفي نهاية الشوط يغلق صمام السحب

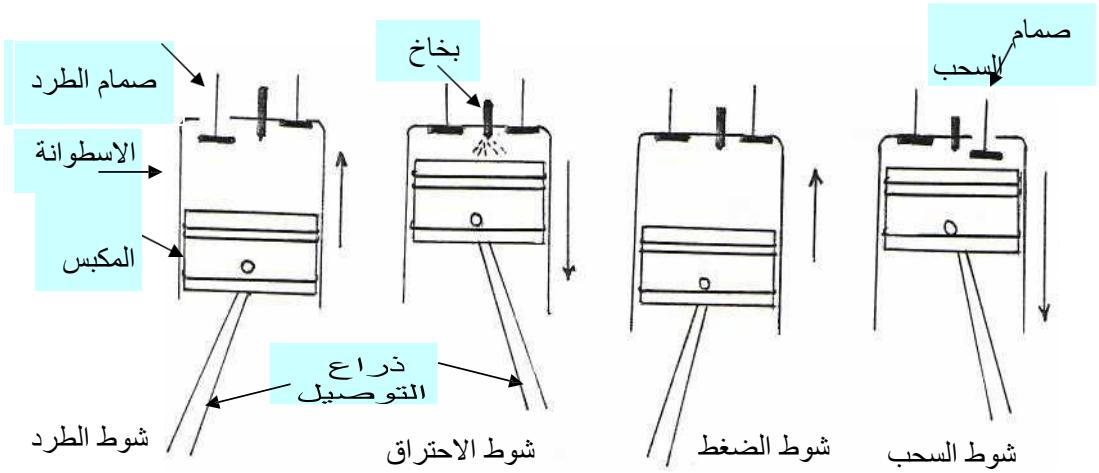


الشكل (٥) أشواط محرك الديزل الأربعة

٢- شوط الضغط: وفيه يتحرك المكبس من (ن م س) الى (ن م ع) وصمامي السحب والطرد مغلقين ضاغطا الهواء وعند وصول المكبس الى (ن م ع) يصل الضغط الى حوالي 40--- 25 kgf/cm^2 ودرجة حرارة 550 c^o

٣- شوط الاحتراق: ويتم فيه تذرير الوقود من البخاخ بنسبة ١-٢٣ أي بنسبة ١غرام من الوقود الى ٢٣ غرام هواء ويتم الاشتعال حيث صمامي السحب والطرد مغلقين فيدفع الضغط الناتج عن الاحتراق المكبس نحو الأسفل وعند الوصول الى (ن م س) يفتح صمام الطرد ليبدأ شوط الطرد

٤- شوط الطرد: وفيه يفتح صمام الطرد و صمام السحب مغلق و يتحرك المكبس الى الأعلى نحو (ن م ع) طارداً الغازات الناتجة عن الاحتراق



الشكل (٦) الرسم التخطيطي لأشواط محرك الديزل الأربعة

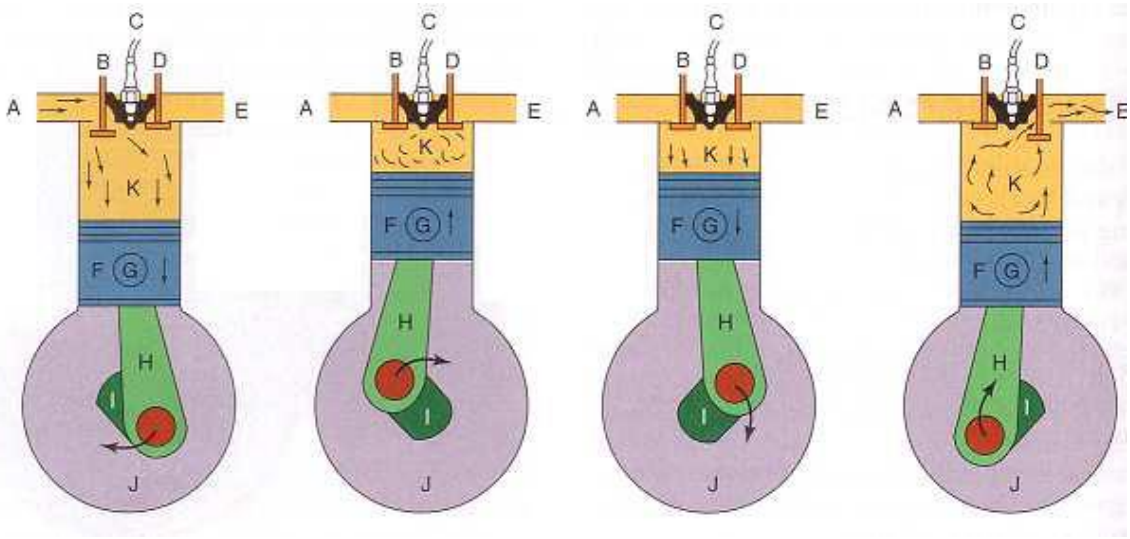
- الدورة الحرارية لمحرك البنزين : كما في الشكل (٧)

١- شوط السحب: وفيه صمام السحب مفتوح وصمام الطرد مغلق ويتم سحب شحنة الهواء والوقود التي تكون بنسبة 1-15 أي بنسبة ١ جرام من البنزين الى ١٥ جرام من الهواء ليتم الاحتراق الكامل بحركة المكبس للأسفل من (ن م ع) الى (ن م س) وفي نهاية الشوط يغلق صمام السحب

٢- شوط الضغط: وفيه يتحرك المكبس من (ن م س) الى (ن م ع) وصمامي السحب والطرد مغلقين ضاغطا المزيج وعند وصول المكبس الى (ن م ع) يصل الضغط حوالي 5-8 kgf/cm^2 فيرفع درجة حرارته عندها تحدث الشرارة الكهربائية من شمعة الاشتعال (البوجيه)

٣- شوط الاحتراق: ويتم الاشتعال حيث صمامي السحب والطرد مغلقين فيدفع الضغط الناتج عن الاحتراق المكبس نحو الأسفل وعند الوصول الى (ن م س) يفتح صمام الطرد ليبدأ شوط الطرد

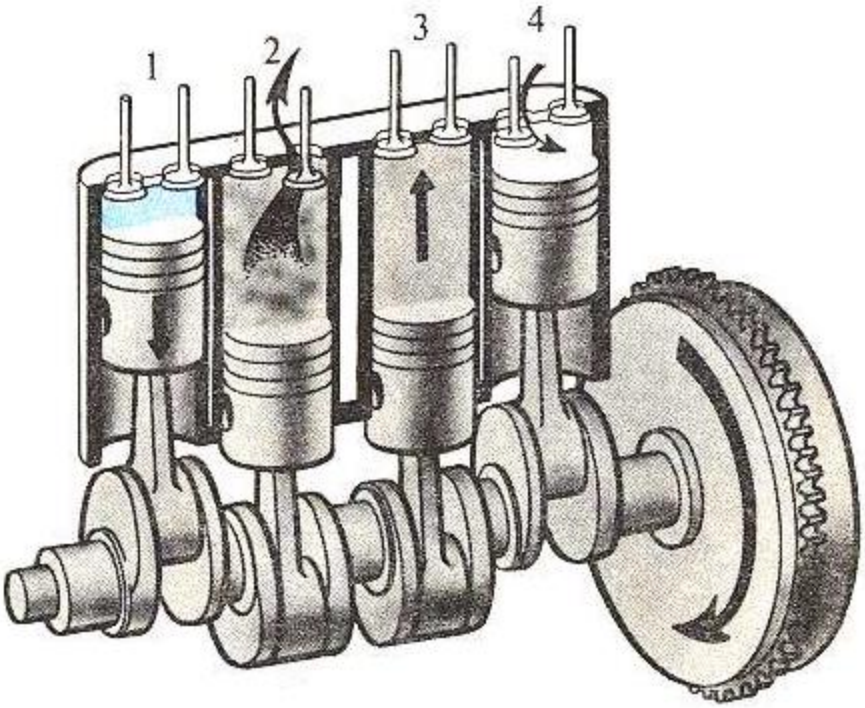
٤- شوط الطرد: وفيه يفتح صمام الطرد و صمام السحب مغلق و يتحرك المكبس الى الأعلى نحو (ن م ع) طارداً الغازات الناتجة عن الاحتراق



الشكل (٧) أشواط محرك البنزين

كلما زاد عدد الأسطوانات كلما صغر الدولاب المعدل وذلك بسبب وجود عدة أشواط احترق في دورة المرفق الواحدة مما يؤدي الى زيادة انتظام السرعة للمرفق و تقليل الاهتزازات للمحرك وتصغير حجم الأسطوانات . توجد عدة أنظمة لترتيب الاشتعال للمحرك متعدد الأسطوانات وأكثرها انتشاراً هو النظام ١٣٤٢ بالنسبة لمحرك رباعي الأسطوانات كما في الجدول التالي والشكل (٨)

دوران عمود المرفق	أسطوانة ١	أسطوانة ٢	أسطوانة ٣	أسطوانة ٤
٠-١٨٠ درجة	احتراق	طرد	ضغط	سحب
١٨٠- ٣٦٠ درجة	طرد	سحب	احتراق	ضغط
٣٦٠-٥٤٠ درجة	سحب	ضغط	طرد	احتراق
٥٤٠- ٧٢٠درجة	ضغط	احتراق	سحب	طرد



الشكل (8) ترتيب عمل الاسطوانات لمحرك رباعي الاسطوانات 1342

وكما هو واضح لكل دورة حرارية للأسطوانة الواحدة يدور عمود المرفق دورتين كاملتين ويدور بذلك عمود الكامات دورة أي سرعة دوران عمود المرفق يساوي ضعف سرعة دوران عمود الكامات أي :

سرعة عمود المرفق = ٢ سرعة عمود الكامات

يوجد بعض المعالم الرئيسية للمحركات مثل:

-١- نسبة طول الشوط L الى قطر المكبس D أي L/D وتتراوح هذه النسبة بين 1-1.45

-2- حجم إزاحة المكبس V_P وتساوي:

$$Vp = A . L$$

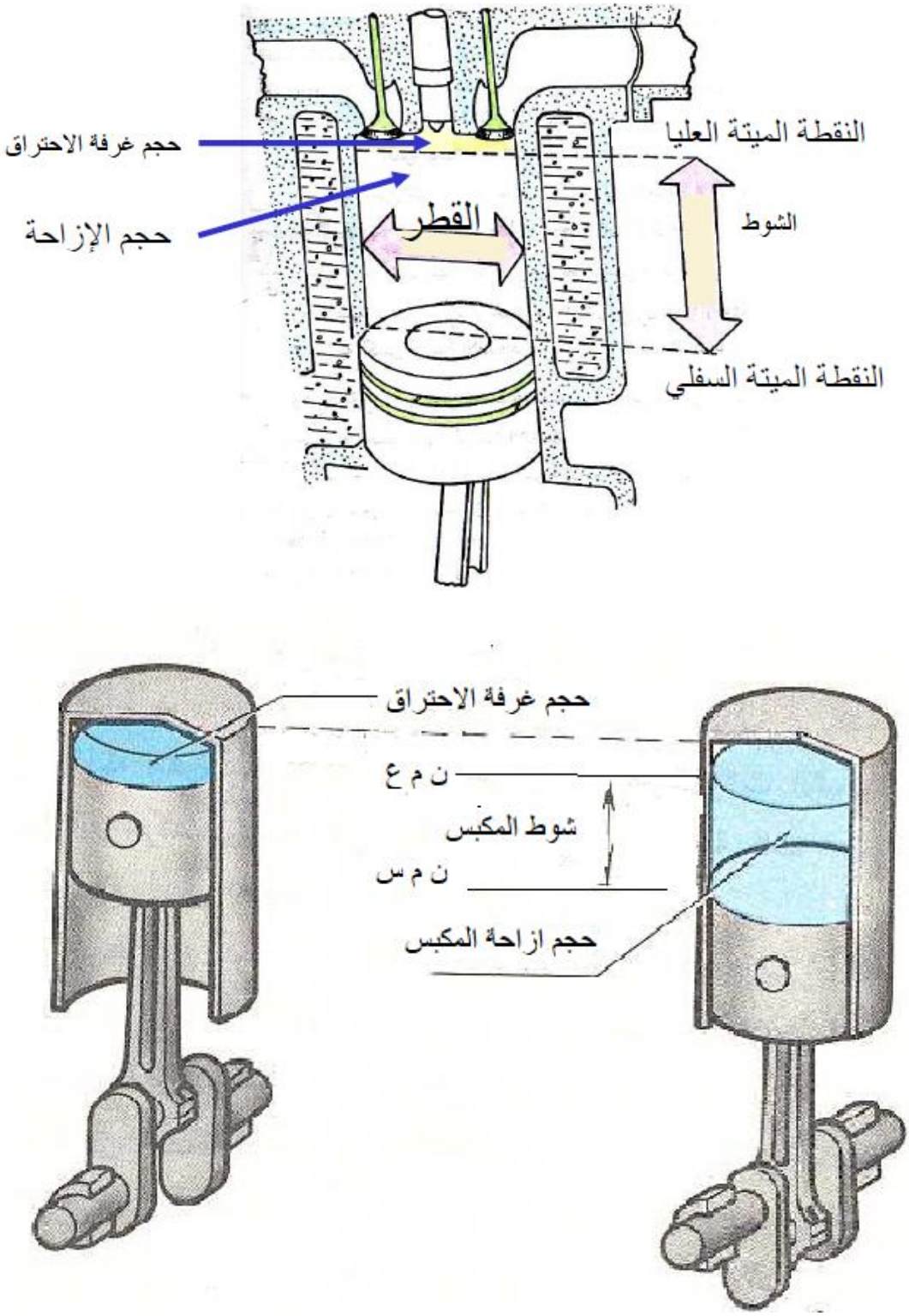
حيث A: مساحة سطح المكبس $A = \pi r^2$ حيث r: نصف قطر المكبس و L: طول الشوط

-٣- حجم غرفة الاحتراق Vf ويساوي حجم الحيز بين سطح المكبس عند ن م ع والسطح الأسطوانة السفلي وهو الحيز الذي يتم فيه الاحتراق كما مبين بالشكل (٩)

-٤- نسبة الانضغاط ε ويساوي الى نسبة حجم الأسطوانة في بداية شوط الانضغاط الى حجم الأسطوانة في نهاية شوط الانضغاط:

$$\varepsilon = Vp+Vf / Vf$$

وتتراوح نسبة الانضغاط في محركات البنزين بين ٤ الى ٨ بينما في محركات الديزل تتراوح ما بين ١٤ الى ٢٣



الشكل (٩)

-5- سعة المحرك (cm^3) CC : وهو مجموع ازاحات المكبس للأسطوانات (الحجم العامل الكلي للأسطوانات):

$$CC= N . Vp$$

حيث N عدد الأسطوانات.

*- سعة المحرك بالدقيقة (cm^3/ min): وهي سعة المحرك في الدقيقة الواحدة وتعطى بالعلاقة:

$$CCmin = N.Vp. n/2= CC . n/2= CC. n_{cam}$$

حيث n عدد دورات المرفق r.p.m
n_{cam}: عدد دورات عمود الكامات r.p. m

*- حجم الهواء المستهلك بالدقيقة cm^3 /min : ويقصد به حجم الهواء المستخدم في أشواط السحب لكل أسطوانات المحرك في زمن دقيقة واحدة .

$$Vair = Vp. N_{ab}= Vp . N . n/2= CC. n_{cam}$$

حيث N_{ab} عدد أشواط السحب لجميع أسطوانات المحرك في الدقيقة

*- القدرة البيانية للمحرك: وهي القدرة المتوفرة على سطح المكابس في المحرك مع اهمال الاحتكاك وتعطى بالعلاقة:

$$Pp\ (hp) = Pr .A.L. N.n /(2. 75. 60)= Pr\ A.L.n_{cam} .N / 4500$$

Pr:متوسط الضغط الفعال على سطح المكبس kgf/cm^2
L: طول الشوط بالمتر
N: عددالاسطوانات

حيث الرقم ٦٠ للتحويل من الدقيقة الى الثانية , والرقم ٧٥ للتحويل من m/s, kg الى الحصان ,
n_{cam}= n/2 سرعة عمود الكامات

*- استطاعة المحرك Pe: وهي القدرة المتاحة على عمود المرفق و تساوي حاصل طرح القدرة المفقودة بالاحتكاك من القدرة البيانية كما تعطى بعلاقة مردود المحرك :

$$\eta= (Pe / Pp). 100$$

*- القدرة النوعية للمحرك Pq وهي نسبة قدرة المحرك Pe الى سعة المحرك (CC) وتقدر بواحدة الحصان على cm^3

$$P_q = \frac{P_e}{CC}$$

*- الاستهلاك النوعي للوقود:

وهو مقدار ما يستهلكه المحرك من الوقود في الساعة لكل وحدة قدرة (لتر / حصان .ساعة) أو (لتر / كيلووات .ساعة) وتقدر قيمة الاستهلاك النوعي للوقود في محركات الاشتعال بالشرارة (محركات البنزين) بحوالي ٠,٤٥ لتر / كيلو وات. ساعة (٠,٣٥ لتر / حصان. ساعة)، بينما تقدر قيمة الاستهلاك النوعي للوقود في محركات الاشتعال بالضغط (محركات الديزل) بحوالي ٠,٣٢ لتر / كيلو وات. ساعة (٠,٢٥ لتر / حصان. ساعة).

***- استهلاك الوقود بالساعة kg / h** : وهي كمية الوقود المستهلكة من المحرك بالساعة ويحسب من العلاقة:

$$\text{استهلاك الوقود في الساعة} = \frac{\text{قدرة المحرك } P_e \text{ (بالحصان)} \times ٦٣٢}{\text{الكفاءة الحرارية للمحرك} \times \text{القيمة الحرارية للوقود}}$$

علما بان : القيمة الحرارية للوقود(المازوت) = ١٠٠٠٠ كيلو كالورى / كجم

و قيمة الحصان كطاقة حرارية = ٦٣٢ كيلو كالورى / ساعة

*- الكفاءة الحرارية للمحرك:

وهى النسبة بين القدرة المستفادة على عمود المرفق (القدرة Pe للمحرك) والقدرة المتولدة من الاحتراق الكامل للوقود وتحسب من العلاقة التالية :

$$\text{الكفاءة الحرارية للمحرك (\%)} = \frac{\text{القدرة } P_e \text{ للمحرك (حصان)} \times ٦٣٢}{\text{استهلاك الوقود في الساعة} \times \text{القيمة الحرارية للوقود}} \times ١٠٠$$

وتقدر قيمة الكفاءة الحرارية للمحرك في محركات الاشتعال بالشرارة (محركات البنزين) بحوالي ٢٠ - ٢٥% بينما تقدر قيمة الكفاءة الحرارية للمحرك في محركات الاشتعال بالضغط (محركات الديزل) بحوالي ٣٠ - ٣٥%

*- تقدير معدل إستهلاك الوقود فى الجرار

يستهلك الجرار الوقود نتيجة تشغيله ويتوقف معدل الاستهلاك حسب قدرة محرك الجرار وعلى حسب طبيعة العمل المراد إنجازه ، ويمكن حساب معدل إستهلاك الوقود للجرار بعد أداء مهمة معينة بطريقة عملية كما يلى:

١- يتم ملئ خزان الوقود بالمازوت تماما (يفول الخزان) قبل أداء العمل المطلوب
٢- يتم تشغيل الجرار فى أداء العمل المطلوب (ولتكن عملية حرث أو نقل أو ....الخ) وذلك لمدة ساعة كاملة
٣- يتم أضافة وقود لمحرك الجرار بمخبار مدرج حتى يعاد ملؤه مرةأخرى تماما فتكون الكمية المضافة من الوقود هى الكمية المستهلكة فى الساعة
٤- يتم تكرار العمل السابق فى أعمال أخرى للجرار وذلك لأيجاد متوسط معدل أستهلاكه من الوقود فى الساعة (لتر / ساعة).

مثال

جرار ذي أربع أسطوانات رباعي الشوط أستطاعته الأسمية 36 Hp و سرعته 1500 r.p.m وقطر الأسطوانة 100 mmوطول الشوط 120 mm و متوسط الضغط الفعال على سطح المكبس 7 kgf/cm^2 والكفاءة الحرارية له 30 % والمطلوب :

١- أحسب نسبة الانضغاط علماً أن حجم غرفة الاحتراق 60 cm^3
٢- سرعة عمود الكامات وعدد مرات فتح صمام السحب والطرد بالدقيقة
٣- سعة المحرك CC و سعة المحرك بالدقيقة
٤- أستطاعة المحرك البيانية
٥- مردود المحرك
٦- سرعة المكبس
٧- القدرة النوعية للمحرك
٨- استهلاك الوقود في الساعة اذا كانت القيمة الحرارية للوقود 10000 kcal/h وكانت الكفاءة الحرارية ٠,٣

الحل:

١- نسبة الانضغاط:

$$\varepsilon = Vp+Vf / Vf$$

$$Vp = A . L = \pi r^2 . L = \pi . 5^2 . 12 = 942.478\ cm^3$$

$$\varepsilon = (942.478+60) /60 = 16.7$$

٢- سرعة عمود الكامات يساوي نصف سرعة عمود المرفق

$$n_{cam} = 1500/2 = 750\ r.p.m$$

عدد مرات فتح صمام الطرد بالدقيقة = عدد مرات فتح صمام السحب بالقيقة = ٧٥٠ مرة

٣- سعة المحرك CC:

$CC = N \cdot Vp = (942.478) \cdot 4 = 3769.9\ cm^3$

سعة المحرك بالدقيقة:

$CCmin = CC. n_{cam} = (3769.9). 750 = 2827434\ cm^3/min$

٤- الاستطاعة البيانية :

$Pp\ (hp) = Pr\ A.L.n_{cam} .N / 4500$

$P_P = 7. \pi 5^2. (0.12). 750. 4 / 4500 = 43.98\ Hp$

٥- مردود المحرك:

$\eta = (Pe / Pp). 100$

$\eta = (36 / 43.98). 100 = 81.85\ \%$

٦- سرعة المكبس :

$Vp = 2 . L. n$

$Vp = 2 .(0.12) . 1500 = 360\ m/min = 6\ m/sec$

٧- القدرة النوعية للمحرك :

$$P_q = \frac{P_e}{CC}$$

$$Pq = 36/3769.9 = 0.0095\ HP/cm^3$$

٨- استهلاك الوقود في الساعة:

$$\text{استهلاك الوقود في الساعة} = \frac{\text{قدرة المحرك } P_e \text{ (بالحصان)} \times ٦٣٢}{\text{الكفاءة الحرارية للمحرك} \times \text{القيمة الحرارية للوقود}}$$

$= (36 * 632) / (10000 * 0.3) = 7.58\ kg/h$